

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V
NITRE

TECHNICKÁ FAKULTA

1130599

MOŽNOSTI SLEDOVANIA PRODUKCIE EMISIÍ PRI
SPAĽOVANÍ BIOMASY

2011

Tomáš Straňák

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE

TECHNICKÁ FAKULTA

MOŽNOSTI SLEDOVANIA PRODUKCIE EMISIÍ PRI
SPAĽOVANÍ BIOMASY

Bakalárska práca

Študijný program: Prevádzka dopravných a manipulačných strojov

Študijný odbor: 2302700 Dopravné stroje a zariadenia

Školiace pracovisko: Katedra dopravy a manipulácie

Školiteľ: doc. Ing. Ivan Vitázek, CSc.

Nitra, 2011

Tomáš Straňák

Čestné vyhlásenie

Podpísaný Tomáš Straňák vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Možnosti sledovania produkcie emisií pri spaľovaní biomasy“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 3. mája 2011

Tomáš Straňák

Pod'akovanie

Touto cestou si dovoľujem poďakovať sa vedúcemu bakalárskej práce doc. Ing. Ivanovi Vitázekovi, CSc.. za odbornú pomoc a cenné rady, ktoré mi poskytol pri jej vypracovaní.

Abstrakt

Bakalárska práca je zameraná na problematiku produkovaných emisií pri spaľovaní biomasy. Pri vypracovávaní teoretickej časti práce som potrebné informácie získaval predovšetkým zo študijnej literatúry ako aj z internetu. V práci je zameraná pozornosť na vybrané emisie, ktoré vznikajú spaľovaním biomasy. V praktickej časti sa práca zaoberá rozdelením, využitím a spaľovaním biomasy. Hlavnou podstatou práce je sledovanie produkovaných emisií, analýza spalín, ktoré vznikajú spaľovaním biomasy a návrh technických opatrení na sledovanie produkcie vzniknutých emisií. Na základe výsledkov môžeme porovnať produkované emisie, ktoré vznikli spaľovaním vybraných zdrojov tepla. Návrhy boli vypracované na základe teoretických znalostí získaných počas zostavovania tejto práce. Táto práca by mala priniesť po aplikovaní návrhov technických opatrení zlepšenie účinnosti spaľovania biomasy.

Kľúčové slová : biomasa, emisie, spaľovanie

Abstrakt

The thesis is focused on the issue of emissions produced by the burning of biomass. In developing the theoretical part of the work I needed information is derived primarily from the study of literature as well as from the Internet. The paper focuses attention navytipované emissions from combustion biomass. V practical part deals with distribution, use and biomass burning. Hlavnou nature of work is to monitor the emissions produced, the analysis of gas resulting from biomass combustion and draft technical measures to monitor the production of emissions generated. Based on the results we can compare the emissions produced by selected products of combustion heat sources. Proposals have been developed based on knowledge gained during the compilation of this work. This work should lead to the application of the draft technical measures to improve combustion efficiency of biomass.

Key words: biomass, emissions, combustion

OBSAH

Zoznam skratiek a značiek.....	9
Úvod.....	10
1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky.....	11
1.1 Základné členenie biomasy.....	11
1.1.1 Dendromasa.....	11
1.1.2 Fytomasa.....	12
1.1.3 Zoomasa.....	12
1.2 Výroba energie z biomasy.....	13
1.2.1 Spaľovanie biomasy.....	13
1.2.2 Splyňovanie biomasy.....	14
1.2.3 Pyrolýza biomasy.....	15
1.3 Charakteristika vybraných zdrojov tepla na spaľovanie biomasy.....	16
1.3.1 Ušľachtilé palivá.....	17
1.4 Konštrukčné riešenie spaľovacích zariadení na biomasu.....	18
1.4.1 Kotly s prehorievaním paliva.....	19
1.4.2 Kotly so spodným horením paliva.....	20
1.4.3 Kotly so splyňovaním dreva.....	20
1.5 Emisie vznikajúce pri spaľovaní dreva.....	23
1.6 Spaľovanie biomasy s fosílnymi palivami.....	24
1.7 Produkcia oxidov dusíka z procesu spaľovania biomasy.....	24
2 Cieľ.....	26
3 Metodika práce.....	27
4 Výsledok práce.....	28
4.1 Základné znečisťujúce látky zo spaľovania biomasy.....	28
4.2 Zásady správneho spaľovania.....	33

4.2.1 Požiadavky na účinné spaľovanie.....	33
4.2.2 Nedodržanie zásad správneho spaľovania.....	33
4.2.3 Výsledok.....	33
4.3 Zostava technologického zariadenia na spaľovanie biomasy.....	34
4.4 Príklady kotlov na spaľovanie biomasy.....	35
4.5 Príklady a charakteristika meracích prístrojov.....	38
4.6 Priebeh obsahu emisií CO a NO _x v spalinách vznikajúcich horením vytipovaných druhov biomasy.....	40
4.7 Porovnanie CO, CO ₂ a NO _x pri spaľovaní drevných peliet, hnedého uhlia a čierneho uhlia.....	42
5 Záver.....	44
Zoznam použitej literatúry.....	45

Zoznam skratiek a značiek

CO ₂	oxid uhličitý
H ₂ O	vodná para
N ₂	dusík
O ₂	kyslík
TZL	tuhé znečisťujúce látky
CO	oxid uhoľnatý
NO _x	oxid dusíka
NO	oxid dusnatý
NO ₂	oxid dusičitý
TOC	celkový organický uhlík
SO ₂	oxid siričitý
M	mega, 10 ⁶
W	Watt
ppm	milióntina objemu
kg	kilogram
G	giga, 10 ⁶
J	Joule
OZE	obnoviteľné zdroje energie
SR	Slovenská Republika

ÚVOD

Každý človek žijúci na tejto planéte si uvedomuje , že k svojmu životu potrebuje energiu – či už vo forme tepla, svetla alebo iných foriem. V súčasnej dobe sa však často zabúda, že súčasný spôsob využívania primárnych zdrojov, t.j. fosílnych palív – uhlia, ropy, zemného plynu a uránu, je časovo obmedzený.

Negatívny vplyv využívania fosílnych palív má na životné prostredie jednak ťažba a úprava týchto palív, ale hlavne premena jedného druhu energie na iný. Vo fosílnych palivách je teplo akumulované ako chemická energia, ktorá sa uvoľňuje spaľovaním, t.j. zmena chemickej energie na teplo. Táto premena tepla spôsobuje únik škodlivých látok do atmosféry, akým sú napr. popolček oxid síry, dusíka, uhlíka a iné.

Jedným z možných spôsobov znižovania produkcie týchto škodlivých látok a zníženie závislosti na fosílnych palivách, je využívanie obnoviteľných zdrojov energie (OZE) ako napr. využívanie biomasy. Celosvetové zásoby biomasy sú obrovské celkové množstvo energie vytvorenej fotosyntézou vo forme biomasy každý rok je až desaťkrát väčšie ako celosvetová spotreba energie. Biomasa, vzhľadom na svoju dostupnosť a možnosť využitia nových technológií, sa hospodárskeho a energetického hľadiska javí ako dôležitý a v našich podmienkach perspektívny obnoviteľný zdroj energie.

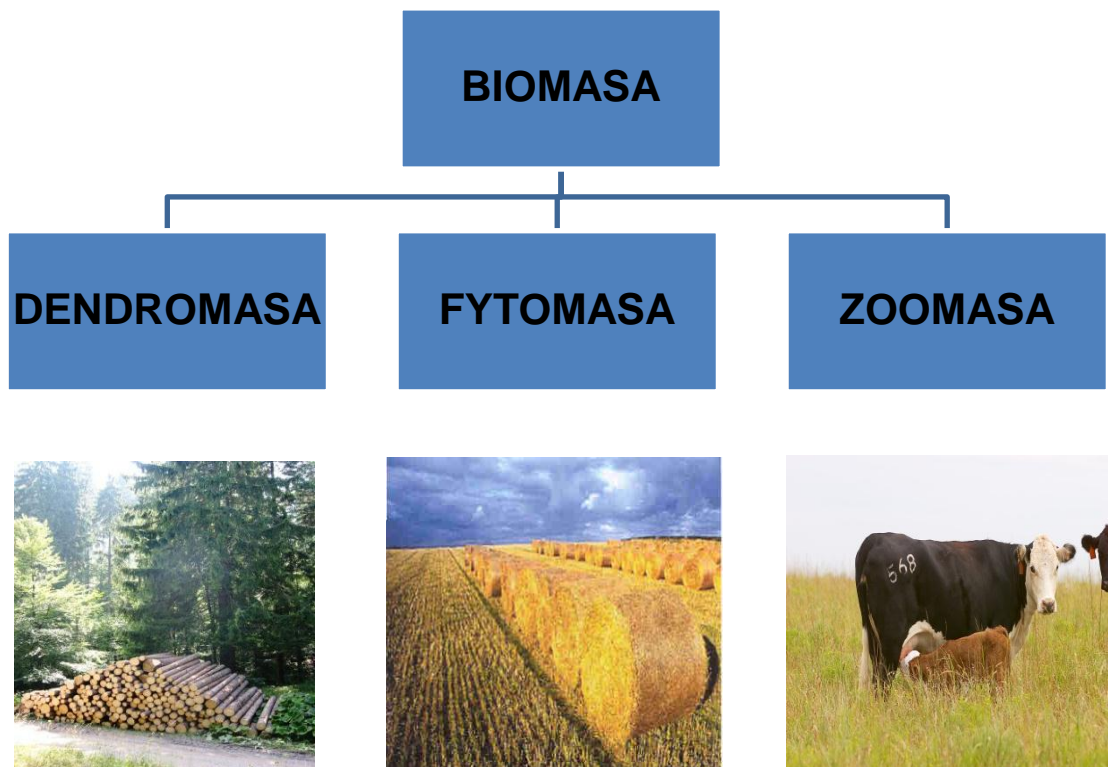
Jej význam v dôsledku znižovania rezerv fosílnych palív ešte narastá. Biomasa má niekoľko pozitív, predovšetkým však ide o jej ekologický rozmer. Spaľovanie tohto obnoviteľného zdroja energie je z hľadiska emisií skleníkových plynov neutrálne. Kyslík zo vzduchu sa v procese spaľovania spája s uhlíkom v rastline, pričom vzniká oxid uhličitý a voda. Oxid uhličitý sa však stáva vstupnou látkou pre novú biomasu. To znamená, že pri raste biomasa spotrebuje len toľko CO_2 , koľko ho pri spaľovaní unikne do ovzdušia.

Z hľadiska znižovania emisií síry má biomasa tiež veľký význam. V porovnaní s uhlím a ropou má nižší obsah síry i popola, ktorý navyše neobsahuje toxické kovy. Práve jej chemické zloženie z nej tak robí neporovnateľne ekologickejšie palivo ako sú uhlie či ropa.

1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky

1.1 Základné členenie biomasy

Biomasa je obecné všetka hmota organického pôvodu. Z hľadiska využitia biomasy pre stacionárny energetický zdroj je možné biomasu deliť na 3 základné druhy, pričom niektoré konkrétne zdroje biomasy sú využiteľné vo viacerých skupinách.



