

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

PŘÍPADOVÁ STUDIE OCHRANY OVZDUŠÍ S VYUŽITÍM LCA
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Jiří Ráž
Technická ekologie

Vedoucí práce: Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.

Plzeň, 2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří RÁŽ**
Osobní číslo: **E14N0114P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Případová studie ochrany ovzduší s využitím LCA**
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 současný stav ochrany ovzduší z hlediska požadavků stávající a novelizované legislativy.
2. Uveďte vhodné technologie a sorbenty pro požadované snížení emisních limitů SO₂, NO_x.
3. Analyzujte potřebu sorbentů pro zajištění potřebného snížení emisních limitů.
4. Zpracujte studii na principech LCA potřeby sorbentů pro snížení emisních limitů SO₂.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah kvalifikační práce: **40 - 60 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

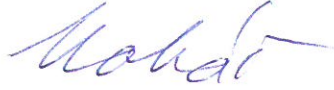
Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2015**
Termín odevzdání diplomové práce: **16. května 2016**


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




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

V Plzni dne 15. října 2015

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na ochranu ovzduší. Zabývá se současnou legislativou ochrany ovzduší na území České republiky. Dále jsou v práci uvedeny některé metody pro snížení vypouštěných emisí do atmosféry. Diplomová práce také obsahuje zpracovaný ukázkový příklad výpočtu potřebného množství sorbentu při odsiřování, ilustrativní studii LCA připravenou v programu GEMIS.

Klíčová slova

Ochrana ovzduší, zákon č. 201/2012, snižování emisních limitů, SO₂, NO_x, vyhláška č. 415/2012 Sb., životní cyklus výrobku, program GEMIS, výpočet množství sorbentu

Abstract

The master thesis is focused on climate protection. It deals with the current legislation of air protection in the Czech Republic. Further, there are methods for the reduction of emissions into the atmosphere. The thesis also includes the processed sample of calculation example required amount of sorbent in desulfurization and illustrative LCA study prepared in GEMIS program.

Key words

Air Protection, law no. 201/2012, the reduction of emission limits, SO₂, NO_x, decree no. 415/2012, product life cycle, program GEMIS, calculating the amount of sorbent

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně
s použitím uvedené odborné literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 13. května 2016

.....
vlastnoruční podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu své diplomové práce Mgr. Eduardovi Ščerbovi, Ph.D. za cenné rady, odbornou pomoc a metodické vedení práce.

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK	3
ÚVOD.....	4
1 OCHRANA OVZDUŠÍ – LEGISLATIVA.....	5
1.1 POVINNOSTI PROVOZOVATELE STACIONÁRNÍHO ZDROJE	6
1.2 POPLATKY ZA ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ.....	7
1.2.1 Prominutí poplatků za znečištění.....	7
1.3 EMISNÍ LIMITY [3].....	8
1.3.1 Specifické emisní limity, emisní stropy	8
1.4 SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/75/EU	10
1.4.1 Minimální stupeň odsíření	11
1.4.2 Přejídný národní plán ČR.....	11
1.4.3 Odchylka pro spalovací zdroje s omezenou životností.....	12
1.4.4 Malé izolované soustavy.....	12
1.4.5 Centrální zdroje tepla	12
1.4.6 Integrovaná prevence a omezování znečištění – IPPC	12
1.4.7 Nejlepší dostupná technika – BAT	13
1.5 PLÁNOVANÉ ZMĚNY V LEGISLATIVĚ.....	15
1.5.1 Kontrola stacionárních zdrojů v domácnosti.....	15
1.5.2 Imisní limit pro jemné prachové částice PM _{2,5}	15
1.5.3 Pružnější vyhlásování smogových situací.....	15
1.5.4 Uznání zahraničních plaků pro vjezd do nízkoemisních zón	16
2 METODY PRO SNIŽOVÁNÍ EMISÍ	17
2.1 SNIŽOVÁNÍ EMISÍ OXIDŮ SÍRY [1]	17
2.1.1 Mokrý vápencová vypírka	17
2.1.2 Požadavky na sorbent.....	20
2.1.3 Využití vzniklého energosádrovce.....	21
2.2 EMISE OXIDŮ DUSÍKU.....	21
2.2.1 Vliv technologie spalování na tvorbu oxidů dusíku	22
2.2.2 Metody snižování emisí oxidů dusíku	22
2.3 FLUIDNÍ KOTLE	24
2.3.1 Princip fluidního spalování.....	25
2.3.2 Odsířování ve fluidní vrstvě	25
2.3.3 Denitrifikace ve fluidní vrstvě	25
2.3.4 Porovnání fluidního spalování paliv s jinými technologiemi	27
3 ANALYZOVANÝ SUBJEKT	28
3.1 PLZEŇSKÁ TEPLÁRENSKÁ, A.S.	28
3.1.1 Hlavní technologické vybavení a spalované materiály.....	28
4 LCA – POSUZOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU	30
4.1 PODSTATA METODY LCA.....	30
4.2 PROGRAM GEMIS.....	31
4.2.1 O programu GEMIS	31
4.2.2 Databáze GEMIS	32
4.2.3 Vyhodnocování životního cyklu programem GEMIS	34
5 UKÁZKOVÁ STUDIE LCA	36
5.1 ANALÝZA SPOTŘEBY SORBENTU	36
5.2 LCA V PROGRAMU GEMIS.....	38

5.2.1 Zhodnocení výsledků	40
5.3 DOPORUČENÁ ŘEŠENÍ	40
ZÁVĚR	43
SEZNAM LITERATURY	45
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	48
PŘÍLOHY	I

SEZNAM ZKRATEK

CZT	Centrální zdroj tepla
EU	Evropská unie
IEA	Mezinárodní energetická agentura
IPPC	Integrovaná prevence a omezování znečištění
LCA	Posuzování životního cyklu
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
PNP	Přechodný národní plán
ÚED	Ústřední elektroenergetický dispečink

Úvod

Cílem této práce je přiblížit současnou legislativu ochrany ovzduší. Seznámit čtenáře s použitím vhodných metod a sorbentů pro snižování emisních limitů především pro SO₂ a NO_x. V závěru práce analyzuji potřebu sorbentu pro snížení emisí SO₂ a v programu GEMIS zpracuji studii LCA pro sorbent potřebný k těmto účelům.

Ochrana ovzduší je v posledních letech stále více diskutována. Kladou se vyšší požadavky na účinnost spalování a především na snižování emisí, které se uvolňují do ovzduší. Se zpřísněním emisních norem pro větší spalovací zdroje se postupně zavádějí novější technologie a postupně se upravují starší technologie spalování, které prozatím limity dodržují, ale další zpřísnění již limitně zvládat nebudou a investice na nahrazení těchto zdrojů půjdou do miliard korun. Přitom životnost těchto zdrojů bude několik jednotek až desítek let, jen nevyhoví emisní normě.

Zatímco se perzekují snižováním emisí střední a velké zdroje, ty menší lokální a mobilní se ekologizují velice pomalu. V České republice bylo ke dni 30. 09. 2015 registrováno 5 110 452 osobních automobilů, jejichž průměrný věk činil 14,53 let. U jednostopých vozidel tento průměrný věk stoupá až na hodnotu 32,55 let. [18] Podle emisní bilance Českého hydrometeorologického ústavu z roku 2014 jsou mobilní a lokální zdroje jedny z nejvíce přispívajících zdrojů především oxidu uhelnatého, těkavých látek, amoniaku a tuhých znečišťujících látek. [20]

Diplomovou práci na toto téma jsem si zvolil především kvůli zájmu o ochranu ovzduší a také z důvodu, že se domnívám, že nové emisní limity zvýší spotřebu sorbentu, což povede k nárůstu doplňkových emisí uvolněné během procesů těžby, zpracování a dopravy sorbentu do místa spotřeby.

1 OCHRANA OVZDUŠÍ – LEGISLATIVA

Před vznikem České republiky byly na našem území schváleny celkem dva zákony na ochranu ovzduší. Jedním z nich byl zákon 35/1967 Sb., založený na imisním principu. V případě výstavby nových zdrojů nebo při obnově těch stávajících bylo nutné vycházet z výpočtu přízemního znečištění ovzduší na základě rozptylové studie. V případě prokázání vyšších hodnot než tzv. nejvyšších přípustných koncentrací bylo připuštěno navýšení výšky komína pro zajištění lepšího rozptylu, aby se dosáhlo povolených hodnot. [1]

Tato metodika však způsobovala větší znečištění na vzdálenějších místech, včetně vstupu znečišťujících látek do dálkového přenosu přes hranice států. To mělo za následek zhoršující se změnu prostředí i v oblastech, ve kterých nebyly zdroje znečišťující ovzduší. Toto vedlo ke zničení lesů a okyselování půd i do značných hloubek. Dopadem zmíněného zákona o ochraně ovzduší výrazně narostlo znečištění ovzduší v mezinárodním měřítku. [1]

Po revoluci v roce 1989 byl schválen zákon 309/1991 Sb. o ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami, který začal pracovat s emisními limity a dalšími předpoklady při provozování zdrojů. Pomocí tohoto zákona se zdařilo významně snížit emise znečišťujících látek v ovzduší. Příkladem může být oxid siřičitý, jehož emise v roce 1980 činily 2 257 Kt a v roce 1999 se snížily na 299 Kt. Další změna zákona proběhla až v roce 2002 – 86/2002 Sb. Tento zákon o ochraně ovzduší je opět emisní, ale projevuje se zde rozvoj v oblasti ochrany ovzduší za poslední desetiletí. [1]

Nejnovějším zákonem v oblasti ochrany ovzduší je zákon 201/2012 Sb. a jeho prováděcí předpisy, které doposud byly vydány[2]:

- Vyhláška Ministerstva životního prostředí o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích. Sbírka zákonů č. 330/2012;
- Nařízení vlády o kritériích udržitelnosti biopaliv. Sbírka zákonů Nařízení č. 351/2012;
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší. Sbírka zákonů č. 415/2012.

Tento zákon o ochraně ovzduší upravuje práva a povinnosti osob, ohlašuje kompetence jednotlivých státních orgánů a institucí při ochraně vnějšího ovzduší před vstupem kontaminujících látek vzniklých lidskou činností. Zákon 201/2012 Sb. byl již několikrát

novelizován například zákonem č. 87/2014 Sb., který přináší určité změny oproti původnímu zákonu z roku 2012 a to především[2]:

- provozovatelé stacionárních spalovacích zdrojů mohou mezi sebou vyměňovat části emisních stropů, nedejde-li k navýšení součtu emisních stropů;
- snížení administrativní zátěže pro provozovatele stacionárních zdrojů – zdroje, které nepřekročí poplatek znečištění ovzduší 50 000 Kč, jsou od poplatku osvobozeni;
- uvedení kompenzačních opatření u stacionárních zdrojů a u pozemních komunikací do souladu;
- kontinuální měření emisí se nově nevztahuje na stacionární zdroje, které mají jmenovitý tepelný příkon vyšší než 50 MW a nižší než 100 MW a pro zdroje, které slouží jako záložní zdroje energie a jejich provozní hodiny v kalendářním roce nepřekročí 300 hodin.

Další novelou je zákon č. 382/2015 Sb., který je v účinnosti od 1. ledna 2016. Tento zákon novelizuje zákon o spotřebních daních, ale také se dotýká zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve kterém se zabývá oblastí biopaliv. [2]

1.1 POVINNOSTI PROVOZOVATELE STACIONÁRNÍHO ZDROJE

Pro provozovatele vyplývají následující povinnosti [2]:

- provozovat zdroj a činnosti nebo technologie související s provozem stacionárního zdroje, které mají vliv na úroveň znečištění v souladu s podmínkami se zákonem o ochraně ovzduší;
- dodržovat emisní limity, emisní stropy, technické podmínky provozu a přípustnou tmavost kouře;
- spalovat pouze taková paliva, která splňují požadavky na kvalitu paliv;
- vést provozní evidenci v rozsahu stanoveném vyhláškou;
- v souladu s provozním řádem bezodkladně omezit provoz nebo odstavit stacionární zdroj v případě jeho odchylky od normálního provozu v důsledku technické závady;
- umožnit osobám pověřeným orgány ochrany ovzduší a inspekci přístup ke stacionárnímu zdroji a jeho příslušenství za účelem kontroly dodržování předepsaných povinností;
- zjišťovat úroveň znečištění;
- bezodkladně odstraňovat v provozu stacionárních zdrojů stavy ohrožující kvalitu ovzduší a předcházet haváriím;
- zajistit a řádně provozovat technické prostředky pro kontinuální měření emisí.

1.2 POPLATKY ZA ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ

Poplatky za znečišťování ovzduší odvádějí provozovatelé stacionárních zdrojů. Poplatkem za znečišťování se rozumí poplatek za produkování a vypouštění znečišťující látky ze stacionárních zdrojů do ovzduší. Před poplatky za produkování exhalací jsou osvobozeny stacionární zdroje, které za poplatkové období, jenž je jeden kalendářní rok, nepřesáhnou celkovou částku 50 000 Kč. Podstatou pro výpočet poplatku za znečišťování je množství emisí ze zdroje v tunách. Poplatek se pak spočítá jako součin základu poplatku a sazby poplatků uvedené v tab. 1, ve které jsou uvedené ceny za tunu. [2]

tab. 1 - Sazby poplatků za znečišťování v Kč za tunu[2]

Látka	2013 až 2016	2017	2018	2019	2020	2021 a dále
TZL	4200	6300	8400	10500	12600	14700
SO ₂	1350	2100	2800	3500	4200	4900
NO _x	1100	1700	2200	2800	3300	3900
VOC	2700	4200	5600	7000	8400	9800

Poplatek za znečištění se od roku 2017 bude počítat za kalendářní rok, jako součin základu poplatku, sazby a koeficientu úrovně emisí stanoveného podle dosahované emisní koncentrace dané znečišťující látky v celém poplatkovém období. Koeficienty úrovně jsou uvedené v tab. 2. [2]

tab. 2 - Koeficienty úrovně emisí [2]

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

Peněžní příjem z poplatků za znečištění je do konce roku 2016 výnosem Státního fondu životního prostředí České republiky. Následující roky (2017 a dále) bude tvořit 65 % zisku z poplatků příjem Státního fondu životního prostředí České republiky, 25 % zisku bude přiděleno kraji, ve kterém se stacionární zdroj vyskytuje a může být použito pouze na investice v oblasti ochrany životního prostředí. Zbýlých 10 % bude tvořit zisk pro státní rozpočet. [2]

1.2.1 PROMINUTÍ POPLATKŮ ZA ZNEČIŠŤENÍ

V případě, že je na stacionárním zdroji realizovaná rekonstrukce nebo inovace, při které dojde ke snížení tuhých znečišťujících látek za celé poplatkové období nejméně o 30 %, oxidů síry vyjádřených jako oxid siřičitý nejméně o 55 %, oxidů dusíků vyjádřených jako oxid

dušičitý nejméně o 55 % nebo těkavých látek nejméně o 30 % oproti roku 2010, nevyměří se poplatek za znečištění. [2]

Další důvod pro prominutí poplatků za znečištění nastane, když stacionární zdroj se specifikací nejlepší dostupné techniky za celé poplatkové období nepřesáhne polovinu úrovně emisní koncentrace sjednocené Evropskou komisí. Případně pokud se stacionární zdroj, bez specifikace nejlepší dostupné techniky bude držet pod hranicí 50 % emisní koncentrace specifického emisního limitu. [2]

1.3 EMISNÍ LIMITY [3]

Emisními limity se blíže zabývá vyhláška č. 415/2012 Sb. Tato vyhláška reflektuje na kompetentní předpisy Evropské unie – např. na směrnici Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU; směrnici Rady 1999/32/ES apod. Vyhláška se věnuje:

- zjišťování úrovně znečišťování měřením a výpočtem, zjišťování a vyhodnocení plnění tmavosti kouře;
- stanovování emisních limitů, postup pro výpočet emisních stropů;
- technickým podmínkám provozu stacionárních zdrojů a vyhodnocování jejich provozů;
- nárokům na jakost paliv a ověřování jejich plnění;
- výrobkům obsahujícím těkavé organické látky;
- veškerým záznamům o provozu zdrojů, provoznímu řádu, rozptylové studii a protokolu o jednorázovém měření;
- metodám kompenzačních opatření.

