

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Hodnocení provozu zařízení na energetické využívání
odpadů**

**vedoucí práce: Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.
autor: Bc. Otmar Ernest**

2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Otmar ERNEST**
Osobní číslo: **E11N0090P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Hodnocení provozu zařízení na energetické využívání odpadů**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište současný stav energetického využívání odpadů, včetně legislativy.
2. Analyzujte tento stav z hlediska energetické, environmentální a ekonomické přijatelnosti.
3. Porovnejte technický stav řešení, provozní ukazatele a logistiku vybraných zařízení na energetické využívání odpadů, využijte zkušenosti ze zahraničí.
4. Navrhněte opatření na zlepšení efektivity provozu zařízení na energetické využívání odpadů, včetně logistiky odpadů.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. Aktuální odborná periodika a sborníky konferencí a seminářů vztahující se k problematice energetického využívání odpadů.

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.

Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: 15. října 2012

Termín odevzdání diplomové práce: 9. května 2013

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.

děkan



Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.

vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce se zabývá energetickým využíváním odpadů především na území České republiky. Tato práce popisuje základní legislativní nástroje se vztahem k dané problematice a je zde analyzován současný stav nakládání s odpady. V práci jsou z různých hledisek porovnávána jednotlivá zařízení na energetické využívání odpadů, přičemž jsou zde podrobněji řešeny jednotlivé environmentální, ekonomické či energetické aspekty. Součástí této práce je rovněž návrh na zlepšení efektivnosti provozu, který se zabývá především logistikou odpadu a využitím tuhých zbytků po spalování.

Klíčová slova

Odpad, komunální odpad, energetické využívání odpadů, čištění spalin, logistika odpadu

Operational Evaluation of the Machinery for Energy Recovery of the Waste

Abstract

Subject of this master thesis is energy recovery of waste mainly in The Czech Republic. Basic legislative instruments related to the issue and analysis of current state of waste management are described. Comparison of different aspects of each facility for energy recovery of waste is presented. More particularly various environmental, economic and energy aspects are addressed. Part of this thesis is also a proposal to improve operational efficiency, which mainly deals with the logistics of waste and the use of solid residues after combustion.

Key words

Waste, Municipal Waste, Energy Recovery of Waste, Flue Gas Cleaning, Logistic of Waste

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 8/5/2013

Otmar Ernest

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Mgr. Eduardu Ščerbovi, Ph.D. za cenné profesionální rady a metodické vedení práce, dále pak konzultantovi Ing. Antonínu Dvořákovi za mnoho užitečných rad.

Obsah

1 ÚVOD.....	10
2 SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	11
3 LEGISLATIVNÍ NÁSTROJE SE VZTAHEM K ZEVO.....	12
3.1 Zákon o odpadech.....	12
3.1.1 Definice odpadu.....	13
3.2 Zákon o ochraně ovzduší.....	14
3.3 Zákon o integrované prevenci.....	16
3.4 Energetický zákon.....	16
4 SOUČASNÝ STAV ENERGETICKÉHO VYUŽÍVÁNÍ ODPADŮ V ČR.....	18
4.1 Celková produkce odpadů v ČR.....	18
4.2 Produkce komunálních odpadů v ČR.....	19
4.3 Nakládání s komunálním odpadem v ČR.....	22
5 SROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH ZEVO.....	25
5.1 Spalovny komunálního odpadu obecně.....	25
5.2 Svoz odpadů do spalovny.....	31
5.3 Základní informace o ZEVO.....	37
5.4 Spalovací pece.....	41
5.4.1 Rošty v jednotlivých ZEVO.....	45
5.5 Čištění spalin.....	48
5.5.1 Čištění spalin v jednotlivých ZEVO.....	51
5.6 Porovnání výstupů ze ZEVO.....	57
5.6.1 Získaná energie.....	57
5.6.2 Roční emise do ovzduší.....	60
5.6.3 Emise do ovzduší v porovnání se zákonnými limity.....	63
5.6.4 Zbytky po spalování.....	66
Odpadní vody.....	66
Pevné zbytky.....	67
Vyseparovaný železný šrot.....	69
5.7 Ekonomické srovnání.....	70

6 NÁVRH OPATŘENÍ NA ZLEPŠENÍ EFEKTIVNOSTI PROVOZU ZEVO.....	71
6.1 Logistika odpadu.....	71
6.2 Předúprava odpadu před spálením.....	73
6.3 Využití tuhých zbytků po spalování.....	73
7 ZÁVĚR.....	74
8 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK.....	76
8.1 Obrázky.....	76
8.2 Grafy.....	77
8.3 Tabulky.....	77
9 POUŽITÉ ZDROJE.....	78
10 PŘÍLOHY.....	81

1 Úvod

Jak je patrné ze čtvrté kapitoly této práce, množství vyprodukovaného komunálního odpadu na území České republiky stále stoupá. Navíc lze předpokládat, že tento trend bude pokračovat i nadále a s rostoucí životní úrovní se bude zvyšovat i produkce komunálního odpadu, čímž se bude přibližovat produkci vyspělejších zemí. Z tohoto důvodu je potřeba věnovat pozornost problematice nakládání s tímto odpadem.

Navzdory tomu, že se odstranění odpadu nachází až na posledním místě hierarchie nakládání s odpadem, je v České republice stále velká většina tohoto odpadu ukládána na skládky. Ukládání odpadů na skládky je nevhodné i z řady dalších důvodů. U skládek hrozí průsak kontaminovaných vod či únik skládkového plynu, odpad zahrabaný v zemi představuje také riziko pro další generace. Skládky navíc zabírají území a na jejich omezování jsme se zavázali vůči Evropské unii.

Energetické využívání komunálních odpadů ve spalovnách je jednou z možností, jak s komunálním odpadem efektivněji a environmentálně přijatelněji nakládat, přičemž je samozřejmě nutné respektovat hierarchii nakládání s odpadem a neupřednostňovat jej například před využitím materiálovým.

Tato diplomová práce na téma hodnocení provozu zařízení na energetické využívání odpadů se zabývá problematikou energetického využívání odpadů z energetického, ekonomického a environmentálního hlediska. Tato práce popisuje základní legislativní nástroje se vztahem k dané problematice, dále analyzuje současný stav nakládání s odpadem a stav energetického využívání odpadu na území České republiky. V práci jsou dále z několika hledisek porovnány spalovny komunálního odpadu, které jsou na území ČR v současnosti v provozu, přičemž je pro doplnění toto srovnání rozšířeno o spalovnu ZMS Schwandorf, nacházející se na území Bavorska ve Spolkové republice Německo. Součástí této práce je také návrh, který má za cíl zlepšení efektivnosti provozu zařízení na energetické využívání odpadů. Tento návrh se zabývá především otázkou dopravy odpadu do spalovny a využitím tuhých zbytků po spalování.

2 Seznam použitých zkratk a symbolů

SKO	směsný komunální odpad
ČR	Česká republika
SRN	Spolková republika Německo
ZEVO	zařízení na energetické využívání odpadů
SNCR	selektivní nekatalytická redukce
SCR	selektivní katalytická redukce
PCDD/F	dioxiny a furany
PCB	polychlorované bifenyly
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
NO _x	oxidy dusíku
CNG	stlačený zemní plyn
ČOV	čistička odpadních vod
η	účinnost
LCA	posuzování životního cyklu, metoda k porovnávání environmentálních dopadů

3 Legislativní nástroje se vztahem k ZEVO

Dané problematiky se týkají zejména zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů (č. 185/2001 Sb.), dále pak zákon o ochraně ovzduší (č. 201/2012 Sb.) a energetický zákon (č. 211/2011 Sb.).

3.1 Zákon o odpadech

Tento zákon představuje základní legislativní normu v oblasti odpadového hospodářství České republiky. Zákon o odpadech obsahuje dva základní body. Jako první stanovuje hierarchii nakládání s odpady. Druhým bodem je stanovení odpovědnosti původce odpadu.

Co se týče hierarchie nakládání s odpady, má každý původce odpadu při své činnosti, nebo v rozsahu své působnosti povinnost předcházet vzniku odpadu. Dále pak omezovat množství odpadu a jeho nebezpečné vlastnosti. Odpady, které jsou vyprodukovány, by měly být použity k původnímu účelu. Pokud to není možné, měly by se využít jinak, a to tak, aby neohrozily životní prostředí ani lidské zdraví. Jiné využití představuje využití materiálové (recyklace) případně energetické (výroba elektrické a tepelné energie). Přičemž Zákon o odpadech upřednostňuje využití materiálové (§ 11 odstavec 1). Tato podmínka ovšem nemusí být dodržena, pokud neexistuje jiná alternativa, jak s odpadem naložit. Toto musí být ale v souladu s příslušným plánem odpadového hospodářství (článek 11 odstavec 2). Prosté odstranění odpadu stojí až na samém konci této hierarchie.

Zákon o odpadech dále stanoví základ obsahu závazných částí plánů odpadového hospodářství. Co se týče plánů odpadového hospodářství ČR § 42 odstavec 4 zákona o odpadech, pro krajské plány odpadového hospodářství pak § 43 odstavec 4. Plány odpadového hospodářství původce odpadu se pak podrobněji zabývá § 44 odstavec 9 tohoto zákona.

3.1.1 Definice odpadu

Odpad

Odpad je, podle zákona o odpadech č. 185/2001 Sb., každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se ji zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č.1 k tomuto zákonu (tato tabulka je uvedena jako příloha č.1 této práce).

Nebezpečný odpad

Dle znění zákona o odpadech č. 185/2001 Sb., je jako nebezpečný odpad definován odpad, který je uveden v Seznamu nebezpečných odpadů, tento seznam je součástí katalogu odpadů (vyhláška č. 381/2001 Sb.). Za nebezpečný odpad je rovněž považován jakýkoli jiný odpad, který vykazuje jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze č.2 zákona o odpadech. Seznam nebezpečných vlastností je též součástí této práce jako příloha.

Komunální odpad

Jako komunální odpad je v zákoně o odpadech definován veškerý odpad, který vzniká na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.

Směsný komunální odpad

Směsný komunální odpad je ta část komunálního odpadu, která vznikne po vytrídění využitelných složek (papír, sklo, plasty a elektroodpad) a složek nebezpečných.

Odpad podobný komunálnímu odpadu

Jako odpad podobný komunálnímu odpadu je definován veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů.

Zbytkový komunální odpad

Jako zbytkový komunální odpad je odpad, který vznikne po vytrídění využitelných složek, nebezpečných složek a objemného odpadu.

3.2 Zákon o ochraně ovzduší

Ochrana ovzduší se řídí zákonem č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší.

Pro energetické využívání odpadů je důležité následující plnění emisních limitů tj. dodržování vnášení znečišťujících látek do ovzduší.

Pro spalovny odpadů platí přísnější emisní limity než pro elektrárny nebo teplárny. Podmínky pro spalovny odpadů včetně emisních limitů jsou stanoveny v příloze 4 k vyhlášce č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší. Přísné emisní limity pro zařízení k energetickému využití odpadů, ať už jde o spalovny odpadů nebo o jiné vyjmenované zdroje znečišťování ovzduší, ve kterých jsou odpady spoluspalovány, vycházejí ze směrnice 2000/76/ES o spalování odpadů. Její implementace v členských státech EU, ve kterých jsou

zařízení k energetickému využití odpadů, přispěla k tomu, že dioxiny, prach a emise těžkých kovů z těchto zařízení přestaly být diskutovaným tématem, protože jsou na velmi nízké úrovni.

Pod pojmem znečišťování ovzduší se rozumí vnášení jedné nebo více znečišťujících látek do ovzduší v důsledku lidské činnosti vyjádřené v jednotkách hmotnosti za jednotku času. Emisním limitem se rozumí nejvyšší přípustné množství znečišťující látky nebo skupiny znečišťujících látek vnášené do ovzduší ze stacionárního zdroje.

Při výstavbě nových nebo při modernizaci stávajících vyjmenovaných zdrojů znečišťování ovzduší, ve kterých budou spalovány odpady jsou osoby oprávněné k podnikání povinny volit nejlepší dostupné techniky v souladu s požadavky tohoto zákona a zvláštních právních předpisů. Spalovny odpadů patří do kategorie vyjmenovaných stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší. Tyto zdroje jsou uvedeny v příloze č. 2 k zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. Přípustná úroveň znečišťování ovzduší je určena emisními limity, emisními stropy, technickými podmínkami provozu a přípustnou tmavostí kouře.

Měření, jehož účelem je prokázat dodržování emisních limitů nebo ověření správnosti měření znečišťujících látek prováděných provozovatelem u vyjmenovaných zdrojů znečišťování ovzduší provádí osoba, která je držitelem platné autorizace.

Provozovatel stacionárního zdroje znečištění je povinen na základě výsledků měření prokázat jím vykazované emise znečišťujících látek a dodržování stanovených emisních limitů a emisních stropů.

Spalovny odpadů a zařízení povolená pro spoluspalování odpadů mohou být provozovány pouze pod dohledem osoby, která je držitelem platné autorizace. Podmínky provozování stacionárního zdroje obsahují zejména emisní limity znečišťujících látek a další podmínky ochrany ovzduší, opatření k vyloučení rizik možného znečišťování životního prostředí a podmínky zajišťující ochranu životního prostředí. Provozovatele stacionárních zdrojů znečištění platí za znečišťování ovzduší poplatek.

3.3 Zákon o integrované prevenci

Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon o integrované prevenci“) stanovuje zcela nová pravidla pro povolování výrobní činnosti velkých průmyslových a zemědělských podniků. Základem prevence v ochraně životního prostředí je přechod od složkové ochrany životního prostředí ke komplexnímu posuzování dopadu provozu konkrétních zařízení, přechod od masového využívání koncových technologií, které často pouze převádějí znečištění z jedné složky životního prostředí do druhé, k prevenci a minimalizaci znečištění přímo u jeho zdroje. Ze zákona o integrované prevenci musí být zařízení ke spalování komunálního odpadu o kapacitě větší než 3 tuny za hodinu provozováno na základě integrovaného povolení. Povolení ke spalování odpadů dle zákona o integrované prevenci vydávají místně příslušné krajské úřady.

3.4 Energetický zákon

Činnost v energetických odvětvích je upraven zákonem č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Z hlediska energetického využívání odpadů je důležité především následující. Podnikat v energetických odvětvích na území České republiky mohou za podmínek stanovených tímto zákonem fyzické či právnické osoby pouze na základě státního souhlasu, kterým je licence udělena Energetickým regulačním úřadem. Licence na výrobu elektřiny a tepelné energie, rozvod tepelné energie a distribuci elektřiny se uděluje na dobu určitou (nejméně na 25 let). Pro energetické využívání odpadů je dále důležité, že fyzická nebo právnická osoba, která žádá o udělení této licence, musí mít finanční a technické předpoklady k zajištění výkonu licencované činnosti a že touto činností nedojde k ohrožení života a zdraví osob, majetku či zájmu na ochranu životního prostředí. Tato licence se uděluje na základě písemné žádosti. Rozhodnutí o udělení této licence mimo jiné obsahuje technické podmínky, které je držitel licence při výkonu licencované činnosti povinen dodržovat.

Energetický regulační úřad také může tuto licenci zrušit. Výkon státní správy v energetických odvětvích náleží Ministerstvu průmyslu a obchodu, Energetickému regulačnímu úřadu a Státní energetické inspekci. Výrobce a distributor elektřiny je povinen řídit se Pravidly provozování přenosové soustavy a Pravidly provozování distribuční soustavy. Výrobci provozující zařízení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla mají, pokud o to požádají a technické podmínky to umožňují, právo k přednostnímu zajištění dopravy elektřiny přenosovou soustavou a distribučními soustavami. Pro výstavbu výroben elektřiny je třeba autorizace na výstavbu výroby elektřiny, kterou vystavuje Ministerstvo průmyslu a obchodu. Ministerstvo průmyslu a obchodu může tuto autorizaci také odejmout. Výstavba nových zdrojů tepelné energie pro dodávku do rozvodného tepelného zařízení o celkovém instalovaném tepelném výkonu 30 MWt a více je možná pouze na základě státní autorizace. O udělení této autorizace rozhoduje ministerstvo průmyslu a obchodu. Předpokladem pro udělení této autorizace je mimo jiné posouzení vlivu zdroje na životní prostředí a energetické účinnosti.

4 Současný stav energetického využívání odpadů v ČR

4.1 Celková produkce odpadů v ČR

V tabulce číslo 1 je uvedeno množství všech odpadů vyprodukovaných v roce 2011 na území České republiky.

Tab. č. 1 Produkce odpadů v České republice v roce 2011 [1]

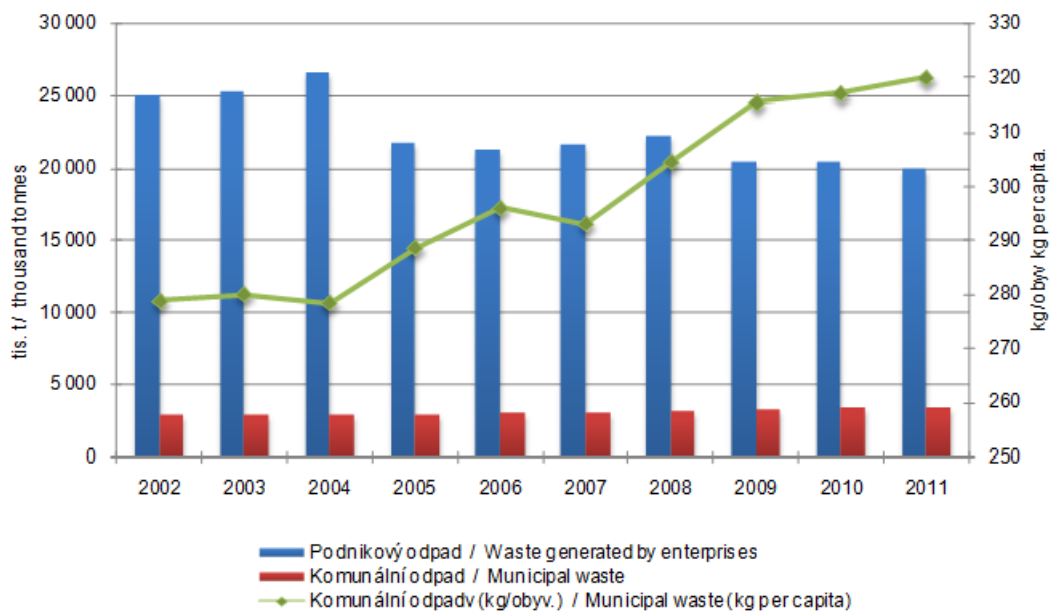
v t		Tonnes			
		Celkem Total	v tom:		
			nebezpečné Hazardous	ostatní Non-hazardous	
Produkce odpadů celkem		23 576 396	1 502 504	22 073 892	Waste generation, total
v tom:					
z podniků		19 918 509	1 489 953	18 428 556	Waste generated by enterprises
z toho:					
odpad podobný komunálnímu odpadu		978 722	1 745	976 977	Waste similar to municipal waste
z toho: CZ-NACE					CZ-NACE div.
zemědělství, lesnictví a rybníkářství		213 539	5 787	207 752	Agriculture, forestry and fishing
těžba a dobývání		167 433	12 027	155 406	Mining and quarrying
zpracovatelský průmysl		4 780 000	676 015	4 103 985	Manufacturing
výroba a rozvod elektřiny, plynu, tepla a klimatizovaného vzduchu		1 106 366	36 115	1 070 252	Electricity, gas, steam and air conditioning supply
činnosti související s odpadními vodami, odpady a sanacemi		2 202 950	467 010	1 735 941	Water supply; sewerage, waste management and remediation activities
stavebnictví		8 773 903	203 366	8 570 537	Construction
doprava a skladování		273 414	19 054	254 360	Transport and storage
z obcí		3 657 887	12 551	3 645 336	Waste generated by municipalities
z toho					
komunální odpad		3 357 877	4 530	3 353 346	Municipal waste

4.2 Produkce komunálních odpadů v ČR

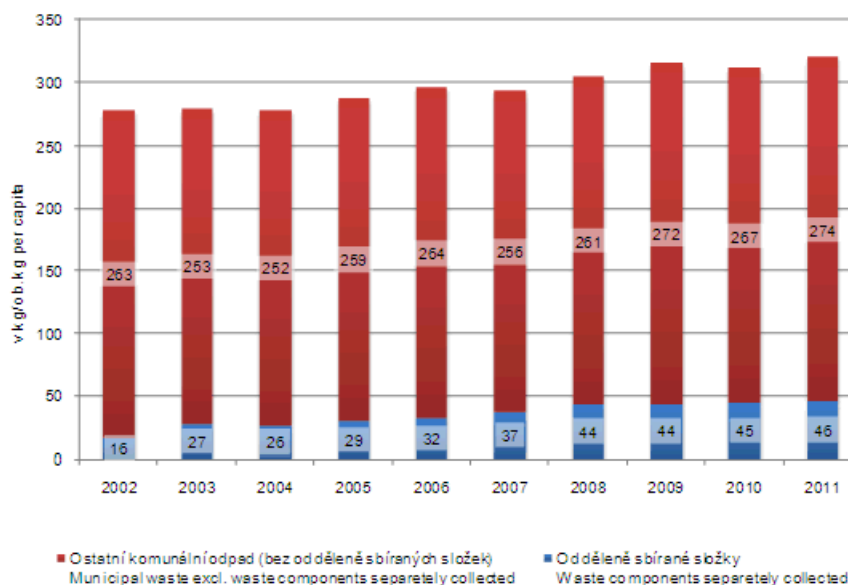
Protože je směsný komunální odpad hlavním spalovaným odpadem a tedy i hlavním zdrojem energie pro činnost zařízení na energetické využívání odpadů, zabývá jím tato práce podrobněji.

