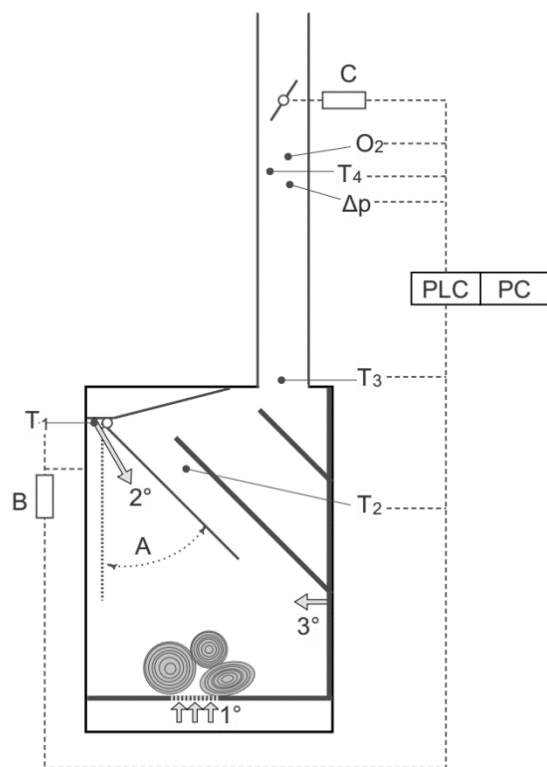


# System aktivní teplotní stabilizace pro redukci koncentrace jemných částic ve spalinách malých biomasových zdrojů

(Funkční vzorek 160855)

Aktivní systém teplotní stabilizace v malém biomasovém kotli má za úlohu stabilizovat teplotu uvnitř spalovacího zařízení a ovlivnit dobu setrvání spalin v prostředí dostatečně vysokých teplot za účelem snížení produkce jemných částic.

Systém propojuje měření provozních parametrů spalovacího procesu a kontrolu činnosti aktivních regulačních prvků, které zajišťují ovládání komínové klapky, množství sekundárního vzduchu a nastavení polohy vestavby uvnitř spalovacího prostoru za účelem lepšího dohoření prchavé hořlaviny uvolněné z paliva.



Obr. 1 Schéma měření a regulačních prvků na experimentálním spalovacím zařízení

Pomocí termočlánků jsou sledovány teploty na významných místech proudění spalin. Dále je sledován tah komína a množství kyslíku ve spalinách. Na základě těchto hodnot a experimentálního ověření produkce jemných částic je sestaven algoritmus pro nastavení polohy jednotlivých prvků s ohledem na co nejnižší produkci jemných částic.

## Popis funkce:

Na schématu vlevo (obr. 1) jsou znázorněna krbová kamna a funkce teplotní stabilizace.

A – Vnitřní vestavba ovlivňující sálavý tok tepelné energie čelní prosklenou plochou a ovlivňující proudění spalin ve spalovací komoře. Vestavba je zhotovena z ocelového plechu a umožňuje nastavení do dvou krajních poloh. Ovládání vestavby je realizováno na základě měřených teplot spalin. Vyhodnocením průběhu teplot, umožňuje identifikovat fáze hoření, kterým je poloha vestavby přizpůsobena. V počátku první fáze svislá poloha

vestavby přispívá k rychlejšímu prohřátí spalovací komory. Následně po dosažení požadované teploty spalin je vestavba přestavena do šikmé polohy, čímž dochází k prodloužení trajektorie spalin opouštějících spalovací komoru. Spaliny prochází dohořivacím kanálem vytvořeným u stropu spalovací komory, kde vestavba představuje stěnu emitující významný tepelný tok, a tím zajišťuje vysokou teplotu v dohořivacím kanálu. Geometrie dohořivacího kanálu je volena tak, aby

docházelo k významně turbulentnímu proudění a promísení hořlavé frakce se vzduchem distribuovaným otvory sekundárního a terciárního vzduchu.

B – Řízení množství přivedeného sekundárního vzduchu ( $2^\circ$ ) pomocí lineárního servomotoru na základě teploty  $T_2$  a  $T_3$  a identifikované fáze hoření. V algoritmu řízení je preferováno užití terciárního vzduchu. Sekundární vzduch je distribuován v případě potřeby podpoření spalovacího procesu a zvýšení teploty v prostoru spalovací komory.

C – Ovládání komínové klapky servomotorem na základě velikosti podtlaku v komíně ( $\Delta p$ ) a množství kyslíku ve spalinách ( $O_2$ ). V případě identifikace snížení koncentrace kyslíku ve spalinách pod požadovanou mez dochází k otvírání komínové klapky. V případě nárůstu koncentrace kyslíku ve spalinách nad požadovanou mez, je komínová klapka přivírána.

