

BIO-ENERGETICKÝ SYSTÉM A JEHO EMISNÉ CHARAKTERISTIKY

Jozef Viglaský
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Tel. a fax: +421 45 5206 875
E-mail: viglasky@vsld.tuzvo.sk

Vývoj nových energetických zariadení a systémov na báze biopalív sa orientuje popri efektívnom využívaní energetického obsahu biomasy aj na minimalizáciu ich dopadu na životné prostredie. Tomuto trendu zodpovedajú aj parametre najmodernejších bio-energetických systémov vyrábaných najmä v Škandinávii. Napr. za posledných 20 rokov takmer dvojnásobne vzrástla účinnosť nových kotlov na drevné palivá (až na 96%, vzťahnutá na výhrevnosť paliva - H_o , príp. Q_i) aj vďaka aplikácii novovyvinutých izolačných materiálov a súčasnému zníženiu teploty spalín na výstupe z kotlového traktu – na vstupe do komína sa znížili emisie NO_x . Ešte radikálnejšie sa podarilo znížiť emisie CO na m^3 spalín (200x), čo znamená, že 200 moderných zdrojov tepla spaľujúcich biopalivo emituje toľko CO, ako jeden starý kotol.

Environmentálne aspekty výroby tepla na báze biopalív

Prevádzka bio-energetických systémov je vo všeobecnosti charakterizovaná ako environmentálne prijateľná a s minimálnou tvorbou odpadov – škodlivín. Nakoľko to zodpovedá skutočnosti, poukazuje tento príspevok analýzou výsledkov merania emisií vykonanom na kotle na biopalivo – drevnú štiepku. Merania sa vykonali za účelom zistenia údajov o dodržaní určených emisných limitov v rámci vydávania súhlasu orgánu ochrany ovzdušia pri uvádzaní stavby stredného zdroja znečisťovania ovzdušia do prevádzky. Je to po zmene podľa ustanovenia §11 ods. 1 písm. a) zákona NR SR č. 309/1991 Zb. „o ovzduší“ v znení neskorších predpisov.

Exaktne tvorba emisií závisí od konštrukcie kotla a prídavných zariadení, kvality použitého paliva, jeho elementárneho zloženia a od ďalších spolupôsobiacich faktorov. Pri horení rôznych palív môže vzniknúť celý rad tuhých, plyných a prípadne i kvapalných potencionálne škodlivých látok v rôznych množstvách. Najvýznamnejšie z nich sú CO_2 , CO, TZL rôznych veľkostí (t.j. popolček a sadze), vodná para, SO_x , NO_x , organické zlúčeniny a stopové prvky. Tieto škodliviny spôsobujú okrem iných, menej závažných javov, hlavne skleníkový efekt, kyslé

dažde a narušovanie ozónovej vrstvy. Tabuľka 1 dokumentuje typické emisie a dosahované hodnoty pre bio-energetické systémy pri aplikácii paliva – drevných štiepok, ktoré sú významné najmä z pohľadu ochrany životného prostredia.

Tabuľka 1 Emisie systémov CZT pri použití biopaliva - drevných štiepok

	Jednotky	Typické hodnoty	Typické rozsahy	Poznámky
SO _x ako SO ₂	g.GJ ⁻¹	15	5 – 30	
NO _x ako NO ₂	g.GJ ⁻¹	90	40 – 140	
Prach, TZL – I.	mg.m _r ⁻³	300	200 – 400	Použitý multicyklón
Prach, TZL – II.	mg.m _r ⁻³	50	20 - 90	Použitá kondenzácia
CO ₂	kg.GJ ⁻¹	102,3		
Kondenzát	l.MWh ⁻¹		150 - 250	

Prach – tuhé znečisťujúce látky (TZL)

Sprísňovanie emisných limitov z aspektu ochrany ovzdušia vedie následne k požiadavke na nižšie emisné limity pre TZL aj u malokapacitných tepelných zdrojov na báze biopalív – drevných štiepok ako v nedávnej minulosti. Emisné limity pre TZL z vykurovacích systémov sú uvedené v NV SR č. 92/1996 Z. z. [2].