Obr. 1 Grafické znázornenie členenia biomasy

1.1.1 Dendromasa

- Drevná biomasa

Hlavným zdrojom dendromasy na Slovensku je lesné hospodárstvo. Na energetické účely je možné okrem časti vyťaženého dreva, ktorá nie je z hľadiska kvality vhodná pre použitie v drevospracujúcom priemysle, využiť aj tzv. zvyšky po ťažbe (vrcholové časti stromov, konáre a vetvy), tenčina stromov, kalamitné drevo (vyvrátené pne, koreňové časti stromov), prerezávky a pod.

Spaľovať sa môžu priamo kusy dreva, resp. drevné štiepky, brikety, či pelety vyrobené z lesnej biomasy. Čím viac je lesná biomasa upravená, tým vyšší stupeň technológie je možné využívať, tým nižšiu má vlhkosť a vyššiu výhrevnosť. (www.kvt.sjf.stuba.sk)

1.1.2 Fytomasa

- Poľnohospodárska biomasa

V poľnohospodárskej biomase sú najväčšie energetické rezervy. Časť slamy, ktorá vzniká pri zbere obilia, nie je vhodná ani na kŕmenie ani na podstielku dobytky. Ročne vznikajú asi 3 milióny ton takejto slamy s výhrevnosťou asi 14,5 MJ.kg⁻¹. Ide o nezanedbateľný energetický potenciál.

Odpadovou surovinou pre energetické zhodnotenie je aj slama z repky olejnej a odpad vo forme výliskov alebo výpalkov pri výrobe biopalív. Vhodnými energonosičmi sú aj odpady z kukurice, ľanu, slnečnice a odpady z čistenia osív. Ďalším zdrojom získania energie môže byť aj vykosená tráva, odpad z parkov či viníc. (www.kvt.sjf.stuba.sk)

1.1.3 Zoomasa

- Exkrementy poľnohospodárskych zvierat

Pri veľkochove poľnohospodárskych zvierat vzniká veľké množstvo biologicky aktívneho materiálu, ktorý je možné využiť pri výrobe bioplynu.

Biologický plyn je možné využívať na priame spaľovanie v kotloch a sušiarňach a na výrobu elektrickej energie pomocou plynových turbín.

Najefektívnejšie spracovanie bioplynu predstavuje kombinovaná výroba tepla a elektrickej energie s jej následným využitím vo výrobných technológiách. V kogeneračných jednotkách je možné z bioplynu ročne vyrobiť 9,27 PJ tepla. (www.kvt.sjf.stuba.sk)

Celkový energetický potenciál pôdohospodárskej biomasy je značne vysoký a predstavuje teoreticky až 15 % ročnej spotreby energie v Slovenskej republike, ktorá je približne 800 PJ.

Druh biomasy	Množstvo (tis. Ton)	Energetický potenciál (PJ)
Lesná dendromasa	1 810	16,9
Drevospracujúci priemysel	1 410	18,1
Poľnohospodárska biomasa na spaľovanie	2 031	28,6
Biomasa na výrobu uvedeného množstva biopalív	200	7,0
Výlisky a výpalky pri výrobe biopalív	400	8,4
Exkrementy poľnohospodárskych zvierat	13 700	9,3
Účelovo pestovaná biomasa na výrobu energie	300 tis. ha	32,0
Spolu		120,3

Tab.1 Energetický potenciál poľnohospodárskej biomasy

1.2 Výroba energie z biomasy

1.2.1 Spaľovanie biomasy

Spaľovanie biomasy je najbežnejším spôsobom jej energetického využitia. Je to metóda v praxi overená a komerčne dostupná na vysokej úrovni. Spaľovacie zariadenia sa dodávajú v rôznych prevedeniach a výkonoch, pričom sú schopné spaľovať prakticky akékoľvek palivo.

Vznikajúce teplo sa využíva na vykurovanie, v technologických procesoch alebo na výrobu elektrickej energie. Moderné spaľovacie systémy sú veľmi podobné tým, ktoré sa využívajú uhlia a vyznačujú sa účinnosťou spaľovania až 90%.

Spaľovací proces v dreve prebieha v niekoľkých fázach: voda vo vnútri dreva začne vriieť, z dreva sa postupne uvoľňuje plyn, pričom pre správne spaľovanie je potrebné, aby tento plyn horel a neunikal do komína, vznikajúci plyn sa mieša s atmosférickým vzduchom a horí pri vysokej teplote, zvyšok dreva (zväčša uhlík) horí tiež, pričom ako odpad vzniká popol.

Slama ako jedna z foriem poľnohospodárskej biomasy, je vhodným zdrojom energie pri výrobe tepla a v mnohých prípadoch je označovaná za odpadovú biomasu.

Na základe hektárových úrod biomasy a výmery jednotlivých poľnohospodárskych plodín, je možné stanoviť celoročnú produkciu jednotlivých druhov poľnohospodárskej slamnatej biomasy na spaľovanie. (Maga, J. Findura, P. Maga, F. 2010)

1.2.2 Splyňovanie biomasy

Splyňovanie je proces, pri ktorom vznikajú horľavé plyny (vodík, oxid uhoľnatý, metán) a niektoré nehorľavé produkty. Celý proces sa uskutočňuje pri nedokonalom (čiastočnom) horení a ohrievaní biomasy teplom vznikajúcim pri horení. Vznikajúca zmes plynov má vysokú energetickú hodnotu a môže sa použiť ako palivo na výrobu tepla, elektriny alebo na pohon motorových vozidiel. Motory vo vozidlách na tento druh paliva však majú nižší výkon asi o 40 % v porovnaní s benzínovým motorom.

Splyňovanie sa deje v kotly s obmedzeným prístupom vzduchu. Nedostatok kyslíka spôsobuje nedokonalé horenie. Pri úplnom horení uhl'ovodíkov (z ktorých sa skladá drevo) sa kyslík spája s uhlíkom, pričom vzniká CO_2 a voda H_2O .

Obmedzený prístup vzduchu ešte stále umožňuje mierne horenie a vzniká CO , ale vodík sa nespája len s kyslíkom za vzniku molekuly vody, ale uvoľňuje sa ako čistý plyn - H_2 . V tomto procese sa uvoľňujú aj iné zložky, napríklad uhlík, ktorý tvorí dym. Teplo vznikajúce pri nedokonalom spaľovaní sa využíva na to, aby sa porušovali väzby medzi uhl'ovodíkovými atómami. Vznikajúce uhlíkové a vodíkové atómy sa však spájajú s inými, pričom sa uvoľňuje teplo, ktoré udržuje celý proces bez potreby energie zvonku. Plyny, ktoré v tomto procese vzniknú, sa môžu využiť ako palivo. Ich zloženie je možné ovplyvniť konštrukciou splyňovacieho zariadenia (napr. je možné takto zvýšiť podiel produkovaného metánu). (Maga, J. Findura, P. Maga, F. 2010)

Zloženie plynov pri splyňovaní je uvedené v nasledujúcej tabuľke.

H ₂	18 – 20 %
CO	18 – 20 %
CH ₄	2 – 3 %
CO ₂	8 – 10 %
N ₂	47 – 54 %

Tab. 2 Zloženie plynov pri splyňovaní

1.2.3 Pyrolýza biomasy

Pyrolýza je jednoduchý a pravdepodobne najstarší spôsob úpravy biomasy na palivo vyššej kvality - tzv. drevné uhlie. Na jeho výrobu je okrem dreva možné využiť aj iné suroviny napr. slamu. Pyrolýza spočíva v zohrievaní biomasy (ktorá je často rozdrvená a dodávaná do reaktora) v neprítomnosti vzduchu na teplotu 300 - 500 st. Celzia, až do doby pokiaľ všetky prchavé látky z nej neuniknú. Zvyšok - drevné uhlie je palivo, ktoré má takmer dvojnásobnú energetickú hustotu v porovnaní so vstupnou surovinou a navyše lepšie horí (horí pri vyššej teplote). V mnohých krajinách sveta sa dnes vyrába drevené uhlie pyrolýzou dreva. V závislosti na obsahu vlhkosti a účinnosti procesu je potrebných asi 4-10 ton dreva na výrobu jednej tony drevného uhlia.

Pyrolýza môže prebiehať aj v prítomnosti malého množstva vzduchu (splyňovanie), vody (parné splyňovanie) alebo vodíka (hydrogenácia). Nielen drevné uhlie, ale aj iné produkty pyrolýzy majú značný energetický význam.

Moderné pyrolytické systémy sú schopné zhromažďovať prchavé produkty vznikajúce pri tomto procese. Jedným z veľmi užitočných produktov môže byť napr. metán, vhodný na výrobu elektriny v plynových turbínach.

Kvapalnú produkty pyrolýzy majú potenciál podobný ropu avšak obsahujú niektoré kyseliny, a musia byť preto pred použitím upravené.

Rýchla pyrolýza dreva pri teplote 800-900 st. Celzia vedie k produkcii len 10% drevného uhlia a až 60% materiálu sa mení na energeticky hodnotné palivo - plyn bohatý na vodík a oxid uhoľnatý.

Tým sa rýchla pyrolýza stáva aj konkurentom bežnému splyňovaciemu procesu, avšak na rozdiel od splyňovania nie je v súčasnosti dostupná na komerčnej úrovni.

V súčasnosti je pyrolýza považovaná za príťažlivú technológiu. Súvisí to aj s tým, že prebieha pri relatívne nízkych teplotách, čo vedie k nižšej emisii potenciálnych škodlivín v porovnaní s úplným spaľovaním biomasy. Nižšie emisie pri tomto procese viedli aj k pokusom o pyrolýzu takých materiálov ako sú plasty alebo pneumatiky. (Maga, J. Findura, P. Maga, F. 2010)

1.3 Charakteristika vybraných zdrojov tepla na spaľovanie biomasy

Využívanie biomasy z energetického hľadiska je veľmi rôznorodé pri výrobe tepla a taktiež aj pri výrobe elektriny resp. kombinovane výrobe. Na Slovensku je biomasa pri výrobe tepla alebo pri kombinovanej výrobe využívaná predovšetkým formou priameho spaľovania najmä drevnej biomasy v rôzne konštruovaných kotlových útvaroch. Biomasa na tento účel je využívaná vo forme :

- kusového dreva (malé kotle s výkonom do 100 kW),
- drevnej štiepky (kotle s výkonom 300 kW a vyššie),
- drevných brikiet (kotle menších výkonov do 250 kW),
- drevných peliet (kotle v intervale výkonov 10 až 2500 kW),
- kôry (kotle od 1 MW a vyššie),
- pilín a iného drevného odpadu (prakticky kotle v celej výkonovej škále)

(Piszczalka, J. Maga, J. 2006)

1.3.1 Ušľachtilé tuhé palivá

Kusové drevo je palivové drevo na bezprostredné použitie. Pre dosiahnutie najoptimálnejších výhrevných parametrov by nemalo mať vyššiu vlhkosť ako 20% a po



vyťažení by malo byť naštiepané, skrátené a skladované jeden, alebo viac rokov pred jeho použitím. Pri zlom skladovaní dreva vzniká nebezpečenstvo napadnutia dreva plesňami a hnilobnými baktériami a tým dochádza k strate na vykurovacej hodnote dreva.

Obr.2 Kusové drevo

(Piszcalka, J. Maga, J. 2006)

Štiepky sú 2-4 cm dlhé kúsky dreva, ktoré sa vyrábajú štiepkovaním z drevných odpadov napr. tenčiny z preriedovania porastov alebo konárov. Štiepky sú odpadovým produktom drevárskeho priemyslu a ich energetické zužitkovanie sa stalo



v mnohých krajinách bežné. V Dánsku aj v Rakúsku existuje viacero väčších obecných kotolní spaľujúcich štiepky. Výhodou štiepkov je, že rýchlejšie schnú, a tiež umožňujú automatickú prevádzku kotlov pri použití zásobníka a dopravníka paliva.

