

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Návrh zařízení na ekologizaci provozu Ostrovské
teplárenské, a.s.**

**vedoucí práce: Prof. Ing. Jan ŠKORPIL, CSc.
autor: Bc. Jan KAČMÁR**

2014

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan KAČMÁR**
Osobní číslo: **E12N0100P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Návrh zařízení pro ekologizaci provozu Ostrovské teplárenské, a.s.**
Zadávající 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 spalovací proces a zařízení v Ostrovské teplárenské, a.s.
2. Analyzujte a vyhodnoťte emise do ovzduší za období 2008 - 2012.
3. Zpracujte studii s návrhem zařízení i opatření pro omezení emisí znečišťujících látek.
4. Vyhodnoťte studii po stránce ekologické, energetické a ekonomické.



Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

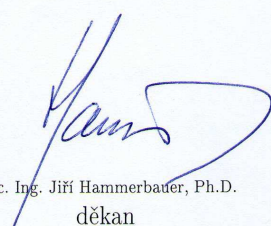
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

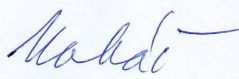
1. Hemerka J.: Odlučování tuhých částic, ČVUT, 2000
2. Hoffman P., Novák V.: Zpracování exhalací a odpadů, ČVUT, Praha, 2002
3. Zákon o ovzduší č. 201/2012 Sb.

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: 14. října 2013
Termín odevzdání diplomové práce: 12. května 2014


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

Anotace

Předkládaná diplomová práce je studií proveditelnosti odsiřovacího zařízení na ekologizaci provozu Ostrovské teplárny, a. s. Cílem práce je navrhnout odsiřovací zařízení s vhodnou metodou, která bude eliminovat emise oxidu siřičitého SO₂ vznikajícího při spalování hnědého uhlí v Ostrovské teplárně, a. s.

.

Klíčová slova

Odsiřovací zařízení, ekologizace, poplatky za emise, mokrá vápencová vypírka

Abstract

This diploma thesis is to study the feasibility of desulfurization equipment on greening operations in Ostrovské teplárenské, a. s. Objective of this work is to propose a desulphurisation plant with a suitable method that will eliminate the emissions of sulfur dioxide SO₂ from combustion of brown coal in Ostrovské teplárně, a. s.

Key words

Desulphurization facilities, ecologization, emissions charges, wet limestone scrubber

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

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.

V Plzni dne 23.3.2014

Bc. Jan KAČMÁR

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Janu Škorpilovi, CSc. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále pánům Ing. Radku Havlanovi a Ivanu Pavelkovi z Ostrovské teplárny, a. s. za praktické rady a připomínky při řešení diplomové práce.

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 POPIS SPALOVACÍHO ZAŘÍZENÍ OSTROVSKÉ TEPLÁRENSKÉ, A.S.	13
1.1 SPOLEČNOST OSTROVSKÁ TEPLÁRENSKÁ, A. S.	13
1.2 POPIS SPALOVACÍHO PROCESU V PROVOZU OT, A. S.	13
1.3 POPIS SPALOVANÉHO UHLÍ.....	15
1.4 STABILNÍ ZÁSOBNÍKY PALIVA KOTLŮ K1, K2 A K3	17
1.5 ROŠTOVÝ KOTEL K1	18
1.6 PRÁŠKOVÝ, GRANULAČNÍ KOTEL K2 S MLÝNICOVÝM TOPENÍM	21
1.7 PRÁŠKOVÝ, GRANULAČNÍ KOTEL K3 S MLÝNICOVÝM TOPENÍM	24
1.8 ELEKTROODLUČOVAČE KOTLŮ K1 - K3.....	26
2 VYHODNOCENÍ VYPRODUKOVANÝCH EMISÍ OSTROVSKOU TEPLÁRENSKOU, A. S. ZA OBDOBÍ 2008 - 2012.....	29
2.1 ROZDÍL V ZÁKONĚ O OCHRANĚ OVZDUŠÍ PŘED ROKEM 2012 A PO ROCE 2012 V SAZBÁCH POPLATKŮ ZA ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ	29
2.2 VYPRODUKOVANÉ EMISE OT, A. S. ZA OBDOBÍ 2008 - 2012	32
2.3 VYHODNOCENÍ POPLATKŮ ZA VYPRODUKOVANÉ EMISE OT, A. S. ZA OBDOBÍ 2008 - 2012 S BUDOUCÍM VÝHLEDEM NA OBDOBÍ 2013 - 2016.....	36
3 NÁVRH ODSIŘOVACÍHO ZAŘÍZENÍ DO PROVOZU OSTROVSKÉ TEPLÁRENSKÉ, A. S.	43
3.1 METODY NA ODSIŘOVÁNÍ SPALIN	43
3.1.1 SUCHÁ ADITIVNÍ VÁPENCOVÁ METODA	43
3.1.2 POLOSUCHÁ VÁPENNÁ METODA ODSÍŘENÍ.....	44
3.1.3 MOKRÁ VÁPENCOVÁ ODSIŘOVACÍ METODA.....	45
3.2 VÝPOČTOVÁ ČÁST PRO URČENÍ TEORETICKÉHO MNOŽSTVÍ VSTUPNÍCH A VÝSTUPNÍCH SUROVIN PŘI MOKRÉ VÁPENCOVÉ METODĚ.....	49
4 VYHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO ZAŘÍZENÍ PO STRÁNCE EKOLOGICKÉ, CENOVĚ NÁKLADOVÉ A ENERGETICKÉ	53
4.1 EKOLOGICKÁ VÝHODNOST MOKRÉ VÁPENCOVÉ VYPÍRKY	53
4.2 BILANČNÍ VYHODNOCENÍ VSTUPNÍCH PRODUKTŮ PRO MOKROU VÁPENCOVOU VYPÍRKU A OPERAČNÍ PROGRAM ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ 2014 - 2020.....	56
4.2.1 OCENĚNÍ VÁPENCE PRO MOKROU VÁPENCOVOU VYPÍRKU	56
4.2.2 URČENÍ CENY ZA SPOTŘEBOVANOU VODU PRO MOKROU VÁPENCOVOU VYPÍRKU.....	57
4.2.3 OPERAČNÍ PROGRAM ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ 2014 - 2020	58
4.3 MOŽNOSTI VYUŽITÍ ENERGOSÁDROVCE Z MOKRÉ VÁPENCOVÉ VYPÍRKY, KTERÉ BY TEORETICKY VYPRODUKOVALA OT, A. S. ZA OBDOBÍ 2008 - 2012	60
ZÁVĚR	63
SEZNAM POUŽITÉ A CITOVANÉ LITERATURY.....	65

Seznam symbolů a zkratk

EO	elektroodlučovač
EU	Evropská unie
OPŽP	Operační program životního prostředí
SFŽP	Státní fond životního prostředí
SNCR	selektivní nekatalická redukce
SZ	stabilní zásobník
TZL	tuhé znečišťující látky
VOC	těkavé organické látky
ZČE	Západočeská energetika

Pozn.: V seznamu nejsou uvedeny symboly a zkratky všeobecně známé nebo používané jen ojediněle s vysvětlením v textu.

Úvod

V posledních letech se stala otázka kvalitního životního prostředí velmi aktuálním tématem, a to nejen z výrobního, ale také spotřebního pohledu. Na výrobní technologie jsou kladeny stále přísnější nároky díky harmonizaci evropského a českého práva.¹ Výrobci jsou různými druhy podpor pozitivně motivováni zavádět neustále nové technologie do výroby (tzv. BAT, Best Available Technologies), což se pozitivně projevuje zejména na zvláště velkých a velkých zdrojích znečištění, pod která spadají také spalovací zařízení, která díky spalování fosilních paliv zatěžují ovzduší vypouštěním emisí do ovzduší. Kvalita životního prostředí a čisté ovzduší začalo být velice aktuální až s přelomem 60. a 70. let 20. století (v průmyslově vyspělých zemích, tzv. zemích Západu). V zemích bývalého Sovětského bloku, tedy i v České republice, se kvalita ovzduší stala hlavním problémem otázky ochrany životního prostředí až po roce 1989 a zejména v pohraničních oblastech s Německem a Polskem bylo nezbytné rychle řešit velmi rozsáhlou degradaci lesních porostů (díky kyselým dešťům) a velmi znečištěné ovzduší.

Nejmodernější BAT umožňují instalaci odsiřovacích zařízení a technologií, které nebezpečné emise spalin ještě během spalovacího procesu eliminují a tím zabraňují masivnímu vypouštění škodlivých látek do ovzduší. Díky jednoduchosti a konkurenčnímu prostředí mezi podniky lze považovat dnešní odsiřovací zařízení za spolehlivá a vysoce účinná při eliminaci SO₂. Existuje mnoho typů zařízení, které zabraňují vypouštění SO₂ do ovzduší. Tato zařízení se liší svou účinností a cenou.

Ve své diplomové práci provedu studii proveditelnosti výstavby odsiřovacího zařízení pro Ostrovskou teplárnu, a. s., která zvažuje ekologizaci svého provozu. Ostrovská teplárna, a. s. je významným producentem SO₂, proto je její snahou předcházet a snižovat tyto emise. Hlavním faktorem, který mluví ve prospěch ekologizace teplárny, je také skutečnost, že novela Zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. stanovuje vyšší poplatky za vypuštěné emise, které se budou do roku 2022 postupně zvyšovat. Pro Ostrovskou teplárnu, a. s. to tedy znamená, že pokud bude chtít vykazovat ekonomicky efektivní provoz a zajistit jeho udržitelnost, bude muset investovat do výstavby odsiřovacího zařízení nebo zvolit jiné alternativy.

¹ Např. změna zákona o ovzduší platná k 1. 9. 2012, či další změny např. v sazbě poplatků za znečištění ovzduší, které vstoupí v platnost od roku 2017 apod.

Téma Návrhu zařízení na ekologizaci provozu Ostrovské teplárenské, a. s. jsem si vybral z toho důvodu, že zasahuje do více vědních disciplín jako je ekologie, chemie, právo životního prostředí, ekonomie a v neposlední řadě energetika. Při komplexním návrhu změny spalování fosilních paliv je nezbytné vycházet z poznatků všech dostupných a využitelných věd, proto považuji tuto práci za snahu o uchopení interdisciplinárního přístupu v praxi ochrany životního prostředí. Dále má práce nastínit možné ekonomické aspekty, které ovlivní rozhodnutí o investici do odsiřovacího zařízení.

Cílem mé práce je analyzovat návrh odsiřovacího zařízení do provozu Ostrovské teplárny, a. s.; a zjistit, jestli je navržené odsiřovací zařízení, které využívá mokrou vápencovou metodu, rentabilní investicí.

Hypotéza mé diplomové práce je následující: Budoucí výstavba odsiřovacího zařízení do provozu Ostrovské teplárny, a. s. představuje vhodnou volbu investice na eliminaci emisí SO₂, a to jak z pohledu ekonomického, tak ekologického.

Pro potřeby potvrzení (resp. vyvrácení) hypotézy bude nezbytné nalézt odpovědi na následující výzkumné otázky:

- Je nákladově efektivní investovat do výstavby odsiřovacího zařízení do provozu Ostrovské teplárny, a. s. z pohledu budoucího navyšování poplatků za vypuštěné emise?
- Jakou zvolit vhodnou odsiřovací metodu?
- Bude reálné považovat vhodně zvolenou odsiřovací metodu, po ekonomické a bilančně nákladové stránce, jako vhodnou alternativu do budoucna?

Při zpracování mé diplomové práce budu postupovat metodou řešerše bibliografických odborných zdrojů a vydaných i nevydaných odborných pramenů. Dále jsem byl při zpracování v kontaktu s Ostrovskou teplárnou, a. s. která mi byla při zpracování diplomové práce nápomocna a poskytovala mi veškerá data, o které jsem v průběhu zpracování požádal. Celkově je však diplomová práce případovou studií konkrétního příkladu možné ekologizace výroby tepla a elektřiny. Práce je tak méně vystavena na teoretických znalostech, ale klade důraz na praktické využití získaných znalostí.

Diplomová práce má čtyři kapitoly. V kapitole 1 se soustředuji na popis spalovacího procesu a zařízení v provozu Ostrovské teplárny, a. s. V kapitole 2 analyzuji vyprodukované emise Ostrovskou teplárnou, a. s. za období 2008 - 2012. V kapitole 3 popisuji odsiřovací zařízení

pracující na různých metodách s následným výběrem té nejvhodnější a výpočtem množství vstupních i výstupních produktů při provozu mokré vápencové vypírky. V kapitole 4 vyhodnocuji mokrou vápencovou vypírku po stránce ekologické, cenově nákladové a možnosti dalšího využití energosádrovce, jakožto odpadní suroviny pro další účely.

1 Popis spalovacího zařízení Ostrovské teplárenské, a.s.

1.1 Společnost Ostrovská teplárenská, a. s.

Akciová společnost Ostrovská teplárenská (dále jen OT, a. s.) byla založena dne 1.1.1994 díky privatizaci teplárny Ostrov ze státního podniku ZČE Plzeň. V současné době je majoritním vlastníkem město Ostrov, které vlastní 100 % objemu akcií. Předmět podnikání OT, a. s. je primárně soustředěn na:

- výrobu tepelné energie
- výrobu elektrické energie
- rozvod a odbyt tepla pro spotřebitele a poskytování služeb související s dodávkou, odběrem nebo používáním tepla.

Prodej tepelné energie odběratelům představuje jednu z částí příjmů OT, a. s. Dále se společnost orientuje na prodej vyrobené elektrické energie čistě kogeneračním způsobem². Ve svém provozu má teplárna instalovaný turbogenerátor o jmenovitém elektrickém výkonu 4 MW_e s protitlakou turbínou a malou točivou redukcí 0,5 MW_e.³ OT, a. s. prezentuje samu sebe pod následujícím logem.

Obr. 1: Logo Ostrovské teplárenské, a. s.



Zdroj: Olympiáda dětí a mládeže. Webnode [online]. 2012 [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: http://files.olympiada-lzsostrov.webnode.cz/system_preview_detail_200000123-7c0797d01cpublic/logo_ostrovaska_teplarenska_cmyk.jpg

1.2 Popis spalovacího procesu v provozu OT, a. s.

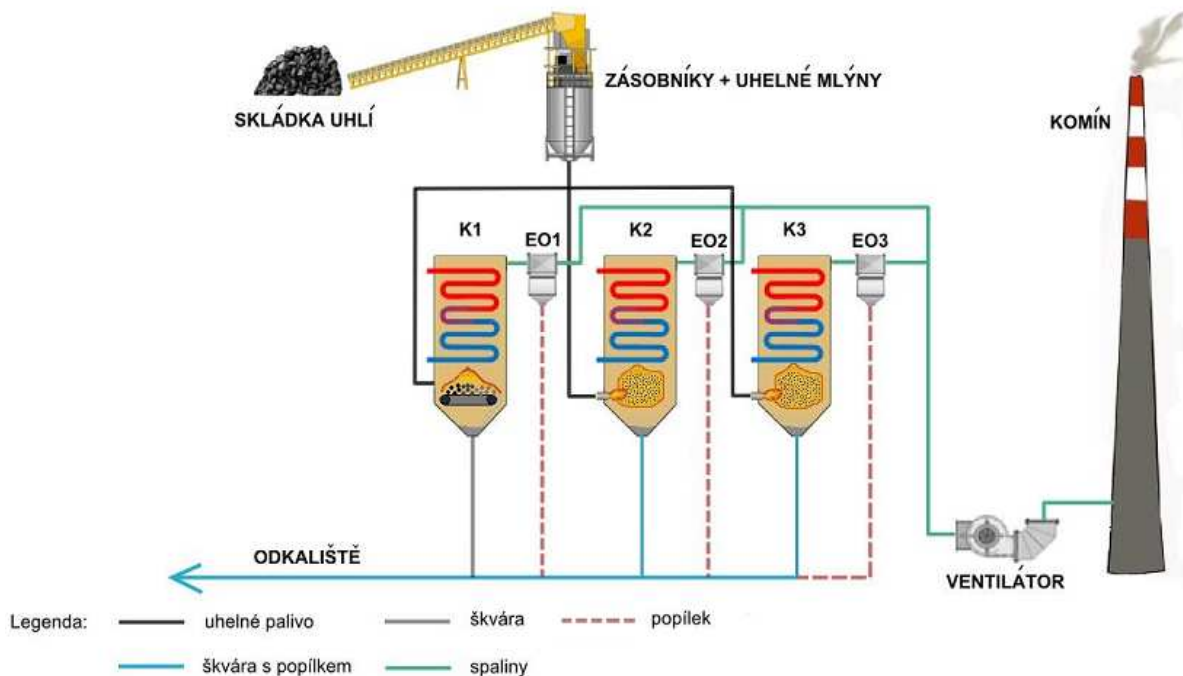
Teplárna Ostrov používá ve spalovacím procesu hodně technických zařízení, které zajistí správný chod zařízení a jeho obsluha si vyžaduje maximální přesnosti, která je zajišťována

² Kogenerační způsob spočívá ve společné výrobě tepla a elektřiny. Dokáže lépe získat využitelnou energii obsaženou v palivu (cca 70 %). Část vyrobeného tepla je recyklováno z výrobního procesu a dále využito v soustavách zásobování teplem pro vytápění budov. Více v: Kombinovaná výroba elektřiny a tepla. *Teplárenské sdružení ČR* [online]. [cit. 2013-02-28]. Dostupné z: <http://www.kombinovana-vyroba.cz/?id=0515#k2>

³ OSTROVSKÁ TEPLÁRENSKÁ. *Výroční zpráva 2011* [cit. 2013-03-04]. Ostrov, 2012. s. 6,13. Dostupné z: <http://www.ostrovaska-teplarenska.cz/pdf/vz2011.pdf>

pomocí přístrojové techniky a obsluhou vyškolených pracovníků. Pro názornost a snazší pochopení toho, jak postupuje uhlí spalovacím procesem, jsem vytvořil jednoduché schéma spalovacího procesu, které prezentuji na obrázku 2.

Obr. 2: Schéma spalovacího procesu



Zdroj: vlastní zpracování

Na začátku procesu je energeticky využitelné uhlí, které se přes pásové dopravníky dopraví k zásobníkům paliva, jež jsou umístěné nad uhelnými kotli. Pod zásobníky paliva pro kotel K2 a K3 se nachází tlukadlové mlyny, které rozemelou uhlí na uhelný prášek. Kotel K1 má roštové ohniště a nepotřebuje žádnou dodatečnou úpravu spalovaného uhlí. V kotli K1 hoří uhlí v klidné vrstvě, na rozdíl od práškových ohnišť kotlů K2 a K3, kde hoří uhelný prášek ve vznosu. Práškové kotle jsou navíc doplněny o plynové hořáky, které slouží jako najížděcí či stabilizační, takže je při provozu nutné ještě kotel zásobovat zemním plynem. Provoz všech tří kotlů se během topné sezóny střídá, nebo jsou v provozu všechny tři v závislosti na ročním období.

V roštovém kotli K1 vzniká jako odpadní surovina škvára a v práškových kotlích K2 a K3 vzniká jako zbytkový produkt popílek se škvárou. Tento zbytkový produkt je odveden do bagrovací jímky. Při spalování uhlí se v prostoru spalovací komory uvolňují z paliva tuhé znečišťující látky (TZL), často nazývané jako popílek. Popílek proudí spolu s kouřovými spalinami z kotle ven do mechanických odlučovačů, které odloučí větší frakce a pak do elektroodlučovačů (dále jen EO).

EO odloučí popílek z kouřových spalín a za EO jsou spaliny⁴ na 99 % zbaveny popílku. Kotel K1 a K2 má jak mechanický odlučovač, tak EO. Kotel K3 má pouze EO, který má tři sekce a je ze všech EO největším. Dále se popílek se škvárou vyplňuje v bagrovací jímce splavovací vodou, vytváří hydrosměs a za pomoci bagrovacích čerpadel je tato hydrosměs odčerpávána na složiště. V dalších bodech se budu věnovat podrobnějšímu technickému popisu zařízení a paliva, která se vztahují ke spalovacímu procesu.

1.3 Popis spalovaného uhlí

Hnědé třetihorní uhlí, které je spalováno v kotlích OT, a. s., těží a zpracovává firma Sokolovská uhelná, a. s. se sídlem v Sokolově.⁵ Poté je hnědé uhlí dopravováno na skládku uhlí do OT, a.s. (Obr. 3). Uhlí obecně, které je určeno pro spalování ve stacionárním teplárenském zařízení, musí splňovat určitou stanovenou kvalitu prováděcím právním předpisem.⁶ Zkoušení kvality provádí Speciální certifikovaná laboratoř Sokolovské uhelné, a. s., jež je akreditována Českým institutem pro akreditaci, o. p. s.⁷ V tabulkách 1, 2 a 3 jsou uvedeny vlastnosti spalovaného uhlí v OT, a. s., 610/51 průmyslová směs 1.

Obr. 3: Skládku uhlí v OT, a. s.



Zdroj: Vlastní foto

⁴ Aby mohly být kouřové spaliny zbaveny dalších nebezpečných látek (viz např. nejvíce diskutované a zdraví nebezpečné SO₂ a NO_x, bylo by nutné navíc instalovat dodatečné zařízení na eliminaci těchto nebezpečných látek. Více in: ČEZ, a. s. *Uhelné elektrárny skupiny ČEZ* [online]. [cit. 2013-03-09]. s. 17-19. Dostupné z: http://www.cez.cz/edee/content/micrositesutf/odpovednost/content/pdf/cez_group_and_coal_power_plants.pdf

⁵ Sokolovská uhelná. *Uhlí* [online]. [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: <http://www.suas.cz/page/show/slug/uhli>

⁶ ČR. Zákon o ochraně ovzduší. In: *Sbírka zákonů č.201/2012*. Praha 4: Tiskárna Ministerstva vnitra, p.o., 2012, 69. s. 2797.

⁷ Sokolovská uhelná, a.s. *Katalog sokolovského hnědého uhlí a briket na rok 2010*. Sokolov, 2010. s. 3.

Tab. 1: Průměrné jakostní ukazatelé

zrnění	W_t	A	Q_i	C	f_{em}	S_t	S_m stř.	Q_s	V
[mm]	[%]	[%]	[MJ/kg]	[%]	[tco ₂ /TJ]	[%]	[g/MJ]	[MJ/kg]	[%]
0-40	35,5	31	11,75	32,9	102,7	1,25	0,69	29,6	55

Zdroj: Vlastní zpracování dle Sokolovská uhelná, a. s. Katalog sokolovského hnědého uhlí a briket na rok 2010. Sokolov, 2010. s. 5.

Tab. 2: Charakteristika uhelné hmoty

ELEMENTÁRNÍ ROZBOR HOŘLAVINY [% hm. v hořlavíně]					RADIOAKTIVITA [v Bq/kg]				FORMY SÍRY [% hm. v sušině]				POŽÁRNÍ CHARAKTER [°C]		
H	C	S	N	O	$a(^{226}\text{Ra})$	$a(^{232}\text{Th})$	$a(^{40}\text{K})$	I	S_t	S_p	S_o	S_{SO_4}	t_{vzpl}	t_{vzn}	t_{zihn}
6,14	72,77	1,21	0,84	19,05	35	22	49	0,29	1,39	0,47	0,84	0,08	308	582	170

OBSAH STOPOVÝCH PRVKŮ [v mg/kg sušiny]																		
Sb	As	Be	Cr	Co	Cd	Cu	Ni	Pb	Hg	Se	Ag	V	Zn	Sn	TL	Ba	Mn	Fe
2,2	22,1	1,51	38,3	19,8	0,2	143	43	10,9	0,52	2,2	1,1	163	32,7	5,4	5,4	279	161	15150

NÍZKOTEPELNÁ KARBONIZAČNÍ ZKOUŠKA [v % hm.]							BITUMEN [v % hm.]		FLUOR A CHLOR [v % hm.]	
T_{SK}	T_{SK}	(SK)	W_{SK}	W_{SK}	G_{SK}	G_{SK}	B	B	F	Cl
14,6	20,8	66,3	7,32	10,4	11,7	16,7	3,67	5,24	0,02	0,0177

UKAZATEL STAVU PALIVA

BEZVODNÝ	HOŘLAVINA	PŮVODNÍ
----------	-----------	---------

Zdroj: Vlastní zpracování dle Sokolovská uhelná, a. s. Katalog sokolovského hnědého uhlí a briket na rok 2010. Sokolov, 2010. s. 14-16.

