

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hodnocení odsiřování spalin v Plzeňské teplárenské, a.s.

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan HYNDRÁK**
Osobní číslo: **E11N0092P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Hodnocení odsiřování spalin v Plzeňské 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. Uveďte možnosti a metody odsiřování spalin.
2. Popište uspořádání a provoz odsiřovacích zařízení v PLTEP.
3. Analyzujte provoz a dosahované hodnoty odsiřování spalin v PLTEP.
4. Zhodnoňte získané výsledky a navrhněte případná opatření ke zlepšení provozu odsiřování spalin v PLTEP.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce:

Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.

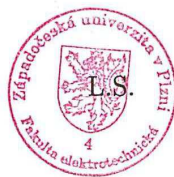
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2012**

Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2013**

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.

děkan



Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.

vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce popisuje vliv oxidu siřičitého na člověka, životní prostředí a technická díla. Konstatuje současné možnosti snižování obsahu této látky ve spalinách energetického průmyslu. Analyzuje systém odsiřování spalin ve společnosti Plzeňská teplárenská, a.s. a na dosahovaných výsledcích předkládá možná řešení budoucího provozu s ohledem na aplikaci směrnice 2010/75/EU.

Klíčová slova

Oxid siřičitý, odsiřování, polosuchá metoda, Plzeňská teplárenská, absorbér, elektrostatický odlučovač.

Abstract

The master thesis describes the effect of sulphur dioxide on humans, the environment and technical work. It states the current possibilities of reducing the content of the substances in the exhaust gas the energy industry. It analyzes the flue gas desulfurization system at Plzeňská teplárenská, a.s. and based on the achieved results proposes possible solution for the future, considering the application of Directive 2010/75/EU.

Key words

Sulphur dioxide, desulfurization, semi-dry method, Plzeňská teplárenská, absorber, electrostatic precipitator.

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 29.4.2013

Jan Hyndrák

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu své diplomové práce Prof. Ing. Janu Škorpilovi, CSc., za cenné rady nejen během samotného vypracovávání práce, ale v průběhu celé doby studia. Dále patří dík Ing. Janu Skřivánkovi ze společnosti Plzeňská teplárenská, a.s. za odborné konzultace a realistický vhled do dané problematiky. V neposlední řadě děkuji svým rodičům, jejichž zásluha na tomto dokumentu je sice nepřímá, o to více však zřejmá a trvalá.

Obsah

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
1. ÚVOD	11
2. VLIV OXIDŮ SÍRY A MOŽNOSTI JEJICH SNIŽOVÁNÍ	12
2.1. VLIV NA ČLOVĚKA	13
2.2. VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	14
2.2.1 <i>Kyselý déšť</i>	14
2.2.2 <i>Redukční smog</i>	16
2.3. VLIV NA TECHNICKÁ DÍLA	17
2.4. METODY ODSIŘOVÁNÍ SPALIN	18
2.4.1 <i>Metody proaktivní</i>	19
2.4.2 <i>Metody reaktivní</i>	20
2.4.3 <i>Regenerativní metody</i>	20
2.4.4 <i>Neregenerativní metody</i>	21
2.4.5 <i>Suchá metoda</i>	21
2.4.6 <i>Polosuchá metoda</i>	22
2.4.7 <i>Mokrá metoda</i>	22
3. USPOŘÁDÁNÍ A PROVOZ ODSIŘOVÁNÍ V PLZEŇSKÉ TEPLÁRENSKÉ	24
3.1. SPALINOVÉ KANÁLY.....	24
3.2. ABSORBÉR	25
3.3. ELEKTROSTATICKÝ ODLUČOVAČ.....	28
3.4. VENTILÁTOR KOUŘOVÝCH PLYNŮ	29
3.5. PODPŮRNÁ ZAŘÍZENÍ.....	30
3.5.1 <i>Dopravní žlaby</i>	31
3.5.2 <i>Pneumatická doprava prachu – turnikety, dmychadla, komorové podavače</i>	31
3.5.3 <i>Kompresory</i>	31
3.5.4 <i>Sbírání popílku</i>	32
3.5.5 <i>Vstřikování vody</i>	33
3.5.6 <i>Vápenné hospodářství</i>	34
3.5.7 <i>Hašenka</i>	35
4. ANALÝZA PROVOZU	36
4.1. MĚŘENÍ EMISÍ	36
4.1.1 <i>Limity</i>	39
4.1.2 <i>Vliv vstupní suroviny</i>	40
4.2. OPTIMÁLNÍ PODMÍNKY ABSORBÉRU	40
4.3. REGULACE ODSÍŘENÍ.....	42
4.3. SPOTŘEBA ADITIV	44
4.4. HMOTNOSTNÍ BILANCE.....	46
4.5. VYUŽITÍ PRODUKTU	48
5. NÁVRH OPATŘENÍ.....	49
5.1. VLIV SMĚRNICE 75/2010/EU	49
5.1.1 <i>Přechodný národní plán</i>	49

5.1.2	<i>Odchylka pro spalovací zdroje s omezenou životností</i>	50
5.1.3	<i>Režim pro centrální zdroje tepla</i>	50
5.1.4	<i>Malé izolované soustavy</i>	51
5.1.5	<i>Stupeň odsíření</i>	51
5.1.6	<i>Režim 1500 provozních hodin/rok</i>	51
5.2	NÁVRH ŘEŠENÍ DOPADU SMĚRNICE NA PROVOZ PT	51
5.2.1	<i>Přechodný národní plán</i>	52
5.2.2	<i>Odchylka pro spalovací zdroje s omezenou životností</i>	53
5.2.3	<i>Stupeň odsíření</i>	54
5.2.4	<i>Režim 1500 provozních hodin/rok</i>	54
5.3	ŽIVOTNOST TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ	54
5.4	PREDIKCE DOSTUPNOSTI VSTUPNÍ SUROVINY	55
5.4.1	<i>Zásoby hnědého uhlí</i>	55
5.4.2	<i>Spoluspalování náhradních paliv</i>	57
5.5	NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ	57
5.5.1	<i>Výstavba nového odsíření</i>	58
5.5.2	<i>Intenzifikace stávajícího odsíření</i>	59
	ZÁVĚR	60
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	61

Seznam symbolů a zkratek

ABS	Absorbér
ČEPS	Provozovatel české energetické přenosové soustavy
ČOV	Čistírna odpadních vod
EO	Elektrostatický odlučovač
PNP	Přechodný národní plán
PT	Plzeňská teplárenská, akciová společnost
REA	Silo produktu odsíření
TAP	Tuhá alternativní paliva
TZL	Tuhé znečišťující látky
ÚEL	Územní ekologické limity
ZEVO	Zařízení pro energetické využití odpadu

1. Úvod

Péče o životní prostředí je jedním ze znaků vyspělé, odpovědné a demokratické společnosti. Není náhodou, že i přes několik desítek let stejný způsob získávání elektrické energie a tepla prostřednictvím spalování uhlí se komplexního pohledu na danou problematiku dočkal v naší zemi tento energetický obor až počátkem devadesátých let dvacátého století. Vedle zvýšeného zájmu o účinnost energetických výroben se začal brát ohled i na interakci těchto celků se životním prostředím.

Jedním z negativních produktů výroby elektrické energie a tepla klasickým způsobem je poměrně široké spektrum odpadů z procesu spalování. Ať už jde o tuhé částice nebo plynné škodliviny. Snahou provozovatele takového zdroje znečištění je najít určitý technologicko – ekonomicko - environmentální kompromis, neboli přiměřenost mezi náklady systému (na zřízení, provozování) ke snížení negativních dopadů a jeho vlivu na výrobu (vlastní spotřeba, ovlivnění jiných parametrů pracovního procesu). V případě teplárenství, dnes nejčastěji kombinované výroby elektrické energie a tepla, je environmentální aspekt umocněn umístěním zařízení v blízkosti spotřeby, tedy v městských zástavbách.

Předkládaná práce se zabývá vedle klasifikace negativních dopadů síry a jejích sloučenin na člověka a životní prostředí zejména systémem odsiřování spalin společnosti Plzeňská teplárenská, a.s., jednoho z významných zdrojů znečišťování ovzduší v Plzeňském regionu, zároveň však také dodavatelem tepla do více než čtyřiceti tisíc plzeňských domácností. Umístění podniku v centru průmyslového města, rozkládajícího se v oblasti Plzeňské pánve, s sebou nutně přináší otázku čištění spalin. Tento dokument na ně bude hledat odpovědi.

2. *Vliv oxidů síry a možnosti jejich snižování*

Na povrchu Země se žádná látka nevyskytuje pouze na jednom místě, v jedné podobě a bez ovlivnění dalšími prvky, sloučeninami či organismy. S ohledem na společnou účast biologických, chemických i geologických činitelů na těchto procesech lze hovořit o koloběhu látek a tento cyklus se týká také síry. V jejím koloběhu hrají významnou roli mikroorganismy (podobně například také u dusíku). Konečným produktem jejich mikrobiální činnosti bývá sirovodík (H_2S). Tato činnost probíhá zpravidla ve vodním prostředí, mokřadech a bažinách, případně v půdě. Organismy žijící v oceánech vytvářejí složitější sloučeninu dimetylsulfid (CH_3SCH_3). Mokrou depozicí se jako součást srážek dostává síra zpět do půdy, kde je spolu s ostatními rozpustnými sírany vtažena do koloběhu a stává se částí minerální výživy rostlin. Přirozený obsah síry v tělech živočichů a rostlin je paradoxně jednou z hlavních příčin nepřirozeného obohacování atmosféry oxidem siřičitým. Uhlí a ropa, jakožto fosilní paliva, jsou v podstatě uhynulou biomasou, která obsahuje vždy určité množství síry. Spalováním této hmoty se v podobě oxidu siřičitého dostává do planetárního koloběhu síra, která se v prvohorních a druhohorních rostlinách hromadila miliony let. S rozvojem průmyslu v posledních dvou stoletích tak téměř skokově dochází k rychlému uvolnění této nahromaděné látky a množství síry v ovzduší je v poslední dekádě dokonce vyšší, než přirozený únik oxidu siřičitého z činných sopek a geotermálních pramenů.

Složení zemské atmosféry není při pohledu na historický vývoj stabilní. S ohledem na řadu přírodních jevů, k nimž patří mimo jiné sopečná činnost, lesní požáry, bakteriální činnost a jiné, dospějeme k myšlence, že skutečně čisté ovzduší neexistovalo ani v počátcích lidské existence. Vedle přírodních vlivů se však na jejích změnách podílí v posledním období bezesporu také člověk. V 60. a 70. letech 20. století se ve světě škodlivé vlivy energetiky připisovaly prašným emisím a oxidu siřičitému (SO_2). Výzkumy v 80. letech však prokázaly, že nepříznivý vliv způsobuje komplexní působení SO_2 se skupinou NO_x za současného působení slunečního záření a ozónu. V té době bylo každoročně vypouštěno do ovzduší v Evropě 60 až 70 miliard tun plyných směsí, z nichž přibližně 90% tvořily emise síry, uhlíku a dusíku. Oxidy síry zaujímají v této skupině polutanů přední místo. Jakkoli dodnes pochází osmdesát procent emisí SO_2 ze spalování uhlí a lignidu, v absolutních hodnotách je rozdíl řádový.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Česká republika	1879	1782	1541	1422	1273	1093	949	703	446	272	267	251
Německo	5324	3994	3308	2947	2475	1942	1340	1039	835	738	638	650
Polsko	3327	3063	2879	2774	2654	2428	2417	2225	1943	1768	1551	1564
Rakousko	79	72	59	58	52	52	51	46	43	39	38	37
Slovensko	543	447	381	326	239	240	228	203	180	172	124	129

Tab. 1: Množství emisí SO₂ v tisících tun. ^[10]

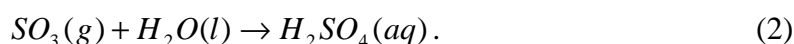
2.1. Vliv na člověka

Za významnější ve smyslu působení na člověka a životní prostředí se ze skupiny SO_x považuje SO₂. Řada epidemiologických studií demonstrovala působení této látky na zdraví exponované populace. Výsledky prokazovaly, že denní ukazatele mortality a zhoršování zdravotního stavu obyvatel s chronickou bronchitidou byly ve vztahu se zvýšenými hladinami kouře a SO₂. Nebylo však možné určit, která z uvedených škodlivin poškozuje zdraví více. Byla tedy přijata hypotéza, že zdravotní dopad je výsledkem působení kyseliny sírové či siřičité, nacházející se na povrchu kouřových částic.

Zdravotní rizika lze rozdělit na dvě kategorie: akutní (krátce trvající) a chronické (dlouhotrvající). Pro oxid siřičitý jsou známy jisté prahové hodnoty expozice (dále v kap. 4), které, pokud nejsou překročeny, nejsou provázány žádnými zdravotními riziky. Vlivem dobré rozpustnosti ve vodě je většina oxidu siřičitého vstřebávána na sliznicích v dutině nosní (85 % absorpce při 4 – 6 µg/m³ a až 99 % při koncentraci 46 µg/m³) a v dalších částech horních cest dýchacích. Pouze malé množství proniká dále do dolních cest dýchacích. SO₂ vstřebaný do krve se vylučuje po přeměně v játrech převážně prostřednictvím ledvin a dále z těla močí. Menší koncentrace vyvolávají záněty průdušek a astma, dlouhodobá expozice (nebo krátkodobé vystavení vysokým koncentracím kolem 10 000 µg/m³) negativně ovlivňuje krevtvorbu, způsobuje rozedmu plic, zánět hrtanu a v krajních případech poškozuje srdeční sval. Vždy však působí dráždivě zejména na horní cesty dýchací, dostavuje se kašel a zužují se dýchací cesty. To je způsobováno jak jejich drážděním, tak zvýšenou produkcí hlenu, který vede k zvýšení dechového odporu. Citlivěji na jakékoli koncentrace reagují osoby trpící astmatem, těhotné ženy, děti a starší lidé. Rozdíly v citlivosti mezi jednotlivci jsou však extrémně vysoké ve všech případech.

2.2 Vliv na životní prostředí

Značně toxický je oxid siřičitý pro rostliny, neboť reaguje s chlorofylem a narušuje tak fotosyntézu (zvláště u smrkových a borových porostů – nejvyšší přípustná koncentrace pro jehličnany je třikrát nižší, než přípustná koncentrace pro člověka). V ovzduší pozvolna oxiduje vzdušným kyslíkem (rov. 1) za přítomnosti vody na kyselinu sírovou (rov. 2), která je spolu s kyselinou siřičitou příčinou kyselých dešťů.

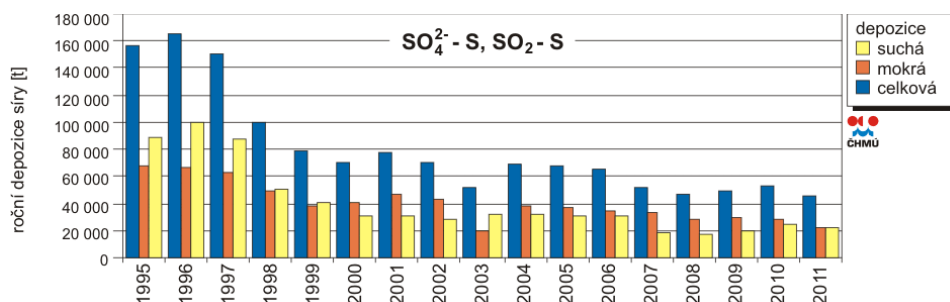


Průměrná doba setrvání SO_2 v atmosféře je přibližně 4 dny^[1]. V principu existují tři základní principy, na jejichž základě odstraňování této látky z atmosféry probíhá: suchá depozice (záchyt látek při styku se zemským povrchem sedimentací, sorpcí a impakcí), mokrá depozice (vymývání deštěm, mlhou nebo jejich odstraňování během tvorby mraků) a chemická depozice (oxidací se běžně odstraní během jedné hodiny z ovzduší 0,1 – 2 % přítomného SO_2 ^[1]).

