

SPALOVÁNÍ ODPADNÍ BIOMASY V MALÝCH ZAŘÍZENÍCH

LUBOMÍR MARTINÍK^a, VENDULA DRASTICHOVÁ^b,
JIŘÍ HORÁK^c, ZUZANA JANKOVSKÁ^c, KAMIL
KRPEC^c, PETR KUBESA^c, FRANTIŠEK
HOPAN^c a ZDEŇKA KALIČÁKOVÁ^b

^a *Fakulta stavební, Katedra prostředí staveb a TZB, Ludvíka Poděště 1875/17, Ostrava – Poruba, 708 33,* ^b *Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra bezpečnostního managementu, Lumírova 13, Ostrava - Výškovice, 700 30,* ^c *Výzkumné energetické centrum – Inovace pro efektivitu a životní prostředí, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/2172, Ostrava – Poruba, 708 33*

lubomir.martinik@vsb.cz

Došlo 30.9.13, přijato 26.11.13.

Rukopis byl zařazen k tisku v rámci placené služby urychleného publikování.

Klíčová slova: spadané listí, odpadní biomasa, spalování, brikety, emise, jemné částice, spalovací zařízení

Úvod

V dnešní době se stále častěji setkáváme s poptávkou po ekonomicky dostupnějším palivu. V době, kdy v Evropě roste cena kvalitní dřevní hmoty, je vhodné uvažovat o spalování méně hodnotného paliva při zachování únosného zvýšení emisí znečišťujících látek. Vzhledem k rozsáhlým územím v obcích, které představují zalesněné plochy (parky, zahrady škol, apod.), je žádoucí

zjistit, za jakých podmínek a při jaké úpravě může být k energetickému spalování vhodné spadané listí, které se běžně hlavně kompostuje. Jednou z možností, jak takovýto materiál energeticky využít, je spalování v lokálních topeništích jako cenově dostupné palivo. Možnost energetického využití tohoto materiálu závisí především na výhřevnosti materiálu, která je zásadním způsobem ovlivněna vlhkostí. Obsah C, H, O, N, S a složení popeloviny se jeví jako druhotný parametr¹. Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů² definuje biomasu jako biologicky rozložitelnou část produktů, odpadů a zbytků biologického původu z provozování zemědělství a hospodaření v lesích a souvisejících průmyslových odvětvích, zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a biologicky rozložitelnou část průmyslového a komunálního odpadu.

V tomto případě nejde pouze o to, jestli se potenciální alternativní palivo dá nebo nedá spálit. Za vhodných podmínek se dá spálit jakýkoliv materiál obsahující dostatečné množství hořlavé složky³.

Nezodpovědné a laické provozování spalovacích zařízení může mít i v případě spalování biomasy za následek výrazné překročení emisních limitů pro některé škodliviny⁴. Vývin emisí a kontaminace ovzduší prachovými částicemi je problém jak pro zdraví, tak pro životní prostředí. Ukazuje se, že menší částice jsou nebezpečnější než stejná hmotnost částic větších, neboť jejich působení může být spojeno s jejich počtem a s aktivním povrchem, které jsou u malých částic mnohem větší než u částic velkých. Jemnější částice také setrvávají ve vzduchu delší dobu než větší částice. Na povrchu částic se také zachytávají nebezpečné škodliviny (např. semivolatilní organické polutanty nebo těžké kovy – As, Cd, Zn, Cu a další)⁵.

Roční bilance emisí ukazují, že podíl malých zdrojů na celkovém znečištění ovzduší (polyaromatické uhlovodíky PAU, tuhé znečišťující látky TZL) je výrazný. Zpracované studie dokládají až poloviční podíl malých zdrojů v případě polyaromatických uhlovodíků a cca třetinový v případě tuhých částic. Emisní bilance většiny evrop-