Jak je vidět z grafu č.1 Vývoj produkce odpadů v ČR a grafu č.2 Vývoj produkce komunálních odpadů v ČR, produkce komunálních odpadů rok od roku roste. Tento růst není příliš rychlý, rychleji ovšem narůstá množství komunálního odpadu v přepočtu na obyvatele. Je třeba počítat s tím, že tento trend bude pokračovat i nadále. Obecně by se dalo říci, že o co vyspělejší zemi se jedná, o to více komunálního odpadu její občané produkují.

Graf č. 1 Vývoj produkce odpadů v ČR [1]



Graf č. 2 Vývoj produkce komunálních odpadů v ČR [1]

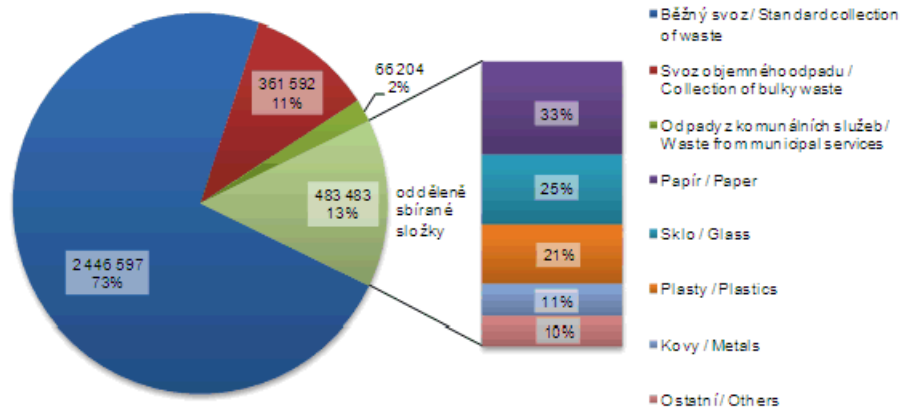


Z tabulky číslo 2 a grafu číslo 3 je zřejmé, že největší podíl na celkovém množství komunálního odpadu v České republice má běžný svoz komunálního odpadu. Přičemž nezanedbatelné je i množství objemného odpadu a odděleně sbíraných složek (papír, sklo, plasty a kovy).

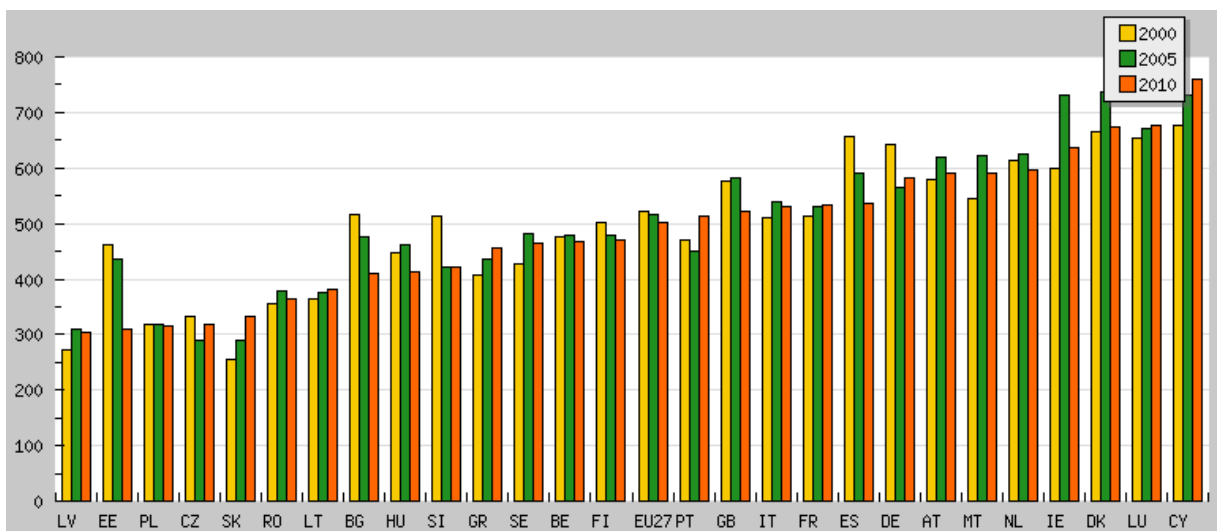
Tab. č. 2 Produkce komunálních odpadů [1]

	v t					Tonnes
	2007	2008	2009	2010	2011	
Produkce komunálních odpadů celkem	3 024 781	3 175 934	3 309 667	3 334 240	3 357 877	Municipal waste generation, total
v tom:						
běžný svoz	2 273 836	2 282 866	2 374 027	2 390 421	2 446 597	Standard collection of waste
svoz objemného odpadu	303 014	362 054	402 899	352 339	361 592	Collection of bulky waste
odpady z komunálních služeb	61 451	76 804	72 438	62 587	66 204	Waste from municipal services
odděleně sbírané složky	386 479	454 210	460 302	528 893	483 483	Waste components collected separately
z toho:						
papír	-	-	-	-	158 348	Paper
sklo	-	-	-	-	120 358	Glass
plasty	-	-	-	-	102 772	Plastics
kovy	-	-	-	-	53 164	Metals
z toho:						
biologicky rozložitelný odpad	-	-	-	-	1 645 704	Biodegradable waste

Graf č. 3 Komunální odpad dle způsobu svozu v roce 2011, v tunách [1]



Graf č. 4 Produkce komunálních odpadů v Evropské unii v kilogramech na obyvatele [39]

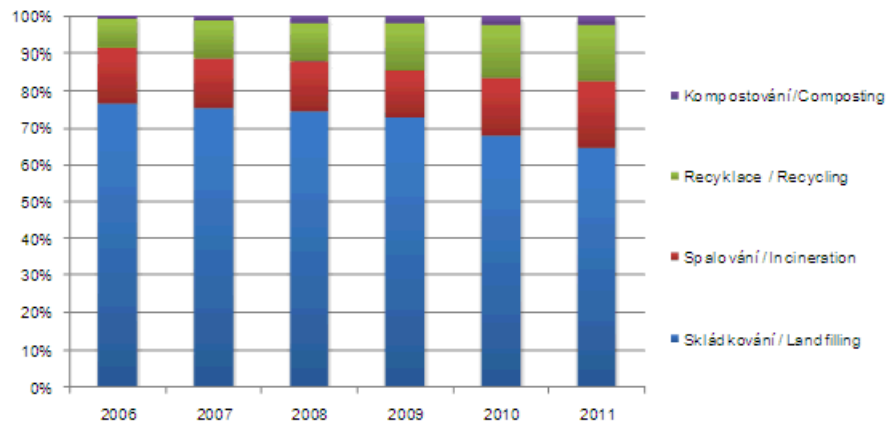


Jak je vidět z grafu číslo 4, při porovnání s ostatními členskými státy Evropské unie je patrné, že množství vyprodukovaného odpadu v přepočtu na obyvatele je v případě České republiky hluboko pod průměrem EU27. Produkce komunálních odpadů v České republice patří v současnosti k nejnižším v celé EU.

4.3 Nakládání s komunálním odpadem v ČR

Přestože, jak je patrné z grafu číslo 5, podíl komunálního odpadu odstraňovaného skládkováním v letech 2005 až 2011 klesá, je v České republice stále velká většina tohoto odpadu skládkována.

Graf č. 5 Vývoj nakládání s komunálním odpadem [1]



Přesné množství tohoto odpadu v tunách je uvedeno v tabulce číslo 3. Z této tabulky je také patrné, že v poslední době sice mírně roste množství komunálního odpadu spáleného s využitím tepla, přesto však také stále mírně roste i množství tohoto odpadu ukládané na skládky. Pozitivní je rostoucí podíl recyklovaného odpadu.

Tab. č. 3 Nakládání s komunálními odpady*¹⁾ [1]

v t							Tonnes
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
Skládkování (D1-D7, D12)	2 043 289	2 120 528	2 057 429	2 113 893	2 161 801	2 167 041	MW landfilled
Spalování s využitím tepla (R1)	390 620	388 681	367 470	369 953	494 949	607 222	MW incinerated with energy recovery
Spalování bez využití tepla (D10)	1 607	1 646	1 723	2 120	2 152	2 618	MW incinerated without energy recovery
Recyklace (R2-R12)	200 603	276 075	279 849	352 787	451 765	495 695	MW recycled
Kompostování (N13)	23 104	30 444	50 187	55 712	75 724	73 762	MW composted

¹⁾ Od roku 2010 byla upravena metodika výpočtu. Data 2006 - 2009 byla přepočtena.

¹⁾ Since 2010 methodology of calculation has been changed. Data 2006 - 2009 were recalculated.

Pro energetické využívání odpadů je vhodný takzvaný směsný komunální odpad. Jedná se o komunální odpad, z něhož byly již vytríděny využitelné složky jako plasty, sklo, papír a elektroodpad.

Jako pozitivum je možné vidět to, že podle ČSÚ se Češi v třídění komunálního odpadu stále zlepšují. Za roce 2010 každý obyvatel ČR odevzdal průměrně 50 kilogramů tříděného odpadu. Což je oproti letům 2008 a 2009, kdy odevzdal každý průměrně jen 44 kg zlepšení o 6 kg na osobu na rok. Oproti roku 2002, kdy bylo na osobu a rok vytríděno pouze 16 kg.

Tab. č. 4 Produkce průmyslových a komunálních odpadů podle krajů v roce 2011 [1]

ČR, kraj CZ, Region	Průmyslové odpady ¹⁾ v t <i>Industrial waste²⁾ Tonnes</i>	Průmyslový odpad v kg/obyvatele <i>Industrial waste kg per capita</i>	Komunální odpady v t <i>Municipal waste Tonnes</i>	Komunální odpad v kg/obyvatele <i>Municipal waste kg per capita</i>	Odděleně sbírané složky v kg/obyvatele <i>Waste components collected separately</i>
Česká republika Czech Republic	4 780 000	455	3 357 877	320	46
v tom:					
Hl. m. Praha	353 359	286	379 557	307	48
Středočeský	562 613	442	657 448	517	49
Jihočeský	221 211	348	197 130	310	57
Plzeňský	253 500	444	137 205	240	49
Karlovarský	42 784	141	94 300	311	36
Ústecký	465 256	562	264 726	320	42
Liberecký	116 546	266	125 776	287	48
Královéhradecký	192 135	347	153 303	277	53
Pardubický	172 942	335	140 780	273	43
Kraj Vysočina	208 719	408	159 196	311	52
Jihomoravský	319 705	275	324 370	279	36
Olomoucký	244 082	382	191 633	300	42
Zlínský	144 229	245	171 683	291	53
Moravskoslezský	1 482 920	1 203	360 771	293	43

¹⁾ Průmyslové odpady zahrnují odpady z odvětví
CZ-NACE 10 - 33

²⁾ *Industrial waste includes waste generated by activities classified under CZ-NACE divisions 10 - 33*

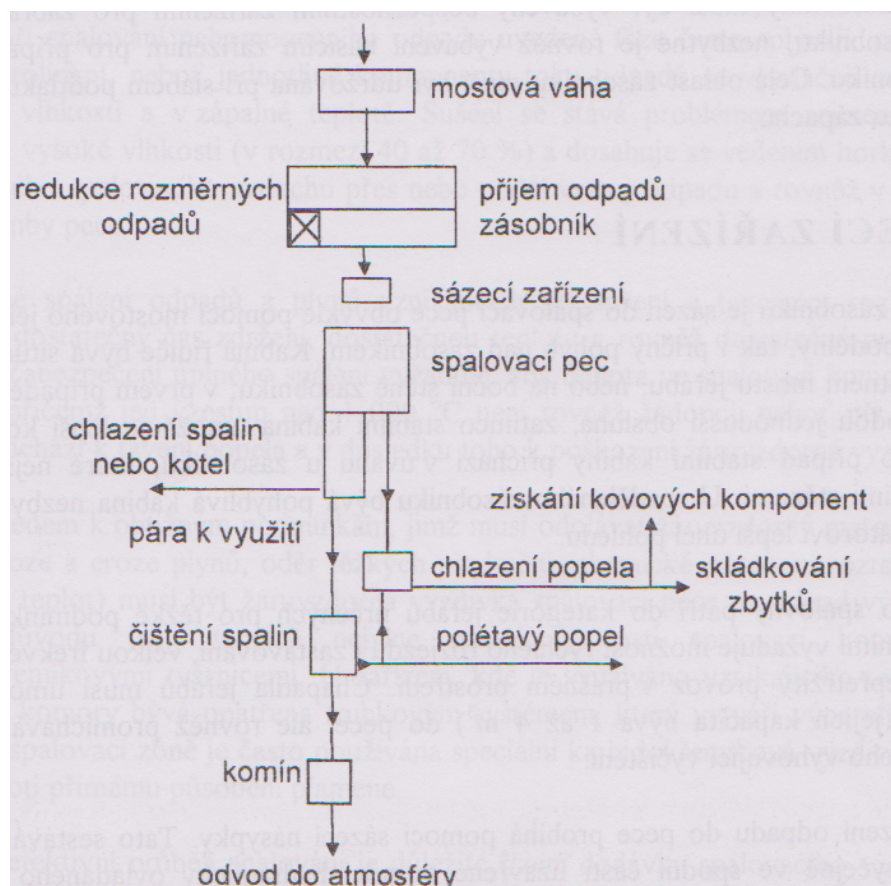
5 Srovnání jednotlivých ZEVO

5.1 Spalovny komunálního odpadu obecně

Spalovny určené ke spalování komunálního odpadu jsou z pravidla navrhovány jako komplexní zařízení, které je schopno zajistit nakládání s odpady. Počínaje jejich příjmem (včetně redukce rozměrných odpadů) a dočasným skladováním, přes sázení a spalování odpadu, chlazení nebo využívání tepla spalin, čištění spalin, jejich odvodu do komína, odstraňováním pevných zbytků po spalování konče. To vše s důrazem na environmentální šetrnost.

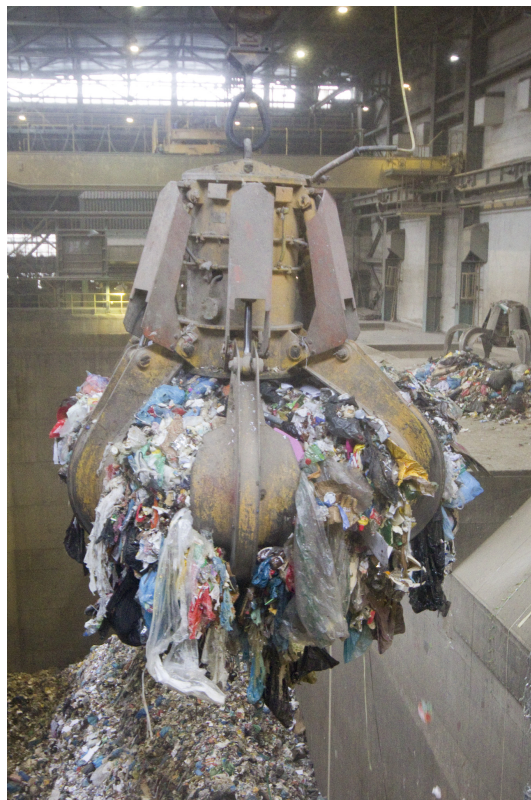
Na následujícím obrázku č. 1 je uvedeno obecné schéma spalovny komunálního odpadu, ze kterého jsou patrné výše uvedené technologické funkce.

Obr. č. 1 Obecné schéma spalovny komunálního odpadu [7]



Jako začátek celého procesu, odehrávajícího se ve spalovně komunálního odpadu, je možné chápat příjem odpadu. Před samotným přijetím odpad prochází detekčním systémem radiační ochrany, který má za úkol ochránit jak osoby, tak životní prostředí před nedovolenou manipulací s radioaktivními materiály. Odpad je poté zvážen, a následně je umístěn do zásobníku odpadu, takzvaného bunkru. Ukládáním odpadu do tohoto zásobníku je zajištěn především nepřetržitý chod spalovny, přestože odpad je do zařízení zavážen obvykle jen určitou část dne. Součástí příjmu odpadů bývá i zařízení sloužící k redukci rozměrných odpadů (stříhací zařízení případně rotační nárazový lamač) na rozměry vhodné pro spálení v samotné peci.

Obr. č. 2 Drapák jeřábu na odpad v ZEVO Praha Malešice [14]



Další je na cestě odpadu umístěno sázecí zařízení. Sázení odpadu bývá realizováno pomocí mostového jeřábu, umožňujícího pohyb ve třech osách. Kabina obsluhy přitom může být přímo součástí mostu jeřábu, nebo je umístěna na stěně zásobníku. Tyto jeřáby musí snášet těžké provozní podmínky jako jsou mimo jiné prašné prostředí nebo nepřetržitý provoz.

Obr. č. 3 Pohled do bunkr odpadu z kabiny jeřábu Spalovna SAKO Brno [13]

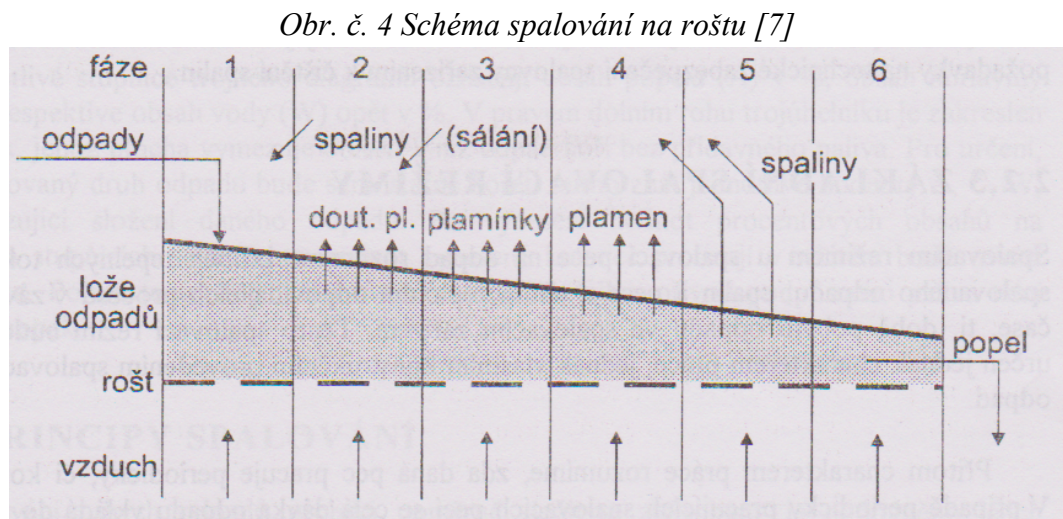


Pomocí jeřábu je odpad nasypan do sázecí výsypky, která je tvořena ocelovou konstrukcí. Výsypka je buď uzavřena uzavíracím šoupátkem nebo je uzavření řešeno pouze pomocí sloupce odpadu. Z této výsypky odpad obvykle putuje k hydraulickému podavači. Ten posouvá odpad na rošt spalovací pece, kde dochází ke spálení odpadu.