Tabuľka 2. TZL – tuhé znečisťujúce látky a ich limity vzťahnuté na výkon zdroja

0,2 - 2 MW	2 - 50 MW	50 - 40 MW	> 400 MW	pre 2 - 400 MW, pri fluidnom spaľovaní
250 mg.m _r ⁻³	150 mg.m _r ⁻³	250 mg.m _r ⁻³	50 mg.m _r ⁻³	100 mg.m _r ⁻³

Vyhláška určuje emisné limity TZL pre radu energetických - vykurovacích systémov, ale zatiaľ nie jednoznačne pre energetické zdroje na báze biopalív – drev. štiepok.

Výsledky z merania emisií TZL na energetickom systéme – kotle na drevné štiepy:

436 až 492 ($\Phi = 468$) mg.m_{nr}⁻³ / 2001 [3]; 223 až 259 ($\Phi = 240$) mg.m_{nr}⁻³ / 2002 [4];

Tabuľka 3. Doporučené limity TZL vzťahnuté na výkon zdroja na drevné štiepy

Kapacita systému [MW _t]	Limity pre odľučovacie systémy prachu - TZL [mg.m _r ⁻³], pri 10% O ₂	
	Systém na báze filtrov	Systém s kondenzáciou alebo bez použitia filtrov
> 0,12 < 1	100	300
> 1,00 < 50	40	100

Pri návrhu a projektovaní tepelného zdroja na báze drevného paliva - štiepok sa často pri vybavovaní dokladov stretávame s tým, že schvaľovacie orgány používajú limity určené pre “prachové nečistoty inej látky”, u ktorých hodnota limitu pre prach je stanovená v pomere k veľkosti hmotného prietoku pred úsekom čistenia.

V niektorých prípadoch sa žiada väčší dôraz na doporučené hodnoty limitu pre tepelné zdroje na báze slamy s výkonom väčším ako 1MW, ktorý je určujúci nielen pre prach, ale aj pre obsah CO do objemového percenta 0,05 pri 10% O₂.

Keď sa stanovuje limit pre prach je logické predpokladať, že zohľadňuje tak kapacitu systému, ako aj technológiu spaľovania a čistenia – odlučovania prachu.

Oxid uhoľnatý (CO)

Vysoký obsah CO je určitým príznakom pre nedokonalé horenie – vyhorenie paliva a má byť tak malé, ako je to len možné, pretože:

- ♦ CO je horľavý plyn. Vysoký obsah CO dokazuje nízku účinnosť využitia paliva.
- ♦ Nepříjemný zápach a vysoká hodnota CO idú bok po boku.
- ♦ PAH - polyaromatické uhľovodíky, dioxíny a vysoká hodnota CO idú bok po boku.
- ♦ Vystavenie vysokým koncentráciám CO je riskantné až smrteľné.

Podľa zahraničných skúseností a doporučení [5] obsah CO v spalinách nemá prekročiť 0.05% u energetických systémov na báze biopaliva - slamy. Rovnaká požiadavka sa má použiť aj pri hodnotení a schvaľovaní environmentálnych parametrov energetických systémov na báze biopaliva – drevných štiepok. Pri štandardnej prevádzke energetických systémov na báze biopaliva – drevných štiepok je možné ľahko vyhovieť tejto požiadavke, ale vo fáze rozkurovania, príp. pri použití veľmi vlhkého biopaliva a pri iných neštandardných prevádzkových situáciách, môžu vyvstať určité problémy, napr. aj pri plnení limitu CO.

Tabuľka 4. Limity pre CO – oxid uhoľnatý

0,2 - 5 MW	> 5 MW
850 mg.m ⁻³ _r	250 mg.m ⁻³ _r

Výsledky z merania emisií CO na energetickom systéme – kotle na drevné palivo: 4729 až 9794 ($\Phi = 7612$) mg.m_{nr}⁻³ / 2001 [3]; 303,9 až 360,3 ($\Phi = 330,6$) mg.m_{nr}⁻³ / 2002 [4];

Oxid uhličitý (CO₂)

Vypúšťanie CO₂ do atmosféry je problémové, pretože CO₂ je považovaný za hlavnú príčinu skleníkového javu - účinku. Na druhej strane, počas horenia drevných štiepok a iných drevných palív nie je vyvinuté viac CO₂ ako bolo naviazané – akumulované pri raste stromov. Mimo to, počas procesu horenia je vyvinuté rovnaké množstvo CO₂ ako počas hnitia - rozkladu, čo je konečná alternatíva k využitiu dreva na energetické účely. Drevné štiepky sú preto považované za CO₂-neutrálne palivo.