### Experimentální hodnocení

Důležitou součástí experimentů bylo ověření vlivu jednotlivých konstrukčních zásahů a ovládacích prvků na produkci jemných částic. Jejich měření probíhalo pomocí přístroje SMPS, jak je zobrazeno na obr. 2.



*Obr. 2 Měření na experimentálních krbových kamnech (vlevo - měření teplot a řízení; vpravo – SMPS zařízení pro měření velikostní distribuce a koncentrace jemných částic)*

Měření prokázalo, že produkce jemných částic je závislá na fázi hoření, na teplotách a množství kyslíku ve spalínách. Na obrázku 4 je možné pozorovat závislost sledovaných teplot a produkce jemných částic.



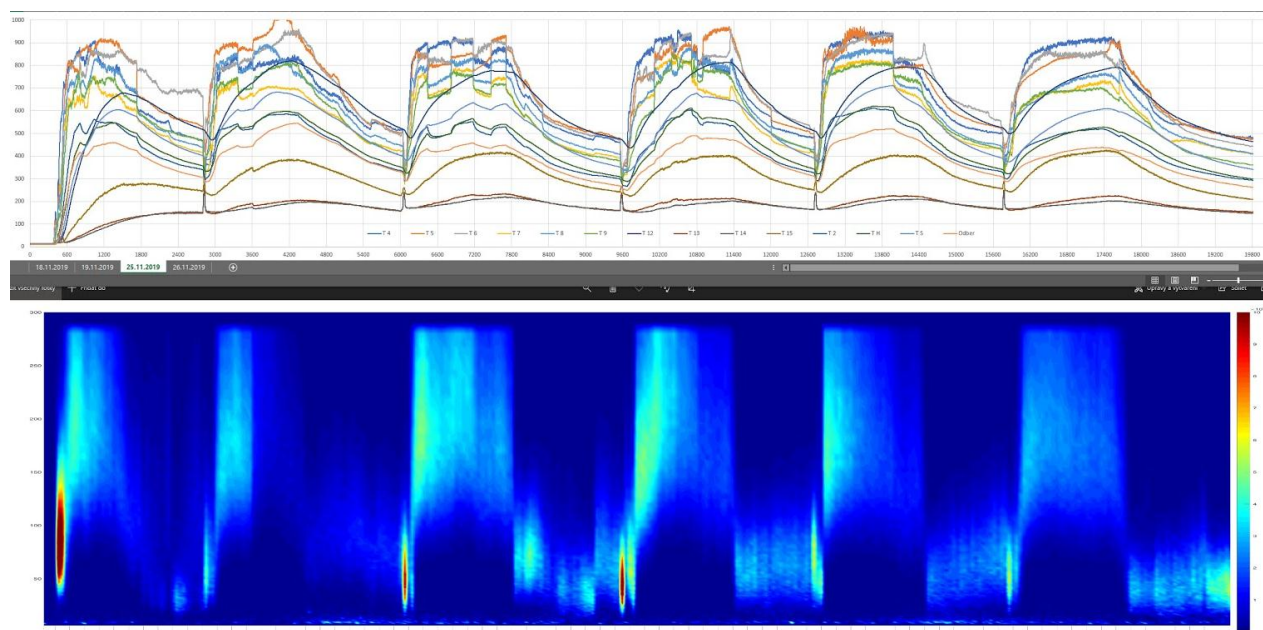
Obr. 3 První fáze hoření – dlouhé plameny

Je zřejmé, že pokud se v topeništi vyskytuje viditelný plamen (obr. 3), koncentrace jemných částic se zvyšuje a jde hlavně o velikost částic v rozsahu 100 – 300 nm. Ve druhé fázi, kdy dohořívají tuhé zbytky paliva a plamen je krátký, se ve spalínách nacházejí jemné částice o velikosti do 120 nm.