Obr. 3 Štiepky

(Piszcalka, J. Maga, J. 2006)

Brikety sú valcovité telesá s dĺžkou asi 15-25 cm vyrobené z odpadovej biomasy drtením, sušením a lisovaním bez akýchkoľvek chemických prísad. Lisovaním sa dosahuje vysoká hustota (1200 kg/m³), čo je dôležité pre objemovú minimalizáciu



paliva. Vysoká výhrevnosť (19 MJ/kg) je zárukou nízkych nákladov na vykurovanie. Nízka popolnosť (0,5%), neobmedzená skladovateľnosť, bezprašnosť a jednoduchá manipulácia sú vlastnosti, ktoré tomuto palivu dávajú špičkové parametre.

Obr. 4 Brikety

(Piszcalka, J. Maga, J. 2006)



Pelety sú relatívne novou formou drevného paliva, ktoré umožnilo kotlom spaľujúcim biomasu ich čiastočnú alebo úplne automatickú prevádzku. Peleta je názov pre granulu kruhového prierezu s priemerom okolo 6-8 mm a dĺžkou 10-30 mm. Pelety sú vyrobené výhradne z odpadového

Obr. 5 Pelety

materiálu ako sú piliny alebo hobliny bez akýchkoľvek

chemických prísad. Lisovaním pod vysokým tlakom sa dosahuje vysoká hustota paliva. Ich veľkou výhodou je, že majú nízky obsah vlhkosti - asi 8 až 10 %. Relatívne vysoká hustota materiálu (min. 650 kg.m^{-3}) znamená aj vysokú energetickú hustotu - až 20 MJ/kg. Týmito parametrami sa pelety vyrovnajú uhlíu.

(Piszcalka, J. Maga, J. 2006)

1.4 Konštrukčné riešenie spaľovacích zariadení na biomasu

Spaľovanie biomasy v malých a stredných zdrojoch tepla prebieha najčastejšie na roštach s prívodom spaľovacieho vzduchu roštom prípadne ďalšími nad roštom upravenými prívodmi. Pre malé výkony rádovo desiatok kW ide o rošty pevné s ručným alebo mechanickým prikladáním paliva a odstraňovaním popola, napr. kachle na kusové palivo alebo lisované brikety, krbové kachle, a i. Periodické, nerovnomerné prikladanie paliva má za následok nerovnomernú spotrebu vzduchu s negatívnym dopadom na kvalitu spaľovania pri vzniku emisií CO a vyššieho nedopalu v popole.

Negatívne vplyvy periodického prívodu paliva sa prejavujú tiež aj u zariadení stredných výkonov, kde po doplnení zásobníkov biomasy v niekoľkominútových intervaloch sa otvorením uzáveru nasype palivo na pohyblivý rošt.

Súčasná zariadenia sú preto konštruované s kontinuálnym dávkovaním biopaliva do spaľovacieho alebo splyňovacieho priestoru s cieľom vylúčiť uvedené nerovnomernosti, a to z pravidla dopravnými závitovkami do priestoru pod, príp. nad rošt ohniska.

U zariadení stredných výkonov je tvar pevného roštu prispôsobený tak typu upraveného paliva, napr. s kruhovým stredovým otvorom.

Väčšina malých kotlov na drevo je vybavená zásobníkom a palivo do kotla je potrebné dodávať ručne.

Na trhu však existujú aj kotly s automatickým podávaním paliva, ktorým sú zvyčajne drevné štiepky alebo pelety, pričom palivo sa skladuje v osobitnom priestore. Automatické kotly si regulujú dodávku paliva samostatne s ohľadom na spotrebu domu.

V prípade väčších kotlov na drevo vykurujúcich objekty sú napr. poľnohospodárske farmy, sú úspory na energii zvyčajne dostatočné nato, aby bol inštalovaný automatický zásobník s podávačom dreva. (Vitázek, I. 2006)

1.4.1 Kotly s prehorievaním paliva

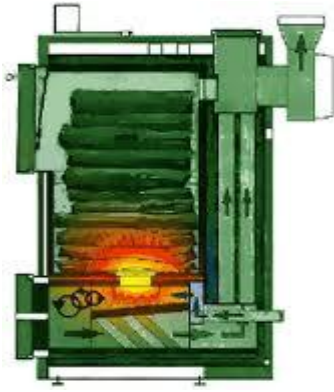
Najjednoduchšie kotly na drevo sú prehorievacie kotly. Ich usporiadanie je tvorené tak, že vzduch vstupuje zospodu kotla a prechádza hore cez palivo. V tomto prípade drevo prehorieva veľmi rýchlo a horľavé plyny nezhoria úplne čo je spôsobené nízkou relatívnou teplotou kotla. Väčšina plynov uniká do komína a tiež spoločne s nimi aj užitočná energia. Tieto kotly sa na spaľovanie dreva nehodia pretože ich účinnosť je relatívne nízka – približne 50 %. (Vitázek, I. 2006)



Obr. 6 Kotel s prehorievaním paliva

1.4.2 Kotly so spodným horením paliva

Kotly so spodným horením paliva sa odlišujú od kotlov s prehorievaním paliva tým, že vzduch sa neprivádza naraz k celému objemu paliva, ale len k jeho časti pričom



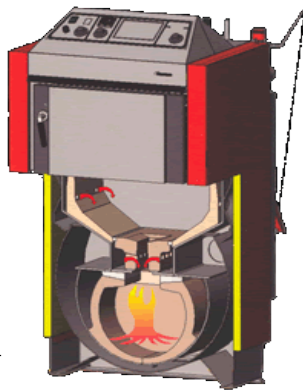
horí len jeho spodná vrstva dreva. Zostatok dreva sa postupne vysušuje a pomaly sa z neho uvoľňujú plyny. Privedením dodatočného vzduchu priamo do plameňa nastáva horenie plynov. V moderných kotloch tohto typu je spaľovacia komora vyrobená z keramiky, ktorá je dobrým izolátorom a zadržiava teplo vo vnútri komory. Tým sa dosahuje vysoká teplota spaľovania a účinnejšie horenie. Účinnosť kotlov so spodným horením je 65 – 75 %.

Obr. 7 Kotel so spodným horením paliva

(Vitázek, I. 2006)

1.4.3 Kotly so splyňovaním dreva

Splyňovacie kotly sú konštruované tak, aby horenie paliva zapríčinilo pyrolytickú destiláciu, pri ktorej sa všetky spáliteľné zložky paliva splyňujú. Takto riadený systém



spaľovania zaisťuje vysokú účinnosť – až 90%. Výkon kotla je možné plynule regulovať od 40 % do 100%, niekedy aj nižšie. Spaľovací priestor vrát ne dýzy je vyrobený zo žiaruvzdorných keramických materiálov. Riadenie prevádzky kotla je zabezpečené elektronickým regulátorom v závislosti od prevádzkovej teploty a jej predvoľbu, čo umožňuje automatickú bezobslužnú prevádzku kotla.

Orb. 8 Kotel so splyňovaním paliva

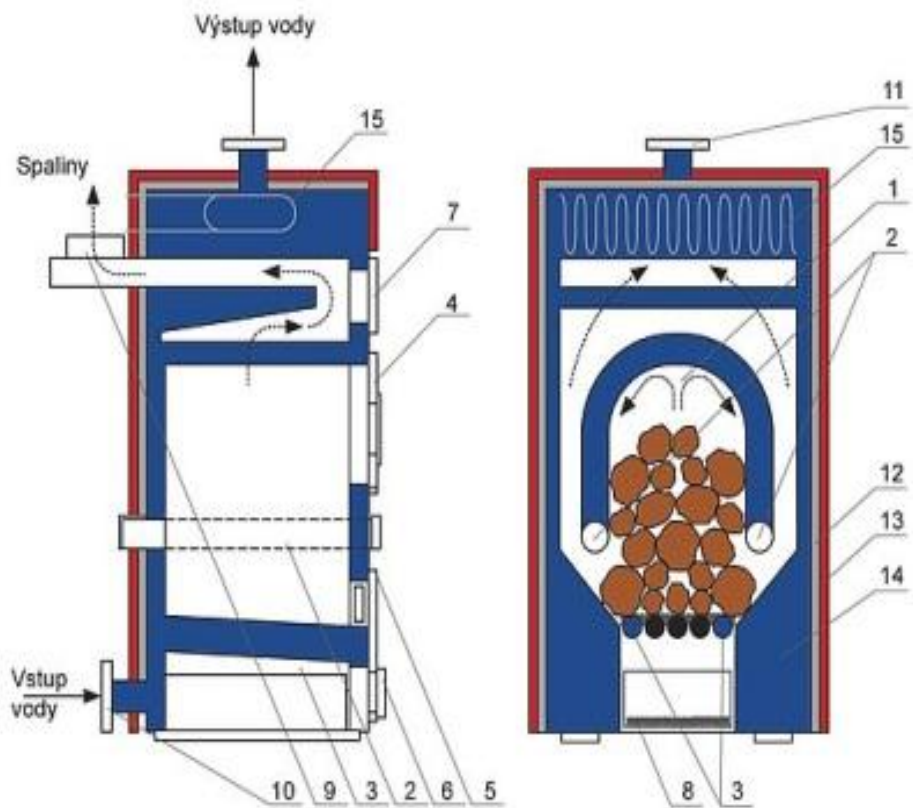
Spaľovanie sa uskutočňuje procesom, ktorý ma tri stupne :

1. stupeň – vysušanie a splyňovanie drevnej hmoty
2. stupeň – horenie drevného plynu v tryske s prívodom predhriateho sekundárneho vzduchu
3. stupeň – dohorievanie v nechladenom spaľovacom priestore.

Výkon kotla je regulovaný privretím klapiek alebo reguláciou otáčok ventilátora. Automatizácia splyňovacích kotlov je na vysokej úrovni, preto nároky na obsluhu sú minimálne. Obsah násypky vystačí na 8 – 12 hodín prevádzky pri strednom výkone. Väčšina splyňovacích kotlov tiež umožňuje prevádzku v „tepelnej rezerve“, keď kotol vydrží v útlme 24 hod. bez obsluhy. Popol sa odstraňuje raz za 3 – 5 dní. Pri automatickej prevádzke s dodávaním paliva zo zásobníka kotol pracuje bezobslužne. Útlmový režim zaisťuje požadovanú dodávku tepla počas denných a aj nočných hodín. Kotly sú stanovené na montáž do systému s núteným obehom aj samotiažnou cirkuláciou, čím za určitých podmienok je možné ich použiť aj do rekonštruovaných vykurovacích sústav. Kotol obvykle musí mať samostatný komín, dostatočne tepelne izolovaný.