2.2.1 Kyselý déšť

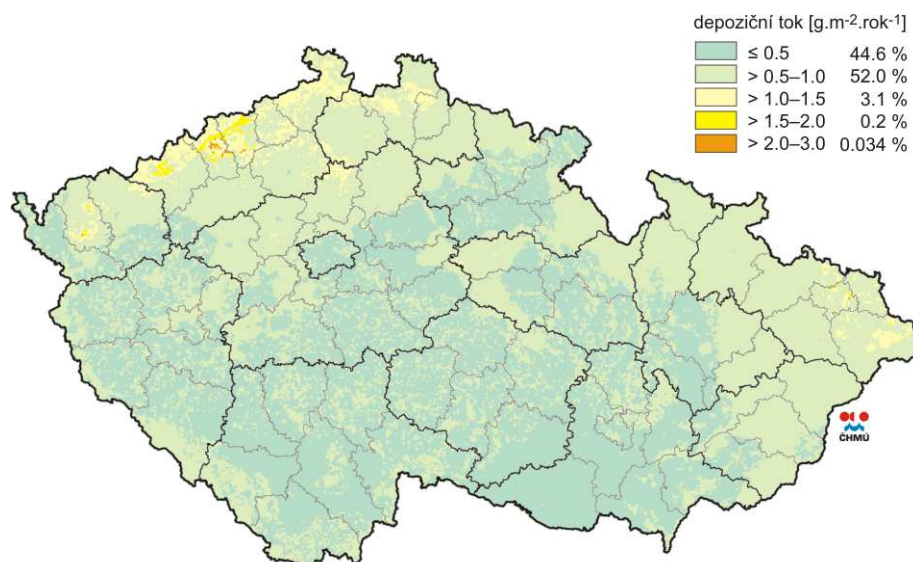
Tento termín je používán již od roku 1872. Popisuje se jím déšť, jehož kyselost je vyvolána kyselými škodlivinami v ovzduší, přesnějším označením by ale byla kyselá depozice. Vzniklé kyseliny, které se do půdy dostávají deštěm, vyplavují z půdy prvky, které jsou důležité pro udržení vyvážené hodnoty půdní kyselosti a které jsou současně nezbytnými živinami pro vegetaci. Jedná se zejména o vápník a hořčík, souhrnně bazické kationty. Prvky tvořící bazické kationty jsou schopny po vymezenou dobu neutralizovat přísun kyselin z atmosféry. Při této reakci jsou však z půd nevratně odnášeny do podzemních a povrchových vod. V současnosti Česká republika vykazuje téměř dvojnásobné emise síry na jednoho obyvatele, než jsou průměrné hodnoty EU, také proto jsou lesní půdy i přes relativně vysoké snížení emisí síry v 90. letech natolik zatěžovány kyselou depozicí, že v citlivých oblastech nemůže dojít k regeneraci půdního prostředí. Měření dokazují, že i přes masivní odsiřování v letech 1993 – 2004 se v České republice bazická saturace snižovala a půdy se nadále

okyselovaly. Modelová studie odhaduje, že situace se do roku 2050 radikálně nezmění – půdy zůstanou nadále ochuzeny a okyseleny.



Obr. 1: Průběh ročních depozic síry v letech 1995 – 2011. ^[11]

Poměrně značný, ale pomalý a dlouhodobý vliv na ochuzování půd o bazické kationty má pěstování lesů. U dlouhodobých prognóz je třeba počítat s faktem, že vlivem těžby dřeva je z lesního ekosystému nevratně odčerpávána část bazických kationtů, které by jinak v ekosystému zůstaly a při rozkladu biomasy by se opět dostaly zpátky do půdy. Neustálým vyvážení dřeva z porostů je tento uzavřený cyklus rozpojen a systém tak nevratně ztrácí část zásoby bazických kationtů, které jsou důležité jednak jako prvky bránící acidifikaci, ale i jako významné živiny pro stromy. Zásadní je tento faktor na citlivých stanovištích. Pomocí modelů simulujících acidifikační procesy, které probíhají v půdách, bylo území České republiky rozčleněno do čtyř kategorií dle míry poškození půd kyselým deštěm. Nejméně odolné jsou horské půdy na kyselých horninách, které obsahují málo bazických kationtů a tyto horniny zvolna zvětrávají. Horské půdy mají malou mocnost a vlivem nízkých teplot i přirozeně nízké množství bazických kationtů. Spolu s drsným klimatem a vysokým přísunem kyselin to je důvodem, proč se devastující vliv kyselých dešťů nejdříve objevuje právě zde a proč lze v těchto místech nalézt i nejkyselejší a nejvíce degradované půdy. O něco lépe jsou na tom půdy nižších poloh a půdy vzniklé na horninách bohatých na bazické kationty (kupříkladu vápence a čediče). Zde je riziko okyselení mnohem menší a tyto oblasti jsou klasifikovány jako středně a mírně poškozené.

Obr. 2: Rozložení celkové roční depozice síry v roce 2011.^[11]

Jako velmi důležitá charakteristika je považována kyselost srážek vyjádřená hodnotou pH roztoku. Za přirozenou hodnotu se považuje pH 5,6 (tato souvisí s přítomností oxidu uhličitého v atmosféře) a pokud má vzorek pH nižší, pokládá se za kyselý. I v oblastech takzvaně čistých dosahuje vzorek nižší hodnoty pH než přirozené, na vině je přítomnost SO₂ z přírodních zdrojů. V oblasti České republiky je průměrná hodnota pH dešťových srážek v rozmezí 4,4 – 4,6^[6]. Formálně se kyselý déšť řadí do kategorie problematiky regionálního rázu.

2.2.2 Redukční smog

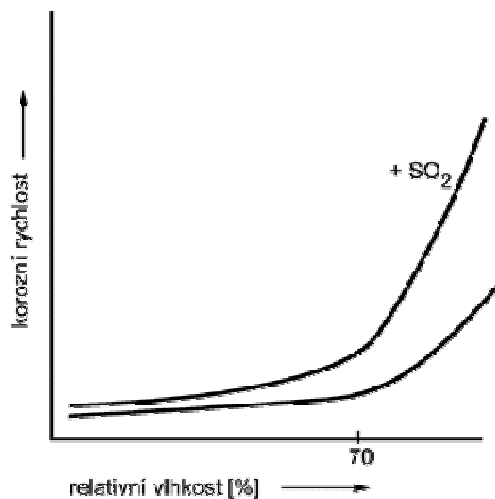
Lokálním problémem spolupůsobení oxidu siřičitého a dalších látek (zejména prašného aerosolu) je vznik redukčního (zimního) smogu. Výskyt závisí na typu a množství emisních zdrojů, na reliéfu krajiny a meteorologických podmínkách lokality. Zimní epizody znečištění ovzduší jsou charakteristické tlakovou výší (anticyklonálním systémem) nad Evropou, přetrvávající několik dní. Nízká rychlost větru a teplotní inverze značně omezují vertikální mísení znečišťujících látek pouze na nejnižší vrstvy atmosféry a dochází tak k postupné kumulaci škodlivin. Nejzávažnější epizodou ve světové historii byla prosincová smogová událost v Londýně roku 1952. Maximální koncentrace SO₂ dosahovaly až 5 000 µg/m³ a situace si vyžádala asi 4 000 obětí. Na území České republiky se v zimních měsících vyskytne obvykle několik epizod, kdy koncentrace škodlivých látek nabyde značných hodnot.

Porovnáním rozptylových a imisních podmínek v jednotlivých impaktních oblastech přesto ukazuje s lety určitý posun v charakteru smogových situací. Ze získaných údajů lze odvodit, že smogové situace měly v posledních letech mírnější průběh. Významnou měrou to je ovlivněno výskytem abnormálně mírných zim s dobrými rozptylovými podmínkami, změna skladby emisí v jednotlivých smogových oblastech a jejich snížení (zejména SO₂). Smogová situace se pro dané území vyhláší v případě, že alespoň na jedné měřicí stanici v daném území překročila průměrná hodinová koncentrace SO₂ informativní prahovou hodnotu 250 µg/m³ ve třech po sobě následujících hodinách. Dalším stupněm je vyhlášení stavu regulace. Ta se pro dané území vyhláší v případě, že alespoň na polovině měřicích stanic reprezentativních pro úroveň znečištění v daném území překročila průměrná hodinová koncentrace SO₂ regulační prahovou hodnotu 500 µg/m³ ve třech po sobě následujících hodinách.

2.3 Vliv na technická díla

Oxid siřičitý v ovzduší nemá výrazné účinky na samotné izolanty. Problém nastává v případě konstrukčních materiálů, zejména uhlíkových ocelí. Hovoří se o atmosférické korozi, kde je právě znečištěná atmosféra jedním z činitelů (atmosférická koroze je však příčinou až 80 % všech ztrát způsobených korozi). Interakce materiálů s prostředím je posuzována podle korozní agresivity atmosféry. Systém kvalifikace odpovídá dle ČSN ISO 9223 pěti stupním – C1 až C5. V 80. letech byla úroveň korozní agresivity na území České republiky v nejvíce znečištěných oblastech rovna stupni C5 (velmi vysoká). V současné době se pohybuje na většině území na stupni C3 (střední), ojediněle v lokálním měřítku C4 (vysoká). Agresivitu atmosféry ovlivňuje přítomnost řady látek, z nichž v našich podmínkách je nejvýznamnější stimulátor koroze kovů oxid siřičitý. Jedná se o nevratné znehodnocení materiálů a výrobků vlivem prostředí. Znehodnocení může být vratné (nemění chemickou podstatu materiálu, krátkodobé působení) nebo trvalé (mění chemickou podstatu materiálu či funkční vlastnosti, dlouhodobé působení, příp. krátkodobé intenzivní). Kvantifikaci rovnoměrné koroze představuje korozní rychlost, neboli změna hmotnosti nebo hloubka průniku koroze vztažená na jednotku času. V našich podmínkách lze počítat s hodnotami korozní rychlosti oceli ve venkovském prostředí i do 10 nm za rok (což odpovídá úbytku tloušťky 1 mm za sto let při expozici stěny z jedné strany). Taková hodnota by mohla být již někdy přijatelná z funkčního hlediska, většinou však nikoli z hlediska estetického.

Na povrchu běžných železných materiálů vzniká rez, pórovitý precipitát hydratovaných oxidů železa, který nemá významnějšího ochranného účinku a vzhledově předmět spíše znehodnocuje.



Obr. 3: Závislost korozní rychlosti na působení činitelů.^[13]

Ochranný a dekorační účinek rzi je využíván jen u tzv. patinujících ocelí (nizkolegovaných uhlíkových ocelí používaných v atmosféře i bez povrchové ochrany). Tyto oceli mají sice korozní rychlost pouze čtvrtinovou až poloviční proti uhlíkovým ocelím, ale vrstva rzi je na nich přilnavá, vzniká rovnoměrně a má i rovnoměrné zbarvení.

Reakce uhličitanu s oxidy síry vedou k nevratné změně chemického složení uhličitanové složky materiálu a tedy k trvalé změně vlastností, zejména rozpustnosti. Působení kyseliny sírové vede k velkým objemovým změnám a výsledkem je vznik významných vnitřních tažných napětí v důsledku vzrůstu objemu při vzniku sádrovce. Sádrovec může také dále reagovat s ostatními součástmi cementu za vzniku objemných produktů.

2.4 Metody odsiřování spalin

Oxid siřičitý vzniká v kontextu teplárenského provozu spálením síry obsažené v palivu. Ta se zde může vyskytovat ve čtyřech základních formách:

- organická (součást uhelné hmoty, přibližně 30 – 70 % obsahu veškeré síry),

- pyritická (FeS_2 – minerál různých velikostí),
- síranová (stabilní, není zdrojem znečišťující látky SO_2 , neboť dále neoxiduje),
- čistá.

Obsah síry v uhlí kolísá podle druhu i místa původu a pohybuje se v rozmezí 0,5 % až 10 % hmotnosti. V černém uhlí je obsah síry nižší než v hnědém, obvykle kolem 1 %. Česká hnědá uhlí mají asi 1 až 3 % síry. Předpokládá se, že veškerá síra v palivu přechází při spalování ve velkých topeništích do spalin ve formě SO_2 a pouze malá část (u hnědého uhlí asi 5 %) do popela. Síra v palivu je důležitým ukazatelem z hlediska odsíření vzniklých spalin a pro výpočet emisí oxidu síry.

Na proces snižování obsahu síry ve spalinách lze nahlížet z několika pohledů. Metody lze dělit podle cyklu aktivní látky na činnost regenerativní a neregenerativní, případně poněkud filozoficky coby proaktivní a reaktivní, neboli kritérium místa uplatnění kroků ke snížení nežádoucí látky před, během, či za spalovacím procesem. Požadavků pro výběr vhodné metody je několik, mezi hlavní patří:

- splnění emisních limitů, vysoký stupeň zachycení,
- složitost technologie, prostorová náročnost,
- provozní spolehlivost, pružnost procesů,
- investiční a provozní náklady,
- dostupnost základních pomocných surovin, likvidace produktu odsiřování.

2.4.1 Metody proaktivní

Jedním ze způsobů snížení síry vstupující do spalovacího procesu je využití vlastností pyritické síry. Pyritická síra je v principu minerál různých velikostí (nezřídka mikroskopických) s měrnou hmotností přibližně 5 (maximální měrná hmotnost uhlí je asi 1,8). Tohoto rozdílu měrných hmotností se využívá při snižování obsahu pyritu v uhlí metodou fyzikální separace. Jednou z variant separace je rozemletí a vyprání uhlí před použitím v kotli. Proudem kapaliny jsou unášeny pouze ty částice uhlí, které prakticky neobsahují zrnka pyritu, zatímco těžší zrnka pyritu a další minerální látky se usazují. Tímto způsobem lze snížit obsah pyritu v uhlí o 30 až 60 %, ale za cenu vysokých energetických

ztrát.

Pokud je v palivu (popelovinách) obsažen CaO a MgO, dochází k navázání síry na sírany již během spalování (bez přidání odsiřovacích sorbentů). Takto vázaná síra přechází do popeloviny, čímž se snižuje obsah SO₂ ve spalinách bez použití technologií odsíření. Tento proces se nazývá retence síry v ohništi, velikost retence se značně liší dle použitého druhu uhlí. Podle dosavadních zjištění je retence síry u sokolovského hnědého uhlí větší než u severočeského hnědého uhlí. Pro česká uhlí se retence pohybuje v rozmezí 0,03 – 0,15. Emise SO₂ je tím nižší, čím je v palivu více nespalitelné síry v porovnání se sírou spalitelnou.

Další proaktivní metodou je tlakové zplyňování uhlí. Jedná se v principu o oxidačně redukční proces, při kterém se pro zplyňování uhlí používá vodní pára. Konečným produktem je plyn složený zejména z vodíku, oxidu uhelnatého a oxidu uhličitého, který je dále používán pro spalování především v průmyslu. Současné technologické postupy zplyňování uhlí dosahují účinnosti přibližně 60 až 70 %. Na jejich vývoji se dále pracuje a širšího využití lze očekávat až v budoucnu.

2.4.2 Metody reaktivní

Nedojde-li při spalovacím procesu k navázání síry schopné oxidace na vhodnou látku (aditivum), dojde k přeměně síry na SO₂. Tyto odsiřovací procesy se dělí na regenerativní a neregenerativní. Regenerativní procesy jsou takové, v nichž se aktivní látka po reakci s SO₂ regeneruje a vrací zpět do procesu. V případě neregenerativním se aktivní látka váže na oxid siřičitý a odchází z odsiřovacího procesu formou odpadu nebo jako použitelná druhotná surovina (výrobek).

2.4.3 Regenerativní metody

Aktivní látka cirkuluje mezi absorpcí a regenerací. Jedním z regenerativních postupů je vypírání oxidu siřičitého suspenzí, která obsahuje oxid hořečnatý (MgO). Chemickou reakcí vznikne siřičitan hořečnatý (MgSO₃ x 6H₂O), který se odvodní, usuší a tepelně rozloží na MgO a plyn s obsahem SO₂. Tento plyn se dále zpracovává na kyselinu sírovou a MgO se vrací zpět do procesu. Výhodou tohoto procesu je téměř nulová produkce odpadu, nevýhodou vysoké investiční náklady.

Další možností uplatnění regenerativní metody je metoda natrium – sulfitová (metoda Wellmann – Lord). Vstupními surovinami je NaOH nebo Na₂CO₃, regenerace probíhá v odparce. Přesto, že je tato metoda nejrozšířenější z řady regenerativních, častější je užití metod neregenerativních.

2.4.4 Neregenerativní metody

Při těchto postupech se používá vápenec nebo vápno v mokřých, polosuchých nebo suchých procesech. Při suchých metodách reaguje SO₂ s aktivní látkou v suchém stavu. Reakce probíhá za teploty spalin a výsledným produktem reakce je opět tuhá látka. V polosuchém procesu se aktivní látka ve formě vodní suspenze rozstříkuje do proudu horkých spalin. Kapalina se odpaří a vzniklý produkt reakce odchází z postupu jako tuhá látka. Mokré vypírky je několik druhů (vápno – kal, vápno – sádra, vápenec – sádra), v principu však vždy dochází k vypírání oxidu siřičitého danou suspenzí.

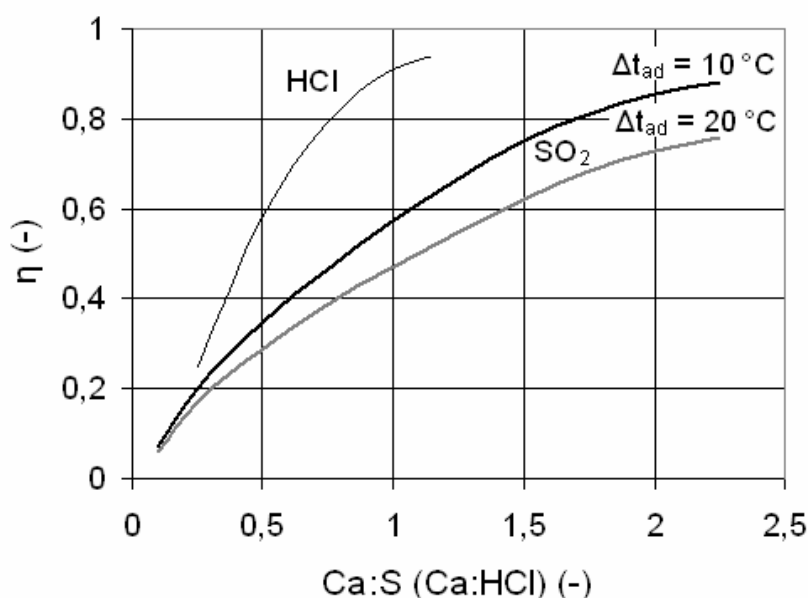
2.4.5 Suchá metoda

Princip suché neregenerativní metody spočívá v dávkování jemně mletého vápence CaCO₃ nebo jemného vápenného hydrátu Ca(OH)₂ do spalovacího prostoru (horká sorpce nebo aditivní metoda), případně do následujících kouřovodů (studená sorpce), kde dochází k vázání oxidu síry na vápenatý iont. Produkt odchází se spalinami do elektrostatického filtru, kde se s popílkem odloučí a deponuje. Účinnost procesu je velmi nízká, pohybuje se obvykle kolem 30 %, výjimečně lze dosáhnout 50 %. Silně závisí na jemnosti mletí a teplotě.