Roštové spalovací pece, využívané ke spalování komunálního odpadu, se skládají ze dvou základních částí a to ze spalovací komory a roštů.

Pro dokonalé spálení odpadu je důležité především dostatečné promíchání vrstvy spalovaného odpadu a také dostatečně dlouhý čas zdržení odpadu v peci. Ten se pohybuje okolo 90 minut. Pro co nejlepší průběh spalovacího procesu je také velice důležitý řízený přísun spalovacího vzduchu, ten je obvykle rozdělen do dvou stupňů jako primární a sekundární. Přitom primární spalovací vzduch je přiváděn ze spodní strany roštu přes lože odpadu a vzduch sekundární se přivádí do horní části spalovací komory, tedy nad rošt. Spalovací vzduch je obvykle před vstupem do pece ohříván na teplotu mezi 150 až 250 °C.[7]

Průběh procesu spalování je zřejmý z obr. č. 4 Schéma spalování na roštu, přičemž jednotlivé fáze spalování jsou vyznačeny v horní části tohoto obrázku.



V první fázi tohoto procesu (fáze vysoušení) je díky sálání zdiva pece, plamene a spalín z následujících spalovacích fází odpad ohříván a vysoušen. Na vysoušení se podílí i primární spalovací vzduch.

Ve fázi číslo dvě (fáze zplyňování) je odpad nadále ohříván na teploty v rozmezí 250 až 600 °C. Při těchto teplotách již dochází ke zplyňování hořlavých látek, tyto látky jsou tak přeměněny na vázaný uhlík a těkavé složky.

V následující třetí fázi (fáze zapálení) se těkavé složky vznítí a vznikají lokální ložiska hoření.

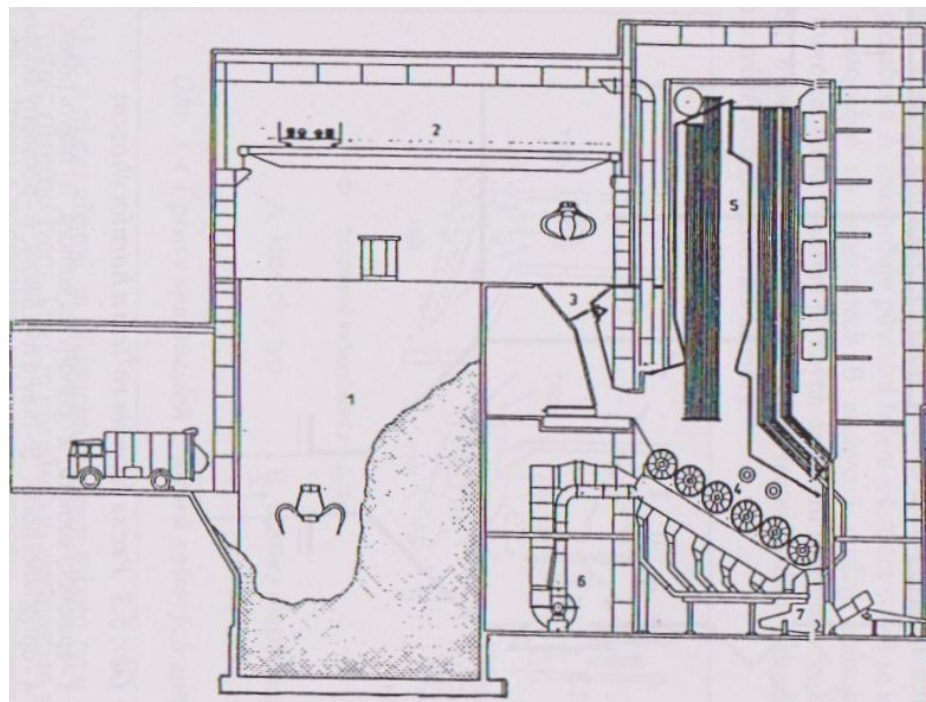
Ve čtvrté fázi (fáze prohořívání) je povrchovým odhoříváním prohříváno odpadové lože a vznikají nová ložiska hoření. V úseku roštu, kde probíhá tato čtvrtá fáze spalování, je dosahováno teplot spalovaného odpadu 500 až 800 °C.

Pátá fáze procesu spalování je charakteristická postupným spojením ložisek hoření. V tomto úseku roštu je dosahováno teplot až 1150 °C, vznikající strusku a škváru je proto nutné chladit pomocí zvýšeného přebytku vzduchu nebo pomocí vody. Teploty přesahující teplotu okolo 1000 °C mohou totiž poškozovat žáruvzdornou pecní vyzdívku.

Ve fázi číslo šest (fáze vyhořívání) postupně vyhořívají uvolněné plyny i vzniklý polokoks. Je zde uvolněno velké množství tepla, teploty zde mohou dosahovat až 1200 °C.

V reálném provozu přitom výše uvedené fáze spalování často splývají nebo se prolínají, což je dáno rozdílnou vlhkostí a zápalnou teplotou jednotlivých spalovaných materiálů. [7]

Obr. č. 5 Schéma části roštové spalovny komunálního odpadu [7]



Jak je patrné z obr. č. 5 (v tomto případě se jedná o spalovnu s válcovými rošty) tepelná energie vzniklá spalováním komunálního odpadu na roštu (4) je využita v tepelných výměnících (5) k odpařování tekoucí vody v rourách. Takto vzniklá pára je pak dále využívána především k výrobě tepla pro dálkové vytápění či výrobu elektrické energie. Horké spaliny jsou předáním tepla ve výměníku ochlazovány na teploty kolem 180 až 220 °C. [15]

Jednotlivé typy používaných spalovenských roštů jsou podrobněji uvedeny v kapitole 5.4 Spalovací pece.

Pevné zbytky, vzniklé při spalování, jsou plynule odváděny z posledního spalovacího roštu pece a bývají chlazeny ve vodní nádrži. Tyto vzniklé zbytky bývá možno ještě dále využít pro stavební účely (například do podloží při stavbě silnic). Další pevné zbytky jsou produkovány systémem čištění spalin, ty však obsahují velké množství těžkých kovů, a proto bývají ukládány na skládky jako nebezpečný odpad. [7]

Velice důležitou částí každé spalovny komunálního odpadu je bezpochyby zařízení na čištění kouřových plynů. Mimo jiné i proto, že kouřové plyny představují více než 83 % hmotnosti ze všech odpadních produktů [16], které z komunálního odpadu po spalování vznikají. Pro svoji důležitost je čištění spalin podrobněji řešeno v kapitole Čištění spalin.

5.2 Svoz odpadů do spalovny

Důležitou problematikou, která s energetickým využíváním komunálních odpadů velmi úzce souvisí, je doprava odpadů do spalovny. Hraje zde roli několik faktorů. Je důležité, aby samotné zařízení na energetické využívání odpadů nebylo příliš vzdáleno od spotřebitele energie v něm vyrobené. Toto je důležité především u energie tepelné, proto je vhodné umístění spalovny s možností napojení na síť centrálního vytápění, případně v blízkosti průmyslového využití této energie. Pro svoz odpadu do spaloven komunálního odpadu na území České republiky jsou využívány běžné popelářské vozy. Společnost Pražské služby a.s. začala nahrazovat klasické vozy spalující naftu vozy novými, které spalují zemní plyn. [19] To se projeví v podobě nižších emisí a nižších nákladů na palivo.

Obr. č. 6 Popelářský vůz Pražských služeb na zemní plyn (CNG) [20]

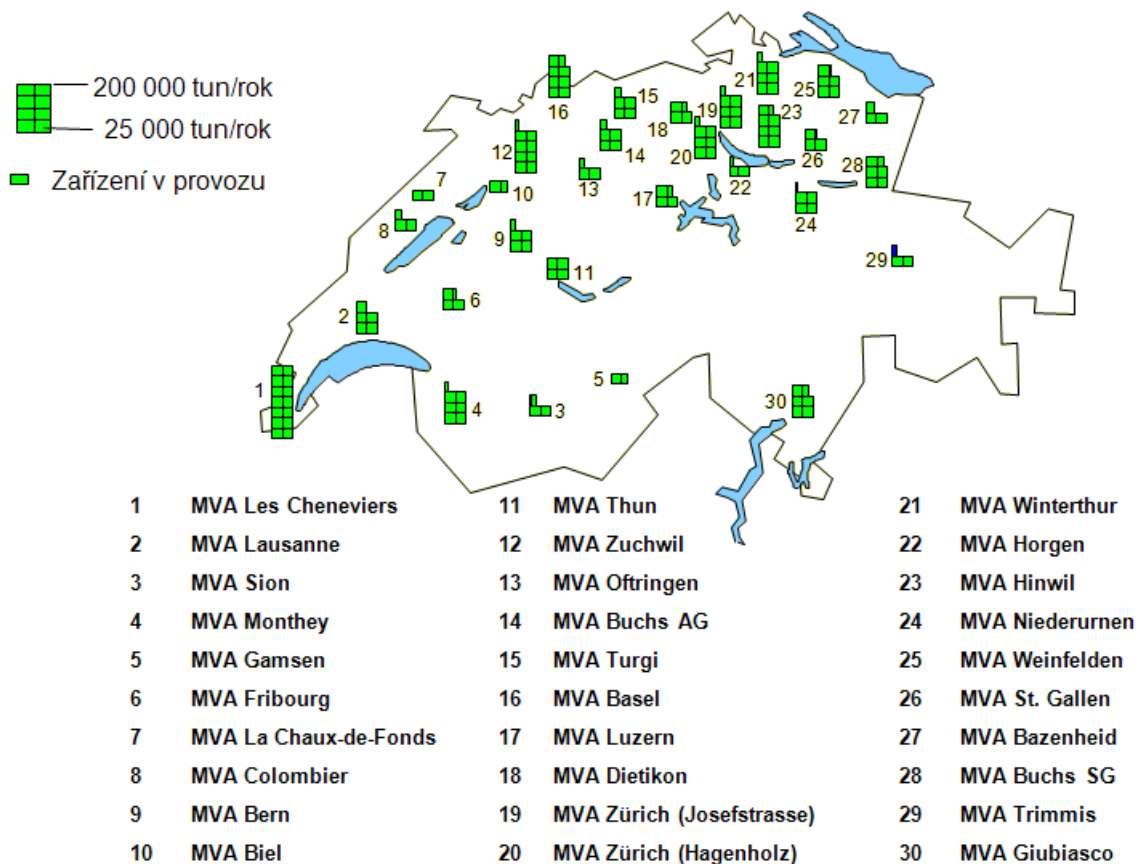


Z environmentálního hlediska je ideální, aby svozové oblasti jednotlivých spaloven nebyly příliš rozsáhlé, což je důležité především kvůli emisím vznikajícím při dopravě odpadů. Menší svozové oblasti se můžou rovněž pozitivně projevit v menší dopravní zátěži v okolí vlastní spalovny. Navíc příliš dlouhá cesta odpadu do spalovny je i ekonomicky náročná. I přesto je však (podle porovnávací studie LCA skládkování versus spalování směsného komunálního odpadu zpracované na katedře ekonomie životního prostředí Vysoké školy ekonomické v Praze) [21] z environmentálního hlediska výrazně šetrnější odvoz odpadu

ke spálení do spalovny vzdálené od místa vzniku asi 170 km, než odpad skládkovat na místní skládce. Tato studie se zabývala konkrétně podmínkami v obci Frýdek-Místek a její celý název zní Posouzení životního cyklu (LCA) smíšeného komunálního odpadu v obci Frýdek-Místek.

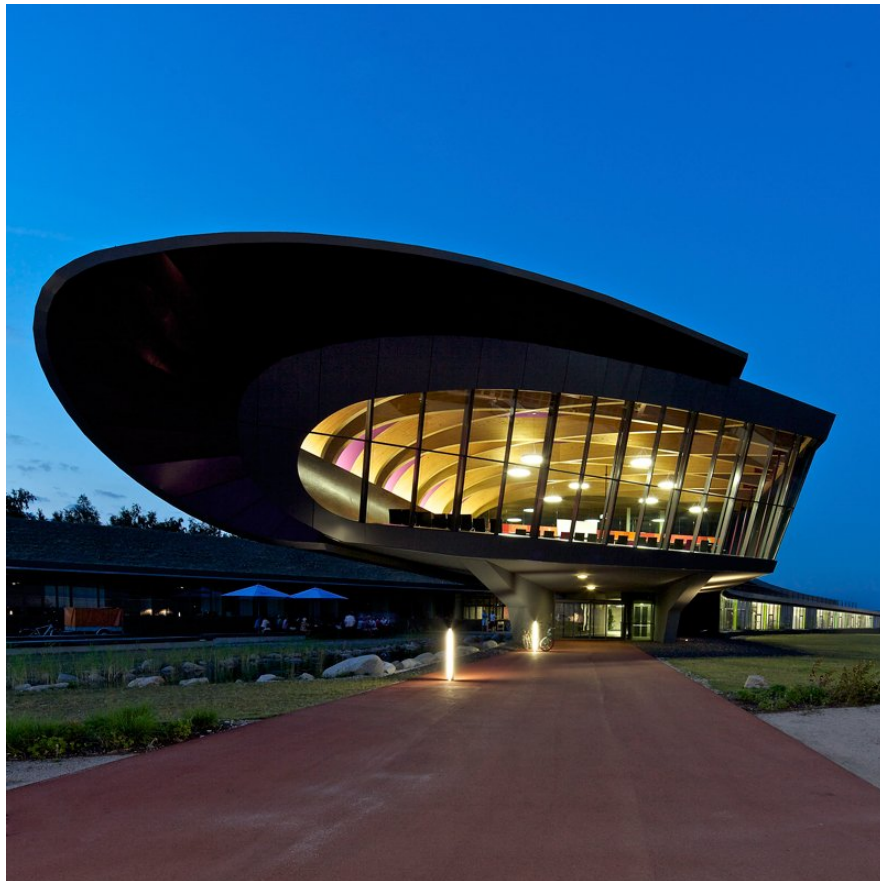
Menší svozové oblasti s sebou ovšem přinášejí také negativa v podobě problémů s naplněním projektovaných kapacit spaloven. Tento rozpor je například ve Švýcarsku, které má jeden z nejpropracovanějších systémů odpadového hospodářství v Evropě, řešen v podobě poměrně velkého počtu spaloven s menší kapacitou. Jak je patrné z obrázku č. 7 v roce 2009 bylo ve Švýcarsku v provozu 30 spaloven na komunální odpad a téměř polovina z nich má kapacitu nižší než 100 000 tun spáleného odpadu za rok. Ve Švýcarsku je přitom asi 45 % komunálního odpadu využíváno materiálově a 55 % využíváno energeticky.

Obr. č. 7 Zařízení na energetické využívání odpadů ve Švýcarsku v roce 2009 [40]



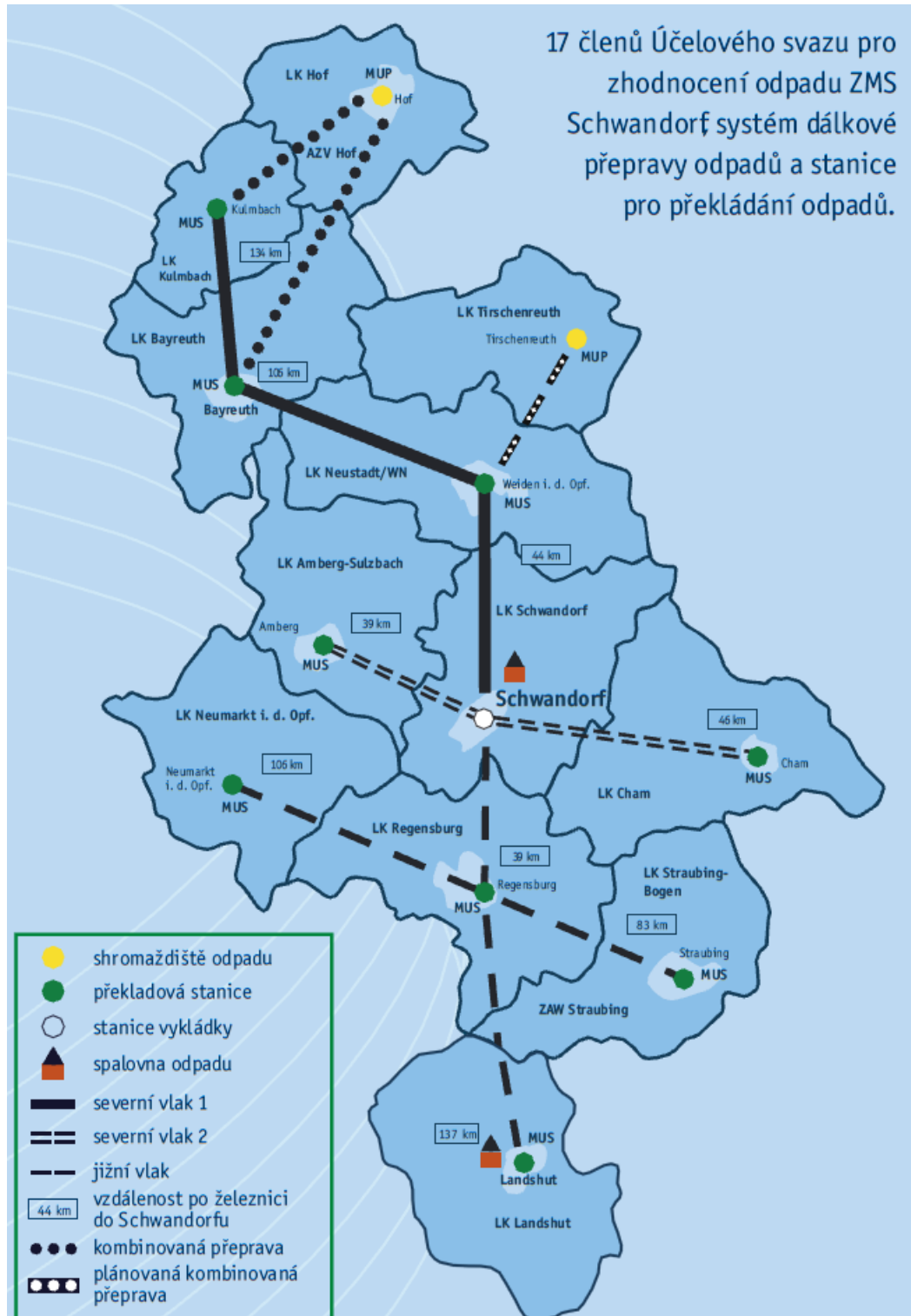
Jinou cestu zvolili v německém Bavorsku, největší zemi Spolkové republiky Německo. Zdejší Účelový svaz pro zhodnocení odpadů ZMS Schwandorf spravuje oblast o rozloze asi 15 000 km², ve spalovně ZMS Schwandorf je následně energeticky využíván odpad z této oblasti zhruba od 1 856 000 obyvatel. Tato spalovna má přitom poměrně velkou kapacitu 450 000 tun odpadu za rok, přičemž v současnosti je ročně spáleno průměrně zhruba 390 000 tun. Přitom je 80 % těchto odpadů dopraveno do spalovny po železnici. [24]

Obr. č. 8 Administrativní budova ZMS Schwandorf [27]

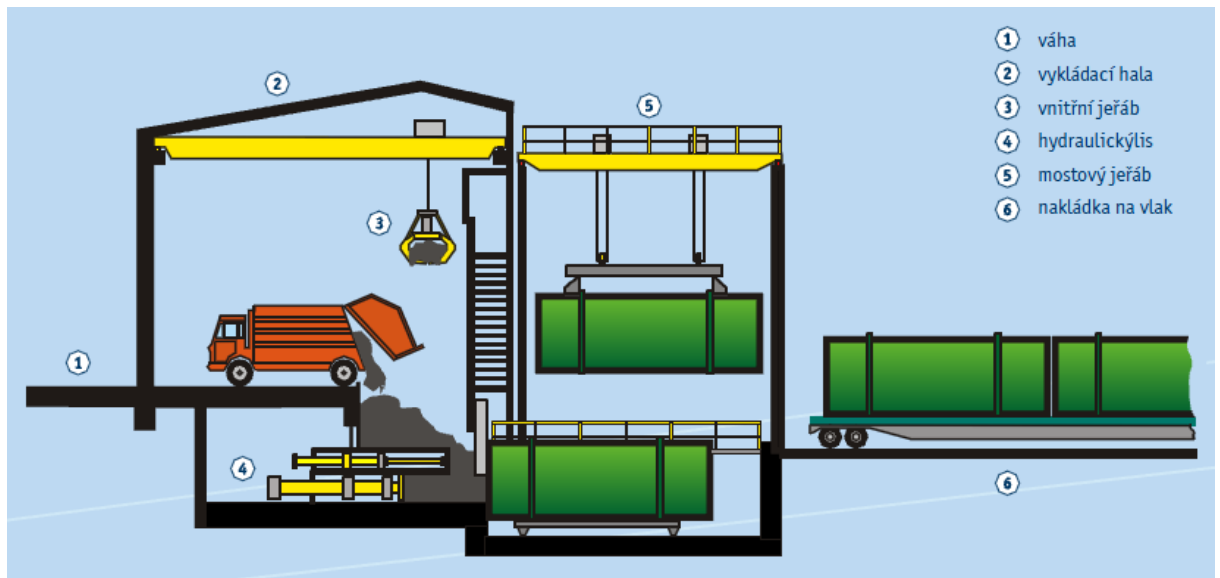


Jak je vidět z obr.č. 9 využívá tento systém logistiky celkem 9 překladových stanic. V těchto stanicích je odpad z popelářských vozů nejprve zvážen, dále pak slisován (na zhruba 1/3 původního objemu) a překládán do speciálních kontejnerů. Přitom každý tento kontejner pojme cca 20 tun odpadu. [24] Tento proces je znázorněn na obrázku č. 10. Díky tomuto propracovanému systému logistiky odpadu je možné svážet odpad z oblastí vzdálených i více než sto kilometrů a přesto není nadměrně zatěžována silniční síť. Využití železniční dopravy je navíc přínosem i z environmentálního i ekonomického hlediska.

