

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA GEOENVIROMENTÁLNÍCH VĚD



**VLIV SPALOVÁNÍ HNĚDÉHO UHLÍ A BIOMASY
NA EMISE PLYNNÝCH A TUHÝCH LÁTEK**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. RNDr. Vladislav Chrastný, Ph.D.

Bakalant: Jana Bolhová

2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra geoenvironmentálních věd

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Bolhová Jana

Územní technická a správní služba - kombinované Litvínov

Název práce

Vliv spalování hnědého uhlí a biomasy na emise plyných a tuhých látek

Anglický název

The emissions of gaseous and solid particles originated from brown coal and biomass combustion

Cíle práce

V konkrétním provozu (Žatecká teplárenská) bude zjištěn rozdíl v emisích plyných (NO_x, SO_x, CO) a pevných znečišťujících látek při spalování hnědého uhlí a biomasy.

Metodika

V první části vypracuje autorka literární přehled zaměřený na problematiku emisí plyných a pevných látek při spalování hnědého uhlí a biomasy. V druhé části zpracuje data získaná z konkrétního provozu a provede kritické zhodnocení.

Harmonogram zpracování

odevzdání práce duben 2014

Rozsah textové části

40 stran

Klíčová slova

oxidy dusíku, oxidy síry, celkový organický uhlík, hnědé uhlí, biomasa

Doporučené zdroje informací

databáze Web of Science

databáze Scopus

Vedoucí práce

Chrastný Vladislav, doc. RNDr., Ph.D.

Konzultant práce

Mgr. Lukáš Trakal, Ph.D.


doc. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Vedoucí katedry



V Praze dne 22.1.2014


prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Vliv spalování hnědého uhlí a biomasy na emise plyných a tuhých látek“ jsem vypracovala samostatně, pod vedením doc. RNDr. Vladislava Chrastného, Ph.D. Další informace mi poskytla paní Ing. Alena Hlávková, ředitelka Žatecké Teplárenské, a.s. V seznamu literatury uvádím použitou odbornou literaturu a další informační zdroje, z kterých jsem čerpala.

V Žatci dne 7. 4. 2014

Poděkování

Děkuji doc. RNDr. Vladislavovi Chrastnému, Ph.D. za vedení a pomoc při zpracování této práce, Ing. Aleně Hlávkové a Bc. Janě Fričové za odbornou pomoc a užitečné rady. Závěrem bych ráda poděkovala své rodině za morální podporu, vstřícnost a trpělivost během mého studia.

V Žatci dne 7. 4. 2014

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na porovnání emisí tuhých a plynných látek ze spalování hnědého uhlí a biomasy. Teoretická část práce se zabývá rozdělením biomasy a jejím složením, vlastnostmi a možností využití v energetice. V další části jsou popsány technologie spalovacích procesů biomasy, jejich princip a průběh. Dále následuje popis, vlastnosti a spalování hnědého uhlí. V závěru teoretické části jsou popsány emise, jejich rozdělení a monitorování. Výsledným porovnáním bylo zjištěno, že při spalování hnědého uhlí, jsou nejvíce vypouštěny do ovzduší plynné emise s největší koncentrací SO₂, a jako nejnižší koncentrace TZL. V případě spalování biomasy jsou do ovzduší nejvíce vypouštěny oxidy dusíku, NO_x.

Klíčová slova

Oxidy dusíku, oxidy síry, celkový organický uhlík, biomasa, hnědé uhlí.

Abstract

This bachelor thesis describes comparing emissions of particulate and gaseous pollutants from the combustion of coal and biomass. The theoretical part deals with the distribution of biomass and its composition, properties and possibilities of energy. The next section describes the technology of biomass combustion processes, their principles and progress. Hereafter follows a description of the characteristics and combustion of brown coal. At the end of the theoretical part there is a description of emission, its allocation and monitoring. The resulting comparison shows that gaseous emissions with the highest concentration of SO₂ are exhaled during the combustion of coal and as the lowest concentration is solid pollution (dust). In the case of biomass combustion oxides of nitrogen, NO_x are the most exhaled into the atmosphere.

Keywords

Nitrogen oxides, sulfur oxides, total organic carbon, biomass, brown coal.

Obsah

1. ÚVOD	10
2. CÍLE PRÁCE.....	12
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	13
3.1 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE.....	13
3.1.1 <i>Evropská unie a obnovitelné zdroje energie.....</i>	<i>14</i>
3.2 BIOMASA	15
3.2.1 <i>Složení a energetické vlastnosti biomasy.....</i>	<i>17</i>
3.2.2 <i>Výhody a nevýhody energetického využití biomasy.....</i>	<i>18</i>
3.3 PŮDNÍ POTENCIÁL V ČR Z PĚSTOVÁNÍ BIOMASY K ENERGETICKÝM ÚČELŮM	19
3.4 ZPŮSOBY VYUŽITÍ A ZÁKLADNÍ TECHNOLOGIE BIOMASY	22
3.5 TEPELNÁ PŘEMĚNA BIOMASY	24
3.6 ANAEROBNÍ FERMENTACE ORGANICKÝCH LÁTEK.....	26
3.7 TECHNOLOGIE SPALOVÁNÍ.....	27
3.7.1 <i>Teplárny a elektrárny na biomasu.....</i>	<i>28</i>
3.8 NEOBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE	29
3.9 VZNIK UHLÍ A JEHO VLASTNOSTI.....	30
3.10 ENERGIE A EKOLOGICKÉ DOPADY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	35
3.11 ZÁKON O OVZDUŠÍ.....	36
3.12 EMISE	38
4. METODIKA.....	44
4.1 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	44
4.2 VÝVOJ PŘED REALIZACÍ.....	44
4.3 REALIZACE PROJEKTU.....	45
4.4 SOUČASNOST	46
4.5 ÚDAJE O VÝDUŠÍCH ZDROJŮ ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ.....	47
4.6 TECHNICKÉ PARAMETRY VÝDUCHU	48
4.7 SPECIFICKÉ EMISNÍ LIMITY KOTLŮ K1, K2, K3 A K4	49
4.8 PODMÍNKY PRO MONITOROVÁNÍ.....	50
4.9 AUTORIZOVANÉ MĚŘENÍ EMISÍ	51
5. VÝSLEDKY PRÁCE	52
5.1 NAMĚŘENÉ KONCENTRACE PLYNNÝCH A TUHÝCH ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK ZE ZDROJŮ ZNEČIŠTĚNÍ	52
5.1.1 <i>Uhelný kotel K1.....</i>	<i>52</i>
5.1.2 <i>Uhelný kotel K 2.....</i>	<i>53</i>
5.1.3 <i>Uhelný kotel K3.....</i>	<i>55</i>

5.1.4	<i>Termolejový kotel na biomasu K4</i>	56
5.2	VÝLEDNÉ POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH PLYNNÝCH A TUHÝCH ZNEČIŠŤUJÍCÍCH EMISÍ	57
5.2.1	<i>Oxidy dusíku</i>	57
5.2.2	<i>Oxid uhelnatý</i>	59
5.2.3	<i>Oxid siřičitý</i>	60
5.2.4	<i>Celkový organický uhlík (TOC)</i>	61
5.2.5	<i>Tuhé znečišťující látky</i>	62
5.3	VÝLEDNÉ ZHODNOCENÍ.....	63
6.	ZÁVĚR	65
7.	POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE	66

Seznam použitých zkratek

CO – oxid uhelnatý

CO₂ - oxid uhličitý

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

GJ – gigajoul

CH₄ - methan

ISKO – Informační systém kvality ovzduší

K1, K2, K3 – kotel uhelný

K4 – termoolejový kotel

kJ – kilojoule

MWe – megawatt energie

MWt - megawatt

MWte – megawatt tepla

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

NO – oxid dusnatý

NO_x - oxidy dusíku

NO₂ – oxid dusičnatý

OC – organická látka

ORC - Organický Rankinův cyklus

OZE – obnovitelné zdroje energie

PCDD, PCDF - dibenzodifurany

POP - polychlorované dibenzodioxiny

Ppm – parts per milion, počet objemových částí sledované plynné látky v milionu objemových částí vzduchu

REZZO – Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší

S – střední zdroj znečištění ovzduší

TOC – těkává organická látka (vyjádřený jako celkový organický uhlík)

TZL – tuhé znečišťující látky

V – velký zdroj znečištění ovzduší

VOC – těkává organická látka

ZL – znečišťující látka

ZV – zvláště velký zdroj znečištění ovzduší

1. ÚVOD

V současnosti je energie jedním z hlavních problémů soudobého světa. S rozvojem lidské civilizace během posledních sta let je spojena s produkcí a spotřebou energie. Energie ve všech svých podobách dala možnost člověku postupně ovládnout stále větší a větší část okolní přírody a naučit se využívat jejích přírodních běžně dostupných zdrojů. Požadavky na množství energie ve světě stále vzrůstají a její spotřeba bude nadále stoupat. Hlavním důvodem je demografický nárůst planety Země, stoupající životní úroveň a s ní i kvalita života. Uvolňování tepla působením lidské činnosti již na mnoha místech zeměkoule přesáhla akceptovatelnou mez a v budoucnosti hrozí globální změna klimatu, především v souvislosti se znečištěním atmosféry a stále většími projevy skleníkového efektu. Rozumný člověk byl donucen začít s energií šetřit, uplatňovat energicky méně náročné technologie a výrobky, využívat odpadních zdrojů energie v podobě odpadního tepla z vody, vzduchu, šetřit primární zdroje a využívat obnovitelných zdrojů energie (OZE).

Za OZE považujeme především bioenergi, geotermální energii, vodní energii, větrnou a sluneční energii. Účinné a opětovné využití obnovitelných zdrojů energie je jedním z hlavních prvků trvale udržitelného rozvoje v Evropské unii. V důsledku své geografické polohy je hlavním zdrojem OZE v České republice zastoupen především biomasou. Možnosti rostlinné biomasy ze zemědělské výroby pro využití v energetice spočívají ve spalování rostlinné biomasy, využití rostlinné biomasy pro kapalně a plynné zdroje energie. Biomasa v podobě zemědělských odpadů a cíleně pěstovaných energetických rostlin zastupuje ve světové i naší energetice perspektivní primární zdroj energie. Získávání energie z biomasy nepřispívá k nárůstu skleníkového efektu a nepřispívá tak ke globálním změnám klimatu. Oproti spalování fosilních paliv má spalování biomasy v podstatě nulovou bilanci s ohledem na emisi CO₂. Dosavadní vývoj naznačuje stálou převahu fosilních paliv mezi základními zdroji energie. Prognózy budoucího vývoje energie z produkce fosilních paliv, vzhledem ke znepokojujícímu životnímu prostředí, a to nejen kvůli jeho skleníkovým dopadům, ale také pro emise oxidů dusíku, CO₂, síry a tvorbě aerosolových částic, by mohlo dojít v dohledu 40 až 50 let k částečnému nahrazení fosilních paliv, obnovitelnými zdroji energie. Už v roce 2020 by mohlo 20 %

celosvětové produkce elektrické energie vznikat z OZE a v roce 2050 celých 50 %. Každý způsob výroby elektřiny a tepla nějakým způsobem negativně ovlivňuje životní prostředí. Teplárny a elektrárny spalující fosilní paliva znečišťují životní prostředí škodlivými emisemi, popelem a popílkem, a tím částečnou měrou přispívají ke globálnímu oteplování. Popel a popílek navíc ohrožují lidské zdraví při inhalaci. Aby nedocházelo k negativním důsledkům, je zapotřebí investovat značné částky do technologií čistého spalování, kterým je možné výrazně omezit emise oxidů síry, dusíku a prachu, tím zároveň snížíme dopady na životní prostředí. Což je v principu přijatelné pro bohaté země, ale velice problematické pro země chudé. Skutečnost je taková, že dotčené země dávají řešení tohoto problému prioritu a staví jej dokonce i před celosvětový problém skleníkového efektu.

2. Cíle práce

Cílem předkládané bakalářské práce je vyhodnocení rozdílu naměřených emisí plyných (NO_x , SO_2 , CO) a tuhých znečišťujících látek při spalování hnědého uhlí a biomasy na příkladu dvou provozů v Žatecké teplárenské, a.s. v letech 2011, 2012.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 *Obnovitelné zdroje energie*

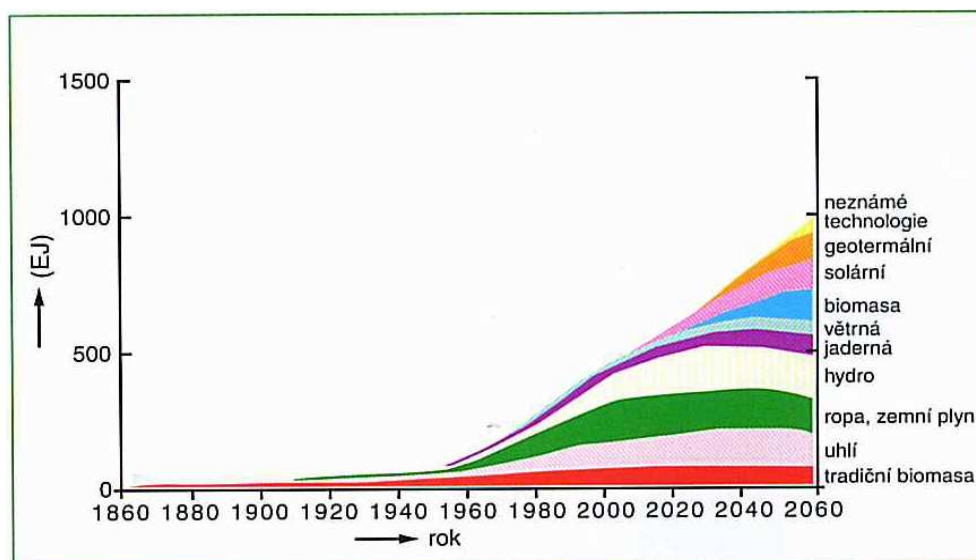
Hlavním zdrojem energie na Zemi je Slunce, které má téměř neomezený potenciál. Většina obnovitelných zdrojů energie má původ ve slunečním záření, které je prakticky dostupné neustále (MŽP 2008). Definice obnovitelných zdrojů dle českého zákona o životním prostředí je následující: „*Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebování částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka* (dle § 7 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, v platném znění)“. Za obnovitelné zdroje považujeme především energii vody, energii větru, energii slunečního záření, pevné biomasy (bioenergie) a energii okolního prostředí. V některých zemích se také využívá geotermální energie nebo energie přílivu, které jsou způsobeny přitažlivostí Měsíce a ostatních planet (Quaschnig 2010).

Obnovitelné zdroje energie nepatří mezi úplně nové, novým poznáním o nich je, že z dlouhodobého hlediska jsou jedinou spolehlivou alternativní energií, která je šetrná k životnímu prostředí. Tento energetický zdroj je v přírodě volně k dispozici a jeho zásoba je z lidského pohledu nevyčerpatelná nebo má schopnost částečné nebo úplné obnovy. Na rozdíl od tradičních fosilních (neobnovitelných) zdrojů, které se vytvářely po několik geologických období, mohou být vyčerpány během několika desetiletí až staletí (Quaschnig 2010).

Obnovitelné zdroje energie se často prezentují jako zázračné řešení, které dají možnost současně zajistit jak energetické potřeby, tak ochranu životního prostředí, ale i zaměstnanost a navíc, jako prémie, se dočkáme decentralizované, občanské společnosti. Realita je taková, že každý z obnovitelných zdrojů nabízí jak jisté výhody, tak nevýhody. A každá má své vlastní limitující hranice (Bacher 2000). Mezi základní výhody obnovitelných zdrojů patří úspora neobnovitelných zdrojů, stabilní dostupnost (obnovitelný charakter), pomáhají snižovat emise skleníkových plynů, snižovat rizika související se změnami klimatu a jsou šetrné k životnímu prostředí. Základní nevýhodou obnovitelných zdrojů v porovnání s tradičními zdroji je jejich ekonomicky nákladná výstavba a provoz (Bacher 2000).

Účinné a opětovné využití obnovitelných zdrojů energie je jedním z hlavních prvků udržitelnosti v Evropské unii. Rostoucí poptávka po energii přispívá k využití energie z jiných zdrojů než konvenčních (uhlí nebo zemního plynu). Využití obnovitelných zdrojů energie se stalo významným prvkem energetického průmyslu (Solomon a kol. 2007). Tato podmínka je uložena Evropskou unií, která se v současné době prosazuje na rozvoji obnovitelných zdrojů energie, a která si dala za cíl v roce 2007, že do roku 2020 bude vyrábět 20 % energie z obnovitelných zdrojů. I ČR podporuje využívání přírodních zdrojů resp. využívání obnovitelných zdrojů energie (Evropa 2010). Prognóza vývoje podílu obnovitelných zdrojů energie do budoucnosti je znázorněn na grafu č. 1.

Graf č. 1: Vývoj a struktura spotřeby paliv a energie do roku 2060 (Pastorek a kol. 2004)



3.1.1 Evropská unie a obnovitelné zdroje energie

Nejvýznamnější institucí, která přímo deklaruje svůj zájem na rozvoji obnovitelných zdrojů energie a energetické efektivity, je v současnosti Evropská komise (orgán srovnatelný s vládním kabinetem Evropské unie). Rozhodující materiál (tzv. Zelený dokument), který Evropská komise v roce 2000 schválila, to plně dokládá. Dokument nazvaný „Cesta k evropské strategii v zabezpečení dodávek energie“, má sloužit jako podklad pro rozhodování členských států na společných krocích v oblasti energetiky, protože společný energetický plán zatím Evropská unie nemá. Rozvoj obnovitelných zdrojů energie je v dokumentu označován za jednoznačnou prioritu Evropské unie.

Druhým důležitým krokem Evropské komise je speciální „Směrnice o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektřinou“ (norma závazná pro všechny členské státy EU), jejímž cílem je odstranit ekonomickou diskriminaci obnovitelných zdrojů. Tato směrnice dává možnost jednotlivým členským státům, aby si konkrétní způsob podpory obnovitelných zdrojů zvolily samostatně (Kolektiv autorů 2004).