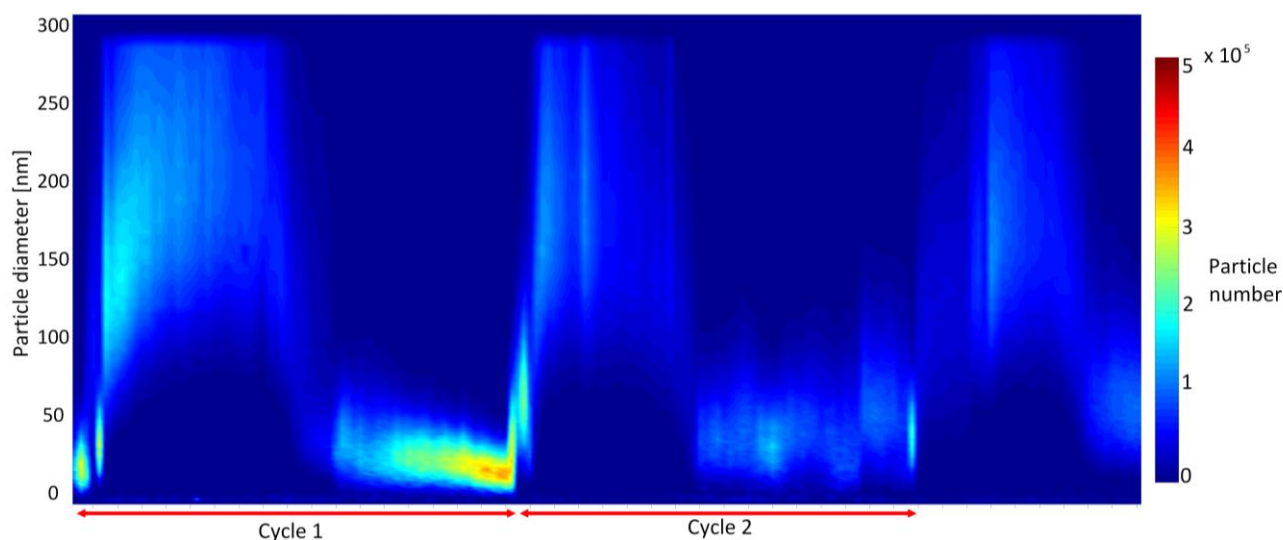
Ukázalo se, že ovládání komínové klapky v kombinaci s plechovou vestavbou ve vnitřní spalovací komoře a zároveň ovládání množství sekundárního vzduchu dokáže při vhodném nastavení pomoci ke snížení koncentrace jemných částic ve spalínách. Hoření biomasy v kotli na kusové dřevo s manuální obsluhou je relativně vysoce náhodný proces. Snahou však bylo, aby byla zajištěna co nejvyšší opakovatelnost měření a dostatek cyklů k vyvození relevantních závěrů

Na obrázku 4 je několik cyklů spalovacího procesu, při kterém byla ověřována závislost produkce jemných částic a teplot

spalin.



Obr. 4 Šest cyklů spalování v experimentálním topeništi a závislost teplot (nahore) a koncentrace jemných částic ve spalínách (dole)



Obr. 5 Porovnání koncentrací jemných částic bez využití teplotní stabilizace (Cycle 1) a její využití (cycle 2) Particle Diameter – velikost částic; Particle number – počet částic

Na obrázku 5 je uvedeno porovnání dvou spalovacích cyklů, kdy hořelo stejné množství paliva – v obou případech 3 kg bukového dřeva. První cyklus (Cycle 1) je cyklus bez teplotní stabilizace, tedy bez změny pozice vestavby, otevírání komínové klapky a bez regulace množství sekundárního vzduchu. Druhý cyklus (Cycle 2) je cyklus s teplotní stabilizací, tedy s ovládním regulačních prvků podle výše uvedených logaritmů.

V následující tabulce je uveden počet částic, jejich celkový povrch a hmotnost vztažená na 1 kg paliva. Hodnoty platí pro měřené velikostní spektrum částic 7 – 300 nm.

Tab. 1 Porovnání dvou spalovacích cyklů a produkce jemných částic

	Cyklus 1	Cyklus 2	Jednotka
Doba trvání	70	66	min
Počet částic	$5,787 \cdot 10^7$	$3,7569 \cdot 10^7$	počet částic/cm <sup>3</sup>
Povrch částic	5,15	2,65	mm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup>
Hmotnost částic	218,171	105,961	mg/m <sup>3</sup>

Z realizovaných měření a testování funkčního vzorku vyplývá, že funkční vzorek plní úlohu aktivní teplotní stabilizace topeniště s cílem zabezpečit co nejlepší podmínky pro dohořívání prchavé hořlaviny uvolněné z paliva. Jeho funkcí je zabezpečit co nejvyšší teplotu v topeništi, dostatek kyslíku. Vestavbou v šikmé poloze přispěje k prodloužení trajektorie spalín ve spalovací komoře, což přispěje k pro dohoření hořlavých složek, navýšení turbulence pro lepší promísení hořlaviny se spalovacím vzduchem a kontakt s vysokou teplotou plochy vestavby.