1.3.1 SPECIFICKÉ EMISNÍ LIMITY, EMISNÍ STROPY

Specifické emisní limity se vztahují na souhrnný jmenovitý tepelný příkon za normálních stavových podmínek pro suchý plyn s obsahem kyslíku 6 % v odpadním plynu při spalování tuhých paliv a 3 %, jde-li o paliva kapalná a plynná.

Pro názorné porovnání limitů zde uvedu tabulky zobrazující specifické emisní limity pro stacionární zdroje podle období platnosti. Tabulka tab. 3 je pro stacionární zdroje, které byly uvedeny v provoz před 7. lednem 2013 a nejpozději však do 7. ledna 2014. Limity uvedené v této tabulce jsou tedy v aktuální platnosti. V tabulce tab. 4 jsou hodnoty emisních limitů pro spalovací zdroje uvedených do provozu před listopadem 2002, případně celkové podání žádosti o první povolení provozu bylo uskutečněno před tímto datem, ale zdroj byl uveden do provozu nejdéle do listopadu 2003.

Jak je z tabulek na první pohled patrné, současné emisní limity jsou proti původním o dost striktnější. Porovnáme-li například stacionární zdroj na pevná paliva o jmenovitém výkonu v rozmezí 100 – 300 MW, tak emise SO₂ bylo nutné snížit až 8x oproti původním specifickým emisním limitům.

tab. 3 - Specifické emisní limity pro spalovací zdroje uvedené do provozu po 01/2014 [3]

Druh paliva	Specifické emisní limity (mg.m ³)											
	50-100 MW				> 100-300 MW				> 300 MW			
	SO ₂	NO _x	TZL	CO	SO ₂	NO _x	TZL	CO	SO ₂	NO _x	TZL	CO
Pevné palivo obecně	400	300	30	250	250	200	25	250	200	200	20	250
Biomasa	200	300	30	250	200	250	20	250	200	200	20	250
Rašelina	300	300	30	250	300	250	20	250	200	200	20	250
Kapalné palivo obecně	350	450	30	175	250	200	25	175	200	150	20	175
Zkapalněný plyn	5	200	5	100	5	200	5	100	5	200	5	100
Plynné palivo obecně	35	200	5	100	35	200	5	100	35	200	5	100
Zemní plyn	35	100	5	100	35	100	5	100	35	100	5	100
Koksárenský plyn	400	200	30	100	400	200	30	100	400	200	30	100
Vysokopecní plyn	200	200	10	100	200	200	10	100	200	200	10	100
Plyn ze zplyňování rafinérských zbytků	35	200	5	100	35	200	5	100	35	200	5	100

tab. 4 - Specifické emisní limity pro spalovací zdroje platné do 12/2015 s vydáním povolením provozu do 11/2003 [3]

Druh paliva	Specifické emisní limity (mg.m ³)											
	50-100 MW				> 100-300 MW				> 300 MW			
	SO ₂	NO _x	TZL	CO	SO ₂	NO _x	TZL	CO	SO ₂	NO _x	TZL	CO
Pevné palivo	2000	600	100	250	2000	600	100	250	1200	600	100	250
Kapalné palivo	1700	450	50	175	1700	450	50	175	1700	400	50	175
Zkapalněný plyn	5	300	5	100	5	300	5	100	5	300	5	100
Plynné palivo obecně	35	200	5	100	35	200	5	100	35	200	5	100
Zemní plyn	35	200	5	100	35	200	5	100	35	200	5	100
Koksárenský plyn	800	300	50	100	800	300	50	100	800	200	50	100
Vysokopecní plyn	800	300	10	100	800	300	10	100	800	300	10	100
Plyn ze zplyňování rafinérských zbytků	800	300	5	100	800	300	5	100	800	200	5	100

V tab. 5 je možné si prohlédnout minimální emisní požadavky na spalovací stacionární zdroj na pevná paliva o jmenovitém tepelném příkonu od 10 do 300 kW včetně, který slouží jako zdroj tepla pro teplovodní soustavu ústředního vytápění platné od 1. ledna 2014. [2]

tab. 5 - Požadavky na spalovací stacionární zdroj od 1/2014 [2]

Dodávka Paliva	Palivo	Jmenovitý tepelný příkon (kW)	Mezní hodnoty emisí		
			CO	TOC	TZL
			mg.m ⁻³		
Ruční	Biologické	≤ 65	5000	150	150
		>65 až 187	2500	100	150
		>187 až 300	1200	100	150
	Fosilní	≤ 65	5000	150	125
		>65 až 187	2500	100	125
		>187 až 300	1200	100	125
Samočinná	Biologické	≤ 65	3000	100	150
		> 65 až 187	2500	80	150
		> 187 až 300	1200	80	150
	Fosilní	≤ 65	3000	100	125
		> 65 až 187	2500	80	125
		> 187 až 300	1200	80	125

1.4 SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/75/EU

Z této směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU o průmyslových emisích vychází i náš současný zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší. Hlavním cílem této směrnice je stanovit pravidla pro snížení emisí do ovzduší, vody a půdy. Na základě této směrnice byly i stanoveny specifické emisní limity pro Českou republiku.

Pokud směrnici uvedené spalovací stacionární zdroje nebudou splňovat nové emisní nařízení, umožňuje tato směrnice vládám zavést opatření, jenž nepovedou k celkovému odstavení zdroje nedodržující stanovené emisní limity, ale pouze k jeho omezení. [26]

Mezi tato opatření patří například minimální stupeň odsíření, přechodný národní plán, odchylka pro spalovací zdroje s omezenou životností, malé izolované soustavy a centrální zdroje tepla.[26]

1.4.1 MINIMÁLNÍ STUPEŇ ODSÍŘENÍ

Pokud zdroje spalují tuhá paliva obsahující vysoký podíl síry a v důsledku toho nemohou splnit požadované mezní hodnoty pro oxid siřičitý, lze využít tzv. minimálního stupně odsíření.[26]

tab. 6 - Minimální stupeň odsíření pro spalovací zařízení [26]

Celkový jmenovitý tepelný příkon (MW)	Minimální stupeň odsíření	
	Povolení před 27. listopadem 2002 nebo žádost o povolení a byla uvedena do provozu nejpozději 27. listopadu 2003	Jiná zařízení
50 - 100	80 %	92 %
100 - 300	90 %	92 %
> 300	96 %	96 %

1.4.2 PŘECHODNÝ NÁRODNÍ PLÁN ČR

Na základě směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU o průmyslových emisích, vyhlásila Česká republika podle § 37 odst. 6 zákona č.201/2012 Sb. Přechodný národní plán ČR (PNP). Tento PNP je v platnosti od 1. ledna 2016 do 30. června 2020 pro spalovací stacionární zdroje, jejichž výsledný tepelný příkon je vyšší než 50 MW. Hlavním cílem PNP je stanovení ročního nejvyššího emisního stropu pro emise oxidu siřičitého, oxidů dusíku a tuhé znečišťující látky pro všechna zařízení, jenž jsou zahrnuté do PNP. Emisní stropy spalovacích stacionárních zdrojů zahrnuté do PNP jsou uvedené v integrovaných povoleních. Osvobození těchto stacionárních zdrojů od dodržování striktnějších emisních limitů umožní těmto zdrojům postupné provedení ekologizačních opatření nutných ke splnění nových přísnějších limitů. V integrovaných povoleních jsou uvedeny hodnoty pro jednotlivé spalovací stacionární zdroje pro každý rok. Pokud provozovatelé nedodrží tato dohodnutá opatření, bude docházet k omezování jejich provozu. Na konci PNP by měly stacionární zdroje splňovat přísnější emisní limity. [26]

1.4.3 ODCHYLKA PRO SPALOVACÍ ZDROJE S OMEZENOU ŽIVOTNOSTÍ

Odchylka pro spalovací zdroje s omezenou životností je opatření osvobozující zařízení od dodržování mezních hodnot emisí, stupňů odsíření a od zařazení do PNP, pokud zařízení splní následující podmínky. Provozovatel nebude zařízení provozovat v období od 1. ledna 2016 do 31. prosince 2023 déle než 17 500 provozních hodin. Přitom není nutné využít provozních hodin rovnoměrně, ale například v kuse maximálně však po dobu 2 let. [26]

1.4.4 MALÉ IZOLOVANÉ SOUSTAVY

Malé izolované soustavy v období do 31. prosince 2019 je možné osvobodit od dodržování mezních emisních hodnot. Podmínkou je plnit alespoň mezní hodnoty stanovené ve směrniciích 2001/80/ES a 2008/1/ES. [26]

1.4.5 CENTRÁLNÍ ZDROJE TEPLA

CZT můžou být osvobozeny od nutnosti dodržovat mezní hodnoty emisí a stupně odsíření, splní-li následující podmínky. Celkový tepelný příkon spalovacího zařízení není vyšší než 200 MW. Více než 50 % vyrobeného užitého tepla je dodáváno do veřejné sítě dálkového vytápění. a dodrží-li emisní hodnoty pro SO₂, NO_x a TZL stanovené ve směrniciích 2001/80/ES a 2008/1/ES a to nejméně do 31. prosince 2022. [26]

1.4.6 INTEGROVANÁ PREVENCE A OMEZOVÁNÍ ZNEČIŠTĚNÍ – IPPC

IPPC neboli anglicky Integrated Pollution Prevention and Control je progresivnější metodou pro řízení vybraných průmyslových a zemědělských činností a slouží k efektivnější ochraně životního prostředí jako celku. Tento soubor metod se orientuje na prevenci znečišťování, na snižování emisí do ovzduší, vody, půdy, na předcházení vzniku a následném lepším využití odpadů. Snahou je omezit zdroje za suroviny, energie a koncové technologie. [7] [8]

Integrovaný přístup k ochraně životního prostředí je v souladu s legislativou Evropské unie. Je uveden ve směrnici Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU o průmyslových emisích. Do české legislativy byl zakotven zákonem č. 76/2002 Sb. o integrované prevenci a o omezování znečištění. Ve většině případů je povolovací institucí příslušný krajský úřad, případně Magistrát Hlavního města Prahy. Pokud se jedná o zařízení negativně ovlivňující přeshraniční prostor, je pro toto zařízení povolovací institucí Ministerstvo životního prostředí, které současně vykonává funkci odvolávací a je i metodickým a ústředním orgánem v této věci. [7] [8]

Principy integrované prevence a omezování znečištění [8]:

- zabránění nárůstu znečištění životního prostředí;
- efektivnější využívání surovin;
- předcházení přenosu kontaminantů z jedné složky životního prostředí do dalších;
- omezení vytváření odpadů a jeho efektivnější využití;
- zajišťování nižší administrativní náročnosti pro podniky;
- zavádění jednotlivých podmínek povolení pro provozovatele;
- zajišťovat transparentnost správního řízení.

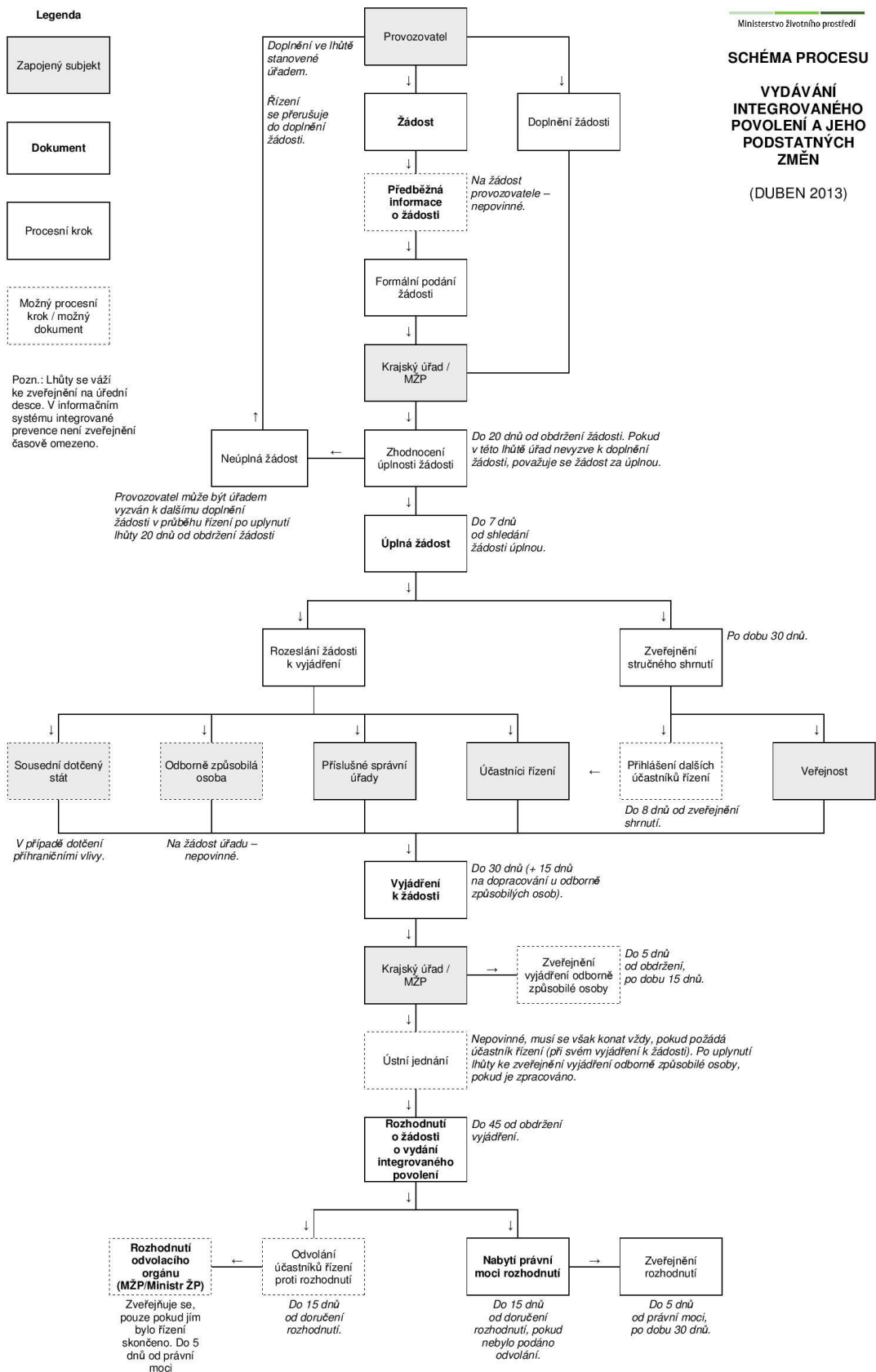
Na obr. 1 je diagram popisující průběh činnosti integrované prevence a omezování znečištění od podání žádosti o vydání integrovaného povolení až po jeho vydání nebo zamítnutí. [24]