V splyňovacích kotloch je možné spaľovať suchú drevnú hmotu od štiepok cez polená o dĺžke 50cm a viac a priemerom 30 cm až po drevené brikety a pelety. Kotly na drevné štiepky sa používajú predovšetkým v zdrojoch tepla s vyššími tepelnými výkonmi. (Vitázek, I. 2006)

Schéma kotla na palivové drevo (www.istavebnictvo.sk)



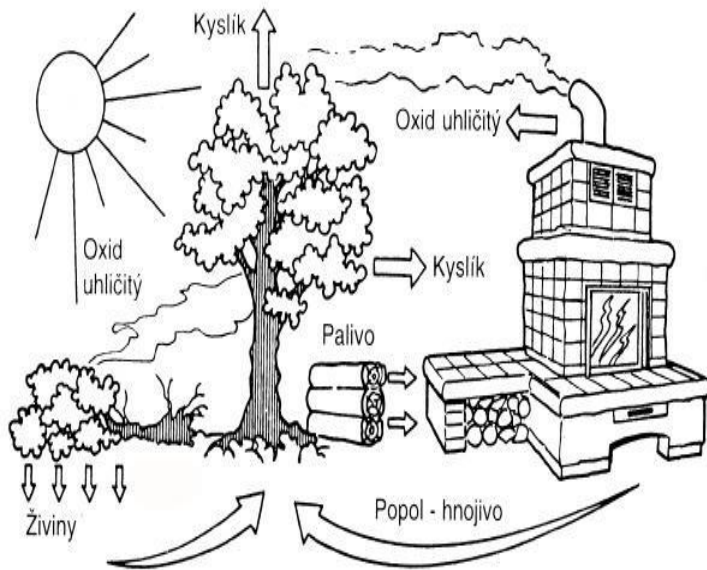
Obr. 9 Schéma kotla na palivové drevo

Legenda :

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1. Spaľovacia komora | 9. Vývod spalín do komína |
| 2. Prívod sekundárneho vzduchu | 10. Prívod vratnej vody do kotla |
| 3. Vodou chladený rošt | 11. Vývod vykurovacej vody z kotla |
| 4. Príložné dvierka | 12. Tepelná izolácia kotla |
| 5. Čistiace dvierka | 13. Oplechovanie kotla |
| 6. Dvierka pre prívod a reguláciu primárneho vzduchu | |
| 7. Dvierka pre čistenie kotla | 14. Modrá farba označuje vodu v kotly |
| 8. Popolník | 15. Dochladzovacia slučka |

1.5 Emisie vznikajúce pri spaľovaní dreva

Spaľovaním dendromasy dochádza ku zníženiu emisií, hlavne síry, nie vždy celkového uhlíka. Spaľovanie v nevhodných zariadeniach a nedokonalé spaľovanie emisie zvyšuje. CO a NO_x môžeme eliminovať riadeným spaľovaním. Oxidy síry, tuhé častice, chlór, fluór a ťažké kovy vznikajú z nekvalitného paliva.



Ekologický prínos kúrenia drevnými alebo alternatívnymi peletami, prípadne kukuricou a pod. je nespochybniteľné. Tieto palivá majú tzv. nulovú bilanciu CO₂. To znamená, že CO₂ vzniknuté pri spaľovaní zodpovedá množstvu CO₂, ktoré rastliny alebo stromy absorbovali pri fotosyntéze. (Piszczalka, J. Maga, J. 2006)

Obr. 10 Vznik emisií v prírode

Kvantitatívne zastúpenie jednotlivých zložiek v suchých a vlhkých spalinách zo spaľovania vzduchosuchého dreva je uvedené v tab.:

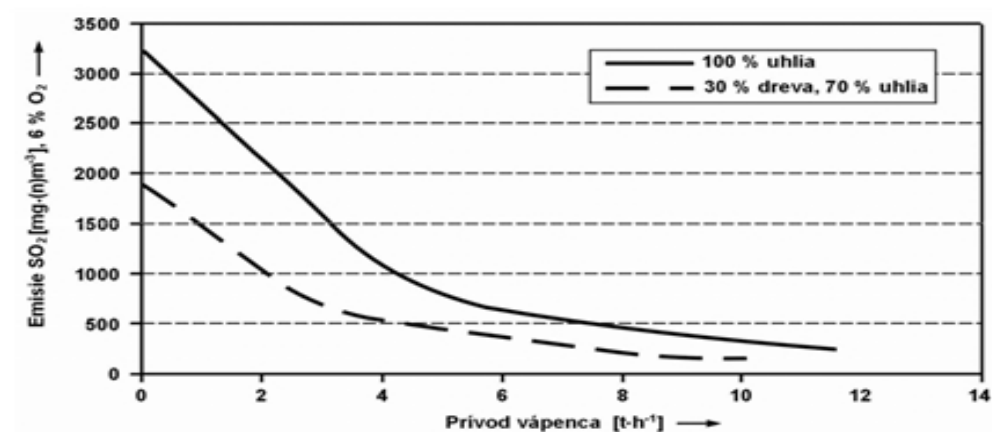
Spaliny	Chemické zloženie					Množstvo spalín [m _n ³ ·kg ⁻¹]
	CO ₂ [% obj.]	SO ₂ [% obj.]	H ₂ O [% obj.]	N ₂ [% obj.]	O ₂ [% obj.]	
Suché	9,45	-	-	79,54	11,0	7,79
Vlhké	8,55	-	9,55	71,90	10,0	8,62

Tab. 2 Výhrevnosť jednotlivých častí niektorých druhov dreva

1.6 Spaľovanie biomasy s fosílnymi palivami

Pri spolu spaľovaní uhlia a biomasy sú všetky primárne emisie nízke a merné emisie oxidu uhličitého sa úmerne znižujú so vstupom palivovej biomasy.

Prvoradým zámerom pri spolu spaľovaní biomasy, napríklad spoločne s uhlím alebo rašelinou, je zníženie emisií oxidu siričitého (SO_2) a oxidu uhličitého (CO_2). Vplyvom zámény primárneho fosílného paliva klesajú emisie *fosílného oxidu uhličitého*, zatiaľ čo oxid uhličitý, ktorý pochádza z biomasy sa považuje za neutrálny. Emisie oxidu uhličitého zo spaľovania biomasy sa totiž opäť stabilizuje keď biomasa rastie. Zníženie oxidu uhličitého je najčastejším argumentom v prospech spolu spaľovania biomasy aj za predpokladu, že by mohli narásť emisie do ovzduší z ostatných zložiek. (Jandačka, J. Mikulík, M. 2008)



Obr. 11 Vplyv spoluspaľovania drevnej biomasy (30%) a uhlia (70%) na produkciu oxidu siričitého (SO_2) v porovnaní so samostatným spaľovaním uhlia (100%).

1.7 Produkcia oxidov dusíka z procesu spaľovania biomasy

Pri charakterizovaní a hodnotení palív sa dnes okrem energetického ekonomického hľadiska čoraz viac presadzuje i hodnotenie palív z environmentálnych aspektov. Výsledky analýz spalín vznikajúcich spaľovaním dreva poukazuje na skutočnosť, že spaliny okrem hlavných produktov oxidácie uhlíka a vodíka, CO_2 a H_2O , obsahujú i alifatické a aromatické uhl'ovodíky, CO a oxidy dusíka.

Tieto poznatky evokujú potrebu upustiť od názorov tzv. ekologicky neškodnej výrobe tepla z dreva a drevných odpadov a nútia nás venovať sa vývoju a skvalitňovaniu technologických postupov spaľovania biomasy v kúreniskách tepelných generátorov. (Dzurenda, L. 2004)

Jednou z neželaných znečisťujúcich látok v spalinách zo spaľovania fyto­masy (drevo, kôra, ihličie, lístie) sú oxidy dusíka vznikajúce nízkoteplotnou oxidáciou dusíka viazaného v palive. Koncentrácie oxidov dusíka v spalinách vznikajúcich uvedenou cestou sú závislé na množstve dusíka nachádzajúcom sa v palive. Údaje o obsahu dusíka vo fyto­mase uvádzané v odbornej literatúre sú v značne širokom intervale $N = 0,04-2,3\%$. Základnými stavebnými prvkami fyto­masy je uhlík, vodík a kyslík (cca 95 – 98% v suchej hmote).

Spaľovanie dreva (kôry) s vlhkosťou nad 30% v kúreniskách tepelných generátorov prebieha pri teplotách 675 – 950 °C. Pri daných teplotných pomeroch v kúreniskách sa oxidy dusíka tvoria len formou nízkoteplotnej oxidácie dusíka viazaného v palive.

Hmotnostný tok oxidov dusíka v spalinách vyjadrené formou NO_2 z MW tepelného generátora prevádzkovaného pri tepelnej účinnosti 80% v závislosti spaľovanom palive (pri $w = 40\%$) je $m\text{NO} = 1,5-22,6 \text{ ton.rok}^{-1}$.

Pri spaľovaní kôry z ihličnatých drevín je hmotnostný tok $m\text{NO} = 16,7-22,6 \text{ ton.rok}^{-1}$ a listnatých drevín (buk lesný, dub zimný, agát bely) je $m\text{NO} = 23,6-52,7 \text{ ton.rok}^{-1}$. (Dzurenda, L. 2004)

2 Cieľ

Cieľom bakalárskej práce je charakteristika a porovnanie produkovaných emisií, zhodnotenie ekologickej situácie pri prevádzkovaní zdrojov tepla spaľujúcich biomasu a návrh spôsobu na sledovanie vybraných emisií ktoré produkujú. V práci sú spracované dostupné technické údaje z odbornej literatúry, internetu a následné porovnanie vybraných emisií vzniknutých spaľovaním biomasy s vyznačením údajov v grafickej podobe.

3 Metodika práce

Pri riešení problematiky bakalárskej práce „Možnosti sledovania produkcie emisií pri spaľovaní biomasy“ sme zvolili nasledovný rámcový postup metodiky práce:

1. Štúdium problematiky a sledovanie emisií pri spaľovaní biomasy.
2. Získanie literárnych a informačných zdrojov z danej problematiky.
3. Výber vhodných emisií produkovaných pri spaľovaní a ich vzájomné porovnanie.
4. Vzájomné porovnanie vybratých produkovaných emisií, ktoré vznikli spaľovaním biomasy.
5. Grafické spracovanie porovnávaných parametrov.
6. Zhodnotiť dosiahnuté výsledky práce.

4 Výsledky práce

Spaľovanie biomasy nie vždy znamená priame zníženie množstva produkovaných škodlivých emisií. Dôležitým faktorom je predovšetkým spôsob vedenia spaľovania, ktorý je daný spôsobom privádzania paliva.

4.1 Základné znečisťujúce látky zo spaľovania biomasy

Proces spaľovania dreva v roštových a pyrolytických kúreniskách spaľovacích zariadení je sprevádzaný produkciou nežiaducich sprievodných látok, emisií pozostávajúcich z:

- tuhých znečisťujúcich látok (TZL) ako je popolček a sadze,
- oxidu uhoľnatého (CO),
- oxidov dusíka (NO_x), najmä oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO₂), vyjadrených ako NO₂,
- organických látok, označovaných ako celkový organický uhlík (TOC).

(Jandačka, J. Mikulík, M. 2008)

Tuhé znečisťujúce látky

Z kúrenísk spaľovacích zariadení spaľujúcich pevné palivá, sú prúdom spalín odnášané pevné častice, tuhé znečisťujúce látky. Tuhé znečisťujúce látky (TZL) pozostávajú z anorganických látok (popolček) a organických látok (neprchavá horľavina) a sadze. TZL sú do spalín importované popolčekom, neprchavou horľavinou a sadzami. Popolček predstavuje jemné frakcie anorganického podielu paliva (popola) strhávané prúdom spalín z priestoru kúreniska. Množstvo unášaných častíc je závislé na zrnitosti paliva, obsahu popolovín v spaľovanom palive, geometrickom tvare kúreniska, aerodynamických podmienkach prúdenia spaľovacieho vzduchu a spalín v kúrenisku. Neprchavá horľavina predstavuje jemné frakcie nevyhorenej sypkej drevnej hmoty (drevené uhlie), ktoré sú spalínami zo spaľovacieho priestoru kúreniska unášané.