Tabulka I

Emisní limity a účinnost pro krbová kamna na biomasu^{7,8}

| | Norma | CO [mg m ⁻³ _N] | NO _x [mg m ⁻³ _N] | OGC [mg m ⁻³ _N] | prach [mg m ⁻³ _N] | min.účinnost [%] |
|----------|---|--|---|---|---|---------------------|
| EU | EN 13240 – krbová kamna | 12 500 | --- | --- | --- | 50 |
| ČR | EN 13240 – krbová kamna | 12 500 | --- | --- | --- | 50 |
| Německo | EN 13240 – interiérové topidlo bez násypné šachty | 2 000 | --- | --- | 75 | 73 |
| | Norma | CO [mg MJ ⁻¹] | NO _x [mg MJ ⁻¹] | OGC [mg MJ ⁻¹] | prach [mg MJ ⁻¹] | min.účinnost [%] |
| Rakousko | 15a B-VG - ostatní biogenní | 1100 | 300 | 50 | 60 | 70–78 |

U Rakouska jsou uvedeny původní hodnoty měrných emisí dle 15a B-VG v mg MJ⁻¹, u ostatních zemí představuje hodnota koncentrací v mg m⁻³_N při 13 % O₂

ských států ukazují, že více než třetina dioxinů a furanů emitovaných do ovzduší pochází z malých zdrojů⁶. Tento článek se zamýšlí nad možností spalování městské odpadní biomasy – konkrétně využití spadaného listí pro spalování v malých spalovacích zařízeních – a množstvím emisí znečišťujících látek, které je uvolňováno při takovém spalování.

Legislativní požadavky pro spalovací zařízení na biomasu

Většina zemí nerozlišuje mezi limity pro krbová kamna na dřevo a na alternativní biogenní paliva. Lídrem v oblasti legislativních požadavků na spalovací zařízení je Rakousko, které je také jednou ze zemí, která má již ošetřeny i požadavky zvlášť pro alternativní biogenní paliva (pod ně spadá i odpadní biomasa). Pro krbová kamna platí v Evropě požadavky viz tab. I.

Experimentální část

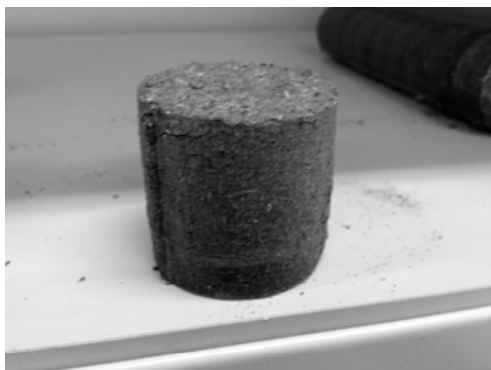
Vstupní materiál

Pro experimentální výrobu briket byly použity vzorky listí pocházející ze čtyř různých druhů stromů: jírovec – kaštan (*aesculus*), javor (*acer*), jasan (*fraxinus*) a ořech (*juglans*) z lokality Ostrava – Mariánské Hory a Hulváky.

Výroba briket

Samotná příprava vzorků pro energetické využití spočívala v sušení vlhkého listí, drcení na určité frakce a následné briketování (obr. 1). U všech vzorků byla stanovena původní vlhkost rozdrceného listí o velikosti frakce cca 5 mm a po dobu sušení byl průběžně stanovován úbytek vlhkosti (obr. 2).

Listí bylo přirozeně vysušováno v nevytápěné místnosti. Vzorky byly drceny kladívkovým drtičem na bioma-



Obr. 1. Ukázka brikety ze vzorku listí kaštanu

su GREEN ENERGY 9FQ40-0813. Za drtičí částí byla zařazena síta o velikosti oka 20 mm, 12 mm a 4 mm, kterými propadaly rozdrcené listy o dané frakci.

V další fázi bylo provedeno briketování jednotlivých vzorků na briketovacím lisu DINAMIC 70 N fy PANAS na pracovišti zkušebny Výzkumného energetického centra.

Stanovené parametry paliva

V palivu byl termickou analýzou stanoven obsah vody (W^f), popela (A^f), hořlaviny (h^f) a prchavé hořlaviny (V^{daf}). Termická analýza byla provedena na přístroji STA Jupiter F1 firmy NETZSCH v teplotním intervalu 25 až 1200 °C, rychlosti ohřevu 10 °C min⁻¹ a průtoku kyslíku 20 ml min⁻¹ s navázkou vzorku cca 2 g.

Kalorimetricky bylo stanoveno spalné teplo, z něhož byla pak dopočítána výhřevnost. Elementární stanovení obsahu C, H, S, N a O (prvkový rozbor) bylo provedeno akreditovanou laboratoří a dále přepočteno na hořlavinu v suchém stavu (h^d) v tab. II. Na základě těchto informací byly dopočítány parametry spalování.