Fluidní spalování s přidavkem vápence je modifikací suché metody. Při tomto způsobu spalování je podstatně prodloužena doba zdržení paliva i aditiva v horké zóně. Takto lze dosáhnout lepšího stupně zreagování aditiva, který při optimálním mletí dosahuje až 85 %. Charakteristickým rysem fluidního spalování je nižší teplota hoření (800 – 850 °C) a dlouhá doba zdržení uhelných částic v kotli. Zejména tato dlouhá doba zdržení má příznivý vliv na stupeň zreagování vápence. Další významnou výhodou fluidního spalování je možnost spalovat uhlí již od výhřevnosti 6 MJ/kg, tedy uhlí s vysokým obsahem popela (nad 70 %), která není možná klasickými technologiemi využít.

2.4.6 Polosuchá metoda

Polosuchá metoda představuje přechod od suché aditivní metody k metodám mokrým. Jejím principem je nastříkávání vápenného mléka do horkých spalin, během kterého dochází k absorpci SO_2 a částečné oxidaci na síran vápenatý, za současného odpaření vody. Následně v elektroodlučovači se tak zachycuje směs síranu a siřičitanu vápenatého s popílkem a současně s nezreagovaným CaO . Pro zlepšení stupně zreagování CaO se část zachyceného úletu recirkuluje. Uvádí se 80 % účinnost odsíření. Metoda má výborné výsledky odstraňování chlorovodíku a fluorovodíku (kolem 90 %). Nevýhodou rozprašovací absorpce je omezené využití produktu odsíření.



Obr. 4: Závislost účinnosti polosuché metody

2.4.7 Mokrý metoda

V současnosti nejužívanější metoda. Mokré vápencové vypírky předpokládají, že se spaliny nejprve zbaví prachových částic (popílků), ochladí a teprve následně se provede odsíření. Proces odsíření probíhá v absorberu, nejčastěji instalovaný je protiproudý bezvýplňový (přívod spalin ve spodní části nad jímkou absorberu). Dalšími často užívanými absorberů jsou souprroudý (přívod spalin i absorpční suspenze vrchem), souproudo-protiproudý (kombinace předešlých), či tryskově-bublíkový (přívod spalin do absorpční

suspenze řadou trubek).

Podstatou odsiřovacího postupu vápenec – sádra je vypírání spalin jemně mletým přírodním vápencem o čistotě 90 až 97 %. Reakcí oxidu siřičitého vzniká siřičitan, oxidující v kyselém prostředí na síran. Vypálením v kalcinační peci tak vznikne sádra. Účinnost se pohybuje kolem 95 %.

Odsiřovacím postupem vápno – sádra vzniká sádrovec. Oxid siřičitý se odstraňuje postupně ve dvou stupních. Pomocí kyseliny sírové se upravuje pH suspenze a v oxidačním reaktoru suspenze se vzduchem zoxiduje. Lze dosáhnout účinnosti mezi 70 až 90 procenty. Produkovaný sádrovec se nejprve zbaví větší části roztoku v hydrocyklonu, dále se promývá vodou a dosouší nebo odstředuje na obsah volné vody do 10 %. Konečný produkt se jako takzvaný energosádrovec ukládá v silu na vlhkou sádru a poté se dále zpracovává na stavební materiály nebo se využívá jako regulátor tuhnutí do cementu. Není-li odbyt, zpracovává se na stabilizát (deponát) a ukládá se na skládku. Voda z vymývání se vrací do technologie, část lze vypustit do ČOV nebo nechat odpařovat ve spalinách v kotli. Odpadní vody z odsiřování obsahují především těžké kovy původem z vápence a uhlí (Hg, Co, Cu, Pb, Zn, Cd, atd.) a čistí se postupným srážením nebo nástřikem do horkých spalin, kde se kontaminanty váží na popílek.

Obdobně reaguje metoda vápno – kal, postup však není chemicky stabilní a klade vysoké nároky na skladování (kal je potřeba částečně odvodnit a následně uložit na skládce). Oxid siřičitý se vypírá vodní suspenzí CaO za vzniku nerozpustného kalu. Ten obsahuje dihydrát síranu vápenatého, hemihydrát siřičitanu vápenatého, siřičitan vápenatý a nezreagovaný podíl vápna.

3. *Uspořádání a provoz odsiřování v Plzeňské teplárenské, a.s.*

Současný systém odsiřování spalin v PT byl zprovozněn roku 1997. Jedná se o polosuchou metodu, která zajišťuje plnění stanovených emisních limitů pro dva horkovodní kotle K2 a K3 (kotel K1 byl zlikvidován roku 2005) a dva kotle parní granulační K4 a K5. Od roku 2010 je do odsiřovacího systému zapojen i kotel K7 spalující výhradně biomasu. Ta však kvalitativně neovlivňuje činnost odsiřovací jednotky a pouze využívá stejnou spalinovou cestu.



Obr. 5: Pohled z komínu. Budova odsiřování se nachází v dolní levé části snímku.

3.1 *Spalinové kanály*

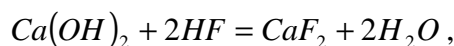
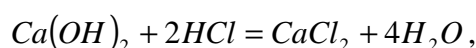
Spaliny jsou od kotlů odváděny spalinovými kanály. Za kotlem K4 a K5 jsou instalovány elektrostatické odlučovače, snižující množství pevných částic. Tato dispozice vychází z původního řešení, kdy v 80. letech minulého století se při projektování kotlů nepočítalo s odsiřováním spalin a jediným požadavkem byla nízká prašnost. Při rekonstrukci v roce 1997 byl tento čistící člen implementován do stávajícího zařízení. Před vstupem do absorberu je umístěna dvojitá žaluziová klapka s těsnícím vzduchem. Jedná se o dvě sprážené klapky, mezi které je přiváděn těsnící vzduch. Nejvyšší průtočné množství spalin do

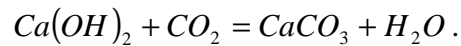
absorbéru je cca 688 000 Rm³/h. V případě nižšího množství spalin od kotlů (méně než 370 000 Rm³/hod.) je chybějící množství spalin přiváděno přes recirkulační kanál spalin (bypass) zpět ke vstupu do absorbéru. Toto množství spalin je regulováno regulační klapkou. Při minimálním množství spalin cca 100 000 Nm³/h je recirkulované množství cca 350 000 Rm³/h. Vyčištěné spaliny za absorbérem jsou kouřovým ventilátorem dopravovány přes elektroodlučovač a dvojitou klapku do komína. V případě odstavení odsíření mimo provoz jsou spaliny od kotlů odváděny bypassem spalinovými kanály přímo do komína.

3.2 Absorbér

Absorbér je válcovité těleso svařené z ocelových plechů o průměru 8,4 m a výšce 39 m. Dno absorbéru je tvořeno kuželovitou provzdušňovanou výsypkou zakončenou dvojitou kývavou klapkou, která slouží k vynášení napadaného materiálu ven z absorbéru. Spaliny vstupují do absorbéru spodní částí směrem na střed, kde je pomocí vodících plechů změněn směr jejich proudění. Ve výšce cca 10 m je umístěno sedm Venturiho trysek. Tyto trysky udělují odpovídající rychlost a tlak spalinám před kontaktem s mrakem uvnitř absorbéru. Mrak (cirkulující fluidní lože) je tvořen směsí popílku s hydrátem a pomocí diference mraku je řízen i celý chod absorbéru. Pod Venturiho tryskami jsou zaústěny dvě cesty dávkování hydrátu a spodní cesty recirkulace produktu. Nad Venturiho tryskami je zaústěna horní cesta recirkulace produktu a jsou zde umístěny otvory pro chladící vratné vodní trysky, kterými se vstřikuje do absorbéru voda k optimalizaci absorpční teploty na cca 76 – 78 °C.

V absorbéru se spaliny intenzivně smíchají s jemnozrnným sorbentem do expandující cirkulující fluidní vrstvy, čímž začnou kyselé škodlivé plyny, zejména SO₂, SO₃, HCl, HF, částečně CO₂ reagovat s hydroxidem vápenatým Ca(OH)₂. Chemicky lze pochody vyjádřit následovně:





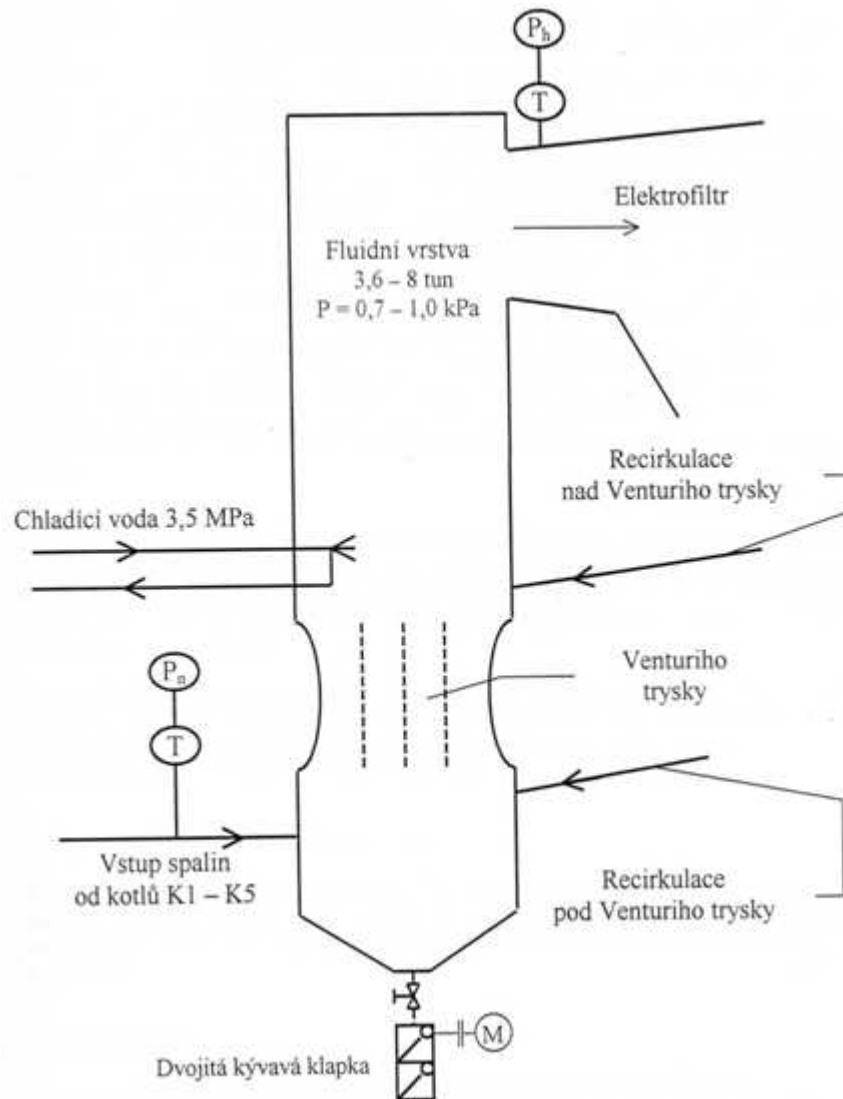
Hydroxid vápenatý o vlhkosti < 1 % je dávkován do vstupního kanálu kouřových plynů vstupující do absorberu turniketovými podavači umístěnými pod vanou u sila Ca(OH)_2 . Vápenný hydrát, který je spolu s recirkulovaným produktem stržen proudícími spalinami, uvnitř absorberu chemicky reaguje ve fluidní vrstvě se spalinami. Nejlepší reakce hydrátu se sírou se nachází na mezi rosného bodu. Snížením pod tento bod vzniká riziko materiálové degradace, zvýšením naopak klesá účinnost odsíření. Látky vzniklé touto chemickou reakcí a popílek obsažený v odsiřovaných spalinách vytváří tzv. produkt, který je ihned zapojen do recirkulace.



Obr. 6: Zaústění horní cesty recirkulace produktu do absorberu.

Průměrná doba setrvání pevných látek v absorberu je cca 1/2 až 2 hodiny. Hmotnost materiálu (mraku) v absorberu je rovna rozdílu tlaků v absorberu. Rozdíl tlaků v absorberu odpovídá přibližně 0,8 až 1,8 kPa a je úměrný množství kouřových plynů na vstupu do absorberu

(měřeno před a za absorbérem). Rozdíl tlaků 0,4 kPa odpovídá hmotnosti pevné látky v mraku přibližně 3 tuny. Směs spalin, polétavého prachu a hydroxidu vápenatého po reakci ve fluidním loži opustí absorbér na absorbční hlavě v horní části a vstoupí přes žaluziový odlučovač (dvojitá mříž) do elektrofiltru.



Obr. 7: Schéma absorbéru.

Revizní vstupy do absorbéru jsou umístěny na úrovních 0 m, 4 m, 7 m, 13 m a 19 m. Během jarní odstávky dochází k údržbě vnitřku absorbéru, zejména jeho vnitřnímu čištění od úsad. Celkové zalepení, které by mělo za následek neprůchodnost spalin, je téměř vyloučené s ohledem k rozměrům absorbéru a vysokým rychlostem, které uvnitř spalin dosahují.



Obr. 7: Údržba absorbéru nad Venturiho tryskami během jarní odstávky 2012.

3.3 *Elektrostatický odlučovač*

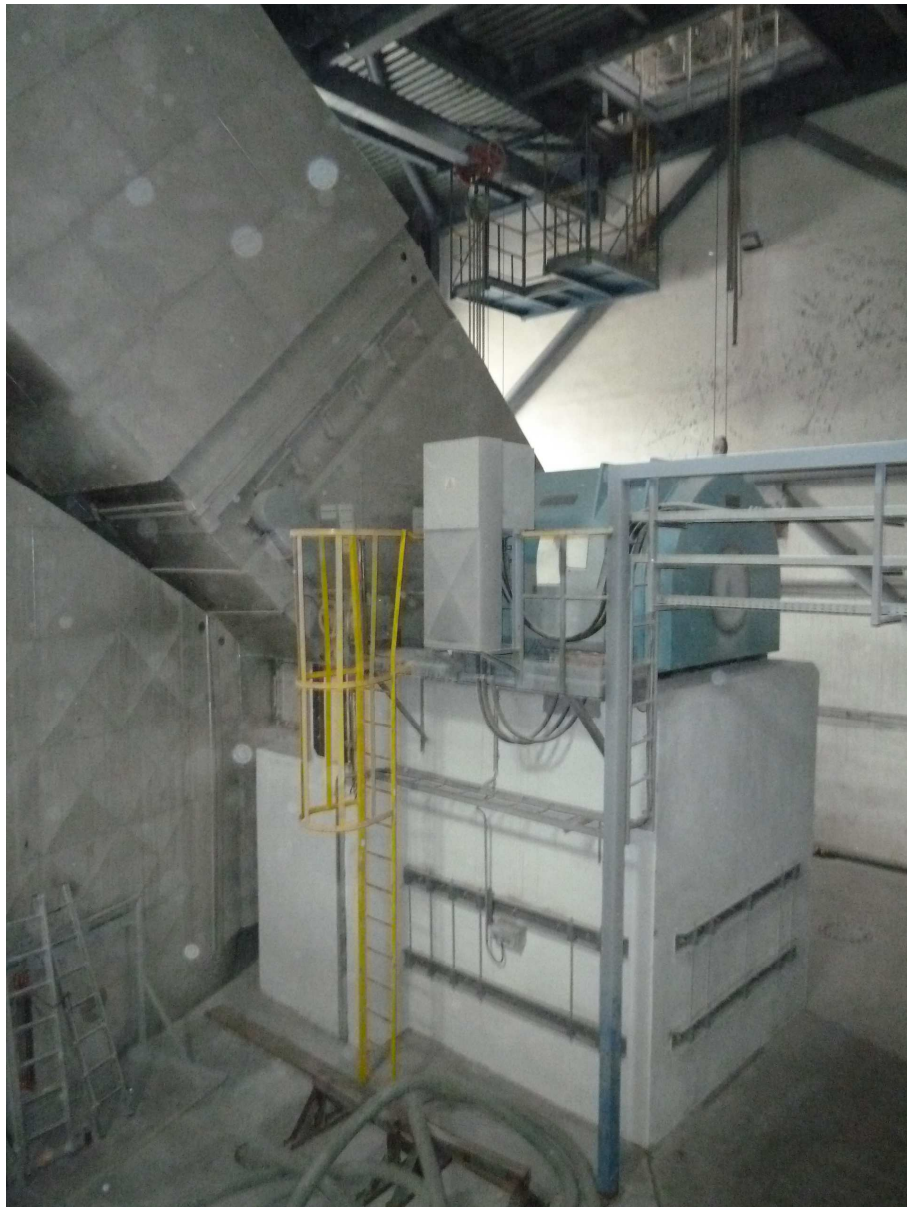
Elektroodlučovač zaujímá celou horní polovinu budovy odsíření. Je složen ze čtyř samostatných polí, každé má ve spodní části dva (levé a pravé) bunkry, tvořené kónickými výsypkami. 1. sekce vytváří zásobu materiálu pro tvorbu mraku (odchytá se přibližně 80 % tuhých látek). Pokud je odchyteného materiálu velké množství, dopravuje se rovnou do sila. V opačném případě se vrací do recirkulace a do sila se dopraví až po několika cyklech. Odchyty z 2. až 4. se recirkulují vždy. Každé pole má svůj vlastní VN transformátor a řídicí jednotku Cromatic. Řídicí část udržuje automaticky hodnotu proudu a napětí, při zkratech se automaticky vadné pole odpojuje. Uvnitř elektrofiltru jsou ve směru proudění spalin zavěšeny sršící elektrody (mříže –záporný pól VN) a jímací elektrody (tvarované plechy – kladný pól VN). Při provozu EO se s výhodou používá úsporný impulsní provoz. Úspora činí přibližně 200 kW na jedno pole, celkem tedy 800 kW.