Oxid siričitý (SO₂)

Pri horení drevených štiepok vzniká síra zo sírnych zložiek, ktoré boli absorbované počas rastu stromov. Preto horenie drevených štiepok nemení celkové množstvo síry prítomnej v životnom prostredí, avšak spôsobuje, že emisie síry spolu s dymom prispievajú k znečisťovaniu ovzdušia. Hoci sa jedná o prírodné - čisté drevo z lesa, predsa obsahuje veľmi obmedzené množstvo síry. Počas horenia cca. 75% síry z dreva bude naviazané v popole a popolčeku, takže len zvyšných 25% skončí ako SO₂ v spalinách [5]. Mnohé analýzy na obsah síry v biopalive – drevených štiepkach ukázali hodnoty, ktoré sú pod minimálnymi hodnotami merateľnými pomocou laboratórnych prístrojov. Priemer z radu analýz ukazuje na obsah síry cca. 0.05% (váhové percento v pomere k sušine biopaliva – drevených štiepok) [5].

Používanie drevených štiepok v tepelných zdrojoch spôsobuje oveľa menej SO₂ emisií ako LVO, alebo uhlie, ktoré sú často nahrádzané drevenými štiepkami. Ak alternatívou je zemný plyn, a ak ten je bez síry, potom pri použití drevených štiepok ako paliva nekalkulujeme s výhodou neprítomnosti "SO₂".

Tabuľka 5. Limity pre SO₂ – oxid siričitý

0,2 - 40 MW	40 - 140 MW	140 - 400 MW	> 400 MW
2,500 mg.m ⁻³ _r	1,700 mg.m ⁻³ _r	EU limity	400 mg.m ⁻³ _r

Oxidy dusíka (NO_x)

Počas horenia drevených štiepok je vyvíjané približne rovnaké množstvo NO_x ako počas horenia iných palív. NO_x reprezentuje súčet jednotlivých oxidov dusíka, spravidla ide o NO a NO₂. K vývinu oxidov dusíka dochádza na základe dusíka obsiahnutého tak vo vzduchu ako aj v aktuálnom palive. Obsah dusíka v aktuálnom palive, ako aj návrh riešenia systému spaľovacej komory, hrá dôležitú úlohu pri tvorbe NO_x. Medzi dôležité faktory, ktoré znižujú tvorbu NO_x pri horení palív, môžu byť zaradené:

- ♦ Nízky obsah dusíka v aktuálnom palive.
- ♦ Horenie paliva realizované za nízkeho prebytku vzduchu v prvej fáze [5].
- ♦ Nízka teplota plameňa.
- ♦ Recirkulácia spalín.

Tabuľka 6. Limity pre NO_x - oxidy dusíka

0,2 – 50 MW	> 50 MW
650 mg.m _{nr} ⁻³	550 mg.m _{nr} ⁻³

Výsledky z merania emisií NO_x na energetickom systéme – kotle na drevné palivo: 154 až 205 (Φ = 176) mg.m_{nr}⁻³ / 2001 [3]; 296 až 385 (Φ = 345) mg.m_{nr}⁻³ / 2002 [4];

Organické zlúčeniny (TOC)

Limit pre organické zlúčeniny, TOC (> 0.2 MW) = 50 mg.m_r⁻³.

Výsledky z merania ΣC / TOC na energetickom systéme – kotle na drevné palivo: 75 až 778 (Φ = 407) mg.m_{nr}⁻³ /2001 [3], (EL = 100); 3 až 17 (Φ = 7) mg.m_{nr}⁻³ /2002 [4];

Iné znečisťujúce látky, emisie a pracovné podmienky

Okrem TZL, SO₂, NO_x a CO spaliny môžu obsahovať aj iné znečisťujúce látky, také ako polyaromatické uhľovodíky (PAH), dioxíny, chlorovodík (HCl) a iné.