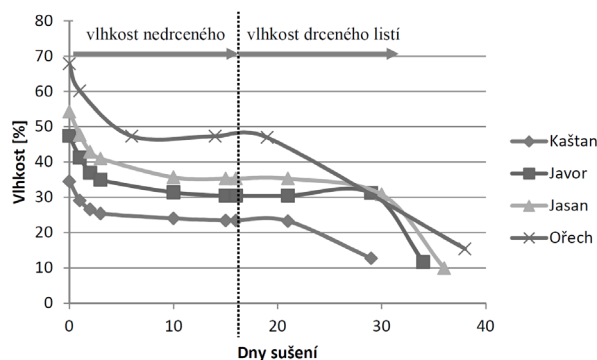
Aby byla stanovena popelovina pouze z listí a vyloučil se příspěvek popeloviny z prachu a nečistot, který by mohl tvořit popelovinu po spálení, byly analyzovány rovněž celé čisté listy. Tímto měřením bylo potvrzeno, že nečistoty nijak výrazně neovlivnily množství popeloviny.

Spalovací zařízení použitá pro spalování briket z lisovaného listí

Pro spalování briket vyrobených z lisovaného listí bylo použito těchto typů spalovacích zařízení:

Krbová kamna Romotop KK112D/AKU

Pro první spalovací zkoušky byla zvolena bezroštová krbová kamna Romotop KK112D/AKU. Krbová kamna (dále také KK) jsou konstruována pro spalování kusového paliva (primárně dřeva) v periodických dávkách a jsou určena k vytápění prostoru, v němž jsou umístěna.



Obr. 2. Křivka sušení vzorku

Tabulka II

Spalné teplo, výhřevnost, obsah popela a prchavé hořlaviny vysušených vzorků

| Typ | Spalné teplo [MJ kg ⁻¹] | Výhřevnost [MJ kg ⁻¹] | W ^r [%] | A ^r [%] | V ^{daf} [%] | S ^d [%] | C ^d [%] | H ^d [%] | N ^d [%] | O ^d [%] |
|--------|--|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ořech | 16,0 | 14,6 | 12,9 | 11,4 | 77,4 | 0,1 | 46,4 | 5,4 | 1,4 | 33,8 |
| Kaštan | 15,7 | 14,5 | 12,9 | 12,7 | 73,5 | 0,1 | 45,8 | 5,1 | 1,0 | 33,4 |
| Jasan | 12,7 | 11,3 | 23,0 | 18,8 | 79,0 | 0,4 | 41,2 | 4,9 | 1,1 | 28,0 |
| Javor | 15,0 | 13,8 | 10,5 | 18,2 | 76,6 | 0,2 | 42,4 | 4,8 | 0,8 | 31,5 |

Krbová kamna Storch Estelli Keramik

Po prvotních zkušenostech s přívodem vzduchu do spalovací komory byla spalovací zkouška provedena v roštových krbových kamnech Storch Estelli Keramik. Pro vytvoření základní vrstvy bylo použito bukové dřevo. Krbová kamna jsou způsobilá krátkodobého provozu a doporučeným palivem je dřevo. Spotřebič je vybaven centrálním přívodem spalovacího vzduchu. Spalovací komora je vybavena otočným roštem.

Aparatura pro měření plynných emisí a zařízení pro stanovení emisních částic PM₁₀, PM_{2,5} a nanočástic

Pro měření plynných emisí byl použit analyzátor ABB – složky CO, CO₂ a NO_x byly měřeny metodou pohlcování infračerveného záření, složka TOC (total organic carbon) byla měřena plamenionizačním detektorem FID (flame ionization detector) a složka O₂ byla měřena paramagneticky.

Pro měření částic menších než 10 μm (PM₁₀) a nanočástic (částice menší než 100 nm) byl použit kaskádový nízkotlaký impaktor DLPI (Dekati low pressure impactor) od fy DEKATI (obr. 3). DLPI je založen na vícenásobném třídění (30 nm ÷ 10 μm) a hmotnostní analýze aerosolových částic. Třídí částice podle aerodynamického průměru.