1.4.7 NEJLEPŠÍ DOSTUPNÁ TECHNIKA – BAT

Tento výraz se používá pro označení nejúčinnější a nejpokročilejší fáze vývoje technologií, aktivit a způsobu jejich provozování pro základní stanovení emisních limitů a povinných podmínek chodu zařízení. Význam těchto zařízení spočívá především pro předcházení vzniku emisí, případně pro redukování těchto emisí a s tím i spojené nepříznivé dopady na životní prostředí jako celek. [9]

Pod pojmem nejlepší dostupná technika si můžeme představit nejúčinnější techniky – návržení, sestavení, provozování, údržba a likvidace – které jsou nejvyspělejší pro ochranu životního prostředí a zároveň jsou ekonomicky i technologicky přijatelné pro uvedení v příslušné průmyslové oblasti. [9]

Technologie BAT slouží jako jeden z nejpodstatnějších prostředků při ochraně životního prostředí jako celku, při provozu velkých průmyslových a zemědělských zařízení. Souhrnem evropských nejlepších dostupných technik je dokument označovaný jako BREF – referenční dokument o BAT. Tento referenční dokument Evropské komise, která při tvorbě tohoto dokumentu spolupracuje s nevládními organizacemi, členskými státy a průmyslem, slouží k porovnávání s definovanými BAT. [9]



obr. 1 - Schéma průběhu činnosti IPPC [24]

1.5 PLÁNOVANÉ ZMĚNY V LEGISLATIVĚ

Současný projednávaný zákon se soustřeďuje především na ochranu čistoty ovzduší proti znečišťujícím látkám. Zavádí přímé kontroly stacionárních zdrojů v domácnostech, striktnější imisní pravidla pro jemné prachové částice PM_{2,5} od roku 2020, flexibilnější vyhlášení smogových situací či uznávání zahraničních plaket pro vjezd do nízkoemisních zón. Novela ještě aplikuje znalosti získané v aktuálním zákonu o ochraně ovzduší a navrhuje zjednodušit neodůvodněnou administrativní a aplikační zátěž, která pomůže provozovatelům stacionárních zdrojů i orgánům ochrany ovzduší. [13]

1.5.1 KONTROLA STACIONÁRNÍCH ZDROJŮ V DOMÁCNOSTI

V aktuálním znění zákona o ochraně ovzduší je již počítáno s omezením provozu zdrojů s velice špatnými emisními parametry, včetně zákazu spalování odpadu. Od roku 2022 bude nutné používat kotle splňující emisní požadavky, ale nebude možnost, jak by mohl úředník ověřit, že je vše řádně dodržováno. Na to je pamatováno v novele zákona o ochraně ovzduší, která zavádí povinnost pro provozovatele stacionárních zdrojů v domácnosti poskytnout přístup ke zdroji osobám pověřeným úřadem s rozšířenou působností, ale pouze za podmínky, že dojde již k druhému podezření ze strany úřadu, že dochází k porušování povinností v rozporu se stanoveným zákonem. [13]

1.5.2 IMISNÍ LIMIT PRO JEMNÉ PRACHOVÉ ČÁSTICE PM_{2,5}

Od roku 2020 i Česká republika, stejně jako řada evropských států, bude zavádět striktnější imisní limit pro prachové částice PM_{2,5}. Aktuální dovolená hodnota je 25 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, novela pak zavádí hodnotu 20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, která je v souladu s právem Evropské unie. Tyto částice se tvoří především při spalování ve stacionárních zdrojích v domácnostech a v dopravě. [13]

1.5.3 PRUŽNĚJŠÍ VYHLÁŠOVÁNÍ SMOGOVÝCH SITUACÍ

Novela dále zavádí nové předpisy upravující vyhlášení a ukončení smogové situace včetně regulací, které se snaží předcházet vzniku situací s nadměrnými imisními koncentracemi a pozdním vyhlášením smogové situace. Navržená změna ministerstva životního prostředí v součinnosti s českým hydrometeorologickým ústavem spočívá v modifikaci statistiky při posuzování vývoje koncentrací jemných prachových částic PM₁₀. Aktuálně se data o PM₁₀ získávají na základě 24h průměru. Nově se budou posuzovat pomocí 12h klouzavých

průměrů spolu s předpovědí vývoje meteorologické situace zabezpečí v co nejbližší době informovanost veřejnosti. [13]

1.5.4 UZNÁNÍ ZAHRANIČNÍCH PLAKET PRO VJEZD DO NÍZKOEMISNÍCH ZÓN

I když se v současné době na území České republiky nízkoemisní zóny teprve připravují, bude další novinkou právě vzájemné uznávání emisních plaket potřebných pro vjezd do nízkoemisních zón. Plakety se budou uznávat ze států s podobnými rozsahy požadavků. [13]

2 METODY PRO SNIŽOVÁNÍ EMISÍ

2.1 SNIŽOVÁNÍ EMISÍ OXIDŮ SÍRY [1]

Pro snižování emisí oxidů síry ze spalovacích procesů je známo několik metodik. Metoda absolutního snižování spotřeby paliv se zaměřuje především na omezení samotného spalovacího procesu. To znamená zavést taková opatření, která vedou ke snížení spotřeby tepla a energie. Může to být například zateplení budov, používání přístrojů s nižší elektrickou náročností nebo spalování s vyšší energetickou účinností.

Další možností snížení emisí oxidů síry je použití vhodných případně tříděných paliv, především nízkosirných nebo paliva bez síry. Tímto palivem mohou být například nízkosirné uhlí, případně zemní plyn.

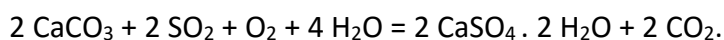
Jednou z metod je i odstraňování síry přímo z uhlí. Podob síry v uhlí je několik. Objevuje se v pyritické, organické, sulfátové, sulfidové a elementární podobě. Každá z nich se chová jinak při chemickém či fyzikálním odstraňování z uhelné hmoty. Toto odstraňování síry není prozatím zcela účinně zvládnuto a je zde prostor pro další zdokonalování.

V této práci se však budu více zabývat pouze metodou odsiřování spalin. K této metodě je celá řada přístupů. Mohou to být například průtočné a regenerační procesy odsiřování spalin nebo mokré a suché procesy. Mokré jsou takové procesy, kde se spaliny SO₂ vypírají vodnými roztoky především však alkalicky reagujících látek. Může to být například mokrá vápencová metoda při teplotě cca 60 °C. Suché procesy jsou pak sorpční – které probíhají na pevných sorbentech – a katalytické probíhající za teplot nad 100 °C. [1]

2.1.1 MOKRÁ VÁPENCOVÁ VYPÍRKA

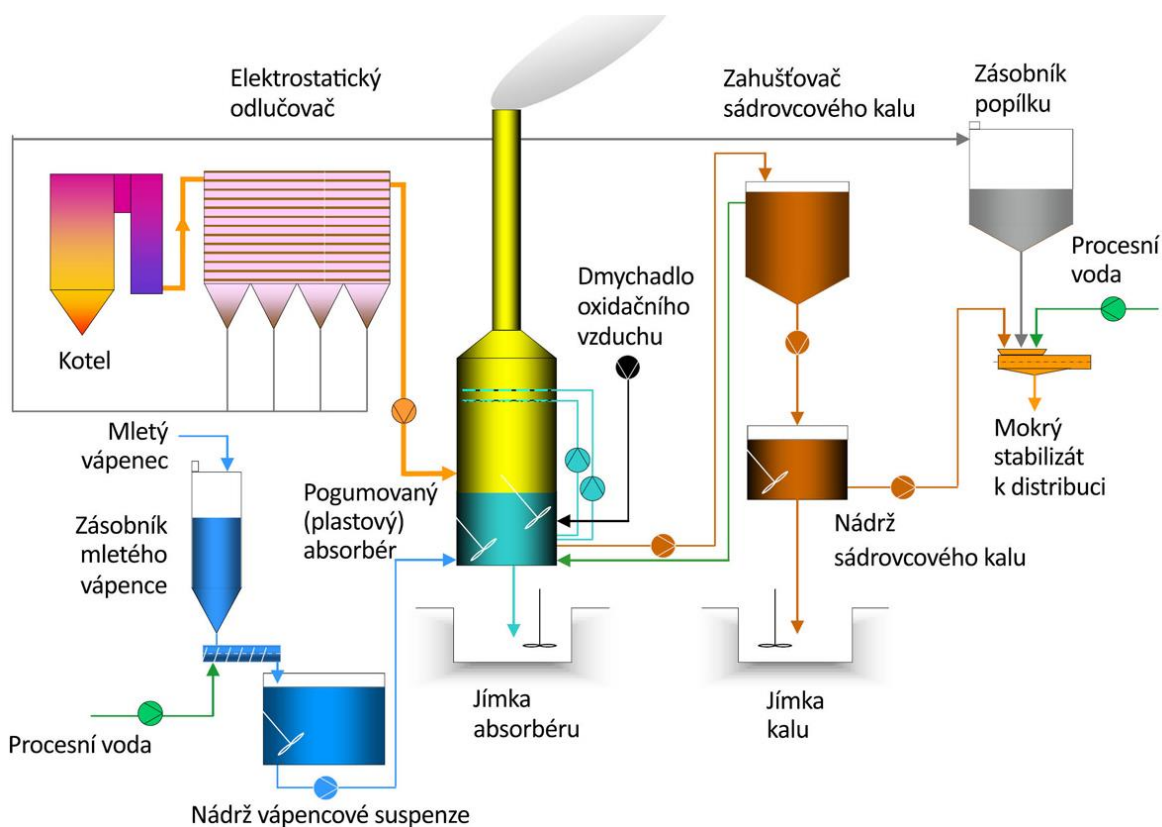
Mokrá vápencová metoda spočívá ve vypírání spalin SO₂ v suspenzi vápna nebo jemně mletého vápence za teplot kolem 60 °C. Tato metoda je nejrozšířenější metodou na odsiřování spalin ve velkých elektrárnách po celém světě a je i také vysoce účinná. Dosahuje účinnosti 90 – 96 % při současně vysokém využití reakčního činidla vápence. [11]

Tento proces lze vyjádřit rovnicí:



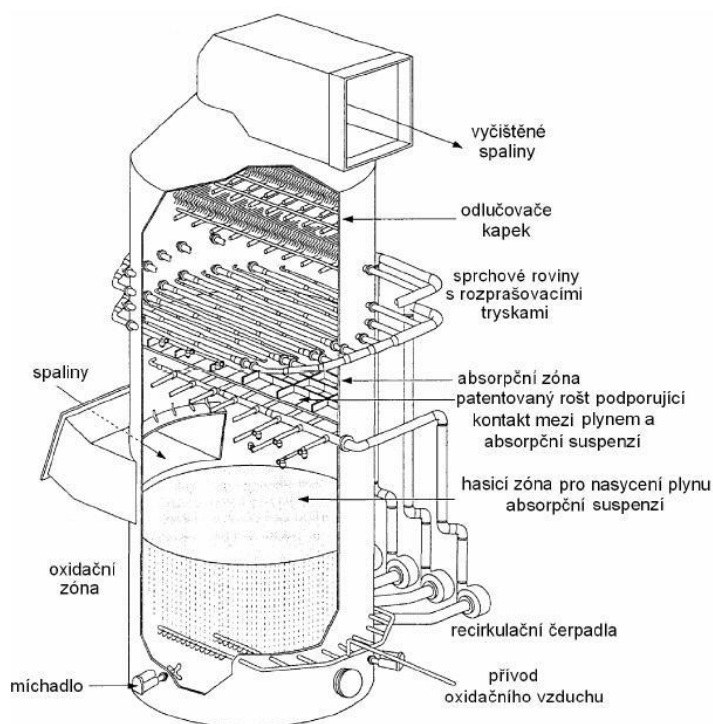
- Technologie mokré vápencové vypírky:

Na obr. 2 si můžeme prohlédnout technologický proces odsiřování za pomoci mokré vápencové vypírky. V kotli vznikají spaliny, které následně prochází elektrostatickým odlučovačem, kde dochází k odstranění většiny tuhých látek. Tento odloučený popílek je odveden do zásobníku popílku. Spaliny o teplotě zhruba 140 – 160 °C dále postupují do odsiřovacího zařízení – absorbéru. Absorbér je možné si detailněji prohlédnout na obr. 3. Jde o vertikální nádobu o kruhovém, eventuálně obdélníkovém průřezu. Ve vrchním úseku absorbéru jsou umístěné sprchové roviny, což je hustá potrubní síť s hojným počtem specifických trysek rozstřikující velmi jemně po celé vrchní části absorpční činidlo vápencové suspenze. Čím jemnější kapičky suspenze jsou, tím se usnadní reakce s oxidem siřičitým. [11]



obr. 2 - Mokrý vápencová vypírka [12]

Dolní část absorbéru je vybavena jímkou sloužící pro zachycování suspenze siřičitanu vápenatého. Do zachytivé jímky se suspenzí siřičitanu vápenatého je vháněn vzduch, pomocí kterého siřičitan vápenatý oxiduje na síran vápenatý, z něhož následně vykristalizuje sádrovec. [11]



obr. 3 - Absorbér [14]

Očištěné spaliny odcházející z absorbérů, v sobě uchovávají spoustu zachycených kapiček vápencové a sádrovcové suspenze, kterou je potřeba od spalin odloučit. K tomu slouží tzv. odlučovače kapek umístěné nad sprchovou zónou. Pro lepší vstupování očištěných spalin do atmosféry je potřeba spaliny opět zahřát na vyšší teplotu cca na 80 – 90 °C. K tomu používáme nevyčištěné spaliny z elektrostatického odlučovače. Vhodnějším způsobem pro rozptýlení spalin do atmosféry bez opětovného ohřevu je tzv. chladicí věž, která ochlazuje použitou vodu během procesu a vrací ji zpět do systému. Pochopitelně i při použití chladících věží se část vody odpaří. [11]

Před vstupem vápencové suspenze do absorbérů je potřeba vápenec připravit na požadované parametry. Používá se vápenec s obsahem uhličitanu vápenatého v rozmezí 90 – 95 % v podobě vápencového štěrku, nebo se dováží již zpracovaný – velmi jemně mletý. Pokud je dodáván v podobě štěrku, je potřeba jej nejprve upravit. Za pomoci dopravníků je štěrk dopraven z výsypných vagónů na skládky. Následuje proces drcení, na který je využíván kladivového mlýnu. Při tomto procesu se štěrk rozdrťí na velikost zhruba do 3 mm. Rozdrcený vápenec projde třídícím procesem a pokračuje do kulového mlýna, kde je rozmělněn na velikost zrna přibližně 0,09 mm a vytvořen základ pro budoucí vápencovou suspenzi. Následuje ředění vodou a vzniká výsledná suspenze s 25 % vápence. [11]