Tab. 3: Charakteristika popela

CHEMICKÝ ROZBOR [v % hm.]											TAVITELNOST [°C]		
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	P_2O_5	SO_3	Na_2O	K_2O	TiO_2	CaO	MgO	$t_{A(ox)}$	$t_{B(ox)}$	$t_{C(ox)}$
51,3	26,7	7,17	0,09	0,94	0,66	0,56	0,47	7,88	1,5	0,72	>1 500	>1 500	>1 500

Zdroj: Vlastní zpracování dle Sokolovská uhelná, a. s. Katalog sokolovského hnědého uhlí a briket na rok 2010. Sokolov, 2010. s. 17.

Tab. 4: Vysvětlivky k použitým symbolům

voda veškerá	W_t	síra organická	S_o	plyn	G_{sk}
popel	A	dusík	N	teplota měknutí	$t_{A(ox)}$
výhřevnost	Q_i	kyslík	O	teplota tání	$t_{B(ox)}$
síra veškerá	S_t	hmotn. aktivita radionuklidu	a	teplota tečení	$t_{C(ox)}$
střední měrná sirnatost	S_m stř.	index hmotn. aktivity	I	teplota vzplanutí	t_{vzp}

spalné teplo	Q_s	síra síranová	S_{SO4}	teplota vznícení	t_{vzn}
prchlavá hořlavina	V	síra pyritová	S_p	teplota žhnutí	$t_{žhn}$
emisní faktor	f_{em}	dehet	T_{sk}		
vodík veškerý	H	polokoks	(sk)		
uhlík veškerý	C	pyrogenetická voda	W_{sk}		

Zdroj: Vlastní zpracování dle Sokolovská uhelná, a.s. Katalog sokolovského hnědého uhlí a briket na rok 2010. Sokolov, 2010. s. 18.

1.4 Stabilní zásobníky paliva kotlů K1, K2 a K3

Hlavním účelem stabilních zásobníků paliva (dále jen SZ) je vytvářet dostatečné zásoby uhlí pro provoz kotlů K1 s jmenovitým parním výkonem $P_N=16 \text{ t/h}$, K2 s $P_N=50 \text{ t/h}$ a pro K3 s $P_N=40 \text{ t/h}$. SZ patří svým provozem k velmi náročnému zařízení na údržbové manuální práce při nepříznivých venkovních klimatických podmínkách, včetně BOZP + PO. SZ byly vybudovány v 70. letech 20. století a projektová dokumentace SZ tehdy brala v úvahu, že uhlí je velikostně a kvalitativně na lepší úrovni, než je tomu v současné době. V souvislosti s tím nejsou dodávky uhlí vždy tak kvalitní, jak tomu bylo v dřívějších dobách. Na SZ působí více nepříznivých vlivů, jako jsou:

- vlhkost uhlí
- uhlí hrudkovatí vzhledem k malé velikosti
- ulpívá na stěnách a ve svodkách
- vytváří klenby

OT, a. s. má ve svém provozu dva typy SZ paliva, a to:

- **Hlubinný – šterbinový stabilní zásobník paliva**

Hlubinný stabilní zásobník tvoří začátek zauhlovacího zařízení a je umístěn pod úrovní země. Palivo se dostává do hlubinného zásobníku nahrnováním dozerem ze skládky uhlí. Poté nahrnované uhlí propadá přes železné mříže s otvory o rozměrech $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ a dostává se do jednotlivých polí hlubinného SZ paliva. Z těchto polí je pak uhlí vyhrnováno propelerem na pásový dopravník, který uhlí dopraví do ocelových zásobníků uhlí, umístěnými nad kotli K1 až K3.

V následující tabulce 5 jsou reprezentovány technické parametry hlubinného SZ paliva.

Tab. 5: Technické parametry hlubinného SZ paliva

délka	46,25 m
šířka	7,5 m
hloubka	6 m
objem	590 m ³
kapacita	200 tun
počet polí	5

Zdroj: Vlastní zpracování dle Ostrovská teplárenská, a.s. Místní provozní předpis pro zásobníky paliva kotlů K1; K2; K3 + hlubinný zásobník. Ostrov, 2008. s. 8.

▪ Ocelové stabilní zásobníky surového uhlí

Zásobníky s gravitačním vyprazdňováním jsou konečnou fází zauhlovacího procesu a zásobují jednotlivé kotle palivem na dobu přibližně 8-10 hodin. Každý kotel má dva kusy SZ tedy celkem šest kusů, kde každý SZ má vespod čtyři výsypané otvory o rozměrech 1 000 mm x 520 mm. K výsypaným otvorům jsou namontovány ocelové svodky, které jsou zapojeny na řetězový podavač paliva. Pro práškové kotle K2 a K3 jsou nad ocelovými svodky instalovány pulzní trysky, které uvolňují uhlí za pomoci stlačeného vzduchu. Pulzní trysky nejenže slouží k uvolnění uhlí, ale také rozrušují ulpínavé sytké uhlí na vnitřních stěnách SZ a umožňují plynulý chod zařízení. Pro roštový kotel K1 není z technologických a technických důvodů instalováno žádné zařízení pulzních trysek.⁸

V následující tabulce 6 jsou reprezentovány technické parametry ocelových SZ paliva.

Tab. 6: Technické parametry SZ paliva

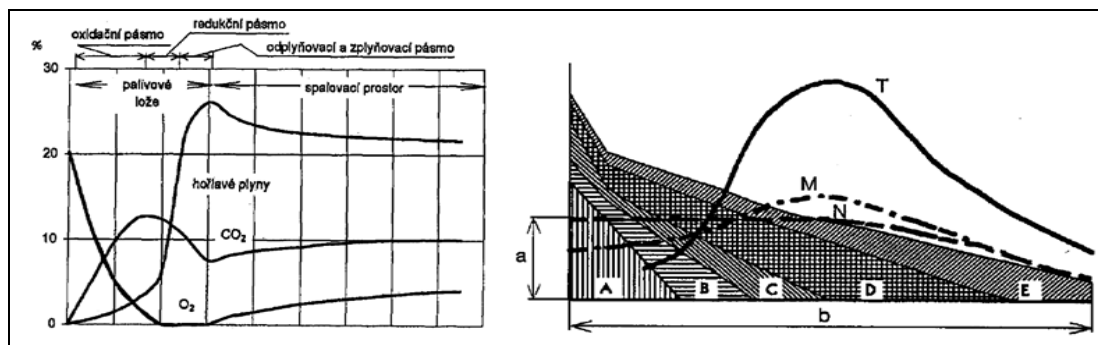
obsah každého zásobníku	70 m ³
výsypané otvory	1 000 mm x 500 mm
šířka horní násypky	700 mm
délka	21 m

Zdroj: Vlastní zpracování dle Ostrovská teplárenská, a. s. Místní provozní předpis pro zásobníky paliva kotlů K1; K2; K3 + hlubinný zásobník. Ostrov, 2008. s. 8

1.5 Roštový kotel K1

Jedná se o dva vedle sebe umístěné šikmé přesuvné rošty typu ŠPERL. Pohon roštu je odvozen z převodové variátorové skříně a kulisovými klikami. Roštové stupně jsou sestaveny z úzkých roštnic opatřenými chladícími žebry. Rošt je opatřen násypkou (mezibungr) s ovládaným hradítkem.

⁸ Ostrovská teplárenská, a. s. Místní provozní předpis pro zásobníky paliva kotlů K1; K2; K3 + hlubinný zásobník. Ostrov, 2008. s. 5-12.

Obr. 4: Průběh složení plynů v palivové vrstvě ohniště (vlevo) a fáze hoření (vpravo)

Zdroj: Ostrovská teplárenská, a. s. Místní provozní a bezpečnostní předpis kotle K1. Ostrov, 2008. s. 18, 19.

Legenda:

a - výška vrstvy paliva

b - čas

A - čerstvé palivo

B - sušení

C - suchá destilace

D - hoření paliva

E - popel a škvára

N - černé rozpadové uhlí

M - spékavé uhlí plynové

T - křivka značící průběh teploty na roštu

V následující tabulce 7 jsou reprezentovány technické údaje a parametry kotle K1.

Tab. 7: Technické údaje a parametry kotle K1

rok výroby	1963
výrobce kotle	ČKD Dukla n. p., odštěpný závod Tatra Kolín
účinnost kotle	76 ± 3 %
jmenovitý výkon	16 t/h
kategorie zdroje	zvlášť velký
jmenovitý tepelný výkon	12,8 MW _t
jmenovitý tepelný příkon	16 MW _t
instalovaný elektrický výkon	0,8 MW _e
normální výkon kotle	16 t/h
zkušební tlak tlakového celku	5,687 MPa
jmenovitý tlak přehřáté páry	3,73 MPa
minimální tlak napájecí vody před napájecí hlavou	4,8 MPa
jmenovitá teplota přehřáté páry	445 °C
dovolené odchytky teploty přehřáté páry	+ 10 °C -5 °C
teplota napájecí vody	105 °C
dovolené odchytky napájecí vody	± 2 °C
způsob topení	Roštové
Rozměry roštu:	
délka	7850 mm
šířka	3400 mm
sálavá komora	cca 80 m ³

Zdroj: Vlastní zpracování dle Ostrovská teplárenská, a. s. Místní provozní a bezpečnostní předpis kotle K1. Ostrov, 2008. s. 4, 5.

Roštový kotel K1 dále obsahuje tyto hlavní části:

- Parní kotel – strmotrubný sálavý, s dokonale vychlazenou spalovací komorou, jednobubnový, dvoutahový, s přirozenou cirkulací, vybavený přehřívákem páry, ohřívákem vody a ohřívákem vzduchu. Regulace přehřáté páry je automatická a provádí se vstřikováním vlastního kondenzátu vyráběného v kondenzátoru na stropě kotle.
- Přehřívák páry – je složen ze soustav hadových trubek o malém průměru. Komory a hadové trubky jsou z bezešvých trubek pro vyšší teploty z legované oceli.
- Ohřívák vody – se skládá ze soustav trubek o malém průměru. Vhodně voleným uspořádáním trubek je umožněn co nejlepší prostup tepla.
- Ohřívák vzduchu (LUVO) – je složen z třídílného vertikálního svazku trubek zaválcovaných do trubkovic. Svazek je uložen v plechové skříni vyztužené ocelovými profily.
- Armatura (jemná výzbroj) – obsahuje veškeré přístroje nutné pro provoz kotle, uzavírací, odkalovací, odlučovací armatury, pojišťovací ventily, vodoznaky, manometry a teploměry.
- Garnitura (hrubá výzbroj) – obsahuje všechny části k uchycení komor a potrubí, kukátka a vnitřní dvířka.
- Nosné části kotle – zahrnuje uchycení trubek registrů kotle, spalovací komory, stropních trubek, trny a úchytky na vnějším obvodu trubek spalovací komory a uchycení zadržky.
- Vzduchovody horkého vzduchu – jsou opatřeny potřebnými dilatacemi, regulačními klapkami, spojovacím materiálem, průlezy a potřebnými konzolami.
 - a) Primární vzduch je z nasávacího ventilátoru veden do ohříváku vzduchu, umístěného pod ohříváky vody. Pak následně veden přes vzduchové zóny, plechové dělicí stěny ovládané regulačními klapkami pod rošt kotle.
 - b) Sekundární vzduch je z nasávacího ventilátoru přiveden do rozdělovacího potrubí s potřebnými tryskami umístěného po bočních stranách obvodu kotle nad rošt.
- Vzduchovody studeného vzduchu – Nasávání vzduchu je umístěné pod střechou kotelny a je rozdělené na dvě části. První umožňuje odebírat vzduch přímo z prostoru kotelny a druhá z venku. Zahrnuje připojení sání ventilátoru spalovacího vzduchu, dále obsahuje výtlak od ventilátoru do ohříváku vzduchu. Vzduchovody jsou opatřeny potřebnými dilatacemi, regulačními klapkami, průlezy konzolami a spojovacím materiálem.

- **Rošt** – jedná se o dva vedle sebe umístěné šikmé přesuvné rošty. Pohon roštu je odvozen z převodové variátorové skříně a kulisovými klikami. Roštové stupně jsou sestaveny z úzkých roštnic opatřenými chladícími žebry.⁹

1.6 Práškový, granulační kotel K2 s mlýnicovým topením

Práškové kotle jsou určeny pro spalování uhelného prášku, který je nejčastěji nadrcen těsně před tím, než je dopraven do spalovací komory kotle. Uhlý prášek má na rozdíl od uhlí určeného pro roštové kotle 100 až 1 000krát větší měrný povrch S a spalování tudíž probíhá odhadem i tolikrát rychleji. Zatímco u uhlí určeného pro roštový kotel má $S=1$ až $2 \text{ m}^2/\text{kg}$ a doba hoření na roštu je cca 15-20 min, tak uhelný prášek má $S=100$ až $2 000 \text{ m}^2/\text{kg}$ (Obr. 5) a doba hoření je 0,5 až 2 s.¹⁰

Obr. 5: Uhlý prášek v různých zrnitostech



Zdroj: Aktivní uhlí. SILCARBON AKTIVKOHLE GMBH. Silcarbon [online]. 2010 [cit. 2013-03-22].

Dostupné z: http://web.iol.cz/silcarbon/images/p005_1_00.jpg.

V následující tabulce 8 jsou reprezentovány technické údaje a parametry kotle K2.

Tab. 8: Technické údaje a parametry kotle K2

výrobce kotle	ČKD Dukla n. p., odštěpný závod Tatra Kolín
účinnost kotle	$89 \pm 1 \%$
kategorie zdroje	stacionární zdroj
jmenovitý výkon	50 t/h
minimální výkon s automatickou regulací s dodržáním parametrů	20 t/h
jmenovitý tepelný výkon	40 MW _t
jmenovitý tepelný příkon	45,455 MW _t
instalovaný elektrický výkon	2,3 MW _e
jmenovitý tlak přehřáté páry	3,73 MPa

⁹ Ostrovská teplárenská, a.s. *Místní provozní a bezpečnostní předpis kotle K1*. Ostrov, 2008. s. 5-8.

¹⁰ ČERNÝ, Václav, Břetislav JANEBA a Jiří TEYSSLER. *Parní kotle*. Praha, 1983. s. 258.

minimální tlak napájecí vody před napájecí hlavou	4,8 MPa
jmenovitá teplota přehřáté páry	445 °C
dovolené odchylky teploty přehřáté páry	+ 10 °C
	-15 °C
teplota napájecí vody	105 °C
dovolené odchylky napájecí vody	± 2 °C

Zdroj: Vlastní zpracování dle Ostrovská teplárenská, a. s. Místní provozní a bezpečnostní předpis kotle K2. Ostrov, 2009. s. 4- 6.

Práškový, granulační kotel K2 dále obsahuje tyto hlavní části:

- Parní kotel – jednobubnový, dvoutahový, s přirozenou cirkulací, vybavený přehřívákem páry, ohřívákem vody a vzduchu. Topení je práškové, granulační s přímým foukáním, sušenými spalinami, uhelné mlýny samonasávací tlukadlové.
- Výparník - membránové stěny jsou čistě sálavé, jednotahové s přirozenou cirkulací. V přední stěně jsou zaústěny práškové hořáky, v bočních stěnách jsou zaústěny stabilizační hořáky a jsou ve spodní části provedeny jako výsypka kotle. Kotlové šoty jsou tvarovány podle spalovací komory. Trubky procházejí přední stěnou a jsou zaústěny do bubnu, který je opatřen vestavbami pro dosažení větší čistoty páry. Převáděcí trubky z jednotlivých stěn jsou zapojeny do nástavků v bubnu a jsou tvarovány s ohledem na dilatace.
- Přehřívák páry – dvoustupňový s regulováním teploty páry vstřikem vlastního kondenzátu.
- Ohřívák vody – je tvořen třemi bloky. První a druhý blok je umístěn nad ohřívákem vzduchu. Třetí blok je odpařovací.
- Ohřívák vzduchu (LUVO) – trubkový, na straně spalin jednotahový, na straně vzduchu třítahový.
- Armatura (jemná výzbroj) – obsahuje veškeré přístroje nutné pro provoz kotle, uzavírací, odkalovací, odlučovací armatury, pojišťovací ventily, vodoznaky, manometry a teploměry.
- Garnitura (hrubá výzbroj) – obsahuje všechny části k uchycení komor a potrubí, explozní kapky, kukátka a vstupní dvířka. Dále zahrnuje svodky paliva do sušících šachet, průlezová dvířka apod.
- Nosné části kotle – zahrnuje nosníky pro nesení kotle, zesílení sloupů a nosníky ve třetím tahu.
- Vzduchovody horkého vzduchu – propojují ohřívák vzduchu s práškovými hořáky,

jsou řešeny jako společné potrubí pro horký vzduch.

- a) Rozvod potrubí jádrového vzduchu je řešen tak, že z nasávacího potrubí umístěného v kotelně je jádrový vzduch nasáván ventilátorem, který je umístěn na střeše nad sekundárním ventilátorem. Vzduchovod se dělí na čtyři, samostatné vzduchové potrubí kruhového průřezu pro každý uhelný hořák zvlášť a je přiveden do středu uhelných hořáků.
 - b) Sekundární přídavný vzduch je z nasávacího ventilátoru veden do ohříváku vzduchu umístěného pod ohříváky vody a dále podél kotle krabicovými vzduchovody se rozděluje na sekundární a terciální vzduch. Sekundární vzduch je veden do uhelných hořáků, kde se mísí s uhelným prachem a terciální vzduch je veden do stěn kotle jako pomocný spalovací vzduch.
- Vzduchovody studeného vzduchu – zahrnují připojení sání ventilátoru spalovacího vzduchu v prostoru kotelny, které je připojeno na stávající sací šachtu. Dále obsahují výtlak od ventilátoru do ohříváku vzduchu.
 - Tlukadlové mlýny – kotel je vybaven dvěma tlukadlovými mlýny. Rotor mlýna se skládá z hřídele, kotoučů, ramen a tlukadel. Rotor je chlazen vodou o spotřebě cca 500 l/hod.
 - Šachty mlýnů (sací a třídící šachta) – slouží k nasávání spalin sacími šachtami do mlýnů. Do sací šachty se svodkou přivádí palivo do proudu spalin. Směs semletého paliva s nosným médiem se odvádí z třídící šachty mlýna, která je obratová, opatřená stavitelnými žaluziemi, výstupní šachtou do hořákové skříně.
 - Vířivé hořáky a práškovody – kotel je osazen čtyřmi hořáky, vždy dva na jeden mlýn. Hořáky jsou vířivé, mají samostatný přívod jádrového a sekundárního vzduchu.¹¹

¹¹ Ostrovská teplárenská, a. s. *Místní provozní a bezpečnostní předpis kotle K2*. Ostrov, 2009. s. 6-8.

1.7 Práškový, granulační kotel K3 s mlýnicovým topením

V následující tabulce 9 jsou reprezentovány technické údaje a parametry kotle K3.

Tab. 9: Technické údaje a parametry kotle K3

výrobce kotle	ČKD Dukla n.p., odštěpný závod Tatra Kolín
účinnost kotle	87 ± 3 %
kategorie zdroje	stacionární zdroj
jmenovitý výkon	40 t/h
minimální výkon kotle	27 t/h
jmenovitý tepelný výkon	32 MW _t
jmenovitý tepelný příkon	36,364 MW _t
instalovaný elektrický výkon	1,9 MW _e
jmenovitý tlak přehřáté páry	3,63 MPa
minimální tlak napájecí vody před napájecí hlavou	4,8 MPa
jmenovitá teplota přehřáté páry	445 °C
dovolené odchylky teploty přehřáté páry	+ 15 °C -10 °C
teplota napájecí vody	105 °C
dovolené odchylky napájecí vody	± 2 °C

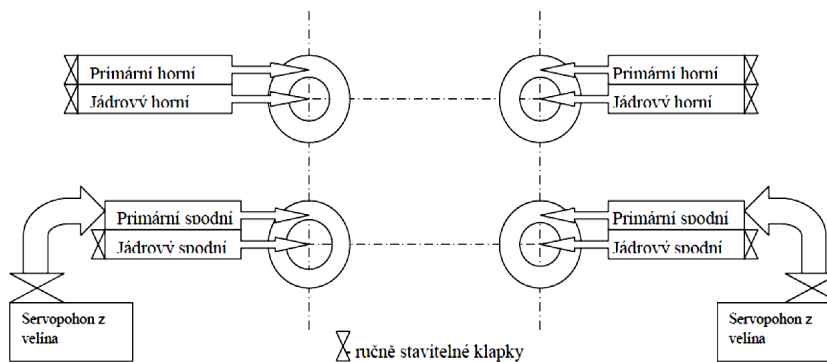
Zdroj: Vlastní zpracování dle Ostrovská teplárenská, a. s. Místní provozní a bezpečnostní předpis kotle K3. Ostrov, 2010. s. 4- 6.

Teplárenský kotel K3 je velmi podobný kotli K2, takže v této části mé diplomové práce popíši jen takové technické části, které se výrazně liší od kotle K2 v kapitole 1.6.

- Parní kotel – viz v práškovém, granulačním kotli K2 s mlýnicovým topením kapitola 1.6.
- Výparník – membránové stěny jsou čistě sálavé, jednotahové s přirozenou cirkulací. V přední stěně jsou zaústěny práškové hořáky, v bočních stěnách jsou zaústěny stabilizační hořáky, které jsou ve spodní části provedeny jako výsyпка kotle. Pro dokonalejší vyhoření paliva a větší stabilizaci plamene je spalovací komora nad práškovými hořáky zúžena. V další části tahu se jsou další dodatkové plochy, sálavý díl přehříváku, ekonomizér (eko) a ohřívák vzduchu LUVO. V horní části kotle, který tvoří strop je zavěšený konvekční přehřívák.
- Přehřívák páry – viz v práškovém, granulačním kotli K2 s mlýnicovým topením kapitola 1.6.
- Ohřívák vody – je tvořen dvěma bloky. První je umístěn ve druhém tahu kotle a druhý blok je proveden jako venkovní nad ohřívákem vzduchu.
- Ohřívák vzduchu (LUVO) – viz v práškovém, granulačním kotli K2 s mlýnicovým topením kapitola 1.6.