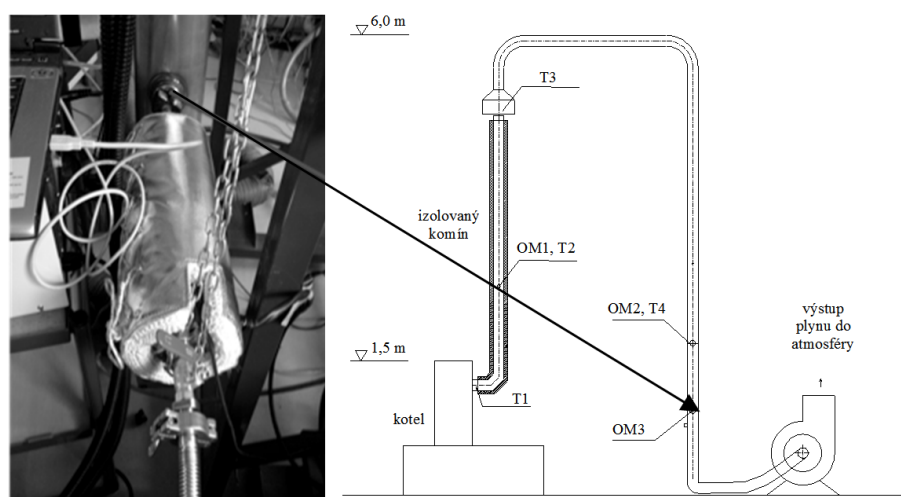
Při všech experimentálních měřeních byly jako záchytné medium použity hliníkové fólie nastříkané tenkou vrstvou viskózní kapaliny (substrát DEKATI DS-515), které jsou vhodné pro gravimetrické stanovení zachyceného množství částic na fólii⁹.

Nízkotlaký kaskádový impaktor DLPI byl nainstalován do ředícího tunelu (v odběrném místě – obr. 3), kde probíhalo samotné měření jemných částic.

Výsledky a diskuse**Výroba briquet z listí a jejich vlastnosti**

K ustálení vlhkosti u vzorků listí došlo přibližně po 13 dnech sušení. Po drcení bylo listí dále přirozeně sušeno (vrstva o výšce cca 10 cm). Průběh sušení znázorňuje obr. 2. Z grafu je patrné, že rozdrcené listí se sušilo mnohem rychleji, než stejný vzorek listí v surovém stavu.

Aby bylo možné stanovit vhodnou vlhkost materiálu pro drcení, bylo drceno listí o původní vlhkosti a také vysušené listí. Experimentálně bylo zjištěno, že původní mokré listí se drtí hůře, protože dochází k ucpávání sít. Bylo zjištěno, že vzorky, které měly vlhkost nad 24 hm.%, nebylo možné briquetovat. Po vysušení na vlhkost cca 11



Obr. 3. Kaskádový nízkotlaký impaktor DLPI v ředícím tunelu

až 14 hm.% bylo možné vyrobit briкеты ze všech vzorků. Při termické analýze vyrobených briket při teplotách cca 100 °C docházelo k odstranění vlhkosti. Nad teplotou 100 °C do cca 850 °C docházelo k hoření spalitelných složek. Spolu s listím byl ve velkoobjemovém vaku dovezen také prach a nečistoty z míst, kde bylo listí sesbíráno.

Množství spalitelných složek a popela bylo proměnlivé díky různému druhu listí. Nejvyšší množství popela měl vzorek ořechu.

Spalné teplo bylo stanoveno kalorimetricky a výhřevnost byla dopočítána. Obsah popela, prchavá hořlavina a prvkový rozbor hořlaviny byly stanoveny v externí akreditované laboratoři (tab. II).

Průběh spalování a výsledky emisí vzniklých spalin

Spalovací zkoušky na krbových kamnech Romotop KK112D/AKU

Spalovací zkoušky na těchto krbových kamnech dopadly rozdílně dle spalovaných briket. Největším problé-

mem při spalování briket byl jejich obsah popeloviny a fakt, že žhavé briкеты neměly dostatečnou soudržnost a rozpadaly se. Tím docházelo k obtížnějšímu přístupu spalovacího vzduchu k palivu.