2.1.2 POŽADAVKY NA SORBENT

Pro čištění spalin od SO₂ a dalších kyselých látek se v České republice používají zejména vápence, vápna a vápenné hydráty. Potřebné množství těchto sorbentů závisí nejvíce na:

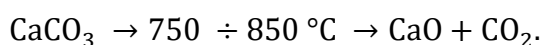
- množství síry obsažené ve spalovaném palivu;
- požadované účinnosti odsíření;
- použitým typem, čistotě a vlastnostech sorbentu;
- době kontaktu sorbentu se spalinami;
- intenzitě směšování sorbentu a SO₂. [23]

Za nejdůležitější vlastnosti sorbentu považujeme jeho chemické složení. Pro odsířování je velice důležitá čistota sorbentu, protože reakce probíhá pouze mezi CaO a SO₂. Všechny další látky obsažené v sorbentu jsou pro proces odsířování nadbytečné. Složení sorbentu by mělo být co nejvíce homogenní kvůli konstantní reakci CaO a SO₂. [23]

Další významnou vlastností sorbentu je granulometrie. Ta stanovuje zrnitost sorbentu. Nejvhodnější velikost částice je přibližně 100 mikronů. Důležitá je také informace, že velikost částice sorbentu je nepřímo úměrná povrchu – čím menší zrnitost, tím je větší povrch vztahný k jednotce objemu vypírací suspenze. [23]

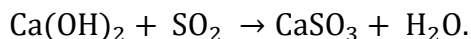
Reaktivita sorbentu udává, jaké množství sorbentu zreaguje s SO₂. Je velmi závislá na chemickém složení sorbentu obzvláště na jejich čistotě. Dále ji ovlivňuje rychlost rozpouštění sorbentu v suspenzi. Pro odsířovací proces vyžadujeme co nejvyšší reaktivitu. Problém je při srovnávání reaktivit více sorbentů od různých producentů. Je vysoce pravděpodobné, že každý použil jinou určovací metodu. Jelikož nejsou sjednocené hodnotící metody, nelze ani tyto reaktivity přesně porovnat. Srovnávat lze pouze reaktivity provedené stejnou metodou. [23]

V závislosti na použitém sorbentu je potřeba učinit různé přípravy před použitím, tak jak je uvedeno ve zdroji [12]. Vápenec CaCO₃ je nutné nejprve přeměnit za teploty kolem 800 °C na oxid vápenatý CaO s velkým měrným povrchem a mnohem vyšší schopnosti slučovat se s SO₂

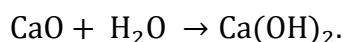


Vápenný hydrát není potřeba upravovat a lze jej bez úpravy používat pro suché odsířování ve formě suchého prášku. Standardní vápenný hydrát má obvykle měrný povrch

do 20 m²/g, pokud však chceme zvýšit účinnost reakce s SO₂, je možné použít speciální hydrát se zvýšeným měrným povrchem až do hodnoty 50 m²/g



Pálené vápno CaO je potřeba před použitím ve spalinách vyhasit na vápenný hydrát, který již lze rozprašovat do spalin



Největší výhodou páleného vápna jsou především náklady na dopravu. Zatímco při běžné spotřebě sorbentu se spotřebuje 100 % páleného vápna, vápenného hydrátu to bude již 132 % a vápence dokonce 178 %. [12]

2.1.3 VYUŽITÍ VZNIKLÉHO ENERGOSÁDROVCE

Energosádrovec se používá pouze v souvislosti odsiřováním spalin mokrou vápencovou vypírkou. Energosádrovec je oproti přírodnímu sádrovci v daleko více čistší formě, proto je také významným prvkem ve stavebním průmyslu. Využití nalezne především jako stabilizátor tuhnutí v cementu, na sádrové konstrukční materiály – omítky, deskové materiály; a jako báze pod podlahy, chodníky a parkoviště místo betonu. Dehydrovaný energosádrovec lze použít v původním stavu, nebo lze zpracovat a použít na stavební sádro. [1]

2.2 EMISE OXIDŮ DUSÍKU

Při použití označení oxidů dusíku se nejvíce hovoří o oxidu dusnatém NO a oxidu dusičitém NO₂. Dále se ještě vyskytují v menším množství i další oxidy dusíku: oxid dusný N₂O, oxid dusitý N₂O₃ a oxid dusičný N₂O₅. Sumárně se tyto oxidy dusíku označují jako NO_x.

Primárně při spalovacím procesu vzniká především oxid dusnatý, kterého vznikne z celkových oxidů dusíku přibližně 90–99 %. Oxidu dusičitého pak při spalování tuhých paliv vzniká přibližně 1–5 % a při spalování tekutých paliv přibližně 1–10 %. Obecně NO_x vznikají při všech průmyslových procesech prováděné za vysokých teplot. [1]

Při spalování se vytváří NO_x třemi základními principy. Oxidací dusíku ze spalovacího vzduchu za vysoké teploty – tzv. vysokoteplotní NO_x. Dále z chemicky vázaného dusíku v palivu – tzv. palivového a z chemicky vázaného dusíku radikálovými reakcemi na rozhraní plamene – tzv. promptní NO_x. Při všech těchto dějích vzniká oxid dusnatý oxidující se dále

na oxid dusičitý NO₂ za přítomnosti kyslíku. Rychlost oxidace je pak závislá na množství NO, kde při malých koncentracích ve spalinách je i oxidace pomalejší. [1]

2.2.1 VLIV TECHNOLOGIE SPALOVÁNÍ NA TVORBU OXIDŮ DUSÍKU

Vznik oxidů dusíku závisí především na rychlosti uvolňování tepla na plochu spalovací komory. Takže produkci oxidů dusíku můžeme výrazně ovlivnit použitým technologickým procesem při spalování. Jak si můžete prohlédnout v tab. 7, je hned patrné, že nejefektivnější metodou vůči tvorbě oxidů dusíku jsou fluidní kotle. U těchto kotlů se spaluje uhlí za nízkých teplot ve fluidní vrstvě žhavého popela, teplota u tohoto způsobu spalování dosahuje hodnot 800 – 900 °C. Nejvíce emisí oxidů dusíku se vyprodukuje ve výtavných kotlích, kde dochází k prudkému uvolnění tepelné energie na objem spalovací komory v důsledku provozu kotle s roztavenou struskou. U granulačních kotlů závisí na typu použitého hořáku. Při použití granulačních kotlů s tangenciálním spalováním lze dosáhnout nižší koncentrace než při protilehlém uspořádání hořáků. Nejhorších koncentrací emisí oxidů dusíku u granulačních kotlů dosáhneme, pokud jsou hořáky umístěné na jedné straně kotle. [1]

tab. 7 - Emise oxidů dusíku podle technologie spalování bez aplikovaných primárních opatření[1]

Druh kotle	Emise NO _x (NO ₂) %(mg.m _n ⁻³)	Obsah O ₂ (% obj.)
Fluidní	200 – 700	7
Roštové	300 – 800	7
Granulační:		
s proudovými hořáky	500 – 1100	6
s vířivými hořáky	800 – 1700	6
s tangenciálními hořáky	650	6
Výtavné:		
cyklonové	900 – 2000	5
s proudovými hořáky	900 – 1300	5
s vířivými hořáky	900 – 2000	5

2.2.2 METODY SNIŽOVÁNÍ EMISÍ OXIDŮ DUSÍKU

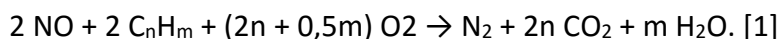
Možností pro potlačení vzniku oxidů dusíku je relativně hodně, ale i přesto jsou nejpoužívanější dvě hlavní opatření. Jedno spočívá v omezení vzniku NO_x během spalování a druhé se soustředí na eliminaci NO_x, které již spaliny obsahují. V jakém rozsahu se primární a sekundární opatření použije, závisí zejména na nárocích legislativy, kde nás v tomto směru zajímají emisní limity a stropy. [1]

- Primární opatření

Zavádění primárních opatření je mnohem levnější oproti sekundárním opatřením a jde u nich především o snahu předejít vzniku NO_x během spalování. Hlavním principem je redukce špičkových spalovacích teplot v kotli pomocí kontinuálního přísunu paliva a vzduchu do hořáku. Upravením principu spalování lze tedy dosáhnout samotnou redukcí NO_x. Jde především o metody:

- spalování s nízkým přebytkem vzduchu;
- nestechiometrické spalování;
- použití nízkoemisních hořáků s postupným přísunem paliva a vzduchu;
- redukce NO_x ve spalinách. [1]

Poslední zmíněná metoda patří k tzv. třetí generaci primárních opatření a spočívá v tom, že nízkoemisním hořákem spalujeme většinu paliva. Vyprodukované spaliny se obohatí o další díl paliva – zhruba o 7 až 15 % – což poslouží k vytvoření redukční zóny a vede ke vzniku radikálů uhlovodíků. Oxidy dusíku vzniklé v primární zóně zreagují právě s těmito radikály uhlovodíků na N₂. V poslední dopalovací zóně po přidání vzduchu dohoří zbylé neshořelé palivo. Rovnice pro tuto reakci:



- Sekundární opatření

Ve většině případů doplňují primární opatření a redukují již vzniklé NO_x ve spalinách za pomoci chemických případně fyzikálně chemických procesů. Mezi hlavní procesy patří hlavně selektivní katalytické redukce využívající amoniaku a selektivní nekatalytické redukce využívající amoniak či močovinu.

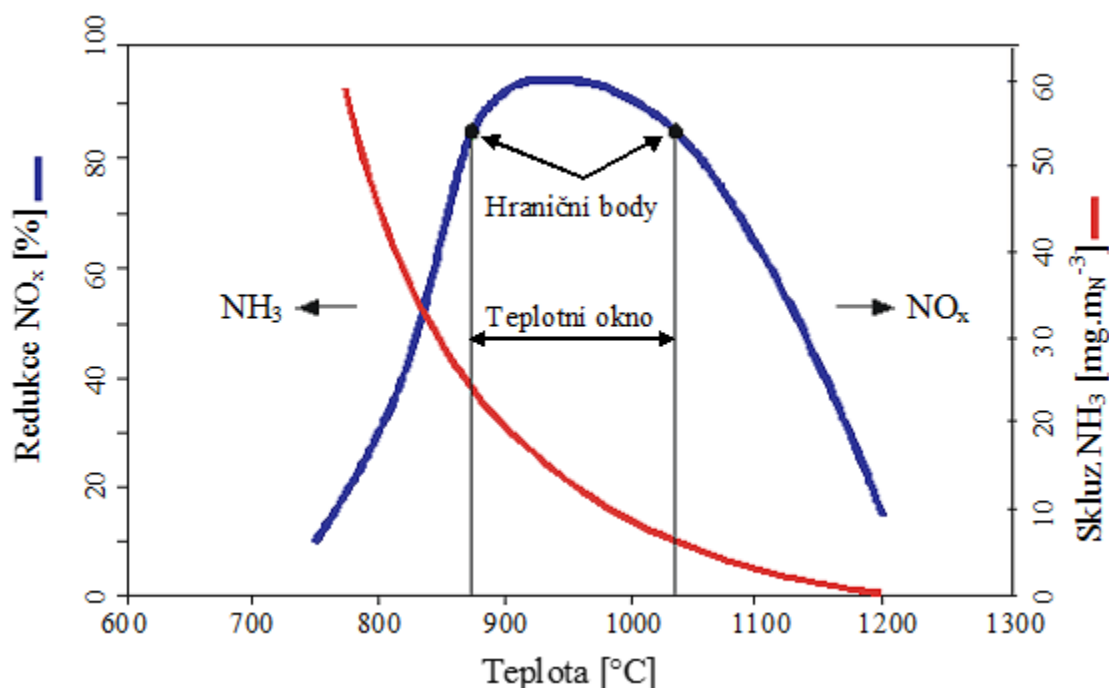
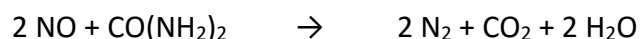
- Selektivní nekatalytická redukce oxidů dusíku

Spaliny s obsahem oxidů dusíku o teplotě 800 – 1100 °C jsou zkrápěny amoniakem případně močovinou, což vede k redukcí NO_x a tvorbě N₂ spolu s vodní párou. Účinnost těchto redukčních procesů pro NO_x je přibližně 40 – 60 %. [1]

Na obr. 4 je vidět průběh selektivní nekatalytické redukce NO_x v závislosti na teplotě, což je pro efektivní reakci velice významné. Rozsah mezi hraničními body, které nám vyznačují ideální teplotu pro redukcí NO_x, nazýváme teplotní okénko. Pokud budeme zkrápění provádět za nižších teplot, nejenom že reakce bude velmi zdlouhavá, ale také nezreaguje všechno amoniak spolu s NO_x a ve spalinách budou unikat do atmosféry, což není žádoucí.

S vyšší teplotou sice dosáhneme i vyšší reakce amoniaku, ale redukce NO_x nebude tak příznivá jako v případě ideálního teplotního okénka. Důležitým faktorem je i aktuální výkon kotle. Bude-li výkon nižší, posune se teplotní okénko blíže k hořákům a naopak. Proto jsou zkrápějí trysky v kotli na více místech a jsou řízeny počítačem pro optimální volbu. Dalším významným bodem je velikost vstříkovaných kapiček roztoku činidla. Jsou-li příliš velké, nemají optimální dobu pro odpaření a většinou k němu dochází za nižších teplot, při nichž se dostane do atmosféry nezreagovaný amoniak. Pokud jsou kapičky příliš malé, odpaří se dříve, než dosáhnou optimální teploty v teplotním okénku a opět dochází ke vstupu amoniaku do atmosféry. [1]

Při selektivní nekatalytické redukci probíhají následující chemické reakce:



obr. 4 - Průběh SNCR v závislosti na teplotě [10]

2.3 FLUIDNÍ KOTLE

Technologie fluidního spalování paliv bude v budoucnu postupně nahrazovat současné dnes již dožívající práškové kotle na uhlí. Tato technologie dovoluje spalovat i uhlí s nízkou výhřevností, které dnes v práškových kotlích lze spalovat jen velice obtížně. Zároveň při spalování ve fluidní vrstvě je mnohem vyšší energetická účinnost než při spalování uhlí

v práškovém kotli. V dnešní době je používáno atmosférické fluidní spalování a do budoucna se počítá s tlakovým fluidním spalováním a se zplyněním uhlí. Schéma fluidního kotle s cirkulující fluidní vrstvou si můžeme prohlédnout na obr. 5. [1]

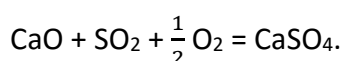
2.3.1 PRINCIP FLUIDNÍHO SPALOVÁNÍ

Fluidní vrstvu tvoří z větší části popeloviny, které se doplňují vápencem. Tato vrstva se zahřeje na zápalnou teplotu pomocí hořáků. Při dosažení potřebné teploty se do fluidní vrstvy přidává rozmělněné uhlí o hrubosti menší než 6 mm. Množství přidaného uhlí je v rozmezí 1 – 3 % celkové hmotnosti. Optimální teplota pro spalování uhlí ve fluidní vrstvě je 800 – 900 °C. Teploty nad 1000 °C způsobují škvárování a spékání popelovin. [4]