Princip elektrostatického odlučovače spočívá v tom, že díky vysokému

stejnoseměrnému napětí jsou sršícími elektrodami emitovány („vystřelovány“) elektrony směrem k jímacím elektrodám. Elektrony během své cesty narážejí na pevné částice ve spalinách a strhávají je s sebou k jímacím elektrodám. Na nich se tyto částice shromažďují a pomocí mechanických oklepávačů jsou setřásány do zásobních bunkrů ve spodních částech jednotlivých polí. Vzhledem k tomu, že v provozu dochází i na jímacích elektrodách k jejich obalování produktem, jsou i ony vybaveny mechanickými oklepy. Oklepy elektrod je možné nastavit na trvalý provoz a impulzní provoz. Trvalý provoz se používá v první sekci EO (nejvyšší záchyt pevných částic) a v ostatních polích je provoz impulzní. Je to z důvodu rozfázování klepání oklepávačů v jednotlivých polích za účelem maximální účinnosti elektrofiltru. V řídicím systému pro EO je možno nastavit časový sled impulzů oklepů. K udržení čistoty elektrod EO je však nutné min. 4x týdně po dobu cca 4 hod. přepnout na trvalý provoz oklepů. Výsypky druhého, třetího a čtvrtého pole jsou vybaveny každá jedním pneumatickým oklepem a turniketovým vynašečem a deskovým uzávěrem pro vyprazdňování. Výsypky jsou vybaveny sondami k indikaci maximálních hladin. Výsypky prvního pole slouží jako zásobníky produktu pro recirkulaci a z toho důvodu jsou vybaveny váhami pro určování množství materiálu v nich a provzdušňovacími žlaby pro snadnější vyprazdňování. Tyto výsypky mají kromě maximálních indikováno ještě dvě další úrovně a to střední (provozní) a minimální hladinu. Nosníky, izolátory, výsypky a turniketové vynašeče jsou z důvodu ochrany proti korozi (zamezení rosného bodu) elektricky vyhřívány. K udržení odstupu od rosného bodu je potřeba dodržovat teplotu vyčištěných plynů na výstupu z EO nejméně na 80 °C.

3.4 Ventilátor kouřových plynů

Ventilátor je umístěn za elektroodlučovačem. Slouží k vytvoření nuceného tahu v zařízení a umožňuje dosažení zadaného podtlaku na vstupu odsíření, který je v provozních hodnotách udržován regulační klapkou umístěnou na straně sání ventilátoru nezávisle na množství spalin na vstupu do absorbéru. Běžný podtlak před absorbérem je - 1,2 kPa (minimální provozní stav při najíždění > - 0,6 kPa). S příkonem 1900 kW je motor ventilátoru nejsilnějším elektrickým motorem v teplárně. Z důvodu praskání betonového lóže vlivem chvění rotoru byly stěny vyztuženy ocelovými pruty.



Obr. 8: Motor ventilátoru kouřových plynů.

3.5 Podpůrná zařízení

Na provozu odsiřovací jednotky se vedle hlavních zařízení podílejí další podpůrné, takzvaně pomocné jednotky. Jedná se zejména o přípravu a přivedení látek do absorbéru, jejich řádná kvantitativní i kvalitativní recirkulace a následné opuštění cyklu.

3.5.1 *Dopravní žlaby*

Pro dopravu sypkých materiálů je použito dopravních žlabů. Jde o plechové tubusy rozdělené na dvě části speciální tkaninou. Do spodní části pod tkaninu je přiváděn dopravní vzduch a v horní části se pohybuje dopravovaný materiál. Díky mírnému sklonu žlabů a probublávání dopravního vzduchu materiál v horních částech žlabů „klouže“ směrem k níže položenému konci. Vzduch do dopravních žlabů zajišťují ventilátory dopravního vzduchu, ohřev dopravního vzduchu je zajišťován přes deskový parní výměník na teplotu přibližně 72 °C.

3.5.2 *Pneumatická doprava prachu – turnikety, dmychadla, komorové podavače*

Turniketový uzávěr je rotační podavač s osmi oddělenými komorami, které v provozu zajišťují rovnoměrné dávkování materiálu bez ohledu na výšku hladiny v násypce nad ním. Pro dopravu materiálu z nižších do vyšších míst se využívá spojení turniket – ejektor – dmychadlo dopravního vzduchu. Princip funkce spočívá v tom, že z dmychadla dopravního vzduchu je tento potrubím o dostatečném průřezu přiveden k ejektoru, do kterého je turniketem rovnoměrně podáván materiál a ten následně dopravním vzduchem strháván a dopravován na místo určení.

Odlišný způsob dopravy využívají komorové podavače (systém DEPAC) – doprava produktu a popílku do zásobníků sypkých hmot. Používán je tlakový pracovní vzduch. Zdrojem vzduchu pro dopravu produktu (pro recirkulaci) jsou dmychadla. Obě jsou vybavena sacími filtry a uzavíracími klapkami na výfukové straně, které umožňují provoz jen jednoho z nich do společného potrubí. Za dmychadly je v cestě dopravnímu vzduchu produktu parní ohřívák, který zajišťuje ohřátí vzduchu na cca 74 °C. Toto ohřátí je nezbytné proto, aby v případě použití studeného vzduchu nedocházelo k navlhnutí, tím tvrdnutí produktu a následnému zanesení dopravních cest.

3.5.3 *Kompresory*

Kompresory slouží k výrobě tlakového vzduchu. Jsou uzavřeny v protihlukovém krytu, jehož odvětrání je zajištěno malým ventilátorem. Spuštění tohoto ventilátoru je jednou

z podmínek chodu kompresoru. Pro ověření funkčnosti mají kompresory kontrolu počtu otáček reprezentovanou binární hodnotou (v pořádku / nízké). Kompresory se nacházejí v následujících bodech odsiřovacího procesu:

- provzdušnění sila CaO,
- doprava CaO/Ca(OH)₂,
- vykládka CaO z vagonu,
- provzdušnění sila Ca(OH)₂,
- záskok – provzdušnění sila Ca(OH)₂,
- provzdušnění násypek produktu,
- záskok – provzdušnění násypek produktu.

3.5.4 Sběrání popílku

Na vstupu do elektroodlučovače mají spaliny koncentraci prachu ještě cca 1 000 g/m³. Tento prach je v EO zachycen a z jeho výsypek je přes turniketové podavače dopravován do dopravních žlabů. Poté, v závislosti na zvoleném druhu recirkulace, z nich putuje buďto do mezinásypek, z nichž je vrácen zpět do absorbéru pod Venturiho tryskami. Průměrný počet oběhů je cca 20 - 100 za hodinu. Počet oběhů se dá odhadnout dle otáček vynášecích turniketů. Vyšší počet otáček turniketů pod 1. polem EO znamená rychlejší výměnu materiálu a tím nižší dobu setrvání materiálu v recirkulaci.

Pevné látky se přivádí pod Venturiho trysky přes 2 fluidizační nádrže (mezinásypky) a fluidizační dopravní žlaby do absorbéru. Navracené množství do vnější recirkulace je regulováno dávkovacími válci, které tímto regulují celkové množství produktu v absorbéru a v celém okruhu vnější recirkulace. Celkem je recirkulováno cca 600 tun materiálu za hodinu. Zásoba produktu ve výsypkách prvního pole EO je regulována na cca 16 tun. Přebytečný produkt je přes turniketové vnašeče dopravován do násypek nad komorovými podavači, které jej dopravují do sila produktu.



Obr. 9: Vyprazdňování sila produktu.

3.5.5 Vstřikování vody

K reakci škodlivin ve spalinách a vápenného hydrátu je optimální teplota cca 73 - 75°C. Spaliny na vstupu do odsíření mají teplotu cca 135 – 235 °C, proto jsou nad Venturiho tryskami instalovány trysky chladící vody, (tzv. zástřík), které svým regulovaným zástříkem udržují teplotu v absorbéru v technologických mezích. Dodržování teploty za absorbérem je důležité pro ekonomii provozu, má vliv na množství dávkovaného $\text{Ca}(\text{OH})_2$. K ochlazení na optimální reakční teplotu se do absorbéru vstřikuje voda pomocí zpětných trysek.

Na povrchu prachu ve fluidní vrstvě se voda odpařuje. Požadovaný tlak vody dodávají vícestupňová vysokotlaká čerpadla, která jsou zásobena vodou z nádrže o objemu 20 m³. Tlak vpředu na tryskách je cca 3,5 MPa. Zadní tlak a tím i množství vstřikované vody se reguluje pomocí regulačního ventilu na zpětném chodu vody. V provozu je vždy jedno vysokotlaké čerpadlo, jehož provoz je předem navolen. Z ostatních se navolí jedno záložní (pohotovostní) čerpadlo, které se rozběhne automaticky při poruše některého z navolených čerpadel nebo

poklesu výstupního tlaku pod cca $< 3,0$ MPa. Při velkém množství vstupních spalin, jejich vysokých teplotách je nutné zapojit a uvést do provozu další – tj.druhou trysku. Obvykle se čerpadla střídají v intervalu jednoho týdne.



Obr. 10: Tryska chladící vody.

Hladina zásobníku vody se reguluje pomocí plovákového ventilu. V případě nízkého stavu hladiny vody v zásobníku dojde k automatickému vypnutí čerpadla.

3.5.6 Vápenné hospodářství

Silo vápna CaO tvoří ocelový válec o průměru 6 m a výšce 25 m, technologický objem sila je 600 m^3 . Maximální naplnění prachové hmoty je 85 tun, měření naplnění se provádí automaticky ultrazvukovým hladinoměrem. Silo je vybaveno odvětrávacím ventilátorem a plně automatizovaným hadicovým filtrem. Vrchol sila je vybaven podtlakovou a přetlakovou klapkou, ultrazvukovým hladinoměrem a vibračním hladinoměrem, který slouží jako pojistné zařízení proti přeplnění sila. Silo CaO slouží jako zásobník vápna pro hašenku – zařízení pro výrobu hydroxidu vápenatého Ca(OH)_2 , sloužícího jako odsiřovací prostředek. Silo je možno plnit z autocisterny nebo vlakových cisteren. V mimořádném případě při poruše hašenky je možno provést přepuštění vápna - oxidu vápenatého ze sila do sila hydroxidu vápenatého a

tento použit k odsiřování. Jedná se však o nouzový stav, neboť CaO má pro odsiřování nižší účinnost. Dále by bylo nutné zvýšit teplotu za absorberem o cca 3 – 5 °C pro pásmo teplot za absorberem 76 – 78 °C.

Silo hydroxidu vápenatého tvoří ocelový válec o průměru 4 m a výšce 14,8 m, technologický objem sila je 150 m³. Nejvyšší objem naplnění sila je 80 tun, měření množství probíhá automatickou vahou. Oproti silu CaO je toto vybaveno úrovnňovým hladinoměrem, sloužícím k automatickému odstavení plnění sila v případě plnění z hašenky, v krajním případě přepouštěním páleného vápna ze sila vápna. Pod silem na palandě je umístěno plnicí zařízení plovoucí vany, dávkovací turnikety a dávkovací potrubí hydroxidu vápenatého do absorberu.

3.5.7 Hašenka

Hašenka je zařízení sloužící k výrobě hydroxidu vápenatého z páleného vápna a vody. Je umístěna v samostatném přístavku za absorberem. Ze sila vápna se pálené vápno dopravuje dopravním žlabem do zásobní - vážní vany. Dávkovací šnek dopraví vápno do šneku předhašení. Tam je přiváděna voda dvěma vodními šnekovými čerpadly a smíchá se s páleným vápnem. Přiváděné množství vody se reguluje podle množství dávkování páleného vápna a teploty v hasícím žlabu. Zde reaguje vápno s vodou na vápenný hydrát. Z hasícího žlabu vápenný hydrát přepadává přes nastavitelné hradítko do odváděcího potrubí a dále se dopravuje turniketem a pneumatickým dopravním zařízením do sila hydroxidu vápenatého.

4. Analýza provozu

4.1 Měření emisí

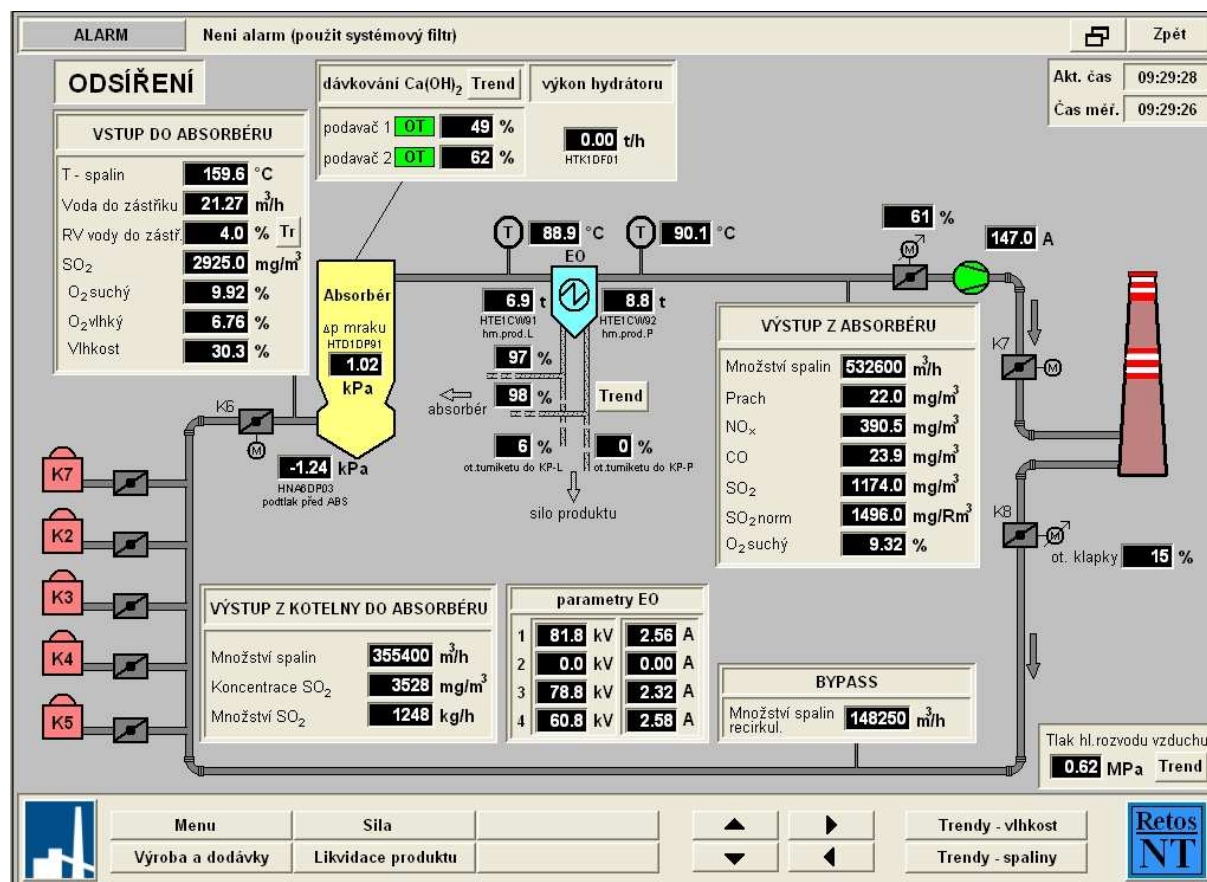
Měření před odsiřovacím zařízením probíhá v kouřovodu před absorbérem. Kouřovod je osazen dvěma analyzátory GM 30 německého výrobce SICK, určenými ke kontinuálnímu měření koncentrace oxidu siřičitého. Analyzátor pracuje na principu nedisperzní ultrafialové spektrofotometrie. Metoda zjišťuje, pro které vlnové délky a do jaké míry vzorek pohlcuje (absorbuje) ultrafialové záření. Nechá-li se na vzorek dopadat monochromatické záření v ultrafialové oblasti (monochromaticnost je zajištěna již samotnou povahou zdrojů, proto nedisperzní), poklesne v důsledku absorpce původní zářivý tok dopadajícího paprsku na nižší hodnotu. Poměr obou zářivých toků se po zanedbání ztrát vzniklých rozptylem a odrazem nazývá propustnost – transmittance. Propustnost nezávisí na velikosti dopadajícího zářivého toku. Závislost propustnosti nebo absorbance na vlnové délce záření představuje absorpční spektrum vzorku.