Na základě zkušeností se spalováním briket z lisovaného listí bylo dosaženo poznatku, že tyto briкеты je možné spalovat, ale je třeba je buď tvarově upravit pro lepší rozložení paliva nebo změnit typ spalovací komory. Pro zabránění rozpadu briket ještě před zápalením byly provedeny zkoušky s briketami v papírovém obalu a briketami staženými drátem (obr. 4) do formy dlouhých válcovitých briket. Stažení briket drátem bylo provedeno z důvodu možnosti skládání do hranice ve spalovací komoře. Jako nejlepší řešení se ukázalo stažení drátem, které zabránilo rozpadu briket po celou dobu spalovací zkoušky. Tato úprava výrazně přispěla ke snížení množství emisí CO a TOC a palivo viditelně lépe hořelo (tab. III a obr. 5 – režim 3). Využití této úpravy v praxi je těžko představitelné. Byla provedena proto, aby se ověřil vliv rozpadání briket na množství emisí.

Tabulka III

Výsledky spalovacích zkoušek ze dne 6. 2. 2013 v krbových kamnech Romotop KK 112D/AKU

| Číslo režimu | | 1 | 2 | 3 | |
|---|-------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|
| Čas počátku měření | h:min | 9:36 | 10:25 | 11:30 | |
| Čas konce měření | h:min | 10:19 | 11:28 | 12:15 | |
| Délka zkoušky | h | 0,7 | 1,1 | 0,8 | |
| Atmosférický tlak | mbar | 967 | 967 | 966 | |
| Teplota vzduchu | °C | 19,0 | 19,1 | 19,2 | |
| Relativní vlhkost vzduchu | % | 34,9 | 34,9 | 34,9 | |
| Označení kamen | | Romotop KK112D/AKU | | | |
| Palivo | | Jasan | | | |
| Účinnost zařízení (nepřímá metoda) | % | 69,0 | 55,4 | 70,1 | |
| Ztráta citelným teplem spalin | % | 27,7 | 39,7 | 26,7 | |
| Ztráta plynným nedopalem | % | 1,3 | 2,9 | 1,2 | |
| Ztráta sdílením tepla do okolí | % | 1,5 | 1,5 | 1,5 | |
| Ztráta mechanickým nedopalem | % | 0,5 | 0,5 | 0,5 | |
| Teplota spalin | °C | 250 | 215 | 228 | |
| Koncentrace O ₂ v suchých spalinách | % _{obj.} | 13,9 | 16,9 | 14,3 | |
| Přebytek vzduchu | – | 2,96 | 5,14 | 3,13 | |
| Koncentrace plynných emisí v suchých spalinách při referenčním kyslíku 13 % | CO | mg m ⁻³ _N | 1 834 | 3 869 | 1 566 |
| | NO _x | mg m ⁻³ _N | 388 | 502 | 448 |
| | TOC | mg m ⁻³ _N | 185 | 599 | 98 |
| | CO ₂ | g m ⁻³ _N | 143 | 136 | 141 |
| Měrné emise | CO | mg MJ ⁻¹ | 1 335 | 2 815 | 1 139 |
| | NO _x | mg MJ ⁻¹ | 282 | 365 | 326 |
| | TOC | mg MJ ⁻¹ | 135 | 436 | 71 |
| | CO ₂ | g MJ ⁻¹ | 104 | 99 | 102 |

Pozn.: Výsledná koncentrace emisí NO_x je přepočtena na NO₂



Obr. 4. Brikety staženy drátem v krbových kamnech Romotop KK 112D/AKU

Spalovací zkoušky na krbových kamnech Storch Estelli Keramik

Zkoušky probíhaly ve třech různých režimech.

V režimu 1, kdy přívod spalovacího vzduchu byl uzavřen (regulační klapka na 0 %), měly brikety na vhodně připravené základní vrstvě dobrý zápal. Brikety hořely viditelně lépe, než při všech předchozích zkouškách (na krbových kamnech Romotop). Vzduch se dostával k briketám zespod.

V režimu 2, kdy spalovací vzduch byl nastaven na 0 %, bylo před přiložením krátce proroštováno a přívod vzduchu otevřen na 100 %, poté vzduch nastaven na 0 %.

V režimu 3, kdy přívod vzduchu po celou dobu byl otevřen na 25 %, byl rošt již zanesen popelem a zápal byl špatný.

