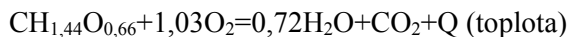


5 САГОРЕВАЊЕ БИОМАСЕ

Сагоревање биомасе је најраспрострањенији начин њеног коришћења и представља сложен физичко-хемијски процес који се може приказати на следећи начин:

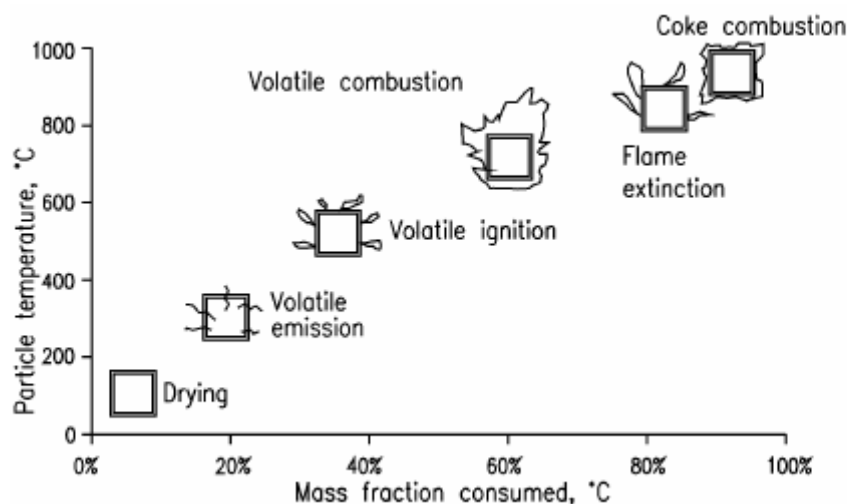


при чему је $\text{CH}_{1,44}\text{O}_{0,66}$ је приближна хемијска формула за биомасу. У овом процесу хемијски везана енергија биомасе претвара се у топлотну енергију.

У општем случају при сагоревању чврстих горива, укључујући и биомасу, разликују се четири карактеристична периода у процесу сагоревања (Слика 5.1):

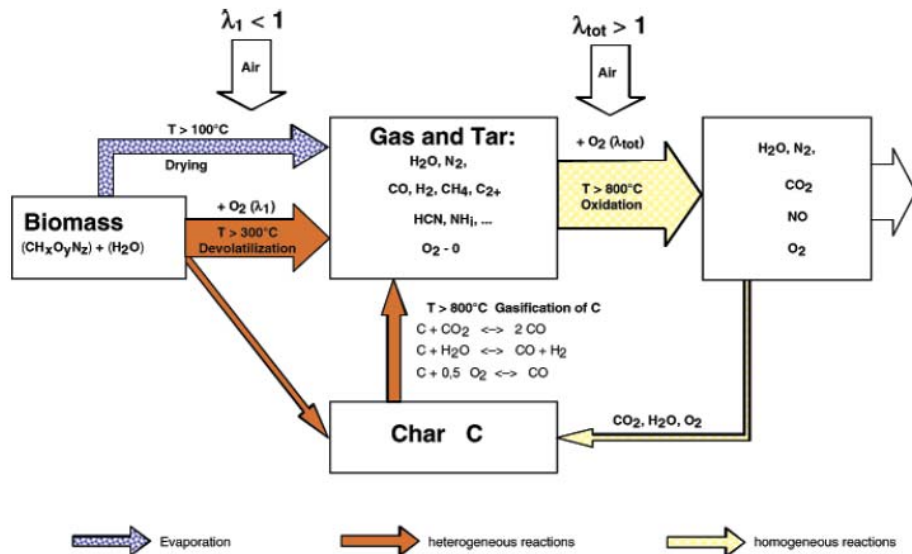
- I период – период закашњења паљења волатила (горивих испарљивих материја) - временски период од увођења горива у ложиште до појаве видног паљења горивих испарљивих материја; у току ове фазе издвајају се највећим делом гориве испарљиве материје, мешају са ваздухом образујући смешу погодну за паљење
- II период – период сагоревања волатила (горивих испарљивих материја) - временски период од тренутка паљења горивих испарљивих материја до краја сагоревања горивих испарљивих материје
- III период – период закашњења паљења коксног остатка
- IV период – период сагоревања коксног остатка - временски период од почетка па до краја сагоревања коксног остатка.