Sadze sú vlastne tuhým uhlíkom vylúčeným z plynných produktov dokonalej a nedokonalej oxidácie horľaviny pri náhlom poklese teploty plameňa v kúrenisku či teploty spalín v niektorých častiach výmenných plôch kotla. Ich množstvo je jednoznačne závislé od podmienok spaľovania paliva a stálosti teploty v spaľovacom priestore kúreniska.

Medzi tuhými palivami je na tom biomasa, z pohľadu obsahu popolovín, pomerne dobre, ale aj napriek tomu sa tak nedá hovoriť o biomase celkovo, pretože sú značné rozdiely medzi jednotlivými druhmi tuhej biomasy, najmä medzi dendromasou a fytomasou. Až na výnimky je obsah popolovín v sušine biomasy veľmi malý a u kvalitatívnych drevín sa pohybuje pod 1%. U bylín je obsah popolovín väčšinou okolo 4%. Oproti tomu sa podiel popoloviny v českom hnedom uhlí pohybuje od 10 po 40%. Popol z biomasy musí vznikáť v podstatne menšom množstve ako z uhlia.

Ďalším pozitívom biomasy je rádovo nižší podiel ťažkých kovov v palive, ktoré sa popolom a popolčekom odvádza.

Popol z biomasy obsahuje veľké množstvo alkalických kovov (Na, Ca, Mg, K a P), ktoré sú súčasťou rady minerálnych hnojív. Na odľučovanie či zachytávanie popolčeka zo spalín pred ich vypúšťaním do ovzdušia sa používajú odľučovacie zariadenia ako sú rôzne druhy filtrov, elektroodľučovače či cyklónové odľučovače. Najvyššiu účinnosť odľučovania popolčeka zo spalín majú elektroodľučovače a tkaninové filtre s účinnosťou 99,9%. Nižšiu účinnosť majú suché mechanické odľučovače a multicyklóny. (Jandačka, J. Mikulík, M. 2008)

Oxid uhoľnatý

Oxid uhoľnatý (CO) je bezfarebný, veľmi jedovatý, toxický plyn bez chuti a zápachu, neдрáždivý a ľahší ako vzduch. Má silné redukčné vlastnosti a vo vode je málo rozpustný.

Prudko sa zlučuje s kyslíkom $2 \text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2$

Horí modrastým plameňom a pri horení vzniká oxid uhličitý, pričom dochádza k uvoľňovaniu značného množstva tepla.

V prírode sa vyskytuje v nepatrnom množstve v atmosfére, kde vzniká predovšetkým fotolýzou oxidu uhličitého pri pôsobení ultrafialového žiarenia a tiež je obsiahnutý v sopečných plynch. V nepatrnom množstve vzniká aj metabolickými procesmi v živých organizmoch, a preto je obsiahnutý v stopových množstvách vo vydychovanom vzduchu z pľúc. V atmosfére je oxid uhoľnatý veľmi stabilný a oxidácia na oxid uhoľnatý vyžaduje niekoľko mesiacov až rokov. Pri antropogénnej činnosti vzniká ako produkt nedokonalého spaľovania fosílnych palív, ale aj biomasy, a to v mobilných aj stacionárnych zdrojoch. Koncentrácia oxidu uhoľnatého v spalinách zo spaľovacích zariadení spaľujúcich uhlíkaté palivo je závislá na dokonalosti procesu spaľovania paliva, t.j. na oxidácii uhlíka (C) na finálny produkt, oxid uhličitý (CO_2).

Medzi praktické príčiny produkcie oxidu uhoľnatého pri spaľovaní palív patria:

- nedokonalé premiešanie paliva s oxidačným činidlom a vytváranie zón v spaľovacom priestore kúreniska s nedostatkom kyslíka pre dokonalú oxidáciu uhlíka,
- nestabilita teplotných pomerov v spaľovacom priestore kúreniska a kolísanie teplôt v kúrenisku.

Emisný limit pre oxid uhoľnatý pre spaľovacie procesy je v porovnaní s ostatnými limitmi veľmi prísny. Dôvodom prísnosti tohto emisného limitu je nielen snaha o čo najvyššie využitie chemicky viazaného tepla v palive, ale predovšetkým docielenie nízkej produkcie emisií uhľovodíkov (C_xH_y), ktoré sú z veľkej časti karcinogénne, najmä vysokomolekulárne uhľovodíky. (Jandačka, J. Mikulík, M. 2008)

Oxidy dusíka

Významnými znečisťovateľmi ovzdušia z plyných oxidov dusíka sú oxid dusnatý a oxid dusičitý. Vznikajú z nich v ovzduší dusičnany, ktoré v zrážkovej vode padajú v podobe slabých kyselín na zem, pričom sa zároveň veľkou mierou podieľajú na tvorbe fotochemického smogu. Znamená to, že sú jedným z dôležitých znečisťovateľov ovzdušia z hľadiska kyslých dažďov. Oxidy dusíka sú charakteristické typickým čpavkovým zápachom, dráždia dýchacie cesty a vo vyšších koncentráciách pôsobia toxicky.

Z toho dôvodu sa v oblastiach postihnutých exhalátmi oxidov dusíka často vyskytujú akútne ochorenia dýchacích ciest. Krátkodobé pôsobenie (od 1 hod.) NO_2 v rozsahu koncentrácií od 47 do 140 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, môže spôsobovať zápaly pľúc a priedušiek. Pri koncentrácii 560 až 940 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ existuje veľká pravdepodobnosť smrteľnej dávky v dôsledku opuchu pľúc. Funkcionálne zmeny v pľúcach zdravých ľudí sa začínajú po desaťminútovej inhalácii NO_2 pri koncentrácii 1300 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Okrem toho v poslednej dobe existuje podozrenie, že oxidy dusíka pôsobia tiež karcinogénne. Oxidy dusíka vznikajú oxidáciou dusíka v závislosti na teplote plameňa, čo má vplyv aj na množstvo vznikajúcich oxidov dusíka.

Na celkovej produkcii sa podieľajú rôznou mierou tri mechanizmy vzniku, podľa ktorých sa rozlišujú tzv. termické, palivové a rýchle oxidy dusíka. Pri spaľovaní vlhkého a mokrého dreva s relatívnou vlhkosťou paliva nad 23% pri prebytku spaľovacieho vzduchu sa nevytvárajú podmienky pre tvorbu oxidov dusíka cestou vysokoteplotnej oxidácie dusíka, ani na tvorbu okamžitých oxidov dusíka. Oxidy dusíka v procese spaľovania vlhkého dreva a kôry v kúreniskách tepelných generátorov sa tvoria len cestou nízko-teplotnej oxidácie časti viazaného dusíka v palive.

Ich produkcia je závislá od množstva dusíka nachádzajúceho sa v palive a podielu transformujúceho sa palivového dusíka v palive na emisie. Na tvorbu palivových oxidov dusíka majú vplyv dusíkaté zlúčeniny. Výrazný podiel majú tieto oxidy dusíka hlavne pri spaľovaní hnedého uhlia a biomasy, kde sa nedosahuje príliš vysokých teplôt (1200 až 1300°C).

Nad teplotou 900°C je produkcia palivových oxidov dusíka prakticky nezávislá na teplote, avšak výrazne závislá je na koncentrácii kyslíka v zóne plameňa (možná oblasť pre obmedzenie tvorby oxidov dusíka). Vzhľadom k tomu, že obsah dusíka v dreve a kôre jednotlivých drevín nie je rovnaký, ani koncentrácie oxidov dusíka v spalinách, ani produkcia oxidov dusíka do atmosféry zo spaľovania dreva a kôry jednotlivých drevín, nebudú rovnaké. Hodnoty koncentrácie oxidov dusíka v spalinách z procesu spaľovania vlhkého dreva, s priemernou vlhkosťou vyššou ako 30%, v roštových kúreniskách sú nižšie než je hodnota emisného limitu $k = 650 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ pre spaľovanie fytohmoty tak na Slovensku, ako aj vo viacerých krajinách európskej únie. (Jandačka, J. Mikulík, M. 2008)

Organický uhlík

Spaľovanie dreva a inej organickej hmoty rastlinného pôvodu je špecifické tým, že sa v procese spaľovania uvoľňuje vysoký podiel prchavej horľaviny, ktorej úplná oxidácia si vyžaduje vytvorenie špecifických podmienok v spaľovacom priestore kúreniska. Súčasný stav techniky pre spaľovanie dendromasy nevytvára podmienky pre úplnú oxidáciu horľaviny paliva vo všetkých prevádzkových stavoch procesu spaľovania dreva v kotloch. Analýzami spalín zo spaľovania dreva boli v spalinách identifikované chemické zlúčeniny obsahujúce organický uhlík ako formaldehyd, fenol, dibenzofuran, benzén, toluén, etylbenzén, styrén, naftalen, inden, acetnaftylén, fluoren, fenantren, antracén, pyrén, benzo-antracén, chryzén, benzo(a)pyren, dibenzo(a,h)antracén. Priemerná hodnota koncentrácií chemických zlúčenín obsahujúcich organický uhlík v spalinách z kotlov malých výkonov nie je mimoriadne vysoká. Pre životné prostredie sú uvedené emisie o to škodlivejšie, pretože obsahujú aldehydy a vysokomolekulárne uhľovodíky. Negatívom aldehydov je, že v atmosfére podliehajú fotodisociácii a stávajú sa zdrojom voľných radikálov v ovzduší.

Pre spaľovacie zariadenia spaľujúce drevo, drevný odpad a inú hmotu rastlinného pôvodu, je stanovený emisný limit organické látky, označovaný ako celkový organický uhlík C.

Spaľovanie dendromasy prispieva určite k nižšej produkcii emisií v porovnaní s fosílnymi palivami. Najvýznamnejšie sa to prejavuje u emisií síry, menej priaznivo u plynných organických látok vyjadrených ako celkový uhlík (TOC). Spaľovanie dendromasy v nevhodných kúreniskách alebo nevhodným spôsobom, teda nedokonalým spaľovaním, môže viesť k podstatnému nárastu produkcie emisií. Vznik niektorých škodlivých látok je možné eliminovať riadením spaľovacieho procesu (CO, NO_x).

Vznik skupiny škodlivých látok (oxidy síry, tuhé častice, chlór, fluór, ťažké kovy) nie je možné eliminovať, alebo obmedziť, riadením spaľovacieho procesu, pretože ich produkcia a množstvo vyplýva z kvality a zloženia paliva. (Jandačka, J. Mikulík, M. 2008)

4.2 Zásady správneho spaľovania

Používanie zariadení spaľujúcich biomasu musí minimalizovať škodlivé emisie, vznikajúce pri procese spaľovania (oxid uhoľnatý, oxidy dusíka, tuhé znečisťujúce látky atď.). Väčšie zariadenia tohto druhu by nemali byť umiestňované do oblastí s vysokým znečistením ovzdušia.