2.3.2 ODSIŘOVÁNÍ VE FLUIDNÍ VRSTVĚ

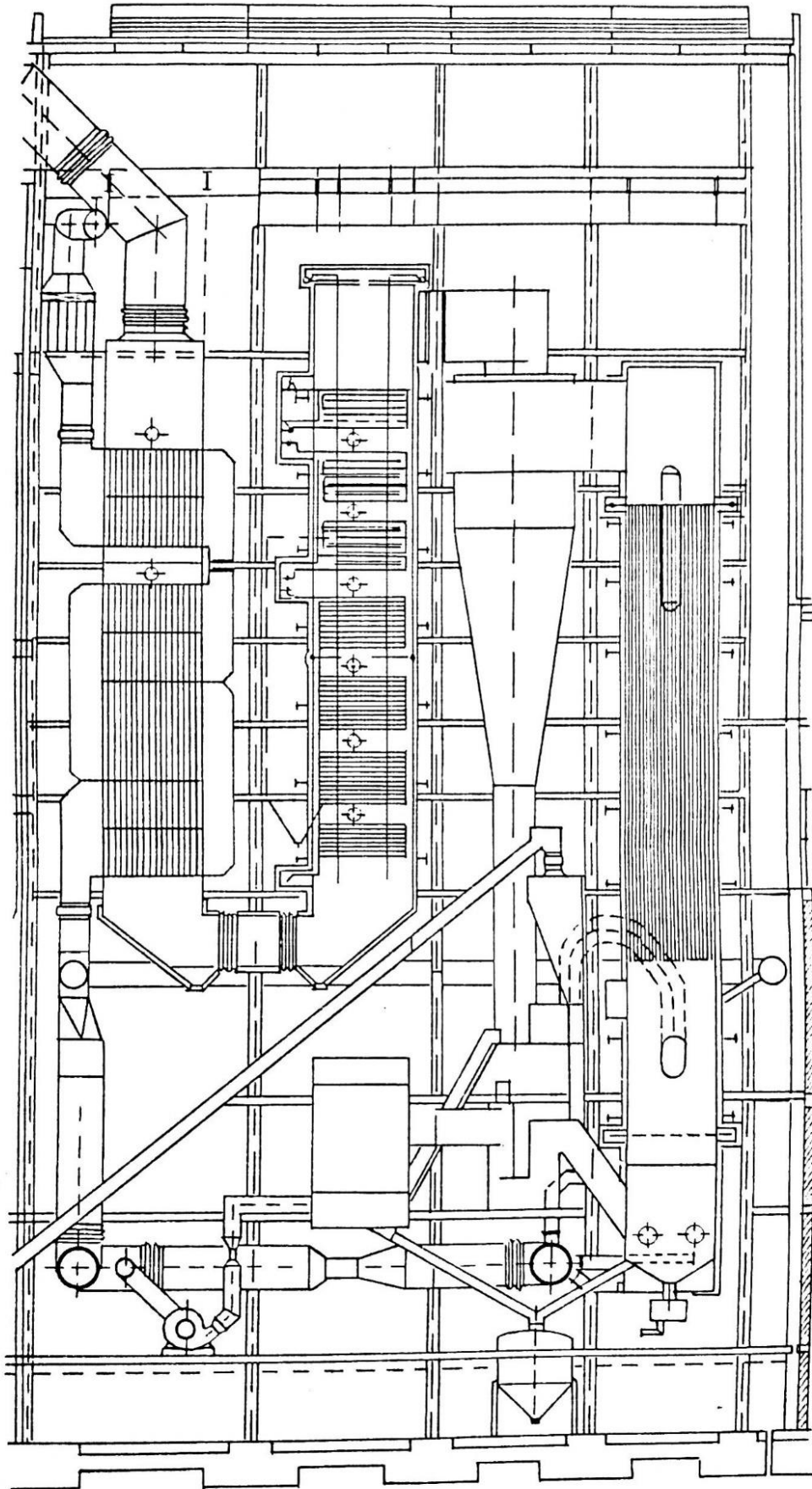
Při použití vápence nebo dolomitu do fluidní vrstvy dosáhneme vysokých účinností pro odsiřovací proces, dosahuje se až 95 % účinnost odsíření. Kalcinace vápence na vápno vytvoří vysoce sorpční látku sulfatizující na CaSO₄. [4]

Pro udržení nejúčinnějšího odsíření je nutné udržet optimální teplotu fluidní vrstvy kolem 850 °C. Teplotu regulujeme pomocí adiabatického nástřiku vody. Za nižších teplot bude reakce příliš pomalá a neúplná. Za vyšších teplot bude docházet ke zpětnému termickému rozkladu síranu vápenatého na původní složky, a tím se sníží i celková účinnost odsíření. Rovnice reakcí při odsiřování ve vrstvě fluidu[4]:



2.3.3 DENITRIFIKACE VE FLUIDNÍ VRSTVĚ

Ve fluidní vrstvě probíhá spalování uhlí za nižších teplot než například v práškových kotlích. Už jenom tento fakt nám snižuje vznik emisí oxidů dusíku. Za běžného provozu ve fluidní vrstvě zreaguje 90 % palivového dusíku na neškodný plyn N₂. Z toho však cca 10 % v ovzduší spolu s kyslíkem a slunečním zářením zreaguje na nebezpečný NO₂. Vznik NO_x je závislý na množství vzduchu při spalování. Snížíme-li množství vzduchu, snížíme i vznik NO_x. Tento jev je však doprovázen vyšší koncentrací SO₂ a nespálených částic ve spalinách. Proto je potřeba realizovat nad fluidní vrstvou přídatné spalování, které lze zabezpečit přívodem vzduchu. Další možností denitrifikace lze dosáhnout vrácením zachycených popelovin. [4]



obr. 5 - Fluidní kotel s cirkulující fluidní vrstvou [4]

2.3.4 POROVNÁNÍ FLUIDNÍHO SPALOVÁNÍ PALIV S JINÝMI TECHNOLOGIEMI

Zatímco fluidní kotle dosahují nejlepší účinnosti při teplotách kolem 780 – 850 °C. Práškové i roštové kotle spalují palivo za teplot přesahující 1000 °C. Práškové kotle mají teplotu u hořáků kolem 1400 – 1900 °C, roštové kotle mají špičkové teploty až 1600 °C. [1]

Zmiňované kotle si liší i stupněm hrubosti paliva. U fluidní vrstvy je hrubost kolem 3 – 30 mm. Roštové kotle vyžadují hrubost částic paliva kolem 25 – 32 mm a samotné spalování pak probíhá v nehybné vrstvě na roštu, přes který proudí spalovací vzduch. Pro práškové kotle je potřeba rozmělnit palivo na jemné částice o velikosti menší než 74 µm – pro asi 70 % paliva – palivo je hnáno vzduchem do hořáků, kde probíhá velice rychlý proces hoření. [1]

3 ANALYZOVANÝ SUBJEKT

Pro přesnější ověření dat jsem si vybral jako referenční teplárnu Plzeňskou teplárenskou, a.s. Ta zásobuje teplem velké krajské město. Pro mé účely jsem vycházel z výročních zpráv a ze zpráv o ochraně životního prostředí a společenské odpovědnosti firmy.

3.1 PLZEŇSKÁ TEPLÁRENSKÁ, A.S.

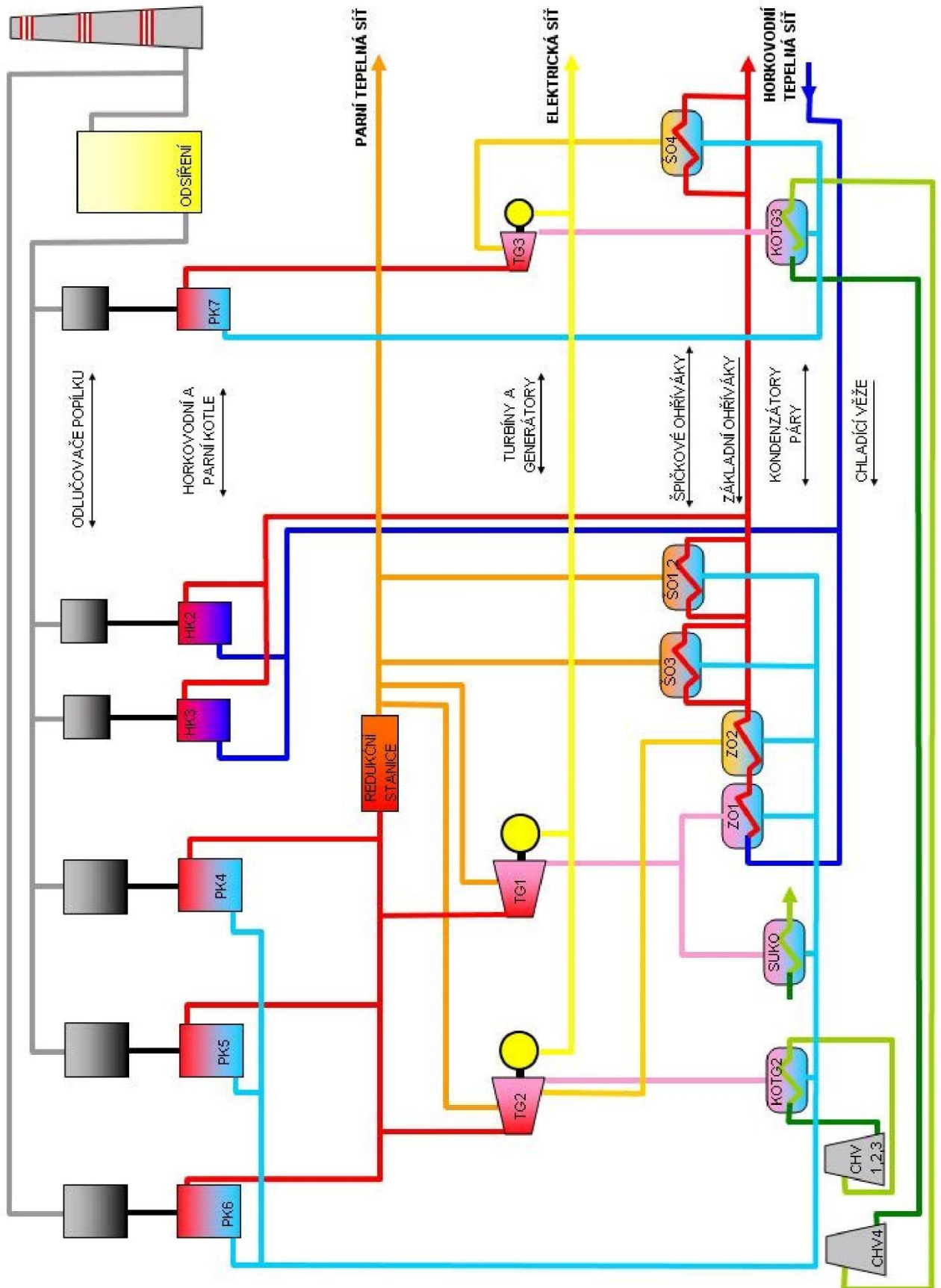
Plzeňská teplárenská, a.s. zajišťuje dodávku tepelné energie pro přípravu teplé vody a vytápění, elektrické energie a energie chladu pro více než dvě třetiny poptávky plzeňských odběratelů. Patří tedy mezi společensky prospěšné energetické společnosti v Plzni. V Plzeňském kraji je jedním z největších producentů energií. [14]

Výroba a rozvod tepelné energie, výroba a obchod s elektřinou představují hlavní předměty podnikání společnosti. Společnost vlastní certifikát na schopnost poskytování primární regulace frekvence, sekundární regulace výkonu a patnáctiminutové zálohy. Další aktivity jsou menšího rozsahu. [14]

Plzeňská teplárenská, a.s. také provozuje skládky komunálních odpadů v Chotíkově. Na skládce v Chotíkově bylo v roce 2014 uloženo 28 752 t odpadů. Na této skládce má teplárna zřízenou i kogenerační jednotu na skládkový plyn. V roce 2014 byla jednotka z důvodu přesunu v provozu jen cca 30 % celkového času, a i tak dodala do sítě 127,7 MWh elektrické energie. Chotíkov je pro teplárnu důležitý i z dalšího záměru. ZEVO Chotíkov – zařízení pro energetické využití odpadů – bude sloužit ke zhodnocování směsného komunálního odpadu. ZEVO Chotíkov bude zásobovat teplem do sítě CZT Plzeňskou městskou část Lohotín a do sítě VN bude dodávat elektrickou energii. [17]

3.1.1 HLAVNÍ TECHNOLOGICKÉ VYBAVENÍ A SPALOVANÉ MATERIÁLY

Schéma teplárny je vyobrazené na obr. 6. Teplárna disponuje celkem šesti kotli. Kotel K2 a K3 jsou roštové a jako palivo používají rozdrčené hnědé uhlí o hrubosti menší než 30 mm. Granulační kotle K4 a K5 se používají na spoluspalování rozmělněného hnědé uhlí spolu s biomasou maximálně do 30 % hm. Kotel K6 je fluidní kotel s cirkulující fluidní vrstvou, v němž se spaluje hnědé uhlí, které může být i méně kvalitní. Dále se v kotli K6 spoluspalují mourové kaly, biomasa v podobě dřevní štěpky. Kotel K7 je fluidní kotel s neškvárující fluidní vrstvou pro spalování biomasy, především energetických plodin a dřevin, zbytkové dřevní hmoty, slámy i s klasy a slámy olejin. [14]



obr. 6 - Schéma Plzeňské teplárenské, a.s. [16]

4 LCA – POSUZOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU

Life Cycle Assessment – LCA – neboli posuzování životního cyklu je analytická metoda, která se nyní aplikuje ve světě a lze ji využít jak k volbě technologií šetrnějších k životnímu prostředí, tak pro volbu takových provozních látek, jejichž dopady budou s ohledem na celý životní cyklus menší.