Obr. 11: Analyzátor plynů s ukazatelem přebytku kyslíku ve spalinách.

Parametry za odsiřovacím zařízením kontroluje zařízení pro kontinuální měření koncentrací oxidu siřičitého, oxidů dusíku, oxidu uhelnatého, TZL a obsahu kyslíku. Umístěno je na vstupu do komína před kouřovým ventilátorem. K měření obsahu plynných znečišťujících látek je použit analyzátor MIR 9000 a pro TZL analyzátor BETA 5C (5M). Sonda MIR využívá principu infračervené absorpční spektrometrie a plynové filtrační korelace (GFC). Principem infračervené spektroskopie je absorpce infračerveného záření o různé vlnové délce při průchodu vzorkem, při níž dochází ke změnám rotačně vibračních energetických stavů molekuly v závislosti na změnách dipólového momentu molekuly. Analytickým výstupem je infračervené spektrum, které je grafickým zobrazením funkční závislosti energie, většinou vyjádřené v procentech transmitance nebo jednotkách absorbance na vlnové délce dopadajícího záření.

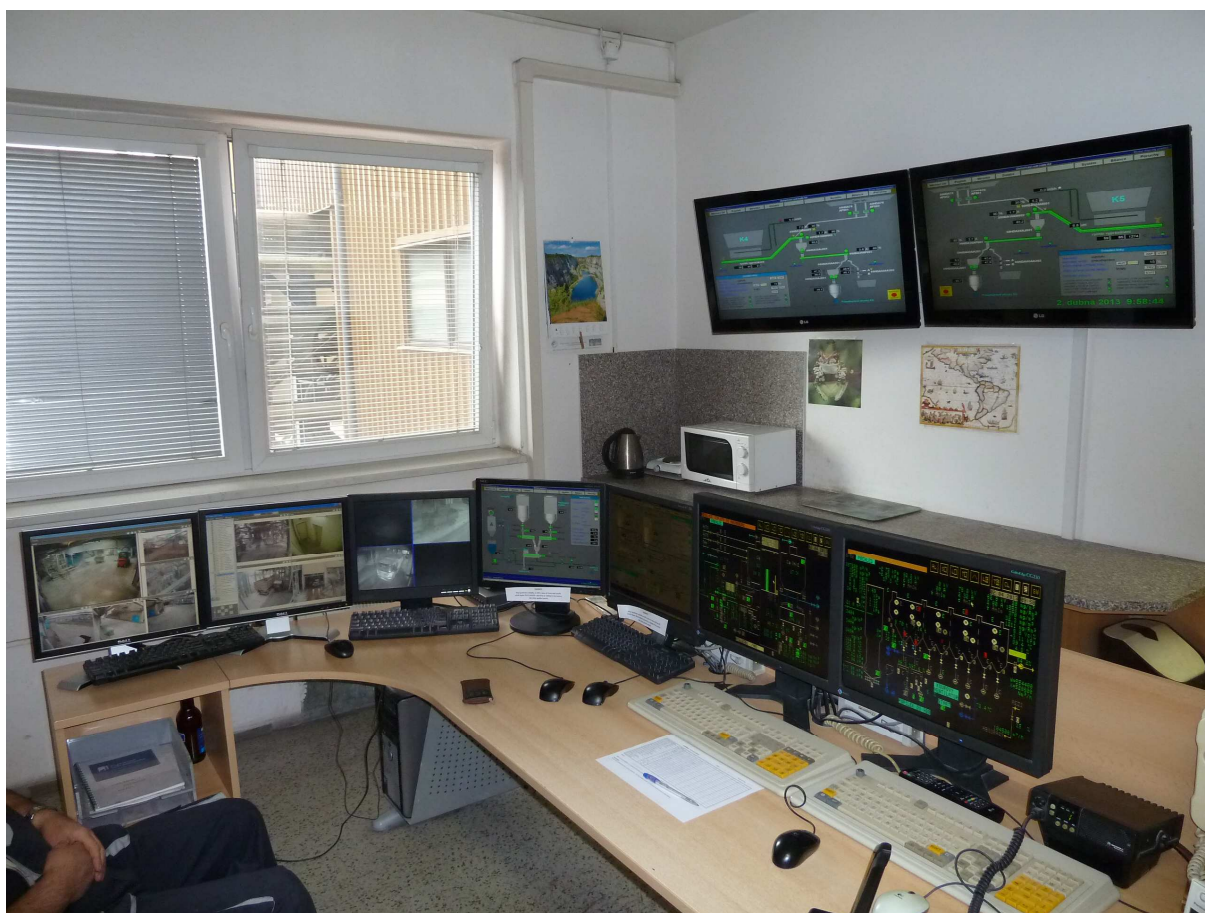
Vyhodnocovací jednotka je pro oba analyzátoři společná, umístěny jsou ve vzdálenosti přibližně deseti metrů. Výsledky jsou zasílány do centrálního řídicího systému, kde k nim přes jednosměrný informační systém Retos má přístup každý uživatel vnitropodnikové sítě.



Obr. 12: Zobrazení vnitropodnikového systému Retos s aktuálními daty (2.4. 2013).

Rozdíl v uvedených koncentracích SO_2 na výstupu z kotelny do absorberu a na vstupu do absorberu způsobují recirkulované spaliny proudící bypassem zpět do odsiřovacího cyklu (aktuální nastavení klapky přísávání na 15 %). Děje se tak v případě nízkého množství spalin vystupujících z kotelny. Dále informační systém indikuje odstavené 2. pole elektrostatického odlučovače.

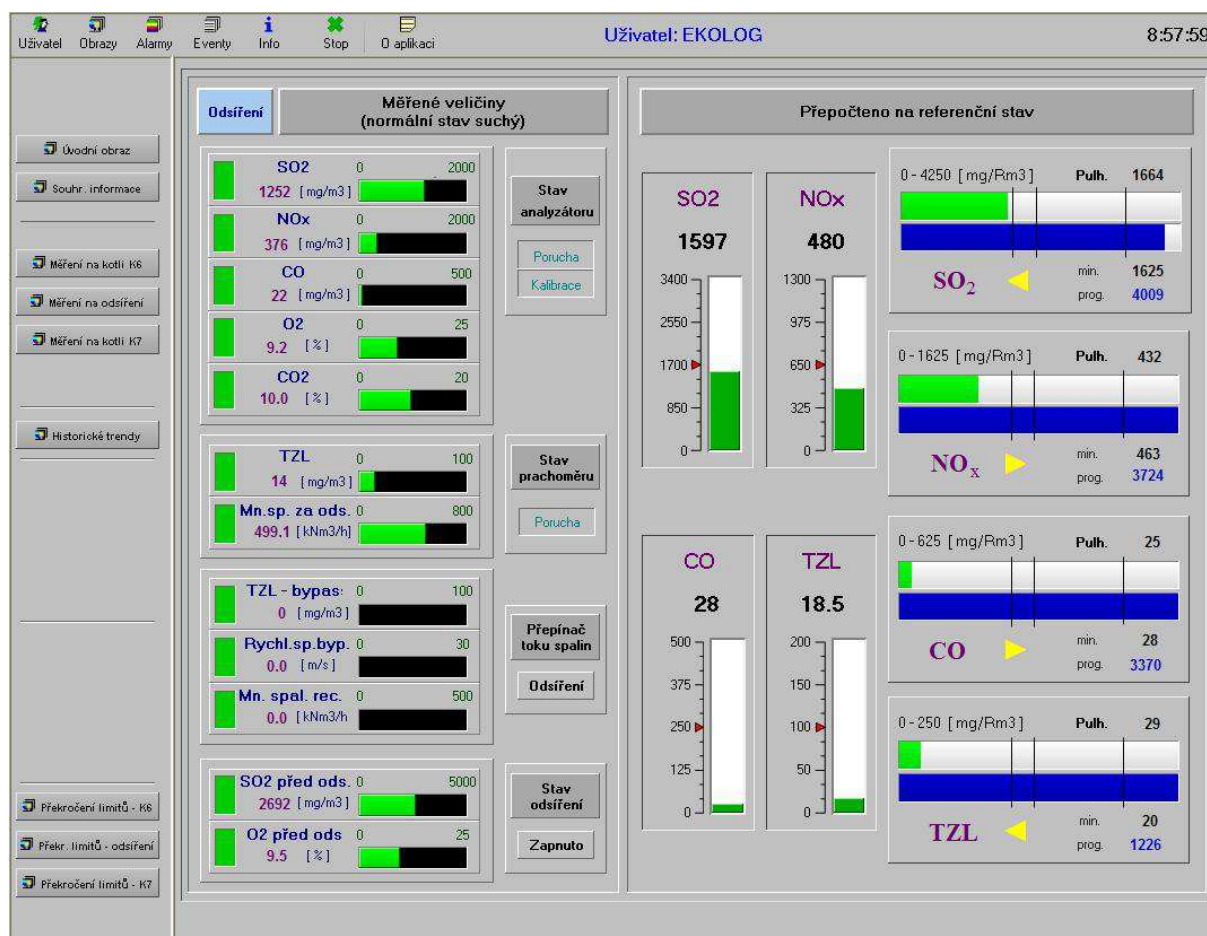
Z velínu odsiřovacího zařízení operátor ovládá také likvidaci materiálů (míchací centra), pseudopravy v podkotlí a dopravy materiálů. Dozor je zajišťován jedním pracovníkem, využívajícím řídicí systém dodaný spolu s novými technologiemi v roce 1997.



Obr. 13: Pracoviště operátora odsíření.

Pro dnešní použití je systém již zastaralý, jeho obměna by si však vyžádala velké investiční náklady, které s ohledem na nevyhnutelnou intenzifikaci odsíření v budoucnu není zatím účelné vynakládat. Provoz odsíření a jeho jednotlivých funkčních skupin při normálních podmínkách běží zcela automaticky. Hlavní provozní údaje (množství spalin, obsah SO_2 na vstupu a výstupu, tlak v absorberu, vstupní a výstupní teplota spalin, provoz turniketů a

dávkování $\text{Ca}(\text{OH})_2$), jakož i jejich grafické znázornění je průběžně registrováno. Poruchy zachycuje hlásič poruch a jsou zobrazeny v řídicím systému.



Obr. 14: Řídicí a monitorovací systém.

4.1.1 Limity

Ze zákona o ochraně ovzduší a příslušných vyhlášek plyne pro společnost Plzeňská teplárenská, a.s. povinnost plnění emisního limitu SO_2 1 700 mg/m³ (vztaženo na referenční obsah kyslíku 6 %, běžné podmínky a suchý plyn). Daný emisní limit platí pro zařízení stávajících zdrojů, k nimž bylo vydáno původní provozní povolení před 27. listopadem 2002. Provozovatel zdroje prokazuje dodržení hodnot emisních limitů tím, že naměřené hodnoty po dobu provozu zařízení v průběhu kalendářního roku splňuje následující podmínky^[15]:

- roční průměr denních středních hodnot je nižší než hodnota emisního limitu,
- 95 % všech třicetiminutových středních hodnot je nižší než 120 % emisního limitu,

- všechny třicetiminutové střední hodnoty jsou nižší než dvojnásobek hodnoty emisního limitu,
- žádná z kalendářních měsíčních středních hodnot nepřesáhne emisní limit a pro SO₂ 97 % všech čtyřicetiosmihodinových středních hodnot nepřesáhne 110 % emisního limitu.

Tyto podmínky jsou součástí přechodných ustanovení (§ 28, odst. 8, Vyhlášky č. 415/2012 Sb.). Do hodnot rozhodných pro posouzení dodržení emisního limitu se nezahrnují údaje zjištěné v době uvádění zařízení zdroje do provozu, v době jeho odstavování z provozu nebo při odstraňování poruchy.

4.1.2 Vliv vstupní suroviny

Dosahované hodnoty v odsíření značně závisí na vstupním uhlí. Společnost má v současné době kontrakt se dvěma dodavateli uhlí, a to Sokolovskou uhelnou a Severočeskými doly (Carbounion). Z pohledu uhlí má lepší parametry druhý zmíněný dodavatel s obsahem síry kolem 1 %. Většinu vstupní suroviny (kolem 350 000 tun z celkových 500 000 tun) však získává PT od Sokolovské uhelné, se kterou také na podzim roku 2011 podepsala dlouhodobý kontrakt na dodávky uhlí až do roku 2021. Parametry tohoto uhlí jsou méně příznivé. Obsah síry má velké výchyly, nejčastěji se pohybuje kolem 2,2 %, extrém byl i přes 3,5 %. Zařízení tak musí zvládnout výchyly, na které nebylo projektováno, a dodržet přitom požadovaný emisní limit. 1% síry v palivu způsobuje koncentraci SO₂ na vstupu do absorberu 2 000 mg/Rm³, 3,5% znamená koncentraci již přes 5 000 mg/Rm³. Přesná hodnota často ani není známa, neboť měřící člen měří do maximální koncentrace 5 000 mg/Rm³.

4.2 Optimální podmínky absorberu

Včasná obměna materiálu spolu se správnou tlakovou ztrátou v absorberu jsou zásadní k optimálnímu provozu absorberu. Spolu s udržením dané vlhkosti produktu pak zaručují bezporuchový provoz celého odsiřovacího zařízení.

Tlaková ztráta fluidního lože v absorberu činí cca 0,98 kPa, což odpovídá hmotnosti

pevných látek v absorbéru rovno 5 564 kg. Pro optimální provoz je zapotřebí dodržet v rámci recirkulace dobu setrvání pevné látky v absorbéru 0,25 – 15 hod. Vliv na obměnu materiálu má výkon kotlů, množství popílku (produktu) v 1. sekci EO a obsah SO₂ v surovém plynu. Minimální objem vyvážení produktu z EO je cca 370 kg/hod. Na základě provozních zkušeností bylo zjištěno, že nedochází-li k průběžnému doplňování popílku a vyjíždění materiálu v průměru alespoň 15 % otáček turniketu, nastává cca během 3 – 4 dnů skoková změna volné vlhkosti produktu z 1,2 na 1,8 % a je nutné provést „radikální obměnu materiálu“ najetím záložní pseudopravy od K4 / K5 a obměňovat materiál po dobu nejméně 7 hodin. K plnému vyjetí 5 564 kg je zapotřebí rovněž přibližně 7 hodin. Tab. 2 znázorňuje provozní stavy při maximální výstupní koncentraci za absorbérem (stav 1) a situaci minimálního vyvážení (stav 3).

stav	Hmotnost lože [kg]	Vyvážka produktu [kg/hod]	Doba setrvání v absorbéru [hod]
1	5564	927	6
2	5564	470	11,8
3	5564	368	15,1

Tab. 2: Vliv množství vyvážky na době setrvání.

Při opětovném najetí zařízení vytvoří řídicí systém ze zásoby produktu fluidní vrstvu v absorbéru. Uvnitř absorbéru je produkt nadnášen proudícími spalinami a z důvodu setrvačnosti se u stropu reaktoru hmotnější částice oddělí od spalin, které jsou směřovány do elektrodlučovače a spirálovitým pohybem klesají podél stěn absorbéru dolů do prostoru nad Venturiho tryskami, kde jsou znovu zachyceny spalinami a cyklus se opakuje. Tento děj se nazývá vnitřní recirkulace. V případě, že není ve výsypkách prvního pole EO k dispozici potřebné množství produktu pro vytvoření fluidní vrstvy pro najetí odsíření (min. 18 tun při prázdných mezinásypkách), je třeba toto množství nejprve tzv. nasbírat. Toto nasbírání probíhá tak, že spaliny proudí přes odsíření a v EO se zachytává popílek, který se shromažďuje ve výsypkách. Provoz elektrodlučovače je řízen tzv. najížděcím provozem (po delší odstávce) po dobu cca 0,5 hod. do vzniku korony.