Nejlepších výsledků ze všech spalovacích zkoušek na roštových kamnech bylo dosaženo při režimu 1 (tab. IV a obr. 6 – režim 1).

Měření částic PM_{10} , $PM_{2.5}$ a nanočástic ve spalínách

Porovnáním emisních faktorů přepočtených na referenční kyslík $O_{2,ref}$ (tab. V) bylo zjištěno, že nejvíce nano-

částic bylo vyprodukováno při spalování briket z jasanu. Ze spalovacích zkoušek bylo zjištěno, že odebrané prachové částice ze spalin jsou složeny z 95 % celkové navážky velikostní frakcí PM_1 a menší, 20 % celkové navážky je potom tvořeno nanočásticemi. To především znamená, že největší podíl prachových částic je v oblasti respirabilních částic.

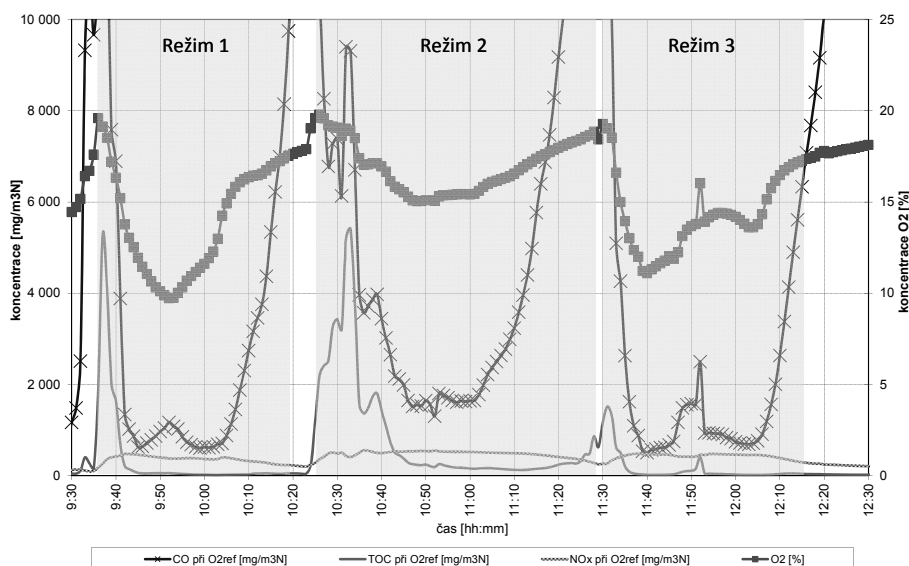
Závěr

Experimentálně bylo ověřeno, že je možné spadané listy upravit do podoby brikety a následně spálit v krbových kamnech. Základním parametrem pro možnost briketování listů je jeho vlhkost a granulometrie. Experimenty ukázaly jako optimální drčení listů na frakci 12–20 mm a sušení na vlhkost 11–14 hm. %.

Vyrobené brikety dobře držely tvar a nerozpádaly se. Z vlastností materiálu vyplývá, že je v briketách obecně hodně popeloviny, což představuje potenciální problém po vyhoření a rozpadu, jelikož může dojít k ucpaní přívodu primárního vzduchu.

Výsledkem dosavadních zkoušek na standardních typech spalovacích zařízení, jakými jsou výše zmíněná krbová kamna, je fakt, že brikety z listů se spalovat dají, pokud je zajištěn dostatečný přívod spalovacího vzduchu. Brikety v případě rovnoměrného přívodu vzduchu mezi palivo hoří dobře a kamna i s tímto palivem dosáhla dobrých výsledků ve vztahu k emisním limitům pro tento typ zařízení. Vůbec nejlepších výsledků bylo dosaženo při prvním zápalu u roštových kamen Storch Estelli Keramik. Tyto výsledky se prakticky dají srovnávat i se spalováním suchého dřeva.