V dnešní době se pozornost soustřeďuje na rozvoj environmentálně šetrných technologií, což neznamena pouze energeticky šetrnější technologie, ale přístup ke snižování nežádoucích environmentálních dopadů činnosti zařízení. Podstatné je, jak zvolit environmentálně šetrnější technologický postup se všemi důsledky. Bohužel v České republice se zatím tato metoda nevyužívá ani ve výzkumu, ani v praxi, ačkoli se v zahraničí aplikuje v celé řadě různých technologických aplikací. [5]

4.1 PODSTATA METODY LCA

LCA je analytická metoda sloužící k hodnocení možných environmentálních dopadů spojených s životním cyklem dané technologie, služby, výrobku, obecně řečeno – produktu. V průběhu své existence vstupuje každý produkt do několika stádií, jež mají různý dopad na životní prostředí. Životní cyklus produktů zahrnuje čtyři hlavní stadia: získání surovin pro výrobu potřebných materiálů, výrobu produktu z materiálů již vyrobených, užívání produktu spotřebitelem a nakonec závěrečné odstranění. Pomocí LCA metody hodnotíme environmentální dopady všech uvedených stádií dohromady tak, že sečteme všechny emise látek uvolněné do prostředí ve všech stádiích životního cyklu daného produktu. Sumy hmotnostních toků emisí, které dostaneme, jsou vztaženy k určitému množství produktu. Inventarizační profil pak označuje soubor dat o množství jednotlivých emisí vztažených na jednotku produktu.[5]

Emise acidifikujících látek se vyjadřují např. jako množství protonů, resp. jako ekvivalenty referenční látky SO_2 . Emise skleníkových plynů se vyjadřují jako ekvivalenty CO_2 , emise látek podílejících se na rozkladu stratosférického ozónu jak ekvivalenty freonu CFC11. Vyjadřování spotřeby surovin pomocí některých metodik LCA se děje pomocí referenční látky podobně jako v předchozích případech. Jedná se tedy o vyjadřování úbytku surovin jako ekvivalenty Sb. Naopak jiné metodiky vycházejí z předpokladu, že člověk nejdříve spotřebuje suroviny, které jsou dostupné s minimálním vynaložením energie. Každý

v současnosti vytěžený kilogram suroviny vede k potřebě vynaložit v budoucnu větší množství energie (MJ) na získání stejného množství dané suroviny. [5]

Výstupy z konkrétní LCA platí za daných a jasně určených podmínek, nikoli obecně. Přínos metody LCA spočívá v jasné definici podmínek platnosti studií, zasazující dané poznatky o interakcích technologických procesů a životního prostředí do konkrétního kontextu. [5]

4.2 PROGRAM GEMIS

4.2.1 O PROGRAMU GEMIS

Lineární výpočtový program GEMIS, neboli globální emisní model integrovaných systémů, slouží jako účinný nástroj pro zjišťování environmentálních a ekonomických dopadů při uskutečnění investičních záměrů, opatření i systémových změn v oblasti energetických a látkových přeměn v různých průmyslových oborech včetně dopravy. Společnosti jej používají především pro rozbor škodlivých emisí, odpadů a při nákladovém rozboru metodikou LCA. [6]

Tento systém má tři primární úlohy – funguje jako databáze, ve které jsou environmentální data, náklady, ceny energie, materiálu, energetických a průmyslových systémů včetně celého životního cyklu. Dále slouží jako analytický systém pro kalkulace vlivu na životní prostředí energetických, dopravních a materiálových technologií na celé LCA. Poslední úlohou je vyhodnocování celého namodelovaného systému, kdy se posuzují odchylky jednotlivých výsledků. [6]

GEMIS využívá celá řada vládních úřadů, ministerstev, krajských i městských úřadů, ale samozřejmě i soukromé organizace zabývající se energetickým, dopravním a případně výrobním odvětvím. [6]

Program GEMIS je navrhován ve shodě s legislativou EU a může sloužit jako univerzální prostředek při komunikaci v zemích OECD, EU a IEA. Dále má program GEMIS plnění úlohy jako pomocný software pro Směrnici EU č. 96/61/EC o integrované prevenci a omezování znečištění (IPPC). [6]

O kvalitách programu svědčí i fakt, že se nejen v České republice používá pro zpracovávání celé řady studií. Jen pro názornost uvedu některé projekty, při kterých byl využit počítačový program GEMIS [6]:

- Definování faktorů primární energie a emisních faktorů CO₂ (MPO 2010)
- Optimalizace snižování emisí zdrojů tepla (MŽP 2009)
- Podkladová studie a výpočet primárních faktorů spotřeby energie při výrobě elektřiny, tepla a biopaliv pro Nezávislou odbornou komisi pro posouzení energetických potřeb České republiky v dlouhodobém časovém horizontu (2008)
- Porovnání autobusové a trolejbusové dopravy (pro dopravní podnik Pardubice, 2000)
- Podklady pro nezávislý expertní tým pro posouzení dostavby jaderné elektrárny Temelín (pro Úřad vlády, 1999)
- Náklady a ceny v zásobování teplem a kombinované výrobě elektrické energie a tepla před vstupem ČR do EU (pro MPO, MŽP, ÚED, ČEZ a.s., Teplárenské sdružení, 1998)
- Analýza nákladů a cen v oblasti zásobování teplem (pro MPO, MŽP, Ústřední energetický dispečink, ČEZ a Teplárenské sdružení, 1998)
- Podklady pro pracovní jednání výborů Senátu a Poslanecké sněmovny Parlamentu ČR k řešení energetických problémů státu vysvětlující význam teplárenství (pro Parlament ČR)

Jak je z ukázkových studií vidět, program využívá celá škála soukromých i vládních organizací.

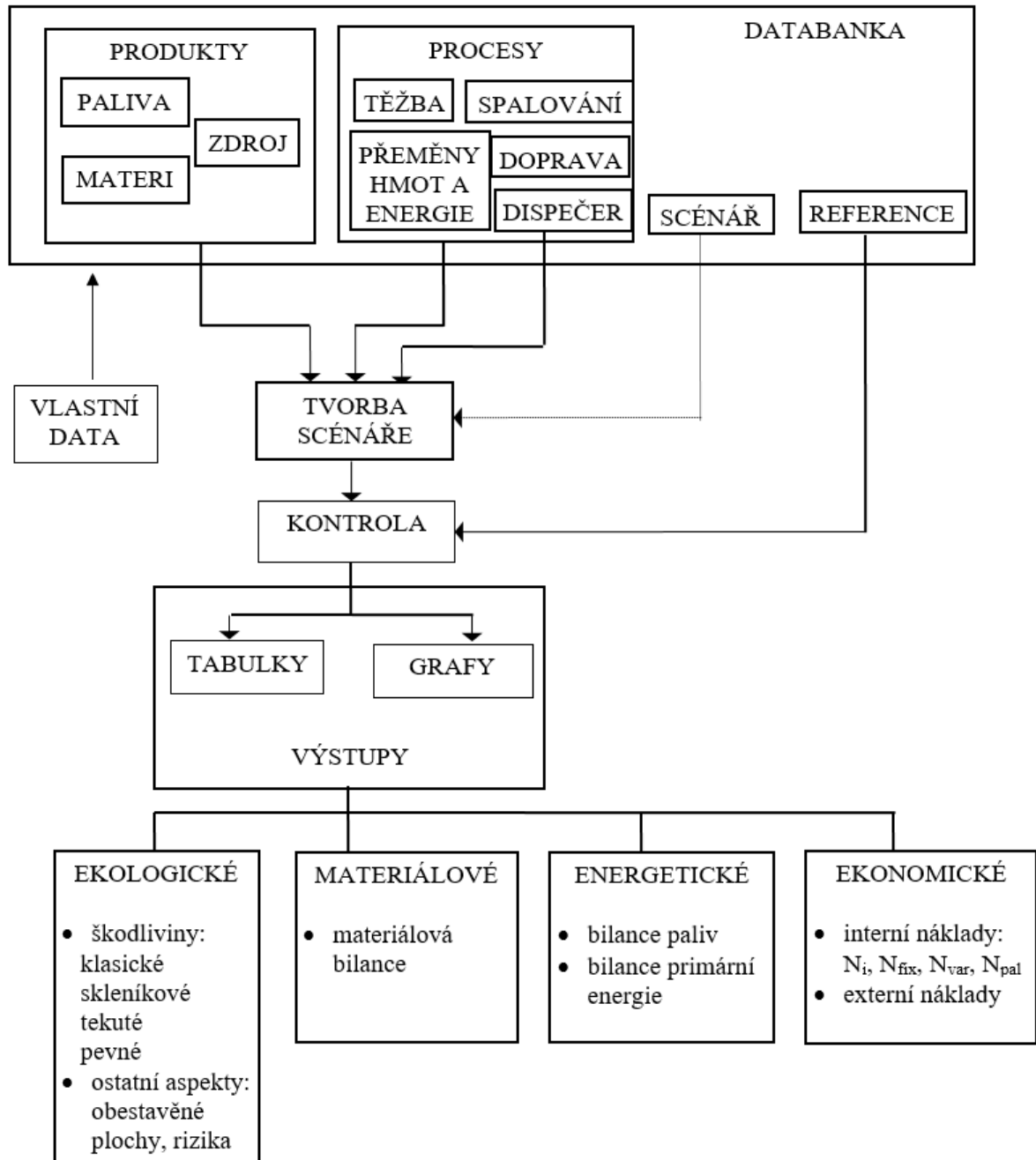
4.2.2 DATABÁZE GEMIS

Jak je znázorněno na obr. 7, nejdůležitější složku programu představuje databanka. Databáze obsahuje značné množství potřebných informací o produktech, procesech, ale i o modelových scénářích. Shromáždění těchto dat je poměrně komplikovaný úkol, především ověření věrohodnosti dat. To se provádí získáváním a porovnáváním dat z průmyslu, státních a mezinárodních organizací a jiných pramenů. Například data o emisích vycházejí ze studií, zkušeností z praxe a norem emisních limitů především ze států EU, USA a OECD. [6]

V databázi jsou již předdefinované životní cykly energetických, materiálových a dopravních procesů, jejichž uspořádání tkví v logickém propojení procesů, což nám umožňuje vypočítání příslušných energetických a materiálových toků vztažených na jednotku výstupu. [6]

Program GEMIS nám samozřejmě dovoluje vložit i vlastní data do databáze pro případ, že je neobsahuje nebo že je potřeba pozměnit stávající hodnoty, aby data více odpovídala našim reálným podmínkám. U všech záznamů je vždy vidět, kdo a kdy data vložil,

eventuálně kdo data změnil. Z obr. 7 můžeme dále vyzorovat, že nám databanka programu představuje vstupy při tvorbě námi zvoleného scénáře. Za vstupy považujeme produkty, procesy a scénáře.



obr. 7 - Struktura programu GEMIS [6]

- Produkty

Produkty jsou definovány jako vstupy a výstupy procesů. Za produkty považujeme nosiče energie, paliva, materiály, prvky a odpady. Program GEMIS nám umožňuje poskládat námi požadovaný řetězec za pomoci dostupných nebo námi vytvořených produktů.

- Procesy

Pod pojmem procesy v programu GEMIS rozumíme všechny činnosti, které přeměňují vstupní produkt na výstupní. Jak je z obrázku obr. 7 patrné jsou to především těžba surovin, spalování, přeměna hmot a energie a doprava, případně kombinovaná doprava (dispečer).

- Scénáře

Scénář v programu GEMIS představuje sestavu procesů, které poskytují žádoucí množství energie, materiálu, výrobku případně služeb. Sestavení základních procesů je již v programu GEMIS předdefinováno. Jedná se především o procesy energetické – dodávky elektřiny nebo tepla z různých paliv a rozdílných technologií; dopravní – druhy přepravy zboží a osob; výrobní – různorodá produkce plastů, sloučenin a stavebních materiálů.

Program GEMIS nabízí možnost vytvořit kompletní řetězec všech nutných postupů při výrobě daného produktu nebo služby. Při tomto postupu lze jasně vymezit technologické, environmentální a ekonomické parametry. Dále je potřeba zmínit skutečnost, že reálné životní cykly většinou přestupují geografické hranice států – těžba probíhá v jednom státu, zpracování probíhá v druhém a následně je vše exportováno do dalších států. Proto se snaží program GEMIS sledovat rozdílné typy dopravních systémů a těžebních technologií, a pochopitelně i původ energie a materiálů pro více než 20 zemí. [6]

4.2.3 VYHODNOCOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU PROGRAMEM GEMIS

V programu GEMIS lze životní cyklus výrobku posoudit opravdu od vytěžení jednotlivých surovin až po samotný odpad. Důležitou úlohu při správném hodnocení životního cyklu hraje především reálné a přesné definování cílů a rozsahu. V počáteční fázi je nutné vymezit pozorovaný produkt a proces. Na základě jednotlivých mezivýsledků můžeme dále specifikovat a modifikovat rozsah budoucí studie. Další fází je inventarizační analýza. Ta je orientovaná na kvantitativní popis toku ze vstupů v celém systému – co nejvíce jednoznačné popsání toků. Musíme vědět, že životní cyklus výrobku vždy začíná v zemi a následují všechny pracovní procesy – těžba, zpracování, využití a odpad a jediným jeho výstupem jsou materiály vstupující zpět do země a okolního prostředí. Systém, který nemá tyto parametry, nemůžeme nazývat skutečným LCA. Následující fází je hodnocení dopadů životního cyklu, jehož nejdůležitější úlohou je posouzení kvantitativních a kvalitativních účinků výrobků. Důležitou roli hraje spojitost mezi životním cyklem výrobku a eventuálními účinky. Pro porovnání dopadů je však nejprve nutné je kategorizovat, kvantifikovat a

převést na srovnatelnou bázi. Toto srovnávání je vlastní princip třetí fáze LCA. Poslední fází je tzv. interpretace životního cyklu. Jedná se o souvislý proces při identifikaci, hodnocení a výběru z alternativních možností pro snižování spotřeby energie. Pomocí programu GEMIS můžeme vyhodnotit buď celý životní cyklus výrobku včetně všech metodických postupů, případně můžeme využít jen výsledků z inventarizační analýzy a na jejich základě se rozhodnout, který výrobek má lepší vlastnosti v rámci životního prostředí. Program umí i jednotlivé identifikace materiálů způsobující skleníkový efekt a acidifikaci prostředí. Tyto pak shrne a přepočítává na ekvivalenty CO₂ a SO₂ stejným způsobem jako metodika LCA.

[6]

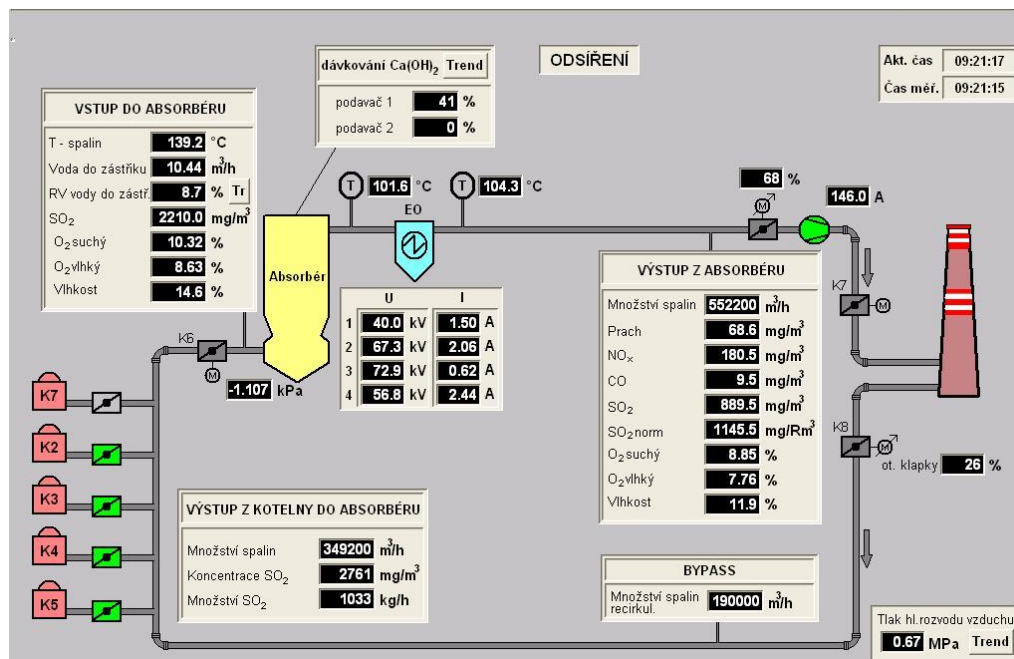
5 UKÁZKOVÁ STUDIE LCA

Zpracovávání studií hodnocení životního cyklu výrobku nabývá v poslední době na popularitě. Se zhoršujícími podmínkami životního prostředí zavádějí vlády zpřísnování emisních limitů. Což vede k poptávce po případových studiích.