- Armatura (jemná výzbroj) – viz v práškovém, granulačním kotli K2 s mlýnicovým topením kapitola 1.6.
- Garnitura (hrubá výzbroj) – viz v práškovém, granulačním kotli K2 s mlýnicovým topením kapitola 1.6.
- Nosné části kotle – zahrnuje nosníky pro nesení všech částí kotle.
- Vzduchovody horkého vzduchu – propojují ohřívač vzduchu s práškovými hořáky a jsou řešeny jako společné potrubí pro horký vzduch. Každá trasa je v potrubí oddělena utěšňující přepážkou. Z nasávacího vzduchového ventilátoru je vzduch veden do LUVO. Vzduch, který proudí podél krabicových vzduchovodů, se dále rozděluje na primární a jádrový vzduch (Obr. 6). Horký vzduch je poté veden do práškových uhelných hořáků, kde se mísí v primárním vzduchovodu s uhelným prachem. Potrubí primárního a jádrového vzduchu je opatřeno ručně stavitelnou klapkou s výjimkou spodního primárního vzduchového potrubí, kde je klapka ovládána servopohonem z velína. Když jsou provozovány oba uhelné mlýny současně, tak uhelné klapky musí být zcela otevřeny na 100 %. Klapky vrchního primárního vzduchu a všech jádrových vzduchů se nastavují dle účinnosti kotle a ovládá se pouze množství vzduchu do spodního potrubí.

Obr. 6: Schéma přívodu vzduchu



Zdroj: Ostrovská teplárenská, a.s. Místní provozní a bezpečnostní předpis kotle K3. Ostrov, 2010. s 8.

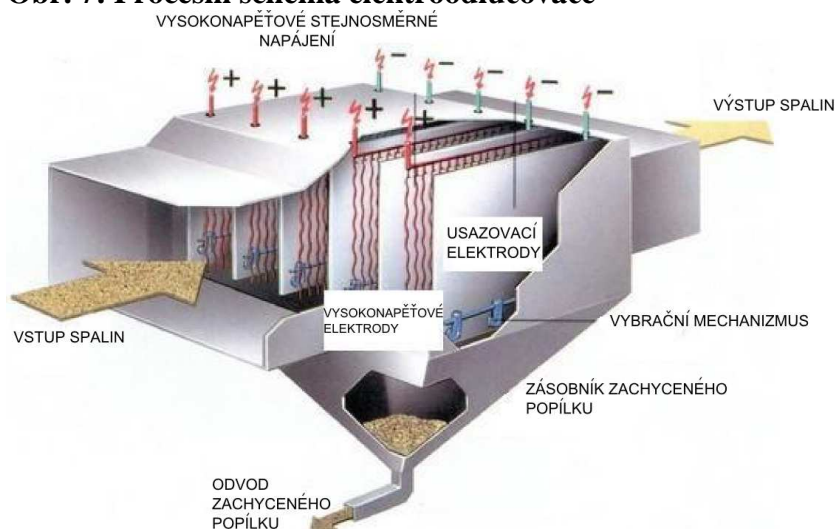
- Vzduchovody studeného vzduchu – viz v práškovém, granulačním kotli K2 s mlýnicovým topením kapitola 1.6.
- Tlukadlové mlýny – viz v práškovém, granulačním kotli K2 s mlýnicovým topením kapitola 1.6.
- Šachty mlýnů (sací a třídící šachta) – viz v práškovém, granulačním kotli K2 s mlýnicovým topením kapitola 1.6.
- Vířivé hořáky a práškovody – kotel je osazen po rekonstrukci čtyřmi hořáky, vždy dva

na jeden mlýn. Hořáky jsou vířivé, mají samostatný přívod jádrového a sekundárního vzduchu.¹²

1.8 Elektroodlučovače kotlů K1 - K3

Při spalování tuhých paliv se uvolňuje z paliva popílek. Tento popílek je nutno zachytávat, protože je jeho vypouštění do ovzduší dle Zákona o ochraně ovzduší zpoplatněno nemalou částkou, a to 3 000 Kč/t na rok 2012. Od roku 2013 až do 2021 dojde k výraznému tempu růstu ceny až na 14 700 Kč/t.¹³ K tomuto účelu jsou nejvíce vhodné elektrostatické EO s účinností až 99 %, což je jejich největší výhoda spolu s minimální tlakovou ztrátou. Principiálně je tomu tak, že prachové částice jsou elektricky nabitě a jsou přitahovány vlivem přítlačných sil elektrického pole vysokonapětovou stejnosměrnou elektrodou, která je součástí EO. Částice ulpívají na povrchu usazovací elektrody, až se dosáhne určitého stavu, kdy je na usazovací elektrodě dostatečné množství usazených částí, které by snižovaly účinnost odlučovače. Elektrody se oklepou v nastavených cyklech a sklepaný popílek se odvede pryč.¹⁴ Procesy probíhající v takovémto EO prezentuji na následujícím obrázku 7.

Obr. 7: Procesní schéma elektroodlučovače



Zdroj: Endress + Hauser [online]. 2013 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z:

[http://www.endress.com/eh/central/info/resource.nsf/imgref/Image_ElectrostaticPrecipitator.jpg/\\$FILE/ElectrostaticPrecipitator.jpg](http://www.endress.com/eh/central/info/resource.nsf/imgref/Image_ElectrostaticPrecipitator.jpg/$FILE/ElectrostaticPrecipitator.jpg)

¹² OSTROVSKÁ TEPLÁRENSKÁ, a.s. Místní provozní a bezpečnostní předpis kotle K3. Ostrov, 2010. s. 6-9.

¹³ ČR. Zákon o ochraně ovzduší. In: *Sbírka zákonů č.201/2012*. Praha 4: Tiskárna Ministerstva vnitra, p.o., 2012, 69. s. 2838.

¹⁴ ČKD GROUP. *VVN zdroje pro elektrostatické odlučovače* [online]. 2011 [cit. 2013-03-31]. Dostupné z: <http://www.ckde.cz/translate/cs/company-detail/ckd-elektrotechnika/ckd-elektrotechnika/vvn-zdroje-pro-elektrostaticke-odlučovace/185>

V následující tabulce 10 jsou reprezentovány technické údaje a parametry EO a usměrňovačů.

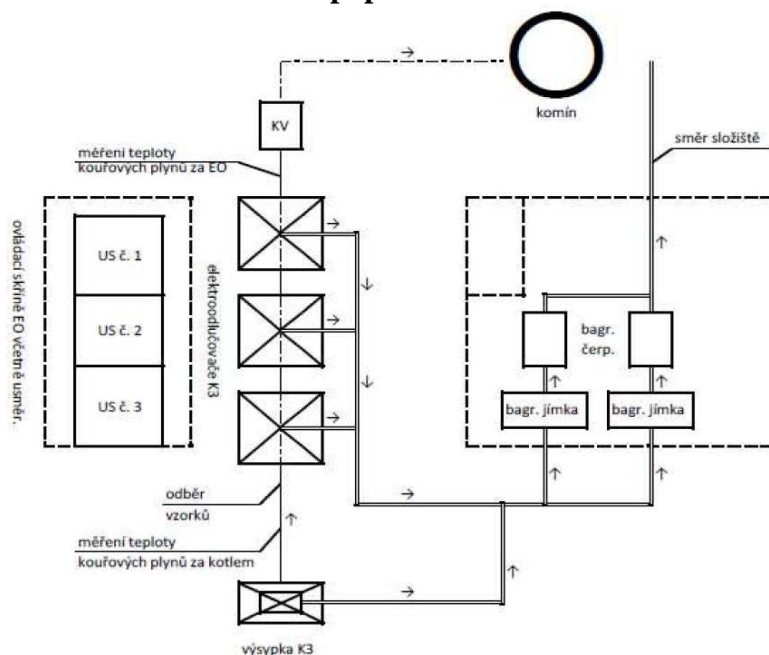
Tab. 10: Technické údaje a parametry elektroodlučovačů a usměrňovačů

elektroodlučovače		kotel K1	kotel K2	kotel K3
typ		jednosekcvý EKJ 1-12-6-6-1	dvousekcvý EKJ 1-12-6-6	třísekcvý EKJ 1-16-7
výrobce		ZVVZ, a.s. Milevsko	ZVVZ, a.s. Milevsko	ZVVZ, a.s. Milevsko
hodnoty [kV/mA]	minimální	30/100	30/100	30/130
	provozní	35/180	45/160	45/180
	maximální	70/400	70/600	60/500
usměrňovače				
typ		EVERT 47A.01	EVERT 48A.01	EPIC III
výrobce		ČKD-elektrotechnika, a.s.	ČKD-elektrotechnika, a.s.	EMTEST, s.r.o.
příkon [kV/mA]		92/300 1x	92/300 2x	92/300 3x

Zdroj: Vlastní zpracování dle Ostrovská teplárenská, a.s. Místní provozní bezpečnostní předpis pro obsluhu elektroodlučovačů, Ostrov, 2012. s. 5.

Na obrázku 8 je znázorněn odvod popílku z EO, až na odkaliště přes bagrovací jímky, kde je popílek smíchán s vodou a strouzkou.

Obr. 8: Schéma odvodu popílku



Zdroj: Ostrovská teplárenská, a. s. Místní provozní bezpečnostní předpis pro obsluhu elektroodlučovačů, Ostrov, 2012. s. 9.

Na obrázku 9 je vidět porovnání mechanického odlučovače spolu s jednosekčovým EO kotle K1 a třísekčovým EO pro kotel K3.

Obr. 9: Mechanický odlučovač a EO pro K1 v porovnání s EO pro K3



Zdroj: Vlastní foto

Na závěr této kapitoly bych uvedl, že OT, a. s. je podnikem, který má ve svém provozu moderní technologie, které jsou využívány k hospodárnější a efektivnější výrobě tepelné a elektrické energie. Pro ekonomičtější provoz má teplárna instalovány pro kotle K1 a K2 mechanické odlučovače spolu s EO a pro kotel K3 pouze EO bez mechanického odlučovače. Tito odlučovače plní ekologickou funkci a napomáhají k minimalizaci emisí TZL vypouštěných teplárenským komínem. Je zároveň nutné si uvědomit, že výroba tepla si vyžaduje mnoho dalších neméně důležitých vstupní suroviny, jako je například upravená chladicí demi voda¹⁵ nebo vzduch pro spalování paliva, který si vyžaduje čištění a ohřátí před tím, než je přiveden do spalovací komory. Bez těchto základních věcí a úkonů by nebylo možno teplárenský komplex provozovat tak, jak nám nařizuje zákon a vlastně lze i tvrdit, že by nebyl, v delším časovém horizontu, dlouhodobě životaschopný což pro účely podnikání není výhodné.

¹⁵ Demi voda je chemicky upravená voda, která je zbavena všech minerálů, nečistot a soli. Více v: Lenntech BV *Demineralised water*. [online]. [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <http://www.lenntech.com/demi-water.htm>

2 Vyhodnocení vyprodukovaných emisí Ostrovskou teplárenskou, a. s. za období 2008 - 2012

Následující kapitola se bude věnovat popisu legislativního procesu v oblasti ochrany ovzduší. V dalším bodu vyhodnotím vyprodukované emise Ostrovskou teplárenskou, a. s. za období 2008 - 2012, které umožní předběžnou predikci budoucího vývoje poplatků za znečišťování ovzduší.

2.1 Rozdíl v Zákoně o ochraně ovzduší před rokem 2012 a po roce 2012 v sazbách poplatků za znečišťování ovzduší

Dnem 1.9.2012 vešel v účinnost nový Zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.¹⁶ Hlavní rozdíl oproti předchozímu Zákonu o ovzduší č. 86/2002, který byl mnohokrát během své platnosti novelizován, je v tom, že přináší nový systém v sazbách za vypouštěné emise do ovzduší podléhající zpoplatnění.¹⁷ Původní zákon měl pevně stanovené sazby a během své účinnosti se neměnily a nebyl tedy na provozovatele stacionárních zdrojů vyvíjen ekonomický tlak, aby modernizovali svá zařízení na snižování vypouštěných emisí. Změna přichází, až s novým zákonem č. 201/2012 Sb. Ten stanovuje kontinuální navyšování sazeb od roku 2013 až do roku 2022. V tabule 11 a 12 jsou uvedeny sazby za znečišťující látky v porovnání se starým a novým zákonem.

Další problematickou skutečností týkající se novely zákona byl fakt, že zákon proaktivně nereflektoval evropský vývoj oblasti ochrany ovzduší. Jednotlivé povinnosti vyplývající ze zákona tak byly strnulé a nevytvářely odpovídající tlak zejména na velké stacionární znečišťovatele (viz např. současný problém v Moravskoslezském kraji, kde je dlouhodobě velmi špatná situace co se týče stavu čistoty ovzduší).

¹⁶ Srov. viz zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší.

¹⁷ Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, § 15, odst. 2

Tab. 11: Sazby dle starého Zákona o ovzduší 86/2002

Znečišťující látka	Sazba [Kč/t]
TZL	3 000
SO ₂	1 000
NO _x	800
VOC ¹⁸	2 000
Těžké kovy a jejich sloučeniny	20 000
CO	600
Amoniak	1 000
Methan	1 000
Polycyklické aromatické uhlovodíky	20 000

Zdroj: Vlastní zpracování podle zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, příloha č. 1

Tab. 12: Sazby dle nového Zákona o ovzduší 201/2012

	2013 až 2016	2017	2018	2019	2020	2021 a dále
TZL	4 200	6 300	8 400	10 500	12 600	14 700
SO ₂	1 350	2 100	2 800	3 500	4 200	4 900
NO _x	1 100	1 700	2 200	2 800	3 300	3 900
VOC	2 700	4 200	5 600	7 000	8 400	9 800

Zdroj: Vlastní zpracování podle zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, příloha č. 9

Dále zde uvedu několik odstavců ze Zákona o ovzduší 201/2012 Sb. dle §15 Poplatek za znečišťování, kterým by měli provozovatelé stacionárních zdrojů věnovat pozornost:

- odst. 3) Od poplatku za znečišťování se osvobozují znečišťující látky vypouštěné stacionárním zdrojem nebo zdroji v provozovně, u které celková výše poplatků za poplatkové období činí méně než 50 000 Kč.
- odst. 5) Poplatek za znečišťování se vypočte jako součin základu poplatku a sazby uvedené v příloze č. 9 bodu 1 k tomuto zákonu. Poplatek za znečišťování za kalendářní rok 2017 a následující poplatková období se vypočte jako součin základu poplatku, sazby a koeficientu úrovně emisí, uvedeného v příloze č. 9 bodu 2 k tomuto zákonu, stanoveného podle dosahované emisní koncentrace dané znečišťující látky v celém poplatkovém období.

¹⁸ VOC = Volatile Organic Compound (těkavá organická látka).

Tab. 13: Koefficienty úrovně emisí podle dosahovaných emisních koncentrací v celém poplatkovém období vyjádřených v procentech horní hranice úrovně emisí spojené s nejlepšími dostupnými technikami nebo v případě, že nejlepší dostupné techniky nejsou specifikovány, v procentech emisního limitu

50-60 %	> 60-70 %	> 70-80 %	> 80-90 %	> 90 %
0,2	0,4	0,6	0,8	1

Zdroj: Vlastní zpracování podle zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, příloha č.9

▪ odst. 6) Poplatek za znečišťování se u znečišťující látky vypouštěné stacionárním zdrojem nevyměří, pokud je na tomto stacionárním zdroji provedena rekonstrukce nebo modernizace, v jejímž důsledku dosahuje v celém poplatkovém období nižších ročních emisí tuhých znečišťujících látek nejméně o 30 %, oxidů síry vyjádřených jako oxid siřičitý nejméně o 55 %, oxidů dusíku vyjádřených jako oxid dusičitý nejméně o 55 % nebo těkavých organických látek nejméně o 30 % ve srovnání s rokem 2010.

Dle vyhlášky o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší 415/2012 Sb. se v § 3 (Intervaly jednorázového měření) odst. 1, bod c) stanovuje, že se bude muset provést jednorázové měření emisí při každém zásahu do konstrukce nebo vybavení stacionárního zdroje, který by mohl vést ke změně emisí a to nejpozději 3 měsíce od vzniku této skutečnosti.¹⁹ Pokud se tedy OT, a. s. rozhodne pro modernizaci svého zdroje s úmyslem snížení emisí, bude muset na tuto skutečnost brát zřetel.

Na tomto místě bych rád doplnil skutečnost, že od ledna roku 2017 vstoupí v platnost další změna zmíněného zákona o ochraně ovzduší 201/2012 Sb. V současné době podle § 15, odst. 14 je příjem z výběru poplatků za znečištění ovzduší příjmem SFŽP v objemu 100 % vybraných poplatků. Od ledna roku 2017 vstoupí v platnost nové dělení výnosů, přičemž bude příjem z poplatků rozdělen následovně: 65 % výnosu z poplatků bude příjmem SFŽP, 25 % příjmem kraje, na jehož území se znečišťující stacionární zdroj nachází, a 10 % příjmem státního rozpočtu. Také se mezi léty 2017 – 2021 počítá s výrazným navyšováním stávajících poplatků za znečištění ovzduší, jež by mohlo alespoň částečně kompenzovat současné snížení výnosů SFŽP.

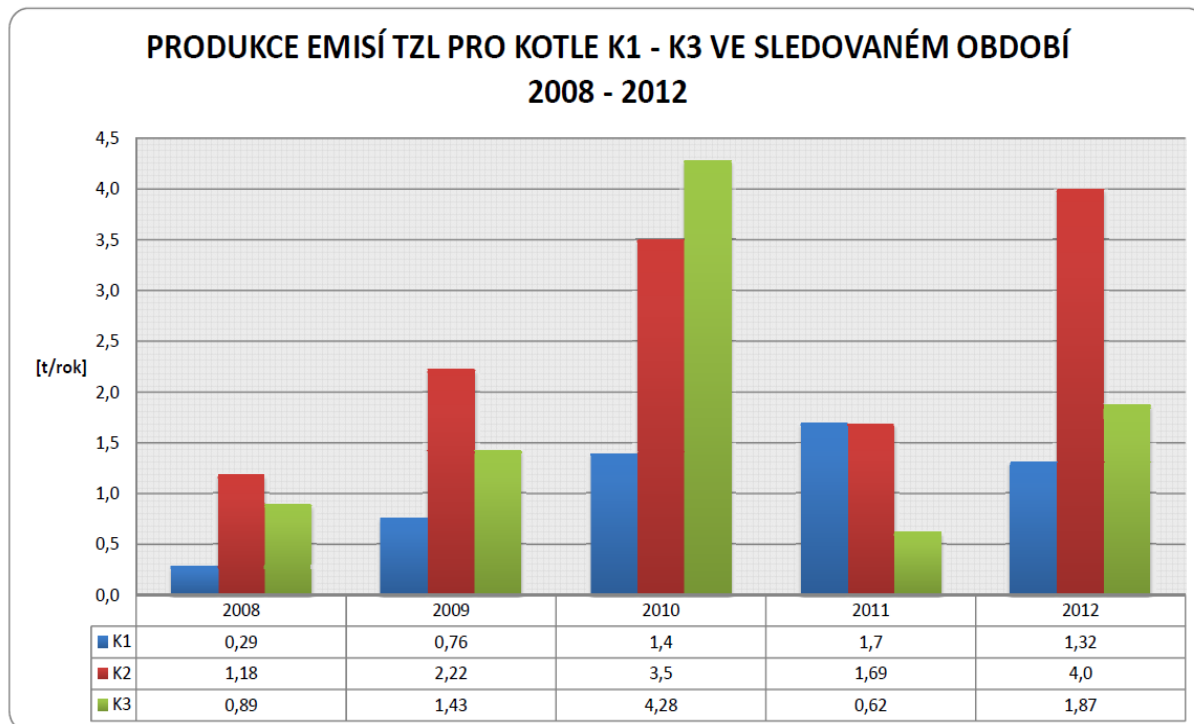
¹⁹ ČR. Vyhláška o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší. In: *Sbírka zákonů č. 415/2012*. 2012.

Změna dělení výnosů je podle mého názoru odrazem principu přenášení kompetencí na nižší územní celky (v tomto případě ze státu na kraj), což lze považovat za pozitivní vývoj. Předpokládá se, že kraje z důvodu vyšší zainteresovanosti a informovanosti mohou efektivněji hospodařit s vybranými výnosy z poplatků, tím pádem by mohlo být zatížení ovzduší snižováno mnohem rychleji.

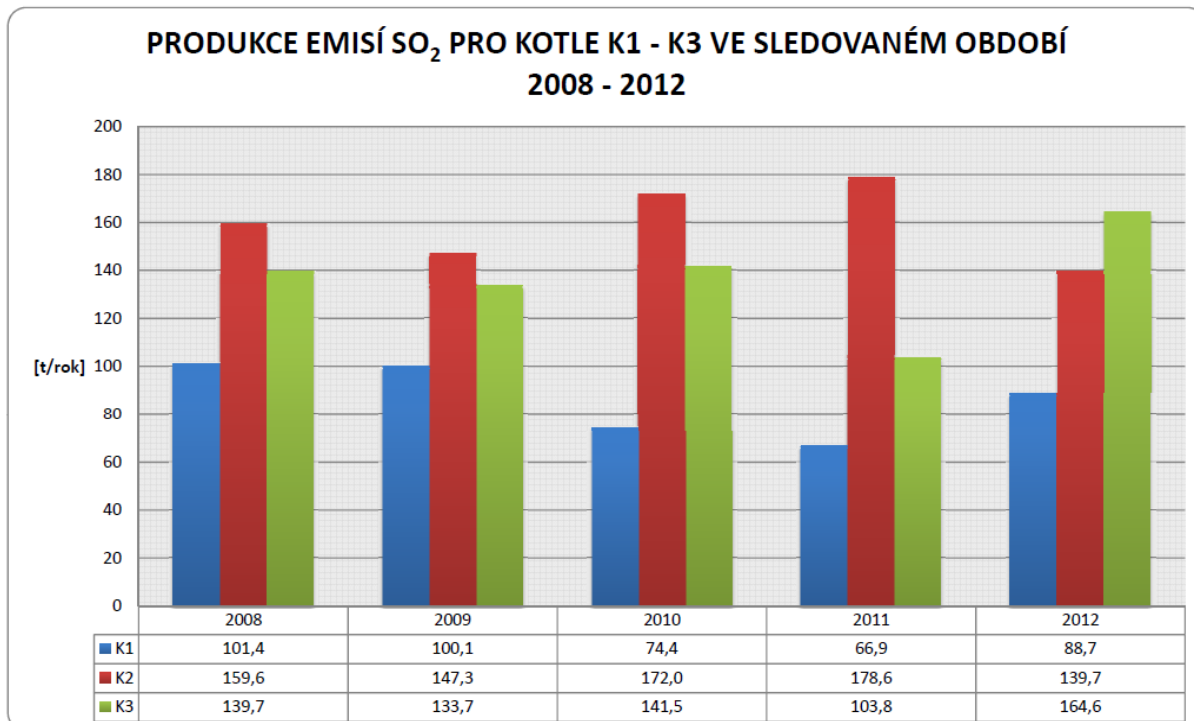
2.2 Vyprodukované emise OT, a. s. za období 2008 - 2012

V této podkapitole vyhodnotím vyprodukované emise OT, a. s. za období 2008 - 2012. Emise se budou týkat pouze látek TZL, SO₂, NO_x a VOC, protože tyto látky, jak už bylo zmíněno, podléhají zpoplatnění od roku 2013. Emise budu vyhodnocovat jak po stránce kvantitativní, tedy kolik se vyprodukovalo emisí v *t/rok*, tak i po stránce nákladové z pohledu výše poplatků, kde se pokusím nastínit i budoucí vývoj poplatků pro období 2013 - 2016, které se přímo týkají OT, a. s. Vyhodnocovat poplatky na rok 2017 a dále, kvůli další změně ve výpočtu poplatků a sazbám nelze kvalifikovaně odhadnout.