Obr. č. 9 Schéma systému dálkové přepravy odpadu svozové oblasti ZMS Schwandorf [24]



Obr. č. 10 Schéma překladové stanice odpadu ZMS Schwandorf [24]



5.3 Základní informace o ZEVO

ZEVO Termizo Liberec

Oficiální název je TERMIZO a.s. - Spalovna komunálních odpadů. Toto zařízení má projektovanou kapacitu 96 000 tun odpadu za rok a má jednu spalovací linku. Tato spalovna byla uvedena do provozu roku 1999. Jmenovitý výkon parního kotle je 35 tun za hodinu. ZEVO Termizo dodá ročně do soustavy centrálního zásobování teplem v Liberci kolem 600 000 GJ tepla. Pro výrobu elektrické energie zde slouží parní turbína o jmenovitém výkonu 2,5 MW. Do sítě dodává spalovna ročně zhruba 6 000 MWh elektřiny. [4]

Obr. č. 11 ZEVO Termizo Liberec [38]



ZEVO Sako Brno

Spalování odpadu má v Brně opravdu dlouhou tradici. Stála zde první spalovna v Rakousko-Uhersku, která již v roce 1905 začala vyrábět elektrickou energii. Tato původní spalovna však byla na konci druhé světové války zničena bombardováním. Současná spalovna má celý název Spalovna a komunální odpady Brno, akciová společnost (SAKO Brno, a.s.) - divize Spalovna smíšeného komunálního odpadu. Toto zařízení je v provozu od roku 1989, od té doby ale prošlo několika modernizacemi. Spalovna Sako Brno je projektována na energetické využití 248 000 tun odpadu za rok a má dvě spalovací linky. Jmenovité parní výkony obou kotlů jsou 51,5 tun za hodinu. ZEVO Sako Brno dodává ročně asi 850 000 GJ tepla a 50 000 MWh elektrické energie. [8]

Obr. č. 12 ZEVO SAKO Brno [41]



ZEVO Praha Malešice

Celým názvem Pražské služby, a.s. - Závod 14, Zařízení na energetické využití odpadu Malešice. Toto zařízení má kapacitu 310 000 tun odpadu ročně, přičemž v roce 2011 bylo spáleno 285 761 tun. ZEVO Praha Malešice je v provozu od roku 1998. Toto ZEVO má 4 spalovací linky. Parní výkon kotle činí 36 tun za hodinu. Zařízení obsahuje 2 protitlaké parní turbíny o výkonu 3,5 MW. Ročně dodá do elektrické sítě asi 70 000 MWh elektřiny a do sítě Pražské teplárenské a.s. zhruba 1 000 000 GJ tepla. [11], [19]

Obr. č. 13 ZEVO Praha Malešice [15]



Spalovna odpadů Schwandorf

Celý název je Zweckverband Müllverwertung Schwandorf, tedy Účelový svaz pro zhodnocení odpadů ZMS Schwandorf. Hlavní spalovací linky jsou čtyři. Tato spalovna začala spalovat odpady již v roce 1982. Projektovaná roční kapacita činí 450 000 tun odpadu. Jmenovité výkony parních kotlů jsou 42 tun páry za hodinu pro kotle číslo 1 až 3, 72 tun za hodinu pro kotel číslo 4 a 30 tun páry za hodinu činí výkon pomocného kotle. Pro výrobu elektrické energie jsou zde instalovány tři parní turbíny se třemi generátory. První dvě turbíny mají jmenovitý výkon 2 x 11 MW, třetí potom 32 MW. ZMS Schwandorf dodá do sítě ročně asi 135 000 MWh elektrické energie. [23], [24]

Obr. č. 14 Spalovna odpadů Schwandorf [42]



5.4 Spalovací pece

Spalovací pece obecně

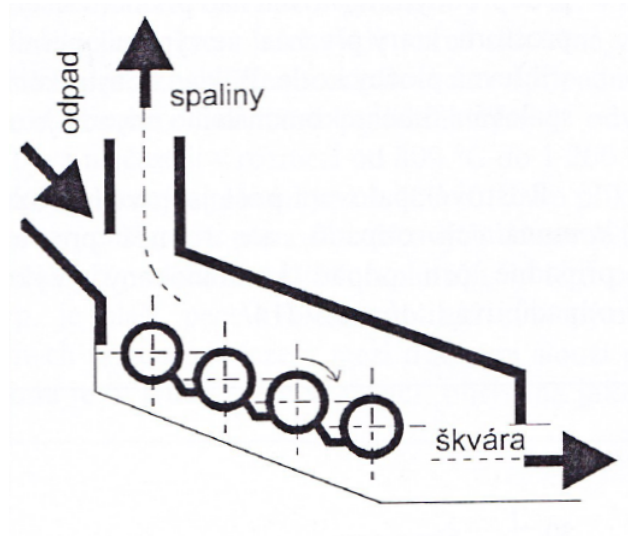
Pro spalování komunálních odpadů jsou vhodné především roštové pece, přičemž pro pece s výkonem větším než 300 kilogramů za hodinu (což ji i případ všech ZEVO v ČR) je pro zabezpečení kvalitního procesu nutné použití roštů pohyblivých. Pohyblivé rošty zajistí spolehlivý a rovnoměrný průchod odpadu celým spalovacím prostorem a také plynulé odstraňování popela. Tyto pece jsou obvykle provozovány jako kontinuální, přičemž odpad je pomocí násypky a podavače přiváděn do vstupní části roštového ohniště a vzduch, nutný k hoření, je přiváděn pod spalovací rošt a bývá rozdělen mezi jednotlivé teplotní zóny. Spalovací komora těchto pecí také obsahuje stabilizační hořák, který spaluje plynné nebo kapalné palivo. [7]

V zařízeních na energetické využívání odpadů jsou v České republice použity pece s pohyblivými rošty válcovými, posuvnými a vratisuvnými (protivratnými).

Válcové rošty

Rošt je v tomto případě tvořen několika válci uspořádanými stupňovitě za sebou. Tyto válce jsou tak dnem spalovací komory se sklonem asi 30°. Jednotlivé válce mají průměr okolo 1,5 metru, přičemž každý z těchto válců má samostatný pohon umožňující regulaci rychlosti otáček a regulaci množství přiváděného spalovacího vzduchu. Odpad je zavážen na nejvýše umístěný válec a postupně je posunován na následující válce, kde postupně probíhají jednotlivé spalovací fáze. Tuhé zbytky potom putují z posledního (spodního) válce do odstruskovače. [7]

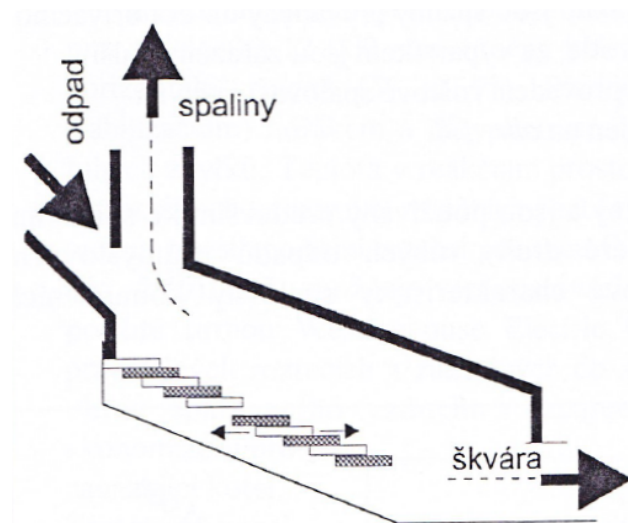
Obr. č. 15 Schéma válcového roštu [7]



Posuvné rošty

Jedná se o šikmo sestupující rošt skládající se z modulů, z nichž má každý posuvný a pevný blok (viz obr. č. 16). Rošt je rozdělen do čtyř až pěti oblastí vzhledem k jednotlivým fázím spalování. Rychlost pohybu roštu je obvykle hydraulicky regulovatelná, přičemž každá oblast má samostatnou regulaci. Odpad je díky pohybu a sklonu optimálně promícháván. [9]

Obr. č. 16 Schéma posuvného roštu [7]



Protivratné (vratisuvné) rošty

Vratisuvné rošty mívají sklon 26° a je složen ze schodovitých roštnic, přičemž každá druhá roštnice se pohybuje proti směru sklonu roštu. Tento princip nejen promíchává hořící vrstvu, ale i stále mísí již hořící odpad s dalším nehořícím odpadem podávaným na rošt. Tento odpad proto začíná okamžitě hořet. Odpad je nepřetržitě promícháván pohybem vrchní hořící vrstvy. Další výhodou tohoto typu roštu je to, že přímo na povrchu roštu je vždy jen dohořívající vrstva. Tím je zmírněno tepelné namáhání roštu, což se kladně projevuje v podobě dlouhé životnosti. [9]

Obr. č. 17 Vratisuvný rošt Martin [10]



5.4.1 Rošty v jednotlivých ZEVO

V zařízeních na energetické využívání odpadů v České republice jsou zastoupeny všechny tři výše uvedené typy roštů.

Termizo Liberec

Ve spalovně odpadu Termizo v Liberci je instalována jedna spalovací linka využívající posuvného roštu. Tato spalovací linka má kapacitu 12 tun odpadu za hodinu. K zapálení odpadu se zde používá zemní plyn. Tento posuvný rošt byl dodán švýcarskou společností Von Roll. [4]

Obr. č. 18 Průzor do spalovací komory Termizo Liberec [4]



ZEVO Praha Malešice

V ZEVO Praha Malešice jsou instalovány čtyři spalovací linky, přitom všechny spalovací pece obsahují válcové rošty, které byly vyrobené roku 1990 v ČKD Dukla. Jedná se o rošty systém Düsseldorf. všechny čtyři spalovací rošty se skládají ze šesti válců. Každá ze čtyř spalovacích linek má kapacitu 15 tun odpadu za hodinu. Jako stabilizační palivo do podpůrných hořáků se zde používá zemní plyn. [11]

Obr. č. 19 Válcový rošt v ZEVO Praha Malešice [12]



ZEVO Sako Brno

Ve spalovně SAKO Brno se po rekonstrukci místo původních tří pecí s válcovými rošty nacházejí nyní dvě pece se systémem protivratných (vratisuvných) roštů od německé firmy Martin GmbH. Každá z těchto dvou spalovacích linek má kapacitu 14 tun spalovaného odpadu za hodinu. Jako podpůrné palivo je zde využito zemního plynu. [8]

Spalovna ZMS Schwandorf

Ve spalovně odpadů ZMS Schwandorf se nacházejí čtyři spalovací linky, přičemž tři mají kapacitu 13,5 tuny a čtvrtá je schopna zpracovat 23,5 tuny odpadu za hodinu. Všechny čtyři linky využívající pece s protivratnými (vratisuvnými) rošty. Podpůrné hořáky zde využívají jako palivo lehký topný olej. [24]

Obr. č. 20 Pohled do spalovací komory ve spalovně ZMS Schwandorf [23]



V následující tabulce č. 5 jsou přehledně shrnuty základní informace ohledně použitých typů spalovacích roštů.

Tab. č. 5 Rošty v jednotlivých ZEVO [4], [8], [11], [24]

Název ZEVO	ZEVO Termizo a.s. Liberec	ZEVO Sako Brno, a.s.	ZEVO Praha Malešice	Spalovna odpadů Schwandorf
Počet spalovacích linek [-]	1	2	4	4
Kapacita jedné spalovací linky [t/h]	12	14	15	3x13,5 1x23,5
Celková kapacita všech spalovacích linek [t/h]	12	28	60	64
Typ spalovacího roštu	Posuvný	Vratismový (Protivratný)	Válcový	Vratismový (Protivratný)
Stabilizační palivo	Zemní plyn	Zemní plyn	Zemní plyn	Lehký topný olej
Projektovaná kapacita ZEVO [tis.t/rok]	96 000	248 000	310 000	450 000

5.5 Čištění spalin

Pro čištění spalin používají všechny tři fungující zařízení na energetické využívání odpadů v České republice do značné míry shodné technologie. Nejdříve je zde uveden stručný popis jednotlivých technologií.

Elektrostatické odlučovače

Elektrostatické odlučování prachu z odpadních plynů spočívá ve využití přitažlivých sil mezi elektricky nabitými částicemi prachu a opačně nabitou srážecí (sběrací) elektrodou. Nabíjení částic se dosahuje v elektrostatickém poli, v němž přenašečem náboje jsou ionty ionizovaného plynu.

Základní funkční komponenty jsou:

- nabíjecí elektroda o velmi malé ploše
- srážecí elektroda o velké ploše, již nabité částice odevzdávají svůj náboj, na ní se usazují a tím se odlučují z toku plynu a jsou uloženy ve společné skříni [3]

Selektivní nekatalytická redukce (SNCR)

Jedná se o metodu odstraňování NO_x z kouřových plynů, kde jsou oxidy dusíku redukovány bez přítomnosti katalyzátoru amoniakem či močovinou. Tato metoda patří mezi nejpoužívanější metody na odstraňování oxidů dusíku. Selektivní nekatalytická redukce probíhá na rozdíl od selektivní katalytické redukce (SCR) za vyšších teplot, které se pohybují v rozmezí 800 až 1100 stupňů Celsia. Při nedodržení tohoto tepelného rozmezí hrozí snížená účinnost a únik nezreagovaného amoniaku do ovzduší. Produktem selektivní nekatalytické redukce jsou N_2 , H_2O a CO_2 . Účinnost této metody se pohybuje v rozmezí 50 až 65 %. [3]

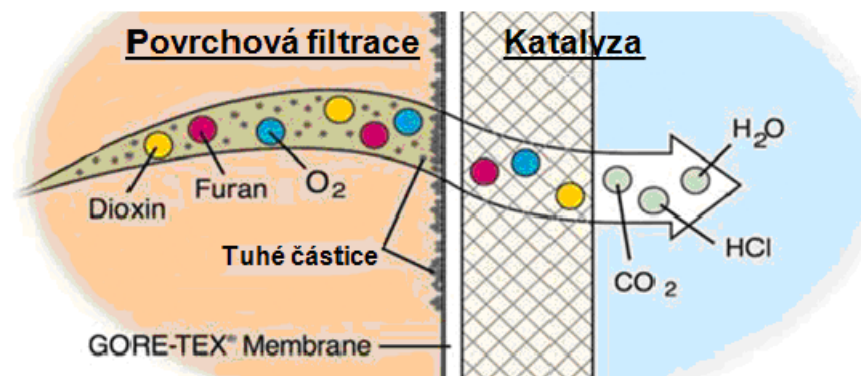
Selektivní katalytická redukce (SCR)

Selektivní katalytické redukce patří také mezi velmi rozšířené metody odstraňování NO_x ze spalin. Tento proces probíhá v závislosti na druhu použitého katalyzátoru v teplotním rozmezí 80 až 450 stupňů Celsia. Katalyzátory, které je možno použít jsou buď katalyzátory na bázi kovových aktivních složek, katalyzátory na bázi zeolitů nebo katalyzátorů, jimiž jsou aktivní uhlíkové materiály. [3]

Katalytické filtry

Tyto filtry spojují jak povrchovou filtraci tuhých částic, tak katalytické zneškodňování dalších škodlivin. Tyto filtry nabízí například W. L. Gore and Associates pod názvem Remedia D/F Catalytic Filter System. Jak je patrné z obrázku č. 21 tento typ filtrů je složen z filtrační membrány a plsti napuštěné katalyzátorem. Přičemž PCDD/F jsou rozkládány pomocí katalytické oxidace na H_2O , CO_2 a HCl . Navíc je toto zařízení schopno snižovat ve spalinách i množství NO_x . Proces filtrace probíhá při teplotách 180 až 260 stupňů Celsia. [3], [5]

Obr. č. 21 Princip fungování katalytického filtru REMEDIA [5]



Polosuchá vápenná metoda odsiřování spalin

Polosuchá vápenná metoda odsiřování spalin spočívá ve vstříkovaní vodní suspenze vápna do reaktoru, jímž je rozprašovací sušárna. Zde nastává adiabatické odpaření vody ze suspenze a ochlazení spalin na optimální teplotu reakce. Výstupy této metody jsou siřičitan vápenatý a v menší míře i síran vápenatý. [3]

Mokrý postupy odlučování plynných znečišťujících látek

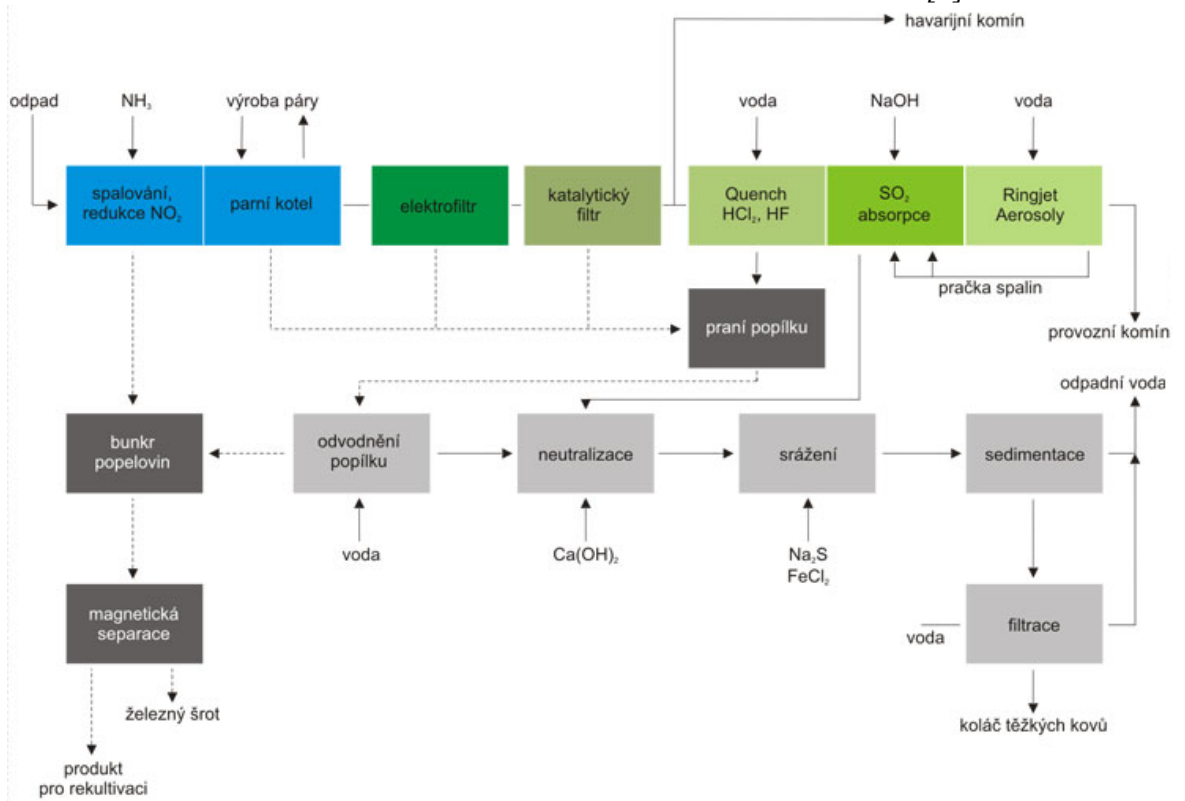
Využívá se vypírání pomocí Ca(OH)_2 nebo NaOH . Nejdříve však musí být spaliny ochlazené na teplotu absorpce. To je nejčastěji řešeno adiabatickým odpařováním vody ve vodní pračce do spalin. Při tom se ve vodě zachytí velké množství HCl a HF . Přitom hodnota pH klesne až na 0,5 až 1,0. Spaliny dále putují do dvoustupňové alkalické vypírky. Tam se odloučí zbytky HCl , HF a většina SO_2 , hodnota pH se zde pohybuje v rozmezí 6 až 7. Již vyčištěné spaliny musí být zbaveny únosu v odlučovačích kapek a dále zbývajících kapek pak odparem smíšením s částí ohřátých vyčištěných kouřových plynů. Odpadní vody z mokré vypírky je následně třeba vyčistit v ČOV. [3]