5.1 ANALÝZA SPOTŘEBY SORBENTU

Pro analýzu spotřeby sorbentů je potřeba provést výpočet spotřeby sorbentu. Výpočet bude pouze teoretický [23], ale podložený reálnými daty z teplárny. Množství spotřebovaného sorbentu je závislé na velikosti zařízení, ze kterého vychází určitý tok spalin, na době kontaktu spalin se sorbentem, na vlastnostech spalin, na množství kyselých látek ve spalinách a na stavu odsiřovacího zařízení. [23]

Na obr. 8 je k prohlédnutí ilustrativní příklad, jak může vypadat program pro obsluhu kontroly odsiřování.



obr. 8 - Proces odsiřování [14]

Průměrná spalitelná síra spalovaného hnědého uhlí je cca 0,9 %, tzn.:

$$S_{spal} = 9 \text{ g / kg};$$

Účinnost odsiřovacího procesu se vypočítá jako poměr koncentrace SO₂ na výstupu z absorbérů ke koncentraci SO₂ na výstupu z kotelny do absorbérů:

$$\eta_S = 1 - \frac{C_{SO_2}^r}{C_{SO_2}^{nr}};$$

$$\eta_S = 1 - \frac{889,5}{2761};$$

$$\eta_S = 0,68 \rightarrow 68 \%;$$

Protože sorbent není ve 100% čisté formě – jsou v něm i neaktivní příměsi – je potřeba ho přepočítat a vyjádřit součinitel zvýšené spotřeby sorbentu. V našem případě jde o sorbent s 95% čistotou:

$$k_{SO} = \frac{1}{m_{CaCO_3}};$$

$$k_{SO} = \frac{1}{0,95};$$

$$k_{SO} = 1,053 (-);$$

Výslednou hodnotu potřebného sorbentu pak určíme ze vztahu:

$$m_{SO} = 3,1214 \cdot S_{spal} \cdot k_{SO} \cdot \eta_S;$$

$$m_{SO} = 3,1214 \cdot 9 \cdot 1,053 \cdot 0,68;$$

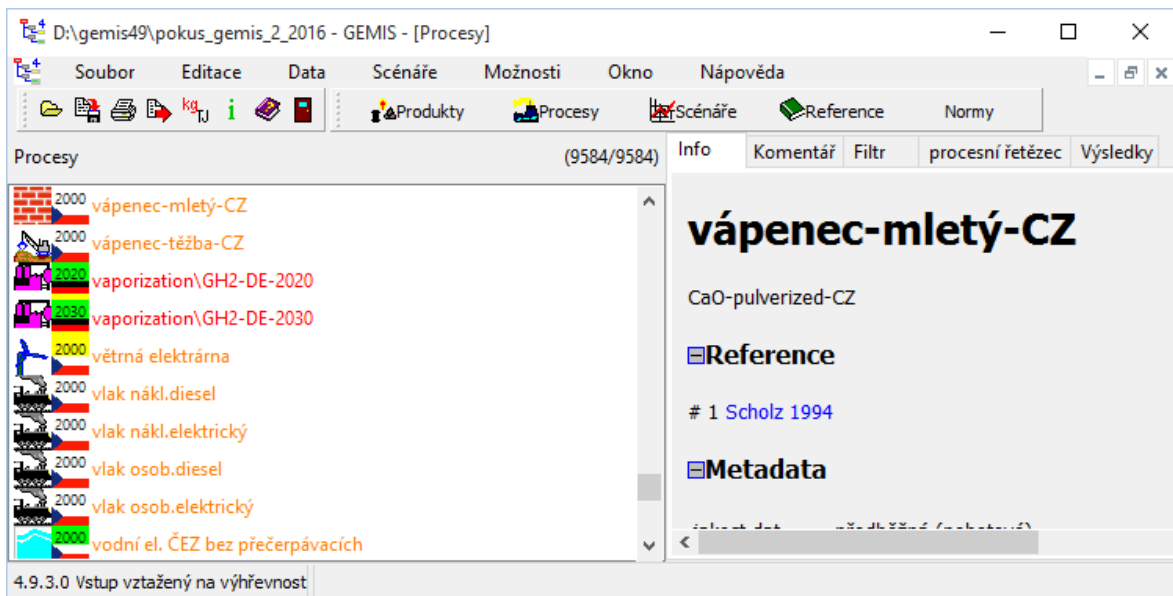
$$m_{SO} = 20,11 \text{ g/kg.}$$

Z výsledku vyplývá, že na kg paliva je potřeba 20,11 g sorbentu. V teplárně se ročně spotřebuje cca 500 000 tun uhlí [14]. Kdyby všechno uhlí bylo spáleno tímto způsobem, bylo by zapotřebí za stejné časové období cca 10 000 tun sorbentu.

Z důvodu dodržení zákonem stanovených emisních limitů je ale potřeba kombinovat různé metody spalování a odsiřování. Například budeme-li spoluspalovat dřevní štěpku spolu s uhlím, lze dosáhnout značné úspory sorbentu. Při poměru 80 % uhlí a 20 % dřevní štěpky je možné dosáhnout úspory sorbentu cca 28 %, čímž se sníží i náklady na celkové snižování sirných emisí. [22] Spoluspalování dřevní štěpky lze až do podílu 50 %, tím můžeme i značně snížit množství oxidů síry, které se dostanou do atmosféry. Dřevo – až na občasné stopové množství v kůře – totiž neobsahuje síru.

5.2 LCA V PROGRAMU GEMIS

Po spuštění programu GEMIS je nutné vytvořit nový projekt, nebo otevřít některý z uložených. Poté už nás program nechá navolit produkt, proces nebo scénář, který budeme dále upravovat tak, aby co nejlépe odpovídal našim požadavkům a podmínkám. Program GEMIS má celkem bohatou předpřipravenou databázi, ve které je celkem předdefinováno 1 127 produktů a 9 584 procesů. Volba procesů je k vidění na obr. 9, v levé části je seznam procesů a po výběru máme v pravé části k dispozici informace o zvoleném procesu.



obr. 9 - Program GEMIS - výběr z procesů

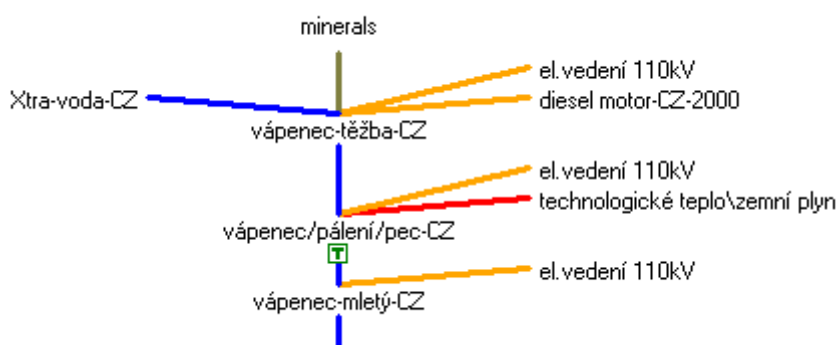
Nyní můžeme začít upravovat námi zvolený proces „vápenec-mletý-CZ“. Navolíme si, které vstupy, mezivstupy a výstupy do našeho procesu vstupují. Dále je vhodné vybrat způsob přepravy a dopravní vzdálenost. Z obr. 10 je patrné, že lze vybrat v programu GEMIS různé dopravní prostředky, ze kterých můžeme zvolit podle našich požadavků. V editačním menu daného procesu lze ještě nastavit pomocné produkty, jakými může být například vlastní spotřeba elektrického proudu. Dále můžeme upřesnit emise, pokud máme aktuálnější data, případně i množství vznikajících odpadů. Zajímá-li nás i ekonomická stránka, je možné nastavit náklady, mezi nimiž mohou být investiční, pevné, dopravní, palivové a náklady na pomocné energie a produkty.



obr. 10 - Program GEMIS – volba dopravy

Přibližná hodnota spotřeby sorbentu, kterým je většinou vápenec v co nejčistší podobě je zhruba 4 tuny na TJ. [21] Ve větší teplárně, která připravuje teplo pro krajské město, je přibližná roční spotřeba sorbentu cca 8 000 t. [15]

Budeme-li uvažovat i dopravu vápence do teplárny, bude výsledný procesní řetězec pro vápenec vypadat tak, jak je uvedeno na obr. 11. Vidíme zde všechny procesy od vytěžení až po přípravu výsledného produktu. Můžeme si všimnout i graficky znázorněných toků energie (červeně), materiálů (modře) a surovin (šedě) pro jednotlivé kroky. Například spotřeba vody, elektřiny a dieselových motorů potřebných pro vytěžení vápence.



obr. 11 - Schéma procesního řetězce pro vápenec vygenerovaný programem GEMIS

Po vyplnění všech požadovaných dat vybereme výsledný proces a necháme program GEMIS vygenerovat tabulku výsledků. V tab. 8 je uveden výsledný přehled emisí uvolněných do vzduchu během celého procesu od vytěžení až po dovození do teplárny – uvažujeme

vzdálenost 100 km nákladním automobilem EURO 2. V tabulce je i hodnota SO₂ ekvivalentu, která kalkuluje s celkovým účinkem znečišťujících látek SO₂, NO_x, HF a HCL.

tab. 8 - Vzniklé emise během LCA vápence z programu GEMIS

Emise	Na 1 kg vápence (kg)	Na 8000 t vápence (kg)	Cca 1 TJ (kg)
SO ₂ -ekvivalent	1,45E-03	1,16E+04	5,79E+00
SO ₂	2,41E-03	8,91E+02	9,63E+00
NO _x	1,11E-04	1,53E+04	4,45E-01
HCl	1,92E-03	1,18E+01	7,67E+00
HF	1,47E-06	6,91E-01	5,89E-03
prach	8,63E-08	1,57E+03	3,45E-04
CO	1,96E-04	1,63E+03	7,83E-01
NMVOG	2,04E-04	2,70E+02	8,15E-01
H ₂ S	3,37E-05	2,39E-02	1,35E-01

5.2.1 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Z výsledků vyplývá, že pokud teplárna spotřebuje za rok 8 000 tun vápence, při jeho těžbě, úpravě a převozu do teplárny uniknou do ovzduší emise pro SO₂ 890,64 kg, pro NO_x 15 332 kg a pro CO 1 629 kg. Může se zdát, že 15 tun oxidů dusíku je velké číslo, ale pokud tyto hodnoty porovnáme s roční hodnotou vypouštěných látek z uvedené teplárny, kde hodnoty jsou pro SO₂ 3 270 tun, pro NO_x 1 342 tun a pro CO 164 tun [14], můžeme tyto hodnoty považovat za zanedbatelné. V procentuálním vyjádření to odpovídá pro SO₂ 0,03 %, pro NO_x 1,14 % a pro CO 0,99 %.

Výsledky nám potvrdily, že i kdyby bylo nutné zvýšit dávkování sorbentu (například i o 50 %) pro účinnější odsíření, neměly by tyto doplňkové emise vznikající při těžbě, úpravě a převozu veliký význam v celkovém měřítku pro daný zdroj.

5.3 DOPORUČENÁ ŘEŠENÍ

Je patrné, že polosuchá metoda odsiřování již nebude dostatečně účinná pro nastávající přísnější emisní limity. Proto je potřeba, aby energetické a teplárenské subjekty začaly tuto situaci řešit.

Asi nejlevnějším a nejjednodušším řešením je zavedení relativně nové metody souběžného odsiřování spalín. Touto metodou lze rozšířit klasickou polosuchou metodu odsiřování spalín. Souběžné odsiřování je řešeno tak, že do polosuché metody je přivedeno mnohem větší množství sorbentu, než umožňuje maximální tok odsiřovací suspenze. V kouřovodu se do spalín rozprašuje suchý sorbent, tzn. že již v kouřovodu před vstupem spalín

do absorbéru probíhá suché odsiřování. Toto předodsíření není nikterak významné, ale rozprášený sorbent začne reagovat při kontaktu s kapičkami v absorbéru a zúčastní se i polosuchého odsiřování. V kombinaci s tkaninovým filtrem zvýšíme účinnost odsiřování o dobíhající reakci na filtrační textilii. [25]

Další možnou variantou snížení emisí oxidů síry je zavedení spoluspalování dřevní štěpky, respektive biomasy obecně. Jak již bylo dříve zmíněno, lze tímto způsobem efektivně snížit emise oxidů síry. Spoluspalování biomasy se již ale finančně nevyplatí. Stát na ni přestal vyplácet dotace, navíc se může prodražit i vzdálenější dovážení.

Pro dodržení emisních limitů lze využít i možnosti spalování uhlí s nízkým obsahem síry. Případně dokupování části potřebného množství a následný mix jednotlivých druhů uhlí, pro dosažení jednotného obsahu síry ve spalovaném uhlí. Nákupu nízkosírného uhlí ale využívají především velké spalovací zdroje, které mohou nasmlouvat nižší ceny při velkém odběru uhlí.

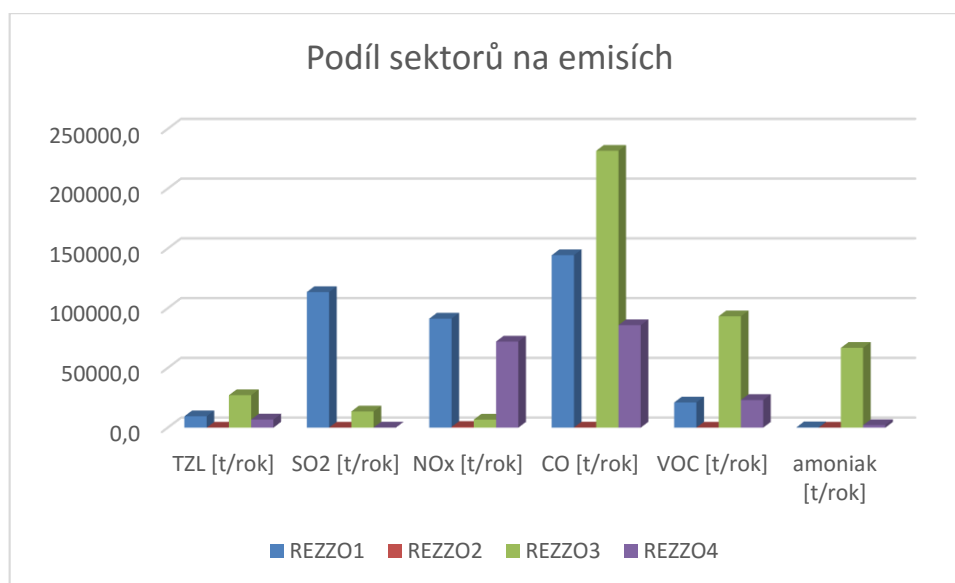
Velice účinnou metodu odsiřování představuje metoda mokré vápencové vypírky, jejímž zavedením je možné dosáhnout až 97% účinnost při odsiřování spalin. Nevýhodou jsou ale velice vysoké náklady na rekonstrukci a výměnu stávajících zařízení. Jak uvádí společnost Tenza, a.s. na svých webových stránkách, rekonstrukce odsiřovacího zařízení v opatovické elektrárně vyjde celkově na 1,066 miliardy Kč. [12]

Další velice drahou, ale efektivní možností snížení emisí, je vystavět nový zdroj. Variant je několik. Může to být například běžný fluidní kotel s injektáží vápence, případně fluidní kotel na biomasu, kdy lze za nízkých teplot spalování dosahovat velmi nízkých emisí. Jednou z alternativ mohou být i malé jaderné reaktory, které by mohly dodávat poměrně čistou energii a teplo, ale pro to naše legislativa zdaleka není připravena. Nejpravděpodobnější alternativou může být plynový kotel na zemní plyn. Provoz takového kotle je v současné době velice nákladný z důvodu vysoké ceny zemního plynu, ale s postupným zpřísněním limitů a omezenou zásobou kvalitního uhlí vidím plynové kotle jako jednu z nejpravděpodobnějších možností.