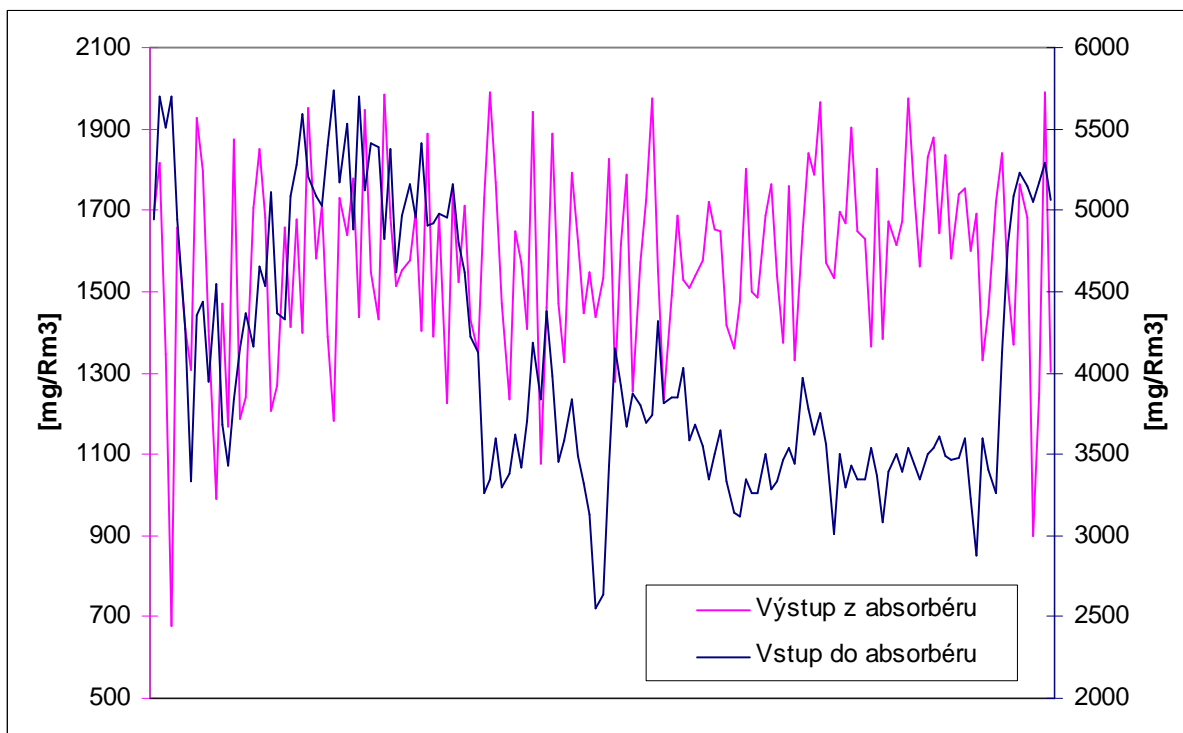
4.3 Regulace odsíření

Volba druhu regulace odsíření i nastavení žádaných hodnot je procentní nebo hmotnostní (miligramové). Hodnota nastavení regulace odsíření se v průběhu provozu přizpůsobuje velikosti vstupní hodnoty SO₂ v kouřových plynech na vstupu do absorbéru tak, aby byla udržována výstupní koncentrace v rozmezí cca 1 000 – 1 100 mg/m³ nepřepočtených. Je nutné dávkovat minimální množství Ca(OH)₂ tak, aby byl udržován přebytek nezreagovaného Ca(OH)₂ v produktu odsíření přibližně 10 %. K optimalizaci odsíření se přihlíží na stechiometrické faktory. Jedná se o faktory, které podle příslušného druhu regulace určují, jaké minimální množství hydrátu je nutno do absorbéru nadávkovat za následující hodinu tak, aby bylo dosaženo daného přebytku nezreagovaného hydrátu v cirkulujícím produktu. Tímto je dodržena homogenita fluidní vrstvy. Provozně byla přesnost dávkování dle stechiometrie odzkoušena a není nutné při běžném provozu manuálně zasahovat do dávkování hydrátu. Změna stechiometrického faktoru probíhá přibližně každých 7 až 12 minut.

K dodržení emisních stropů množství tun SO₂ za rok (limit 2 833 t/rok) je předpoklad nastavení regulace SO₂ na cca 1 230 mg/Rm³ (výchozí údaj emisního stropu určeného pro rok 2009). V případě změn limitů se regulace mění. Základní nastavení regulace odsíření:

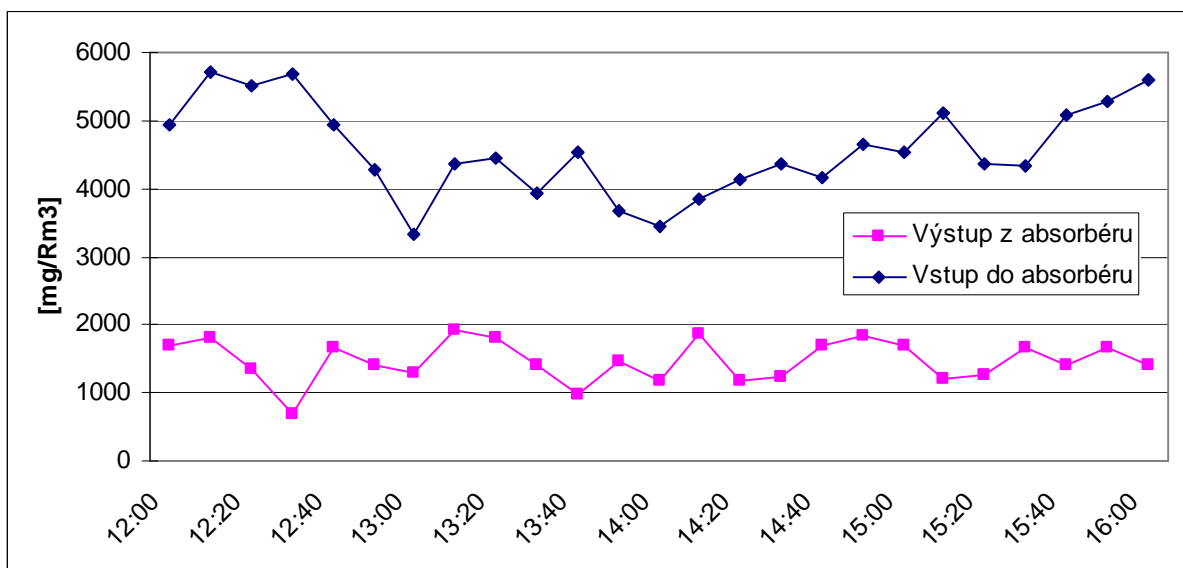
- procentní regulace: 60 – 80 %,
- regulace hmotnostní: 1 200 – 1 650 mg/Rm³.

Následující graf zobrazuje průběh koncentrací před vstupem do absorbéru v intervalu čtyřiaadvaceti hodin. Data začala být sbírána 3.4. 2013 ve 12:00 a každých deset minut byla zaznamenána aktuální hodnota.



Obr. 15: Průběh hodnot koncentrace na vstupu a výstupu absorbérů.

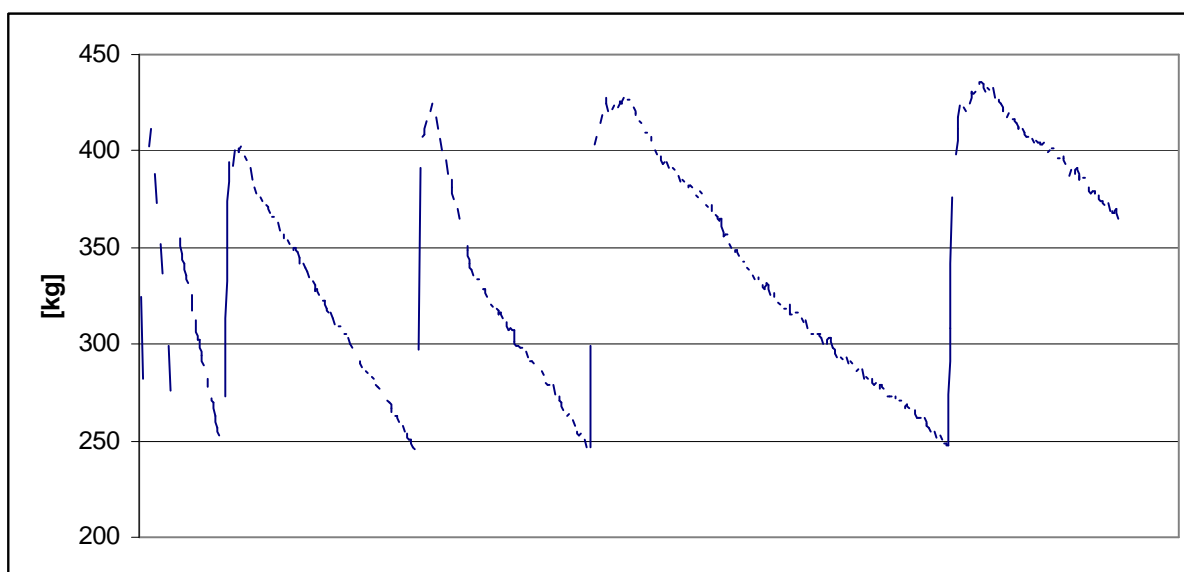
Pro názornost přizpůsobování odsiřovací regulace na vstupních koncentracích byl vybrán kratší časový úsek v délce čtyř hodin. Počáteční hodnota byla zaznamenána 3.4. 2013 ve 12:00. Průběh znázorňuje obr. 16.



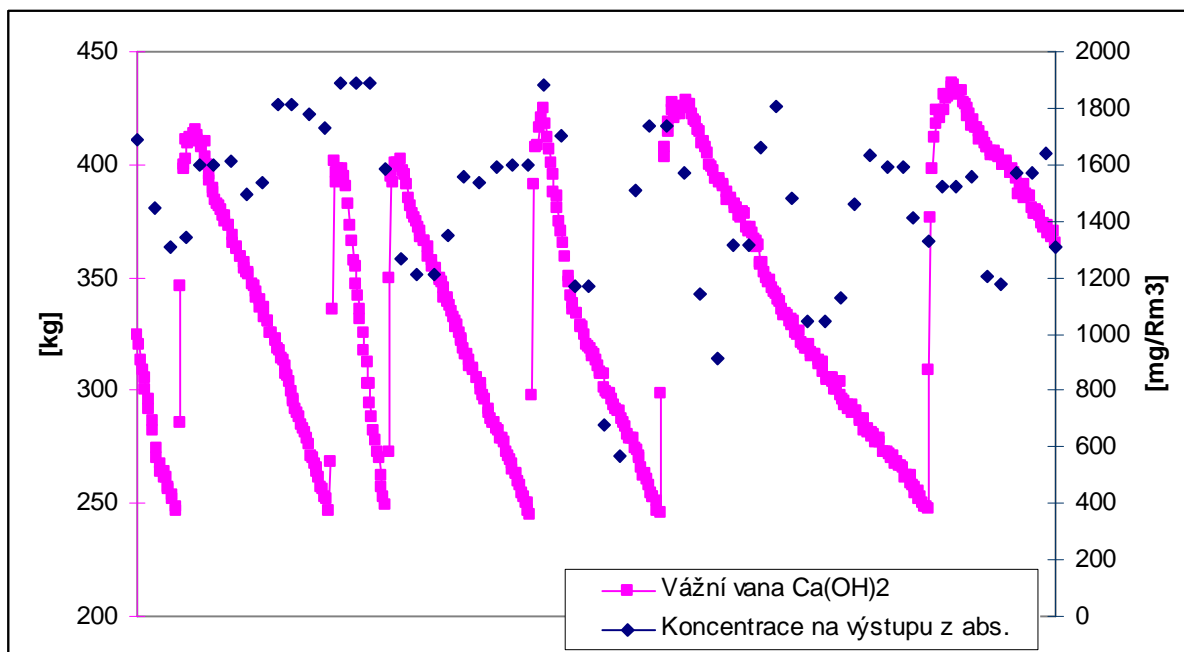
Obr. 16: Průběh koncentrací v čtyřhodinovém intervalu.

4.3 Spotřeba aditiv

Vedle centrálního zásobování teplem realizuje PT obchod s elektřinou a poskytování podpůrných služeb přenosové soustavě. Těmito službami jsou primární regulace frekvence, sekundární a terciální regulace předávaných výkonů, jakožto součást systémových služeb pro zabezpečení spolehlivého provozu celé přenosové soustavy. Není tedy stabilní výkonová hodnota a dochází tak k neustálým změnám výkonu i několikrát do hodiny. V důsledku toho nelze určit měrnou spotřebu a ta není ani měřena, neboť v době projektování zařízení se nehledělo na bilanci. Uspokojivě řešena nejsou ani měření a dávkování hydrátu. Zde vzniká problém získat z dostupných měření relevantní hodnotu. Vážené je denní silo hydrátu, rozsah měření je však 150 tun a s přihlédnutím k intervalu hodinové spotřeby 0,2 – 3 tuny je přesnost měření velmi nízká. Samotné dávkování hydrátu není řešeno obvyklým způsobem přes průtokovou váhu, nýbrž prostřednictvím vážní vany – ta je nasypána a při vyprázdnění (hlášeno signálkou nízkého stavu) se dosype (obr. 17, 18). Turnikety znají průtočné hodnoty, ale neexistuje přesná hodnota pro bilanci. Hodnota hmotnosti látky v síle a vážní vaně se liší ve stejnou dobu až o 30 %. Snahou je tedy udržovat zařízení v ideálních pracovních parametrech i bez znalosti aktuální spotřeby na základě zkušeností (diference mraku, teplota). Znalost této hodnoty by v důsledku neměla žádný vliv na chod zařízení, stala by se pouze statistickým údajem.



Obr. 17: Průběh hmotnosti $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ve vážní vaně (interval jedné hodiny, počátek záznamu 3.4. 2013, 12:00).



Obr. 18: Průběh hmotnosti $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ve vážní vaně (interval 24 hodin, počátek záznamu 3.4. 2013, 12:00).

Z obr. 18 je patrná závislost mezi zvýšenými koncentracemi SO_2 na výstupu z absorberu (analogicky tedy i zvýšenými koncentracemi v surových spalinách) a sníženou periodou naplnění vážní vany.

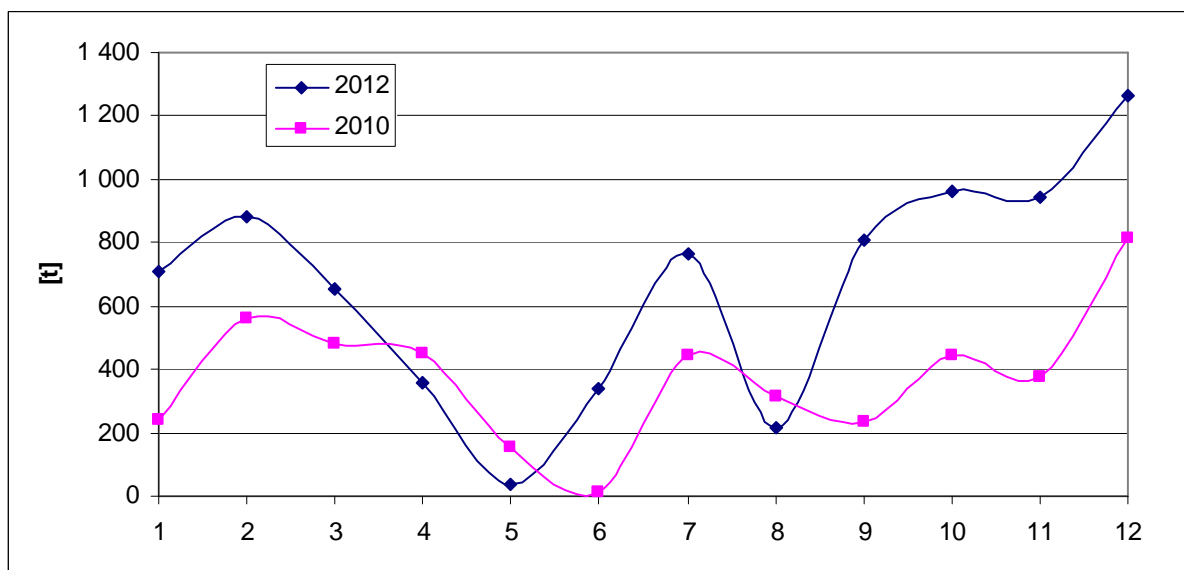
Sledována je celková spotřeba vápna v průběhu roku. Spotřeby v absolutních hodnotách ve sledovaných obdobích zachycuje tab. 3. Na výslednou spotřebu má vliv celá řada faktorů, mimo jiné jakost uhlí, průběh teplot v topné sezóně a jiné. Rozdíl spotřeb mezi hodnocenými roky je způsoben změnou dodavatele uhlí (zvýšený obsah síry).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	celkem [t]
rok 2010	241	564	481	450	156	13	445	312	237	443	378	811	4 532
rok 2012	709	885	652	356	35	341	763	219	809	960	942	1 265	7 937

Tab. 3: Spotřeba vápna v jednotlivých měsících [t].

Obr. 19 indikuje průběh spotřeby vápna ve dvou srovnávacích letech na základě dat z tab. 3. Je zde zřejmá odstavka odsiřovacího zařízení na konci zimní sezóny. Pravidelná jarní odstavka trvá přibližně tři týdny a snahou je toto období snížit na minimum, neboť je s ohledem na plnění emisních limitů spalováno nízkosíraté uhlí za vysokou nákupní cenu. Zpravidla zůstává v činnosti pouze jeden z kotlů K4 nebo K5 a spaliny jsou vedeny bypassem přímo do komína. Během jarní odstavky v roce 2013, která je plánována na začátek května, se

bude předodsířovat metodou suché sorpce, nebyl totiž zajištěn dostatek nízkosírnatého uhlí.



Obr. 19: Spotřeba vápna v průběhu roku.

4.4 Hmotnostní bilance

Na podzim roku 2011 byla provedena dodavatelem odsiřovacího zařízení hmotnostní bilance v návaznosti na plnění potenciálně zpřísněných emisních limitů. Změna proti těmto údajům může vyplývat z dodatečného přimíchávání a spalování biomasy. Podíl přimíchávané vstupní suroviny není ve srovnání s výkonem z uhlí významný a dané hodnoty jsou proto dostačující.

