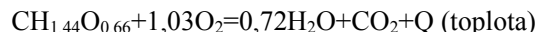


## 7 САГОРЕВАЊЕ БИОМАСЕ

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.

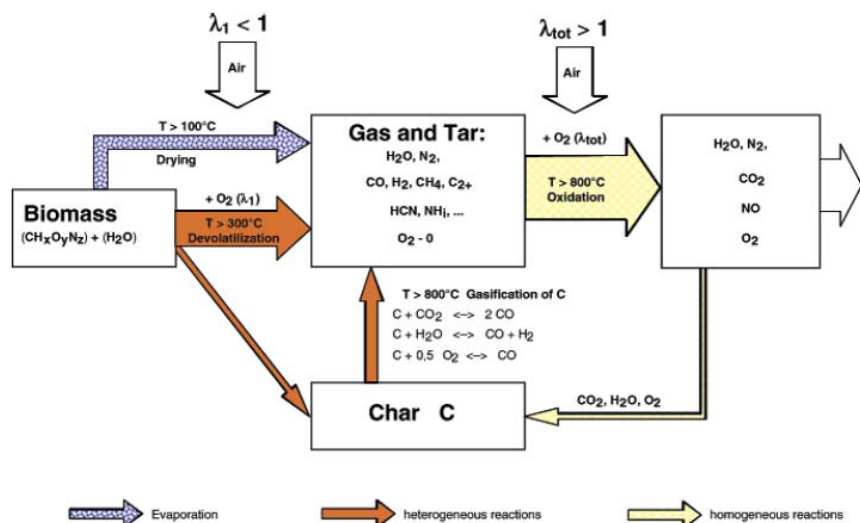
У општем случају при сагоревању чврстих горива разликују се четири карактеристична периода у процесу сагоревања:

- I период – период закашњење 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.

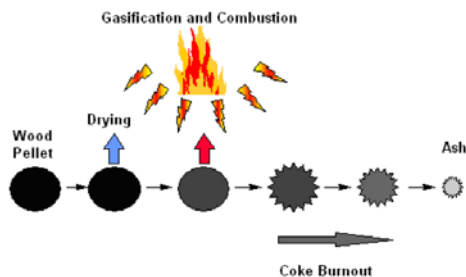
Приликом оваквог разматрања одвијања процеса сагоревања чврсте биомасе (чврстих биогорива) треба нагласити да је наведена подела условна и да се не могу повући јасне границе између појединих фаза сагоревања. Процес сагоревања се континуално одвија и често се за време сагоревања горивих испарљивих материја јавља почетак сагоревања коксног остатка, тако да III фаза уопште не постоји.

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.

Процес сагоревања биомасе, као и сви процеси чврстих горива, састоји се из неколико фаза (Слике 7.1 и 7.2).



Слика 7.1: Фазе сагоревања биомасе [1]



Слика 7.2: Фазе сагоревања пелета од биомасе

Процес сагоревања биомасе одвија се кроз истовремено одвијање хомогених и хетерогених хемијских реакција. Најважније фазе процеса сагоревања су (Слика 7.1):

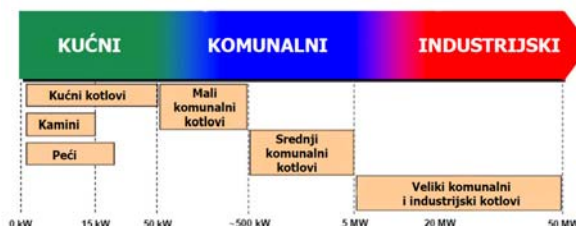
- сушење - процес почиње на температурама изнад  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  и у условима у којима је најчешће  $\lambda < 1$ ;
- деволатилизација - процес почиње на температурама изнад  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  и током процеса термичког разлагања настају летљиви и тврди остатак – коксни остатак;
- сагоревање гасовите фазе (сагоревање летљивих) – процес сагоревања се одвија на температурама изнад  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  и при  $\lambda > 1$ , хомогене хемијске реакције и
- сагоревање коксног остатка - процес сагоревања се одвија на температурама изнад  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  и при  $\lambda > 1$ , хетерогене хемијске реакције. У хемијским реакцијама учествују делимично и продукти настали током сагоревања летљивих.

Време одвијања сваке од наведених фаза зависи од величине комада чврсте биомасе, карактеристика биомасе, температуре и услова сагоревања.

При сагоревању малих комада (честица) биомасе постоји јасно разграничење између процеса сагоревања летљивих и сагоревања коксног остатка. Приликом пројектовања уређаја за сагоревање (пећи, котлови) за ову врсту горива, потребно је узети у обзир садржај летљивих (80-85 %). За сагоревање великих комада биомасе, карактеристични периоди сагоревања се међусобно преклапају у одређеном степену. Међутим, током сагоревања гревног дрвета, одређено раздвајање појединих периода сагоревања током времена могуће је уочити, посебно у случајевима када не постоји аутоматско довођење гревног 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 7.3.



Слика 7.3: Подела уређаја за сагоревање

Сви уређаји за сагоревање, без обзира на снагу и конструкцију, морају да обезбеде:

- енергетске карактеристике (називна топлотна снага, степен корисности);
- еколошке карактеристике (емисија  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ , 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, за

- комбиновани котао-штедњак – температура у пећници, температура у спремнику за гориво, температуре ручица итд.)
- могућност регулисања оптерећења (номинална и редукована топлотна снага);
- поузданост у раду;
- спречавање појаве зашљакивање ложишта;
- могућност лаког и једноставног опслуживања.

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 7.1):

- 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 7.1: 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 7.2[2]. Предности и недостаци различитих технологија сагоревања приказане су у Табели 7.3 [2].

Табела 7.2

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

Табела 7.3

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

Литеартура

- [1] \*\*\*: Biomass Combustion Technology / Combustion
- [2] Илић М.. и аутори: Енергетски потенцијал и карактеристике биомасе и технологије за њену примену и енергетско искоришћење у Србији, НП ЕЕ611-113А, Београд, 2003.