4.2.1 Požiadavky na účinné spaľovanie

- dostatočný prívod vzduchu (prebytok vzduchu $\lambda = 1,5$ až $2,5$),
- nízka vlhkosť paliva (10 až 20 %),
- dostatočne vysoké teploty spaľovania (800 až 900 °C),
- stabilita teplotných pomerov v kotly (akumulačná výmurovka, nízke tepelné straty),
- stabilita tlakových pomerov v kotly (vhodné dimenzovanie spalínovej cesty) ,
- konštantné prevádzkové podmienky.

4.2.2 Nedodržanie zásad správneho spaľovania

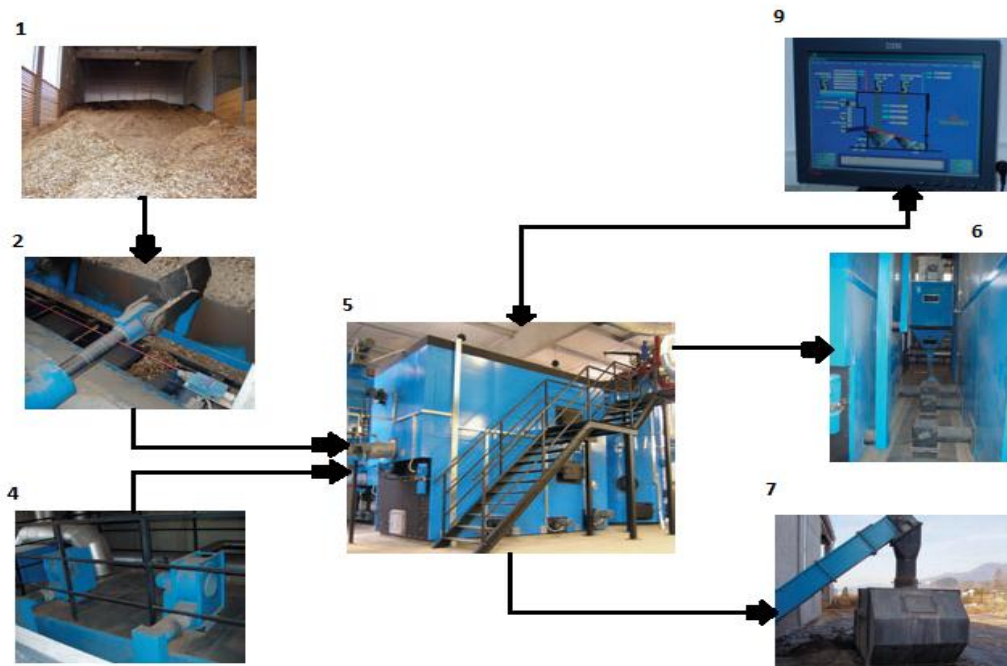
- biopalivo s nevhodnými vlastnosťami (vysoká vlhkosť),
- nevhodný zdroj (napr. kotol na uhlie použitý na spaľovanie dreva), bez regulácie výkonu.

4.2.3 Výsledok

- nízka účinnosť,
- krátka životnosť kotla,
- vysoké emisie znečisťujúcich látok.

4.3 Zostava technologického zariadenia na spaľovanie biomasy

Pre správnu funkciu technologického zariadenia na spaľovanie biomasy musí okrem vlastnej spaľovacej časti zariadenia a výmenníka tepla zaradiť do technologického celku aj príprava paliva, jeho skladovanie a doprava, odstraňovanie popola a čistenie spalín



Obr. 12 Zostava zariadenia na spaľovanie biomasy

Legenda :

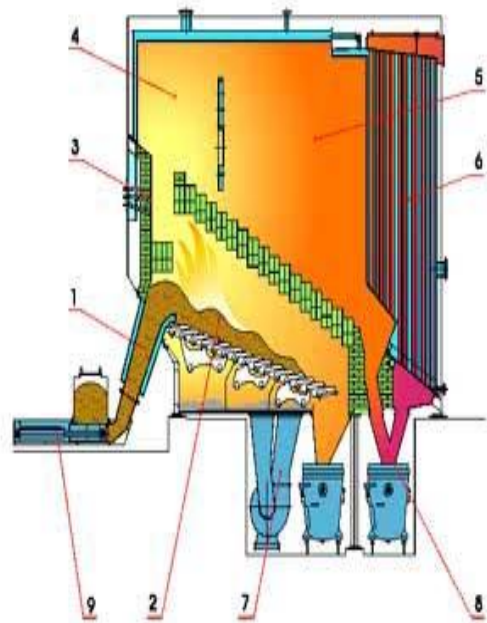
1.Silo alebo sklad paliva, **2.**Transportný dopravný systém, **3.**Zariadenie na plnenie paliva do spaľovacej komory, **4.**Ventilátory (primárny, sekundárny, terciálny, spalinový), **5.**Kotol so spaľovacou komorou, **6.**Filtračné zariadenie – multicyklón **7.**Automatický výhrab popola, **8.**Komín, **9.**Riadiaci systém
(www.herz-sk.sk)

4.4 Príklady kotlov na spaľovanie biomasy

Kotol Vesko – B

Legenda :

1. Vstupný tunel	6. Rúrkový výmenník
2. Rošt	7. Primárny ventilátor
3. Sekundárny vzduch	8. Výpad popola
4. Vírová komora	9. Zavážací lis
5. Dohorievacia komora	



Obr. 13 Schéma kotla VESKO - B

Kotol je konštruovaný tak, že je schopný spaľovať drevný odpad, odrezky, kôru, piliny, slamu, štiepky i ojedinelé kusy dreva s max priemerom 100 mm a dĺžkou 500mm. Parametre kotla sú dimenzované na vlhkosť 50 %, ale bez problémov spáli aj palivo s vlhkosťou 70%.

Kotol Vesko – B sa skladá z ohniska a výmenníkovej časti. Samostatné ohnisko sa skladá zo zvarenej skrine, ktorá plní funkciu nosnej konštrukcie, zabezpečuje rozvody spaľovacích vzduchov a podiera rošt. Palivo je spaľované na šikmom rošte, ktorý je posuvný a ovládaný hydraulicky. Primárny vzduch je vháňaný v troch pásmach pod rošt a sekundárny vzduch je privádzaný tryskami. Roštová komora má výmurovku a je krytá keramikou klenbou. Výmenníková časť sa skladá z vírovej komory, dohorievacej komory a rúrkového výmenníka. Popol je odvádzaný do kontajnerov. Palivo je do kotla dopravované pomocou hydraulického zavážacieho lisu.

Hydraulický dopravník paliva v tomto konštrukčnom prevedení má veľkú výhodu oproti závitovkovému dopravníku, a to v tom, že kotlom môže prejsť i kus dreva, kameň či tehla. Pred vstupom štiepky na spaľovací rošt dochádza k jej prerušeniu vo vyhrievanom tuneli.

Prevádzkový zásobník je plnený pomocou hydraulického nakladača zo skládky štiepky. Spaliny sú odvádzané pomocou spalínového ventilátora cez vírový odlučovač do komína. (Vitázek, I. 2009)

Kotol Atmos – GS. Majú celokeramické ohnisko, kde dochádza k vyhoreniu paliva pri minime emisií. Kotol zaisťuje predsušenie paliva s následným splyňovaním pri vyššej teplote. Výhodou kotla je, že predohriaty primárny vzduch je privádzaný tesne nad hubicu, a tak nedochádza k horeniu väčšieho množstva paliva naraz, k odplyneniu celej násypky a kolísaniu výkonu. Rovnomerné rozdelenie prívodu silno prehriateho primárneho vzduchu po oboch stranách zaisťuje, že splyňuje iba nevyhnutné množstvo paliva. Toto usporiadanie zaisťuje lepšie splyňovanie štiepkov a dreveného odpadu.

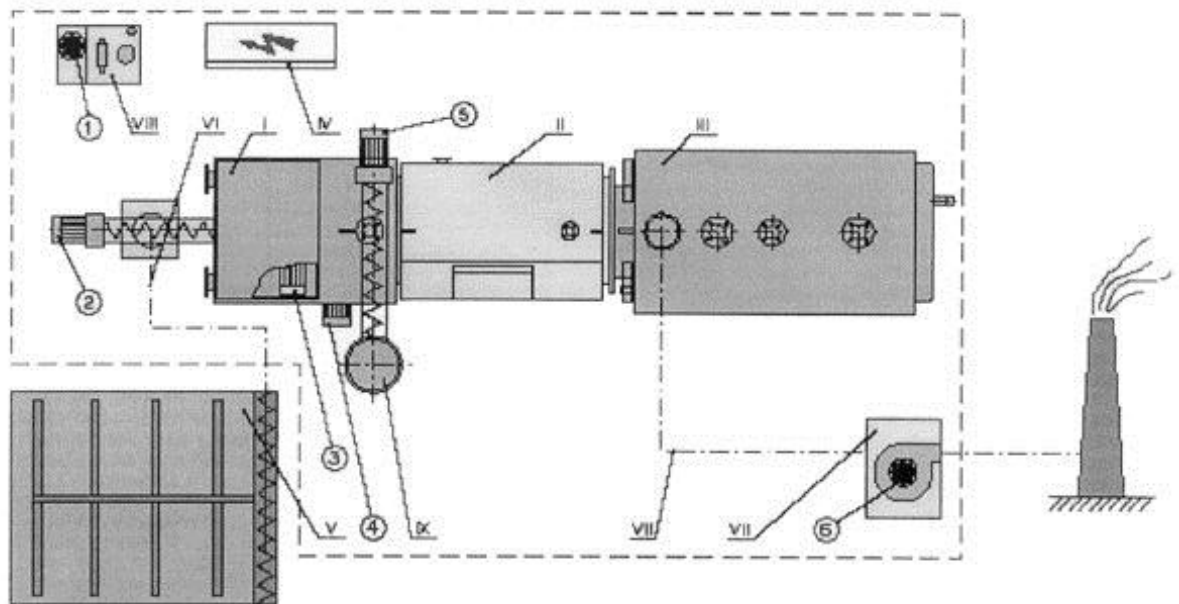


Sekundárny vzduch, ktorý privádza do hubice na splyňovanie, je tiež predohrievaný na vysokú teplotu. Ako výmenník je použitý zadný dymový kanál. Nedochádza tak k ochladzovaniu plameňa a dôjde k maximálneho zhoreniu spáliteľných látok. Spodný spaľovací priestor je obložený keramikou, na ktorej dochádza k dohoreniu plameňa a všetkých ohorkov, ktoré prepadnú dolu. Ďalšou novinkou je odťahový ventilátor spalín.

Obr. 14 Kotol ATMOS - GS

(Vitázek, I. 2005)

Schéma spaľovne je uvedená na obr. 15.



Obr. 15 Schéma spaľovne

Legenda :

- | | |
|----------------------------|---|
| I – horák | 1. pohon |
| II - dohorievacia komora | 2. pohon prikladacieho šneku |
| III – výmenník | 3. pohon ventilátoru spaľovacieho vzduchu |
| IV - riadiaca jednotka | 4. pohon drtiča popola |
| V - zásobník paliva | 5. pohon dopravníka popola |
| VI - dopravné cesty | 6. pohon spalínového popolníka |
| VII - dymovody a filtrácia | |
| VIII - hydraulický agregát | |
| IX – popolník | |

4.5 Príklady a charakteristika meracích prístrojov

Pomocou prístroja **TESTO 330** je možné merať okamžitý stav a zloženie spalín rôznych palív. Umožňuje meranie CO, CO₂, NO, NO_x, O₂, prebytku vzduchu, relatívnej vlhkosti



spalín, teploty spalín, teploty vonkajšieho vzduchu a ďalších veličín. Výhodou tohto prístroja je okamžité vyhodnotenie nameraných hodnôt a možnosť uloženia nameraných hodnôt do vstavanej pamäte prístroja. Prístroj je ľahko prenosný a snímače sa kalibrujú automaticky počas celej svojej životnosti. (Vitáček, I. Tirol, J. 2009)

Obr. 16 Merací prístroj TESTO 330



Obr.17 Displej meracieho prístroja TESTO 330



Obr. 18 Miesto merania

TESTO 340 je ručný merací prístroj pre analýzu spalín v priemysle s jedinečným rozšírením meracieho rozsahu, ktorý poskytuje neobmedzenú možnosť merania aj pri vysokých koncentráciách.