		Plyn z kotlů	Plyn do ABS	Plyn do EO	Plyn z EO
Objem spalin:	m ³ /h - mokré	688 000	691 722	771 913	771 443
	m ³ /h - suché	603 000	605 918	605 370	604 900
	m ³ /h - celkový	1 339 007	1 344 530	1 057 279	1 060 028
Teplota:	°C	230	229	75	75
Tlak:	kPa	0,959	0,958	0,943	0,939
Hmotnostní průtok					
Celkem	kg/h	889 383	893 994	2 013 221	955 969
H ₂ O	kg/h	68 332	68 977	133 883	133 883
N ₂	kg/h	612 658	615 629	615 629	615 629
O ₂	kg/h	41 292	41 492	41 380	41 380
CO ₂	kg/h	163 221	164 011	163 765	163 765
HC	kg/h	39	39	3	3
HF	kg/h	11	11	1	1
SO ₂	kg/h	3 136	3 140	902	902
SO ₃	kg/h	60	60	1	1

NO _x	kg/h	392	394	394	394
TZL	kg/h	241	241	1 057 264	12
Koncentrace s uvažovaným obsahem kyslíku (suché)					
HC	mg/m ³	65	65	5	5
HF	mg/m ³	18	18	1	1
SO ₂	mg/m ³	5 200	5 182	1 489	1 490
SO ₃	mg/m ³	100	100	1	1
NO _x	mg/m ³	650	650	651	651
TZL	mg/m ³	400	398	1 746 475	20
Kyslík	% objemu	4,8	4,8	4,8	4,8

Tab. 1: Hmotnostní bilance odsiřovacího zařízení.

Celkový objem spalin je součtem spalin mokrých a suchých. Rozdíl teplot na vstupu a výstupu absorberu je způsoben zástríkem vody do absorberu, ale také přimícháváním recirkulátu, který má teplotu rovněž nižší, než surové spaliny. Hmotnost SO₂ vstupujícího do absorberu činí 3 140 kg/h a zaujímá 0,35 % hmotnostního podílu všech zúčastněných plynů (nejvýznamnějším je v tomto kontextu N₂ – 68,9 % a CO₂ – 18,3 %). Po reakci v absorberu zaujímá oxid siřičitý hmotnostní podíl 0,04 %. Snížení je dáno jednak reakcí (odsířením) v absorberu, zároveň ale také více než dvojnásobným váhovým množstvím materiálu na výstupu z reaktoru (významný nárůst H₂O a tuhých látek od přidávaných aditiv). Bilance také zobrazuje výbornou kondici EO, splňující již dnes budoucí emisní limity na prachové částice.



Obr. 20: Dmychadlo komína nese po letech provozu stopy po aditivech. Fotografie pořízená při výstupu na komín PT (170 m) dne 8.9. 2012.

4.5 Využití produktu

Produkt vzniklý odsiřováním kouřových spalin kotlů K2 – K5 je certifikován jako výrobek. Poslední certifikace proběhla 1. ledna 2013 a jednalo se v zásadě o prodloužení první certifikace z roku 2009. Posuzovány byly dle příslušných norem parametry uvedené v tab. 5.

sledovaná vlastnost	zjištěná průměrná hodnota	požadovaná hodnota
obsah CaO (% hmot.)	41,33	$\geq 40,0 \leq 55,0$
obsah MgO (% hmot.)	0,20	$\leq 1,0$
obsah K ₂ O (% hmot.)	0,16	$\leq 0,5$
obsah Na ₂ O (% hmot.)	0,09	$\leq 0,5$
ztráta sušením při 45°C (% hmot.)	0,23	$\leq 3,0$
ztráta sušením při 300°C (% hmot.)	2,40	$\leq 10,0$
obsah celkové síry vyjádřený jako SO ₃ (% hmot.)	27,57	$\geq 25,0$
hmotnostní aktivita Ra ²²⁶ [Bq/kg]	15,00	$\leq 300,0$
index hmotnostní aktivity "I"	0,21	$\leq 2,0$

Tab. 5: Parametry produktu a jejich požadovaná hodnota při certifikaci.

Navzdory certifikovaným vlastnostem není o produkt v regionu většího zájmu. Stálí odběratelé nejsou, část využívá společnost REKKA, s.r.o., která materiál transformuje na výrobek obchodního názvu Rekosol. Využíván je zejména na zhutňování zemin a dolů, podsypy a rekultivace (např. lom Božkov u Plzně, Hůrka v jižních Čechách). Zbytek produktu z odsiřování je likvidován v režimu odpadu (v roce 2012 přibližně 60 %). Celkové množství produktu z odsiřování zaznamenává tab. 6.

rok	2006	2008	2010	2011	2012
množství produktu [t/rok]	5400	5400	7400	7400	11300

Tab. 6: Množství produktu v jednotlivých letech.

5. Návrh opatření

Zvýšení účinnosti velkého technologického celku se vždy podrobuje složitým technologicko – ekonomickým posouzením. Důvodů může být několik. Od prosté snahy snížit výrobní náklady až po politická rozhodnutí vykonávaná prostřednictvím legislativních nástrojů.

5.1 Vliv směrnice 75/2010/EU

V lednu 2011 vstoupila v platnost Směrnice Evropského parlamentu a Rady 75/2010/EU, o průmyslových emisích (integrované prevenci a omezování znečištění). Evropská unie prostřednictvím této směrnice snižuje teplárnám a elektrárnám s tepelným příkonem nad 50 MWt povolené emisní limity oxidu siřičitého, oxidů dusíku a tuhých znečišťujících látek s platností od 1. 1. 2016. Pokud zdroj nesplňuje nové emisní limity, pak je nutné přistoupit k některému z následujících opatření:

- provést do 31. 12. 2015 taková provozní nebo investiční opatření, která zajistí plnění požadovaných emisních limitů,
- odstavit zdroj z provozu od 1.1. 2016,
- zařadit zdroj do některého z alternativních režimů, který umožní překračování stanovených emisních limitů:
 - dočasně: přechodný národní plán, provoz v režimu odchylky pro spalovací zdroje s omezenou životností, režim pro centrální zdroje, režim pro zdroje umístěné v malé izolované soustavě;
 - dlouhodobě: plnění minimálního stupně odsíření místo emisních limitů SO₂ nebo provoz na úrovni 1 500 provozních hodin ročně.

5.1.1 Přechodný národní plán

V období od 1. ledna 2016 do 30. června 2020 mohou členské státy vypracovat a provádět přechodný národní plán, kterým se stanoví emisní strop nejvyššího ročního množství emisí (SO₂, NO_x, TZL) za všechna zařízení zahrnutá do plánu. Spalovací zařízení mohou být

v tomto období osvobozena od dodržování zpřísněných emisních limitů s tím, že dodržují emisní limity uvedené v integrovaném povolení k 31.12. 2015. Do PNP musí být zařazena všechna zařízení, jejichž spaliny jsou vyvedeny do společného komína. PNP dává provozovateli jistou prodlevu pro rozložení nutných ekologizačních opatření v čase. V případě, že nebude na zdroji provedena ekologizace, přinutí klesající emisní stropy provozovatele zdroje k omezování výroby. Po ukončení přechodného národního plánu by měl zdroj již plnit zpřísněné emisní limity.

5.1.2 Odchylka pro spalovací zdroje s omezenou životností

V období od 1. ledna 2016 do 31. prosince 2023 mohou být spalovací zařízení osvobozena od dodržování zpřísněných emisních limitů v případě, že se provozovatel nejpozději 1. ledna 2014 zaváže k tomu, že v období mezi 1. lednem 2016 a 31. prosincem 2023 nebude zařízení provozovat více než 17 500 provozních hodin. Celková suma provozních hodin nemusí být využita rovnoměrně – zdroj může být kupříkladu provozován s využitím maximálního ročního časového fondu po dobu dvou let. Tento režim opět poskytuje provozovateli jisté období pro rozložení nutných ekologizačních opatření nebo období pro výstavbu nového zdroje.

5.1.3 Režim pro centrální zdroje tepla

Jedná se o režim, který mohou využít menší teplárenské zdroje. Osvobozuje v období od 1. ledna 2016 do 31. prosince 2022 spalovací zařízení od dodržování zpřísněných emisních limitů v případě plnění všech následujících podmínek:

- celkový jmenovitý tepelný příkon spalovacího zařízení je nižší než 200 MWt (agr.),
- první povolení pro zařízení bylo vydáno před 27. listopadem 2002,
- alespoň 50 % užitného tepla vyrobeného daným zařízením, vyjádřeno klouzavým průměrem za období pěti let, je dodáváno v podobě páry či horké vody do veřejné sítě dálkového vytápění.

5.1.4 Malé izolované soustavy

Osvobozena od dodržování zpřísněných emisních limitů mohou být v tomto režimu spalovací zařízení, která byla k 6. lednu 2011 součástí malé izolované soustavy. Úleva se vztahuje na období do 31. prosince 2019 podle článku 34 Směrnice a na období od 1. ledna 2020 do 31. prosince 2023 podle článku 33 Směrnice. Seznam zdrojů v malé izolované soustavě sdělovaly členské státy Komisi do 7.1. 2013.

5.1.5 Stupeň odsíření

Stupeň odsíření se týká spalovacích zařízení, která nemohou zejména vlivem obsahu síry v palivu dosáhnout požadovaných hmotnostních koncentrací emisí oxidu siřičitého. Těmto zdrojům režim umožňuje plnit minimální stupeň odsíření namísto emisního limitu.

5.1.6 Režim 1500 provozních hodin/rok

Pro vybraná spalovací zařízení využívající pevná nebo kapalná paliva, která nejsou v provozu více než 1 500 provozních hodin za rok (dáno klouzavým průměrem za dobu pěti let), jsou ve směrnici stanoveny mírnější emisní limity. Jedná se o režim, který mohou využít špičkové teplárenské a elektrárenské zdroje nebo jejich části

5.2 Návrh řešení dopadu směrnice na provoz PT

Zpřísnění emisních limitů se Plzeňské teplárenské dotkne zejména u emisí SO₂. Z porovnání současné úrovně hmotnostních koncentrací emisí a budoucích emisních limitů vyplývá, že pro pokračování v provozu stávajících zařízení bude nezbytné provést primární nebo sekundární opatření pro snížení emisí.

Kotel	Výkon [MWt]	Emise SO ₂ [mg/m ³]		
		současné emise	současný limit	budoucí limit
K2	35,0	1300	1700	200
K3	35,0		1700	
K4	128,0		1700	
K5	128,0		1700	
K6	135,0		400	
K7	38,5		400	

Tab. 7: Srovnání limitů SO₂ pro kotle v PT.

Tab. 7 zobrazuje zásadní rozdíl emisních limitů stávajících oproti zpřísněným. Současný limit 400 mg/m³ u kotlů K6 a K7 je stanoven s ohledem na fluidní technologii spalování, palivem kotle K7 je navíc biomasa.

Pro případné uplatnění některého z režimů úlevy bude v každém případě potřeba respektovat agregační pravidla (volit režimy hromadně pro všechna zařízení napojená na společný komín). V případě pravděpodobného odložení ekologizačních opatření až za rok 2015 bude možné využít některý z následujících režimů úlevy:

- dočasné:
 - přechodný národní plán,
 - odchylka pro spalovací zdroje s omezenou životností;
- dlouhodobé:
 - stupeň odsíření,
 - režim 1500 provozních hodin za rok.

5.2.1 Přechodný národní plán

Metodika výpočtu emisních stropů je stanovena v Prováděcím rozhodnutí Komise ze dne 10. února 2012, kterým se stanovují pravidla přechodných národních plánů. Stropy ročních emisí vycházejí z provozních dat zdrojů během posledních deseti let do roku 2010 (využíván je průměrný průtok odpadního plynu za sledované období). Podíly jednotlivých zařízení se vypočítají následovně:

$$\text{Emisní strop} = \text{průměrný průtok odpadního plynu} * \text{mezní hodnota emisí} * 10^{-9},$$

$$[\text{t/rok}] = [\text{m}^3/\text{rok}] * [\text{mg/m}^3] * [-].$$

Mezní hodnoty emisí jsou stanoveny v prováděcím rozhodnutí Komise 2012/115/EU. Předpokládané hodnoty emisních stropů získané na základě výše uvedené metodiky zobrazuje tab. 8.

Kote l	Tepelný příkon [MWt]	Emisní limit dle PNP [mg/m ³]		Odp. plyn [mil. m ³ /rok]	Emisní strop [t/rok]				
		2016	2019		2016	2017	2018	2019	1. pol. 2020
K2	43,2	400	200	0,8	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1
K3	43,2			0,6	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
K4	149,7			1000	400,0	333,3	266,7	200,0	100,0
K5	149,7			1000	400,0	333,3	266,7	200,0	100,0
K6	146,7			1300	520,0	433,3	346,7	260,0	130,0
K7	38,2	400	200	470	188,0	156,7	125,3	94,0	47,0

Tab. 8: Vývoj hodnot emisních stropů.

Z uvedené tabulky plyne, že mezi roky 2015 a 2016 by mohlo dojít k poklesu emisních stropů oxidu siřičitého o více než 50 %. Skutečné přiděly emisních stropů zdrojů v PNP jsou závislé na přístupu Ministerstva životního prostředí k plnění celkového emisního stropu zdrojů v ČR. V případě, že by ministerstvo přistoupilo k rozdělení přebytečných emisních stropů z velkých elektráren zařazených do PNP na teplárenské zdroje, mohlo by zejména v letech 2016-2018 dojít k navýšení výše uvedených emisních stropů SO₂.

I přes významné snížení současných emisních stropů dle PNP je využití plánu pro dočasné řešení SO₂ v PT vhodné. Po intenzifikaci odsiřování, které by snížilo emise kotlů K4 a K5 v případě jejich souběžného provozu na úroveň 400 mg/m³, by bylo možné teplárnu provozovat na současné úrovni téměř do konce roku 2018.

5.2.2 Odchylka pro spalovací zdroje s omezenou životností

U tohoto režimu nastal nesoulad během transpozice. Výklad Směrnice stanovuje, že po vyčerpání 17 500 provozních hodin je možné zdroj ekologizovat a dále jej provozovat s limity podle směrnice o průmyslových emisích. Transpozice hovoří, že po vyčerpání 17 500 provozních hodin nebo k 31. prosinci 2023 dojde k ukončení provozu zdroje. Jakkoli by se o režimu dle výkladu Směrnice dalo uvažovat, na základě transpozice do české legislativy by využití této úlevy nebylo pro PT vhodné.

5.2.3 Stupeň odsíření

Stupněm odsíření se rozumí poměr množství síry zachycené v daném časovém úseku k množství síry obsažené v pevném palivu. V případě PT je stanoven minimální stupeň odsíření na 96% (zařízení o tepelném příkonu nad 300 MWt, první povolením před 27. 11. 2002). V případě spálení 1 tuny paliva s obsahem síry 2 % (čili spoluspálení 20 kg síry) by při minimálním stupni odsíření 96 % nemělo být do vzduchu emitováno více než 0,8 kg síry (tzn. ne více než 1,6 kg SO₂). Analogicky během spálení 500 000 tun uhlí by nemělo být emitováno více než 800 tun SO₂ (v roce 2010 emise SO₂ činily 3200 tun). Tento režim je vhodný do budoucna porovnat s emisemi SO₂ v případě plnění limitu 200 mg/m³. Pokud by plnění minimálního stupně odsíření bylo pro PT příznivější, bylo by možné této úlevy využít.

5.2.4 Režim 1500 provozních hodin/rok

Špičkovací teplárenské a elektrárenské, které nejsou v provozu více než 1500 provozních hodin za rok (dáno klouzavým průměrem za dobu pěti let), mají ve směrnici stanoveny mírnější emisní limity SO₂ a NO_x. Na tuto úlevu se nevztahují agregační pravidla, je tedy možné ji využít rovněž pro část spalovacího zařízení. O nasazení tohoto režimu je možné uvažovat pro kotle K2 a K3. Jejich emisní limity v případě provozu do 1500 provozních hodin za rok uvádí tab. 9.

Emisní limity K2 a K3 [mg/m ³]		
současný	od 1.1.2016	od 1.1.2016, do 1500 provozních hodin za rok
1700	200	400

Tab. 9: Emisní limity pro K2 a K3.

5.3 Životnost technologických zařízení

Plzeňská teplárenská s výhodou disponuje na tuzemské poměry poměrně neobvykle rozmanitou zdrojovou základnou jak v oblasti paliv, kotlů nebo turbín. V současné době jsou na hranici své životnosti roštové kotle K2 a K3. Jedná se o první kotle, které byly v teplárně

instalovány (v provozu od roku 1977) a dnes slouží pro krytí špiček spotřeby tepla v zimním období v takzvané studené záloze. Další prodlužování jejich životnosti nepřipadá s ohledem na provozní rizika v úvahu, do budoucna bude potřeba dožívající kotle nahradit (vhodnou technologií z hlediska provozního režimu by mohl být plynový kotel). Granulační kotle K4 a K5, zprovozněné v letech 1984 a 1985 se přiblíží konci své životnosti přibližně za 6 - 8 let. Případné generální opravy kotlů bude třeba zvážit s ohledem na dostupnost uhlí po roce 2020.

5.4 Predikce dostupnosti vstupní suroviny

Přibližně 94 % podíl palivového mixu pro výrobu tepla v České republice je tvořen čtyřmi palivy v pořadí hnědé uhlí, zemní plyn, černé uhlí a biomasa. V oblasti trhu paliv pro teplárenské potřeby je nutné zabývat se jednak dostupností jednotlivých druhů paliv a zároveň i jejich cenou. Dostupnost hnědého uhlí je dnes celonárodním tématem a velmi těžko lze vytvářet prognózy dostupnosti tohoto paliva pro PT, coby relativně malého odběratele. Současný kontrakt na hnědé uhlí je platný do konce roku 2021, není však žádná záruka možnosti jeho prodloužení. Vzhledem k nutnosti výroby tepla bude nutné vyřešit otázku dostupnosti hnědého uhlí na dobu nejméně 20 let již do konce roku 2015.