Česká republika a obnovitelné zdroje energie

Prognostický scénář pro Českou republiku je zachycen v „Energetické politice“ schválené usnesením vlády ČR č. 50 z 12. ledna 2000. Tato Energetická politika poskytuje návod k zajišťování a k bezpečnosti dodávek energie, ochranu životního prostředí, podporu konkurenční schopnosti ekonomiky a respektování zásad udržitelného rozvoje. Podstatným cílem je vybudovat nediskriminační, průhledný a motivující systém podpory úspor energie, využívání obnovitelných zdrojů energie a kombinované výroby tepla a elektřiny. Naplnění tohoto cíle by měl poskytnout především Státní program úspor energie a využívání obnovitelných zdrojů podle usnesení vlády ČR č. 481/1998. Dle tohoto usnesení nebudou patřit OZE mezi rozhodující vysokopotenciální energetické zdroje, ale mohou mít významný regionální a lokální přínos (Pastorek a kol. 2004). Na základě Směrnice 2001/77/ES se ČR zavázala do roku 2010 zvýšit podíl OZE 8 % a do roku 2030 na 16 % ve výrobě elektrické energie z obnovitelných zdrojů (Malečková a kol. 2012).

3.2 Biomasa

Jak uvádí Benda (2012), biomasa je hmota organického původu (rostlinná i živočišná), vznikající díky slunečnímu záření prostřednictvím fotosyntézy. Biomasa je obnovitelný zdroj energie, jejím využíváním nezasahujeme zásadním způsobem do koloběhu látek v přírodě a neovlivňujeme stavbu atmosféry a zemského klima (Kolektiv autorů 2004). Dle americké normy ASAE S292.5 OCT94 pokládá biomasu za organickou látku, která vznikla fotosyntetickou konverzí, působením sluneční energie, tj. za biomasu pokládá pouze fytomasu (Benda 2012). V průmyslově vyspělých zemích se biomasa stala až do 20. století téměř bezvýznamnou. Až na

začátku 21. století, když došlo k nárůstu cen ropy, se biomasa dostala v průmyslově vyspělých zemích do popředí zájmu (Quaschnig 2010).

Dalším důvodem využívání biomasy je požadavek na neutralitu produkce oxidu uhličitého do ovzduší, kdy množství oxidu uhličitého pohlceného při růstu organické hmoty by se mělo rovnat jeho emisi při energetickém využití této hmoty (Benda 2012). Nicméně, je třeba poznamenat, že ve srovnání s fosilními palivy, biomasa obsahuje mnohem méně uhlíku a více kyslíku a má nízkou výhřevnost (Demirbas 2003). Kromě tradičního využití ve formě palivového dřeva je dnes využíváno moderních forem. Biomasu nemusíme spalovat jen na otevřeném ohni, ale je možné využití v moderních spalovacích zařízeních nebo elektrárnách k výrobě elektrické energie či k výrobě paliv či plynu (Quaschnig 2010).

Z hlediska energetického využití je biomasa získána buď cíleným pěstováním, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství, z údržby a péče o krajinu. Cíleně pěstovaná biomasa navíc zlepšuje ekologii krajiny, umožňuje efektivní využití půdy, sociální aspekty (vznik nových pracovních příležitostí) a zajištění energetické soběstačnosti venkovského prostoru. Biomasa je z hlediska využitelného potenciálu pro ČR nejperspektivnější z obnovitelných zdrojů pro výrobu tepla a elektřiny. Její využití je technicky dobře zvládnuto a není spojeno s problémy s nestabilitou dodávek, jako je tomu např. u energie sluneční, větrné nebo vodní (Havlíčková a kol. 2010). Dle tabulky č. 1, lze využít v ČR asi okolo 8 milionů tun biomasy (Pastorek a kol. 2004).

Tabulka č. 1: Zdroje energeticky využitelné biomasy v ČR (Pastorek a kol. 2004)

Biopaliva	mil. t.
Odpadní dřevo a palivové dřevo	1,7
Obilní a řepková sláma	2,7
Rychlerostoucí dřeviny a energetické plodiny	1,0
Komunální odpad	1,5
Spalitelný odpad z průmyslové výroby	1,0
Celkem	7,9

Veškerou biomasu není možné energeticky využít, v současné době člověk využívá pouze 4 % nově vzniklé biomasy, 2 % se spotřebují při výrobě potravin a krmiv, 1 % končí jako dřevařský produkt a 1 % se využívá energeticky – převážně jako palivové dřevo. V budoucnosti se očekává, že biomasa nahradí významnou část neobnovitelných klasických zdrojů energie (Quaschnig 2010).

Biomasu lze využívat:

- jako potravu,
- jako zdroj tepla pro vytápění, vaření a ohřev vody,
- jako zdroj energie pro výrobu elektřiny,
- jako zdroj energie pro dopravní prostředky,
- jako surovinu pro průmysl (chemický, farmaceutický, stavebnictví, dřevozpracující).

3.2.1 Složení a energetické vlastnosti biomasy

Energetické plodiny se pěstují především k energetickému využití, nikoliv pro produkci potravin nebo pro technické použití. Zpravidla lze energeticky využít každou plodinu, praktický význam mají ovšem jen plodiny s určitými, pro energetické použití významnými vlastnostmi, nejčastěji tvořeny celulórou, hemicelulórou a ligninem (Murtinger a Beranovský 2011). Kromě těchto tří složek se v rostlinné biomase nacházejí tzv. extraktiva a popeloviny (anorganický materiál). Extraktiva vznikají během růstu různými komplexními biochemickými reakcemi např. vosky, tuky, bílkoviny, jednoduché cukry, pektiny, škroby, alkaloidy, glykosidy, atd. Popeloviny jsou anorganické látky, které při spalování biomasy v dostatečně vysoké teplotě, zůstávají v rostlině. Nejméně popelovin obsahuje čisté dřevo (1 – 2 %), byliny mají až 10 %. Celkové zastoupení těchto složek je závislé na typu materiálu (Jenkins a kol. 1998).

Z energetického hlediska se pro energetické využití využívají především dřevnatějící a vláknité tkáně a obaly (dřevo, stonky, listy) (Havlíčková a kol. 2010). V některých případech se využívají plody či zásobní hlízy, ve kterých se vyskytují cukry, škrob a podobné polysacharidy, dále různé tuky, oleje a vosky. Energetické využití biomasy zahrnuje kromě přímého spalování také rozličné pomocné procesy sloužící

k modifikaci biomasy pro zlepšení její využitelnosti např. zplyňování, pyrolýza, metanové kvašení, jímž z tuhé biomasy připravíme plynné palivo, alkoholové kvašení umožní získat ethanol, fyzikálně – chemické procesy, jako např. výroba bionafty (Kolektiv autorů 1994).

Výhřevnost biomasy, která je vyšší než 40 %, závisí především na obsahu vody. Voda je obsažena v rostlinných částech, obsah vody snížíme skladováním v suchu na 10 – 15 %. Rozdělení biomasy dle obsahu vody:

- suchá – s vlhkostí 40 %, kterou je možno po vysušení spalovat (dřevo, obilná sláma, biomasa jiných energetických plodin),
- vlhká – s vlhkostí nad 40 %, která se využívá převážně k výrobě bioplynu (hnůj, kejda, kaly z čističek odpadních vod) (Kolektiv autorů 1994).

3.2.2 Výhody a nevýhody energetického využití biomasy

K výhodám patří:

- její obnovitelný charakter,
- biomasa jako domácí zdroj energie nahrazuje fosilní paliva z dovozu,
- umožňuje rozšiřovat nové druhy podnikání, diverzifikovat podnikatelské aktivity na venkově, využívat přebytečnou zemědělskou půdu,
- pomáhá řešit problémy s nakládáním s biologicky rozložitelnými odpady,
- řízená těžba biomasy a využití odpadní biomasy přispívá k péči o krajinu,
- má menší negativní dopady na životní prostředí v porovnání s těžbou, dopravou, skladováním a využitím fosilních paliv,
- zdroje biomasy jsou plošně dislokované po celém území (Benda 2012).

K hlavním nevýhodám patří:

- menší výhřevnost, kdy je zapotřebí více biomasy,
- malý výkon dostupných zařízení pro energetické využití,
- nebezpečí úniku škodlivých látek při některých technologických procesech (prach, NO_x, pevné a kapalné odpady),
- složitější manipulace (sběr, těžba a doprava) a nedostatek zkušeností s jejím skladováním a zpracováním,

- investice do nových technologií a infrastruktury (Bacher 2000).

3.3 Půdní potenciál v ČR z pěstování biomasy k energetickým účelům

V poslední době se ve světě začíná rozšiřovat cílené pěstování rostlin za účelem produkce biomasy na energetické využití resp. pro výrobu pevných, plyných nebo kapalných biopaliv, rozdělení v tabulce č. 2. Existuje více než stopadesát rostlinných druhů, které byly testovány a vytipovány jako potenciální zdroj pro energetické využití. V ČR a ve světě se především pěstují a ověřují energetické plantáže jednoletých nebo víceletých rostlin (Havlíčková a kol. 2010).

Tabulka č. 2: Zdroje energeticky využitelné biomasy v ČR (Havlíčková a kol. 2010)

Pevná paliva	Dřevní štěpka, pelety, palivové dřevo, brikety, piliny, kůra
Kapalná paliva	Metanol, oleje, etanol, pyrolýzní oleje
Plynná paliva	Bioplyn, CH ₄ , dřevoplyn CO, CH ₄ , pyrolýzní plyn

Půdní potenciál představuje významnou hospodářsko-zdrojovou základnu ČR. Prioritní využití potenciálu zemědělské půdy v ČR spočívá v zabezpečení potravinové soběstačnosti. Tudiž se nabízí využití části tohoto potenciálu pro energetické účely. Z celkové výměry zemědělské půdy v České republice 3 480 tisíc ha je při zajištění 100 % potravinové soběstačnosti k dispozici pro jiné využití včetně energetického, teoreticky celkem maximálně 1 160 tisíc ha až 1 508 tisíc ha. S přihlédnutím k agrotechnickým, klimatickým, environmentálním a sezónním vlivům doporučil Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012–2020 maximální možnou disponibilní plochu pro energetické využití ve výši 1 120 tisíc ha. Tato plocha zahrnuje ornou půdu a rovněž TTP.

Využití biomasy pro výrobu energie má řadu pozitivních ekologických, krajinářských nebo regionálně-rozvojových dopadů. Vedle diversifikace zemědělského hospodaření je to rozvoj biodiverzity české krajiny a též možnost pěstování biomasy s půdoochrannými a protipovodňovými opatřeními. Pěstováním některých energetických rostlin je možné snížit rizika eroze a zvýšit retenci půdy (Ministerstvo zemědělství 2012). Biomasu určenou pro výrobu energie můžeme rozdělit podle způsobu jejího vzniku do následujících skupin: odpadní biomasa a biomasa cíleně pěstovaná (Havlíčková a kol. 2010).

Odpadní biomasa

- rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny: řepková a obilná sláma, kukuřičná sláma, seno, odpady z vinic a sadů, odpady z lučních a pastevních areálů, odpady ze zeleně a travnatých ploch atd.,
- odpady z živočišné výroby: zbytky krmiv, exkrementy z chovu hospodářských zvířat atd.,
- komunální odpad: kaly z odpadních vod, organický tuhý komunální odpad, atd.,
- organické odpady z potravinářské a průmyslové výroby: odpady z lihovarů a konzerváren, odpady mlékáren, odpady z jatek, odpady z dřevařských provozoven (odřezky, piliny, hobliny atd.),
- lesní odpady: dřevní hmota z lesních probírek, větve, kůra, kořeny po těžbě dřeva, manipulační odřezky, klest (Kolektiv autorů 1994).

V současné době jsou těžební zbytky považovány za jeden z obnovitelných zdrojů, které lze v ČR mobilizovat, převážně pro energetické využití. V České republice při těžbě dřeva a zpracování vzniká zhruba polovina odpadu (při těžbě dřeva okolo 30 % odpadu, následné zpracování zhruba 25 %) (Pastorek a kol. 2004). Využívání těžebních zbytků přímo navazuje na závazky České republiky dané Směrnicí 2009/28/ES, která stanovuje pro ČR zavazující cíl podílu obnovitelných zdrojů energie (OZE) na hrubé domácí spotřebě elektrické energie ve výši 13 % v roce 2020 (Havlíčková a kol. 2010).

Biomasa cíleně pěstovaná

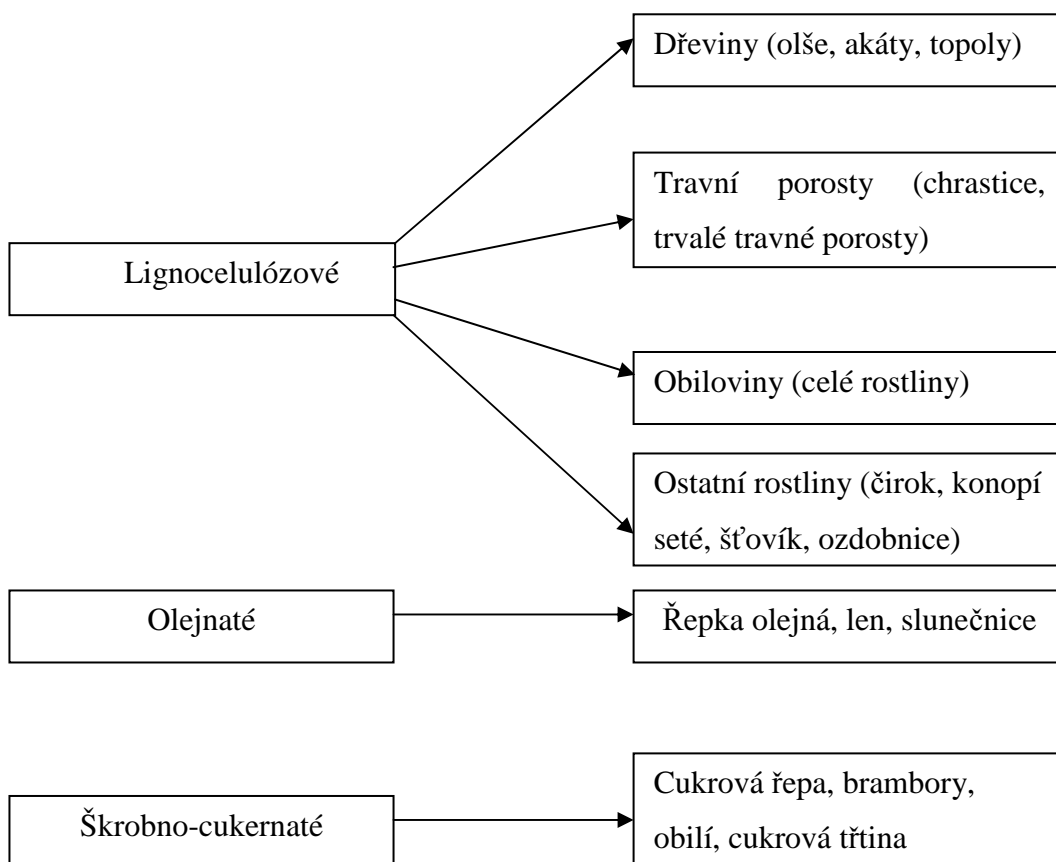
je záměrně pěstovaná a patří mezi nové zdroje energie tzv. energetické rostliny. Jako tyto zdroje energie jsou označovány botanické druhy dřevin, trvalek a bylin, jejich kultivary, odrůdy a klony. Mezi nejznámější energetické dřeviny, které mají schopnost růst velmi rychle jak v prvních letech po výsadbě, tak i po seříznutí nadzemní části patří topoly, akáty, vrby, osiky, olše a břízy (Kolektiv autorů 2004). V našich podmínkách nejlépe vyhovují odrůdy a klony vrb a topolů. V evropských podmínkách se testují a pěstují akáty, eukalypty, pavlovnice (Havlíčková a kol. 2010).

Rostliny bylinného charakteru dělíme na jednoleté a víceleté či vytrvalé. Mezi jednoleté a dvouleté rostliny patří konopí seté, světlice barvířská, laskavec, sléz přeslenitý (krmný), pupalka dvouletá. Mezi víceleté a vytrvalé patří šťovík krmný, čičorka pestrá, sléz vytrvalý, mužák prorostlý, oman pravý atd. Dále mezi energetické trávy patří chrastice rákosovitá, ovsík vyvýšený, ozdobnice čínská, lesknice rákosovitá atd. (Benda 2012).

Biomasu využitelnou k energetickým účelům můžeme dělit do čtyř skupin, na schématu č. 1 jsou zobrazeny jednotlivé druhy biomasy a zařazeny ke skupinám:

- fytohmota olejnatých rostlin (řepka olejná, len, slunečnice),
- fytohmota s vysokým obsahem lignocelulózy,
- fytohmota s vysokým obsahem škrobu a cukru,
- organické odpady a vedlejší produkty živočišného původu, směs různých organických odpadů (Havlíčková a kol. 2010).

Schéma č. 1: Využitelnost biomasy k energetickým účelům (Havlíčková a kol. 2010)



3.4 Způsoby využití a základní technologie biomasy

Možnosti využití biomasy k energetickým účelům je z části dán fyzikálními a chemickými vlastnostmi, do které můžeme zařadit rozměr částic, obsah popelovin, výhřevnost, v tabulce č. 2 jsou znázorněny zdroje energeticky využitelné biomasy v ČR. Mezi další důležité parametry patří vlhkost, resp. obsah sušiny v biomase (Pastorek a kol. 2004). „Hodnota 50 % sušiny je přibližná hranice mezi mokřými procesy (obsah sušiny je menší než 50 %) a suchými procesy (obsah sušiny je větší než 50 %) (Kolektiv autorů 1994)“. Základním cílem při zpracování biomasy je získat využitelná paliva. Suroviny, které získáme z biomasy, mají stejné spektrum využití jako fosilní paliva uhlí, ropa a zemní plyn. V mnoha průmyslových vyspělých zemích jako např. v Německu potenciál zdrojů biomasy již nevystačí natolik, aby se

fosilní paliva mohla v plném rozsahu nahradit. Proto převezmou biosuroviny velmi podstatnou roli v budoucí obnovitelné energetice (Quaschnig 2010).