Vzhledem k velkému množství popeloviny v materiálu a špatné soudržnosti vyhořelých briket dochá-

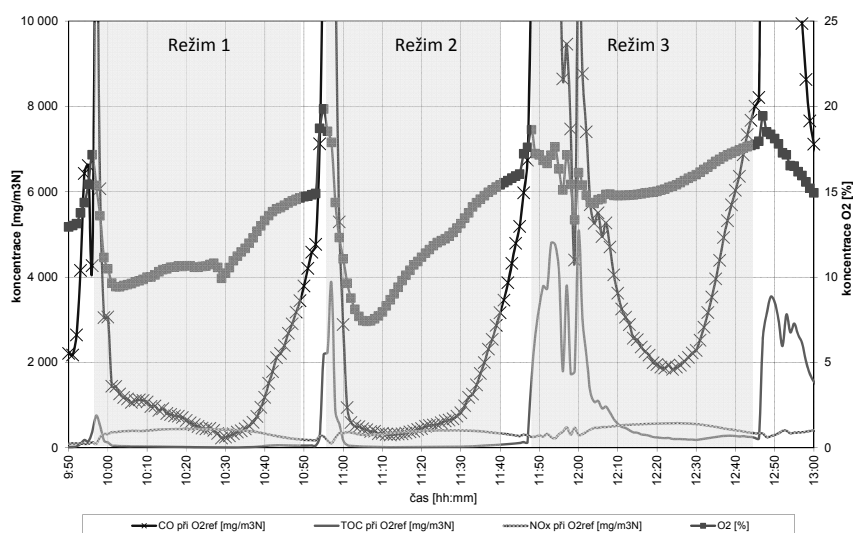


Obr. 5. Průběh emisí CO , TOC , NO_x při $O_{2,ref}=13\%$ a koncentrace O_2 ve spalínách při spalovacích zkouškách ze dne 6. 2. 2013 v krbových kamnech Romotop KK 112D/AKU; \times – CO , — TOC , — NO_x , ■– O_2

Tabulka IV

Výsledky spalovacích zkoušek ze dne 12. 2. 2013 v krbových kamnech Storch Estelli Keramik

| Číslo režimu | | 1 | 2 | 3 | |
|---|------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|
| Čas počátku měření | h:min | 9:56 | 10:55 | 11:48 | |
| Čas konce měření | h:min | 10:49 | 11:40 | 12:44 | |
| Délka zkoušky | h | 0,9 | 0,8 | 0,9 | |
| Atmosférický tlak | mbar | 978 | 978 | 978 | |
| Teplota vzduchu | °C | 19,1 | 19,1 | 19,1 | |
| Relativní vlhkost vzduchu | % | 38,3 | 38,3 | 38,3 | |
| Označení kamen | Storch Estelli Keramik | | | | |
| Palivo | Ořech | | | | |
| Účinnost zařízení (nepřímá metoda) | % | 77,5 | 77,5 | 63,6 | |
| Ztráta citelným teplem spalin | % | 19,7 | 19,7 | 31,0 | |
| Ztráta plynným nedopalem | % | 0,9 | 0,9 | 3,4 | |
| Ztráta sdílením tepla do okolí | % | 1,5 | 1,5 | 1,5 | |
| Ztráta mechanickým nedopalem | % | 0,5 | 0,5 | 0,5 | |
| Teplota spalin | °C | 255 | 252 | 232 | |
| Koncentrace O ₂ v suchých spalinách | % _{obj.} | 11,4 | 11,7 | 15,8 | |
| Přebytek vzduchu | – | 2,20 | 2,25 | 4,06 | |
| Koncentrace plynných emisí v suchých spalinách při referenčním kyslíku 13 % | CO | mg m ⁻³ _N | 1 264 | 1 299 | 5 024 |
| | NO _x | mg m ⁻³ _N | 385 | 357 | 475 |
| | TOC | mg m ⁻³ _N | 52 | 103 | 1 072 |
| | CO ₂ | g m ⁻³ _N | 145 | 146 | 139 |
| Měrné emise | CO | mg MJ ⁻¹ | 842 | 865 | 3 346 |
| | NO _x | mg MJ ⁻¹ | 256 | 238 | 316 |
| | TOC | mg MJ ⁻¹ | 34 | 69 | 714 |
| | CO ₂ | g MJ ⁻¹ | 97 | 97 | 92 |

Pozn.: Výsledná koncentrace emisí NO_x je přečtena na NO₂Obr. 6. Průběh emisí CO, TOC, NO_x při O_{2,ref}=13 % a koncentrace O₂ ve spalinách při spalovacích zkouškách ze dne 12. 2. 2013 v krbových kamnech Storch Estelli Keramik; –x– CO, — TOC, — NO_x, –■– O₂