Tento analyzátor spalín môže obsahovať až 4 meracie senzory. TESTO 340 je štandardne osadený senzorom O₂ a ďalšie 3 senzory sa volia z CO, COlow, NO, NOlow, NO₂ alebo SO₂ užívateľom. Toto zaručuje najvyššiu flexibilitu a možnosti jeho prispôsobenia na rozličné aplikácie a požiadavky merania. Podľa aplikácie si užívateľ môže voľiť senzory pre vysoké koncentrácie, kde sa dá zvoliť jedinečné zried'ovanie,



napr. CO zložky až do koncentrácie 50 000 ppm alebo naopak využiť senzory s malým meracím rozsahom CO do 500 ppm pre kritické merania.

Veľkou prednosťou analyzátoru je, že senzory sa dajú meniť užívateľom priamo na mieste merania. Predkalibrované senzory s výmenou typu plug and play pre väčšinu aplikácií minimalizujú potrebu kalibračných plynov alebo pre dosiahnutie najvyššej presnosti je možné jednoducho vykonať kalibráciu pomocou plynov.

Obr. 19 Merací prístroj TESTO 340

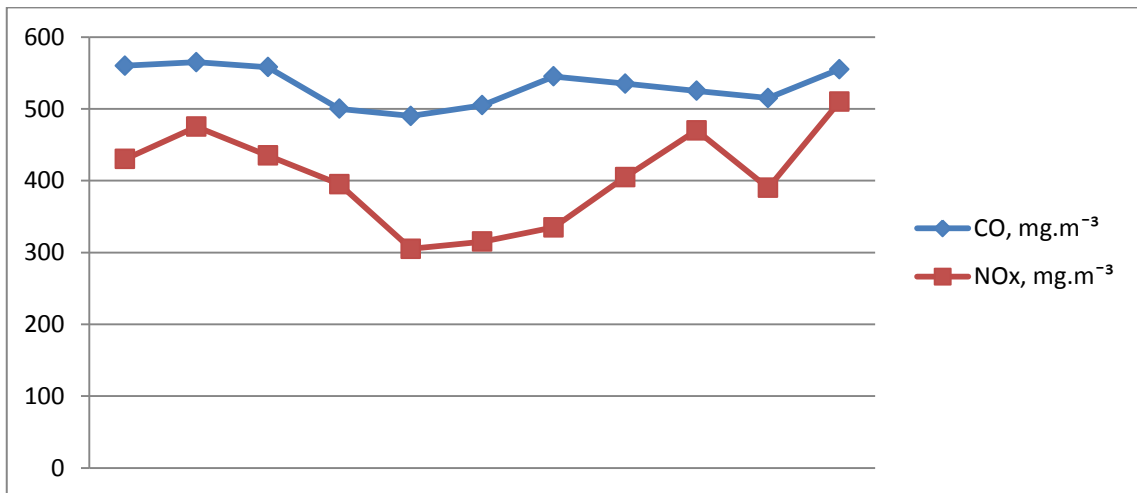
Analyzátor spalín TESTO 340 je určený na :

- každodenné merania a analýzu spalín,
- nastavovanie horákov, kotlov a ostatných tepelných zariadení,
- priemyselné meranie emisií.

Umožňuje rýchle nastavenie alebo kontrolné emisné meranie priemyselných horákov, na stacionárnych blokoch tepelných motorov, plynových turbín alebo kogeneračných agregátov či v tepelných procesoch. Využitie nájdú aj v procesoch pri spúšťaní tepelných zdrojov, kde sa možné vysoké koncentrácie CO dajú merať pomocou funkcie zried'ovania CO a rozšírením meracieho rozsahu až do 50 000 ppm. (www.industry-central.eu)

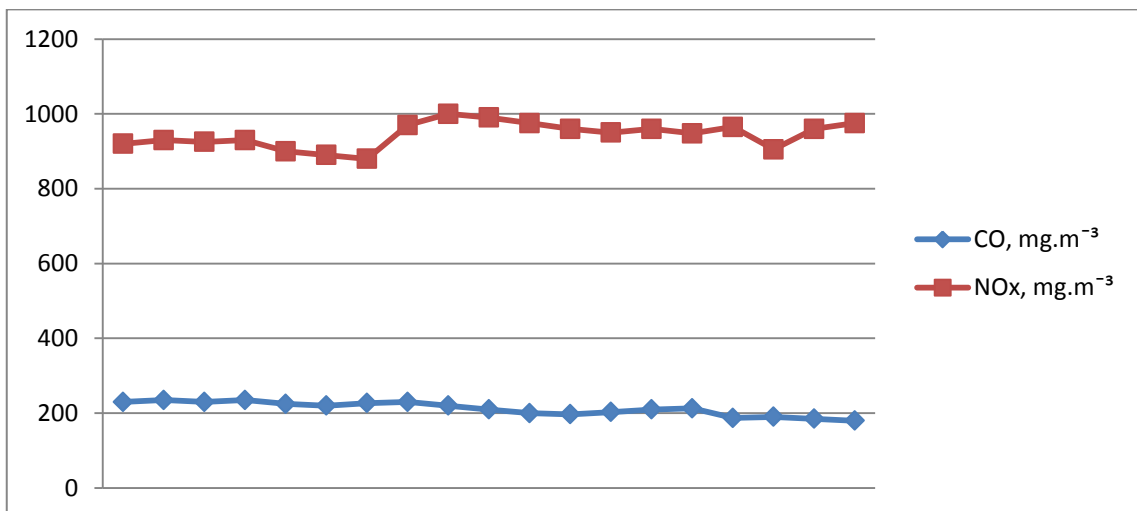
4.6 Priebeh obsahu emisií CO a NO_x v spalinách vznikajúcich horením vytipovaných druhov biomasy

Drevná štiepka



Graf. 1 Priebeh obsahu CO a NO_x v spalinách, ktoré vznikajú horením biomasy

Pšenica



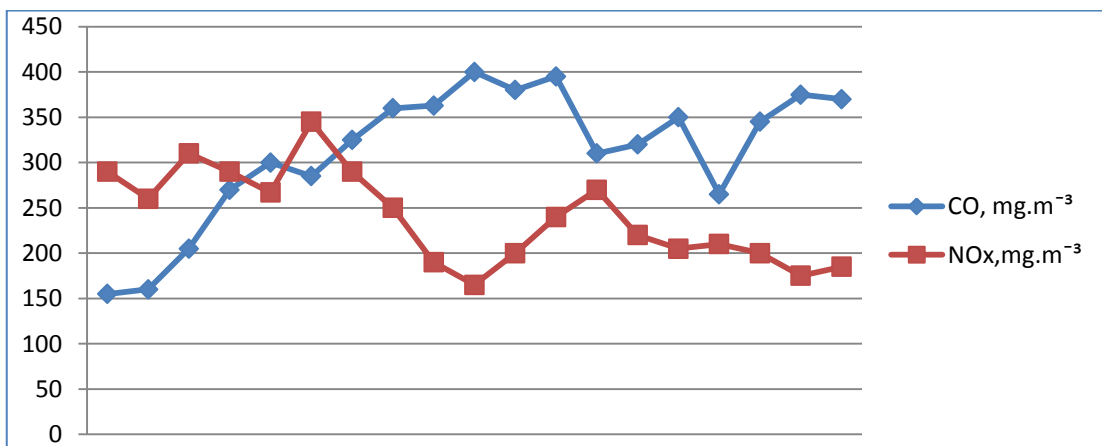
Graf. 2 Priebeh obsahu CO a NO_x v spalinách, ktoré vznikajú horením biomasy

Slama

		Limity platné v SR
Oxid uhoľnatý CO	600 mg.m ⁻³	650 mg.m ⁻³
Oxid dusíka NOx	600 mg.m ⁻³	650 mg.m ⁻³
TZL - bez elektrofiltra	250 mg.m ⁻³	250 mg.m ⁻³
TZL – s elektrofiltrom	<50 mg.m ⁻³	
Suma uhl'ovodíkov CxHy	50 mg.m ⁻³	50 mg.m ⁻³
Oxid siričitý SO ₂	200 mg.m ⁻³	200 mg.m ⁻³

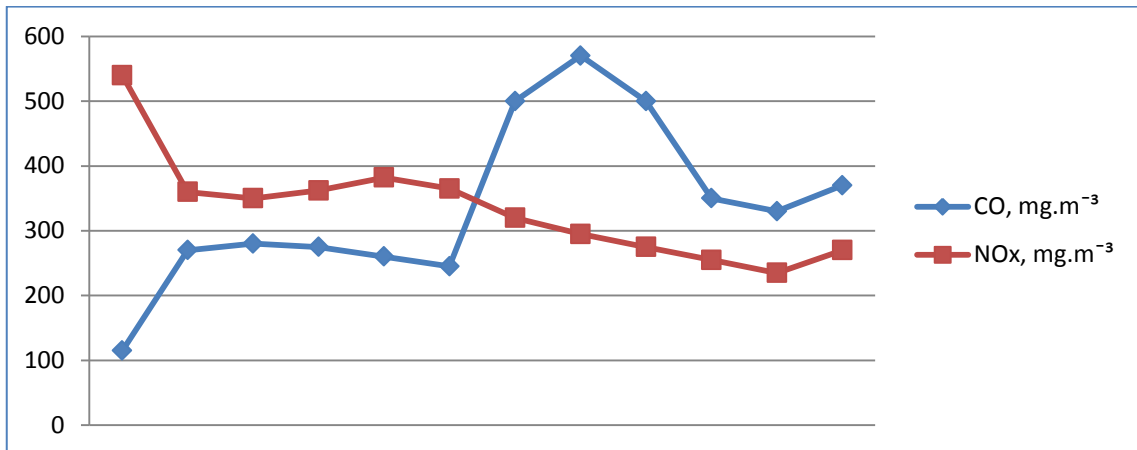
Tab. 3 Obsah CO, NOx a SO₂ v spalinách, ktoré vznikajú spaľovaním biomasy