K získání energie z biomasy existuje celá řada technologií, procesy využití biomasy k energetickým účelům jsou znázorněny v tabulce č. 3.

- suché procesy termochemické přeměny biomasy
spalování, zplyňování, pyrolýza,
- mokré procesy biochemické přeměny biomasy
alkoholové kvašení, metanové kvašení,
- fyzikální a chemické přeměny biomasy
mechanické (drcení, štípání, lisování, peletování, briketování atd.), chemické (esterifikace surových bioolejů),
- získávání odpadního tepla při zpracování biomasy (kompostování, anaerobní fermentace pevných organických zbytků, čištění odpadních vod atd.) (Pastorek a kol. 2004).

Tabulka č. 3: Procesy využití biomasy k energetickým účelům (Pastorek a kol. 2004)

Typ konverze biomasy	Způsob konverze biomasy	Energetický výstup	Odpadní materiál nebo druhotná surovina
termochemická konverze (suché procesy)	spalování	teplo vázané na nosič	popeloviny
	zplyňování	generátorový plyn	dehtový olej, uhlíkaté palivo
	pyrolýza	generátorový plyn	dehtový olej, pevné hořlavé zbytky
biochemická konverze (mokré procesy)	anaerobní fermentace	bioplyn	fermentovaný substrát
	aerobní fermentace	teplo vázané na nosič	fermentovaný substrát
fyzikálně-chemická konverze	esterifikace bioolejů	metylester biooleje	glycerin

V praxi převažuje ze suchých procesů spalování biomasy, z mokrých procesů výroba bioplynu anaerobní fermentací. Z ostatních způsobů převládá výroba metylesteru kyselin bioolejů získávaných v surovém stavu ze semen olejnatých rostlin (Kolektiv autorů 1994).

3.5 *Tepelná přeměna biomasy*

Termické procesy patří zatím k nejrozšířenějším energetickým využitím biomasy. Zpravidla jde o suchou destilaci biomasy bez přístupu vzduchu či s minimálním přívodem vzduchu. Základní procesy termického zpracování biomasy dělíme do tří základních procesů: spalování, pyrolýza a zplyňování (Pastorek a kol. 2004).

Spalovat lze zpravidla jakoukoli formu biomasy, musí být splněny některé podmínky, především míra vlhkosti, vhodná velikost, forma a odpovídající zařízení na spalování. Spalování paliv je chemický proces, při kterém se slučují hořlavé prvky obsažené v hořlavině paliva s kyslíkem. Při tomto pochodu se uvolňuje teplo. Pokud chceme docílit efektního spalování s příznivým dopadem na životní prostředí, je nutné spalovaný materiál sušit na přijatelné procento vlhkosti, protože při nedokonalém spalování vzniká řada dalších, nežádoucích a často toxických látek (oxidy dusíku, mikroskopické částice uhlíku – saze) (Murtinger a Beranovský 2011). Další podmínkou dokonalého spalování je vysoká teplota, účinné směřování se vzduchem, a dostatečný prostor k tomu, aby všechny plyny dobře shořely (Štekl 2003).

Oproti spalování fosilních paliv má spalování biomasy v podstatě nulovou bilanci CO_2 (Pastorek a kol. 2004). Produkce CO_2 ze spalování biomasy nevede ke zvyšování obsahu v atmosféře, protože množství tohoto plynu uvolněné do ovzduší spalováním, je přibližně stejné jako to, které je zpětně vázáno do rostlin při fotosyntetických procesech tvorby rostlinné biomasy (Klobušník 2003). Velkou předností biomasy je, že obsah síry je velmi minimální, a tak během spalování nevzniká škodlivý plynný exhalát SO_2 (0 až 0,1 % má dřevo nebo sláma oproti hnědému uhlí, které obsahuje někdy i více než 2 %). Obsah NO_x závisí především na teplotě spalování, kontrolovat lze např. úpravou teploty spalování (Skála 1990, Dlouhý a Valenta 2010). Rovněž kovy jsou obsaženy jen v malém množství a se spalinami se do ovzduší nedostanou (Murtinger a Beranovský 2011). Spálením biomasy vzniká minimální množství popele (obsah popelovin ve dřevě 0,5 %), pokud v něm zůstane jen zanedbatelný obsah kovů, pak ho není možné používat k hnojení (jako vápeno-draselno-fosforečné hnojivo), ale je nutné jej uskladnit na skládce. Biomasa při spalování z velké části zplyňuje (Pohořelý a kol. 2012).

Pyrolýza společně se spalováním a zplyňováním patří mezi procesy termochemické konverze. Odlišnost v těchto procesech je v obsahu kyslíku v reakčním prostoru. Jde o neekologičtější zpracování a využití biomasy, jelikož nedochází ke spalování, ale k rozpadu a rozkladu biomasy, možnost pracovat i s biomasou, která má vyšší relativní vlhkost (až 60 %) a schopnost využít i nekvalitní biomasu (piliny, dřevěný odpad, kůra atd.) (Enviweb 2013). Pyrolýza je termické rozložení organických látek na nízkomolekulární sloučeniny, které se mohou využívat k syntézním výrobám nebo jako topný olej. Dle druhu zpracovaného materiálu a požadovaných produktů se pyrolýza provádí při atmosférickém, zvýšeném tlaku za vysokých nebo nízkých teplot (Pastorek a kol. 2004). Při procesu se z biomasy uvolňuje prchavá hořlavina (až 80 % původní hmoty) tvořená převážně termicky labilních kyslíkatých látek (Skoblia 2006). Procesem pyrolýzy je možné biomasu přeměnit na pyrolýzní olej a pyrolýzní plyn. Tyto výstupy z pyrolýzní technologie lze především využít k výrobě tepla, elektřiny nebo ho využít jako surovinu v chemickém průmyslu (Biom 2009).

Zplyňování je tepelná přeměna uhlíkatého materiálu v pevném či kapalném skupenství na výhřevný energetický plyn. Ten se pak může podobně jako zemní plyn použít k získání proudu, například v plynových motorech, spalovacích turbínách napojených na elektrické generátory a palivových článcích přímo vyráběných elektrickou energií. Energetický plyn obsahuje složky CO (25 %), CO₂ (10 %), CH₄ (3 %), H₂ (20 %) H₂O, N₂ (40 %) a uhlovodíky. Složení plynu ovlivňuje typ generátoru, vybrané zplyňovací médium (kyslík, oxid uhličitý, vodní pára atd.). Mezi nežádoucí látky patří dehty, jemné prachové částice, sloučeniny chloru a síry a alkalické kovy (Pohořelý a kol. 2012).

Při zplyňování je nejvhodnější palivové a odpadní dřevo, popř. sláma. Dřevo se většinou zplyňuje za přítomnosti vzduchu. Zplyňování dřeva ve zplyňovači má čtyři základní pochody: sušení, pyrolýza (odplynění prchavých podílů hořlaviny), oxidace a redukce (Pastorek a kol. 2004). Tyto jednotlivé procesy mohou probíhat buď postupně (v sesuvných generátorech) nebo souběžně (ve fluidních, hořákových generátorech).

K výhodám zplyňování patří snižování emisí sloučenin síry, dusíku, chlóru, ale i organických perzistentních látek (POP), například polychlorované dibenzodioxiny a dibenzodifurany (PCDD, PCDF). Termické zplyňování je perspektivní technologií pro transformaci cílené pěstované či odpadní ligno – celulosové biomasy na výhřevný plyn, který je vhodný pro kogenerační výrobu elektrické energie a tepla a do budoucna i pro výrobu transportních paliv či jiných žádoucích komodit (Pohořelý a kol. 2012).

3.6 Anaerobní fermentace organických látek

Jedná se o složitý biochemický proces, skládající se z mnoha dílčích, na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesů. Proces anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů je zjednodušeně popsán na obrázku č. 1, který je rozdělen do čtyř základních fází:

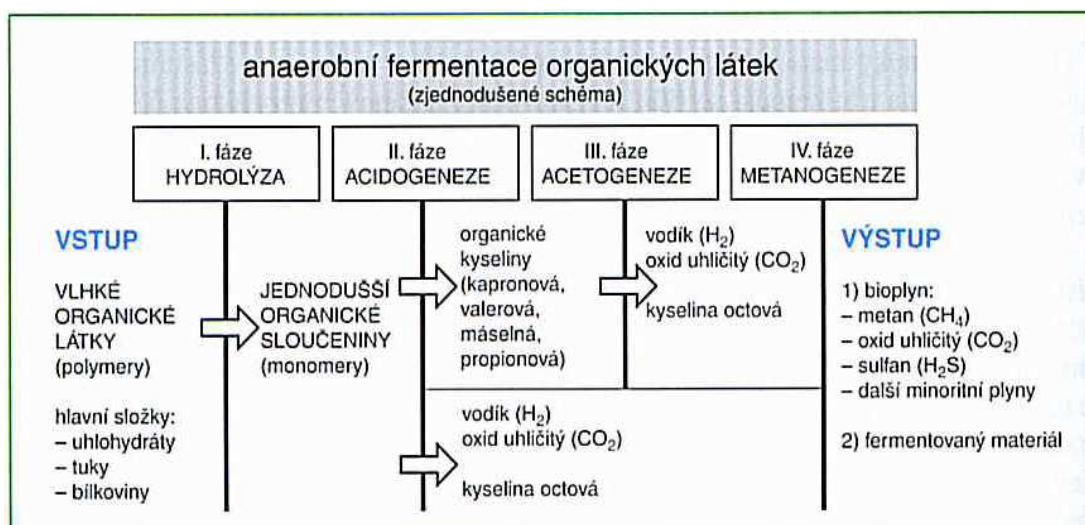
1. fáze - **Hydrolyza** – probíhá v době, kdy prostředí obsahuje vzdušný kyslík. Důležitou součástí je dostatečný obsah vlhkosti – nad 50 % hmotnostního podílu. Enzymatický rozklad mění polymery (polysacharidy, lipidy, proteiny) na jednodušší organické látky (monomery),

2. fáze - **Acidogeneze** – zpracovaný materiál obsahuje zbytky vzdušného kyslíku. V této fázi dochází definitivně k vytvoření anaerobního prostředí. Tuto přeměnu zajišťují kmeny fakultativních anaerobních mikroorganismů, které se aktivují v obou prostředích,

3. fáze – **Acetogeneze** – acidogenní kmeny bakterií transformují vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou, oxid uhličitý a vodík,

4. fáze – **Metanogeneze** – metanogenní acetotrofní bakterie dislokují zejména kyselinu octovou na metan a oxid uhličitý, hydrogenotrofní bakterie vytvářejí metan z vodíku a oxidu uhličitého (Pastorek a kol. 2004).

Obrázek č. 1: Zjednodušené schéma anaerobní fermentace (Pastorek a kol. 2004)



3.7 Technologie spalování

Spalování využívá několik technologií spalování:

- spalování na roštu,
- speciální hořáky, hořákové provedení ohniště,
- spalování se spodním přívodem paliva,
- spalování ve fluidní vrstvě.

V případě zdrojů pro vytápění lokální topeniště považujeme za spalovací zařízení: krby a kamna, kachlová kamna, ostatní typy kamen, kuchyňské sporáky, kamna na pelety, kotle pro ústřední vytápění různých provedení, horkovodní a teplovodní kotle pro lokální centralizovaný systém, parní kotle pro kogeneraci elektřiny a tepla (Murtinger a Beranovský 2011).

Spalovací zařízení prošla v posledních letech modernizací např. ke zvýšení účinnosti, zvýšení kvality spalování a komfortu obsluhy. K takovým zařízením patří moderní krbová kamna nebo automatické kotle. Současný vývoj se ubírá k vývoji kogeneračních zdrojů malého nebo středního výkonu na biomasu založených na spalování biomasy. Moderním zařízením tohoto typu je Organický Rankinův cyklus (ORC) (Biomasa info 2009).

3.7.1 Teplárny a elektrárny na biomasu

Spalovat biomasu kromě kamen a kotlů pro vytápění v rodinných nebo jiných domech můžeme i ve větších teplárnách. Topný systém se skládá z kotle o vyšším výkonu a ze skladu paliva. Skladový prostor by měl být dimenzován tak, aby zásoba topení vydržela alespoň několik dní, nebo dokonce i týdnů. Dálkový rozvod topení předává teplo k připojeným spotřebitelům, kteří se zároveň nemusejí starat o palivo a údržbu v centrálních kotelnách. Moderní filtrační technika a přísnější emisní zadání, jako např. u vytápění rodinných domků, se podílejí významně na menším obsahu škodlivých látek ve spalinách.

Pokud mluvíme o centralizované výrobě elektrické energie z biomasy, hovoříme o elektrárnách. Elektrárny na biomasu fungují na podobném principu jako uhelné elektrárny. Používaným palivem elektráren může být například dřevní štěrka, dřevěné odpady a zbytky nebo sláma. Parní kotel spaluje biomasu a produkuje páru, která pohání parní kondenzační turbínu a jejím prostřednictvím elektrický generátor (Quaschnig 2010).

Na území ČR je 35 % domácností připojeno na centralizované zásobení tepla, 27 % individuálně, 22 % na malé výtopny a 16 % na ústřední vytápění. Biomasu lze dále kromě elektrárenských technologií v elektrárnách využívat i v kogeneračních teplárnách. Kogenerační teplárny vyrábějí kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla neboli tzv. kogenerační výroba. Do budoucna odborníci předpokládají masové rozšíření tepláren na spalování biopaliv s kogenerací tepla a elektřiny, které mohou nahradit i několik velkých elektráren se spalováním uhlí (Pastorek a kol. 2004). Výroba energie v teplárně kryje především vlastní potřeby objektu, podniku a zároveň tržbou přispívá k efektivnosti provozu (Quaschnig 2010).

Technologie ORC (kogenerační výroba) – pracuje na principu Organického Rankinova cyklu (ORC), který využívá hlavní pracovní látku silikonový olej, oproti klasickému elektrárenskému kondenzačnímu cyklu, využívající vodní páru. Silikonový olej se zahřívá ve výparníku, kde vznikají silikonové páry, které pohánějí axiální pomaloběžnou turbínu spojenou přímo s generátorem elektrické energie.

Zdrojem tepla je termoolej ohřátý na teplotu okolo 300° C v kotli. Mezi hlavní výhody oproti parnímu systému jsou:

- nižší provozní tlak,
- vyšší účinnost při nižších teplotních spádech,
- velký regulační rozsah při zachování vysoké účinnosti,
- uzavřenost systému (All for power 2007).

3.8 Neobnovitelné zdroje energie

Základ neobnovitelných zdrojů energie tvoří fosilní paliva, jsou to zbytky živočišných a rostlinných těl, z biomasy pravěku. V přírodě se vyskytují v různých formách pevných, kapalných a plyných, patří mezi ně zemní plyn, ropa, černé uhlí, hnědé uhlí a rašelina. Ty jsou základem pro výrobu paliv umělých, tzv. koksu, svítiplynu, topného oleje nebo zkapalněných plynů. Nosičem energie u fosilních paliv je přeměněná sluneční energie, která se vyvíjela a ukládala po několika miliónech let. Milióny let se ukládal plankton a jednobuněčné organizmy na dně mořských pánví a stlačovaly se v těchto nedostatečně provzdušněných, uzavřených vrstvách. Nedostatkem kyslíku se nemohly rozkládat a degradovat. Z chemického aspektu sestávají fosilní energetické zdroje z organických uhlíkatých sloučenin. Při spalování s kyslíkem se uvolňuje energie v podobě tepla a výsledkem této chemické reakce je kysličník uhličitý, svítiplyn a další produkty hoření (Quaschnig 2010). Naleziště fosilních zdrojů energie, jako jsou ropa, zemní plyn nebo uhlí, jsou omezená. V průběhu několika desetiletí mohou být vytěžena a pak budou nenávratně pryč, ale díky velkým světovým zásobám uhlí můžeme naši potřebu energie ještě desítky let, možná další století, uspokojit ze zdrojů fosilních paliv. Veškerá pevná fosilní paliva rostlinného původu se zpravidla shrnují pod jediný pojem – uhlí (Teysler 1988).

Bohužel, uhlí je zdrojem znepokojení ohledně životního prostředí, a to nejen kvůli jeho skleníkovým dopadům, ale také pro emise oxidů dusíku, CO₂, síry a tvorbě aerosolových částic (Glarborg a kol. 2003). Zejména emise CO₂ ze spalování fosilních paliv získal velkou pozornost v posledních letech v souvislosti s diskusí o

globálním oteplování. Od počátku industrializace 18. století se množství CO₂ v atmosféře ostře zvýšila od asi 280 do 380 ppm (Salomon a kol. 2007).

3.9 Vznik uhlí a jeho vlastnosti

Ložiska tuhých paliv vznikala v rozdílných geologických obdobích z různých typů rostlin a působením různých vnějších vlivů (přírodní katastrofy, horotvorná činnost). Působení těchto vlivů se mohlo uplatňovat různou intenzitou nebo projevovat zcela anomálním způsobem. Podstata vzniku fosilních paliv spočívá v odříznutí odumřelé biomasy od vzduchu. Nejdříve pomocí bakterií vzniká biologický rozklad biomasy. V následující fázi zrodu uhlí je nutný termický rozklad za zvýšeného tlaku a teplot, který může být zapříčiněn poklesem vznikajícího ložiska do větších hloubek způsobený horotvornou činností v dané lokalitě (Škorpík 2011). Ve fosilních palivech je koncentrována a chemicky vázána energie slunečního záření, která byla časem absorbována a spotřebována primární vegetací (Jeníček a Foltýn 2010). Vznik uhlí je časově obtížný a jednotlivé meziprodukty vzniku uhlí obvykle dělíme na rašelinu, lignit, hnědé uhlí, černé uhlí, antracit (Janota 2008). Jsou to látky organického původu tvořené především sloučeninami uhlíku a vodíku, které se vyvíjely v průběhu milionů let postupnou přeměnou (karbonizací) odumřelé pravěké vegetace (Jeníček a Foltýn 2010). Okolo 56 % uhlí má původ z období Karbonu a Permu, 30 % z období Jury a Křídý, 14 % uhlí z období Paleogénu a Neogénu (Škorpík 2011).