5.5.1 Čištění spalin v jednotlivých ZEVO

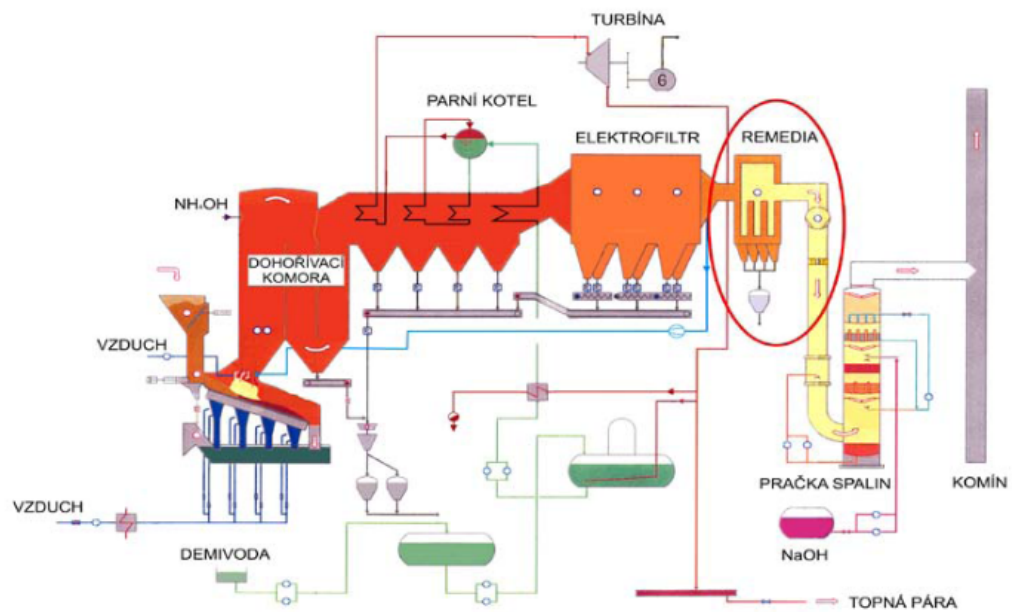
ZEVO Termizo liberec

V tomto zařízení na energetické využívání odpadů jsou instalovány 4 stupně čištění spalin. Jak je patrné z obrázku č. 22 Blokové schéma ZEVO Termizo a.s., a z obrázku č. 23 Technologické schéma ZEVO Termizo Liberec Liberec, první stupeň představuje Selektivní nekatalytická redukce oxidu dusíku (SNCR), kde je přímo do spalovací komory je přiváděn 25 % roztok čpavkové vody. V tomto případě probíhá SNCR v rozmetí teplot 850°C až 950 °C. Tento první stupeň tedy slouží k odstranění NO_x ze spalin. Druhý stupeň čištění spalin má za cíl vyčistit kouřové plyny od popílku, k tomuto účelu se zde nachází elektrostatický odlučovač. Jako třetí stupeň čištění spalin je v ZEVO Termizo Liberec použit speciální katalytický textilní filtr Remedía, který má za cíl rozklad látek typu PCDD/F na neškodné složky. Tento filtr zároveň zachytí i zbytkový popílek, který prošel elektroodlučovačem. Filtrační plocha tohoto tkaninového filtru je 1800 m². Jako poslední stupeň čištění spalin je v ZEVO Termizo Liberec instalována třístupňová pračka spalin, která odstraňuje z kouřových plynů mokřím chemicko-fyzikálním procesem anorganické složky spalin. Prvním stupněm této pračky je ochlazovač (quench), zde jsou spaliny ochlazeny na teplotu přibližně 65 °C vstříkovaním prací vody. Spaliny jsou zde nasycovány vodou, ta pohltí největší díl plynných kyselin jako jsou HCl a HF. Jsou zde odloučeny také těžké kovy (např. Hg, Cn, Zn,). Ve druhém stupni této pračky se spaliny dostávají do styku se změkčenou vodou, do které je dávkován NaOH. Spaliny procházejí výplní pračky proti proudu prací vody. Zde se uskutečňuje absorpce oxidů SO₂ a SO₃. Třetí stupeň pračky tvoří tryskový kruh (ring jet). Spaliny zde procházejí soustavou Venturiho trysek. Odlučují se zde aerosoly vzniklé při spalování a při redukčních procesech NO_x. Nakonec spaliny prochází výstupním odlučovačem kapek a putují do komína, kde probíhá kontinuální měření emisí. [3], [4]

Obr. č. 22 Blokové schéma ZEVO Termizo a.s., Liberec [4]



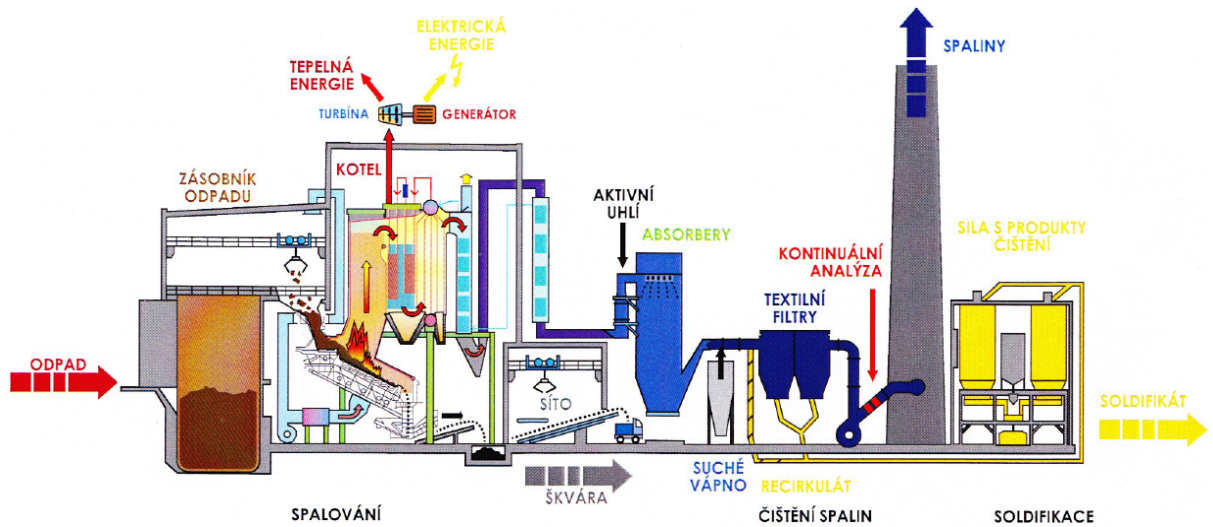
Obr. č. 23 Technologické schéma ZEVO Termizo Liberec [3]



ZEVO SAKO Brno

V ZEVO SAKO Brno je systém čištění spalin řešen pomocí pěti stupňů. Celý systém je znázorněn na obrázku č. 24. Proces čištění spalin začíná přímo ve spalovací komoře a to selektivní nekatalytickou redukcí (SNCR), při tomto procesu je redukční činidlo (močovina) rozstříkáváno do celého průřezu komory kotle. Druhý stupeň čištění spalin je řešen pomocí aktivního uhlí, které je dávkováno v množství 5 kilogramů za hodinu do kouřovodů před absorbéry. Na aktivní uhlí jsou adsorbovány perzistentní organické polutanty jako PCDD/F, PCB a PAU. Jako třetí stupeň čištění spalin je v této spalovně použita polosuchá vápenná metoda, při níž je do proudu spalin rozprašována vodní vápenná suspenze. Horké, kyselé spaliny jsou přivedeny kouřovody do absorbérů, kde probíhá řada chemických reakcí. Výsledným produktem je velmi jemný suchý prášek. Čtvrtý stupeň čištění kouřových plynů je umístěn mezi absorbéry a textilní filtry a spočívá na suché vápenné metodě. Do proudu spalin je zde přidáváno suché hašené vápno. Tento stupeň se spouští automaticky pouze v případě, kdy jsou zaznamenány zvýšené koncentrace kyselých složek kouřových plynů. Posledním stupněm čištění kouřových plynů jsou zde instalovány textilní filtry. Tyto filtry slouží k odloučení veškerých mechanických nečistot a dále pak pevných reakčních produktů ze spalin. Odloučené tuhé znečišťující látky jsou dále shromažďovány ve výsypkách a dále potom přefukovány do sil na sekci solidifikace. Tento textilní filtr má celkovou plochu 2588 m². Na konci procesu čištění spalin je prováděno kontinuální měření a vyčištěné spaliny poté putují do komína, který měří 125 metrů. [8]

Obr. č. 24 Technologické schéma ZEVO SAKO Brno [8]

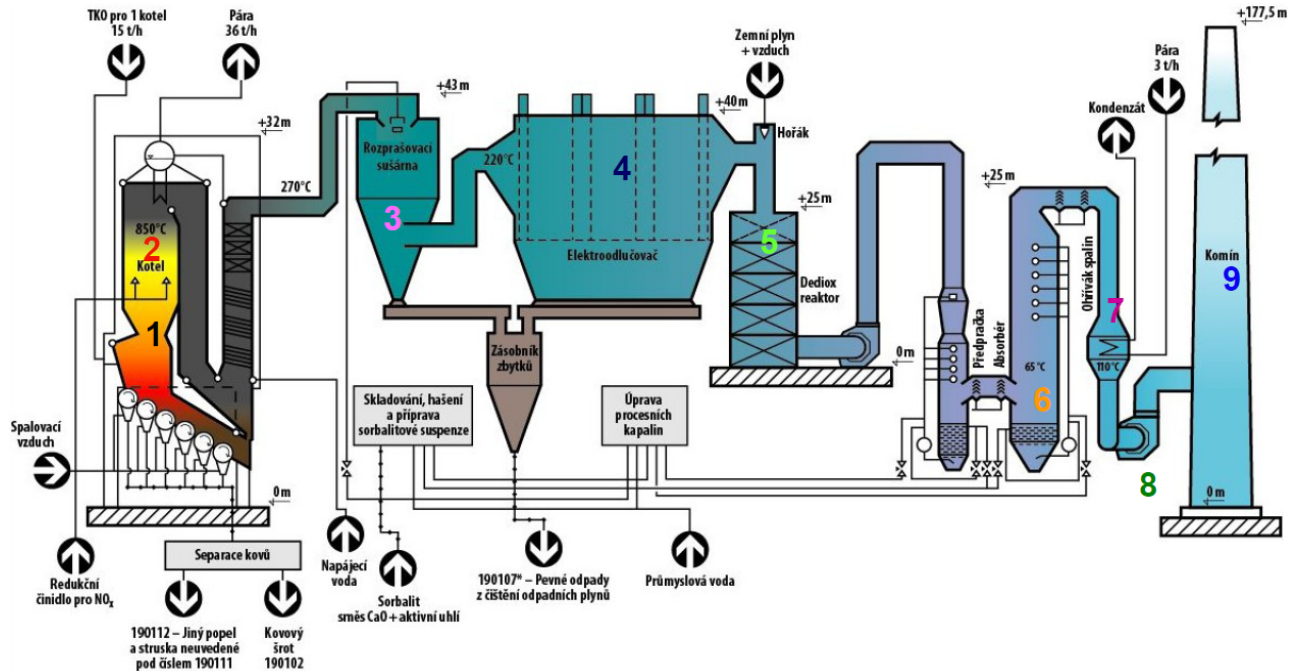


ZEVO Praha Malešice

V zařízení na energetické využívání odpadů Praha Malešice je jako první stupeň čištění spalin rovněž selektivní nekatalytická redukce (SNCR), tedy nástřik redukčního činidla na bázi močoviny do kotle. Dále následuje rozprašovací sušárna, kde jsou spaliny uvedeny do rotačního pohybu a v opačném směru pohybu je rozprašována upravená odpadní směs z předpračky a absorbéru. Dále spaliny putují přes elektrostatický odlučovač. V rozprašovací sušárně i v elektroodlučovači jsou z kouřových plynů odstraňovány především tuhé znečišťující látky. Spaliny následně pokračují do SCR DeDiox/DeNOx Combicat katalyzátoru, což jsou keramické filtry, na jejichž povrchu jsou umístěny katalyzátory sloužící k odstranění PCDD/F, oxidů dusíku a těžkých kovů. Poté spaliny pokračují do dvoustupňové mokré pračky složené z předpračky a absorbéru, kde jsou spaliny promývány vápennou suspenzí. Tato pračka slouží především k odstraňování PCDD/F, oxidů síry a těžkých kovů. Po vyčištění v této pračce pokračují spaliny přes ohřívák spalin do komína, který měří 177,5 metru. [6]

Obr. č. 25 Technologické schéma ZEVO Praha Malešice [35]

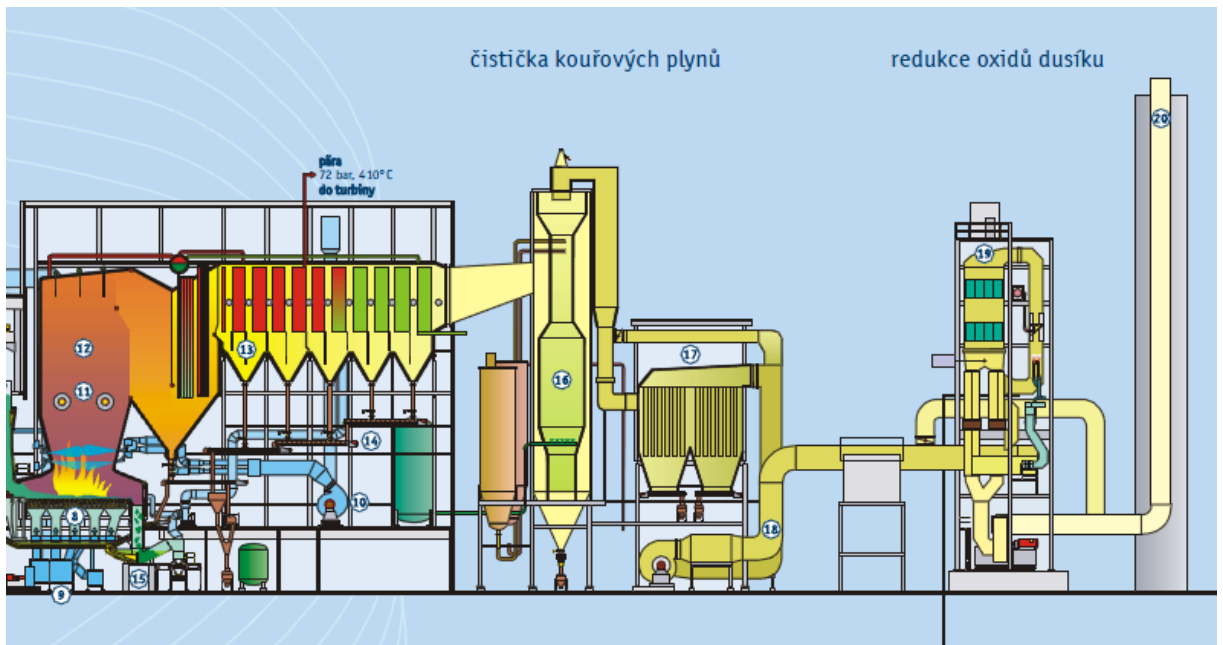
1.Kotel 2.SNCR Denitrifikace 3.Rozprašovací sušárna 4.Elektrofiltr 5.SCR DeDiox
6.Dvoustupňová mokrá pračka 7.Dagavo 8. Spalinový ventilátor 9.Komin



Spalovna odpadů Schwandorf

Ve spalovně odpadů Schwandorf je instalován dvoustupňový systém čištění spalin. Přitom první stupeň probíhá v reaktoru, kde jsou spaliny vstříkáním vody ochlazený z 220 na 140 °C. Následně je do tohoto reaktoru vstříkováno vápno. To na sebe váže kyselé složky spalin jako jsou HCl a SO₂. Na reaktor navazuje tkaninový filtr, který má za úkol vyčistit kouřové plyny od částic prachu. Následující druhý stupeň čištění je tvořen systémem DeNO_x, který pomocí katalytické destrukce odstraňuje oxidy dusíku a organické znečišťující látky (PCDD/F). [24]

Obr. č. 26 Technologické schéma čištění spalin Spalovna Schwandorf [24]



5.6 Porovnání výstupů ze ZEVO

5.6.1 Získaná energie

Porovnání množství vyrobené energie

Tabulka číslo 6 ukazuje množství vyrobené tepelné a elektrické energie v jednotlivých ZEVO. Jedná se o množství dodané do sítě, vlastní spotřeba spaloven je odečtena.

Tab. č. 6 Množství vyrobené energie v jednotlivých ZEVO v roce 2011
[11], [29], [32], [33]

Název ZEVO	ZEVO Termizo a.s. Liberec	ZEVO Sako Brno, a.s.	ZEVO Praha Malešice
Množství spáleného odpadu [t]	94336	232985	285761
Získaná tepelná energie [TJ]	620	847	795
Získaná elektrická energie [GWh]	13	53	34
Získaná tepelná energie vztážená na tunu odpadu[GJ/t]	6,57	3,64	2,78
Získaná elektrická energie vztážená na tunu odpadu [kWh/t]	137,81	227,48	118,98

S využitím dat z tabulky č. 6 spolu s jednotlivými hodnotami výhřevnosti odpadů je možné spočítat účinnost výroby tepla a elektrické energie pomocí následujícího vztahu.

$$\eta = \frac{E_{\text{dodaná do sítě}}}{E_{\text{přivedená}}} = \frac{E_{\text{tepelná}} + E_{\text{elektrická}}}{m_{\text{paliva}} * q_{\text{paliva}}}$$

η	účinnost	[-]
$E_{\text{dodaná do sítě}}$	energie dodaná do sítě za rok	[MJ]
$E_{\text{tepelná}}$	tepelná energie dodaná do sítě za rok	[MJ]
$E_{\text{elektrická}}$	elektrická energie dodaná do sítě za rok	[MJ]
m_{paliva}	celková hmotnost spáleného odpadu za rok	[kg]
q_{paliva}	výhřevnost spalovaného odpadu	[MJ.Kg ⁻¹ .]

Společnost Termizo Liberec udává ve své Roční zprávě o provozu spalovny 2011 údaje o výhřevnosti v jednotlivých letech 2000 až 2010. [33] Spočítáme-li z těchto hodnot průměr, vyjde hodnota 9,82 MJ.Kg⁻¹. Společnost Sako Brno udává hodnotu výhřevnosti odpadu 10,5 MJ.Kg⁻¹. [8] Zařízení na energetické využívání odpadů Praha Malešice udává hodnotu výhřevnosti odpadů 9,5 MJ.Kg⁻¹. [26]

Pokud budeme vycházet z výše uvedeného, vyjde celková účinnost výroby elektrické energie a tepla následovně.