Tabulka V
Emisní faktor jednotlivých frakcí

| Typ | Emisní faktor [mg kg _{pal} ⁻¹] | | | | Doba odběru [min] |
|--------|---|-------------------|-----------------|--------------------------|-------------------|
| | PM ₁₀ | PM _{2,5} | PM ₁ | Nano - PM _{0,1} | |
| Ořech | 986 | 943 | 915 | 51 | 35 |
| Kaštan | 420 | 408 | 403 | 67 | 52 |
| Jasan | 1256 | 1242 | 1205 | 248 | 36 |
| Javor | 1147 | 1134 | 1102 | 86 | 43 |

zelo k ucpávání roštu (přívodu spalovacího vzduchu) již po první nebo druhé spalovací zkoušce. Z tohoto důvodu je třeba najít vhodný typ spalovací komory, který bude odolnější proti zanesení popelem (tuhý nedopal). Jako nejvhodnější se pro tento typ paliva jeví kamna nebo kotel založený na odhořívacím nebo zplyňovacím principu.

V další fázi výzkumu bude pozornost věnována ekonomické bilanci využití odpadní biomasy s cílem zanalyzovat finanční přínos tohoto řešení.

Seznam použitých zkratk

| | |
|-----------------|---|
| PAU | polyaromatické uhlovodíky |
| KK | krbová kamna |
| NO _x | oxidy dusíku |
| OGC = TOC | celkový organický uhlík |
| TZL | tuhé znečišťující látky (prach), celkový prach bez rozlišení velikosti částic |
| Q _f | výhřevnost paliva v surovém stavu |

Tento příspěvek vznikl v rámci řešení projektu centra kompetence TE01020036 „Pokročilé technologie pro výrobu tepla a elektřiny“, projektu SP2013/107 – Energetické využití městské odpadní biomasy, projektu SP2013/199 – Emise nanočástic z malých spalovacích zařízení s ohledem na distribuci škodlivin a v rámci řešení operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost a spolufinancovaného Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky v rámci řešení projektu Příležitost pro mladé vědecké pracovníky, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/30.0016.

LITERATURA

- Machniková E., Koutský M., Hrdlička F., Vosta J.: Chem. Listy 97, 171 (2003).
- Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. Sbírka zákonů 2012, část 59, str. 2483.
- Horák J., Kubesa P.: TZB-info 2012,1. <http://www.energetika.tzb-info.cz/8618-o-spalovani-tuhych-paliv-v-lokalnich-topenistich-1>, staženo 20.9.2013.
- Noskijevič P., Juchelková D.: *Biomasa a její energetické využití*. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha 1996.
- Niu J., Rasmussen P. E., Hassan N. M., Vincent R.: Water, Air, Soil Pollut. 213, 211 (2010).
- <http://link.springer.com/10.1007/s11270-010-0379-z>, staženo 20.9.2013.
- Šyc M., Horák J., Hopan F., Krpec K.: Paliva 3, 64 (2011).
- ČSN EN 13240/A2: *Spotřebiče na pevná paliva k vytápění obytných prostorů – Požadavky a zkušební metody*. Kapitola 6 – Požadavky na provozní vlastnosti (únor 2002).
- Vereinbarung gemäß Art. 15a B-VG über das Inverkehrbringen von Kleinf Feuerungen und die Überprüfung von Feuerungsanlagen und Blockheizkraftwerken. 2011.
- Wang C., Seames W. S., Gadgil M., Hrdlička J., Fix G.: Aerosol Sci. Technol. 2007, 1049.
- <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02786820701697788>, staženo 20.9.2013.

L. Martiník^a, V. Drastichová^b, J. Horák^c, Z. Jankovská^c, K. Krpec^c, P. Kubesa^c, F. Hopan^c, and Z. Kaličáková^b (^a Department of Construction Environment, ^b Department of Safety Management, ^c Energetics Research Centre, University of Mining, Technical University, Ostrava): **Combustion of Waste Biomass in Small Devices**

Every year, towns and municipalities cope with leaves fallen down, which must be cleaned up, collected and composted. The fallen leaves could be used for energy production. The review deals with the production of briquettes from fallen leaves and combustion of the briquettes to gain heat and a tolerable amount of emissions.