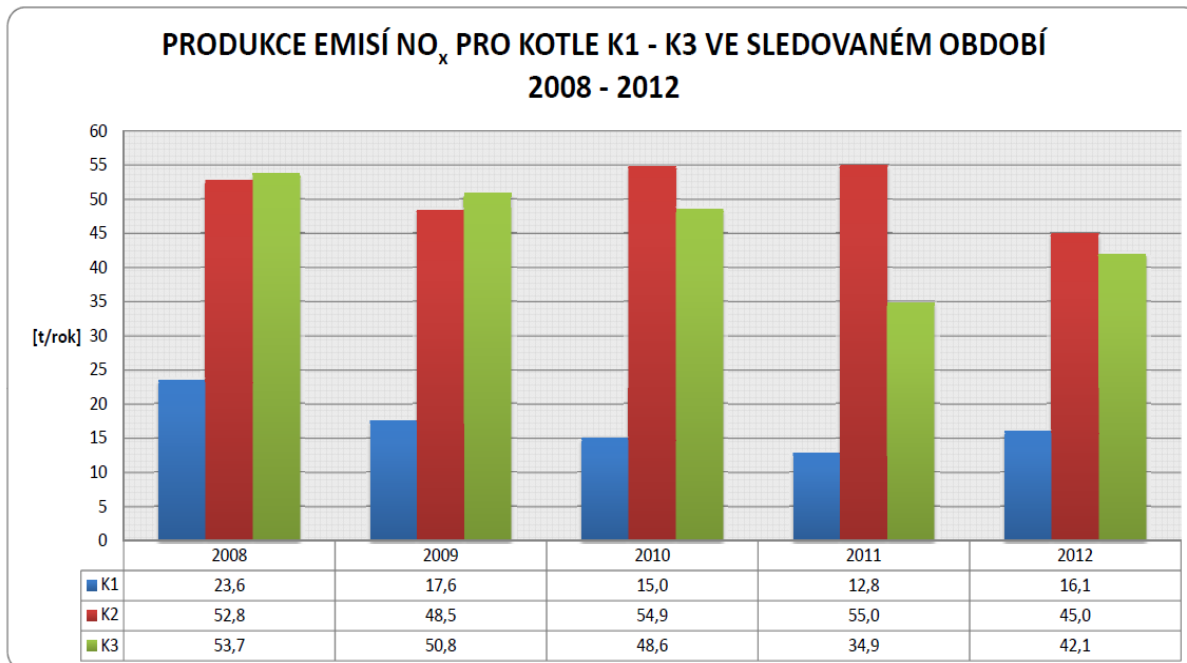
Graf 1 - 4 ukazuje, jaká byla produkce emisí ve sledovaném období v *t/rok*. Z grafů lze vypořadovat, že jednotlivé emise se každý rok od sebe liší. Hlavní příčinu na tom má nástup zimního období a s tím i navazující zahájení topné sezóny. Dalším důsledkem je i průběh zimy, která může být jeden rok teplotně nadprůměrná a druhý pak podprůměrná (např. jak ukázalo zimní období 2012/2013 trvající až do jarních měsíců). Graf 5 a 6 sumarizuje celkovou produkci emisí vyprodukovanými kotli K1-K3 v *t/rok*. Pro informovanost jsem přidal i provozní dobu kotlů K1 - K3 v *h/rok* ve sledovaném období, jak ukazuje graf 7.

Graf 1: Produkce emisí TZL pro kotle K1 - K3, 2008 - 2012

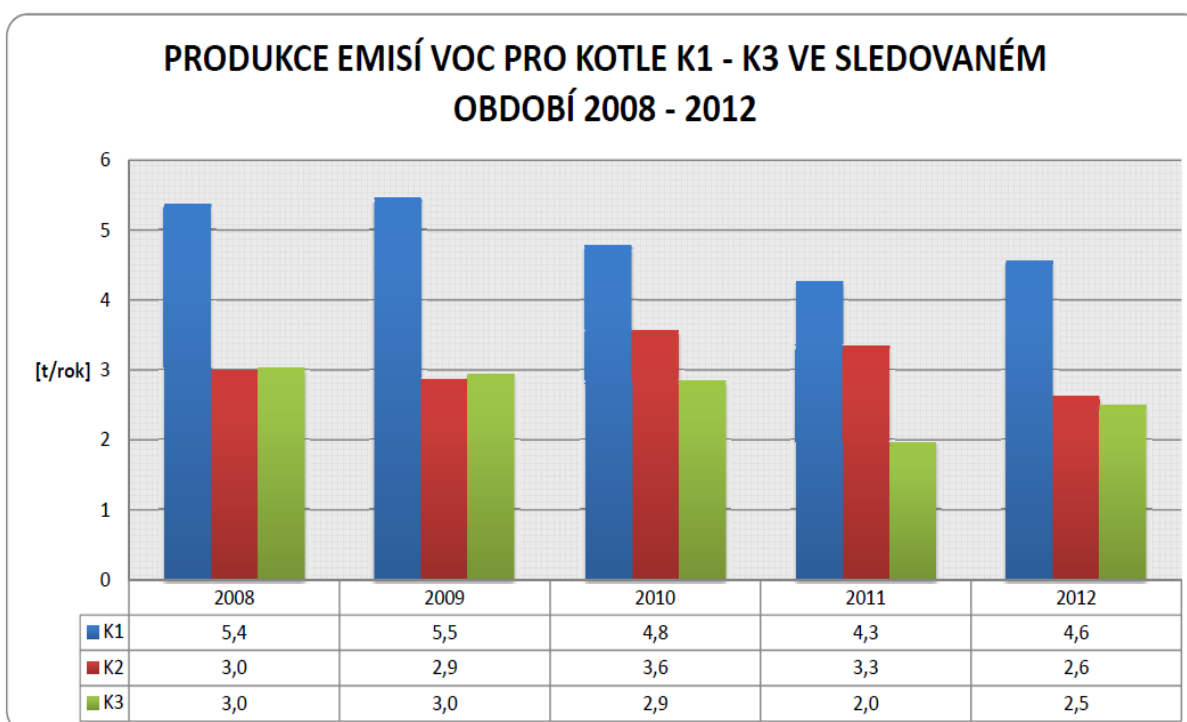
Zdroj: Vlastní pracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

Graf 2: Produkce emisí SO₂ pro kotle K1 - K3, 2008 - 2012

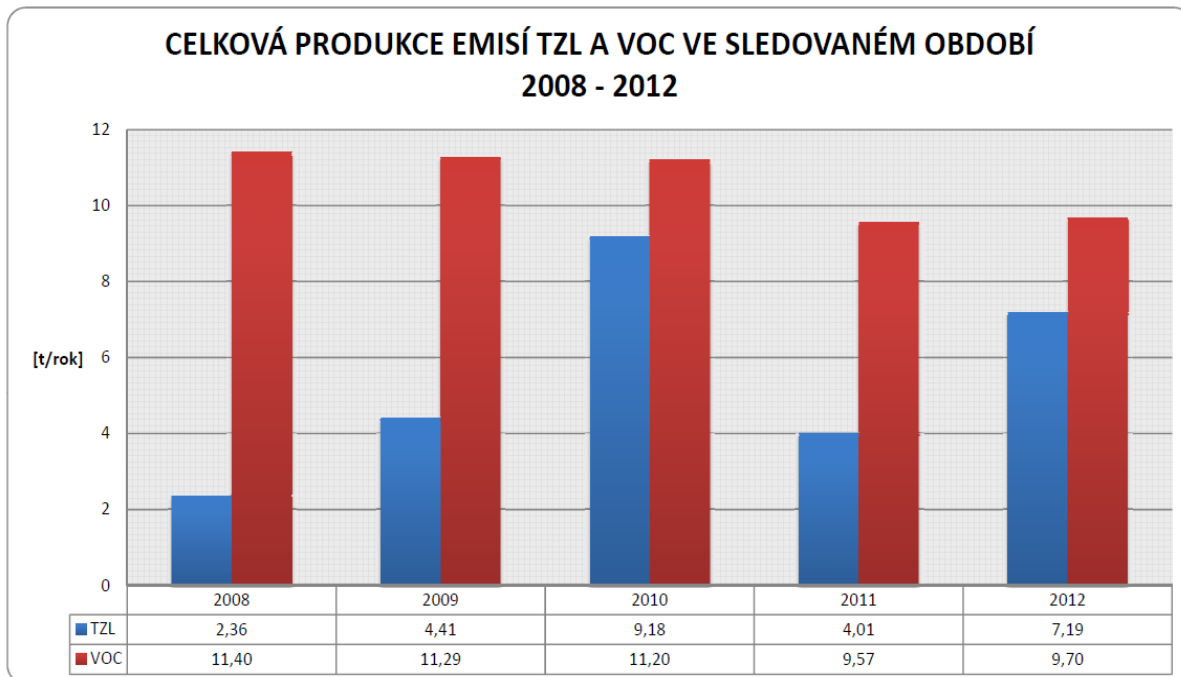
Zdroj: Vlastní pracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

Graf 3: Produkce emisí NO_x pro kotle K1 - K3, 2008 - 2012

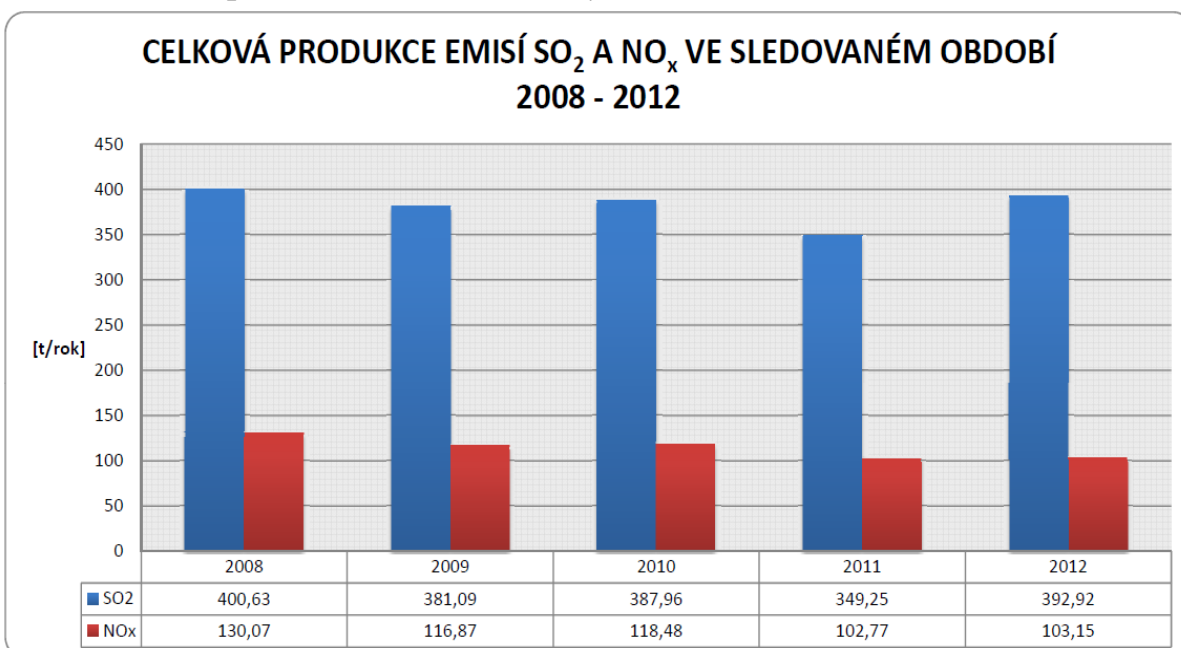
Zdroj: Vlastní pracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

Graf 4: Produkce emisí VOC pro kotle K1 - K3, 2008 - 2012

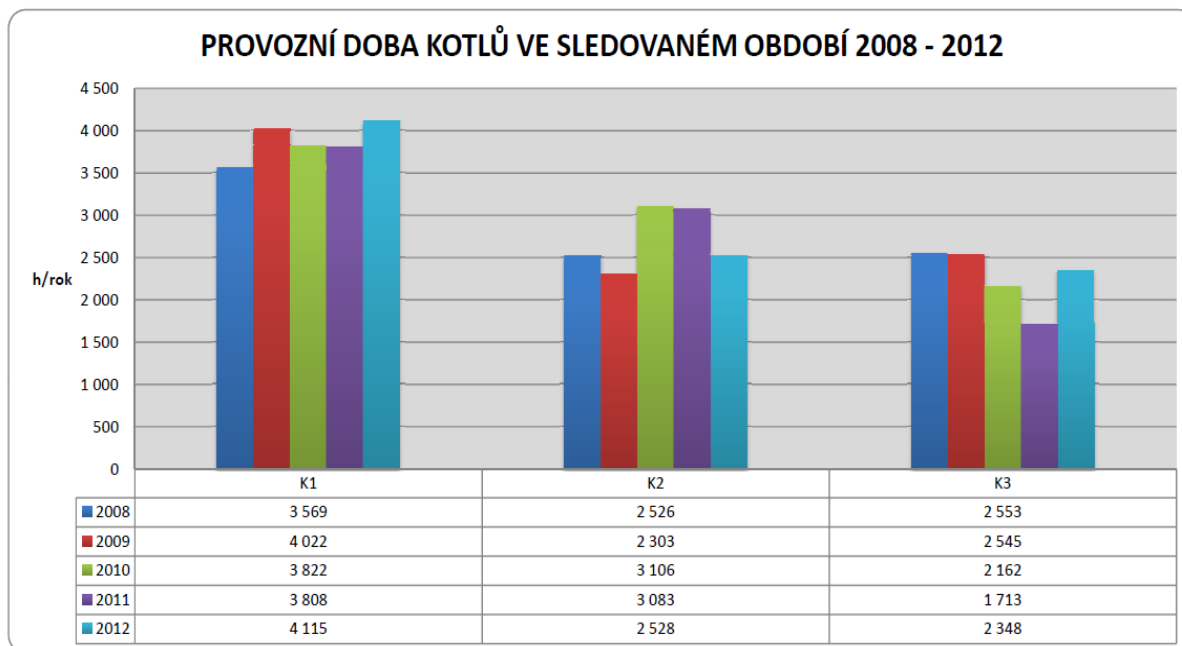
Zdroj: Vlastní pracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

Graf 5: Celková produkce emisí TZL a VOC, 2008 - 2012

Zdroj: Vlastní pracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

Graf 6: Celková produkce emisí SO₂ a NO_x, 2008 - 2012

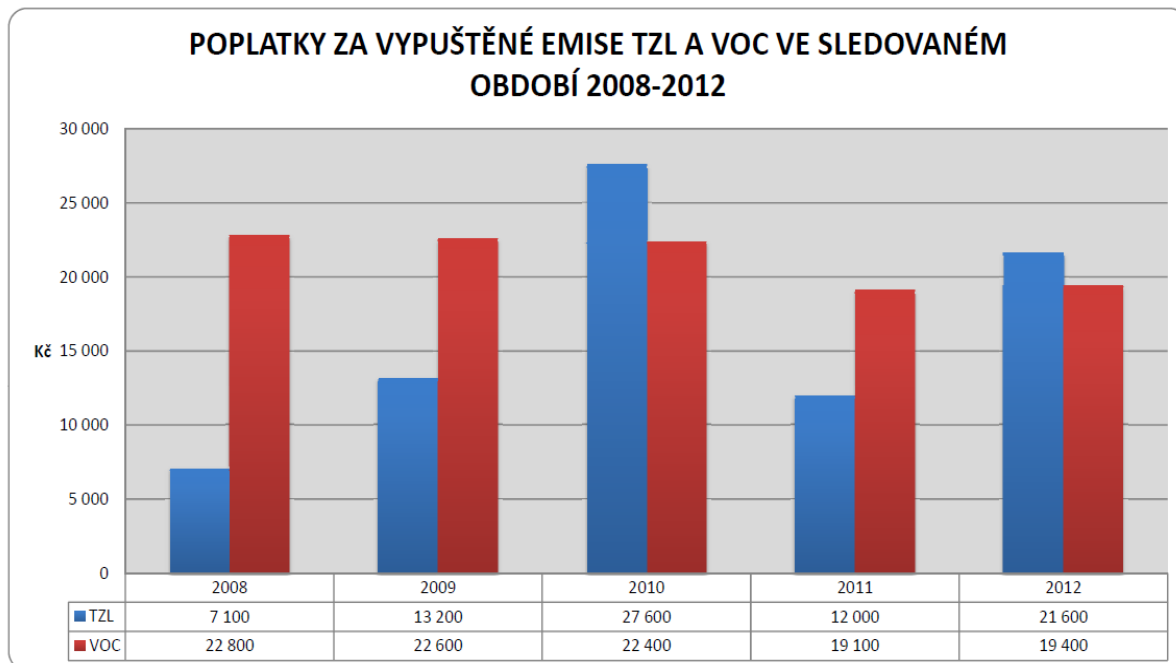
Zdroj: Vlastní pracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

Graf 7: Provozní doba kotlů, 2008 - 2012

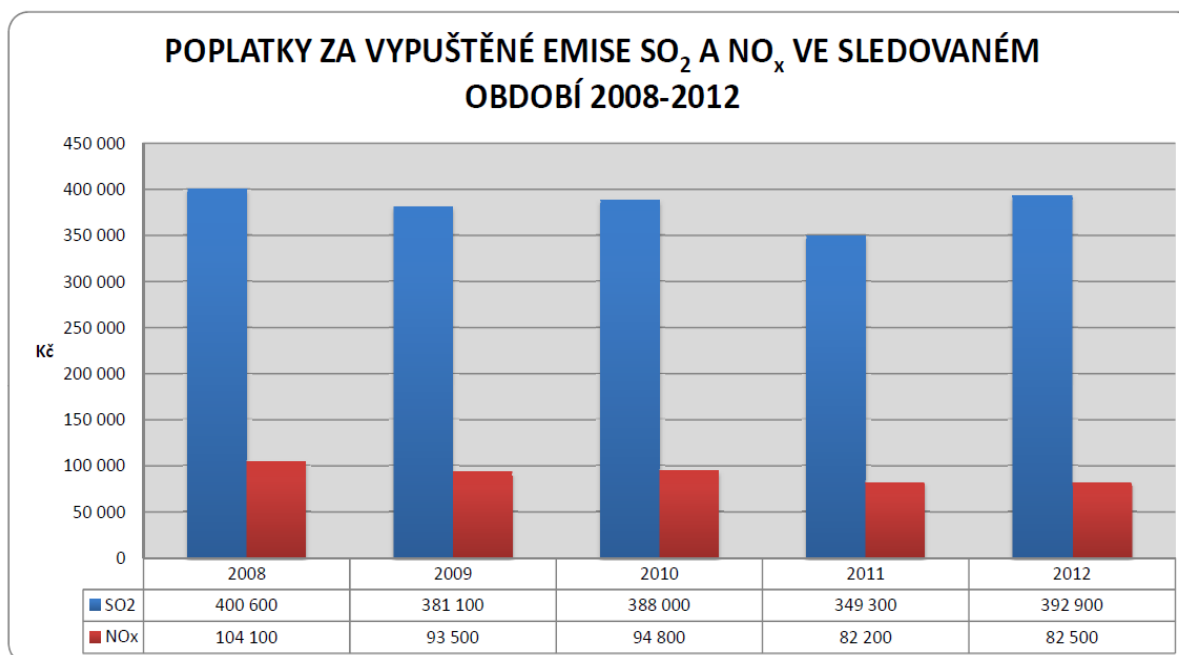
Zdroj: Vlastní pracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

2.3 Vyhodnocení poplatků za vyprodukované emise OT, a. s. za období 2008 - 2012 s budoucím výhledem na období 2013 - 2016

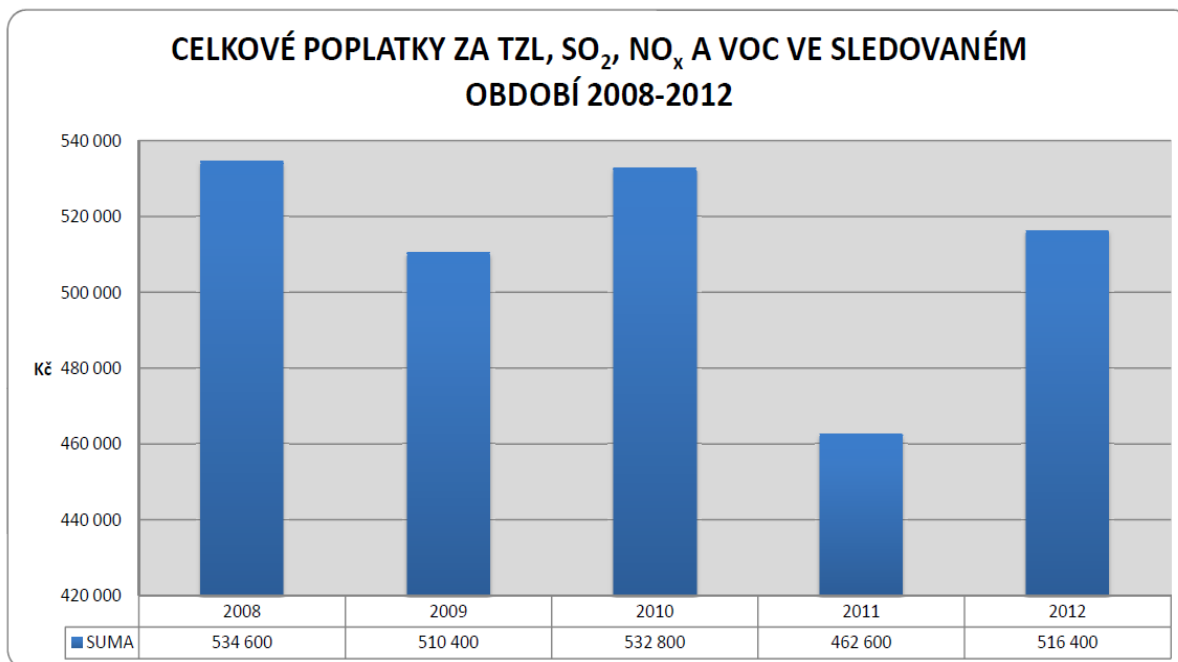
V této části se budu věnovat vyhodnocení poplatků, které OT, a. s. odvedla prostřednictvím poplatkového systému SFŽP za vyprodukované emise výše uvedených látek. Graf č. 8 a 9 ukazuje částku v Kč, kterou musela firma zaplatit za vyprodukované emise TZL, SO₂, NO_x a VOC v letech 2008 - 2012. V grafu č. 10 je pak celková suma za vypuštěné znečišťující látky.