Tab. č. 7 Účinnost výroby elektrické energie a tepla v roce 2011

Název ZEVO	Výhřevnost odpadu (uvažovaná pro výpočet) [MJ.Kg ⁻¹]	Účinnost η [%]
ZEVO Termizo a.s. Liberec	9,82	72
ZEVO Sako Brno, a.s.	10,5	42
ZEVO Praha Malešice	9,5	34

Přitom je nutno uvést, že při výpočtu je za palivo považován pouze spalovaný odpad, palivo stabilizačních hořáků není uvažováno. Také výhřevnosti jsou průměrné, nemusí přesně odpovídat stavu v roce 2011.

Z tohoto srovnání vychází nejlépe spalovna Termizo v Liberci.

5.6.2 Roční emise do ovzduší

Následující tabulka srovnává množství emisí vypouštěných do ovzduší vztažené na rok u všech zařízení na energetické využívání odpadů, které jsou v současné době na území České republiky v provozu.

Tab. č. 8 Roční emise jednotlivých ZEVO v ČR pro rok 2011 [11]

Název znečišťující látky	Roční emise jednotlivých zařízení			Jednotky
	ZEVO Termizo a.s. Liberec	ZEVO SAKO Brno, a.s.	ZEVO Praha Malešice	
Tuhé znečišťující látky	0,000	2,442	1,517	t/rok
Oxid siřičitý	2,604	26,155	1,979	t/rok
Oxidy dusíku	68,454	215,021	165,056	t/rok
Oxid uhelnatý	8,073	11,049	33,742	t/rok
Organické látky vyj. jako celk. org. uhlík	0,012	2,771	1,295	t/rok
Amoniak	0,499	26,260	-	t/rok
Antimon	1,000	0,109	1,900	kg/rok
Arsen	2,000	0,154	0,900	kg/rok
Chrom	5,000	2,300	10,500	kg/rok
Kadmium	1,000	0,118	1,200	kg/rok
Kobalt	5,000	0,079	0,200	kg/rok
Mangan	3,000	2,272	4,800	kg/rok
Měď	3,000	21,103	5,100	kg/rok
Nikl	7,000	3,580	9,400	kg/rok
Olovo	5,000	1,165	14,300	kg/rok
Rtuť	5,000	4,631	4,500	kg/rok
Thallium	1,000	0,076	0,100	kg/rok
Vanad	2,000	0,152	0,600	kg/rok
Zinek	9,000	-	-	kg/rok
Dioxiny a furany (PCDD + PCDF)	14,480	4,500	21,000	mg/rok
Fluor a jeho anorganické sloučeniny	183,000	499,000	343,000	kg/rok
Chlor a jeho anorganické sloučeniny	88,000	6,408	48,000	kg/rok
Polycyklické aromatické uhlovodíky	-	0,105	-	kg/rok
Polychlorované bifenyly (PCB)	-	0,000	-	g/rok

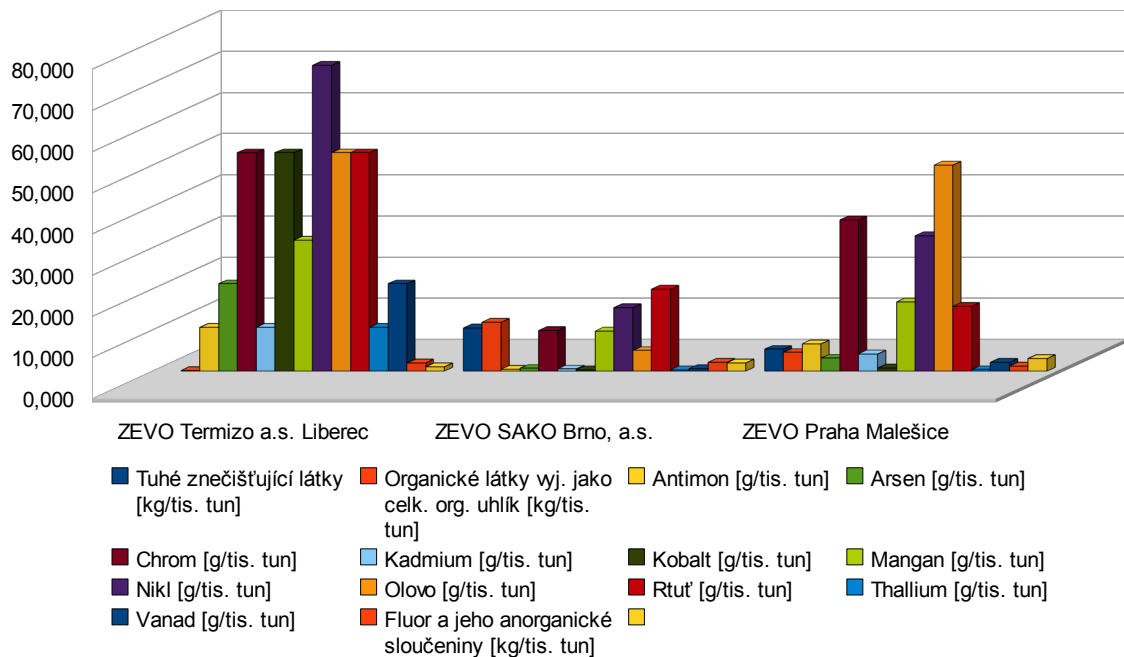
Následující tabulka č. 9 obsahuje data z předcházející tabulky č. 8 s tím rozdílem, že množství škodlivin z jednotlivých spaloven je zde přepočteno na tisíc tun spáleného odpadu. Nejlepší hodnoty pro jednotlivé emise jsou přitom tučně zvýrazněny. Z tabulky vyplývá, že nejlepších výsledků dosahuje ve většině parametrů ZEVO SAKO Brno.

Tab. č. 9 Emise jednotlivých ZEVO v roce 2011 vztahované na tisíc tun odpadu

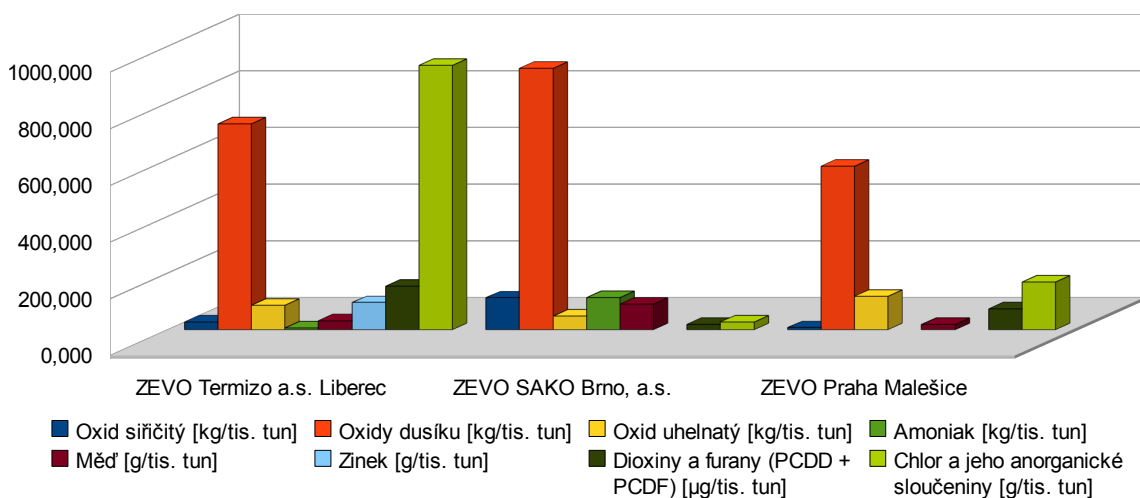
Název znečišťující látky	Roční emise jednotlivých zařízení v přepočtu na tisíc tun odpadu			Jednotky
	ZEVO Termizo a.s. Liberec	ZEVO SAKO Brno, a.s.	ZEVO Praha Malešice	
Tuhé znečišťující látky	0,000	10,481	5,309	kg/tis. tun
Oxid siřičitý	27,603	112,260	6,925	kg/tis. tun
Oxidy dusíku	725,640	922,896	577,602	kg/tis. tun
Oxid uhelnatý	85,577	47,424	118,078	kg/tis. tun
Organické látky vyj. jako celk. org. uhlík	0,127	11,893	4,532	kg/tis. tun
Amoniak	5,290	112,711	0,000	kg/tis. tun
Antimon	10,600	0,468	6,649	g/tis. tun
Arsen	21,201	0,661	3,149	g/tis. tun
Chrom	53,002	9,872	36,744	g/tis. tun
Kadmium	10,600	0,506	4,199	g/tis. tun
Kobalt	53,002	0,339	0,700	g/tis. tun
Mangan	31,801	9,752	16,797	g/tis. tun
Měď	31,801	90,577	17,847	g/tis. tun
Nikl	74,203	15,366	32,895	g/tis. tun
Olovo	53,002	5,000	50,042	g/tis. tun
Rtuť	53,002	19,877	15,747	g/tis. tun
Thallium	10,600	0,326	0,350	g/tis. tun
Vanad	21,201	0,652	2,100	g/tis. tun
Zinek	95,404	0,000	0,000	g/tis. tun
Dioxiny a furany (PCDD + PCDF)	153,494	19,315	73,488	µg/tis. tun
Fluor a jeho anorganické sloučeniny	1,940	2,142	1,200	kg/tis. tun
Chlor a jeho anorganické sloučeniny	932,836	27,504	167,973	g/tis. tun
Polycyklické aromatické uhlovodíky	0,000	0,451	0,000	g/tis. tun

Pro přehlednost jsou data z tabulky číslo 8 zobrazena ještě v grafické podobě a to grafy číslo 6 a 7.

Graf č. 6 Emise jednotlivých ZEVO v roce 2011 vztahované na tisíc tun odpadu I.



Graf č. 7 Emise jednotlivých ZEVO v roce 2011 vztahované na tisíc tun odpadu II.



5.6.3 Emise do ovzduší v porovnání se zákonnými limity

Následující tabulka číslo 9 shrnuje množství emisí získané pomocí kontinuálního měření ve vybraných zařízeních na energetické využívání odpadů v porovnání s emisním limitem, který je dán zákonem č. 201/2012 Sb., respektive přílohou číslo 4 k vyhlášce č. 415/2012 Sb.. Uvedené hodnoty jsou pro rok 2011 s výjimkou SAKO Brno, kde jsou hodnoty pro rok 2012.

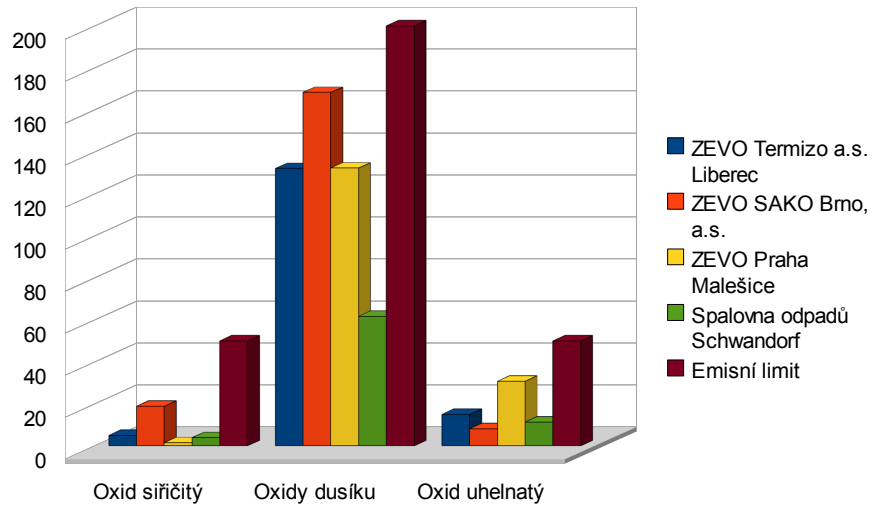
Tab. č. 10 Emise v mg/m^3 měřené kontinuálně ve vybraných ZEVO [22], [24], [29], [32], [33], [37]

	ZEVO Termizo a.s. Liberec	ZEVO SAKO Brno, a.s.	ZEVO Praha Malešice	Spalovna odpadů Schwandorf	Emisní limit
Oxid siřičitý	5	18,8	1,49	3,85	50
Oxidy dusíku	132	168,3	132,31	61,7	200
Chlorovodík	0,16	2,4	0,04	6,05	10
Tuhé znečišťující látky	<0,0002	0	1,25	0,1	10
Celkový organický uhlík	0,02	0	1,04	0,13	10
Oxid uhelnatý	15	8,1	30,78	11,28	50

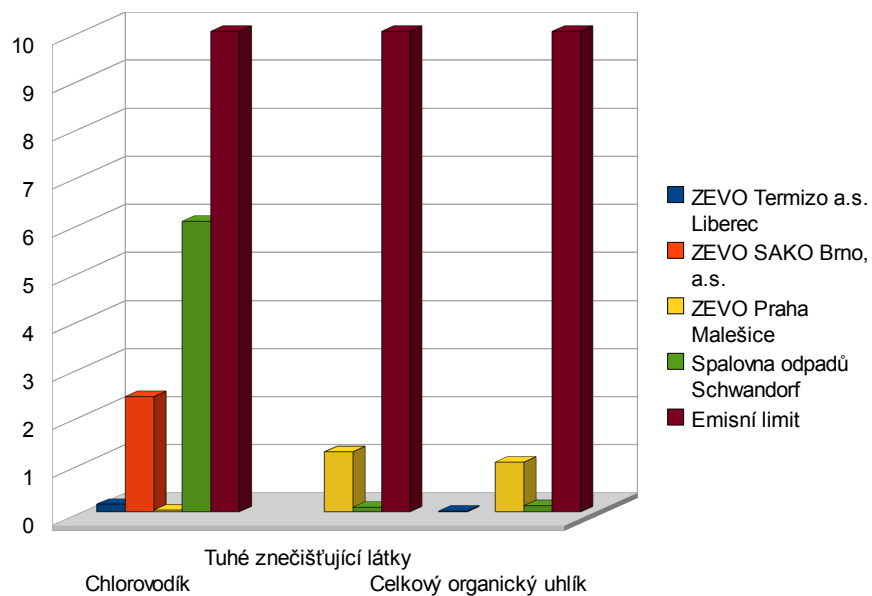
Nejlepší výsledky pro každou z měřených škodlivin jsou v tabulce pro přehlednost zvýrazněny.

V následujících grafech jsou v grafické podobě zobrazeny údaje z tabulky č. 10. Pro přehlednost je toto grafické zobrazení rozděleno do dvou grafů.

Graf č. 8 Emise do ovzduší ve srovnání s emisním limitem I.



Graf č. 9 Emise do ovzduší ve srovnání s emisním limitem II.



Z výše uvedené tabulky a grafů vyplývá, že všechny spalovny komunálního odpadu, které jsou v České republice v současné době v provozu splňují předepsané emisní limity dané vyhláškou č. 415/2012 Sb..

Při hodnocení jednotlivých škodlivin vypouštěných do ovzduší v případě emise SO₂ všechny spalovny splňují předepsaný emisní limit o jeden řád lépe než je stanoveno kromě spalovny SAKO Brno, která využívá předepsaný emisní limit cca z 1/3. Nejlepších výsledků zde dosahuje ZEVO Praha Malešice.

Plnění emise NO_x splňují všechny spalovny v ČR zhruba na stejné úrovni, spalovna ZMS Schwandorf (SRN) by daný emisní limit platný v ČR plnila zhruba na úrovni 1/3 předepsaného limitu. V ČR jsou v tomto nejlepší ZEVO Praha Malešice a Termizo Liberec. Jestliže do hodnocení zahrneme i spalovnu Schwandorf (SRN) pak tato spalovna dosahuje v případě škodliviny NO_x nejnižších emisí.

Emise škodliviny HCl je plněna spalovnami v ČR hluboko pod předepsaným limitem, naopak spalovna ZMS Schwandorf (SRN) plní předepsaný emisní limit platný v ČR zhruba na úrovni 1/2 tohoto limitu. Nejlepších výsledků v případě HCl dosahuje ZEVO Praha Malešice.

Emisní limit TZL je plněn všemi spalovnami včetně spalovny Schwandorf minimálně o řád lépe, než je předepsaný emisní limit. Nejlepších výsledků v tomto limitu dosahuje ZEVO SAKO Brno.

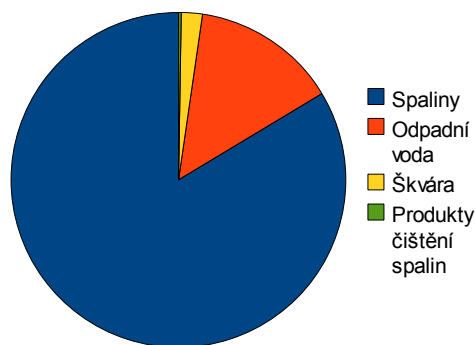
Emisní limit TOC je rovněž plněn všemi spalovnami včetně spalovny Schwandorf minimálně o řád níže než je předepsaný limit. Nejlepších výsledků v tomto limitu dosahuje spalovna SAKO Brno.

Emise oxidu uhelnatého je opětovně plněna všemi spalovnami včetně spalovny ZMS Schwandorf. Nejlepších výsledků v tomto limitu dosahuje také ZEVO SAKO Brno.

5.6.4 Zbytky po spalování

Při spalování tuhého komunálního odpadu vznikají kromě spalin (které jsou zastoupeny v největší míře, cca 83 % hmotnosti ze všech odpadních produktů) také odpadní voda (cca 14 %), škvára (cca 2%) a produkty čištění spalin (cca 0,27 %). [16] Spalinám se detailněji věnuje kapitola 5.5.

Graf č. 10 Hmotnostní podíl odpadních produktů ze spalování SKO [16]



Odpadní vody

Odpadní vody z procesu čištění spalin je před jejich vypuštěním do kanalizace nebo odpařením také nutné vyčistit. Jedná se o několikastupňové čištění. Na konci tohoto procesu jsou znečišťující látky schromážděny v podobě sedimentovaného kalu tzv. filtračního koláče. Ten se obvykle po zpracování ukádá na skládku nebezpečného odpadu. Tento filtrační koláč je možno také využít jako surovinový zdroj, obsahuje totiž asi 20 % zinku. Zinek je možné dále využít, přičemž tento postup využívá například spalovna v Bernu. [34]

Pevné zbytky

ZEVO Termizo Liberec

Surový popílek, odloučený z kouřových plynů systémem čištění spalin, se ze sila, kde je skladován, dávkuje do extrakčních nádrží. Zde je popílek v kyselé vodě z prvního stupně pračky spalin vyluhován (při pH 3,5 a teplotě cca 65 °C). Tímto jsou z něj odstraňovány rozpustné soli a extrahovatelné těžké kovy. Popílek je dále pomocí vakuového filtračního pásu odvodněn. Poté je popílek ještě promyt vodou a smíchán ze struskou v bunkru strusky. Takto vypraný popílek ani struska již nevykazují nebezpečné vlastnosti. Z popelovin z bunkru strusky jsou dále pomocí hřebenového roštu a magnetického separátoru odděleny hrubé kovové části a železný šrot. Materiál z bunkru strusky je pod názvem SPRUK využíván ve stavebnictví. Tento materiál má podobné vlastnosti jako portlandské betony a je možné ho využít například jako násypy a zásypy při stavbách pozemních komunikací, k budování podkladních vrstev pozemních komunikací nebo jako překryvné vrstvy uložených odpadů na skládkách odpadů. Výrobek SPRUK je certifikován. Certifikát pro variantu výrobku na stavbu pozemních komunikací je uveden jako příloha č. 3 této práce. všechny ostatní certifikáty jsou dostupné na webových stránkách společnosti Termizo a.s.. [4]

ZEVO SAKO Brno

Součástí spalovny komunálních odpadů v Brně je také objekt solidifikace. Zde je možné suchý produkt, pocházející ze systému čištění spalin, přímo stáčet do nákladních vozidel a odvézt k dalším úpravám prováděným oprávněnou osobou nebo tento produkt přímo zde stabilizovat. Tato stabilizace spočívá v smíchání tohoto produktu s cementem a vodou. Následně se produkt převezde do deponie, kde do 48 hodin tuhne. Tímto je většinou těžkých kovů zabráněno ve vyluhování.