Приликом оваквог разматрања одвијања процеса сагоревања чврсте биомасе (чврстих биогорива) треба нагласити да је наведена подела условна и да се не могу повући јасне границе између појединих фаза сагоревања. Период закашњења паљења је увек могуће јасно одредити као период од уношења горива у ложиште до појаве видљивог пламена. Од тренутка појаве видљивог пламена, процес сагоревања се континуално одвија и често се за време сагоревања горивих испарљивих материја јавља почетак сагоревања коксног остатка, тако да III фаза уопште не постоји.



Слика 5.1: Фазе сагоревања биомасе [1]

Фаза сагоревања волатила је фаза која је најдоминантнија због велике количине горивих испарљивих материја које се налазе у биомаси. Како брзину сагоревања у општем случају одређује брзина најспорије фазе, то онда, при сагоревању чврсте биомасе (чврстих биогорива), брзину сагоревања одређује брзина сагоревања коксног остатка. Сагоревање чврсте супстанце, представља најсложенији вид сагоревања уопште – хетерогено сагоревање везано за низ физичко-хемијских промена.

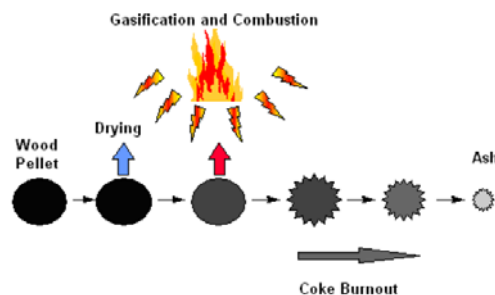


Слика 5.2: Фазе сагоревања биомасе [2]

Процес сагоревања биомасе одвија се кроз истовремено одвијање хомогених и хетерогених хемијских реакција. Најважније фазе процеса сагоревања су (Слика 5.2):

сушење - процес почиње на температурама изнад 100 °C и у условима у којима је најчешће $\lambda < 1$;

- деволатилизација - процес почиње на температурама изнад 300 °C и током процеса термичког разлагања настају гасовити волатили (CO , H_2 , CH_4 , HCN , NH_3 и др.), тер и чврсти остатак – коксни остатак;
- сагоревање гасовите фазе (сагоревање волатила) – процес сагоревања се одвија на температурама изнад 800 °C и при $\lambda > 1$, хомогене хемијске реакције и
- сагоревање коксног остатка - процес сагоревања се одвија на температурама изнад 800 °C и при $\lambda > 1$, хетерогене хемијске реакције. У хемијским реакцијама учествују делимично и продукти настали током сагоревања волатила.



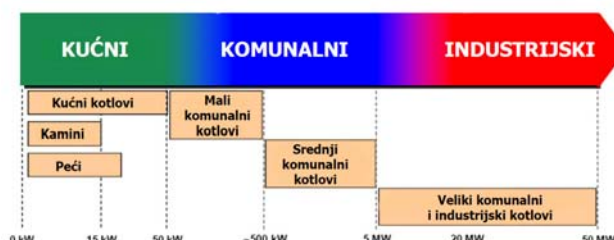
Слика 5.3: Фазе сагоревања пелета од биомасе

Време одвијања сваке од наведених фаза зависи од величине комада чврсте биомасе, карактеристика биомасе, температуре и услова сагоревања. Приказ сагоревања пелета од биомасе дат је на Слици 5.3.

При сагоревању малих комада (честица) биомасе постоји јасно разграничење између процеса сагоревања волатила и сагоревања коксног остатка. Приликом пројектовања уређаја за сагоревање (пећи, котлови) за ову врсту горива, потребно је узети у обзир садржај волатила (80-85 %). За сагоревање великих комада биомасе, карактеристични периоди сагоревања се међусобно преклапају у одређеном степену. Међутим, током сагоревања огревног дрвета, одређено раздвајање појединих периода сагоревања током времена могуће је уочити, посебно у случајевима када не постоји аутоматско довођење огревног дрвета у ложиште.

Подела уређаја за сагоревање

У општем случају, постоје различити критеријуми за поделу уређаја за сагоревање. Најчешће се користи подела у зависности од снаге ложног уређаја (пећ, котло), што истовремено дефинише и намену (домаћинства, комунални системи, индустрија, енергетски котлови). Подела уређаја за сагоревање у зависности од снаге уређаја приказана је на Слици 5.4.