Jak bylo uvedeno v části s legislativou, pokud velké stacionární zdroje nesplňují emisní limity, mají možnost využít z některých zavedených vládních opatření. To znamená, že většina tepláren se prozatím snížení emisních limitů moc netýká a mohou s drobnými

regulacemi fungovat i nadále. Větší problém však nastává u menších výtopen pro malá města. Tam se naráží především na ekonomické možnosti. Budou-li zdražovat, odběratelům se to nemusí dále vyplatit a vrátí se zpět ke svému domácímu kotli.

Zamyslíme-li se nad možnostmi do budoucna, ze současných technologií jsou nejčistší plynové kotle. Budou-li tyto kotle nasazené ve 100 % jako stacionární spalovací zdroje nebude to nutně znamenat 100% čisté ovzduší. Bude potřeba více regulovat i místní a mobilní zdroje, protože v současnosti tyto zdroje velkou měrou přispívají k celkovým emisím. Zastoupení jednotlivých sektorů znázorňuje obr. 12.



obr. 12 - Podíl jednotlivých sektorů na emisích z roku 2014 [20]

ZÁVĚR

Práce se v teoretické části zabývá především legislativou a emisemi SO₂ a NO_x. V první kapitole podrobněji rozebírám legislativu ochrany ovzduší České republiky, především povinnosti provozovatelů zdrojů, poplatky, emisní limity a vládní opatření pro spalovací stacionární zdroje, které nejsou schopné přísnější emisní limity dodržet.

V další kapitole popisují metody pro snižování emisí oxidů síry s bližším zkoumáním nejúčinnější mokré vápencové vypírky a metody pro snižování oxidů dusíku, kde jde především o primární a sekundární opatření.

Pro vytvoření LCA posudku bylo potřeba přiblížit spalovací stacionární zdroj pro objektivní srovnání výsledků. Pro účely diplomové práce jsem zvolil subjekt Plzeňská teplárenská, a.s., která dodává teplo pro více než dvě třetiny odběratelů v Plzni, jenž má téměř 200 000 obyvatel. Tato část uvádí problematiku posuzování životního cyklu a seznámením s programem GEMIS, ve kterém se takové posudky dají zpracovat.

Poslední část je věnována ukázkové studii LCA. Zde nejprve analyzuji spotřebu sorbentu při běžném provozu teplárny, poté navrhuji, jak lze množství sorbentu snížit. Následuje LCA studie zpracovaná v programu GEMIS. Moje obava o zvýšený příspěvek doplňkových emisí (z těžby, zpracování a dopravy) kvůli zvýšené spotřebě sorbentu se nepotvrdila. I když při roční spotřebě 8 000 tun vápence vznikne na doplňkových emisích 15 332 kg NO_x, 1 629 kg CO a 890 kg SO₂, je to v porovnání s roční produkcí teplárny jen 1,14 %, 0,99 % a 0,03 %.

Pro dosažení nižších emisních limitů již polosuchá metoda spolu s konvenčními dosluhujícími kotli není dostatečná. Pro současné stacionární zdroje to znamená zavést účinnější metody pro eliminaci emisí, spalovat nízkosírné uhlí, spoluspalovat dřevní štěpku nebo využít z některých vládních opatření, která jim pomůžou překlenout dobu při výstavbě nového zdroje. Se zpřísněním emisních limitů předpokládám zřízení plynových kotlů, které jsou prozatím sice drahé na provoz, ale emisně mají velkou rezervu. Další alternativou mohou být malé jaderné reaktory, které by mohly dodávat poměrně čistou energii i teplo, ale pro to naše legislativa není zdaleka připravena. Podíváme-li se na to z širší perspektivy, nebude pouze stačit vyměnit starší konvenční zdroje a nebudeme moci říct, že od zítra je vzduch čistý. Do ochrany ovzduší je potřeba se zapojit aktivněji. Například městem Plzeň vedou samým centrem hlavní silnice, tudíž k místní dopravě přibývá také těžký tranzit. Větší

města by měla mít pro tranzit obchvaty a v centrech by měly být nízkoemisní zóny. Přínosem pro tuto problematiku by mohly být i dotace na MHD, kterou by využívalo více lidí, čímž by se omezil vznik emisí.

SEZNAM LITERATURY

- [1] VEJVODA, Josef, Pavel MACHAČ a Petr BURYAN. Technologie ochrany ovzduší a čištění odpadních plynů. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003, 226 s. ISBN 807080517X.
- [2] Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší. In.: Praha, 2012, částka 69/2012, číslo 201.
- [3] Vyhláška č. 415/2012 Sb. o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší. In.: Praha, 2012, částka 151/2012, číslo 415.
- [4] ING. KUBÍN, DRSC., Miroslav. Rozvoj fluidního spalování: Knižnice Energetika a životního prostředí. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1989, 168 s.
- [5] KOČÍ, Vladimír. Metoda posuzování životního cyklu a chemický průmysl. Chemické listy. 2010, (104), 5. ISSN ISSN 1213-7103.
- [6] Uživatelská příručka gemis. 4.6. Praha: CityPlan, 2011.
- [7] IPPC: Integrovaná prevence a omezování znečištění. Ministerstvo životního prostředí [online]. Praha [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/ippc>
- [8] Integrated Pollution Prevention and Control: IPPC. Integrovaná prevence a omezování znečištění [online]. Praha, 2001 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <http://www.ippc.cz/>
- [9] Nejlepší dostupné techniky (BAT). Cenia: Česká informační agentura životního prostředí [online]. Praha [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/nejlepsi-dostupne-techniky>
- [10] FÍLA, Vlastimil a Pavel MACHAČ. Co víme o NOx. Praha: VŠCHT Praha, Ústav anorganické technologie, 2013.
- [11] MOKRÁ VÁPENCOVÁ VYPÍRKA SPALIN. EnergyWeb [online]. Tábor, 2003 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=1&ee_chapter=2.5.6

- [12] Tenza: Realizujeme Vaše představy [online]. Brno, ©2006-2016 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <http://www.tenza.cz/cz/>
- [13] Vláda schválila novelu zákona o ochraně ovzduší a podpořila kontroly provozu kotlů přímo v domácnostech. Ministerstvo životního prostředí [online]. Praha, 2015 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/news_151214_ZOOO
- [14] Plzeňská teplárenská, a.s. [online]. Plzeň, c2006 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <http://www.pltep.cz/>
- [15] Zpráva o činnosti. Plzeňská teplárenská, a.s.: Více než energie [online]. Plzeň [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: http://www.pltep.cz/upload/File/VZ_2014/PT-VZ-2014-zprava-o-cinnosti-.pdf
- [16] Schéma výroby. Plzeňská teplárenská, a.s.: Více než energie [online]. Plzeň [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: http://www.pltep.cz/upload/File/schema_vyroby.pdf
- [17] ZEVO Chotíkov. ZEVO CHOTÍKOV: zařízení pro energetické využití odpadů [online]. Plzeň [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <http://www.spalovna.info/#technologie>
- [18] Složení vozového parku v ČR. SDRUŽENÍ AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU [online]. Praha, 2015 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <http://www.autosap.cz/sfiles/a1-9.htm>
- [19] Teplárenské sdružení ČR [online]. Pardubice, 2016 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <http://www.tscr.cz/>
- [20] Emisní bilance České republiky 2014. Český hydrometeorologický ústav [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/13embil/uvod_CZ.html
- [21] STAS, Michal. Zpráva o ochraně životního prostředí a společenské odpovědnosti firmy. Zlín: Alpiq Generation, 2015.
- [22] SOJKOVÁ, Žaneta. SNIŽOVÁNÍ EMISÍ SÍRY PŘI POSLUSPALOVÁNÍ DŘEVNÍ ŠTĚPKY a HNĚDÉHO UHLÍ. Bratislava, 2011, 47 s. Bakalářská práce. SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVĚ. Vedoucí práce Ing. Ľubor Kučák, CSc.
- [23] IBLER, Zdeněk. Technický průvodce energetika. Praha: BEN - technická literatura, 2002. ISBN 8073000261.

- [24] O integrované prevenci. CENIA, česká informační agentura životního prostředí [online]. 2002 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/Schema%20IPPC_0.pdf
- [25] MÁNEK, Oldřich, Petr JULÍNEK a Pavel SLEZÁK. Metoda souběžného odsiřování spalin. In: Energetický ústav [online]. Brno, 2007 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: www.eu.fme.vutbr.cz/file/180_1_1
- [26] O průmyslových emisích: integrované prevenci a omezování znečištění. In.: EVROPSKÝ PARLAMENT a RADA EVROPSKÉ UNIE, 2010, 2010/75/EU.

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

obr. 1 - Schéma průběhu činnosti IPPC [24]	14
obr. 2 - Mokrý vápencová vypírka [12]	18
obr. 3 - Absorbér [14]	19
obr. 4 - Průběh SNCR v závislosti na teplotě [10]	24
obr. 5 - Fluidní kotel s cirkulující fluidní vrstvou [4].....	26
obr. 6 - Schéma Plzeňské teplárenské, a.s. [16]	29
obr. 7 - Struktura programu GEMIS [6]	33
obr. 8 - Proces odsíření [14]	36
obr. 9 - Program GEMIS - výběr z procesů.....	38
obr. 10 - Program GEMIS – volba dopravy	39
obr. 11 - Schéma procesního řetězce pro vápenc vygenerovaný programem GEMIS	39
obr. 12 - Podíl jednotlivých sektorů na emisích z roku 2014 [20]	42
tab. 1 - Sazby poplatků za znečišťování v Kč za tunu[2]	7
tab. 2 - Koeficienty úrovně emisí [2].....	7
tab. 3 - Specifické emisní limity pro spalovací zdroje uvedené do provozu po 01/2014 [3] 9	
tab. 4 - Specifické emisní limity pro spalovací zdroje platné do 12/2015 s vydáním povolením provozu do 11/2003 [3]	9
tab. 5 - Požadavky na spalovací stacionární zdroj od 1/2014 [2].....	10
tab. 6 - Minimální stupeň odsíření pro spalovací zařízení [26].....	11
tab. 7 - Emise oxidů dusíku podle technologie spalování bez aplikovaných primárních opatření[1].....	22
tab. 8 - Vzniklé emise během LCA vápence z programu GEMIS	40
tab. 9 - Emisní faktory pro paliva podle IPCC [1].....	I
tab. 10 - Emisní faktory odvozené z kvality tuzemských paliv podle údajů REZZO 1997 [1].....	II

PŘÍLOHY

tab. 9 - Emisní faktory pro paliva podle IPCC [1]

Palivo	Výhřevnost (MJ/kg) nebo (MJ/m3) pro plynná paliva	Emisní faktor (g C/MJ) výhřevnosti paliva	Emisní faktor2 (g CO2/MJ) výhřevnosti paliva
Pevná paliva:			
Antracit		26,8	98,3
Černé koksovateľné uhlí		25,8	94,6
Ostatní černá uhlí		25,8	94,6
Hnědé uhlí		26,2	96,1
Lignit		27,6	101
Břidlice		28,9	106,7
Rašelina		28,9	106
Biomasa		29,9	109,6
Kapalná paliva:			
Ropa		20	73,3
Gasolin	44,8	18,9	69,3
Letecký petrolej	44,59	19,5	71,5
Technický petrolej	44,75	19,6	71,9
Benzin a motorová nafta	44,33	20,2	74,1
Lehký topný olej	42,3	20,5	75
Těžký topný olej	40,8	20,8	76,4
Propan-butan	47,31	17,2	63,1
Etan	47,49	16,8	61,6
Maziva	40,19	20	80,7
Asfalt	40,19	22	80,7
Petrolejový koks	31	27,5	100,8
Ostatní ropné produkty	40,19	20	73,3
Plynná paliva:			
Zemní plyn		15,3	56,1
Zkapalněný zemní plyn		17,2	63,1
Bioplyn		30,6	112,2
Rafinérský plyn	48,15	18,2	66,1
Dehet z koksování uhlí	28		
Svítiplyn	14,44	17,4	63,7
Vysokopecní plyn		66	248,9
Koksárenský plyn		13	47,6
Poznámka: Prázdné řádky ve sloupci výhřevnost – IPCC neuvádí. Uvedená čísla jsou doporučené hodnoty emisních faktorů A nenahrazují přesnější hodnoty používané jednotlivými zeměmi			

tab. 10 - Emisní faktory odvozené z kvality tuzemských paliv podle údajů REZZO 1997 [1]

PALIVO	Výhřevnost Q ^r (MJ/kg) nebo (MJ/m ³) pro plynná paliva	Emisní faktor (g C/MJ) výhřevnosti paliva	Emisní faktor (g CO ₂ /MJ) výhřevnosti paliva	Emisní faktory: (kg CO ₂ /t) pro tuhá a kapalná paliva; (kg CO ₂ / 1 000 m ³) pro plynná paliva
HUTR	16,69	27,5	101	1685,7
HUEN	13,03	24,3	89,15	1161,6
CUTR	25,47	21,2	77,8	1981,1
CUEN	21,94	31,4	115	2523,1
PROPLÁSTEK	17,12	45,1	165,5	2826,5
LIGNIT	9,18	32,4	118,9	1094,3
KOKS	27,02	32,9	121	3269,4
BRIKETY	18,72	21,8	80,1	1499,8
DŘEVO	9,37	29,9	109,6	1026,9
TTO	40,84	20,8	76,4	3120,2
STO	40,94	20,7	75,9	3107,3
LTO	41,7	20,5	74,9	3127,1
NAFTA	42,03	20,4	74,8	3146,4
ZEMNÍ PLYN	34,04	15,9	58,2	1981,5
SVÍTIPLYN	14,69	17,4	63,7	935,2
PB	45,47	18	66	3001
GENER. PLYN	11,9	3		
KOKS. PLYN	16,18	14,1	51,8	838,1
JINÁ TUHÁ	16,06			
JINÁ KAPALNÁ	33,29			
JINÁ PLYNNÁ	21,37			
BIOPLYN	32,03	30,6	112,3	
Symboly: HUTR – hnědé uhlí tříděné		LTO – lehký topný olej		
HUEN – hnědé uhlí energetické		STO – střední topný olej		
CUTR – černé uhlí tříděné		TTO – těžký topný olej		
CUEN – černé uhlí energetické		PB – propan – butan		