Graf 8: Poplatky za vypuštěné emise TZL a VOC, 2008-2012

Zdroj: Vlastní pracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

Graf 9: Poplatky za vypuštěné emise SO₂ a NO_x, 2008-2012

Zdroj: Vlastní pracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

Graf 10: Celkové poplatky za TZL, SO₂, NO_x a VOC, 2008-2012

Zdroj: Vlastní pracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

Co se týče predikce budoucích poplatků za vyprodukované emise, lze identifikovat dva hlavní rozdíly:

1. Současný model, který byl stejný i ve starém zákoně 86/2002 Sb., a zároveň má stejnou podobu i pro poplatková období 2013 - 2016, vypočítává poplatky tímto způsobem:

vyprodukované množ. zneč. látky [t/rok] x sazba za zneč. látku [Kč] = celkový poplatek za zneč. látku [Kč]

2. Budoucí model, který bude platit pro poplatková období od roku 2017 bude vypočítávat poplatky za vypuštěnou zneč. látku tímto způsobem:

vyprodukované množ. zneč. látky [t/rok] x sazba za zneč. látku [Kč] x koeficient úrovně znečištění [-] = celkový poplatek za zneč. látku [Kč]

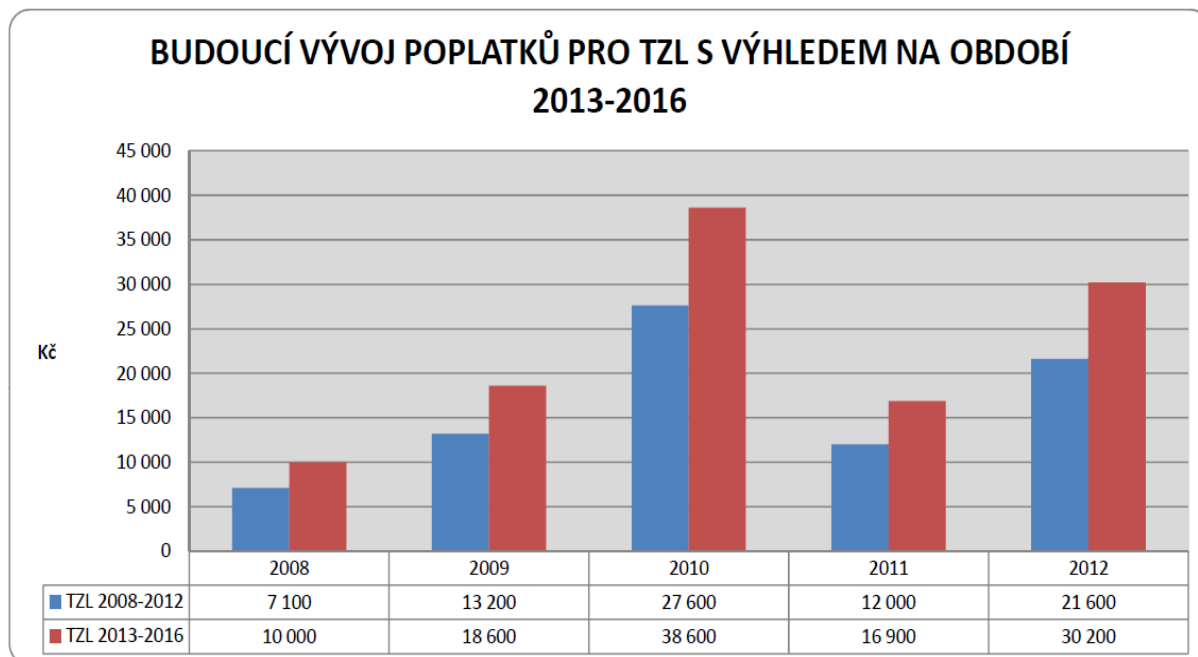
Koeficient úrovně znečištění, které jsou uvedeny v příloze č. 9 části 2, zákona o ovzduší, nelze v tuto chvíli určit jednoznačně, neboť finální snížení výše poplatků se pravděpodobně bude lišit v závislosti na výši specifických emisních limitů znečišťujících látek stanovených k plnění individuálně pro každý zdroj. Specifické emisní limity pro vybrané znečišťující látky jsou stanovené ve vyhlášce č. 415/2012 Sb., pro celou skupinu zdrojů - například zdroje spalovací o určitém příkonu, a/nebo mohou být stanoveny individuálně v povolení provozu

podle § 12, odst. 4, zákona č. 201/2012 Sb. Povolení provozu musí mít každý zdroj uvedený v příloze č. 2, zákona o ovzduší. Zde záleží na typu zdroje a rozhodnutí krajského úřadu, zda stanoví další specifické emisní limity nad rámec toho, co je pro zdroje stanovené ve vyhlášce. Poplatek se tedy pak vypočte použitím sazby poplatku za jednu z látek uvedených v příloze č. 9, části I. a odpovídajícího koeficientu vycházejícího ze skutečně dosahované výše specifického emisního limitu (v rámci poplatkového období), který má konkrétní zdroj stanovený ve vyhlášce nebo v povolení provozu (resp. přesněji viz § 15 odst. 5 věta druhá).²⁰

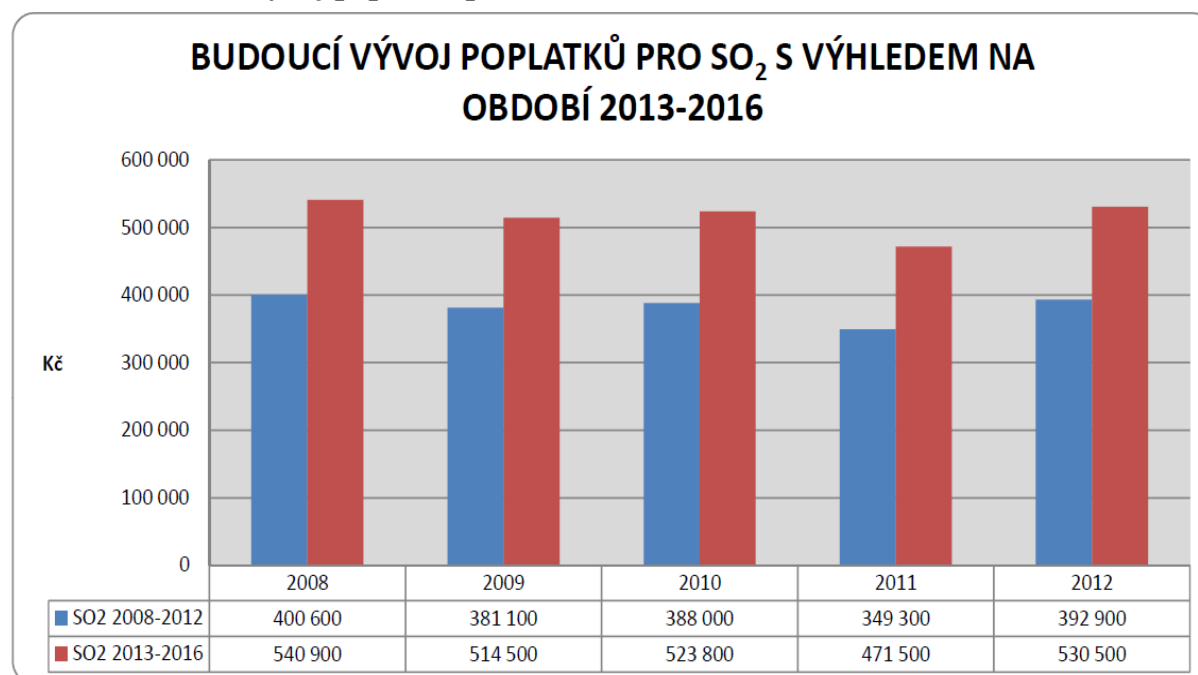
Koeficient úrovně znečištění by tak tedy mohl změnit svou úroveň, kdyby se OT, a. s. rozhodla pro modernizaci provozu, která by vedla ke snížení emisí, nebo by přešla během několika let na jiné palivo v důsledku ekonomických změn na trhu s palivy.

Dále bych chtěl zde v pěti grafech ukázat, v jaké výši by se mohly poplatky pohybovat v poplatkovém období 2013 - 2016. Při vyhodnocování jsem vycházel z toho, že mám k dispozici údaje o poplatcích za období 2008 - 2012. Tyto léta tvoří pro vyhodnocování dobrý základní soubor, neboť se vyskytly zimy z klimatického hlediska teplé, průměrné i klimaticky podprůměrné. Tudíž jsem vycházel statisticky z toho, že by se mohly během let 2013 - 2016 vyskytnout klimaticky podobné zimy, jako v letech 2008 - 2012. Výpočet probíhal tím způsobem, že jsem např. pro emise TZL vzal poplatek na rok 2013 - 2016 a vynásobil ho vyprodukovaným množstvím v *t/rok* pro jednotlivá léta 2008 - 2012. Vyhodnocovat budoucí poplatky za poplatkové období 2017 a dále by nebylo věrohodné, neboť bude do výpočtu poplatků vstupovat i koeficient úrovně znečištění, který nelze v tuto chvíli kvalifikovaně odhadnout. Grafy 11 a 12 vyhodnocují zneč. látky TZL a VOC. Grafy 13 a 14 vyhodnocují zneč. látky SO₂ a NO_x. Graf 15 sumarizuje a srovnává celkové poplatky za období 2008 - 2012 s výhledem na období 2013 - 2016.

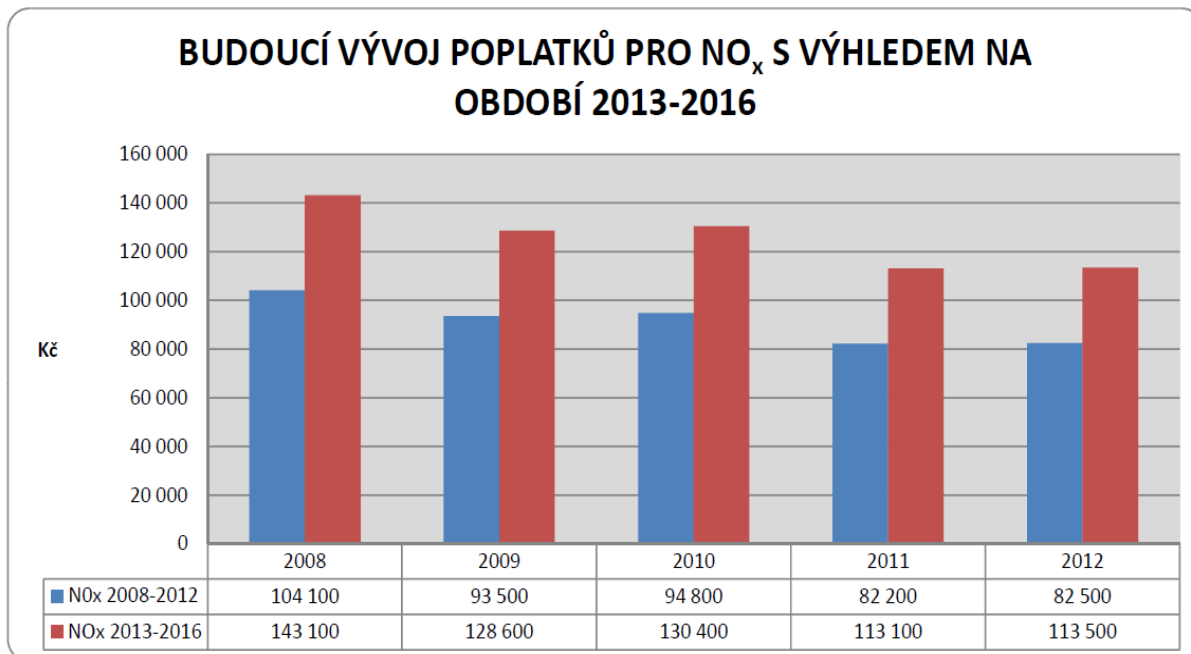
²⁰ Konzultace problematiky s Mgr. V. Tomášková, právnická odbor ochrany ovzduší, MŽP, veronika.tomaskova@mzp.cz

Graf 11: Budoucí vývoj poplatků pro TZL, 2013-2016

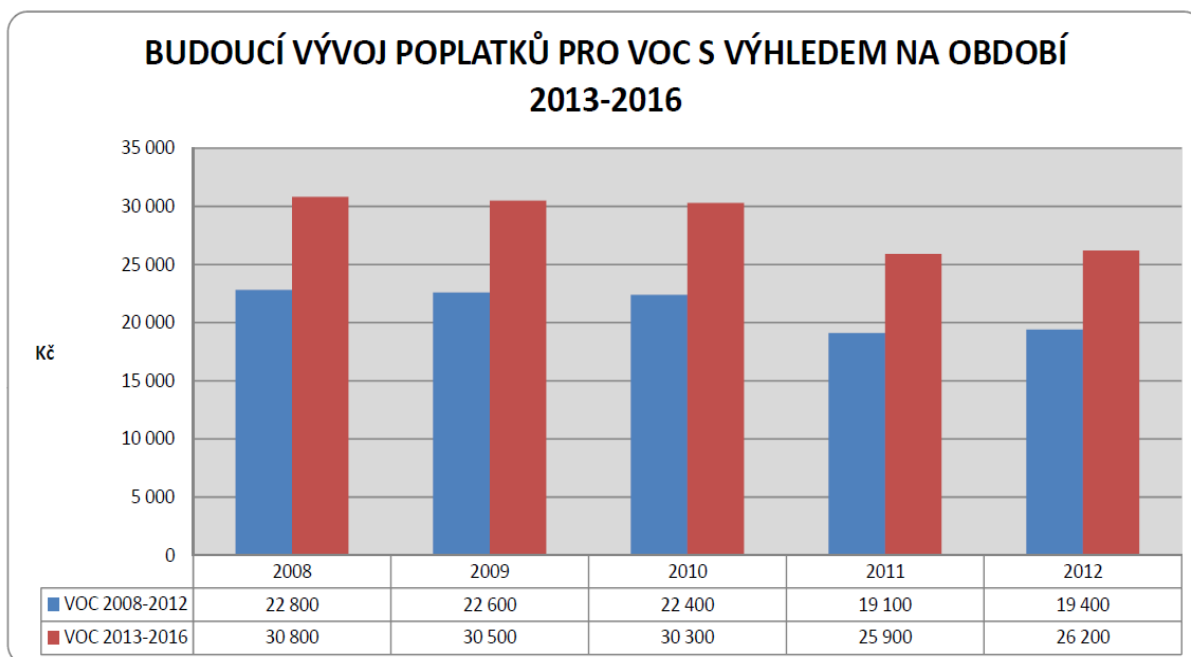
Zdroj: Vlastní pracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

Graf 12: Budoucí vývoj poplatků pro SO₂, 2013-2016

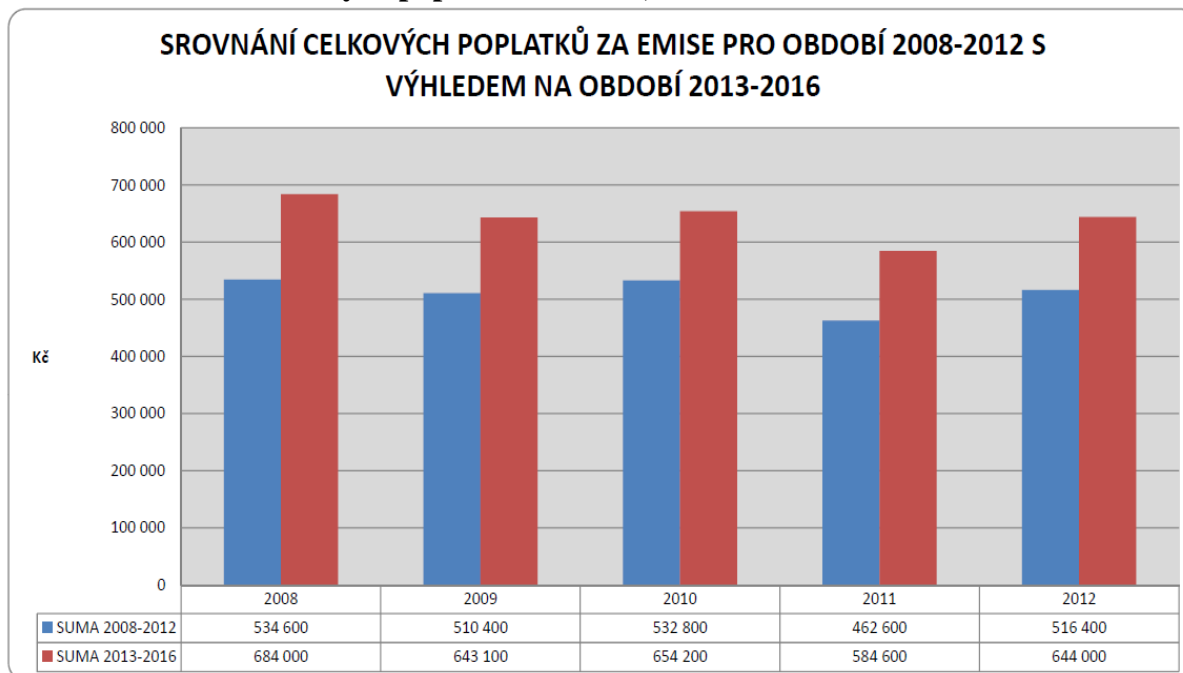
Zdroj: Vlastní pracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

Graf 13: Budoucí vývoj poplatků pro NO_x, 2013-2016

Zdroj: Vlastní pracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

Graf 14: Budoucí vývoj poplatků pro VOC, 2013-2016

Zdroj: Vlastní pracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

Graf 15: Srovnání celkových poplatků za emise, 2013-2016

Zdroj: Vlastní zpracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

Tato kapitola byla strukturována do dvou částí. První část se věnovala legislativě, která jak se zdá bude v budoucnu více tlačit na provozovatele stacionárních zdrojů k tomu, aby nadále proaktivně investovali do modernizace svých zařízení za účelem ke snížení vypouštěných emisí znečišťujících látek do ovzduší, a to hlavně daným sazebníkem poplatků, které se budou od roku 2017 do roku 2022 cyklicky navyšovat. Výjimkou je rok 2013 až 2016, ve kterém je zvýšený poplatek zafixován na 4 poplatková období a podle mého názoru je to proto, aby si provozovatelé uvědomili závažnost budoucích vysokých poplatků a stihli včas přizpůsobit své provozy tak, aby byly po zvýšení těchto poplatků ekonomicky života schopny. Druhá část se věnovala vyhodnocení vyprodukovaných emisí s následným výhledem do budoucna. Více vážnou věcí je vysoká produkce SO₂, která v roce 2008 přesáhla hranici 400 tun. Kdyby se roční produkce pro rok 2013 pohybovala též na úrovni 400 tun, tak by při současné sazbě 1 350 Kč/t OT, a. s. musela zaplatit jen za vypuštěné emise SO₂ 540 000 Kč. Řešením by bylo postavit zařízení na odsiřování spalin, resp. mokrou vápencovou vypírku, která dosahuje účinnosti odsiřování až 95 %. V tom případě by poplatky za vypuštěný SO₂, při produkci 400 t/rok a sazbě 1 350 Kč/t poklesly z 540 000 Kč na 27 000 Kč. Ušetření peněz na poplatcích je jistě pozitivní, nicméně na druhou stranu by provozovatel musel počítat s nákupem materiálu pro provoz odsiřovacího zařízení, náklady na jeho údržbu a zdroje financování výstavby a spousty jiných věcí, kterými se budu dále zabývat v následujících dvou kapitolách.

3 Návrh odsiřovacího zařízení do provozu Ostrovské teplárenské, a. s.

V první části této kapitoly se budu věnovat návrhu samotného zařízení na odsíření spalin. Uvedu zde tři hlavní metody způsobu odsiřování spalin a srovnám jejich výhody a nevýhody. Po popisu těchto tří metod jsem si jako nejvhodnější zvolil mokrou vápencovou vypírku, u které jsem v bodu 3.2 vypočítal a určil množství vstupních a výstupních surovin pro funkčnost zařízení.

3.1 Metody na odsiřování spalin

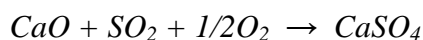
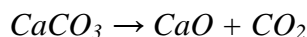
V technické praxi se nejčastěji setkáváme se suchými, polosuchými a mokkými procesy. Z těchto názvů jsou odvozeny tři nejpoužívanější metody, a to tedy:

- suchá aditivní vápencová metoda
- polosuchá vápenná metoda odsíření
- mokrá vápencová vypírka.

3.1.1 Suchá aditivní vápencová metoda

Tato neregenerativní metoda je založena na heterogenní povrchové reakci mezi tuhým činidlem - mletým vápencem a horkými spalinami obsahující SO₂.

Chemická reakce probíhá tímto způsobem:



1. a 2. reakce probíhá při vysokých teplotách (600 až 1 000 °C). Podle 1. reakce se nejprve musí vápenec rozložit na vápno CaO a CO₂. CaO pak reaguje s SO₂ a kyslíkem ve spalinách na síran vápenatý CaSO₄ tedy sádru.²¹

Suchá metoda spočívá na tom principu, že se suchý sorbent dávkuje do uhlí nebo do spalin v libovolné fázi spalovacího procesu, jako například:

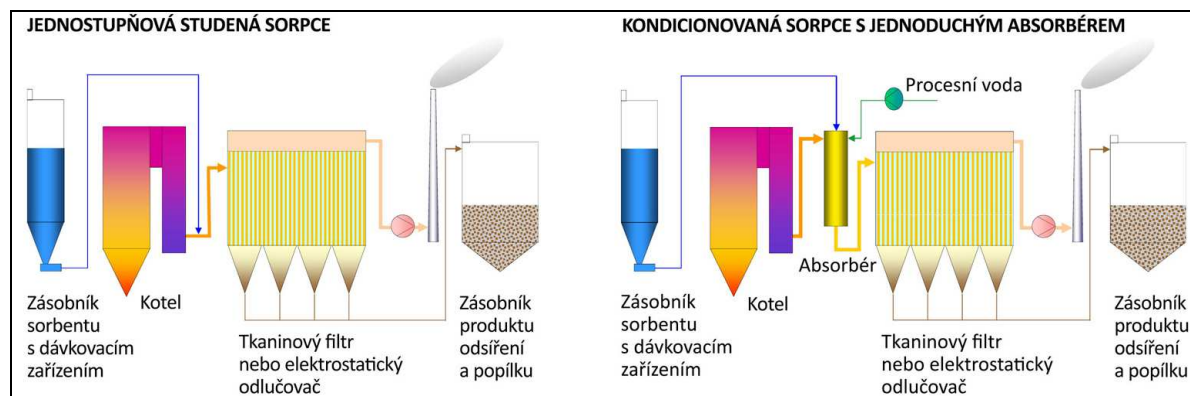
- spalování uhlí s příměsí vápenatých sorbentů (vápenec, vápenný hydrát)
- dávkování sorbentu do různých úrovní kotle (tzv. horká sorpce)
- dávkování suchého sorbentu do spalin za kotel (tzv. studená sorpce)
- dávkování suchého sorbentu a vody do spalin za kotel (kondicionovaná suchá sorpce)²²

²¹ HOFFMAN, Pavel a Václav NOVÁK. *Zpracování exhalací a odpadů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, s. 90.

²² Suché metody odsiřování. *TENZA* [online]. [cit. 2014-01-13]. Dostupné z: <http://www.tenza.cz/cz/aktivity/energetika/technologie/zarizeni-pro-cistení-spalin/suche-metody-odsirovani/>

Na následujícím obrázku 10 jsou prezentovány dvě možnosti zapojení suché odsiřovací metody.

Obr. 10: Možnosti zapojení suché odsiřovací metody



Zdroj: Suché metody odsiřování. TENZA [online]. [cit. 2014-01-13]. Dostupné z:

<http://www.tenza.cz/images/tenza.cz/aktivity/technologie/odsireni/schema-suche-odsireni.jpeg>

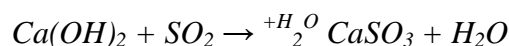
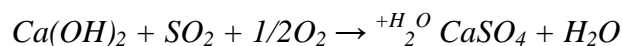
Výhody a nevýhody suché aditivní vápencové metody:

- + u fluidního kotle lze dosáhnout až 90 % účinnosti odsíření
- + nízké investiční náklady
- + jednoduché zařízení
- nízký stupeň odsíření (cca 40 %)
- nízký stupeň využití sorbentu
- produktem je směs popílku a sádry → nutno deponovat²³

3.1.2 Polosuchá vápenná metoda odsíření

Princip této technologie spočívá v tom, že absorpční činidlo ve formě koncentrované vodní suspenze se rozprašuje do spalin. Při tom probíhá reakce mezi komponenty spalin a alkalickým sorbentem. Jako sorbent se používá vyhašené aktivní vápno vysoké kvality s min. obsahem CaO 90 %. Lepší sorpční vlastnost má vápno čerstvě vyhašené.