PAH je spoločné označenie pre rad chemických zlúčenín pozostávajúcich z uhlíka a vodíka. Vyskytujú sa pri nedokonalom horení palív. Niektoré z nich sú škodlivé (niektoré sú dokonca karcinogénne a mutagénne), a preto sa im musíme vyhýbať. Od roku 1985 niekoľko výskumov bolo vykonaných v tejto oblasti a bolo preukázané, že je úzke prepojenie medzi tvorbou PAH a CO. Nízky obsah CO a nízky obsah PAH idú bok po boku [5].

Ako kysličník siričitý (SO₂), tak aj chlorovodík (HCl) prispieva k okysľovaniu prostredia, ale rýchlejšie kondenzuje (na kyselinu chlorovodíkovú) a preto môže miestne spôsobovať škody najmä na materiáloch, ale aj na zariadení. Emisia HCl závisí na viacerých faktoroch, medzi iným aj na parametroch drevnej štiepky (ovplyvnené lokalitou rastu stromov – kvalitou pôdy, atď.), na podmienkach horenia a čistení spalín vrátane využívania kondenzácie, ktorá odstraňuje – zachytáva podstatnú časť HCl obsiahnutej v spalinách.

Ďalej uvedené emisie z kotlov spaľujúcich drevo, ako: benzopyrén 10 – 200 ng/MJ; naftalén 100 µg/MJ; benzén 10 – 280 mg/MJ; etán 40 – 1200 mg/MJ; propán 1400 mg/MJ; butadién 190 mg/MJ; a iné sú určite veľmi dôležité z aspektu ochrany ovzdušia a najmä zdravia obyvateľstva a vyžadujú zvýšenú pozornosť aj napriek tomu, že súčasná legislatíva ich nekontroluje a neobmedzuje ich emisnými limitmi.

Medzi emisie, ktoré súvisia s bezpečnosťou práce a ochranou zdravia, sa radí aj hlučnosť, ktorá musí zodpovedať daným limitom, tak pre exteriér, ako aj interiér. Ďalej sa nesmie zabúdať na protipožiarnu ochranu a tzv. internú bezpečnosť práce.

Záver

Praktické skúsenosti poukazujú na to, že nie každý moderný bio-energetický systém je možno automaticky zaradiť medzi tie, ktoré majú znížený negatívny dopad na životné prostredie v porovnaní s konvenčnými ener. systémami na báze fosíl. palív. Dôležité je pripomenúť, že často je to vinou práve obsluhy – jej pracovnej disciplíny a nie moderného bio-energetického systému, čo preukázali aj naše merania.

Od 1. 9. 2002 bude platiť nový zákon o ovzduší. Tento zákon je vlastne dôsledkom implementovania - doplnenia práva Európskej únie do našej legislatívy a reakciou na schválenie Kjótskeho protokolu Slovenskou republikou. Zákon zavádza pojem „kvalita ovzdušia“, rieši emisnú aj imisnú stránku ochrany a kvality ovzdušia.

Literatúra

- [1] Anonym: Úplné znenie zákona z 9. júla 1991 č. 309/1991 Zb. o ochrane ovzdušia pred znečisťujúcimi látkami (zákon o ovzduší) ako vyplýva z neskorších zmien a doplnení.
- [2] Anonym: 92. Nariadenie vlády Slovenskej republiky z 19. marca 1996, ktorým sa vykonáva zákon č. 309/1991 Zb. o ochrane ovzdušia pred znečisťujúcimi látkami (zákon o ovzduší) v znení neskorších predpisov.
- [3] Kol. autorov, 2001: Správa z oprávneného jednorázového merania emisií vybraných ZL vykonanom na kotle na biopalivo – drevné štiepky, podľa vyhl. MŽP SR č. 474/2000 Z.z.; 46 s.
- [4] Kol. autorov, 2002: Správa z oprávneného jednorázového merania emisií vybraných ZL vykonanom na kotle na biopalivo – drevné štiepky, podľa vyhl. MŽP SR č. 474/2000 Z.z.; 46 s.
- [5] Nussbaumer, T. 1997: Primary and secondary measures for NO_x reduction in biomass combustion. In: Development in Thermochemical Biomass Conversion. Blackie Academic, Chapman & Hall, London. p. 1447-1462.