Vlastnosti uhlí záleží na rázu původní vegetace. Hnědé uhlí třetihorní se utvořilo z vegetace pryskyřičnatých a voskonosných, kdežto prvohorní uhlí vzniklo z vegetace s nepatrným obsahem těchto látek (Janota 2008). Je tedy nutno si uvědomit, že uhlí rozdílného původu (z různých pánví, zemí, kontinentů), patřící podle chemického složení hořlaviny ke stejnému typu, vznikala z různých rostlin, různým způsobem, za různých podmínek, různě dlouhé období. Přitom se ovšem bude velice lišit jejich minerální složka, která představuje různě velký (místně a časově proměnlivý) podíl v surovém palivu a kromě toho obsahuje různé petrografické a mineralogické složky v různých podílech. Z toho vyplývá, že dva stejné typy uhlí různého původu mohou mít různé a někdy až diametrálně odlišné

mechanické a fyzikálněchemické vlastnosti surového paliva. (Teysler 1988). Dle původu, způsobu vzniku a stupně prouhelnění jsou fyzikální a chemické vlastnosti uhlí velmi rozdílné. Stavba může být zemitá, dřevitá a vláknitá. Uhlí může být voskové, husté a těžko se štěpí. Tvrdost je malá, barva je hnědá až hnědočerná. Váha uhlí závisí na početnosti anorganických příměsí. Tuhá paliva se skládají ze tří hlavních složek: minerální podíl (původní popeloviny), hořlavina a voda. Voda a popeloviny jsou v každém tuhém palivu, a to v různých množstvích. Jsou nežádoucí zátěží a snižují kvalitu paliva. Hořlaviny v palivech jsou složeny z uhlíku C, menšího množství vodíku H, kyslíku O, který se vyskytuje od malých do velkých množství, a dusíku N, obsah u jednotlivých druhů uhlí je popsán v tabulce č. 4 (Janota 2008). Některé kaustobiolity uhelné řady mohou obsahovat vyšší obsah dalších prvků. Jde o procenta síry a arsenu, které znehodnocují surovinu pro následující využití. Z chemického hlediska je uhlí makromolekulární polyaromatická látka. Z rostlinných zbytků obsahuje celulózu, hemicelulózu, lignin, pektinové látky atd. (Malečková a kol. 2012).

Tabulka č. 4: Obsah uhlíku, vodíku a kyslíku v hořlavině (%) v jednotlivém uhlí (Janota 2008)

	C	H	O
antracit	93	3	4
černé uhlí koksovatelné	88	5	7
hnědé smolné uhlí	77	6,5	16,5
obyčejné hnědé uhlí	72	5,5	22,5
lignit	67	5,5	27,5

Výhřevnost závisí především na koncentraci a vzájemném poměru hořlavých prvků, vodíku a uhlíku. Čím více jich je v uhlí, tím větší je jeho výhřevnost. Nežádoucí součástí uhlí je voda, která značně snižuje jeho výhřevnost, zvyšuje váhu a usnadňuje zapaření uhlí při skladování. Další nežádoucí složkou, která ovlivňuje výhřevnost, jsou popeloviny. Jsou to sloučeniny pocházející z anorganických složek vegetace, z níž uhlí vzniklo, jednak z minerálů vzniklých do usazenin po jejich vytvoření navátím, naplavením, popř. infiltrací. Obsah popela není v uhlí rozložen rovnoměrně

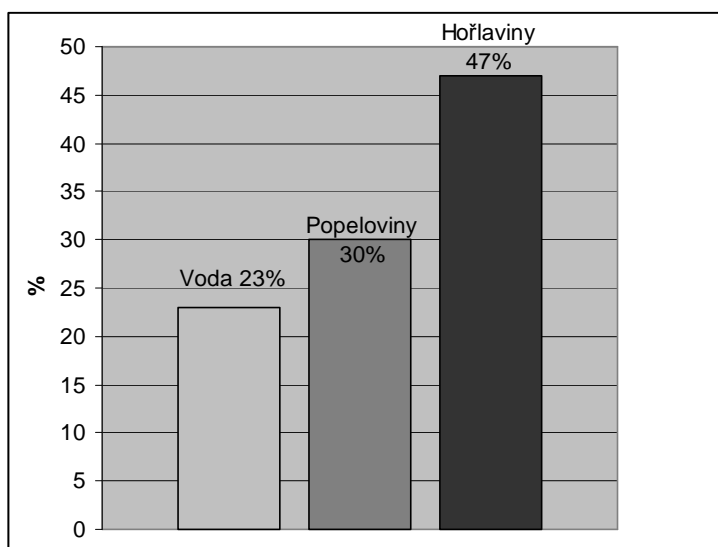
(Janota 2008). Popeloviny se při spalování v provozních podmínkách mění v tzv. tuhé zbytky. Část tuhých zbytků zůstává v ohništi jako struska nebo škvára, zbývající část je popílek, unášený spalinami do ovzduší nebo do průtahů (Teyssler 1988). Významnou vlastností hnědého uhlí je hydroskopičnost, způsob nasát v suchém stavu vlhkost vzduchu. Vysušené hnědé uhlí je schopno přijmout v krátké době 10 – 20 % vody (Janota 2008). Uhlí dělíme na:

Rašelina vzniká nejdříve za aerobních podmínek a při klesání do hloubek několika metrů, za přítomnosti anaerobních bakterií. Při tomto stádiu unikne do okolí i většina prchavých látek obsažených v biomase (Škorpík 2011).

Hnědé uhlí vzniká z ložiska rašeliny, v období asi před 20 až 150 milióny let (Teyssler 1988). Důležitou součástí pro vznik hnědého uhlí je pokles ložiska biomasy (kombinace nahromaděných dalších vrstev biomasy nad původní a poklesu podloží ložiska do větší hloubky). Při takových podmínkách se zvyšoval tlak primární usazené vrstvy biomasy a teplota v rozmezí 150° C až 200° C. Ložiska hnědého uhlí bývají uložena nehluboko pod povrchem. Podle stupně prouhelnění rozdělujeme několik druhů hnědého uhlí s různým obsahem uhlíku, různým množstvím vody a výhřevností, nebo také s nízkým obsahem síry (nízkosíraté uhlí), složení hnědého uhlí je znázorněno v grafu č. 2. Výsledná hloubka ložiska uhlí se může někdy různit pokračující horotvornou činností v dané oblasti. Proto se některá ložiska hnědého uhlí a lignitu nacházejí hlouběji než některá ložiska černého uhlí (Škorpík 2011). Nej kvalitnější je hnědý antracit – smolné uhlí s výhřevností 3 900 kcal s obsahem vody jen 40 %. Hnědé uhlí se vyskytuje v různých světadílech, nejvíce se ho těží v Evropě (Fosilní paliva 2013). V České republice je tradičním zdrojem energie. Jde o domácí zdroj, palivo se těží v dostatečném množství a oproti plynu či elektřině je podstatně levnější.

Lignit je přechodovým stádiem mezi rašelinou a hnědým uhlím, který obsahuje větší množství vody než hnědé uhlí (Škorpík 2011).

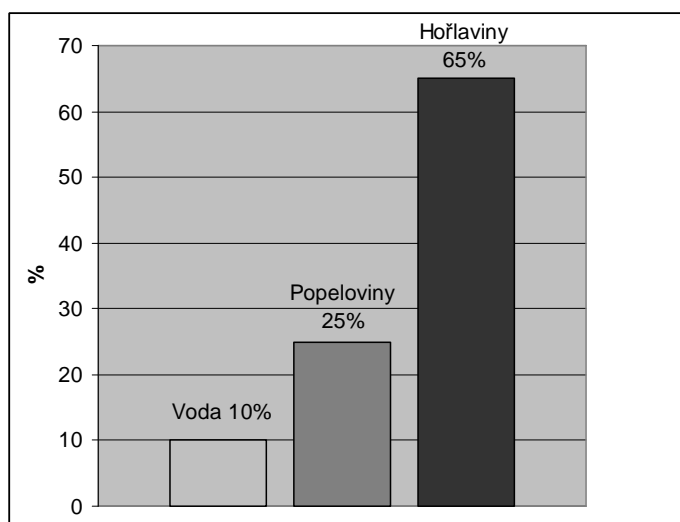
Graf č. 2: Složení hnědého uhlí (Roubíček 2002)



Černé uhlí vzniklo poklesem ložiska hnědého uhlí, které postupně klesalo do větších hloubek, teplota ložiska se pohybovala mezi 300° C až 500° C a tlak byl dostatečný, aby došlo k prouhelnění (Škorpík 2011). Výhřevnost má černé (kamenné) uhlí 7 000 až 8 500 kcal, malé procento vody, prchavých látek a typickou černou barvu, v grafu č. 3 je zobrazeno složení černého uhlí. Od hnědého uhlí se rozlišuje větší výhřevností, menším množstvím popela po shoření, barvou a tvrdostí.

Antracit je nejhodnotnějším druhem uhlí, hoří velmi horkým plamenem a vydává málo kouře, ale obtížně se zapaluje (Fosilní paliva 2013).

Graf č. 3: Složení černého uhlí (Roubíček 2002)



Uhlí se využívá především jako palivo, své nezastupitelné místo má v metalurgických procesech, především ve výrobě surového železa a ocelí. Využívá se ve své původní formě, nebo jako plynné a tuhé deriváty, např. plyn a koks (Malečková a kol. 2012).

Při karbonizaci se získává:

- plyn (koksárenský nebo svítiplyn),
- černouhelný dehet – z kterého se získává naftalen, barviva, desinfekční prostředky, voňavky, prostředky proti plevelu a hmyzu atd.,
- koks – palivo při výrobě železa ve vysoké peci,
- amoniaková voda (vedlejší produkty) – používá se k výrobě dusíkatých hnojiv (Fosilní paliva 2013).

Spalování uhlí patří k nejstarším, nejjednodušším a nejčastějším využitím. Spalovací pochod je v podstatě exotermní reakcí uhlíku z uhlí s kyslíkem ze vzduchu. Kromě tepla jsou produktem dokonalého spalování uhlí oxid uhličitý a vodní pára. Ovšem odpad tvoří oxidy síry, dusíku a popílek vzniklé z nečistot uhlí. Velký vliv při spalování má kvalita uhlí a úpravárenské procesy (udržování optimální zrnitosti, snižování obsahu minerálních látek), který je zlepšují. Samotné spalování uhlí je několikastupňový pochod. Začíná ohřevem částic, pak dochází k uvolňování a spalování prchavé hořlaviny a vznikají částice polokoksu, který je spalován nakonec (Škorpík 2011).

Pro co nejlepší spalování uhlí a efektivní využití jeho výhřevnosti se stále vylepšují ohniště. Od dřívějších roštových typů, kde uhlí nehybně leželo na roštu, se přešlo na účinnější typy ohnišť se stacionární nebo cirkulující vrstvou a práškovým ohništěm (Taylor a kol. 1998). Fluidní spalování využívá transport spalovaných částic uhlí proudem vzduchu, při kterém dochází k lepšímu transferu tepla, okysličení a popel je kontinuálně vynášen. Přídavek mletého vápence umožňuje snižovat emise oxidu siřičitého a regulace teploty zmenšuje emise oxidů dusíku. Efektivní systémy spalování uhlí využívají produkty zplynování uhlí v paroplynových generátorech (Roubíček 2002).

3.10 Energie a ekologické dopady na životní prostředí

Každý způsob výroby elektřiny nějakým způsobem negativně ovlivňuje životní prostředí. Elektrárny spalující fosilní paliva znečišťují životní prostředí škodlivými exhalacemi, popelem a popílkem, přispívají ke vzniku kyselých dešťů a zvyšují riziko globálního oteplování (Vaněk 2008).

Problémy v oblasti životního prostředí spjaté tak či onak s výrobou a využíváním energie se projevují v mnoha formách: mohou být lokální, jak znázorňuje ilustrace obrázku č. 2 (bezprostřední znečištění okolí emisních zdrojů), regionální (epizody oxidačního smogu v rámci rozsáhlých geografických celků) či celosvětové (například klimatické změny v důsledku působení skleníkového jevu atd.) (Bacher 2000, Polášková 2011). Uhlí – při jeho spalování ve velkých moderních zařízeních na výrobu elektřiny je technicky možné výrazně omezit emise oxidů síry, dusíku a prachu, tím zároveň vyřešíme do značné míry dopady na životní prostředí. Aby nedocházelo k negativním důsledkům, je zapotřebí investovat značné částky do technologií čistého spalování. Což je v principu přijatelné pro bohaté země, ale velice problematické pro země chudé. Země s největší produkcí emisí USA, Čína, Japonsko, Rusko, Německo, dávají tomuto problému prioritu a staví jej dokonce i před celosvětový problém skleníkového efektu. Emisní limity jsou ve většině bohatých zemí stanoveny vládními institucemi a jsou podkladem buď příslušných norem (Evropa) nebo takzvaných emisních práv (USA) (Bacher 2000).

Atmosféra obsahuje oxid uhličitý, vodní páry a další přirozeně se vyskytující plyny, které propouštějí sluneční světlo, ale absorbují teplo, jež se odráží od Země. Tento přirozený proces udržuje teplotu Země na úrovni, která je příznivá pro život (EU 2008). V průběhu 50 až 100 let může dojít k značnému zahřátí naší planety a k následné prudké klimatické změně. Mezi hlavní viníky patří spalování fosilních paliv (uhlí, ropa, plyn), nešetrné odlesňování (Bacher 2000), další faktory, které ke globálnímu oteplování přispívají, jsou například emise způsobené nadměrným používáním hnojiv nebo methan uvolněný z odpadu na skládkách a v zemědělství. K omezení globálního oteplování je třeba během 10 až 15 let zastavit nárůst globálních emisí skleníkových plynů a následně do roku 2050 snížit jejich objem zhruba na poloviční hodnotu úrovně z roku 1990 (EU 2008). Rozhodnutí Evropského

parlamentu a Rady č. 406/2009/ES ze dne 23. dubna 2009 stanovuje cíle snížit během období 2013 až 2020 emise skleníkových plynů o 20 % oproti roku 1990 (Evropa 2010).

Obr. č. 2: Elektrárna Počerady (ČTK 2012)



3.11 Zákon o ovzduší

Legislativa v České republice v ochraně ovzduší vychází ze zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší a navazujících nařízení vlády, vyhlášky MŽP, které stanovují emisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší. Nařízením vlády jsou také vymezeny emisní stropy pro některé látky znečišťující ovzduší.

V rámci Evropské legislativy je současným základním dokumentem Rámcová směrnice 96/62/ES o posuzování a řízení kvality vnějšího ovzduší (Council Directive 96/62/EC), na kterou navazují další směrnice pro vybrané škodliviny, kterým se má dávat mimořádná pozornost, jako například oxid siřičitý, oxidy dusíku, prachové částice, oxid uhelnatý, benzen, olovo (Polášková 2011).

Základní pojmy v ochraně ovzduší:

Znečišťování ovzduší – vypouštění znečišťujících látek do atmosféry v důsledku lidské činnosti, vyjádřené v jednotkách hmotnosti za jednotku času. Mírou znečištění je množství emisí ZL ze zdrojů.

Znečišťující látka (ZL) – libovolná látka, která svou přítomností v ovzduší má nebo může mít škodlivé účinky na lidské zdraví nebo životní prostředí anebo obtěžuje zápachem. Seznam ZL a příslušné emisní limity uvádí vyhláška MŽP č. 356/2002 Sb., v Příloze č. 1. Základní znečišťující látky tvoří:

- tuhé znečišťující látky (TZL),
- anorganické kyslíkaté sloučeniny síry, vyjádřené jako SO_2 ,
- anorganické kyslíkaté sloučeniny dusíku, vyjádřené jako NO_2 ,
- oxid uhelnatý CO ,
- organické látky (OC), vyjádřené jako celkový organický uhlík (TOC), z nichž se zvláště sledují těkavé organické látky (VOC),
- amoniak a soli amonné, vyjádřené jako NH_3 ,
- methan CH_4 .

Emise – vznášení jedné nebo více znečišťujících látek do ovzduší, vyjádřené v jednotkách hmotnosti za jednotku času. Mírou znečišťování ovzduší je množství emisí.

Imise – znečištění ovzduší vyjádřené hmotností koncentrací ZL nebo stanovené kategorie látek. Mírou znečištění je množství imisí dané ZL.

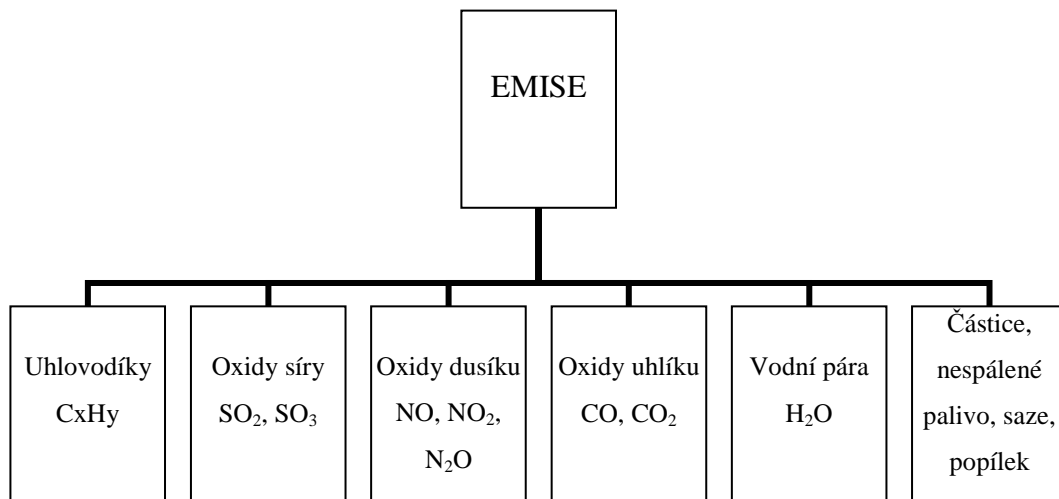
Imisní limit – hodnota nejvýše přípustné úrovně znečištění ovzduší stanovená zákonem.