Chemická reakce probíhá tímto způsobem:

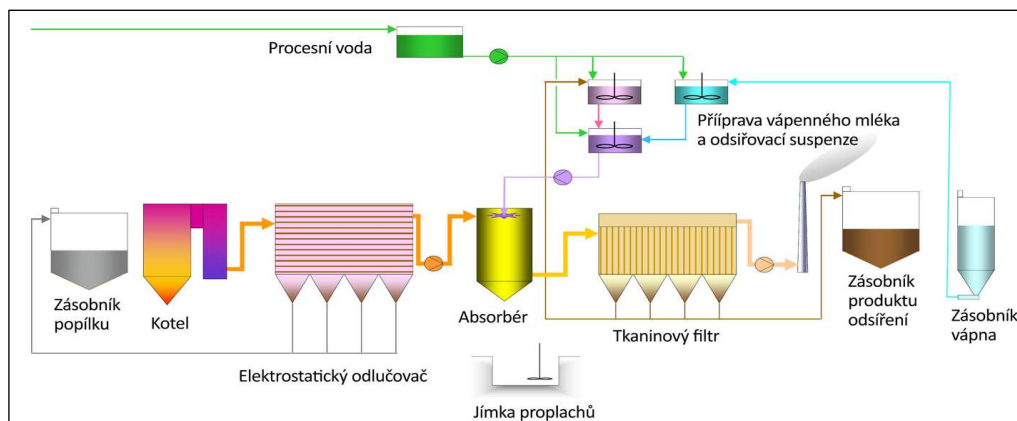


Produktem tohoto procesu je směs CaSO₃, CaSO₄, CaCO₃, nezreagované vápno a popílek (cca 2 %).

²³ HOFFMAN, Pavel a Václav NOVÁK. *Zpracování exhalací a odpadů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, s 91

Na následujícím obrázku 11 je znázorněno polosuché odsiřovací zařízení.

Obr. 11: Schéma polosuchého odsiřovacího zařízení



Zdroj: Suché metody odsiřování. TENZA [online]. [cit. 2014-01-13]. Dostupné z:

<http://www.tenza.cz/images/tenza.cz/aktivity/technologie/odsireni/schema-suche-odsireni.jpeg>

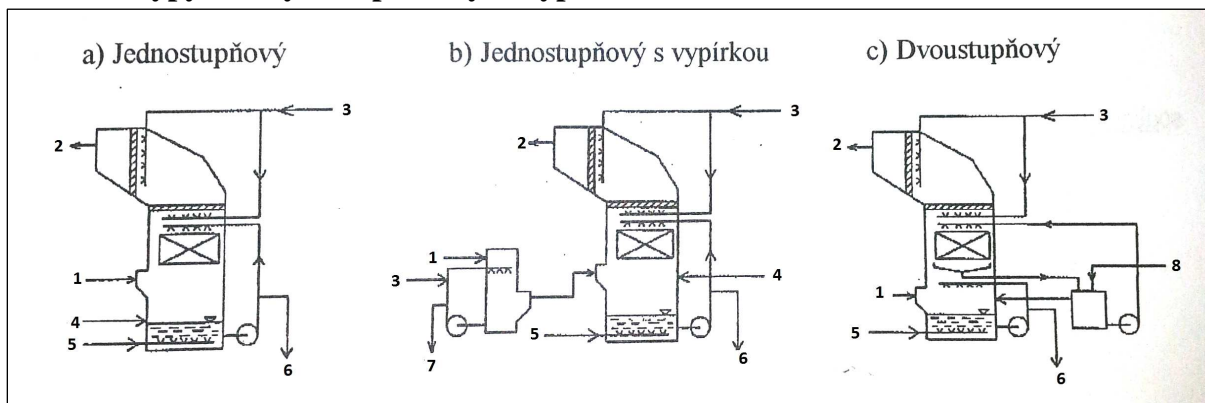
Výhody a nevýhody polosuché vápenné odsiřovací metody:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> + jednoduchá technologie, investičně méně náročná + neobsahuje oproti mokrým metodám chlazení a ohřev spalin + spaliny neobsahují SO₃ + při aplikaci na stávající jednotky se dají využít stávající elektrofiltry | <ul style="list-style-type: none"> - vyšší provozní náklady - vápno je výrazně dražší než vápenec - velká spotřeba pomocné látky - obtížná využitelnost produktu²⁴ |
|---|--|

3.1.3 Mokrý vápencová odsiřovací metoda

Tato odsiřovací metoda je v současnosti nejpoužívanější, a proto se dále budu věnovat jejímu podrobnému popisu. Díky dlouholetému vývoji a důsledkem tvrdé konkurence řady firem podílejících se na výzkumu a vývoji je tento proces na vysoké technické úrovni a dosahuje vysoké spolehlivosti. Existuje mnoho mokrých neregenerativních procesů a za nejvíce vhodný považují proces **vápno - sádra**, kde je možné sádru dále využít. Podle způsobu vypírky lze mokré způsoby odsíření vápenec - sádra rozdělit na tři základní typy dle obrázku 12.

²⁴ HOFFMAN, Pavel a Václav NOVÁK. *Zpracování exhalací a odpadů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, s 90

Obr. 12: Typy mokrých vápencových vypírek

Zdroj: HOFFMAN, Pavel a Václav NOVÁK. Zpracování exhalací a odpadů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, s. 95.

1 - spaliny 2 - vyčištěné spaliny 3 - voda 4 - suspenze vápno
5 - vzduch 6 - suspenze sádry 7 - odpadní vody 8 - vápenec

Jednostupňový proces se volí v případech, kdy jsou nižší nároky na kvalitu sádry. Při tomto procesu jsou spolu s SO_2 zachyceny v absorběru popílek a ostatní nečistoty a je obtížné získat sádro vyšší kvality.

U jednostupňového procesu s vypírkou je před absorběr předřazen sprchový chladič, který současně odstraňuje prachové podíly a také HCl (kyselina chlorovodíková) a HF (kyselina fluorovodíková).

U dvoustupňového procesu je za absorběr zařazen druhý stupeň, který zvyšuje využití vápence.²⁵

Tab. 14: Vzájemné porovnání hlavních parametrů mokrých vápencových vypírek

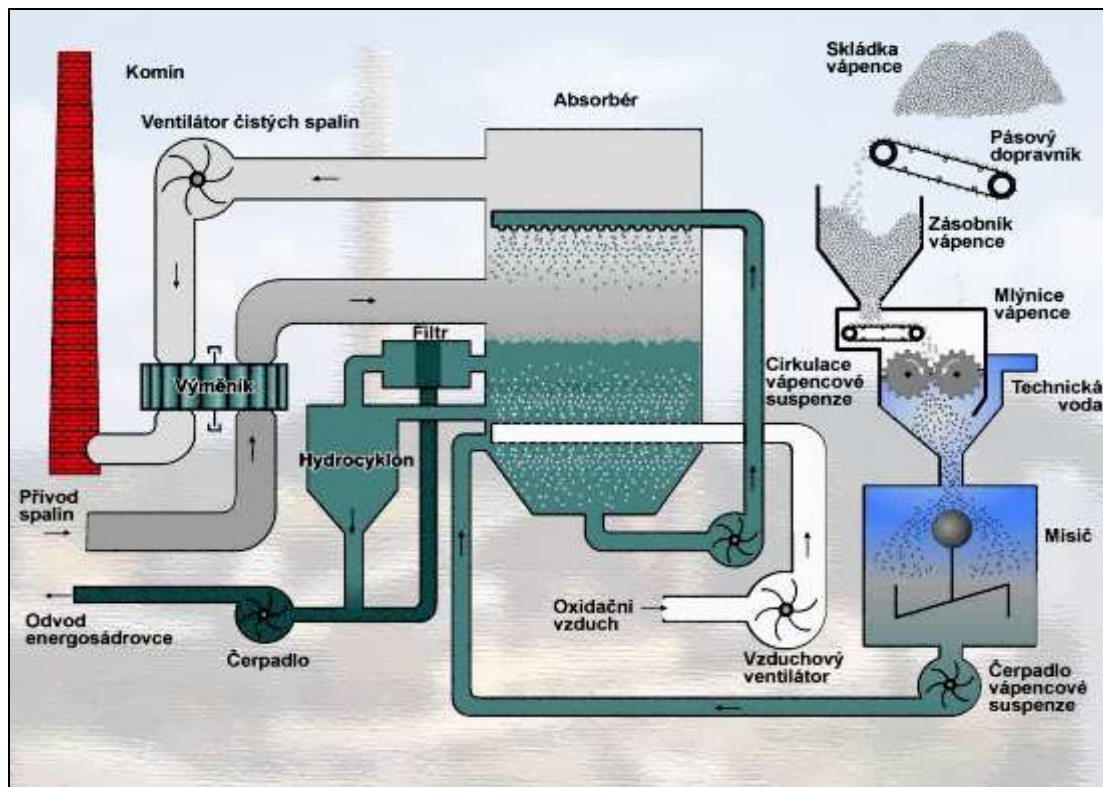
Proces	Účinnost zachycení SO_2	Stechyometrický poměr Ca/S	Nárok na kvalitu vápence		Produkt (sádra)
			na aktivitu	na zrnění	
jednostupňový	95%	1,05 až 1,1	velké	90 % menší než 60 μm	vyšší zbytková vlhkost
jednostupňový s vypírkou	95%	1,05 až 1,1	velké	90 % menší než 60 μm	lehce odvodnitelné krystaly
dvoustupňový	nad 95 %	1,03 až 1,05	malé	90 % menší než 60 μm	lehce odvodnitelné krystaly

Zdroj: Zdroj: HOFFMAN, Pavel a Václav NOVÁK. Zpracování exhalací a odpadů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, s. 95.

²⁵ HOFFMAN, Pavel a Václav NOVÁK. Zpracování exhalací a odpadů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, s. 95.

Jak tato neúčinnější odsiřovací metoda napovídá, tak od prvního počátku půjde o technicky složitý proces, který klade nároky jak na technickou vybavenost díla, tak na znalosti operátora, který bude tento proces řídit. Představu o tomto procesu si lze demonstrativně ukázat na následujícím obrázku 13.

Obr. 13: Procesní schéma mokré odsiřovací metody



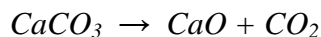
Zdroj: Mokrý vápencová vypírka spalin. ČEZ [online] 2007. [cit. 2014-01-26]. Dostupné z: http://www.cez.cz/ede/content/file/static/encyklopedie/images/02/25_schema_vypirka.jpg.

Vápenec se přes pásové dopravníky shromažďuje v zásobníku, kde je poté přes mlýny namlet na požadovanou zrnitost. Dále vstupuje do procesu technická voda, která se ve vhodném poměru mísí s namletým vápencem a postupuje dále přes potrubí do absorberu (Obr. 14). V této chvíli jsou zároveň vháněny do absorberu vyčištěné spaliny od TZL, ale stále s velkým podílem plynného SO_2 . Tyto spaliny se v absorberu sprchují přes sprchové roviny vodní vápencovou suspenzí $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ a vzniká tak roztok $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ (hydrogensířičitan vápenatý). Sprchová rovina je horizontální potrubní síť opatřená velkým množstvím speciálních trysek, kterými se po celé ploše absorberu rozstříkuje absorpční činidlo. Spaliny přicházející do absorberu spodní částí proudí do horní části a tím procházejí přes rozstříkující se kapičky absorpčního činidla a absorbují SO_2 ve spalinách. Ve spodní části absorberu (jímce) se zachycuje suspenze sířičitanu vápenatého, vzniklý reakcí SO_2 a vápencovou

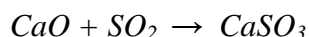
suspenzí. Do vzniklé suspenze v jímce je vháněn oxidační vzduch, který má za následek to, že dochází k oxidaci siřičitanu na síran vápenatý a následně ke krystalizaci na sádrovec. Čisté spaliny jsou odváděny přes ventilátor a výměník, který ohřeje spaliny vstupující do komína.²⁶

Celý proces lze také popsat rovnicemi chemických reakcí probíhající tímto způsobem:

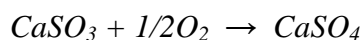
1. reakce - rozklad vápence (uhličitanu vápenatého)



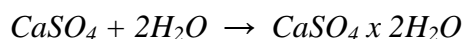
2. reakce - vznik siřičitanu vápenatého



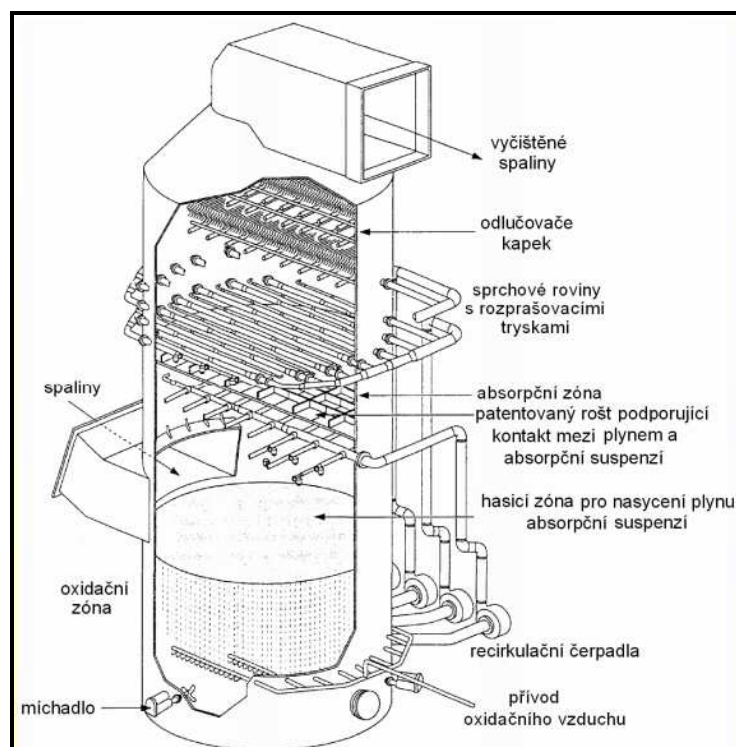
3. reakce - oxidace siřičitanu na nerozpustný síran vápenatý



4. reakce - vznik sádry (energosađrovec) dihydrát síranu vápenatého



Obr. 14: Absorbér



Zdroj: Ochrana ovzduší: Odsiřování. ČVUT v Praze: Fakulta strojní, s 39. Dostupné z: <http://users.fs.cvut.cz/~vybirpav/Ochrana%20ovzduši/Odsirovani.pdf>.

²⁶ Mokrý vápencová vypírka spalin. ČEZ [online]. 2007 [cit. 2014-01-26]. Dostupné z: http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/02/vypirka_5.html.

3.2 Výpočtová část pro určení teoretického množství vstupních a výstupních surovin při mokré vápencové metodě

Další důležitou součástí navrhovaného zařízení je i určení množství vstupních a výstupních surovin pro správnou funkčnost navrženého zařízení. Výpočet se tedy bude vztahovat na mokrou vápencovou metodu, protože je díky své vysoké účinnosti odsíření (cca 95 %) nejvíce perspektivní. U vstupních surovin se jedná o roční spotřebu vápence (CaCO_3) a roční spotřebu technické vody pro namíchání 25% vápencové suspenze. U výstupní suroviny to bude vyprodukované roční množství energosádrovce ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$). Při výpočtu teoretického množství vstupních a výstupních surovin jsem vycházel z toho, že OT, a. s. mi poskytla roční vyprodukované emise SO_2 v t/r pro období 2008 - 2012 (Tab. 15). Výpočty jsou tedy vztaženy k tomuto období a poskytují informace o tom, kolik by bylo zapotřebí vstupních a výstupních surovin pro odsíření spalin mokrým vápencovou metodou.

Tab. 15: Roční vyprodukované emise SO_2 za období 2008 - 2012

	2008	2009	2010	2011	2012
M_{SO_2} [t/r]	400,63	381,09	387,96	349,25	392,92

Zdroj: vlastní zpracování dle poskytnutých dat od OT, a. s.

Výpočtová část

Určit	[t/r]
spotřebu vápence	M_{CaCO_3}
množství vzniklého energosádrovce	$M_{\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}}$
spotřebu technické vody	$M_{\text{H}_2\text{O}}$

Pro výpočet je nezbytné znát atomové hmotnosti prvků vyskytujících se v reakcích.

$$C = 12 \text{ kg/kmol} \quad Ca = 40 \text{ kg/kmol} \quad O = 16 \text{ kg/kmol} \quad S = 32 \text{ kg/kmol} \quad H = 1 \text{ kg/kmol}$$

Určení molekulových hmotností reagujících látek.

$$M_{\text{kmolCaCO}_3} = 40 + 12 + 3 \cdot 16 = \underline{\underline{100 \text{ kg / kmol}}}$$

$$M_{\text{kmolSO}_2} = 32 + 2 \cdot 16 = \underline{\underline{64 \text{ kg / kmol}}}$$

$$M_{\text{kmolCaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 40 + 32 + 4 \cdot 16 + 2(2 \cdot 1 + 16) = \underline{\underline{172 \text{ kg / kmol}}}$$

Pro ukázkou výpočtu zde vypočítám pro rok 2012 množství vstupních a výstupních surovin pro účinnost odsíření $\eta_{\text{od}} = 95 \%$. Předěšlé roky byly počítány dle stejného postupu a výsledky

jsou prezentovány v následujících grafech 16, 17 a 18.

Teoretické množství spotřeby vápence za období 2012 při vyprodukovaném množství $M_{SO_2} = 392,92 \text{ t/r}$.

$$M_{CaCO_3} = M_{SO_2} \cdot \eta_{od} \cdot \frac{M_{molCaCO_3}}{M_{molSO_2}} = 392,92 \cdot 0,95 \cdot \frac{100}{64} = \underline{\underline{583,24 \text{ t/r}}}$$

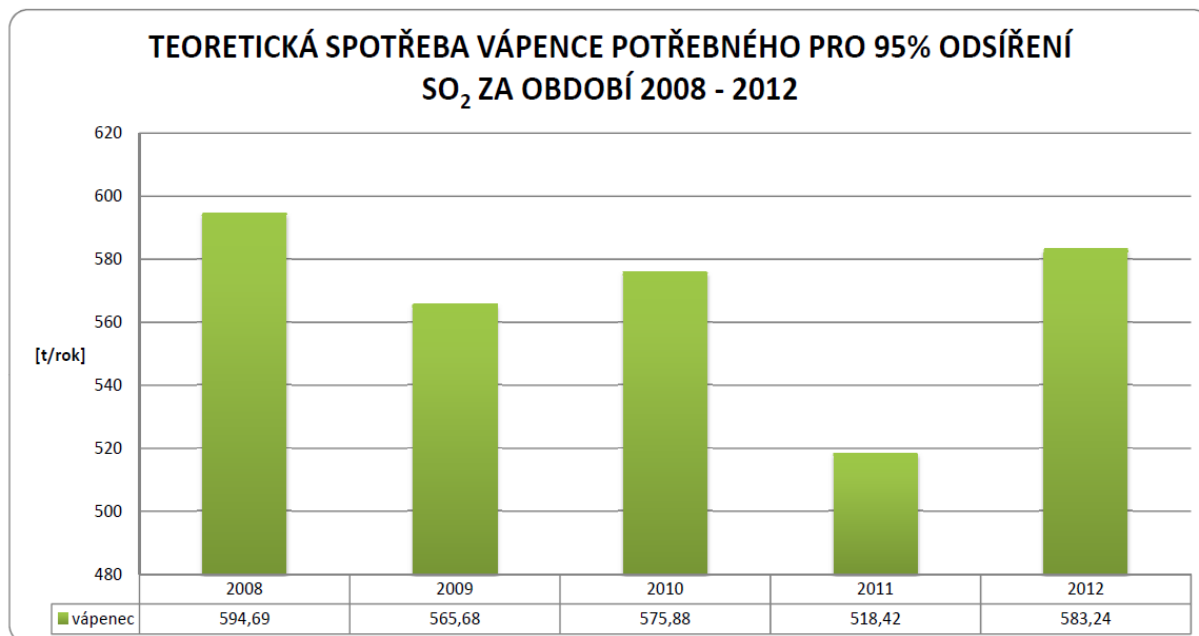
Teoretické množství vyprodukovaného energosádrovce za období 2012 při vyprodukovaném množství $M_{SO_2} = 392,92 \text{ t/r}$.

$$M_{CaSO_4 \cdot 2H_2O} = M_{SO_2} \cdot \eta_{od} \cdot \frac{M_{CaSO_4 \cdot 2H_2O}}{M_{molSO_2}} = 392,92 \cdot 0,95 \cdot \frac{172}{64} = \underline{\underline{1003,17 \text{ t/r}}}$$

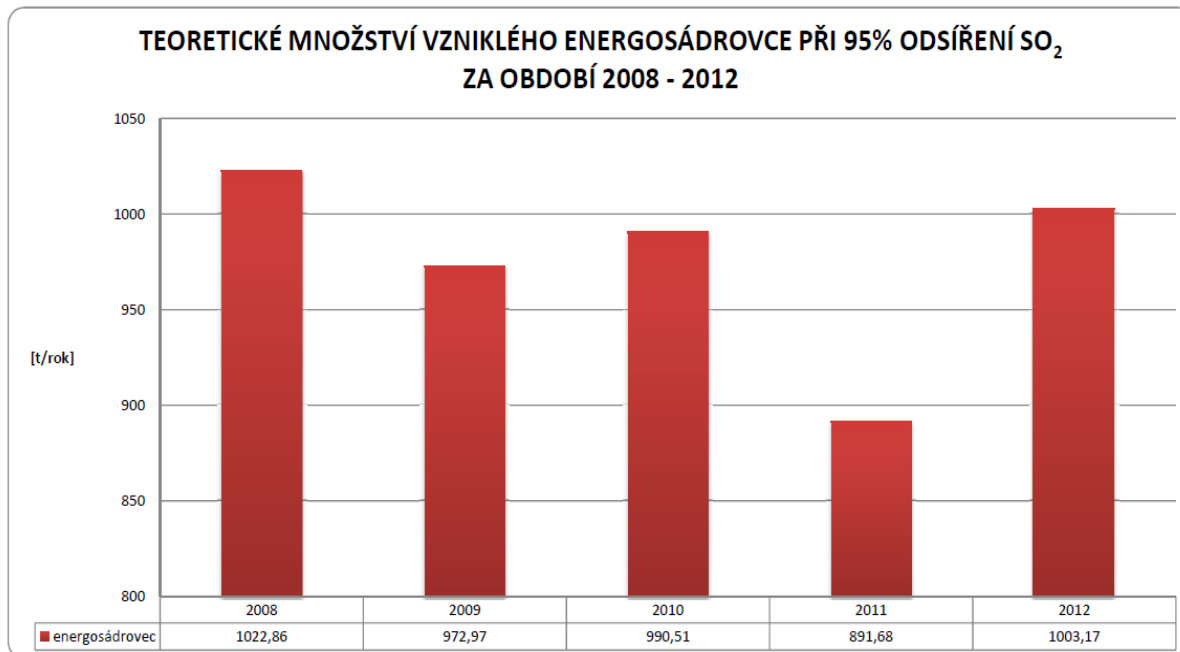
Teoretická spotřeba technické vody při naředění vápence vodou na 25% koncentraci vápencové suspenze za období 2012.

$$M_{H_2O} = \frac{100}{25} \cdot M_{CaCO_3} = \frac{100}{25} \cdot 583,24 = \underline{\underline{2332,96 \text{ t/r}}}$$