Škvára je jeřábem překládána ze zásobníku škváry k vytřídění. Zde jsou pomocí bubnových třídičů (za použití principu indukčních proudů) a pomocí elektromagnetického separátoru ze škváry vytříděny jak feromagnetický podíl, tak i neželezné kovy. Jak vytříděné

železo tak i hliník jsou odváženy k dalšímu využití. Poté je škvára využívána k technickému zabezpečení skládek, případně je ukládána na příslušnou skládku. [8]

Obr. č. 27 Objekt solidifikace Spalovna SAKO Brno [8]



ZEVO Praha Malešice

Škvára, vzniklá po spalování, je ze zásobníku škváry dopravována do násypky s vibračním podavačem. Pomocí vibračního třídiče je následně rozdělena na dvě frakce. Z každé z těchto frakcí je, pomocí elektromagnetických separátorů, vyseparován feromagnetický materiál k dalšímu využití. Obě frakce škváry jsou využívány ve stavebnictví. Tuhé odpady z procesu čištění spalin však mají charakter nebezpečného odpadu a jsou po solidifikaci uloženy na skládku nebezpečného odpadu. [6]

Vyseparovaný železný šrot

Ze strusky, vzniklé po spálení odpadu, je pomocí kovových roštů a magnetických separátorů oddělen železný šrot. Tento šrot následně zařízení na energetické využívání odpadů prodávají jako druhotnou surovinu. Následující tabulka uvádí množství takto vyseparovaných materiálů v jednotlivých ZEVO za rok 2011.

Tab. č. 11 Množství vyseparovaného železného šrotu za rok 2011 [29], [32], [33]

	ZEVO Termizo a.s. Liberec	ZEVO SAKO Brno, a.s.	ZEVO Praha Malešice
Množství vyseparovaného železného šrotu [t]	720	3867	3331

5.7 Ekonomické srovnání

Přestože je energetické využití komunálního odpadu ve spalovnách z environmentálního hlediska přijatelnější, než jeho prosté uložení na skládku (Z tohoto předpokladu vychází mimo jiné i hierarchie nakládání s odpady, kde je ukládání odpadů na skládky (odstranění) až na posledním místě), neodpovídají tomu cenové rozdíly mezi energetickým využitím a uložení na skládku. Cena za spálení je ve většině případů několikanásobně vyšší, než cena za uložení na skládku. Cena za spálení se ve spalovně Termizo v Liberci pohybuje, v závislosti na druhu odpadu, zhruba mezi 1 400 až 2 700 Kč. [4] V ZEVO Praha Malešice si účtují za spálení jedné tuny odpadu cenu v rozmezí zhruba 2 300 až 3 400 Kč. [19] Ze srovnání cen v jednotlivých spalovnách komunálního odpadu pak vychází jako nejlevnější spalovna Termizo v Liberci, zde je cena za spálení jedné tuny odpadu pouze asi 850 Kč. [34] Cena za skládkování se přitom pohybuje v průměru mezi 800 až 1 200 Kč za jednu tunu. [28] Takto nastavené ceny bohužel v současné době ve většině případů zvýhodňují právě skládkování. V základních tezích připravované novely Zákona o odpadech se počítá se zvýšením cen za ukládání odpadu na skládky, přičemž se uvažuje, že od roku 2025 bude skládkování tuhého komunálního odpadu, obdobně jako v západoevropských zemích (Rakousko, Německo, Švýcarsko a další), zakázáno.

Energetické využívání odpadů je přitom výhodnější také proto, že umožňuje úsporu neobnovitelných zdrojů energie. Například v roce 2011 spálily všechny tři spalovny komunálního odpadu na území České republiky celkem 613 082 tun odpadu. Jelikož má komunální odpad srovnatelnou výhřevnost jako hnědé uhlí, je možné si úsporu nerostných surovin představit jako úsporu zhruba stejného množství tohoto uhlí.

6 Návrh opatření na zlepšení efektivity provozu ZEVO

Tento návrh na zlepšení efektivity provozu se skládá ze dvou částí. První část se zabývá problematikou logistiky odpadu určeného k energetickému využití ve spalovnách a případnou předúpravou tohoto odpadu před jeho termickým odstraněním. Druhá část tohoto návrhu se týká využití tuhých zbytků ze spalovacího procesu.

6.1 Logistika odpadu

Při velkých vzdálenostech místa vzniku odpadu od spalovny není svoz běžnými popelářskými vozy až do spalovny optimálním řešením. V tomto případě se nabízí využití železniční sítě. Jako inspiraci je přitom možné využít velmi propracovaný systém logistiky odpadů realizovaný sdružením ZMS Schwandorf, tedy běžné popelářské vozy využít pouze pro přepravu na kratší vzdálenosti a odpad z nich následně přeložit na nákladní vlaky a ještě předtím, pokud možno, snížit objem odpadu. Systém logistiky odpadu ZMS Schwandorf je detailněji popsán v kapitole 5.2.. V případě, že by konkrétní uvažovaná spalovna neměla k dispozici železniční vlečku a její výstavba by nebyla možná nebo vhodná (například z ekonomického hlediska), existuje možnost pro tyto případy místo vlaků použít kamionovou dopravu. Z analýzy společnosti Technické služby Vsetín vyplynulo, že pro lokální podmínky ve Vsetíně se již od vzdálenosti mezi místem vzniku odpadu a místem jeho likvidace 24,5 km z ekonomického hlediska vyplatí využití překladiště a z něj místo běžných popelářských vozů odpad dále přepravovat pomocí tahače s návěsem. V tomto konkrétním případě se jednalo o tahač Tatra TNT 260 6x6 se skříňovým návěsem s podlahovým systémem HYVA FLOOR. [28]

Jako další, co se logistiky odpadu týče, je možnost využití kombinované přepravy. Tato možnost by byla vhodná zejména pro případ, kdy u spalovny není realizována železniční vlečka, ale železnice se nachází relativně blízko. Potom by existovala možnost odpad ve vzdálenějších oblastech od spalovny lisovat do kontejnerů a dopravovat po železnici do nejbližšího možného místa, odkud by byly tyto kontejnery přeloženy na nákladní vozy, které by je již dopravily do samotné spalovny. Toto řešení by bylo možné využít mimo jiné v

případě připravovaného ZEVO Chotíkov, kde by jako místo pro přeložení kontejnerů s odpadem mohlo sloužit nádraží v Křimicích.

Obr. č. 28 Překládová stanice odpadů ZMS Schwandorf [23]



Jako další řešení, které je přínosné jak z hlediska ekonomického tak environmentálního je nahrazení klasických popelářských vozů vozy využívajícími jako palivo stlačený zemní plyn (CNG), touto cestou se mimochodem vydala například společnost Pražské služby a.s., podle které je ekonomická návratnost jistá a to i přesto, že cena vozidla s tímto pohonem je zhruba o 1 milion Kč vyšší než cena srovnatelného vozidla spalujícího naftu. Náklady na CNG jsou totiž v současné době oproti naftě téměř poloviční. [29]

6.2 Předúprava odpadu před spálením

Jistou příležitostí ke zlepšení je možné vidět také ve využití předúpravy odpadu před jeho samotným termickým odstraněním. V tomto případě by bylo možné využití plně automatických, případně poloautomatických třídících linek. Linky na ruční dotřídění směsného komunálního odpadu nabízí například společnost ČKD Group, přičemž základní kapacitní řada těchto linek je 150 000 tun odpadu za rok. [31] Automatizované linky využívají k separaci jednotlivých složek pokročilé technologie v podobě magnetických separátorů kovů, rotačních a vibračních sít, separátorů nemagnetických kovů, optických třídících a dalších zařízení. Tyto linky vyrábí například německá firma Bezner. [30]

Pro minimální ekonomickou i environmentální náročnost by bylo vhodné výstavbu linku pro předúpravu odpadu realizovat v těsné blízkosti spalovny, přičemž by bylo třeba zajistit odbyt pro vyseparované, dále využitelné složky (plasty, kovy a jiné). Pro minimalizaci přepravní náročnosti by bylo toto řešení vhodné zejména pro spalovny v blízkosti například zařízení pro recyklaci plastů. V případě větších vzdáleností by bylo opět vhodné využití velkoobjemové (nejlépe železniční) přepravy. Je otázkou, zda by takovéto předtřídění odpadu před spálením bylo výhodné z ekonomického hlediska. Bylo by ale v souladu s hierarchií nakládání s odpadem (podle zákona o odpadech), ve kterém je materiálové využití odpadu nadřazeno jeho využití energetickému.

6.3 Využití tuhých zbytků po spalování

Z procesu spalování ve spalovně komunálních odpadů vznikají tuhé zbytky (popílek, škvára), využitím těchto zbytků je rovněž možné zvýšit efektivitu provozu spalovny. Přestože popílek, pocházející z procesu čištění spalin, obsahuje množství těžkých kovů je možné i tento vyčistit. Toto řešení je použito například ve spalovně Termizo v Liberci, v této spalovně jsou popílek i struska využívány pod názvem SPRUK. Tento produkt je certifikován. Podrobnější popis tohoto konkrétního technologického postupu je uveden v kapitole 5.6.4 Zbytky po spalování. Maximálním využitím i těchto odpadních produktů je možno snížit množství odpadu ukládaného na skládky, což je z environmentálního hlediska jistě přínosem.

7 Závěr

V první části této práce jsou zmapovány a popsány základní legislativní nástroje, které se týkají energetického využívání odpadů. Dále je zde popsán současný stav a vývoj produkce komunálních odpadů na území České republiky. Na základě tohoto vývoje a ze srovnání s ostatními členskými státy Evropské unie je možné předpokládat, že produkce komunálního odpadu bude mít i nadále vzrůstající tendenci.

V České republice je stále velká většina komunálního odpadu ukládána na skládky a pouze jeho malá část se energeticky využívá, což je v rozporu s hierarchií nakládání s odpady. Energetické využívání odpadů je jednou z možností, jak podíl odpadu ukládaného na skládky snížit. Tento způsob využití odpadu navíc využívá poměrně velký energetický potenciál, kterým směsný komunální odpad bezpochyby disponuje. Tento odpad má srovnatelnou výhřevnost jako hnědé uhlí. Využitím směsného komunálního odpadu jako paliva lze také ušetřit množství fosilních paliv, která mohou být v budoucnosti využita k jinému účelu.

Částečné nahrazení výrobní kapacity současných tepláren či elektráren spalovny odpadů se jeví jako přínosné i z environmentálního hlediska, pro spalovny odpadů totiž platí přísnější emisní limity. I tyto limity jsou, jak je patrné z kapitoly 6.3., s rezervou dodržovány.

Jako nevýhoda se v současnosti jeví poměrně vysoká cena za spalování odpadu v porovnání s cenou za uložení na skládku. Jedná se o jednu z bariér vyššího využití této technologie. Toto by měla vyřešit připravovaná novela zákona o odpadech, kde se počítá se zvýšením ceny za skládkování a uvažuje se dokonce o zákazu skládkování vůbec.

V této práci je uvedeno porovnání jednotlivých zařízení na energetické využívání odpadů, kde jsou popsány použité technologie jako systémy čištění spalin či typy spalovacích roštů. Součástí tohoto srovnání je rovněž porovnání úrovně emisí, kde ve většině sledovaných znečišťujících látek dosahuje nejlepších výsledků spalovna SAKO v Brně. Z porovnání účinnosti výroby elektrické a tepelné energie vychází nejlépe spalovna Termizo v Liberci.

V návrhu na zlepšení efektivity provozu se práce zabývá především problematikou logistiky odpadu a lepším využitím tuhých zbytků po spalování.

Co se týče logistiky odpadu, je zde navrhováno vyšší využití železniční sítě, případně využití kombinované či kamionové dopravy pro efektivnější a environmentálně šetrnější

přepravu na vyšší vzdálenosti. Kombinovanou dopravu je zde doporučeno vzít v úvahu v případě připravovaného zařízení na energetické využívání odpadů v Chotíkově u Plzně.

Maximálním využitím tuhých zbytků po spalování je možné minimalizovat množství odpadů, které je po spálení odpadu nutné ukládat na skládku. Tyto materiály je možno použít ve stavebnictví.

Součástí tohoto závěrečného shrnutí je SWOT analýza, která obecně hodnotí energetické využívání komunálních odpadů ve spalovnách jako celek.

Tab. č. 12 SWOT analýza energetického využívání odpadů

	Silné stránky	Slabé stránky
Vnitřní prostředí	Využití energetického potenciálu komunálního odpadu Environmentálně přijatelné řešení Vyseparování a následné využití kovů Mnohonásobné snížení objemu i hmotnosti odpadu	Mnohdy ne zcela optimální logistika odpadu Ne vždy jsou ideálním způsobem využity všechny odpadní produkty
	Příležitosti	Hrozby
Vnější prostředí	Dodržení závazků k EU Možnost úspory neobnovitelných zdrojů energie	Vyšší cena za spálení tuny odpadu oproti uložení na skládku Špatná informovanost veřejnosti

8 Seznam použitých obrázků, grafů a tabulek

8.1 Obrázky

<i>Obr. č. 1</i>	<i>Obecné schéma spalovny komunálního odpadu [7]</i>	25
<i>Obr. č. 2</i>	<i>Drapak jeřábu na odpad v ZEVO Praha Malešice [14]</i>	26
<i>Obr. č. 3</i>	<i>Pohled do bunkru odpadu z kabiny jeřábu Spalovna SAKO Brno [13]</i>	27
<i>Obr. č. 4</i>	<i>Schéma spalování na roštu [7]</i>	28
<i>Obr. č. 5</i>	<i>Schéma části roštové spalovny komunálního odpadu [7]</i>	29
<i>Obr. č. 6</i>	<i>Popelářský vůz Pražských služeb na zemní plyn (CNG) [20]</i>	31
<i>Obr. č. 7</i>	<i>Zařízení na energetické využívání odpadů ve Švýcarsku v roce 2009 [40]</i>	32
<i>Obr. č. 8</i>	<i>Administrativní budova ZMS Schwandorf [27]</i>	33
<i>Obr. č. 9</i>	<i>Schéma systému dálkové přepravy odpadu svozové oblasti ZMS Schwandorf [24]</i>	35
<i>Obr. č. 10</i>	<i>Schéma překladové stanice odpadu ZMS Schwandorf [24]</i>	36
<i>Obr. č. 11</i>	<i>ZEVO Termizo Liberec [38]</i>	37
<i>Obr. č. 12</i>	<i>ZEVO SAKO Brno [41]</i>	38
<i>Obr. č. 13</i>	<i>ZEVO Praha Malešice [15]</i>	39
<i>Obr. č. 14</i>	<i>Spalovna odpadů Schwandorf [42]</i>	40
<i>Obr. č. 15</i>	<i>Schéma válcového roštu [7]</i>	42
<i>Obr. č. 16</i>	<i>Schéma posuvného roštu [7]</i>	42
<i>Obr. č. 17</i>	<i>Vratisuvný rošt Martin [10]</i>	43
<i>Obr. č. 18</i>	<i>Průzor do spalovací komory Termizo Liberec [4]</i>	44
<i>Obr. č. 19</i>	<i>Válcový rošt v ZEVO Praha Malešice [12]</i>	45
<i>Obr. č. 20</i>	<i>Pohled do spalovací komory ve spalovně ZMS Schwandorf [23]</i>	46
<i>Obr. č. 21</i>	<i>Princip fungování katalytického filtru REMEDIA [5]</i>	49
<i>Obr. č. 22</i>	<i>Blokové schéma ZEVO Termizo a.s., Liberec [4]</i>	52
<i>Obr. č. 23</i>	<i>Technologické schéma ZEVO Termizo Liberec [3]</i>	52
<i>Obr. č. 24</i>	<i>Technologické schéma ZEVO SAKO Brno [8]</i>	54
<i>Obr. č. 25</i>	<i>Technologické schéma ZEVO Praha Malešice [35]</i>	55
<i>Obr. č. 26</i>	<i>Technologické schéma čištění spalin Spalovna Schwandorf [24]</i>	56
<i>Obr. č. 27</i>	<i>Objekt solidifikace Spalovna SAKO Brno [8]</i>	68
<i>Obr. č. 28</i>	<i>Překladová stanice odpadů ZMS Schwandorf [23]</i>	72

8.2 Grafy

<i>Graf č. 1 Vývoj produkce odpadů v ČR [1].....</i>	<i>19</i>
<i>Graf č. 2 Vývoj produkce komunálních odpadů v ČR [1].....</i>	<i>20</i>
<i>Graf č. 3 Komunální odpad dle způsobu svozu v roce 2011, v tunách [1].....</i>	<i>21</i>
<i>Graf č. 4 Produkce komunálních odpadů v Evropské unii v kilogramech na obyvatele [39]..</i>	<i>21</i>
<i>Graf č. 5 Vývoj nakládání s komunálním odpadem [1].....</i>	<i>22</i>
<i>Graf č. 6 Emise jednotlivých ZEVO v roce 2011 vztahené na tisíc tun odpadu I.....</i>	<i>62</i>
<i>Graf č. 7 Emise jednotlivých ZEVO v roce 2011 vztahené na tisíc tun odpadu II.....</i>	<i>62</i>
<i>Graf č. 8 Emise do ovzduší ve srovnání s emisním limitem I.....</i>	<i>64</i>
<i>Graf č. 9 Emise do ovzduší ve srovnání s emisním limitem II.....</i>	<i>64</i>
<i>Graf č. 10 Hmotnostní podíl odpadních produktů ze spalování SKO [16].....</i>	<i>66</i>

8.3 Tabulky

<i>Tab. č. 1 Produkce odpadů v České republice v roce 2011 [1].....</i>	<i>18</i>
<i>Tab. č. 2 Produkce komunálních odpadů [1]..</i>	<i>20</i>
<i>Tab. č. 3 Nakládání s komunálními odpady*) [1].....</i>	<i>23</i>
<i>Tab. č. 4 Produkce průmyslových a komunálních odpadů podle krajů v roce 2011 [1].....</i>	<i>24</i>
<i>Tab. č. 5 Rošty v jednotlivých ZEVO [4], [8], [11], [24].....</i>	<i>47</i>
<i>Tab. č. 6 Množství vyrobené energie v jednotlivých ZEVO v roce 2011 [11], [29], [32], [33].....</i>	<i>57</i>
<i>Tab. č. 7 Účinnost výroby elektrické energie a tepla v roce 2011.....</i>	<i>59</i>
<i>Tab. č. 8 Roční emise jednotlivých ZEVO v ČR pro rok 2011 [11].....</i>	<i>60</i>
<i>Tab. č. 9 Emise jednotlivých ZEVO v roce 2011 vztahené na tisíc tun odpadu.....</i>	<i>61</i>
<i>Tab. č. 10 Emise v mg/m³ měřené kontinuálně ve vybraných ZEVO [22], [24], [29], [32], [33], [37].....</i>	<i>63</i>
<i>Tab. č. 11 Množství vyseparovaného železného šrotu za rok 2011 [29], [32], [33].....</i>	<i>69</i>
<i>Tab. č. 12 SWOT analýza energetického využívání odpadů.....</i>	<i>75</i>

9 Použité zdroje

- [1] „Český statistický úřad“, 2013. [Online na WWW]: <http://www.czso.cz/> [cit.: 20-dubna-2013].
- [2] zákon č. 76/2002 Sb. o integrované prevenci
- [3] Vejvoda, J. Machač, P. Buryan, P. Technologie ochrany ovzduší a čištění odpadních plynů, Praha, 2003.
- [4] „Termizo a.s.“, 2013. [Online na WWW]: http://www.termizo.mvv.cz/index_en.html. [cit.: 17-bře-2013].
- [5] Kropáč, J.: Pokročilý výpočtový nástroj pro návrh systému čištění spalin z procesu termického zpracování odpadů, Disertační práce, VUT Brno, 2012.
- [6] „Bresson a.s.“, 2013. [Online na WWW]: <http://www.bresson.cz/> [cit.: 25-dubna-2013].
- [7] Obroučka, K.: Termické odstraňování a energetické využívání odpadů, Skripta, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2001.
- [8] „SAKO Brno, a.s.“, 2013, Propagační materiály společnosti
- [9] Karásek, R.: Transfer těžkých kovů při spalování odpadů, Doktorská práce, VUT Brno, 2010.
- [10] „All for power“, Informační portál a časopis, 2013. [Online na WWW]: <http://www.allforpower.cz/> [cit.: 13.04.2013]
- [11] „Český hydrometeorologický ústav“, Informace o spalovnách za rok 2011, 2013. [Online na WWW]: <http://www.chmi.cz/> [cit.: 10.03.2013]
- [12] <http://aktualne.centrum.cz/foto-a-grafiky/fotogalerie/2008/04/22/odpad-hori-para-hreje-podivejte-se-do-spalovny/foto/194288/> [cit.: 11.03.2013]
- [13] http://www.lidovky.cz/Foto.aspx?r=ln_domov&foto1=MSE2d8a76_SPALOVNA1.jpg [cit.: 12.03.2013]
- [14] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spalovna_Male%C5%A1ice-090.jpg [cit.: 02.02.2013]
- [15] „Odpad je energie“, Informační portál [Online na WWW]: <http://www.odpadjeenergie.cz/> [cit.: 15.03.2013]