5.4.1 Zásoby hnědého uhlí

Územní ekologické limity těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi jsou stanoveny usnesením vlády České republiky č. 444/1991 Sb. a č. 331/1991 Sb. Současná vláda ČR potvrdila závazek k neprolomení územních ekologických limitů těžby hnědého uhlí deklarací ve svém programovém prohlášení. Predikce dostupnosti hnědého uhlí v horizontu deseti let ve srovnání s požadavky jeho spotřebitelů v elektroenergetice a teplárenství, se komplikuje působením několika faktorů, mezi které patří zejména očekávané změny v návaznosti na zavedení směrnice 2010/75/EU, zahájení 3. fáze obchodování s emisními povolenkami, snaha společnosti Czech Coal derivovat cenu hnědého uhlí na úroveň 80 % ze světové ceny černého uhlí, výstavba nových paroplynových zdrojů a jiné.

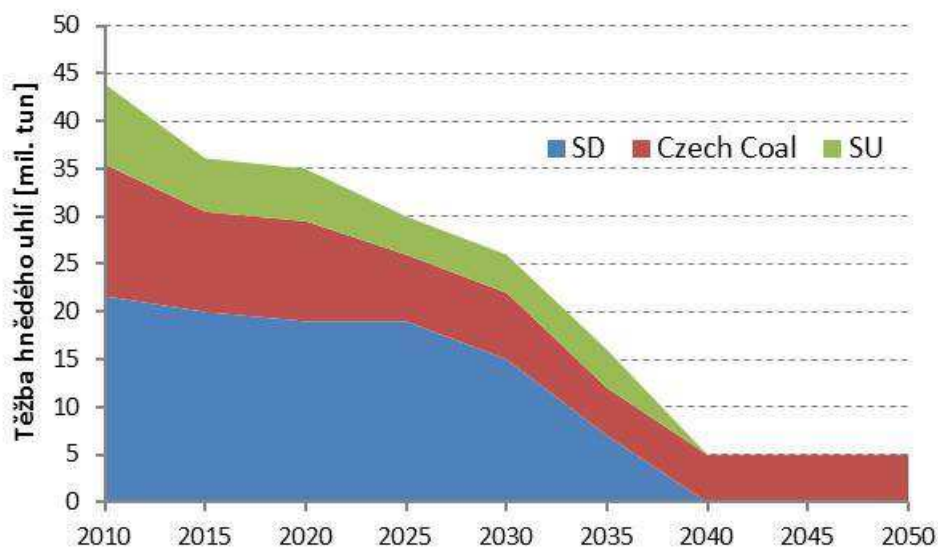
Při zachování ÚEL těžby jsou předpokládány zásoby hnědého uhlí v lomech, kde v současnosti probíhá těžební činnost, odhadovány k 1. 1. 2012 na cca 850 mil. tun. Životnost jednotlivých lomů, ve kterých v současnosti probíhá těžba, je závislá na celkovém ročním

objemu těžby.

Společnost Czech Coal předpokládá snížení těžby v lomu ČSA od roku 2013 na cca 2,5 mil. tun ročně (dnes přibližně 5 tun ročně). Zásoby hnědého uhlí vhodného pro teplárny na dole ČSA budou dočerpány cca v roce 2021. Současná vláda zatím nedala jasný pokyn k prolomení územně – ekologických limitů těžby a tedy k pokračování v těžbě na lomu ČSA.

Společnost Sokolovská uhelná (SU) bude s ohledem na snižující se zásoby uhlí snižovat roční těžbu. Po roce 2025 lze předpokládat, že vlastník dolu upřednostní spalování těžného uhlí zejména ve vlastních zařízeních ve Vřesové.

Posledním lomem v ČR s vhodným hnědým uhlím pro teplárenství je lom Bílina, provozovaný Severočeskými doly (SD). Vlastníkem dolů je společnost ČEZ, která bude podle očekávání preferovat dodávky do vlastních zařízení. Také v tomto lomu je uhlí blokováno limity těžby, nedojde-li k jejich prolomení, budou zbývající zásoby dotěženy okolo roku 2035. Předpokládanou těžbu hnědého uhlí při zachování ÚEL dokumentuje následující graf.



Obr. 21: Predikce těžby hnědého uhlí v ČR.^[17]

Celkové těžitelné zásoby jsou odhadovány přibližně na 2,2 mld. tun (před ÚEL 850 mil. tun, za ÚEL 877 mil. tun a zásoby v rezervních lokalitách 451 mil. tun). Celkové roční potřeby hnědého uhlí pro energetiku činily v roce 2010 zhruba 40 mil. tun. Z výše uvedené bilance je patrné, že těžitelné zásoby by byly schopny pokrýt současné potřeby hnědého uhlí na dobu asi 50 let (20 let zásoby před ÚEL, 20 let zásoby za ÚEL a 10 let zásoby v rezervních lokalitách).

Pozitivní vliv na dostupnost uhlí může mít postupné odstavování velkých uhelných zdrojů, které souvisí s jejich dožíváním a se zavedením směrnice o průmyslových emisích (a souvisejícími značnými investičními a provozními výdaji na ekologizaci zdrojů v případě dalšího provozu).

5.4.2 Spoluspalování náhradních paliv

Trend spoluspalování alternativních paliv náhradou za uhlí s sebou přináší v sekci odsíření jistá rizika. Spaliny paliv, která produkují dioxiny, furany, případně uvolňují rtuť a jiné těžké kovy, by musely být smíchávány s aktivním uhlím. To by zde plnilo funkci adsorbentu, látky schopné navázat požadované jedovaté prvky a sloučeniny. Na základě zkušenosti z jiných zařízení by množství aktivního uhlí činilo přibližně 3 % množství vápna (pro zabezpečení aktivního uhlí na 10 dnů by tak bylo potřeba sila o kapacitě cca 30 t). Vedle skladování by bylo potřeba vyřešit otázku dávkovacích a vážících zařízení, včetně fluidní dopravy. Následně by bylo nutné doplnit filtraci (pravděpodobně přebudovat elektroodlučovač na tkaninový filtr), aby bylo dosaženo odstranění vyššího množství TZL. Veškeré množství produktu musí být na základě možného zatížení od aktivního uhlí uloženo na k tomu odsouhlasenou skládku za pravděpodobně vysokých nákladů.

V celkovém kontextu tak nelze doporučit náhradní paliva (vyjma biomasy a omezeně i TAP) v širším měřítku spalovat. Finanční úspora vstupní suroviny není vysoká v porovnání s investičními náklady na přebudování zařízení a rizika spojená s takovým provozem. Úspory ve vstupní surovině budou znatelné po zprovoznění zařízení na energetické využití odpadu Chotíkov v lednu roku 2016. Plný provoz by měl v budoucnu nahradit zhruba 80 000 tun uhlí ročně (plánovaná kapacita ZEVO 95 000 t/rok). Během letního období se navíc počítá pouze s paralelním provozem kotle K7 a ZEVO.

5.5 Návrh variant řešení

S ohledem na zpřísnění emisních limitů se v zásadě do budoucna jeví dvě varianty provozu PT jako klíčové:

- výstavba nového odsíření,

- částečná intenzifikace odsíření s upravenými režimy provozu kotlů.

5.5.1 Výstavba nového odsíření

Výstavbou nového odsíření by mohl být zachován stávající provoz kotlů. Uvažovaná technologická varianta by byla metoda mokré vápencové vypírky (podobná technologie použita při rekonstrukci odsiřování ve společnosti Plzeňská energetika, a.s., provedená v letech 2008 – 2009). Technologický celek by vyžadoval výstavbu následujících částí: kouřovodů, přípravy vápencové suspenze, absorbéru a zpracování produktu (odvodnění, skladování a expedici sádrovce).

Kvalita vápence používaná pro fluidní kotel by byla dostatečná pro použití v novém odsíření, granulometrie je však příliš velká. Dále by bylo nutné zvýšit objem zásobního sila. Vedle nového absorbéru by bylo nutné vybudovat také jeho příslušenství (kompresor oxidačního vzduchu, čerpadla cirkulace prací suspenze, čerpadla pro odtah sádrovce) a havarijní vypouštěcí nádrž (obvykle s objemem přibližně o 10 – 20 % větším, než je pracovní objem jímky absorbéru). Nové by bylo také odvodnění sádrovce (nejlépe blízko absorbéru) s vakuovými odvodňovacími pásy a sklad odvodněného sádrovce. Problém nastává u odvádění spalin do komína, konkrétně s jejich sníženou teplotou oproti stávajícímu stavu. Ke zvýšení by bylo potřeba použít tepelný výměník typu plyn – plyn a odvádět je do stávajícího komína. Alternativně by bylo nutné odvádět vlhké neohřáté spaliny do nově zbudovaného „mokrého“ komína. Výhodou druhého řešení je absence tepelného výměníku (případně provozní problémy) a kouřovodů vyčištěných spalin. Nevýhodou naopak emitování čistých spalin nasycených vodní párou o poměrně nízké teplotě (způsobuje kondenzaci kapek vodní páry na hraně komína a částečný spad vlhkosti v blízkém okolí komína a zejména horší rozptylové podmínky vlivem nižšího vystoupení spalin). V případě instalace tepelného výměníku lze použít stávající komín, stávající rozptylové podmínky by neměly být významněji zhoršeny. Spaliny se ve výměníku nejprve částečně ochladí (před vstupem do absorbéru) a následně ohřejí před vstupem do komína. Nevýhody výměňkového řešení jsou zejména provozního rázu – zanášení, materiálové namáhání a spolehlivost. Dále by patrně bylo potřeba ověřit odolnost stávajícího komínu proti případné kondenzaci vlhkosti ve spalinové šachtě a tuto následně sanovat.

Předpokládané investiční náklady pro obě metody mokrého odsíření jsou předběžně srovnatelné. Jejich odhadovaná výše činí přibližně 720 mil. korun. Realizace by připadala

v úvahu během aplikace PNP, přičemž příprava realizace je odhadována na dobu 28 měsíců a vlastní realizace až do uvedení do provozu by mohla trvat dalších 24 měsíců. Výstavba by mohla probíhat paralelně s chodem teplárny, po dokončení by pravděpodobně v intervalu 3- 4 měsíců došlo k přepojení kouřovodů surových spalin do nového zařízení.

5.5.2 *Intenzifikace stávajícího odsíření*

Pro případ využití stávajícího systému odsíření v co nejvyšší možné míře by pravděpodobně bylo nutné provést úpravy na straně aditiv – zvýšení kapacity výroby, dopravy a skladování hydroxidu vápenatého, neboť v současnosti vyráběné, dopravované a skladované množství by nepokrylo očekávanou spotřebu. Dále by bylo možné změnit parametry absorbéru – úpravy na zastříkávání vody (přidání trysky vody pro rovnoměrnější rozptýlení vodní mlhy) a zaslepení jedné Venturiho trysky. Zásah by si vyžádal také celkové odladění regulace odsíření. Další kroky by byly nutné učinit na kotlech, jelikož granulární kotle K4 a K5 nevyhoví zpřísněným limitům. Po roce 2018 u nich lze uvažovat pouze s omezeným provozem, kdy se předpokládá provoz pouze jednoho z nich. Tato skutečnost může mít vliv na kondenzační výrobu elektřiny nebo poskytování podpůrných služeb v období teplotních minim. Parní výkon kotlů K5 a K6 nemusí být v období potřeby maximální dodávky tepla dostatečný pro souběh provozu protitlaké turbíny TG1 na maximálním výkonu (zajištění dodávek tepla), provozu kondenzačně – odběrové turbíny TG2 a poskytování podpůrných služeb na současné úrovni. Lze uvažovat o maximálním možném zachování dodávek silové elektřiny a poklesu nabídky poskytování podpůrných služeb. V případě provozu s nižším výkonem kotlů K4 a K5 by se změna projevila v poklesu dodávky silové elektřiny o cca 15 GWh / rok a v poklesu volného výkonu pro podpůrné služby z původních 55 MW na 16 MW.

Odhadované investiční náklady činí 20 – 30 mil. korun, doba realizace pak přibližně 12 měsíců. Po intenzifikaci odsíření by mělo být možné provozovat zdroj v režimu PNP na stávající úrovni výroby do konce roku 2018. Další provoz zdroje by byl podmíněn útlumem výroby elektřiny a tím zhoršením celkové ekonomické bilance společnosti, včetně dopadu na zákazníky formou cen za dodávky tepla.

Závěr

V diplomové práci jsem postupně uvedl důvody vedoucí k potřebě snižování obsahu oxidu siřičitého ve vypouštěných spalinách. Vliv znečištěné atmosféry touto látkou jsem demonstroval s dopadem na člověka, životní prostředí i technická díla. Konstatoval jsem současné známé metody pro snižování vypouštění oxidů síry v energetickém průmyslu. V další části jsem popsal technologický celek provozu odsiřování, včetně jeho podpůrných zařízení. Na základě této definice jsem analyzoval samotný provoz a dosahované výsledky prostřednictvím hmotnostní bilance spalin, průběhu dávkování a spotřeby aditiv. Závěrečná kapitola s sebou přinesla zamyšlení nad implementací směrnice 2010/75/EU, coby zásadního materiálu, který si nutně vyžádá změnu dosavadního fungování teplárny, a návrh řešení jejích důsledků.

Z analýzy dopadu této směrnice na provoz PT lze konstatovat, že současné odsíření není schopné plnit požadované emisní limity při plném provozu teplárny. Na základě uvedených řešení lze vyslovit tezi, že výstavba nového odsiřování metodou mokré vápencové vypírky se s ohledem na dožívající stav kotlů a nejisté dlouhodobé zajištění dodávky hnědého uhlí jeví jako neopodstatněná. Plnění zpřísněných emisních limitů bude možné dosáhnout intenzifikací stávajícího systému odsiřování, které by mělo být provedeno do 31. 12. 2015. Je doporučeno využít dočasné možnosti překračování stanovených emisních limitů prostřednictvím přechodného národního plánu. Následující roky platnosti PNP (během kterých by mělo být možné provozovat zdroj na stávající úrovni výroby) je potřeba využít pro realizaci dalších ekologizačních opatření, např. výměnu granulačního kotle K4 za jinou technologii. V případě, že k tomuto kroku nedojde, bude nutné pro naplnění emisního limitu přistoupit od roku 2019 k omezení provozu a dlouhodobě provozovat vždy pouze jeden z granulačních kotlů K4 a K5.

Teplárenství bude v budoucnu čelit dosud neznámým výzvám. Kdysi stabilizovaný a transparentní trh s teplem a elektřinou se za poslední dekádu rozkolísal do té míry, kdy je pro dlouhodobé záměry zcela nepředvídatelný. Vedle neustále se zvyšujícího tlaku na ekologizaci zdrojů se tyto začínají konfrontovat s otázkou dostupnosti vstupní suroviny, na kterou byly před desítkami let projektovány. Jakékoli rozhodování bude navíc zatíženo zodpovědností za desítky tisíc domácností připojených k centrálnímu zásobování teplem na straně jedné a akcionářem – městem Plzeň – s požadavky na maximální dividendu na straně druhé.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] OBROUČKA, K.: *Látky znečišťující ovzduší*. Ostrava, 2001. ISBN 80-248-0011-X
- [2] KUDLÁČEK, I.: *Ekologie průmyslu*. Praha, 1997. ISBN 80-01-01689-7
- [3] KADRNOŽKA, J; OCHRANA, L.: *Teplárenství*. Brno, 2001. ISBN 80-7204-222-X
- [4] HEMERKA, J.: *Odlučování tuhých částic*. Praha, 1994. ISBN 80-01-01088-0
- [5] BERAN, V.; TŮMOVÁ, O.: *Měření veličin životního prostředí*. Plzeň, 2007. ISBN 80-7082-2481
- [6] BRATRYCH, V. [ed]; LUPAČ, M. [ed]: *Vzduch jako jeden z živlů*. Praha, 1998. ISBN 80-902606-0-8
- [7] PETROUŠEK, K.: *Odsiřování spalin*. Praha, 1970.
- [8] VYSOUDIL, M.: *Ochrana ovzduší*. Olomouc, 2002. ISBN 80-244-0400-1
- [9] PROVAZNÍK, K. [ed]; LENER, J. [ed]: *Ovzduší a zdraví, informační brožura pro orgány místní správy*. Praha, 1998. ISBN 80-7071-103-5
- [10] *European Environment Agency*. <<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>>, [cit. 2013-02-26].
- [11] Český hydrometeorologický ústav. <<http://www.chmi.cz>>, [cit. 2013-02-28].
- [12] MIKO, L. [ed]; HOŠEK, L. [ed]: *Příroda a krajina České republiky. Zpráva o stavu 2009*. Praha, 2009. ISBN 978-80-87051-70-2
- [13] *Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství, VŠCHT v Praze*. <<http://www.vscht.cz/homepage/met>>, [cit. 2013-03-11].
- [14] *Plzeňská teplárenská, akciová společnost*.
- [15] *Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší*.
- [16] *Vyhláška č. 415/2012 Sb. o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší*.
- [17] *Strategie budoucího provozu Plzeňské teplárenské, a.s.*
- [18] *Studie stavu teplárenství pro MPO, VŠB 2011*.