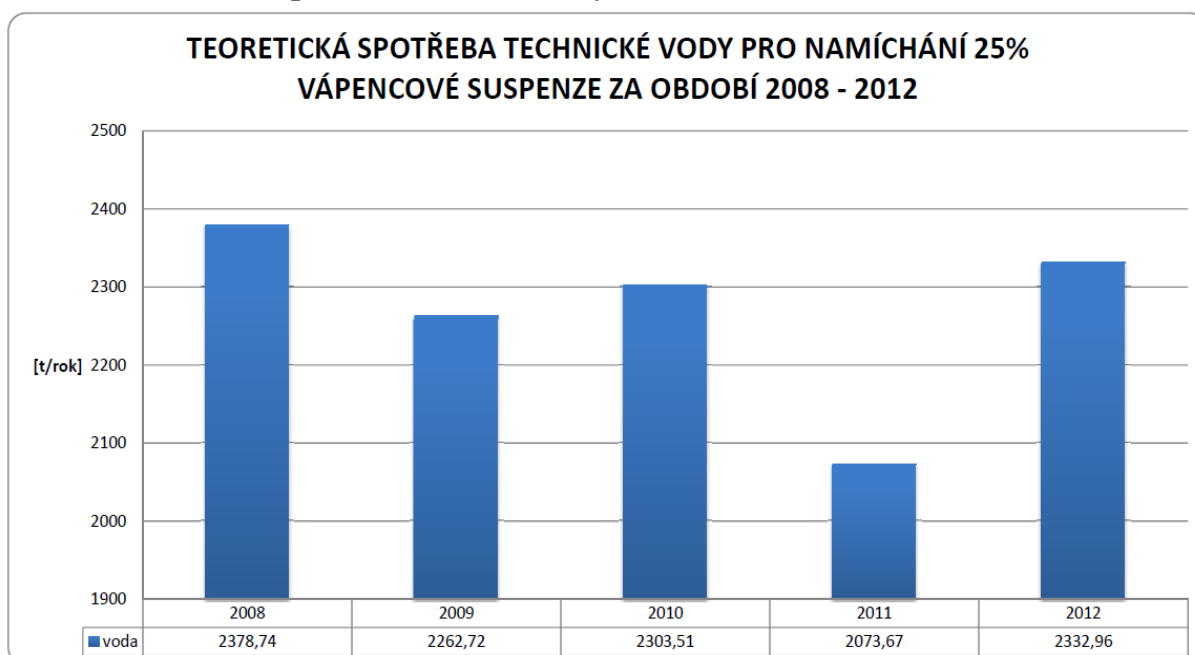
Graf 16: Teoretická spotřeba vápence za období 2008 - 2012



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf 17: Teoretické množství vyprodukovaného energosádrovce za období 2008 - 2012

Zdroj: Vlastní zpracování

Graf 18: Teoretická spotřeba technické vody za období 2008 - 2012

Zdroj: Vlastní zpracování

Závěrem této kapitoly bych rád shrnul několik skutečností. Jednou z nich je ta, že díky své účinnosti odsíření je mokrá vápencová odsiřovací metoda vhodnou technologií pro eliminaci SO₂. Spaliny vstupující do odsiřovacího zařízení musí být vyčištěné od TZL a je tudíž

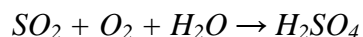
nezbytné, aby odsiřovací zařízení bylo zařazeno mezi elektroodlučovače a komín. Je to z toho důvodu, že spaliny odcházející z absorberu jsou blízko rosnému bodu, obsahují částičky vody s vápencem, který by mohl způsobit zanesení a poškození elektroodlučovače. Navíc by TZL znehodnotily energosádrovec a elektroodlučovače by po funkční stránce ztratily smysl. Odsiřovací zařízení samo o sobě vyžaduje nemalé množství vápence pro svůj provoz a současná legislativa, která mění dosavadní poplatky za vypuštěné emise, v podstatě jinou možnost nedává, než dodatečným zařízením tyto emise snížit a v budoucnu platit menší poplatky za vypuštěné SO₂.

4 Vyhodnocení navrženého zařízení po stránce ekologické, cenově nákladové a energetické

V této kapitole se budu věnovat popisu navržené mokré vápencové vypírky, kde uvedu po stránce ekologické několik výhod, proč instalovat zařízení do provozu OT, a. s. Dále provedu bilanční vyhodnocení vstupních produktů po ekonomické stránce a přidám několik informací o dotačním programu na zařízení pro zlepšení kvality ovzduší, které jsou podporovány ze strukturálních fondů EU. V posledním bodě se zmíním o možnostech využití vzniklé odpadní suroviny energosádrovce pro další využití.

4.1 Ekologická výhodnost mokré vápencové vypírky

Jak jsem již ve své práci uvedl, spalování hnědého uhlí a fosilních paliv obecně je spojeno s produkcí oxidu siřičitého SO_2 . Pokud není přítomno žádné zařízení na eliminaci SO_2 mezi spalovacím zařízením (kotlem) a komínem, který by vypouštěné škodliviny zachycovalo, nastává nejen pro životní prostředí, ale i pro lidské zdraví, ne jeden problém. Pro životní prostředí nepředstavuje ohrožení zeminy a podzemních vod, ale v další fázi představuje komplexní ohrožení životního prostředí, kdy plynný oxid siřičitý (SO_2) reaguje na kyselinu sírovou H_2SO_4 dle chemické reakce:



Kyselina sírová mění pH a zvyšuje kyselost půdy, přičemž dochází k poškození chlorofilu u rostlin nebo stromů a následnému uschnutí (Obr. 15).²⁷

Obr. 15: Poškození lesů kyselými dešti



Zdroj: Nejkrásnější sbírka Jizerky. Woodcraft [online]. [cit. 2014-02-09]. Dostupné z:

http://www.woodcraft.cz/UserFiles/Images/2012/NejkrasnejsiSbirka_Jizerky/12_IMG_24208.jpg

²⁷ PLANETA. *Kyselý déšť stále s námi – zdroje, mechanismy, účinky, minulost a budoucnost*. 2005, XII, č. 8, s 4-5.

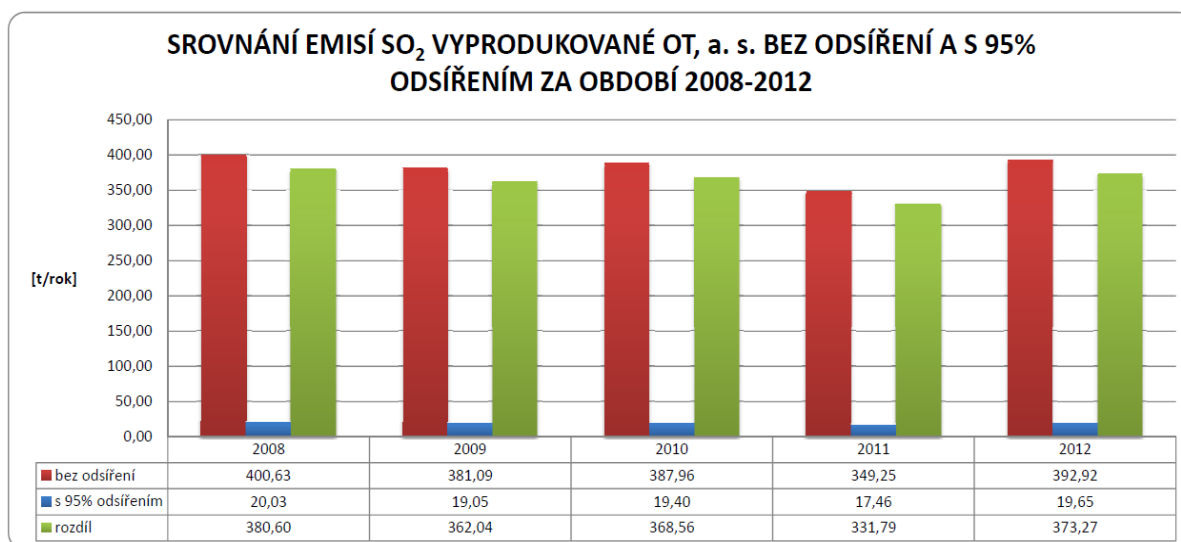
Co se týče lidského zdraví, má SO₂ tyto negativní účinky:

- způsobuje dýchací potíže
- dráždí sliznici
- způsobuje alergie.²⁸

Mokrý vápencová vypírka dosahuje účinnosti zachycení SO₂ nad 95 % a díky této vysoké účinnosti lze efektivně výše zmíněné nežádoucí účinky na životní prostředí a lidský organismus eliminovat.

Pro bližší představu jsem vytvořil graf, který ukazuje, jaká byla produkce SO₂ v t/rok OT, a. s. bez odsiřovacího zařízení a jaká by byla produkce s odsiřovacím zařízením resp. mokrou vápencovou vypírkou s účinností odsíření 95 %.

Graf 19: Vyprodukované emise SO₂ bez odsíření a s odsiřovacím zařízením resp. mokrou vápencovou vypírkou za období 2008 - 2012



Zdroj: Vlastní zpracování

Z výše uvedeného grafu je patrné, že výstavba mokré vápencové vypírky by výrazným způsobem omezila vypouštění SO₂ do ovzduší. OT, a. s. nemá kontinuální měření vznikajících emisí SO₂ při spalovacím procesu. OT, a. s. tedy zbývá jediná možnost, a to jsou jednorázová měření emisí, které provádí autorizovaná osoba dvakrát do roka pro každý kotel zvlášť. Pro ukázkou jsem v tabulce 16 uvedl naměřené koncentrace SO₂ v mg/m³ bez odsiřovacího zařízení a teoretickou koncentraci SO₂ s mokrou vápencovou vypírkou s 95% účinností odsíření za rok 2012 pro každý kotel zvlášť v provozu OT, a. s.

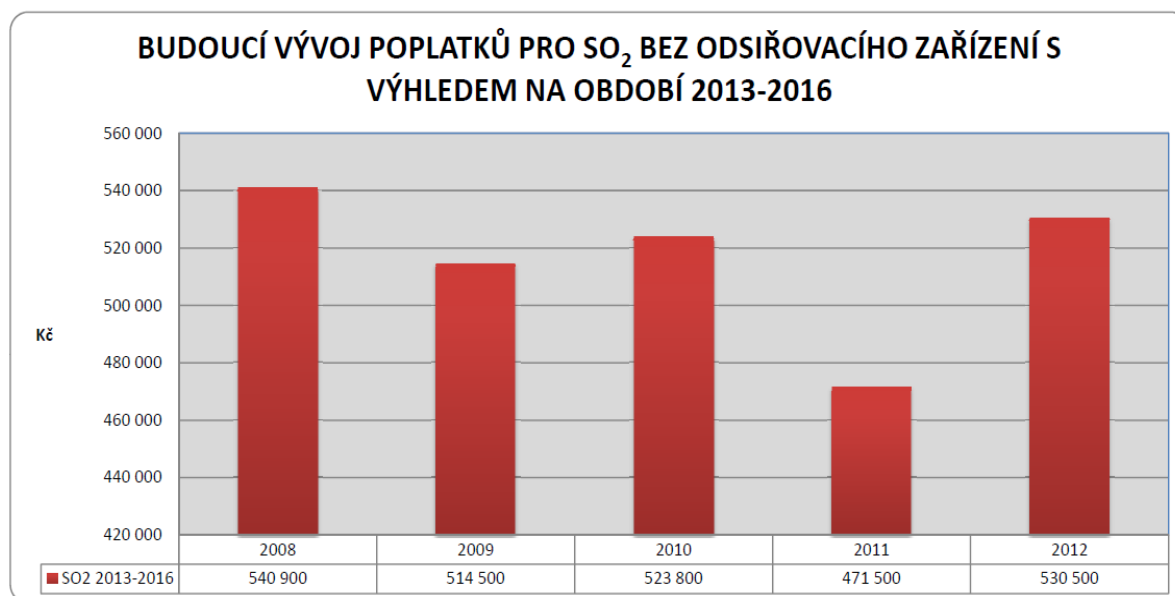
²⁸ KUČEROVÁ, Eva. *Přednášky Interakce a technologie prvků a systémů: Zdroje a složky znečištění prostředí*. 2013.s 15.

Tab. 16: Naměřené koncentrace SO₂ na kotlích OT, a. s. ve srovnání s teoretickou koncentrací s mokrou vápencovou vypírkou za rok 2012

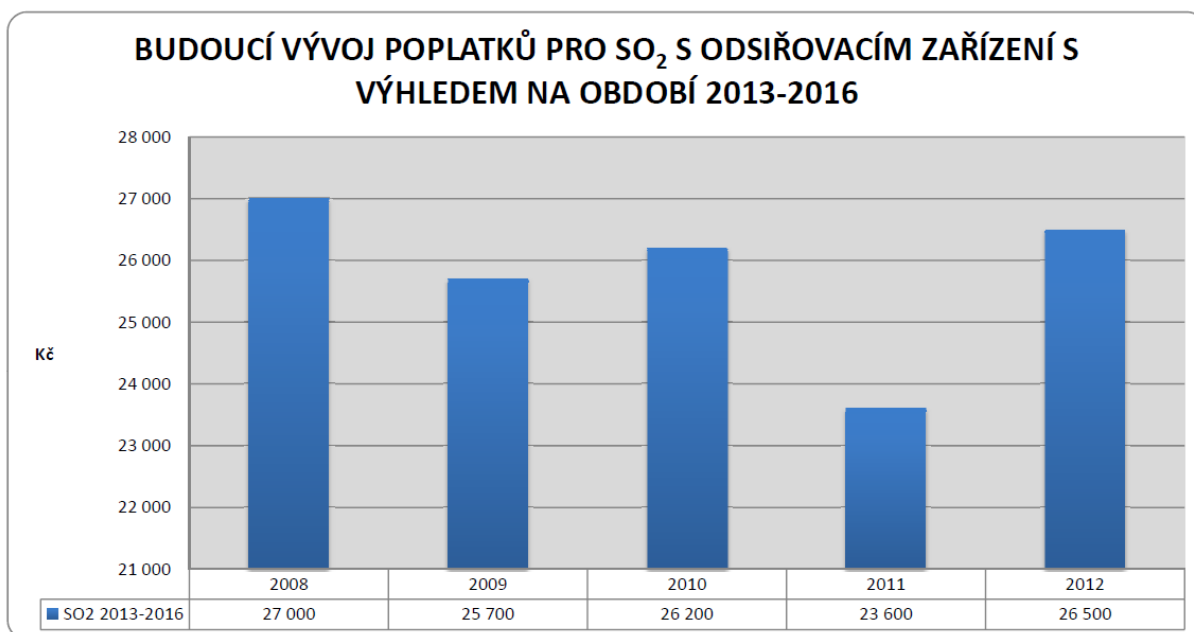
Číslo kotle	K1		K2		K3	
	13.2.2012	23.8.2012	17.4.2012	8.11.2012	9.2.2012	22.11.2012
Datum měření						
Naměřená koncentrace [mg/m ³]	1 785	2 040	1 591	2 064	2 249	2 177
Teoret. koncent. při 95% odsíř. [mg/m ³]	89	102	80	103	112	109

Zdroj: Vlastní zpracování

Díky tomuto odsiřovacímu zařízení by OT, a. s. ušetřila nemalé množství peněz na poplatcích, které musí každoročně odvádět za vypuštěný SO₂. Pro názornou ukázkou jsem vytvořil graf č. 20 a 21, ve kterém jsou vypočtené možné roční poplatky pro budoucí poplatkové období 2013 - 2016 za vypuštěný SO₂ (tedy 1 350 Kč/t) který OT, a. s. vyprodukovala v období 2008 - 2012 bez odsiřovacího zařízení a odsiřovacím zařízením s uvažovanou 95% účinností odsíření.

Graf 20: Poplatky za vypuštěný SO₂ bez odsiřovacího zařízení za období 2008 - 2012

Zdroj: Vlastní zpracování

Graf 21: Poplatky za vypuštění SO₂ s odsiřovacím zařízením za období 2008 - 2012

Zdroj: Vlastní zpracování

Jak lze z obou grafů vyhodnotit, tak výstavba mokré vápencové vypírky by teoreticky snížila množství emisí SO₂ vypuštěné za rok na takovou úroveň, že by se OT, a. s. a do budoucna snížili roční poplatky o velkou procentuelní část, než je tomu v současné době.

4.2 Bilanční vyhodnocení vstupních produktů pro mokrou vápencovou vypírku a Operační program životního prostředí 2014 - 2020

Další důležitou částí mé diplomové práce je bilanční vyhodnocení vstupních produktů. Při bližší specifikaci se jedná o finanční náklady na nákup vápence od firmy Vápenka Čertovy schody, a. s. a odčerpanou vodu z blízkého potoka Bystřice, kterou spravuje Povodí Ohře, s. p.

4.2.1 Ocenění vápence pro mokrou vápencovou vypírku

Za účelem ocenění ceny vápence v Kč/rok bez DPH jsem kontaktoval Ing. Hubálka z firmy Vápenka Čertovy schody, a. s.. Po konzultaci s panem Hubálkem jsme zvolili variantu ocenění kusového a mletého vápence. Kusový vápenec pro ten případ, že by se postavilo odsiřovací zařízení s mlýny na namletí vápence a mletý vápenec v tom případě, že by odsiřovací zařízení bylo bez mlecího zařízení. Další faktory ovlivňující cenu vápence se odvíjely od toho, kdy by se postavilo odsiřovací zařízení a firma tak začala dodávat vápenec. Po uvážení jsem zvolil tu variantu, že by samotné odsiřovací zařízení resp. mokrá vápencová

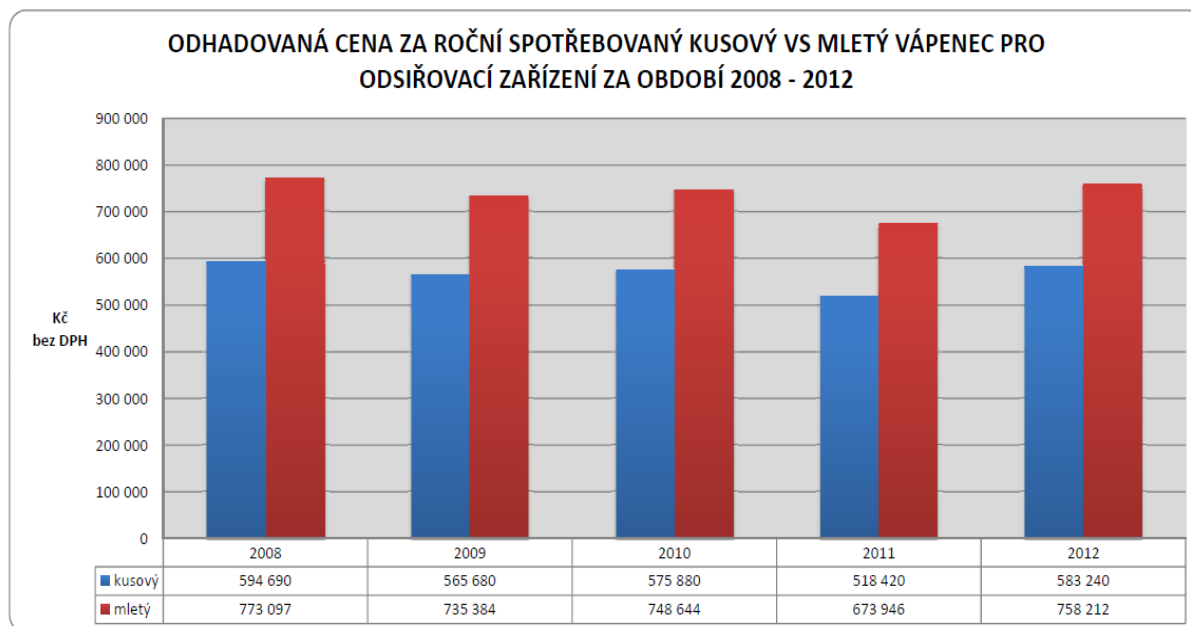
vypírka mohla být v provozu OT, a. s. uvedena do provozu v roce 2016, pokud by se začal projekt aktivně řešit a nevznikaly by při jeho řešení žádné překážky jak v podobě úřednických rozhodnutí a stavebních prací. Ceny kusového a mletého vápence, které uvedu níže, jsou tedy oceněny pro rok 2016. Dopravu vápence bude zajišťovat Vápenka Čertovy schody, a. s.

mletý vápenc - 1 300 Kč/t

kusový vápenc - 1 000 Kč/t

Z těchto poskytnutých cen jsem poté vytvořil graf č. 22, který udává odhadovanou cenu jak kusového, tak mletého vápence pro mokrou vápencovou vypírku, jako ekvivalent pro období 2008 - 2012. Pro toto období už jsem vypočítal teoretickou spotřebu vápence pro mokrou vápencovou vypírku a při oceňování jsem vycházel z těchto hodnot.

Graf 22: Odhadovaná cena vápence pro odsiřovací zařízení



Zdroj: Vlastní zpracování

4.2.2 Určení ceny za spotřebovanou vodu pro mokrou vápencovou vypírku

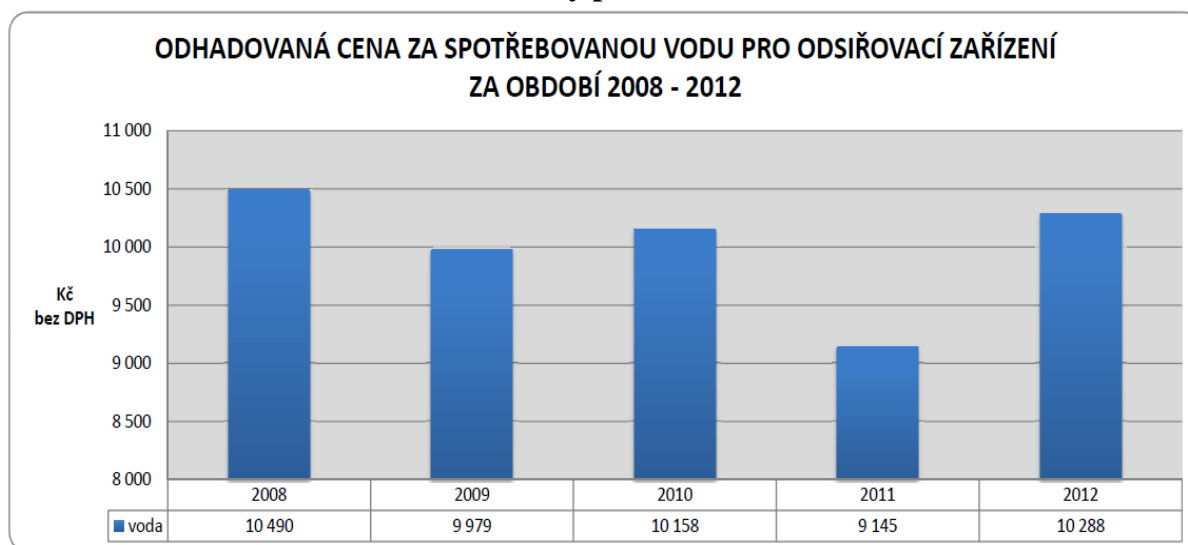
Co se týká určení ceny za spotřebovanou vodu, tak Povodí Ohře, s. p. určilo pro rok 2014 cenu $4,41 \text{ Kč/m}^3$ bez DPH. Z dříve vypočtené hmotnosti v kg technické vody pro jednotlivá léta jsem v dalším výpočtu počítal s tím, že:

$$1 \text{ m}^3 = 1 000 \text{ kg}$$

Z těchto hodnot jsem tedy vycházel při výpočtech a poté vytvořil graf 22, který jednoznačně ukazuje odhadovanou cenu spotřebované technické vody v Kč/rok bez DPH jako ekvivalent

pro období 2008 - 2012, kdyby mokrá vápencová vypírka byla v provozu OT, a. s.