Čistiarenský odpad z rečky



Graf. 3 Priebeh obsahu CO a NOx v spalinách, ktoré vznikajú horením biomasy

Piliny

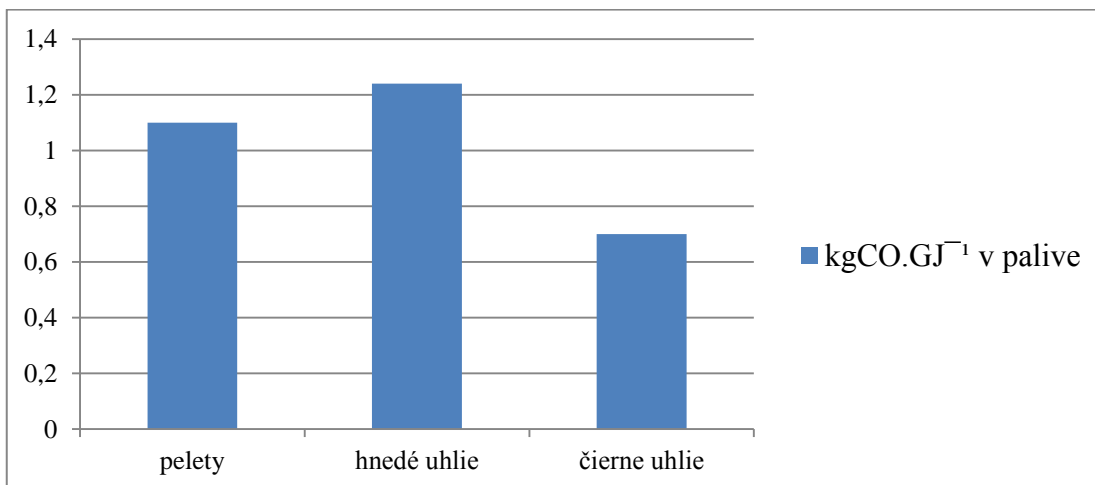


Graf. 4 Priebeh obsahu CO a NO_x v spalinách, ktoré vznikajú horením biomasy

Z uvedených grafov vyplýva, že namerané hodnoty emisií CO a NO_x, okrem emisií NO_x v prípade spaľovania pšenice, neprekročil limitné hodnoty týchto emisií platných pre SR, ktorých hodnota je 650 mg.m⁻³. (Mikolaj, D. Kažimírová, V.. 2009)

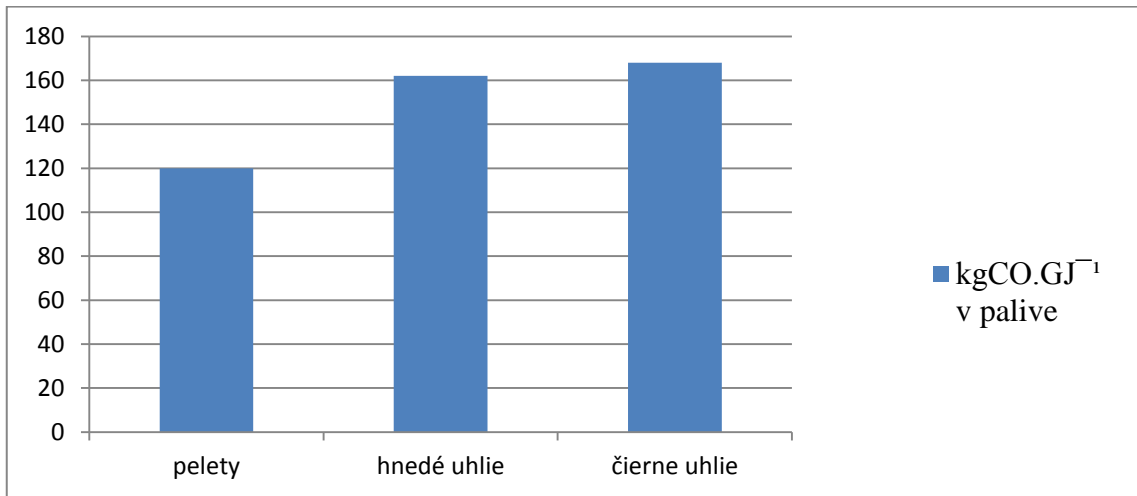
4.7 Porovnanie CO, CO₂ a NO_x pri spaľovaní drevných peliet, hnedého uhlia a čierneho uhlia

Emisné faktory CO



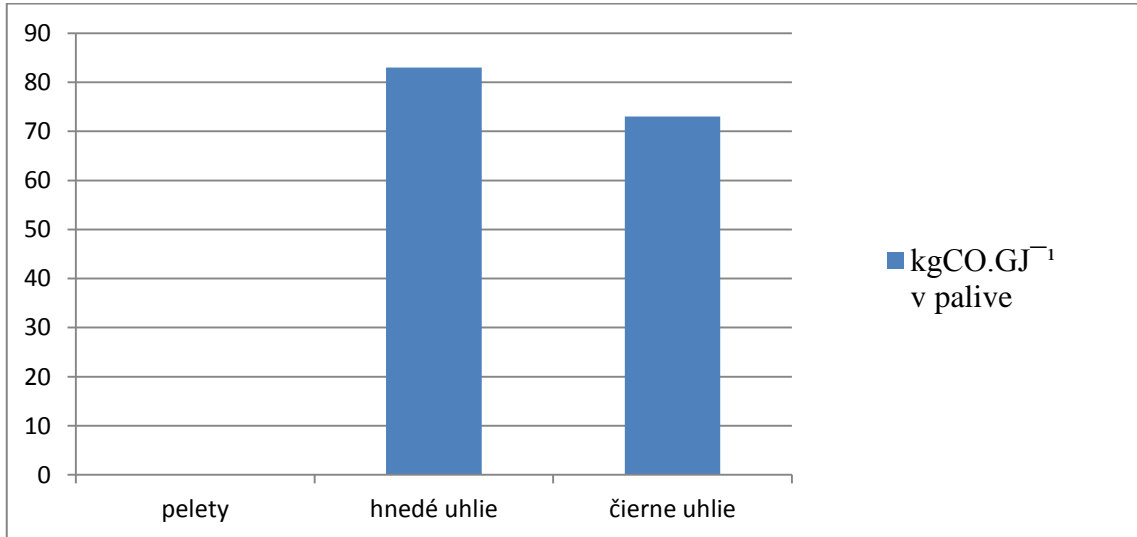
Graf. 5 Obsah CO, CO₂ a NO_x pri spaľovaní peliet, hnedého uhlia a čierneho uhlia

Emisné faktory NO_x



Graf. 6 Obsah CO, CO₂ a NO_x pri spaľovaní peliet, hnedého uhlia a čierneho uhlia

Emisné faktory CO₂



Graf. 7 Obsah CO, CO₂ a NO_x pri spaľovaní peliet, hnedého uhlia a čierneho uhlia

Z výsledkov merania môžeme vyčítať, že nie vždy znamená spaľovanie biomasy priame zníženie množstva produkovaných škodlivých emisií. Dôležitým faktorom je predovšetkým spôsob vedenia spaľovania, ktorý je daný spôsobom privádzania paliva (prikladaním paliva). (www.biom.cz)

5 Záver

Využívanie biomasy ako obnoviteľného zdroja energie má veľkú budúcnosť a energetický potenciál, ktorý je obsiahnutý v biomase, zníži závislosť na fosílnych palivách a zníži sa aj produkcia škodlivých látok pri energetickom využívaní fytomasy a biomasy.

Ako vidieť z nameraných hodnôt v tabuľkách a grafoch teploty pri spaľovní vybraných zdrojov biomasy značne kolísali, čo bolo spôsobené nestálosťou horenia resp. tlenia. Namerané hodnoty NO a NO_x sa pohybovali v nízkych hodnotách avšak hodnoty CO boli vo vysoké. To bolo zrejme spôsobené nevhodným prepojením do komína, ktorý mal slabý resp. nevhodný ťah. Avšak vysoké množstvo produkcie CO môžeme eliminovať vhodnou konštrukciou komína.

Ďalej z výsledkov merania môžeme vyčítať, že nie vždy znamená spaľovanie biomasy priame zníženie množstva produkovaných škodlivých emisií. Dôležitým faktorom je predovšetkým spôsob vedenia spaľovania, ktorý je daný spôsobom privádzania paliva.

Namerané hodnoty produkovaných emisií neprekročil limitné hodnoty emisií platných pre SR, ktorých hodnota je 650 mg.m⁻³ až na prípad spaľovania pšenice, kde hodnoty NO_x boli vyššie ako dovoľuje norma SR.

Ďalej sme zistili, že spoluspaľovanie fosílnych palív spolu s biomasou výrazne znižuje hodnoty produkovaných emisií SO₂ a taktiež aj sa znížila aj spotreba vápenca. Ďalším pozitívom biomasy je rádovo nižší podiel ťažkých kovov v palive, ktoré sa popolom a popolčekom odvádza.

Pri spaľovaní biomasy je tiež veľmi dôležité dodržať zásady správneho spaľovania ako je dostatočný prívod vzduchu, nízka vlhkosť materiálu, dostatočne vysoké teploty spaľovania, stabilita teplotných pomerov v kotly alebo stabilita tlakových pomerov v kotly. Tie zásady správneho spaľovania majú tiež podstatný vplyv na výšku produkovaných emisií, ktoré vznikajú spaľovaním biomasy.

Zoznam použitej literatúry

DZURENDA Ladislav. 2004. Produkcia oxidov dusíka z procesu spaľovania vlhkého dreva a kôry niektorých ihličnatých a listnatých drevín. In Acta Mechanica Slovaca, roč. 8, 2004, č. 3 - A, strana 87 – 92.

JANDAČKA Jozef, MIKULÍK Marian. 2008. Ekologické aspekty spaľovania biomasy a fosílnych palív. Žilina: vydavateľstvo Georg, 2008, 116 s. ISBN 978-80-969161-7-7.

MAGA Juraj, FINDURA Pavol, MAGA František. 2010. Zelená energia – výzva pre budúcnosť. Nitra: vydavateľstvo SPU, 2010, 179 s. ISBN 978-80-552-0510-6.

MIKOLAJ Dušan - KAŽIMÍROVÁ Viera 2010. Biomasa je významným zdrojom paliva, pretože zaistuje jednu sedminu spotrebovanej energie vo svete. In Agrobioenergia, roč. 4, 2010, č. 4, s. 12 – 13.

PISZCZALKA Ján, MAGA Juraj . 2006. Mechanizácia výroby a využitia biomasy. Nitra: vydavateľstvo SPU, 2006, 112 s. ISBN 80-8069-670-5

VITÁZEK Ivan. 2005. Teplotechnika a hydrotechnika. Nitra: Vydavateľstvo SPU, 2005, 104 s.

VITÁZEK Ivan. 2006. Tepelné procesy v plynnom prostredí – Modifikované i-x diagramy. Nitra: Vydavateľstvo SPU, 2006, 98 s. ISBN 80-8069-716-7.

VITÁZEK Ivan - PLOTH Július 2010. Využívanie obnoviteľných zdrojov energie (OZE) sa dostáva do širšieho povedomia a jeho prínos je nepopierateľný i keď celková miera využitia je stále nízka. In Agrobioenergia, roč. 5, 2010, č. 4, s. 5 – 8.

VITÁZEK Ivan - TIROL Ján 2009. Pri hodnotení a charakterizovaní palív používaných i v poľnohospodárstve sa okrem energetického a ekonomického hľadiska v súčasnosti čoraz viac presadzuje i hodnotenie z hľadiska environmentálneho. In Agrobioenergia, roč. 4, 2009, č. 2, s. 14 – 17.

<http://www.biom.cz//cz//odborne-clanky/emisie-pri-spalovani-biomasy-2>

<http://www.herz-sk.sk>

<http://www.industry-central.eu/sk/clanky/ekologia/109-novy-analyzator-testo-330-zobrazuje-namerane-udaje-graficky>

<http://www.kvt.sjf.stuba.sk>

<http://www.istavebnictvo.sk>