Těkavá organická látka (VOC) – kterákoliv organická sloučenina nebo směr organických sloučenin, s výjimkou methanu, která při teplotě 20°C má tlak par 0,01 kPa nebo více nebo má odpovídající těkavost za konkrétních podmínek jejího použití (dle § 2 zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění).

3.12 Emise

Vznikají téměř při každé lidské činnosti, při které dochází k vzniku škodlivých látek a jejich úniku do ovzduší. Jejich zdroje jsou velmi rozdílné a můžeme je hodnotit z různých hledisek, při čemž jsou zohledněny faktory, například množství, působení na prostředí, území či výška vypouštění, technologie. Na schématu č. 2 je rozdělení emisí ze spalovacích zařízení, které vznikají z různých příčin: z nedokonalého spalování, z prvků obsažených v palivu, ze sekundárních reakcí (Emise 2010).

Schéma č. 2: Rozdělení emisí ze spalovacích zařízení (Emise 2010)



Povolená úroveň znečištění je stanovena emisními limity, emisními stropy, technickými podmínkami a přípustnou tmavostí kouře. Emisní limity musí být plněny na každém komínovém průduchu nebo výduchu do ovzduší. Emisní limity dělíme na:

- obecné emisní limity,
- specifické emisní limity (dle § 2 zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění).

Pro hodnocení produkce emisí jsou závazné právní předpisy, kterých je relativně velký počet. Zhodnocení emisí je členěno podle tepelného výkonu zdroje emisí (Pastorek a kol. 2004). Lze konstatovat, že u velkých energetických zdrojů znečištění

byl v poslední době proveden značný pokrok. Velké zdroje znečištění byly odsířeny a odprašeny, spalovací proces se velmi zkvalitnil, důraz je kladen na ekonomický, ale i ekologický provoz a větší význam se přikládá výběru paliva (Emise 2010).

Oxid uhličitý - na rychlém růstu koncentrace CO₂ v posledním století bezpochyby podílí hlavní měrou člověk (Kalvová a Moldan 1995). Jde o bezbarvý toxický plyn, který má nepříznivé účinky na lidský organismus (Hůnová a Janoušková 2004), je nedýchatelný a při větších koncentracích se váže na hemoglobin za vzniku karboxyhemoglobinu a způsobí tak horší okysličování mozku vedoucí i k bezvědomí (Kalač a Tríska 1998). Roční odhad vzniku CO₂ je okolo 25 miliard tun. Každý obyvatel Země ho vyrobí ročně minimálně 4000kg, v tabulce č. 5 je statistika deseti zemí s největší emisí CO₂. Česká republika vyprodukuje na jednoho obyvatele 11,78 tun CO₂ (Quaschnig 2010). Přírozené mechanismy (fotosyntéza zelených rostlin, rozpouštění v oceánech a vylučování uhličitánů), které udržovaly obsah oxidu uhličitého v atmosféře na konstantní úrovni celá tisíciletí, v posledních desetiletích už nestačí udržet rovnovážný stav, oxid uhličitý se v atmosféře hromadí a jeho obsah stoupá (Pastorek a kol. 2004).

Tabulka č. 5: Deset zemí s největší emisí CO₂, způsobenou výrobou energie. Stav 2004 (Quaschnig 2010)

Země		mil. t CO ₂	mil. obyvatel	t CO ₂ na obyvatele
1.	USA	5 800	294	19,73
2.	Čína	4 732	1 296	3,65
3.	Rusko	1 529	144	10,63
4.	Japonsko	1 215	128	9,52
5.	Indie	1 103	1 080	1,02
6.	Německo	849	82	10,29
7.	Kanada	551	32	17,24
8.	Velká Británie	537	60	8,98
9.	Itálie	462	58	7,95
10.	Jižní Korea	462	48	9,61
133.	Mozambik	2	20	0,09

Uhelné elektrárny bez CO₂

Ve světě se mluví o elektrárnách, které budou vyrábět energii bez vypouštění CO₂. Jedná se o elektrárny na fosilní palivo, které jsou již vybaveny technikou na stlačování a ukládání stlačeného CO₂. Tzv. bezemisní elektrárny na fosilní paliva pouze oddělují vzniklý CO₂ od ostatních spalin. Ten se však musí v koncentrované formě umisťovat mimo atmosféru. Při přípravě paliva, oddělení a ukládání se uvolňuje nežádoucí CO₂. A tak stejně se do atmosféry dostává obvykle 10 % CO₂, mnohdy i více. Je tedy zavádějící, zda jsou nebo nejsou elektrárny na fosilní palivo se separací CO₂ „bezemisní“, toto je úkol zkoumání pro další instance (Quaschnig 2010).

Oxid siřičitý - SO₂ se dostává do ovzduší z přirozených zdrojů (hoření biomasy, sopečná činnost) a antropogenních zdrojů (spalování fosilních paliv, zpracování ropy a zemního plynu). Ročně se dostává do atmosféry v množství asi 150 milionů tun (Kalač a Tříška 1998). I přesto, že imisní koncentrace v Evropě, USA a Japonsku významně poklesly v důsledku snížení emisí zaváděním odsiřovacích technologií a přechodem na paliva s nízkým obsahem síry, stále v některých oblastech světa jako v Číně, Indii a dalších zemích, představují velký problém (Hůnová a Janoušková 2004).

Zvýšení koncentrací oxidu siřičitého pro lidský organismus znamená například podráždění sliznice v nose a krku, podráždění očních spojivek a často dýchací obtíže. Oxid siřičitý je škodlivý i pro rostliny, rovněž poškozuje stavby a umělecká díla z vápence, dolomitu a mramoru (Kalač a Tříška 1998).

Oxidy dusíku - NO_x představují směsi oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO₂) a patří mezi nejzávažnější toxické složky kouřových plynů. Koncentrace NO_x ve spalinách závisí na parametrech spalování, na druhu použitého paliva, druhu a konstrukci hořáku a spalovacím zařízení a dalších faktorech. Obsah NO_x je možné snížit buď potlačením jejich vzniku v procesu spalování, nebo jejich odstraňování z kouřových plynů (Markvart 1990).

Vedle přímého působení v organismu se NO_x podílejí na celé řadě procesů v atmosféře, ovlivňují koncentraci a reaktivitu ozonu v stratosféře i troposféře, podílí se na vzniku kyselého deště (Polášková 2011).

Emisní limity a emise látek znečišťujících ovzduší v České republice - emisní bilance znečišťujících látek a skleníkových plynů provádí oddělení emisí a zdrojů v rámci pověření MŽP. Kromě celorepublikových a sektorových bilancí jsou vypracovány také bilance v územním členění (kraje, okresy). V rámci Informačního systému kvality ovzduší (ISKO) provozovaného ČHMÚ jsou zavedeny databáze Registru emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO), jak je uvedeno v tabulce č. 6 a 7, eviduje údaje ze stacionárních a mobilních zdrojů znečišťování ovzduší, v souladu se zákonem č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů (ČHMÚ 2012).

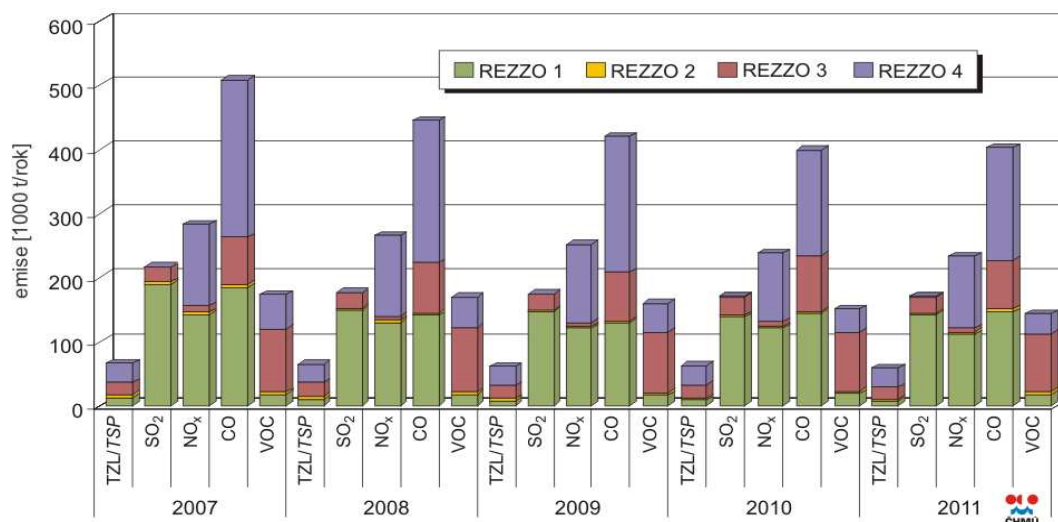
Kategorie zdrojů znečišťování ovzduší:

- REZZO 1 – velké stacionární zdroje znečištění (výkon vyšší než 5 MW),
- REZZO 2 – střední stacionární zdroje znečištění (výkon od 0,2 – 5 MW),
- REZZO 3 – malé stacionární zdroje znečištění (výkon nižší než 0,2 MW),
- REZZO 4 – mobilní zdroje znečištění - kotle do 200 kW, u kterých není hodnocení tak striktní.

U velkých a středních zdrojů se dodržování emisních limitů kontroluje jednorázovým měřením, pokud provozovatel nemá povinnost měřit kontinuálně. Kontrola se provádí na každém zařízení, a to jedenkrát za kalendářní rok, ne dříve než po uplynutí šesti měsíců od posledního data měření, a dále po každé změně paliva, po každém významném a trvalém zásahu do konstrukce nebo vybavení zdroje, který by mohl vést ke změně emisí, a to do tří měsíců od vzniku některé z uvedených změn. Hodnoty emisních limitů se považují za splněné, pokud střední hodnota ze všech jednotlivých měření nepřekračuje emisní limit a současně každá hodnota zjištěné koncentrace jednotlivého měření znečišťující látky je menší než 120 % emisního limitu (dle § 9 nařízení vlády č. 352/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší). Na grafu č. 4 jsou porovnány emise z jednotlivých kategorií v ČR v letech 2001-2012

(ČHMÚ 2012). I přes veškeré snahy, tyto látky i nadále zůstávají nejen problémem u nás, ale i v celé Evropě a bude značným ekonomickým i technickým problémem snížit jejich koncentrace na úroveň pod limitními hodnotami (Hůnová a Janoušková 2004).

Graf č. 4: Porovnání meziročního vývoje údajů o emisích v jednotlivých kategoriích v ČR v letech 2007 – 2011 (ČHMÚ 2012)



Tabulka č. 6: Emise základních znečišťujících látek v ČR v roce 2011 (ČHMÚ 2012)

Kategorie zdrojů	TZL	SO ₂	NO _x	CO	VOC
	kt.rok ⁻¹	kt.rok ⁻¹	kt.rok ⁻¹	kt.rok ⁻¹	kt.rok ⁻¹
REZZO 1	8,0	142,1	111,5	146,2	18,3
REZZO 2	2,62,5	2,1	3,8	4,2	4,4
REZZO 3	19,0	25,6	6,3	75,7	89,8
CELKEM stacionární zdroje	29,629,3	169,8	121,6	226,1	112,5
REZZO 4	28,427,2	1,0	103,1	157,5	34,7
CELKEM	58,0	170,8	224,7	383,6	147,02

Tabulka č. 7: Emise základních znečišťujících látek v ČR v roce 2012 (ČHMÚ 2012)

Kategorie zdrojů	TZL	SO₂	NO_x	CO	VOC
	kt.rok ⁻¹	kt.rok ⁻¹	kt.rok ⁻¹	kt.rok ⁻¹	kt.rok ⁻¹
REZZO 1	7,2	133,6	102,8	140,0	17,3
REZZO 2	2,5	2,2	4,5	5,0	5,4
REZZO 3	19,6	21,0	6,2	58,8	76,7
CELKEM stacionární zdroje	29,3	156,8	113,5	203,8	99,4
REZZO 4	27,2	0,6	97,9	139,2	32,1
CELKEM	56,5	157,4	211,4	343,0	131,5

4. METODIKA

4.1 Charakteristika zájmového území

Žatecká teplárenská, a.s. se nachází v lokalitě Perč na okraji města Žatec, v nadmořské výšce 253 metrů nad mořem. Společnost je teplárenskou společností zabývající se výrobou a distribucí tepelné energie na území města Žatec a jejím jediným stoprocentním vlastníkem je město Žatec. V současné době nakládá jedním hlavním Termoolejovým kotlem K4 na spalování dřevní štěpky a třemi kotli K1, K2 a K3 na spalování uhlí, 180 předávacími stanicemi a téměř 25 kilometry horkovodů. Společnost disponuje zařízením způsobilým plnit výrobní a ekonomické cíle kogenerační výroby – dodávku tepla a elektrické energie při využití paliva z dřevní biomasy, podniká na základě oprávnění pro výrobu tepelné energie, pro rozvod tepelné energie a pro výrobu elektřiny. Svým výkonem a druhem spalovaných paliv se řadí mezi několik málo srovnatelných ORC zařízení v Evropě.

Obr. č. 3: Areál Žatecké teplárenské, a.s. (letecký snímek)



Obr. č. 4: Žatecká teplárenská, a.s.

4.2 Vývoj před realizací

Výroba tepelné energie byla prováděna ve dvou samostatných lokalitách, v uhelné výtopně Perč poblíž města Žatec se třemi roštovými kotli a v záložním zdroji v mazutové výtopně „Podměstí“, umístěné v městské zástavbě. Z výtopny Perč byl

zásobován teplem a teplou užitkovou vodou Žatec jih, celé historické centrum a čtvrt' Podměstí. Výtopna Perč byla v dobrém technickém stavu, na rozdíl od mazutové kotelny v Podměstí, která již byla na hranici své životnosti a svým kouřem obtěžovala obyvatele okolí. Zásadním cílem projektu bylo vybudování více zdrojové palivové základny. Dalším důležitým krokem byla nutnost řešit situaci kolem dožitě kotelny na těžký topný olej ze 70. let minulého století. Neméně důležitým přínosem, bylo i zajištění stabilní ceny tepla pro žatecké obyvatele a také legislativní tlak s cílem omezování spalování fosilních paliv v podobě povolenek na emise CO₂, ekologické daně z paliv, snižování limitů emisí a zároveň i na omezování dodávek nízkosírnatého uhlí a navyšování jeho ceny.

4.3 Realizace projektu

V roce 2009 zahájila společnost rozsáhlý projekt rekonstrukce centrálního zásobování teplem ve městě Žatec, jehož hlavním dodavatelem byla brněnská Tenza, a.s. Na základě zvoleného řešení, vyrostl v průběhu patnácti měsíců v lokalitě Perč nový biomasový zdroj s ORC modulem pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla z dřevního odpadu. Jedná se o nejmodernější technologii, která optimalizuje podmínky průmyslového využití s požadavky na ekologii provozu a zároveň proběhla rekonstrukce horkovodu, který přivádí vyrobené teplo z jednoho a půl kilometru odlehlé výtopny Perč. Celkové náklady na realizaci projektu činily 308 milionů Kč, společnost financovala celý projekt bez státních dotací. Zkušební provoz byl zahájen od 1.7.2010 až 8.9.2011 i následující plný provoz celého zařízení po kolaudaci v září 2011.

Obr. č. 5: Kotelna na biomasu



4.4 Současnost

Výtopna Perč I, stávající uhelná výtopna – velký zdroj znečišťování ovzduší, její celková projektová kapacita je 28,7 MW. Provozní soubor obsahuje 2 horkovodní kotle 11,68 MW s řetězovým roštem o účinné ploše 11,5 m² a pěti pásmy spodního dmýchání a jeden kotel R 5,5 MW s řetězovým roštem o účinné ploše 5,5 m² a se čtyřmi pásmy spodního dmýchání. Horkovodní kotle jsou klecové bez nosné konstrukce. Vzduchové potrubí je umístěno vně výtopny a kotveno do ocelové konstrukce budovy a sací potrubí je opatřeno tlumičem hluku a nasáváním z kotelny nebo venkovního prostoru.

Nově vystavěná teplárna Perč II na biomasu, jejíž projektová kapacita činí 8 MW_{te} a 1,5 MW_e. Kotel se skládá ze spalovací komory s posuvným mechanickým roštem, automatickým odvodem popela z pod roštu a z roštu, recyklace spalin na spalovacím roštu, z tepelného výměníku samostatně stojícího s automatickým čištěním spalin. ORC jednotka zajišťuje výrobu elektrické energie a tepla s využitím media o nízké teplotě a nízkém tlaku. K čištění spalin je u kotlů nainstalováno odprašovací zařízení, a spaliny jsou vedeny samostatným nerezovým komínem o výšce 30 m.

Ventilátorovna je vybavena třemi primárními vzduchovými ventilátory, třemi cirkulačními ventilátory a třemi kouřovými ventilátory.

V teplárně se nachází prostor pro odškvarování, kde pomocí šnekových dopravníků je dopravována struska z kotlů a také popílek z filtrů. Kotel K1 a K2 je osazen jedním vynašečem strusky o maximálním výkonu 6000 kilogramů suché směsi strusky za hodinu. Kotel K3 zatím vynašečem strusky vybaven není, do budoucna se s instalací počítá. Struska a popílek jsou pomocí dopravního pásu dopravovány do zásobníku. Pokud dojde k naplnění zásobníku, je smíchaná struska s popílkem odvážena nákladními automobily. Materiál je atestován a předáván externím společností.