Graf 23: Odhadovaná cena technické vody pro odsiřovací zařízení



Zdroj: Vlastní zpracování

4.2.3 Operační program životního prostředí 2014 - 2020

Stavba samotného zařízení si vyžaduje vysoké finanční náklady. Dle mnou osloveného odborníka z firmy Tenza, a. s. pana Ing. Julínka, by se cena na takovéto zařízení mohla pohybovat kolem 200 mil. Kč. Tato suma představuje velkou finanční zátěž, kterou by samotná firma nebyla schopna realizovat ze svých zdrojů, tudíž se ČR prostřednictvím odpovědných orgánů státní správy (zde Ministerstva životního prostředí) snaží finančně podporovat projekty podobného typu formou dotace. Pro účely spolufinancování tohoto projektu by připadal v úvahu Operační program životního prostředí 2014 - 2020. Jedná se o dotační program z fondů EU, který se zaměřuje na ochranu a udržitelné využívání zdrojů, ochranu klimatu a zlepšení kvality ovzduší, ochranu přírody a krajiny, bezpečné prostředí. To provádí pomocí opatření podporujících zlepšování kvality vody, snižování rizika povodní, zlepšování kvality ovzduší v lidských sídlech a ochrana klimatu, omezování množství odpadů a efektivní materiálové toky, snižování ekologických zátěží, ochranu a péči o přírodu a krajinu.²⁹

²⁹ Operační program životní prostředí 2014-2020. *CYRRUS advisory* [online]. [cit. 2014-02-11]. Dostupné z: <http://www.dotacni.info/operacni-program-zivotni-prostredi-2014-2020/>

OPŽP 2014-2020 pak dále konkretizuje:

▪ **Oblast podpory zlepšování kvality ovzduší v lidských sídlech**

Cílem prioritní osy je zlepšit kvalitu ovzduší v lidských sídlech pomocí sledování, hodnocení a předpovídání vývoje kvality ovzduší a snížit celkovou expozici ekosystémů, obyvatelstva a vegetace vysokým koncentracím znečišťujících látek.

Oblasti podpory:

- snížit celkovou expozici obyvatelstva, ekosystémů a vegetace nadlimitním koncentracím znečišťujících látek
- zlepšit systém sledování, hodnocení a předpovídání vývoje kvality ovzduší, počasí a klimatu a ozonové vrstvy Země

Kdo může žádat o dotaci:

- **obce**, kraje, státní organizace a podniky, příspěvkové organizace a organizační složky obcí, krajů a státu, nestátní neziskové organizace a další

Kdy lze žádat o dotaci:

- žádosti o dotaci můžete podávat pouze v rámci výzvy vyhlášené pro danou oblast podpory.

Výše podpory:

- dotace až do **výše 90 %** z celkových způsobilých veřejných výdajů projektu
- podmínkou je minimálně **10 % spolufinancování**

Příklady podporovaných aktivit:

- dotace na biofiltry, dotace na katalytické jednotky, dotace na termooxidační jednotky, dotace na SNCR³⁰, dotace na rozvody tepla, dotace na centrální zdroj, dotace na kotel, dotace na spalovací zdroj, dotace na spalovací komory a mnoho dalších.³¹

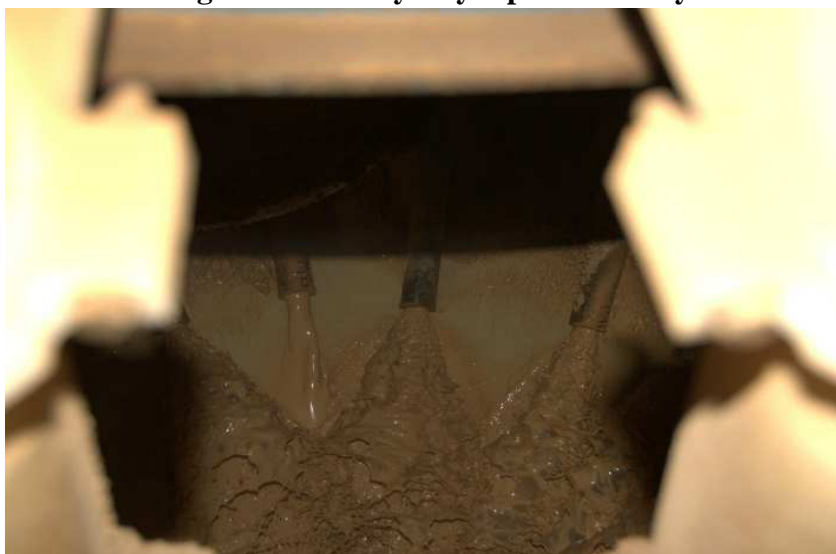
³⁰ SNCR = selektivní nekatalická redukce je metoda ke snížení oxidu dusíku NO_x, kdy je do spalovací komory vstříkovan roztok močoviny s aditivou podporující reakci oxidu dusíku

³¹ Zlepšování kvality ovzduší v lidských sídlech. *CYRRUS advisory* [online]. [cit. 2014-02-11]. Dostupné z: <http://www.dotacni.info/operacni-program-zivotni-prostredi-2014-2020/zlepsovani-kvality-ovzdusi-v-lidskych-sidlech/>

4.3 Možnosti využití energosádrovce z mokré vápencové vypírky, které by teoreticky vyprodukovala OT, a. s. za období 2008 - 2012

Energosádrovec nebo-li dihydrát síranu vápenatého ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) vzniká jako výsledný produkt z mokré vápencové vypírky (Obr. 16). Výsledný produkt má vysokou chemickou čistotu 97 - 98 %. Není tedy zapotřebí další úprava. Vycházející energosádrovec z odsiřovacího zařízení sice obsahuje vyšší podíl vody. Vodu lze jednoduše odstranit vysušením energosádrovce na vysoušecím pohyblivém pásu nebo vakuovém pásu, který vodu z energosádrovce "vysává" (Obr. 17).

Obr. 16: Energosádrovec s vysokým podílem vody



Zdroj: Virtuální prohlídka ČEZ Tušimice: Hala vysoušení energosádrovce. ČEZ Tušimice [online]. [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://virtualni prohlidky.cez.cz/cez-tusimice/>

Obr. 17: Vysoušecí pás pro energosádrovec



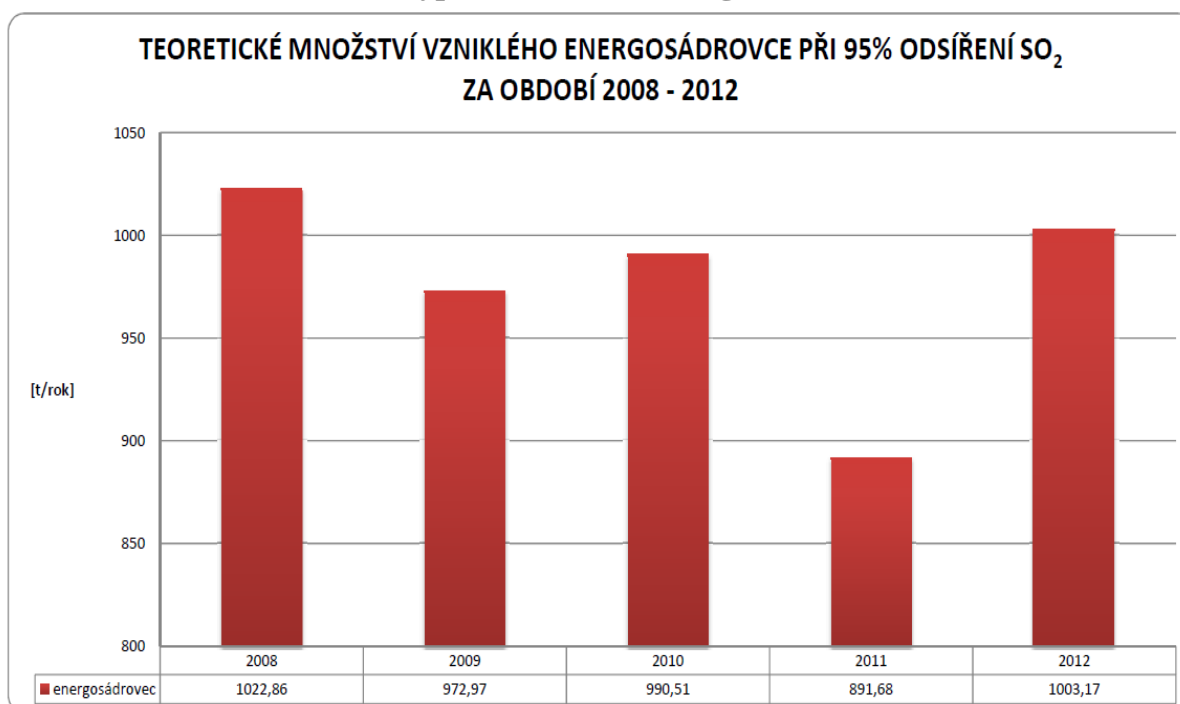
Zdroj: Virtuální prohlídka ČEZ Tušimice: Hala vysoušení energosádrovce. ČEZ Tušimice [online]. [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://virtualni prohlidky.cez.cz/cez-tusimice/>

Energosádrovec je využitelný jako surovina pro následující výroby:

- cement
- sádrové omítky
- anhydritové podlahové směsi
- podlahové směsi na bázi alfa sádry
- pórobeton
- sádrové tvárnice
- sádrokartonové a sádrovláknité desky
- speciální hnojiva s obsahem síry³²

Pro připomenutí jsem zde umístil graf, který ukazuje, kolik by teoreticky vyprodukovala energosádrovec OT, a. s. v období 2008 - 2012.

Graf 24: Teoretické množství vyprodukovaného energosádrovice za období 2008 - 2012



Zdroj: Vlastní zpracování

Závěrem této poslední kapitoly bych rád vyzdvihl několik stěžejných poznatků. Co se týče ekologičnosti výstavby odsiřovací jednotky, tak výstavba mokré vápencové vypírky by ekosystému výrazně ulehčila od emisí oxidu siřičitého a tím snížila dopad na životní prostředí. Co se týče finančních nákladů na výstavbu mokré vápencové vypírky, pohybují se tyto ve výši cca 200 mil. Kč. Z důvodu vysoké finanční náročnosti a příznivého ekologického dopadu na mokrou vápencovou vypírku lze žádat o spolufinancování z OPŽP 2014 – 2020,

³² Energosádrovec. *SiloTransport* [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: <http://www.silotransport.cz/energoadrovec>

a to až do výše 90 %³³. Hlavní finanční provozní náklady tvoří nákup vápence. V případě mletého vápence by se provozní náklady na nákup pohybovaly po dobu 5 let v částce cca od 674 tis. Kč až do 773 tis. Kč. Skutečností zůstává, že je nezbytné přihlídnout také k roční platbě za vypuštěné emise SO₂, od kterých by OT, a. s. mohla být osvobozena (viz analýza výše, kap.4.1 str.56). Přesto bude nákup vápence, platba za odčerpanou vodu z potoka Bystřice a další provozní náklady spojené s údržbou odsiřovacího zařízení s velkou pravděpodobností představovat pro OT, a. s. větší finanční zátěž než v předešlých letech. Hlavním odpadním produktem z mokré vápencové vypírky je energosádrovec. Pro něj existuje několik možností využití, které skýtají možnost prodeje tohoto odpadu a jeho druhotného využití. V tomto případě by OT, a. s. inkasovala dodatečné příjmy za prodej odpadního produktu a tím ušetřila náklady za skládkovné.

Nepříjemnou věcí do budoucna by mohlo být zdražení tepla pro koncového odběratele, kvůli výstavbě mokré vápencové vypírky, která si vyžádá vyšší roční provozní náklady na svou provozuschopnost. To s největší pravděpodobností vyvolá nezáměr o výstavbu tohoto zařízení ze strany obce, která je 100% vlastníkem. Nicméně převažující ekologické aspekty by mohly přimět ke změně názoru a kvůli budoucím koncepcím EU je to více méně nevyhnutelné. V jiném případě by se musela OT, a. s. hledat jiné technologie nebo přejít na ekologičtější přijatelnější suroviny jako je např. biomasa.

³³ Je velmi pravděpodobné, že samotný projekt ekologizace OT, a. s. by vyvolal institut tzv. veřejné podpory. Jedná se o takovou situaci, kdy žadatel není schopný dosáhnout na maximální možný procentuální podíl spolufinancování (v tomto případě tedy 90 %), a to z toho důvodu, že projekt samotný bude generovat v budoucnu zisky a hrozí tak narušení hospodářské soutěže. V tomto případě se spolufinancování z OPŽP snižuje na maximálně 60% podíl spolufinancování, resp. se snižuje podle výše očekávaných zisků z projektu.

Závěr

Ve své diplomové práci jsem se zabýval otázkou, jestli by případná investice do výstavby odsiřovacího zařízení v provozu Ostrovské teplárny, a. s. byla efektivní, a to jednak z pohledu udržitelnosti projektu, ale také z pohledu ekologického.

Během zpracování diplomové práce jsem se zaměřoval na vyhodnocení vypuštěných emisí za období 2008 - 2012, které mi poskytla Ostrovská teplárna, a. s. Další důležitou součástí bylo nastudování Zákona o ochraně ovzduší č. 201/2012, který nahrazoval Zákon o ochraně ovzduší č. 86/2002. Po nastudování jsem poté v kapitole 2 sestrojil model, podle kterého se budou následující poplatky výpočtem stanovovat. Dále jsem vytvořil grafy 11 - 15, které mají nastínit možný vývoj poplatků do roku 2016 za vypuštěné emise s využitím poskytnutých dat za období 2008 - 2012.

V kapitole 3 jsem se zabýval studií návrhu samotného odsiřovacího zařízení s vhodně zvolenou metodou, která eliminuje vznikající oxid siřičitý při spalovacím procesu. Po prostudování vhodných metod jsem poté zvolil mokrou vápencovou vypírku, která se díky své účinnosti odsíření až 95 % jeví jako nejvhodnější. Další součástí návrhu byla výpočtová část, která určovala teoretické množství vstupních surovin a výstupního produktu. Při výpočtu jsem vycházel z vyprodukovaného oxidu siřičitého SO₂ Ostrovskou teplárnou, a. s. za období 2008 - 2012. Co se týče vstupních surovin, jednalo se o určení ročního množství vápence a technické vody. Teoretická spotřeba vápence při 95% odsíření by se teoreticky měla pohybovat cca od 518 do 595 *t/rok* a spotřeba technické vody pro namíchání 25% vápencové suspenze cca od 2 073 do 2 379 *t/rok*. Při určení teoretického množství výstupního produktu, tedy energosádrovce, by se teoretické množství vzniklého energosádrovce mělo pohybovat cca od 892 do 1 023 *t/rok*.

V kapitole 4 jsem vyhodnocoval navržené odsiřovací zařízení založené na mokré vápencové vypírce po stránce ekologické a ekonomické respektive ocenění vápence, technické vody a odhad ceny samotné mokré vápencové vypírky. Z pohledu ekologického dopadu, by samotná mokrá vápencová vypírka při své 95% účinnosti odsíření eliminovala z velké části oxid siřičitý a nedocházelo by tak k velkému vypouštění emisí do životního prostředí, jak lze vidět v grafu 19. Při ekonomickém vyhodnocení jsem byl v kontaktu s firmou Tenza, a. s. a firmou Vápenka Čertovy schody, a. s. Co se týká odhadnuté ceny na výstavbu mokré vápencové vypírky, investice by si vyžádala cca 200 mil. Kč. Pro vstupní suroviny by se teoretická cena

mletého vápence pohybovala cca od 674 000 do 773 000 Kč/rok bez DPH. Cena technické vody by se pohybovala cca od 9 100 do 10 500 Kč/rok bez DPH.

Při zpracování diplomové práce jsem pracoval s hypotézou, že budoucí výstavba odsiřovacího zařízení do provozu Ostrovské teplárny, a. s. představuje vhodnou volbu na eliminaci oxidu siřičitého SO₂, jak z pohledu ekonomického, tak ekologického. Na základě svých zvolených výzkumných otázek, které jsem uvedl v úvodu, vyvozují následující závěry: Do budoucna je nezbytné provést výstavbu odsiřovacího zařízení do provozu Ostrovské teplárny, a. s. z toho důvodu, že budoucí výše poplatků bude tak vysoká, že podnik by nebylo dále možné ekonomicky efektivně provozovat. Další výzkumná otázka se týkala zvolení vhodné odsiřovací metody. Při zpracování diplomové práce jsem dospěl k závěru, že díky své vysoké účinnosti odsíření je nejvhodnější odsiřovací metodou mokrá vápencová vypírka. Poslední výzkumná otázka se týkala té části jestli bude reálné považovat zvolenou odsiřovací metodu, po ekonomické a bilančně nákladové stránce, jako vhodnou alternativu do budoucna. I v tomto případě si myslím, že navržená odsiřovací metoda resp. mokrá vápencová vypírka, představuje vhodnou alternativu do budoucna, díky své rozšířenosti, jednoduchosti a dostupnosti vstupních surovin pro její funkčnost.

Domnívám se, že hlavní přínos mé diplomové práce spočívá v tom, že poskytuje ucelený pohled na možnost, jak účinně eliminovat oxid siřičitý SO₂ vznikající při spalování fosilních paliv. Proto bych do budoucna doporučil průmyslovým podnikům, které spalují fosilní paliva a nemají odsiřovací zařízení, aby začaly uvažovat nad výstavbou odsiřovacího zařízení a přispěly tak ke zdravějšímu ovzduší.

Seznam použité a citované literatury

Odborné studie a literatura

- [1] ČERNÝ, Václav, Břetislav JANEBA a Jiří TEYSSLER. *Parní kotle*. Praha, 1983. 852 s.
- [2] HOFFMAN, Pavel a Václav NOVÁK. *Zpracování exhalací a odpadů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 124 s.
- [3] KUČEROVÁ, Eva. *Přednášky Interakce a technologie prvků a systémů: Zdroje a složky znečištění prostředí*. 2013. 39 s.
- [4] Ostrovská teplárenská, a. s. *Místní provozní a bezpečnostní předpis kotle K2*. Ostrov, 2009. 23 s.
- [5] Ostrovská teplárenská, a. s. *Místní provozní předpis pro zásobníky paliva kotlů K1; K2; K3 + hlubinný zásobník*. Ostrov, 2008. 23 s.
- [6] Ostrovská teplárenská, a.s. *Místní provozní a bezpečnostní předpis kotle K1*. Ostrov, 2008. 23 s.
- [7] Ostrovská teplárenská, a.s. *Místní provozní a bezpečnostní předpis kotle K3*. Ostrov, 2010. 23 s.
- [8] Ostrovská teplárenská. *Výroční zpráva 2011*. Ostrov, 2012. 43 s.
- [9] PLANETA. *Kyselý déšť stále s námi – zdroje, mechanismy, účinky, minulost a budoucnost*. 2005, XII, č.23 s.
- [10] Sokolovská uhelná, a.s. *Katalog sokolovského hnědého uhlí a briket na rok 2010*. Sokolov, 2010. 18 s.

Internetové zdroje

- [1] Aktivní uhlí. SILCARBON AKTIVKOHLE GMBH. *Silcarbon* [online]. 2010 [cit. 2013-03-22]. Dostupné z: http://web.iol.cz/silcarbon/images/p005_1_00.jpg.
- [2] ČEZ, a. s. *Uhelné elektrárny skupiny ČEZ* [online]. [cit. 2013-03-09]. s. 17-19. Dostupné z: http://www.cez.cz/edee/content/micrositesutf/odpovednost/content/pdf/cez_group_and_coal_power_plants.pdf
- [3] ČKD GROUP. *VVN zdroje pro elektrostatické odlučovače* [online]. 2011 [cit. 2013-03-31]. Dostupné z: <http://www.ckde.cz/translate/cs/company-detail/ckd-elektrotechnika/ckd-elektrotechnika/vvn-zdroje-pro-elektrostaticke-odlučovace/185>
- [4] ČVUT v Praze: *Fakulta strojní*, 59 s. Dostupné z: <http://users.fs.cvut.cz/~vybirpav/Ochrana%20ovzdusi/Odsirovani.pdf>.
- [5] Endress + Hauser [online]. 2013 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: [http://www.endress.com/eh/central/info/resource.nsf/imgref/Image_ElectrostaticPrecipitator.jpg/\\$FILE/ElectrostaticPrecipitator.jpg](http://www.endress.com/eh/central/info/resource.nsf/imgref/Image_ElectrostaticPrecipitator.jpg/$FILE/ElectrostaticPrecipitator.jpg)
- [6] Energosádrovec. *SiloTransport* [online]. [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: <http://www.silotransport.cz/energoadrovec>
- [7] Hala vysoušení energosádrovce - Virtuální prohlídka ČEZ Tušimice. *ČEZ Tušimice* [online]. [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://virtualniprohlidky.cez.cz/cez-tusimice/>
- [8] Kombinovaná výroba elektřiny a tepla. *Teplárenské sdružení ČR* [online]. [cit. 2013-02-28]. Dostupné z: <http://www.kombinovana-vyroba.cz/?id=0515#k2>
- [9] Lenntech BV *Demineralised water*. [online]. [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <http://www.lenntech.com/demi-water.htm>
- [10] Mokrý vápencová vypírka spalin. *ČEZ* [online] 2007. [cit. 2014-01-26]. Dostupné z: http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/images/02/25_schema_vypirka.jpg.

- [11] Mokrá vápencová vypírka spalin. *ČEZ* [online]. 2007 [cit. 2014-01-26]. Dostupné z: http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/02/vypirka_5.html.
- [12] Nejkrásnější sbírka Jizerky. *Woodcraft* [online]. [cit. 2014-02-09]. Dostupné z: http://www.woodcraft.cz/UserFiles/Images/2012/NejkrasnejsiSbirka_Jizerky/12_IMG_24208.jpg
- [13] Olympiáda dětí a mládeže. *Webnode* [online]. 2012 [cit. 2013-03-04]. Dostupné z: http://files.olympiada-1zsostrov.webnode.cz/system_preview_detail_200000123-7c0797d01cpublic/logo_ostrovska_teplarenska_c_myk.jpg
- [14] Operační program životní prostředí 2014-2020. *CYRRUS advisory* [online]. [cit. 2014-02-11]. Dostupné z: <http://www.dotacni.info/operacni-program-zivotni-prostredi-2014-2020/>
- [15] Sokolovská uhelná. *Uhlí* [online]. [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: <http://www.suas.cz/page/show/slug/uhli>
- [16] Suché metody odsiřování. *TENZA* [online]. [cit. 2014-01-13]. Dostupné z: <http://www.tenza.cz/cz/aktivity/energetika/technologie/zarizeni-pro-cistenispalin/suche-metody-odsirovani/>
- [17] Suché metody odsiřování. *TENZA* [online]. [cit. 2014-01-13]. Dostupné z: <http://www.tenza.cz/images/tenza.cz/aktivity/technologie/odsireni/schema-suche-odsireni.jpeg>
- [18] Zlepšování kvality ovzduší v lidských sídlech. *CYRRUS advisory* [online]. [cit. 2014-02-11]. Dostupné z: <http://www.dotacni.info/operacni-program-zivotni-prostredi-2014-2020/zlepsovani-kvality-ovzdusi-v-lidskych-sidlech/>

Legislativní předpisy

- [1] ČR. Zákon o ochraně ovzduší. In: *Sbírka zákonů č. 201/2012*. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra, p. o., 2012, 69.
- [2] ČR. Zákon o ochraně ovzduší. In: *Sbírka zákonů č. 86/2002*. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra, p. o., 2002, 63.