Слика 5.4: Подела уређаја за сагоревање

Сви уређаји за сагоревање, без обзира на снагу и конструкцију, морају да обезбеде захтеване карактеристике које се односе на:

- енергетске карактеристике (називна топлотна снага, степен корисности);
- еколошке карактеристике (емисија CO, NO_x, честице);
- функционалне карактеристике (у зависности од врсте ложног уређаја: за котлове – температура воде у разводу, температура воде у поврату, разлика температуре у разводу и поврату, температура у спремнику за гориво, температуре ручица, температура у пећници за штедњак итд.).

Истовремено, потребно је обезбедити да све захтеване карактеристике буду испуњене у различитим режимима рада и то: номинална и редукована топлотна снага. Уређаји за сагоревање треба да буду поуздани у раду, при чему не сме да дође до појаве зашљакивања ложишта. Могућност лаког и једноставног опслуживања, такође, треба да буде обезбеђена.

Биомаса се најчешће користи за добијање топлотне енергије и то:

- мали и средњи уређајима за сагоревање - пећи и котлови на огревно дрво, пећи на пелет, горионици на пелет - снаге до 50 kW,
- котлови средње снаге – котлови за сагоревање сечке, пиљевине, пољопривредне биомасе - мали и средњи комунални котлови – снаге до 500 kW (мали) и снаге до 5 MW (средњи)
- котлови велике снаге – индустријски и енергетски котлови – снаге веће од 5 MW.

Мали и средњи уређаји за сагоревање првенствено се користе за добијање топлоте и могу се употребљавати за (Табела 5.1):

- директно загревање - пећи које ослобађају топлоту у простору у коме је пећ постављена. Стандардима није предвиђено да буду снаге веће од 50 kW, а многи уређаји који припадају овој групи имају снагу и мању од 10 kW;
- индиректно загревање - котлови за централно грејање једног или више стамбених или пословних објеката, као и котлови за даљинско грејање. Мањи котлови раде са водом као радним флуидом, док већи котлови могу да производе и пару која се, такође, користи за загревање. Европским стандардима су дефинисани котлови на чврста горива за примену у домаћинствима снаге до 50 kW и већи котлови номиналне снаге до 300 kW);
- кување - уређаји намењени за употребу у домаћинствима или у пословним објектима у којима се припрема храна често и често се изводе у комбинацији са директним/индиректним загревањем простора;
- декорацију постора (камини).

У неким случајевима, један уређај може имати вишеструку употребу, нпр. штедњак, поред своје основне функције (кување), врши и загревање простора у коме се налази (директно загревање), а

може имати и уграђен размењивач топлоте преко ког би се обезбеђивала топлота за неки мањи систем централног грејања (индиректно загревање).

Табела 5.1: Области примене загревних уређаја на чврста горива и подела према номиналној снази

Намена	Уређаји за домаћинство (kW)	Комунални/индустријски уређаји		
		мали (kW)	средњи (MW)	велики (MW)
Директно загревање	20 - 35	< 50	-	-
Индиректно загревање	< 50	< 300	0,3 - 0,5	5 - 20
Кување	< 50	< 300	-	-
Декорација	20 - 35	< 50	-	-
Индустријски процеси	-	< 300	0,3 - 0,5	5 - 20

Подела уређаја средњих и већих снага за сагоревање биомасе може се извршити и према условима у којима се врши сагоревање (технологија сагоревања) и то:

- котлови са сагоревањем у флуидизованом слоју
- котлови са сагоревањем на решетки
- котлови са сагоревањем у лету.

За сваку од наведених технологија сагоревања постоји неколико варијантних решења која зависе од максималне величине комада (честица) за сагоревање, начина дозирања биомасе и др. Примена наведених технологија сагоревања биомасе приказана је у Табели 5.2 [3], а могућности примене различитих технологија у зависности од облика биомасе у Табели 5.3 [3]. Предности и недостаци различитих технологија сагоревања приказане су у Табели 5.4 [3].