- [16] „Odpadové fórum“, odborný časopis, 10/2009
- [17] energetický zákon č. 458/2000 Sb.
- [18] [http://odpady.ihned.cz/index.php?p=E00000_d&&article\[id\]=52221000](http://odpady.ihned.cz/index.php?p=E00000_d&&article[id]=52221000)
[cit.: 15.03.2013]
- [19] „Pražské služby a.s.“, [Online na WWW]: <http://www.psas.cz/> , [cit.: 05.2.2013]
- [20] <http://www.biznys.ihned.cz>
- [21] „Třetí ruka“, České ekologické manažerské centrum,2013
[Online na WWW]: <http://www.tretiruka.cz/news/porovnavaci-studie-lca-skladkovani-versus-spalovani-smesneho-komunalniho-odpadu/> , [cit.: 12.03.2013]
- [22] „SAKO Brno a.s.“ [Online na WWW]: <http://www.sako.cz/> ,[cit.: 04.01.2013]
- [23] Knoll,T.,Prezentace ODPADY 2011 Zkušenosti a poznatky z provozu spalovny odpadů ZMS Schwandorf , Zweckverband Müllverwertung Schwandorf
- [24] „ZMS“, [Online na WWW]: <http://www.z-m-s.de/> , [cit.: 05.2.2013]
- [25] <http://odpady.ihned.cz/c1-54185830-spalovna-schwandorf-nahradni-reseni-se-osvedcilo>
[cit.: 01.02.2013]
- [26] Materiály společnosti Pražské služby a.s., Zařízení na energetické využívání odpadů ZEVO Praha Malešice, Fakta, Čísla, Data
- [27] http://www.architizer.com/en_us/projects/pictures/administration-building-and-master-plan-for-zms-schwandorf-incineration-plant/10079/114494/#.UX0kj6Km55o ,
[cit.: 12.03.2013]
- [28] „Enviweb“, 2013, [Online na WWW]: <http://www.enviweb.cz/>
[cit.: 06.02.2013]
- [29] Výroční zpráva společnosti SAKO Brno a.s., 2011
- [30] <http://www.industry-eu.cz/novinky-a-clanky/novinky-v-ekologii/jak-vyseparovat-maximum-odpadu-pro-dalsi-vyuziti-aneb-neni-jen-rucni-dotridovani>
[cit.: 12.04.2013]
- [31] „ČKD Group a.s.“, 2013, [Online na WWW]:<http://www.ckd.cz/translate/cs/industrial-equipment-and-systems/tridirny-a-spalovny-komunalniho-odpadu> [cit.: 07.02.2013]
- [32] Výroční zpráva společnosti Pražské služby a.s. za rok 2011
- [33] Zpráva o provozu spalovny-environmentální profil 2011 (Termizo a.s.)

- [34] „KIC Odpady a.s.“, 2013. [Online na WWW]: <http://www.kic-odpady.cz/jak-to-chodi.html> [cit.: 22.04.2013]
- [35] Beran, P.,Odpady 2011 Zkušenosti s provozem ZEVO –Spalovna Malešice Ing. Pavel .Beran
- [36] zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů.
- [37] zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší.
- [38] „Inexco Argosy s.r.o.“, 2013. [Online na WWW]: <http://www.inexco.cz/> [cit.: 01.05.2013]
- [39] „Eurostat“, 2013., [Online na WWW]: <http://www.ec.europa.eu/eurostat/> [cit.: 04.03.2013]
- [40] „Třetí ruka“, České ekologické manažerské centrum,2013
[Online na WWW]: <http://www.tretiruka.cz/news/komunalni-odpad-nevyuzity-zdroj-energie/> [cit.: 01.05.2013]
- [41] [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spalovna_Brno_\(4\).jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spalovna_Brno_(4).jpg) [cit.: 03.02.2013]
- [42] <http://www.mva-landshut.de/images/mkw.jpg> [cit.: 04.04.2013]

10 Přílohy

Příloha č.1 Skupiny odpadů

Kód odpadu	Skupina odpadů
Q1	Zůstatky z výrob a spotřeby dále jinak nespecifikované
Q2	Výrobky, které neodpovídají požadované jakosti
Q3	Výrobky s prošlou lhůtou spotřeby
Q4	Použité, ztracené nebo jinou náhodnou událostí znehodnocené výrobky včetně všech materiálů, součástek zařízení apod., které byly v důsledku nehody kontaminovány
Q5	Materiály kontaminované nebo znečištěné běžnou činností (např. zůstatky z čištění, obalové materiály, nádoby atd.)
Q6	Nepoužitelné součásti (např. použité baterie, katalyzátory)
Q7	Látky, které ztratily požadované vlastnosti (např. znečištěné kyseliny, rozpouštědla, kalici soli apod.)
Q8	Zůstatky z průmyslových procesů (např. strusky, destilační zbytky apod.)
Q9	Zůstatky z procesů snižujících znečištění (např. kaly z praček plynů, prach z filtrů, vyřazené filtry apod.)
Q10	Zůstatky ze strojního obrábění a povrchové úpravy materiálu (např. třísky z obrábění a frézování, okuje apod.)
Q11	Odpad z těžby a zpracování nerostných surovin (např. odpad z důlní těžby, kaly z těžby ropy)
Q12	Znečištěné materiály (např. oleje znečištěné PCB apod.)
Q13	Jakékoliv materiály, látky či výrobky, jejichž užívání bylo zakázáno zákonem
Q14	Výrobky, které vlastník nepoužívá nebo nebude více používat (např. v zemědělství, v domácnosti, úřadech, prodejnách dílnách apod.)
Q15	Znečištěné materiály, látky nebo výrobky, které vznikly při sanaci půdy
Q16	Jiné materiály, látky nebo výrobky, které nepatří do výše uvedených skupin

Příloha č.2 Seznam nebezpečných vlastností odpadů

Kód odpadu	Nebezpečná vlastnost odpadu
H1	Výbušnost
H2	Oxidační schopnosti
H3 A	Vysoká hořlavost
H3 B	Hořlavost
H4	Dráždivost
H5	Škodlivost zdraví
H6	Toxicita
H7	Karcinogenita
H8	Žiravost
H9	Infekčnost
H10	Teratogenita
H11	Mutagenita
H12	Schopnost uvolňovat vysoce toxické nebo toxické plyny ve styku s vodou, vzduchem nebo kyselinami
H13	Senzibilita
H14	Ekotoxicita
H15	Schopnost uvolňovat nebezpečné látky do životního prostředí při nebo po odstraňování

Příloha č.3 Certifikáty společnosti Termizo a.s.

	TECHNICKÝ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV STAVEBNÍ PRAHA, s.p. Technical and Test Institute for Construction Prague
	<small>Akreditovaná zkušební laboratoř, Autorizovaná osoba, Certifikační orgán, Notifikovaná osoba, Inspekční orgán Accredited Testing Laboratory, Authorized Body, Certification Body, Notified Body, Inspection Body Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9 - Prosek, Czech Republic</small>
Autorizovaná osoba 204 Rozhodnutí ÚNMZ č. 29/2006 ze dne 30.8.2006 Pobočka 0400 – Teplice	
CERTIFIKÁT VÝROBKU	
č. 204/C5/2012/040-041383	
V souladu s ustanovením § 5 odst. 2 nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, ve znění nařízení vlády č. 312/2005 Sb., autorizovaná osoba potvrzuje, že u stavebního výrobku	
Popílek a směsi s popílkem pro násypy a zásypy	
typ/varianta: popílek a škvára pro stavby pozemních komunikací	
výrobce: TERMIZO a. s.	
IČ:	64 65 02 51
adresa:	Tř. Dr. M. Horákové 571/56, 460 06 Liberec 7
výrobní adresa:	TERMIZO a. s.
zakázka:	Tř. Dr. M. Horákové 571/56, 460 06 Liberec 7 Z040 12 0122
přezkoumala podklady předložené výrobcem, provedla počáteční zkoušku typu výrobku na vzorku a posoudila systém řízení výroby a zjistila, že	
<ul style="list-style-type: none"> • uvedený výrobek splňuje požadavky související se základními požadavky výše uvedeného nařízení vlády stanovené stavebním technickým osvědčením a technickými předpisy: STO č. 040-041351 ze dne 08.06.2012, Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 499/2005 Sb., kterou se mění vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, • systém řízení výroby odpovídá příslušné technické dokumentaci a zabezpečuje, aby výrobky uváděné na trh splňovaly požadavky stanovené shora uvedeným stavebním technickým osvědčením a technickými předpisy a odpovídaly technické dokumentaci podle § 4 odst. 3 výše uvedeného nařízení vlády. 	
Nedílnou součástí tohoto certifikátu je protokol o výsledku certifikace č. 040 – 041382 ze dne 13.06.2012, který obsahuje závěry zjišťování, ověřování a výsledky zkoušek, základní popis certifikovaného výrobku nezbytné pro jeho identifikaci.	
Tento certifikát zůstává v platnosti po dobu, po kterou se požadavky stanovené ve stavebním technickém osvědčení a technických předpisech, na které byl uveden odkaz, nebo výrobní podmínky v místě výroby či systém řízení výroby výrazně nezmění.	
Autorizovaná osoba provádí nejméně jedenkrát za 12 měsíců dohled nad řádným fungováním systému řízení výroby v místě výroby, odebírá vzorky výrobků v místě výroby, provádí jejich zkoušky a posuzuje, zda vlastnosti výrobku odpovídají stavebnímu technickému osvědčení a technickým předpisům podle ustanovení § 5 odst. 4 výše uvedeného nařízení vlády. Pokud autorizovaná osoba zjistí nedostatky, je oprávněna zrušit nebo změnit tento certifikát.	
Osoba odpovědná za správnost tohoto certifikátu:	
Teplice, 13. června 2012	  Ing. Pavel Rubáš, Ph.D. zástupce vedoucího autorizované osoby 204



TECHNICKÝ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV STAVEBNÍ PRAHA, s.p.
Technical and Test Institute for Construction Prague

Akreditovaná zkušební laboratoř, Autorizovaná osoba, Certifikační orgán, Notifikovaná osoba, Inspekční orgán
 Accredited Testing Laboratory, Authorized Body, Certification Body, Notified Body, Inspection Body

Autorizovaná osoba 204 podle rozhodnutí ÚNMZ č. 29/2006
Pobočka 0400 – Teplice
 vydává

podle ustanovení zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, v platném znění a § 2 a 3 nařízení vlády č. 163/2002 Sb., ve znění nařízení vlády č. 312/2005 Sb.

STAVEBNÍ TECHNICKÉ OSVĚDČENÍ

č. 040 – 041351

na výrobek:

Popílek a směsi s popílkem pro násypy a zásypy
 typ/varianta: **popílek a škvára pro stavby pozemních komunikací**

žadatel:

TERMIZO a. s.

IČ:	64 65 02 51
adresa:	Tř. Dr. M. Horákové 571/56, 460 06 Liberec 7
výrobna:	TERMIZO a. s.
adresa:	Tř. Dr. M. Horákové 571/56, 460 06 Liberec 7
zakázka:	Z040 12 0122

Autorizovaná osoba 204 tímto stavebním technickým osvědčením osvědčuje údaje o technických vlastnostech výrobku, jejich úrovni a postupech jejich zjišťování ve vztahu k základním požadavkům uvedeným v příloze č. 1 nařízení vlády č. 163/2002 Sb., ve znění nařízení vlády č. 312/2005 Sb.

Osvědčení je technickou specifikací určenou k posouzení shody uvedeného výrobku.

Počet stran stavebního technického osvědčení včetně strany titulní: **4**

Zpracovatel tohoto stavebního technického osvědčení:


 Ing. Denisa Trajkovská
 vedoucí posuzovatel

Platnost osvědčení do: **30. června 2015**

Osoba odpovědná za správnost tohoto stavebního technického osvědčení:


 Ing. Pavel Rubáš, Ph.D.
 zástupce vedoucího autorizované osoby 204



Teplice, 8. června 2012

Upozornění: Bez písemného souhlasu vedoucího autorizované osoby 204 se toto stavební technické osvědčení nesmí reprodukovat jinak než celé.

1. Popis výrobku a vymezení způsobu jeho použití ve stavbě:

Popílek a směs s popílkem pro násypy a zásypy. Jedná se o směs popílku a škváry ze spalovny komunálního odpadu TERMIZO a.s. (škvára a vypraný popílek, jsou smíchány v poměru cca 15:1) pro násypy a zásypy při stavbách pozemních komunikací.

Přesný poměr je dán skladbou komunálního odpadu a technologií spalování. Promytá škvára z topeniště a promytý vyloužený popílek se přivádějí do bunkru škváry samostatnými vstupy. Promíchávání probíhá při jejich přemísťování do prostoru bunkru škváry a při nakládání do separační linky.

Pro produkci výrobku se předpokládá optimální funkce protiproudé promývky škváry na výstupu užitkovou vodou, kdy vzniká promytá škvára. Dále se předpokládá optimální funkce kyselého vyluhování rozpustných složek z popílku, oddělování vzniklé kapalné fáze na vakuovém filtračním pásu a postupné promytí čistou užitkovou vodou.

Pro použití tohoto materiálu platí následující omezení:

- Magnetická separace železa z popelovin bude probíhat na výstupu z bunkru nebo na externím pracovišti
- Systém řízení výroby musí zajistit, že kolísavá kvalita vstupního materiálu, tj. komunálního odpadu, bude kompenzována procesem vypírání škodlivin ze zachyceného popílku.
- Vlastní provádění stavby se musí řídit konkrétním projektem pro danou stavbu. Musí být posouzena vhodnost užití ochranných vrstev proti mrazu a vhodnost navržených opatření proti zatékání povrchové vody a vzlinání spodní vody.

2. Vymezení sledovaných vlastností a způsobu jejich posouzení:

Tab. 1:

Č.	Sledovaná vlastnost	Zkušební postup	Počet vzorků		Požadovaná (P)/ deklarovaná úroveň (D)
			C/T	D	
1	Poměr únosnosti CBR (%)	ČSN EN 13286-47	1	1	P: ≥ 10,0
2	Objemové změny – bobtnání (%)	TP MDS ČR 93	1	1	P: ≤ 3,0
3	Zhutnitelnost	ČSN EN 13286-2	1	1	D: ≥ 1200 D: ≤ 40
	max. suchá objemová hmotnost (kg.m ⁻³) optimální vlhkost (%)				
4	Pórovitost (% objemová)	ČSN EN 13286-47	1	1	D: ≤ 65
5	Smyková pevnost	ČSN CEN ISO/TS 17892-10	1	1	D: ≥ 27,0 D: ≥ 0,0
	φ (°) c (MPa)				
6	Propustnost (filtrační koeficient) (m.s ⁻¹)	ČSN CEN ISO/TS 17892-11	1	1	D: ≤ 1.10 ⁻⁴
7	Vodný výluh	ČSN EN 12457-2	1	1	P: vyhovuje (viz tab. 2)
8	Hmotnostní aktivita 226Ra	Doporučení SÚJB 2009	1	1	P: 300 (1000) ¹⁾
	Index hmotnostní aktivity				

Poznámka: C – certifikace výrobku (§ 5, 5a, 6, 10); T – ověření/posouzení shody výrobku (§ 7, 8);

D – dohled nad certifikovaným výrobkem (§ 5, 5a, 6, 10)

Ostatní vlastnosti uvedené v TN 09-11-02 nejsou deklarovány na výrobek se nevztahují – viz vymezení použití výrobku.

1) hodnota v závorce platí pro použití ve stavbách výhradně s jiným než pobytovým prostorem.



Tab. 2:

Ukazatel	Jednotka	Limitní hodnota
As	mg.l ⁻¹	0,1
Ba		1,0
Be		0,005
Pb		0,1
Cd		0,005
Cr celk.		0,1
Co		0,1
Cu		1,0
Ni		0,1
Hg		0,005
Se		0,05
Ag		0,1
V		0,2
Zn		3,0
Sn		1,0

3. Zajištění systému řízení výroby

Požadavky na SRV jsou uvedeny v příloze č. 3 k nařízení vlády č. 163/2002 Sb. ve znění nařízení vlády č. 312/2005 Sb.

Systém řízení výroby musí zajišťovat, že kvalitativní znaky produkce odpovídají vlastnostem vzorků odebraných pro zkoušení při certifikaci.

4. Podklady předložené žadatelem:

- Žádost o výkon činnosti autorizované osoby podle nařízení vlády č. 163/2002 Sb., ve znění nařízení vlády č. 312/2005 Sb.
- Hodnocení kvality popelovin produkovaných ve spalovně komunálních odpadů TERMIZO a.s. Liberec
- Certifikát systému environmentálního managementu č. 11000023 (ČSN EN ISO 14001:2005), ze dne 13. prosince 2010, vydaný BVQI Praha
- Organizační směrnice 1/ZŘE/11 (Popílek a směsi s popílkem pro násypy a zásypy)
- Organizační směrnice 2/ZŘE/11 (Produkce popelovin jako odpad nebo výrobek SPRUK)
- Osvědčení o vyloučení nebezpečných vlastností 2011/01-PL
- Program zkoušení a plán vzorkování pro odběr vzorku odpadu ke kontrolám plnění podmínek Osvědčení o vyloučení NV odpadu č. 2011/01-PL
- Registrace REACH 01-2119905499-28-0000
- Zpráva o chemické bezpečnosti (CSR)

5. Přehled použitých technických předpisů, technických norem a dalších dokladů:

- ČSN 72 2071 Popílek pro stavební účely - Společná ustanovení, požadavky a metody zkoušení
- ČSN 73 6133 Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací



- ČSN EN 12457-2 Charakterizace odpadů - Vyluhování - Ověřovací zkouška vyluhovatelnosti zrnitých odpadů a kalů - Část 2: Jednostupňová vsádková zkouška při poměru kapalně a pevně fáze 10 l/kg pro materiály se zrnitostí menší než 4 mm (bez zmenšení velikosti částic, nebo s ním)
- ČSN EN 13286-2 Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy - Část 2: Zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti - Proctorova zkouška
- ČSN EN 13286-47 Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy - Část 47: Zkušební metoda pro stanovení kalifornského poměru únosnosti, okamžitého indexu únosnosti a lineárního bobtnání
- ČSN CEN ISO/TS 17892-10 Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 10: Krabicová smyková zkouška
- ČSN CEN ISO/TS 17892-11 Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 11: Stanovení propustnosti zemin při konstantním a proměnném spádu
- TP MDS 93 Návrh a provádění staveb pozemních komunikací s využitím popílků a popelů
- Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 499/2005 Sb., kterou se mění vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně
- Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek a o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, (nařízení REACH)
- Zpráva o chemické bezpečnosti (CSR)
- Technický návod při činnosti AO při posuzování shody 09_11_02, TZÚS Praha, 2011
(Poznámka: uvedený technický návod je zpracováván pro popílků ze spalování tuhých paliv [terminologie dle vyhlášky MŽP č. 357/2002 Sb.]. Vzhledem k tomu, že součástí používané technologie je proces vypírání škodlivin ze zachyceného popílku, který kompenzuje vliv kolísavé kvality vstupního materiálu, tj. komunálního odpadu, je tento TN použit i pro tento případ)

6. Ověřovací zkoušky:

Protokoly předané žadatelem (rok 2010 až 2011).

7. Upřesňující požadavky pro posuzování shody:

Výrobek je zařazen do přílohy č. 2, skupina 09_11 podle nařízení vlády č. 163/2002 Sb., ve znění nařízení vlády č. 312/2005 Sb., a předepsaný způsob posouzení shody odpovídá § 6 uvedeného nařízení. Na základě požadavku výrobce je postupováno podle § 5. Výrobce zajišťuje systém řízení výroby v souladu s požadavky písm. c), odst. 2, § 5 uvedeného nařízení.

Dohled nad certifikovaným výrobkem bude prováděn jedenkrát ročně.

Toto stavební technické osvědčení nahrazuje ukončené stavební technické osvědčení č. 040-031074.