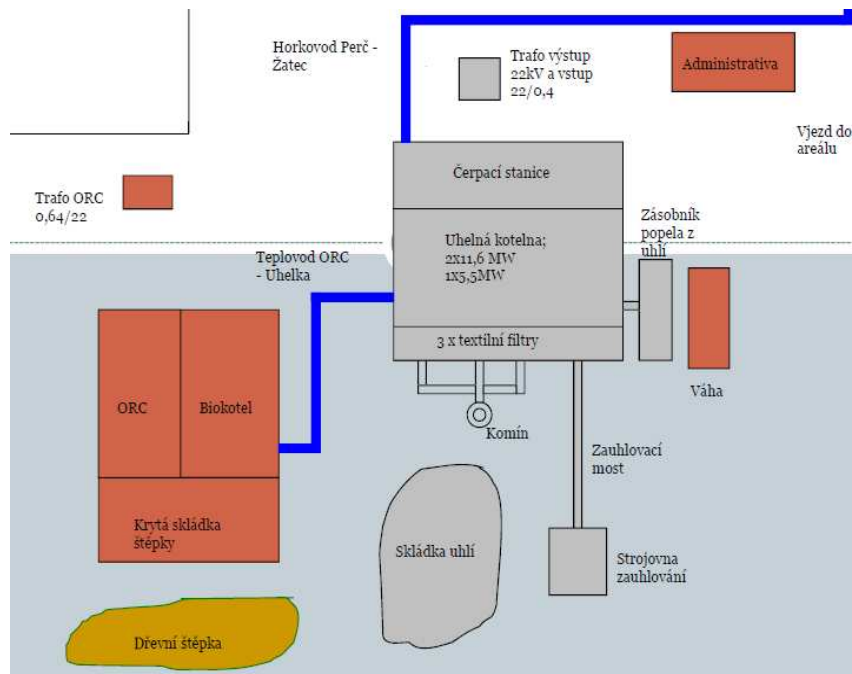
Odprašení je vybaveno:

- látkový filtr 3RP-14-154-D6,
- látkový filtr RP-10-288-D6,

- multicyklonový odlučovač,
- vstupní, výstupní kouřovod,
- zařízení pro dopravu popílku,
- kompresorová stanice, společná pro K1, K2, K3.

Mezi další technické a technologické jednotky nacházející se v areálu, patří: na obrázku č. 6 je stručný náčrt areálu, v němž se nachází strojovna, zuhelňování, skládka paliva, silo na bio paliva, vodní hospodářství, pomocné provozy, administrativa, trafostanice, klimatizační jednotky, diesel agregát.

Obr. č. 6: Schéma technologie Žatecké teplárenské, a.s.



4.5 Údaje o výduších zdrojů znečištění ovzduší

Společnost disponuje třemi roštovými kotli na spalování uhlí (hruboprach) K1, K2 a K3 a jedním biomasovým kotlem K4 na spalování dřevní biomasy. Hlavní termoolejový kotel K4 je v provozu celý kalendářní rok, kromě odstávky pro údržbu, která se provádí v letních měsících po dobu nezbytně nutnou cca čtrnáct dní. Uhelné kotle K1, K2 a K3 jsou v provozu v zimním období a dle aktuálního počasí (mírná

zima, velmi chladná zima) se jejich provoz kombinuje. V provozu však mohou být pouze dva uhelné kotle v kombinaci s termoolejovým kotlem.

4.6 Technické parametry výduchu

V následujících tabulkách č. 8 a 9 jsou popsány technické parametry výduchu na spalování uhlí K1, K2, K3 a výduchu na spalování biomasy K4. Veškeré technické parametry výduchu jsou ze souhrnné provozní evidence zvláště velkých, velkých a středních zdrojů znečišťování ovzduší za rok 2011 a rok 2012.

Tabulka č. 8: Technické údaje výduchu K1, K2, K3 a K4 za kalendářní rok 2011

Rok 2011	K1	K2	K3	K4-biomasový
Kategorie zdroje (ZV, V, S)	V Velký	V Velký	V Velký	V Velký
Výška komínu (výduchu) [m]	60	60	60	30
Průřez v koruně komínu, výduchu [m ²]	1,96	1,96	1,96	1,1
Účinnost [%]	82	82	82	88
Jmenovitý tepelný výkon [MWt]	5,6	11,5	11,5	10
Jmenovitý tepelný příkon [MWt]	6,829	14,024	14,024	11,364
Průměrná rychlost plynů [m/s]	13	15	17	13
Průměrná teplota plynů [°C]	151	165	181	169
Druh topeniště	pásový rošt s pohazovačem			přesuvný, vratný a ostatní pohyblivé rošty
Celková výroba tepla [GJ/rok]	25 886	56 541	32 791	183 181
Výhřevnost paliva [kJ/kg, m ³]	16 740	16 740	16 740	8 370
Spotřeba paliva nebo odpadů [t, tis. m ³]	1 884	4 115	2 386	25 005

Tabulka č. 9: Technické údaje výduchu K1, K2, K3 a K4 za kalendářní rok 2012

Rok 2012	K1	K2	K3	K4-biomasový
Kategorie zdroje (ZV, V, S)	V Velký	V Velký	V Velký	V Velký
Výška komínu (výduchu) [m]	60	60	60	30
Průřez v koruně komínu, výduchu [m ²]	1,96	1,96	1,96	1,1
Účinnost [%]	84	84	84	84
Jmenovitý tepelný výkon [MWt]	5,6	11,5	11,5	10
Jmenovitý tepelný příkon [MWt]	6,667	13,69	13,69	11,905
Průměrná rychlost plynů [m/s]	14	13	12	14
Průměrná teplota plynů [°C]	176	134	128	194
Druh topeniště	pásový rošt s pohazovačem			přesuvný, vratný a ostatní pohyblivé rošty
Celková výroba tepla [GJ/rok]	22 552	34 588	24 628	187 297
Výhřevnost paliva [kJ/kg, m ³]	17 250	17 250	17 250	12 050
Spotřeba paliva nebo odpadů [t, tis. m ³]	1 566	2 401	1 710	28 572

4.7 Specifické emisní limity kotlů K1, K2, K3 a K4

Z provozu kotlů K1, K2, K3 a Termoolejového kotle K4 jsou sledovány a následně dodržovány specifické emisní limity pro NO_x, CO, SO₂, TOC a TZL dle platných právních předpisů a nařízení. Na základě Integrovaného povolení vydal Krajský úřad Ústeckého kraje, odbor životního prostředí a zemědělství v souladu se zákonem o integrované prevenci pro provoz kotlů K1, K2, K3 a K4 stanovené emisní limity, které jsou přísnější než emisní limity podle platné legislativy. Hodnoty jednotlivých specifických emisních limitů dle platné legislativy a stanovených emisních limitů dle Integrovaného povolení jsou následně v tabulce č. 10 a 11.

Tabulka č. 10: Pro provoz kotlů se z K1, K2 a K3 při spalování hnědého uhlí stanovují následující integrované emisní limity (Integrované povolení 2014)

znečišťující látka	emisní limit podle platné legislativy	stanovený emisní limit
TZL	150 mg/m ³	30 mg/m ³
SO ₂	2 500 mg/m ³	2 450 mg/m ³
NO _x	650 mg/m ³	600 mg/m ³
CO	400 mg/m ³	350 mg/m ³
TOC	50 mg/m ³	50 mg/m ³

Tabulka č. 11: Pro provoz termoolejového kotle K4 při spalování biomasy se stanovují následující integrované emisní limity (Integrované povolení 2014)

znečišťující látka	emisní limit podle platné legislativy	stanovený emisní limit
TZL	250 mg/m ³	150 mg/m ³
SO ₂	2 500 mg/m ³	2 500 mg/m ³
NO _x	650 mg/m ³	650 mg/m ³
CO	650 mg/m ³	400 mg/m ³
TOC	50 mg/m ³	50 mg/m ³

4.8 Podmínky pro monitorování

Na výduchu z kotlů K1, K2, K3 a K4 se provádí jednorázově měření emisí neboli autorizované měření emisí NO_x, CO, SO₂, TOC a TZL, a to vždy jedenkrát za kalendářní rok, ne dříve než po uplynutí šesti měsíců od data posledního měření. Termín, počet měření a autorizovanou osobu, která bude měření provádět, musí provozovatel písemně oznámit na inspekci životního prostředí, nejpozději čtrnáct dní před zahájením měření.

4.9 Autorizované měření emisí

Za rok 2011 a 2012 v Žatecké teplárenské, a.s. provedla jednorázové měření emisí znečišťujících látek společnost AXIA CZ. Autorizované měření emisí je objektivní zjištění, které probíhá dle akreditovaných metod a postupů. Tato měření mohou vykonávat pouze provozovatelé, kteří mají splněnou odbornou způsobilost (autorizace vydaná z MŽP) a disponují vhodnými technickými prostředky. Samotné měření emisí se provádí přímo na zdroji znečišťování prostřednictvím měřících vozů a tuhé znečišťující látky jsou měřeny gravimetrickou metodou. Na základě jednorázového měření naměřených množství znečišťujících látek z jednotlivých zdrojů znečištění vyhotoví autorizovaná osoba Protokol s přehledem výsledků. Společnost je povinna jedenkrát za rok vypracovat zprávu s ročním přehledem pro MŽP „Oznámení o výpočtu poplatku a Ohlášení souhrnné provozní evidence zvláště velkých, velkých a středních zdrojů znečištění ovzduší“.

Přehled měření v provozu ve společnosti Žatecká teplárenská, a.s.

- autorizované měření znečišťujících látek NO_x, CO, SO₂, TZL ze zdrojů znečištění K1, K2 a K3 ve společnosti v roce 2011 a 2012,
- autorizované měření znečišťujících látek NO_x, CO, SO₂, TOC, TZL ze zdrojů znečištění K4 ve společnosti v roce 2011 a 2012.

Vyhodnocení jednorázového měření emisí:

- hmotnostní koncentrace znečišťujících látek [mg/m³],
- hmotnostní tok M [kg/h],
- měrná výrobní emise MVE [kg/t] – byla vztažena na množství spáleného paliva za dobu měření, tj. 6.97/6 hodin.

5. VÝSLEDKY PRÁCE

Cílem práce je vyhodnocení naměřených koncentrací plyných NO_x , SO_2 , CO, TOC a tuhých znečišťujících látek při spalování hnědého uhlí a biomasy v Žatecké teplárenské, a.s. v letech 2011, 2012. Na základě vlastního měření jsou jednotlivé hodnoty koncentrací NO_x , SO_2 , CO, TOC a tuhých znečišťujících látek v letech 2011 a 2012 porovnány z jednotlivých kotlů zvlášť a následně graficky znázorněny. Poté byly naměřené hodnoty NO_x , SO_2 , CO, TOC a tuhé znečišťující látky porovnány se stanovenými emisními limity dle platného Integrovaného povolení a graficky zobrazeny.

5.1 Naměřené koncentrace plyných a tuhých znečišťujících látek ze zdrojů znečištění

5.1.1 Uhelný kotel K1

Měření koncentrací plyných a tuhých znečišťujících látek na uhelném kotli K1 proběhlo 1. - 2. 2. 2011 a 5. 3. 2012. Naměřené koncentrace plyných látek NO_x , SO_2 a CO v roce 2011 byly oproti roku 2012 nižší, a koncentrace tuhých znečišťujících látek byla v roce 2011 větší než v roce 2012. Na grafu č. 4 je znázorněno porovnání naměřených emisí ze zdrojů K1 za rok 2011 a 2012.

Tabulka č. 10: Vlastní měření, uhelný kotel K1 za rok 2011 (Protokol 2011)

Měřená látka	Koncentrace Cr _{sn} [mg/m ³]	Hmotnostní tok M [kg/h]	Měrná výrobní emise MVE [kg/t]
NO_x	270	1.927	1.658
CO	234	1.676	1.443
SO_2	1484	10.612	9.135
TZL	7	0.049	0.042

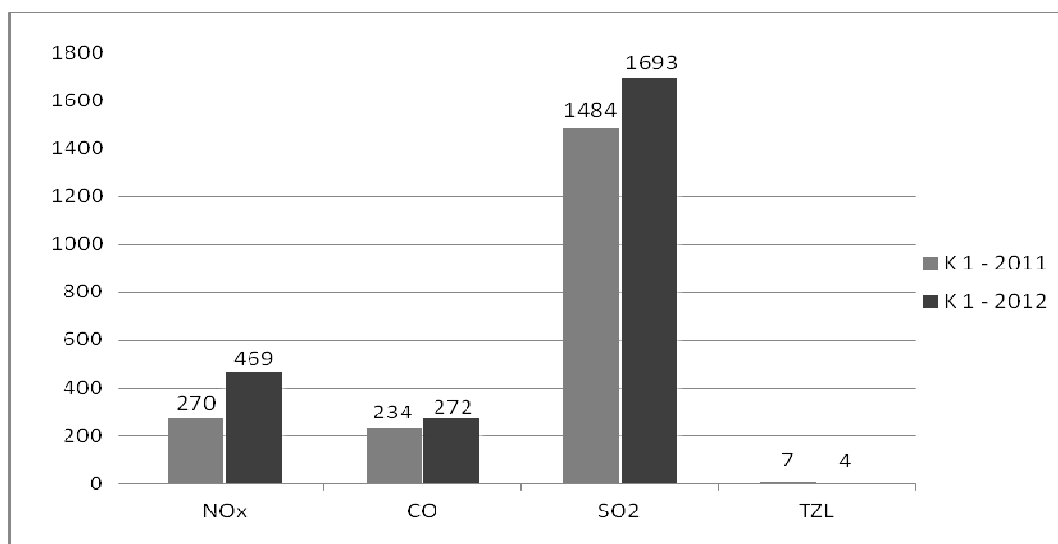
Měření proběhlo 1. – 2. 2. 2011

Tabulka č. 11: Vlastní měření, uhelný kotel K1 za rok 2012 (Protokol 2012)

Měřená látka	Koncentrace C _{rsn} [mg/m ³]	Hmotnostní tok M [kg/h]	Měrná výrobní emise MVE [kg/t]
NO _x	469	2.882	2.719
CO	272	1.746	1.648
SO ₂	1693	10.676	10.072
TZL	4	0.028	0.026

Měření proběhlo 5. 3. 2012

Graf č. 4: Porovnání naměřených emisí ze zdrojů K1 za rok 2011 a 2012



5.1.2 Uhlý kotel K 2

Měření koncentrací plyných a tuhých znečišťujících látek na uhelném kotli K2 proběhlo 1. 2. 2011 a 6. 3. 2012. Naměřené koncentrace plyných látek SO₂, CO v roce 2011 jsou oproti roku 2012 nižší, pouze hodnoty koncentrace NO_x byly v roce 2011 větší, a koncentrace tuhých znečišťujících látek byla v roce 2011 nižší než v roce 2012. Na grafu č. 5 je znázorněno porovnání naměřených emisí ze zdrojů K2 za rok 2011 a 2012.

Tabulka č. 12: Vlastní měření, uhelný kotel K2 za rok 2011 (Protokol 2011)

Měřená látka	Koncentrace Cr _{sn} [mg/m ³]	Hmotnostní tok M [kg/h]	Měrná výrobní emise MVE [kg/t]
NO _x	407	5.235	2.613
CO	197	2.525	1.261
SO ₂	1501	19.313	9.640
TZL	3	0.037	0.018

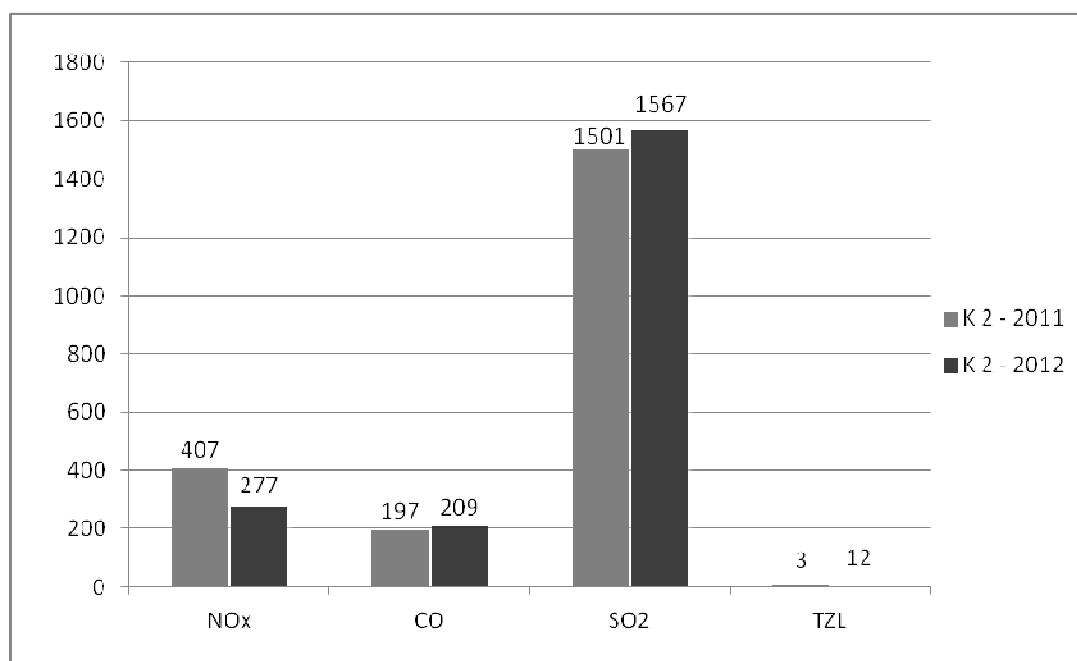
Měření proběhlo 1. 2. 2011

Tabulka č. 13: Vlastní měření, uhelný kotel K2 za rok 2012 (Protokol 2012)

Měřená látka	Koncentrace Cr _{sn} [mg/m ³]	Hmotnostní tok M [kg/h]	Měrná výrobní emise MVE [kg/t]
NO _x	277	2.892	1.907
CO	209	2.100	1.385
SO ₂	1567	16.484	10.869
TZL	12	0.124	0.082

Měření proběhlo 6. 3. 2012

Graf č. 5: Porovnání naměřených emisí ze zdrojů K2 za rok 2011 a 2012



5.1.3 Uhelný kotel K3

Měření koncentrací plyných a tuhých znečišťujících látek na uhelném kotli K3 proběhlo 1. 2. 2011 a 5. - 6. 3. 2012. Naměřené koncentrace plyných látek NO_x, SO₂, CO v roce 2011 byly nižší oproti roku 2012, a koncentrace tuhých znečišťujících látek byla v roce 2011 větší než v roce 2012. Na grafu č. 6 je znázorněno porovnání naměřených emisí ze zdrojů K3 za rok 2011 a 2012.