Табела 5.2

Технологија сагоревања	Примена
Сагоревање у флуидизованом слоју	<ul style="list-style-type: none"> - у зависности од врсте флуидизованог слоја може се користити за различите снаге (до 1 MW_{th} – межурасти флуидизовани слој, до 30 MW_{th} – циркулациони флуидизовани слој) - биомаса различите гранулације - биомаса са повишеним садржајем влаге и пепела - могућност коришћења биомасе у мешавини са другом врстом горива
Сагоревање на решетки	<ul style="list-style-type: none"> - непокретна решетка (до 1 MW_{th}) - покретна решетка (до 10 и више MW_{th}) - биомаса са повишеним садржајем влаге и пепела - важна дистрибуција ваздуха по попречном пресеку решетке
Сагоревање у лету	<ul style="list-style-type: none"> - погодна технологија за велика посторјења - неопходно довољно уситњено гориво (скуп процес) - могућност коришћења биомасе у мешавини са другом врстом горива - потребно је регулисати температуру сагоревања како не би дошло до топљења пепела

Табела 5.3

Облик	Максимална величина комада	Систем дозирања	Технологије сагоревања
Растресито стање	< 5 mm	Директно убацивање, пнеуматски транспорт	Сагоревање у лету, циклонска ложишта, флуидизовани слој
	< 50 mm	Пужни дозатор	Сагоревање на решетки, флуидизовани слој
	< 100 mm	Дозатори са вибрацијом	Сагоревање на решетки, флуидизовани слој
	< 500 mm	Коса раван	Сагоревање у лету, сагоревање на решетки, флуидизовани слој
Уситњене бале	< 50 mm	Опрема за уситњавање, пнеуматско дозирање или пужни дозатор	Сагоревање у лету, сагоревање на решетки, флуидизовани слој
Бале	бале	Хидраулички дозатор	Сагоревање на решетки
Пелети	< 30 mm	Пужни дозатор	Сагоревање на решетки, флуидизовани слој
Брикети	< 120 mm	Коса раван	Сагоревање на решетки, флуидизовани слој

Табела 5.4

Предности	Недостаци
Сагоревање у флуидизованом слоју	
Ниска емисија NO _x , велика флексибилност врсте горива и гранулације, висок степен корисности, могућност смањења емисије SO _x	Високо трошкови одржавања, могућност стварања наслага, повећана ерозија измењивачких површина
Сагоревање на решетки	
Ниски инвестициони трошкови, ниски трошкови одржавања, мали садржај несагорелог у пепелу	Мала флексибилност у раду у погледу врсте биомасе, мањи степен корисности због већег вишка ваздуха, нехомогени услови у зони сагоревања
Сагоревање у лету	
Добра контрола процеса сагоревања, висок степен корисности, ниска емисија NO _x	Скупа припрема горива, лоша флексибилност при промени квалитета горива, неопходна опрема за самњење емисије прашкастих материја (летећи пепео), могућност лепљења пепела на измењивачке површине

За сагледавање могућности коришћења биомасе у различитим постројењима, потребно је узети у обзир различите параметре и то:

снага постројења

број сати рада постројења у току године

потребан број возила за допрему потребне количине биомасе до постројења

потребну површину земљишта за производњу потребне количине биомасе.

Приказ ових параметара за различите врсте постројења дат је у Табели 5.5 [3].

Табела 5.5

Врста постројења	Снага постројења/Број сати рада постројења	Потребна количина биомасе (t суве биомасе/год.)	Потребан број возила за допрему потребне количине биомасе до постројења	Потребна површина земљишта за производњу потребне количине биомасе (% у оквиру посматраног радијуса)
Топлана – мале снаге	100-250 kW _{th} 2.000 h	40-60	3-5/год.	1-3 % у радијусу од 1 km
Топлана – велике снаге	250 kW _{th} -1 MW _{th} 3.000 h	100-1.200	10-140/год.	5-10 % у радијусу од 2 km
Електрана са комбинованом производњом – мале снаге	500 kW _e -2 MW _e 4000 h	1.000-5.000	150-500/год.	1-3 % у радијусу од 5 km
Електрана са комбинованом производњом – средње снаге	5-10 Mw _e 5.000 h	30.000-60.000	5-10/дан	5-10 % у радијусу од 10 km
Електрана – велике снаге	20-30 Mw _e 7.000 h	90.000-150.000	25-50/дан и ноћ	2-5 % у радијусу од 50 km

Литеартура

[1] http://www.jie.or.jp/biomass/AsiaBiomassHandbook/English/Part-4_E.pdf

[2] ***: Biomass Combustion Technology / Combustion

[3] Илић М. и аутори: Енергетски потенцијал и карактеристике биомасе и технологије за њену примену и енергетско искоришћење у Србији, НП ЕЕ611-113А, Београд, 2003.