Tabulka č. 14: Vlastní měření, uhelný kotel K3 za rok 2011 (Protokol 2011)

Měřená látka	Koncentrace C _{rsn} [mg/m ³]	Hmotnostní tok M [kg/h]	Měrná výrobní emise MVE [kg/t]
NO _x	392	5.266	2.449
CO	220	2.952	1.373
SO ₂	1600	21.484	9.993
TZL	11	0.148	0.069

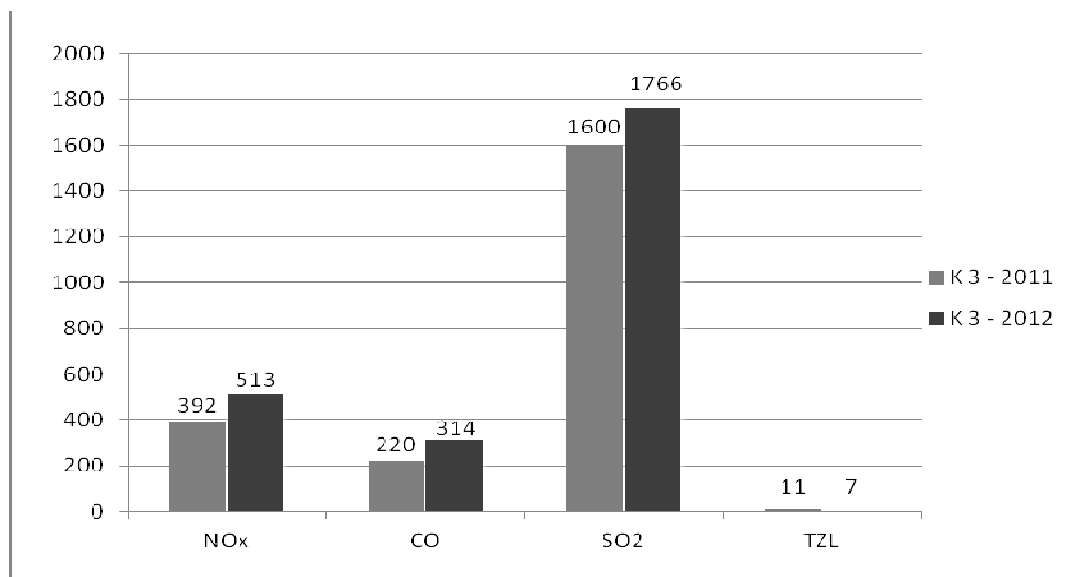
Měření proběhlo 1. 2. 2011

Tabulka č. 15: Vlastní měření, uhelný kotel K3 za rok 2012 (Protokol 2012)

Měřená látka	Koncentrace C _{rsn} [mg/m ³]	Hmotnostní tok M [kg/h]	Měrná výrobní emise MVE [kg/t]
NO _x	513	5.456	3.290
CO	314	3.319	2.001
SO ₂	1766	18.808	11.342
TZL	7	0.073	0.044

Měření proběhlo 5. - 6. 3. 2012

Graf č. 6: Porovnání naměřených emisí ze zdrojů K3 za rok 2011 a 2012



5.1.4 Termoolejový kotel na biomasu K4

Měření koncentrací plyných a tuhých znečišťujících látek na uhelném kotli K4 proběhlo 22. 11. 2011 a 5. 11. 2012. Naměřené koncentrace plyných látek SO₂, CO v roce 2011 jsou oproti roku 2012 nižší, pouze hodnoty koncentrace NO_x byly v roce 2011 větší, koncentrace celkového organického uhlíku (TOC) byla v roce 2011 větší než v roce 2012, a koncentrace tuhých znečišťujících látek byla v roce 2011 nižší než v roce 2012. Na grafu č. 7 je znázorněno porovnání naměřených emisí ze zdrojů K4 za rok 2011 a 2012.

Tabulka č. 16: Vlastní měření, termoolejový kotel K4 za rok 2011 (Protokol 2011)

Měřená látka	Koncentrace C _{rsn} [mg/m ³]	Hmotnostní tok M [kg/h]	Měrná výrobní emise MVE [kg/t]
NO _x	243	11.102	2.847
CO	34	1.547	0.397
SO ₂	21	0.965	0.247
TOC	2	0.097	0.025
TZL	67	3.070	0.787

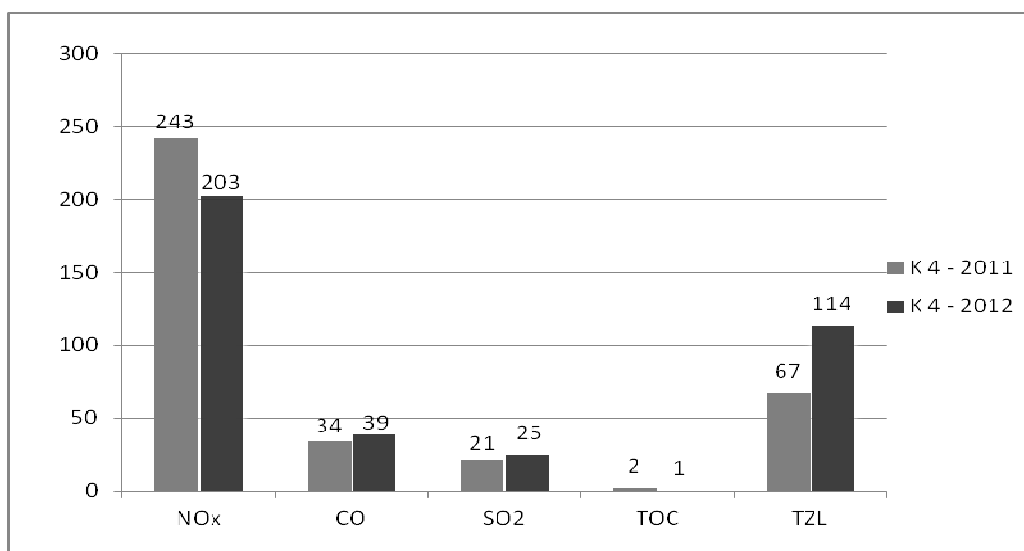
Měření proběhlo 22. 11. 2011

Tabulka č. 17: Vlastní měření, termoolejový kotel K4 za rok 2012 (Protokol 2011)

Měřená látka	Koncentrace Cr _{sn} [mg/m ³]	Hmotnostní tok M [kg/h]	Měrná výrobní emise MVE [kg/t]
NO _x	203	9.182	2.831
CO	39	1.745	0.538
SO ₂	25	1.143	0.353
TOC	1	0.062	0.019
TZL	114	5.137	1.584

Měření proběhlo 5. 11. 2012

Graf č. 7: Porovnání naměřených emisí ze zdrojů K4 za rok 2011 a 2012



5.2 Výsledné porovnání jednotlivých plyných a tuhých znečišťujících emisí

5.2.1 Oxidy dusíku

Z uhelných kotlů na výduchu K1, K2 a K3 v letech 2011 a 2012 u naměřené znečišťující látky NO_x, v porovnání se stanoveným emisním limitem dle Integrovaného povolení, nebyla koncentrace překročena. U biomasového kotle K4 na výduchu v letech 2011 a 2012 u naměřené znečišťující látky NO_x, v porovnání se

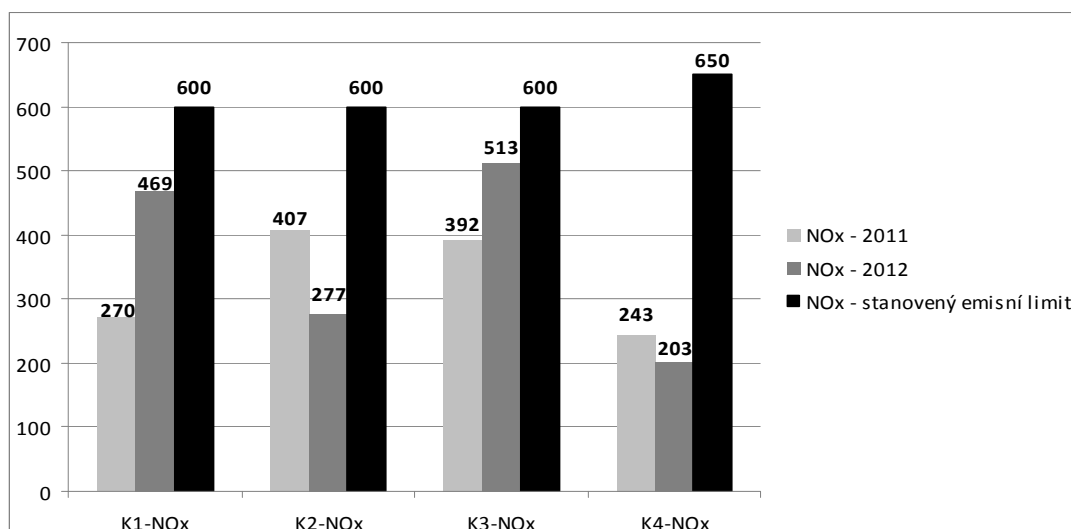
stanoveným emisním limitem dle Integrovaného povolení, nebyla koncentrace překročena.

Tabulka č. 18: Výsledné porovnání emise NO_x z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012

Znečišťující látka ze zdroje	Dle Integrovaného povolení (stanovený emisní limit)	Koncentrace za rok 2011	Koncentrace za rok 2012
K1 - NO _x	600 mg/m ³	270 mg/m ³	469 mg/m ³
K2 - NO _x		407 mg/m ³	277 mg/m ³
K3 - NO _x		392 mg/m ³	513 mg/m ³
K4 - NO _x	650 mg/m ³	243 mg/m ³	203 mg/m ³

Jak je patrné z grafu č. 8 byla největší naměřená emisní hodnota 513 mg/m³ znečišťující látky NO_x v roce 2012 z uhlénoho kotle K3. Oxidy dusíku vypouštěné do ovzduší jsou při spalování hnědého uhlí vyšší než při spalování biomasy.

Graf č. 8: Grafické znázornění emise NO_x z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012



5.2.2 Oxid uhelnatý

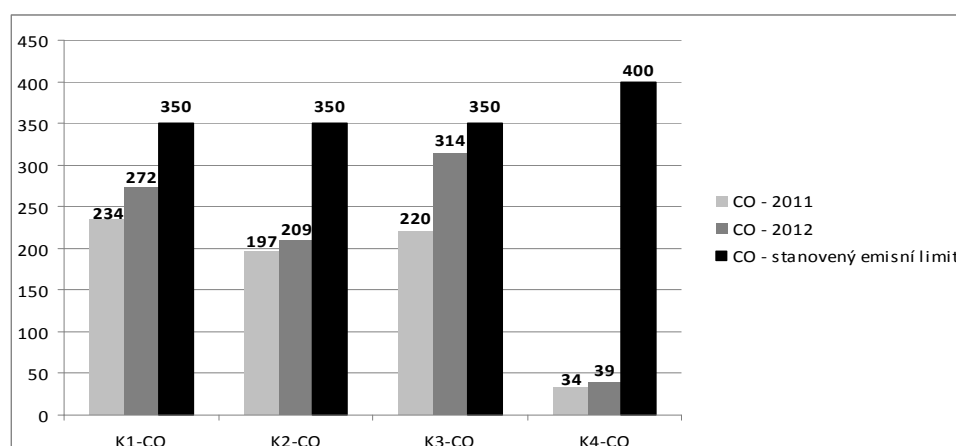
Z uhelných kotlů na výduchu K1, K2 a K3 v letech 2011 a 2012 u naměřené znečišťující látky CO, v porovnání se stanoveným emisním limitem dle Integrovaného povolení, nebyla koncentrace překročena. U biomasového kotle K4 na výduchu v letech 2011 a 2012 u naměřené znečišťující látky CO, v porovnání se stanoveným emisním limitem dle Integrovaného povolení, nebyla koncentrace překročena.

Tabulka č. 19: Výsledné porovnání emise CO z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012

Znečišťující látka ze zdroje	Dle Integrovaného povolení (stanovený emisní limit)	Koncentrace za rok 2011	Koncentrace za rok 2012
K1 - CO	350 mg/m ³	234 mg/m ³	272 mg/m ³
K2 - CO		197 mg/m ³	209 mg/m ³
K3 - CO		220 mg/m ³	314 mg/m ³
K4 - CO	400 mg/m ³	34 mg/m ³	39 mg/m ³

Jak je patrné z grafu č. 9 byla největší naměřená emisní hodnota 314 mg/m³ znečišťující látky CO v roce 2012 z uhelného kotle K3. Oxid uhelnatý vypouštěný do ovzduší je při spalování hnědého uhlí vyšší než při spalování biomasy.

Graf č. 9: Grafické znázornění emise CO z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012



5.2.3 Oxid siřičitý

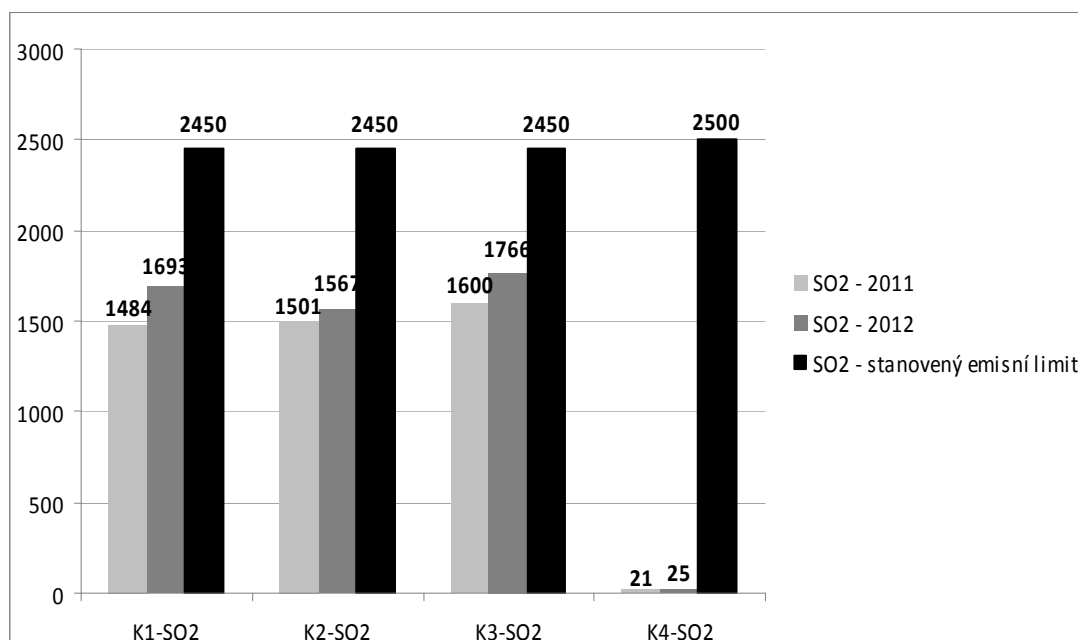
Z uhelných kotlů na výduchu K1, K2 a K3 v letech 2011 a 2012 u naměřené znečišťující látky SO₂, v porovnání se stanoveným emisním limitem dle Integrovaného povolení, nebyla koncentrace překročena. U biomasového kotle K4 na výduchu v letech 2011 a 2012 u naměřené znečišťující látky SO₂, v porovnání se stanoveným emisním limitem dle Integrovaného povolení, nebyla koncentrace překročena.

Tabulka č. 20: Výsledné porovnání emise SO₂ z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012

Znečišťující látka ze zdroje	Dle Integrovaného povolení (stanovený emisní limit)	Koncentrace za rok 2011	Koncentrace za rok 2012
K1 - SO ₂	2 450 mg/m ³	1484 mg/m ³	1693 mg/m ³
K2 - SO ₂		1501 mg/m ³	1567 mg/m ³
K3 - SO ₂		1600 mg/m ³	1766 mg/m ³
K 4 - SO ₂	2 500 mg/m ³	21 mg/m ³	25 mg/m ³

Z grafu č. 10 je patrné, že byla největší naměřená emisní hodnota 1766 mg/m³ znečišťující látky SO₂ v roce 2012 z uhelného kotle K3. Oxid siřičitý vypouštěný do ovzduší je při spalování hnědého uhlí vyšší než při spalování biomasy, u které jsou hodnoty velmi nízké, z důvodu minimálního obsahu síry.

Graf č. 10: Grafické znázornění emise SO₂ z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012



5.2.4 Celkový organický uhlík (TOC)

U biomasového kotle K4 na výduchu v letech 2011 a 2012 u naměřené znečišťující látky TOC, v porovnání se stanoveným emisním limitem dle Integrovaného povolení, nebyla koncentrace překročena.

Tabulka č. 21: Výsledné porovnání emise TOC z kotle K4 v letech 2011 a 2012

Znečišťující látka ze zdroje	dle Integrovaného povolení (stanovený emisní limit)	Koncentrace za rok 2011	Koncentrace za rok 2012
K4 - TOC	50 mg/m ³	2 mg/m ³	1 mg/m ³

Z grafu č. 11 je patrné, že byla největší naměřená emisní hodnota 2 mg/m³ znečišťující látky TOC v roce 2011 z biomasového kotle č. K4.

Graf č. 11: Grafické znázornění emise TOC z kotle K4 v letech 2011 a 2012



5.2.5 Tuhé znečišťující látky

Z uhelných kotlů na výduchu K1, K2 a K3 v letech 2011 a 2012 u naměřené znečišťující látky TZL, v porovnání se stanoveným emisním limitem dle Integrovaného povolení, nebyla koncentrace překročena. U biomasového kotle K4 na výduchu v letech 2011 a 2012 u naměřené znečišťující látky TZL, v porovnání se stanoveným emisním limitem dle Integrovaného povolení, nebyla koncentrace překročena.

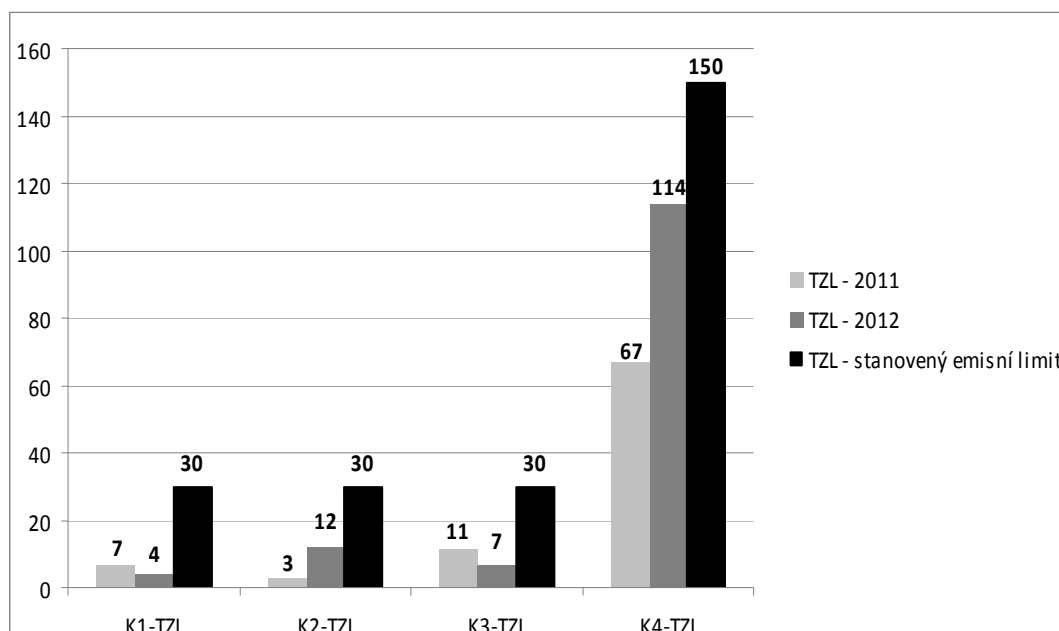
Tabulka č. 22: Výsledné porovnání emise TZL z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012

Znečišťující látka ze zdroje	Dle Integrovaného povolení (stanovený emisní limit)	Koncentrace za rok 2011	Koncentrace za rok 2012
K1 - TZL	30 mg/m ³	7 mg/m ³	4 mg/m ³
K2 - TZL		3 mg/m ³	12 mg/m ³
K3 - TZL		11 mg/m ³	7 mg/m ³
K4 - TZL	150 mg/m ³	67 mg/m ³	114 mg/m ³

Z grafu č. 12 je patrné, že byla největší naměřená emisní hodnota 114 mg/m³ tuhé znečišťující látky v roce 2012 z biomasového kotle K4. Tuhé znečišťující látky

vypouštěné do ovzduší jsou při spalování biomasy větší, než jsou při spalování hnědého uhlí.

Graf č. 12: Grafické znázornění emise TZL z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012



5.3 Výsledné zhodnocení

Výsledné vyhodnocení jednotlivých emisí NO_x , SO_2 , CO a tuhých znečišťujících látek z následných měření bylo zjištěno, že z uhelných kotlů K1, K2 a K3 v letech 2011 a 2012 převyšují znečištěním ovzduší plynné emise nad TZL, zjištěné pořadí:

- největší naměřená koncentrace SO_2 ,
- následující koncentrace patří NO_x ,
- pak CO,
- a nejmenší naměřené koncentrace emisím TZL.

Na rozdíl od termoolejového kotle (biomasový) K4 v letech 2011 a 2012 bylo z následných měření dle jednotlivých emisí NO_x , CO, SO_2 , TOC a tuhých znečišťujících látek zjištěno, že největším přispěvatelem znečištění ovzduší jsou plynné emise NO_x a následné pořadí je:

- TZL,
- pak CO,
- SO₂,
- a nejmenší naměřené koncentrace patří emisím TOC.

6. ZÁVĚR

Cílem předkládané bakalářské práce bylo vyhodnocení rozdílu naměřených emisí plyných (NO_x , SO_2 , CO) a tuhých znečišťujících látek při spalování hnědého uhlí a biomasy na příkladu dvou provozů v Žatecké teplárenské, a.s. v letech 2011, 2012. Výsledným vyhodnocením bylo zjištěno, že při spalování hnědého uhlí jsou nejvíce vypouštěny do ovzduší plynné emise s největší koncentrací SO_2 , a jako nejnižší koncentrace TZL. Při spalování hnědého uhlí jsou u plyných emisí (NO_x , SO_2 , CO) a tuhých znečišťujících látek dodržovány emisní limity dané legislativně. Vzhledem ke snížené produkci uhlí s nízkým obsahem síry hnědouhelnou těžební společnosti, která je dodavatelem Žatecké teplárenské, a.s., bude společnost nucena nakoupit jiné uhlí, které zdaleka nedosahuje kvality původního nízkosírnatého. V případě biomasy a jejím spalování bylo následně zjištěno, že do ovzduší jsou nejvíce vypouštěny plynné emise NO_x v koncentracích, jež nepřekračují platný legislativní rámec.

K udržení stávajících hodnot vypouštěných emisí jak plyných, tak tuhých znečišťujících látek, a v případě budoucích přísnějších zákonných opatření povede společnost, zabývající se výrobou energie a tepla k nutným nemalým investicím do moderních technologií čistého spalování. Jinou z dalších alternativ dlouhodobého řešení z hlediska udržitelnosti je rozsáhlé využívání obnovitelných zdrojů energie.

7. POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE

- BACHER P., 2000: Energie pro 21. století. Agentura KRIGL, Praha, 182 s.
- BENDA V., 2012: Obnovitelné zdroje energie. Profi Press, 208 s.
- DLOUHÝ T. a VALENTA V., 2010: Tepelné soustavy. Cech topenářů a instalatérů ČR, Brno, 34 s.
- DEMIRBAS A., 2004: Combustion characteristics of different biomass fuels. Prog Energy Combust Sci, 30 (2004), 219–230 s.
- EU, 2008: Boj proti změně klimatu. Evropská komise, Lucemburk.
- GLARBORG P., JENSEN A.D., JOHANSSON J.E., 2003: Fuel nitrogen conversion in solid fuel fired systems. Progress in Energy and Combustion Science 29 (2003) 89–113 s.
- HAVLÍČKOVÁ K. a kol., 2010: Analýza potenciálu biomasy v České republice. VÚKOZ, Průhonice, 498 s.
- HŮNOVÁ I. a JANOUŠKOVÁ S., 2004: Úvod do problematiky znečištění venkovního ovzduší. Karolinum, Praha, 144 s.
- JANÍČEK V. a FOLTÝN J., 2010: Globální problémy světa: v ekonomických souvislostech. C. H. Beck, Praha, 324 s.
- JANOTA J., 2008: Uhlí je vzácný nerost. Doly Nástup Tušimice, Chomutov, 134 s.
- JENKINS B. M., BAXTER L. L., MILES Jr T. R., MILES T. R., 1998: Combustion properties of biomass. Fuel Process Technol, 54 (1998), 17–46 s.
- KALACH P. a TRÍSKA J., 1998: Chemie životního prostředí. Jihočeská univerzita, České Budějovice, 147 s.
- KALVOVÁ J. a MOLDAN B., 1995: Klima a jeho změna v důsledku emisí skleníkových plynů. Univerzita Karlova, Praha, 161 s.
- KLOBUŠNÍK L., 2003: Pelety: palivo budoucnosti. Sdružení Harmonie, České Budějovice, 112 s.
- KOLEKTIV AUTORŮ, 2004: Živel oheň - energie: člověk, příroda, technika, životní prostředí. Agentura Koniklec, Praha, 321 s.
- MARKVART M., 1990: Snižování koncentrací NO_x v kouřových plynech. Sborník: Emise oxidů dusíku u spalovacích procesů a možnosti jejich snižování. Dům techniky ČSVTS, Brno, 23-32s.
- MOLDAN B., 2001: Ekologická dimenze udržitelného rozvoje. Karolinum, Praha, 102 s.

- MURTINGER K. a BERANOVSKÝ J., 2011: Energie z biomasy. Computer Press, Brno, 106 s.
- MŽP, 2012: Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012-2020. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 100 s.
- PASTOREK Z., KÁRA J., JEVIČ P., 2004: Obnovitelné zdroje energie. Biomasa obnovitelný zdroj energie, FCC Public, Praha, 106 s.
- POLÁŠKOVÁ A., 2011: Úvod do ekologie a ochrany životního prostředí. Univerzita Karlova, Praha, 283 s.
- QUASCHNING V., 2010: Obnovitelné zdroje energií. Grada, Praha, 296 s.
- ROUBÍČEK V., 2002: Uhlí. MONTANEX, Ostrava, 173 s.
- SENECA O., 2007: Kinetics of pyrolysis, combustion and gasification of three biomass fuels. Fuel Process Technol, 88 (2007), 87–97 s.
- SKÁLA Z., 1990: Emise NO_x u spalovacích procesů a možnosti jejich snižování. Sborník: Emise oxidů dusíku u spalovacích procesů a možnosti jejich snižování. Dům techniky ČSVTS, Brno, 32-44 s.
- SOLOMON S., QIN D., MANNING M., CHEN Z., MARQUIUS M., AVERYT K. B., 2007: Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, USA.
- ŠTEKL Z., 2003: Energie dřeva (biomasy). In: Belica P: Malý průvodce energetickými úsporami a alternativními zdroji. Regionální energetické centrum, Valašské Meziříčí, 76 s.
- TAYLOR G. H., TEICHMULLER M., DAVIS A., DIESSEL C. F. K., LIITKE R., ROBERT P., 1998: Organic petrology. Gebrüder Borntraeger, Berlin, 704 s.
- TEYSSLER J., 1988: Spalování popelnatých hnědých uhlí. Nakladatelství technické literatury, Praha, 274 s.
- ZPRACOVAL KOLEKTIV AUTORŮ, 1994: Využití biomasy k energetickým účelům v zemědělství. In: PASTOREK Z. [ed.]: Obnovitelné zdroje energie. FCC Public s.r.o., Praha, 127-142 s.

ZÁKONY A PRÁVNÍ PŘEDPISY

NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 145/2007 Sb., o emisních limitech a dalších podmínkách provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečištění ovzduší.

ZÁKON Č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění.

ZÁKON Č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, v platném znění.

INTERNETOVÉ ZDROJE

ALL FOR POWER, 2007: Energetické investiční celky, Kotelna s technologií ORC v Žatecké teplárenské, a.s., Praha, online: www.allforpower.cz/UserFiles/files/2011/zatec.pdf, cit. 20.2.2014.

BIOM, 2009: Informační zpravodaj Českého sdružení pro biomasu, Praha, online: <http://biom.cz/biom/eBIOM-2009-3.pd>, cit. 12.12.2013.

BIOMASA-INFO, 2009: Podpora lokálního vytápění biomasou, Technologie spalování, Technická univerzita Ostrava, online: <http://www.biomasa-info.cz/cs/techspal.htm>, cit. 5.2.2014.

VANĚK V., 2014: ČEZ. Bez jádra to nepůjde, online: <http://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani/pro-studenty/materialy-ke-studiu/tiskoviny/20.html>, cit. 17.11.2013.

ČHMÚ, 2013: Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2012, Praha, online: <http://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr12cz/kap11.html>, cit. 12.1.2014.

ČTK, 2012: Dětmárovice jsou zase o něco blíže prodeji, Praha, online: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/ekonomika/207948-detmarovice-jsou-zase-o-neco-blize-prodeji/>, cit. 7.2.2014.

EMISE, LEGISLATIVA, 2010: Emise. Praha, online http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD_Biomasa_nove/Pdf/Emise.pdf, cit. 24.7.2013.

EUROPA, 2010: Přehledy právních předpisů v EU, Energie, Evropská energetická politika, Praha, online: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/en00_08_cs.htm, cit. 30.1.2014.

ENVIWEB, 2013: Pyrolýza odpadů - moderní způsob jejich zneškodnění, Brno, online: <http://www.enviweb.cz/clanek/archiv/94618/pyrolyza-odpadu-moderni-zpusob-jejich-zneskodneni>, cit. 15.11.2013.

FOSILNÍ PALIVA, 2013: Uhlí, Praha, online: <http://www.fospaliva.wz.cz/index.htm>, cit. 20.1.2014.

- JIRÁSEK J., VAVRO M., 2008: Nerostné suroviny a jejich využití, Využití uhlí, Ostrava: Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava, online: http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/vyuziti_uhli.html, cit. 15.1.2014.
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2012: Zelená zpráva 2012, Zpráva o stavu zemědělství ČR za rok 2012, Praha, online: <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/publikace-a-dokumenty/zelene-zpravy/zelena-zprava-2012.html>, cit. 10.11.2013.
- POHOŘELÝ M., JEREMIÁŠ M., KAMENÍKOVÁ P., SKOBLIA S., SVOBODA K., PUNČOCHÁŘ M., 2012: Chemické listy, Zplyňování biomasy, Praha, online: www.chemicke-listy.cz/docs/full/2012_04_264-274.pdf, cit. 27.12.2013.
- SKOBLIA S., TENKRÁT D., VOSECKÝ M., POHOŘELÝ M., LISÝ M., BALAŠ M., PROKEŠ O., 2006: Chemické listy, Využití biomasy jako obnovitelného zdroje energie, Praha, online: www.chemicke-listy.cz/docs/full/2006_s1_s20-s24.pdf, cit. 6.12.2013.
- ŠKORPÍK J., 2011: Fosilní paliva, jejich využití v energetice a ekologické dopady, Transformační technologie, Brno, online: <http://www.transformacni-technologie.cz/fosilni-paliva-jejich-vyuziti-v-energetice-a-ekologicke-dopady.html>, cit. 4.11.2013.
- MALEČKOVÁ V., SIVEK M., JIRÁSEK J., 2012: Vybrané příklady z ekonomiky nerostných surovin. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, online: http://geologie.vsb.cz/loziska/cvekonomika/12_teorie.html, cit. 18.11.2013.

Seznam obrázků

- Obr. č. 1: Zjednodušené schéma anaerobní fermentace
Obr. č. 2: Elektrárna Počeradý
Obr. č. 3: Areál Žatecké teplárenské, a.s.
Obr. č. 4: Žatecká teplárenská, a.s.
Obr. č. 5: Kotelna na biomasu
Obr. č. 6: Schéma technologie Žatecké teplárenské, a.s.

Seznam tabulek a grafů

- Tabulka č. 1: Zdroje energeticky využitelné biomasy v ČR
Tabulka č. 2: Zdroje energeticky využitelné biomasy v ČR
Tabulka č. 3: Procesy využití biomasy k energetickým účelům
Tabulka č. 4: Obsah uhlíku, vodíku a kyslíku v hořlavině (%) v jednotlivém uhlí
Tabulka č. 5: Deset zemí s největší emisí CO₂, způsobenou výrobou energie
Tabulka č. 6: Celkové emise základních znečišťujících látek v ČR v roce 2011
Tabulka č. 7: Celkové emise základních znečišťujících látek v ČR v roce 2012
Tabulka č. 8: Technické údaje výduchu K1, K2, K3 a K4 za kalendářní rok 2011
Tabulka č. 9: Technické údaje výduchu K1, K2, K3 a K4 za kalendářní rok 2012
Tabulka č. 10: Vlastní měření, uhelný kotel K1 za rok 2011 (Protokol 2011)
Tabulka č. 11: Vlastní měření, uhelný kotel K1 za rok 2012 (Protokol 2012)
Tabulka č. 12: Vlastní měření, uhelný kotel K2 za rok 2011 (Protokol 2011)
Tabulka č. 13: Vlastní měření, uhelný kotel K2 za rok 2012 (Protokol 2012)
Tabulka č. 14: Vlastní měření, uhelný kotel K3 za rok 2011 (Protokol 2011)
Tabulka č. 15: Vlastní měření, uhelný kotel K3 za rok 2012 (Protokol 2012)
Tabulka č. 16: Vlastní měření, termoolejový kotel K4 za rok 2011 (Protokol 2011)
Tabulka č. 17: Vlastní měření, termoolejový kotel K4 za rok 2012 (Protokol 2011)
Tabulka č. 18: Výsledné porovnání emise NO_x z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012
Tabulka č. 19: Výsledné porovnání emise CO z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012
Tabulka č. 20: Výsledné porovnání emise SO₂ z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012
Tabulka č. 21: Výsledné porovnání emise TOC z kotle K4 v letech 2011 a 2012
Tabulka č. 22: Výsledné porovnání emise TZL z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012
Graf č. 1: Vývoj a struktura spotřeby paliv a energie do roku 2060
Graf č. 2: Složení hnědého uhlí
Graf č. 3: Složení černého uhlí
Graf č. 4: Porovnání naměřených emisí ze zdrojů K1 za rok 2011 a 2012
Graf č. 5: Porovnání naměřených emisí ze zdrojů K2 za rok 2011 a 2012

Graf č. 6: Porovnání naměřených emisí ze zdrojů K3 za rok 2011 a 2012

Graf č. 7: Porovnání naměřených emisí ze zdrojů K4 za rok 2011 a 2012

Graf č. 8: Grafické znázornění emise NO_x z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012

Graf č. 9: Grafické znázornění emise CO z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012

Graf č. 10: Grafické znázornění emise SO₂ z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012

Graf č. 11: Grafické znázornění emise TOC z kotle K4 v letech 2011 a 2012

Graf č. 12: Grafické znázornění emise TZL z kotle K1, K2, K3 a K4 v letech 2011 a 2012

Seznam schémat

Schéma č. 1: Využitelnost biomasy k energetickým účelům

Schéma č. 2: Rozdělení emisí ze spalovacích zařízení