

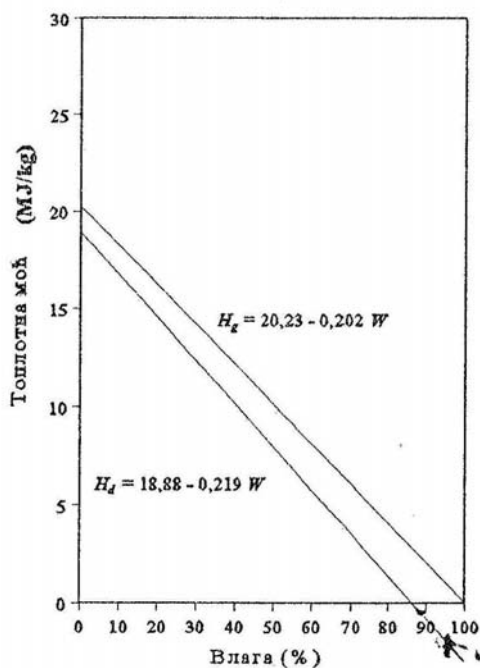
3 БИОМАСА

3.1 Дрво

Дрвена маса конвертује око 1% Сунчевог зрачења. Од укупне количине ове биомасе може се користити као гориво око 75%, јер се део налази у лишћу, корену, гранчицама и пањевима.



Слика 3.1



Слика 3.2

Структура суве масе дрвета састоји се у основи из целулозе ($C_6H_{10}O_5$) и лигнина сложеног једињења угљеника, водоника и кисеоника), а у малим количинама налази се смола, восак, масноће, беланчевине, танин и минералне примесе. Састав органске масе дрвета мало се разликује зависно од врсте дрвета и може се представити општим саставом:

$$C_o=50\%, \quad H_o=6\%, \quad O_o=43\%, \quad N_o<1\%$$

У дрвету практично нема сумпора, па се дати састав сведен на органску масу може сматрати и саставом сведеним на чисту гориву масу. Садржај пепела апсолутно сувог горива је незнатан (1-2%), а с обзром на топлівост пепела је лако топлів. Садржај воде код дрвета у природи је у границама од 45 до 65%, а при складиштењу на ваздуху у периоду до 2 године смањује се на 18-20%.

Структура дрвета се битно разликује у радијалном и подужном правцу (Слика 3.1), што значајно утиче и на процес сушења, као и на карактеристике дрвета у различитим термохемијских процесима.

Као последица практично непромењеног састава органске масе дрвета, топлотна моћ је приближно стална и износи 18,4 MJ/kg.

Садржај воде знатно смањује топлотну моћ: за радну масу дрвета израчунава се према обрасцу Kirsh-a (Кирша):

$$H_{dr}=18,4-0,209W_r, \text{ MJ/kg}$$

Значајне карактеристике дрвне биомасе су:

- Специфична тежина – бездимензиона вредност, представља однос густине воде (на 4°C) и дрвне биомасе (у сувом стању). Специфична тежина је 1,5.
- Густина: однос масе и запремине дрвне биомасе.
- Насипна густина – физичко својство насутог материјала (биомасе). Однос масе и укупне запремине насутог материјала.

Врсте горива добијеним од дрвне биомасе су:

- огревно дрво (цепанице)
- сечка
- остаци од прераде дрвета
- брикети
- пелети.

3.2 Огревно дрво

Огревно дрво представља најстарији вид горива који је коришћен у различитим врстама пећи и котлова. С обзиром да се огревно дрво може на различите начине испоручивати до крајњих потрошача, користе се и различите мерне јединице за количину и то:

- пуни кубни метар (m^3) – представља запремину коју у потпуности испуњава дрво, односно представља запремину дебла
- просторни метар кубни (просторни m^3) - јединица мере која се користи за уредно сложене цепанице (најчешће се означава као pm^3)
- насипни метар кубни (насипни m^3) – представља запремину коју заузимају цепанице, укључујући и међупростор између њих (најчешће се означава као nm^3).

Веза између наведених мерних јединица које се користе за огревно дрво приказане су у Табели 3.1.

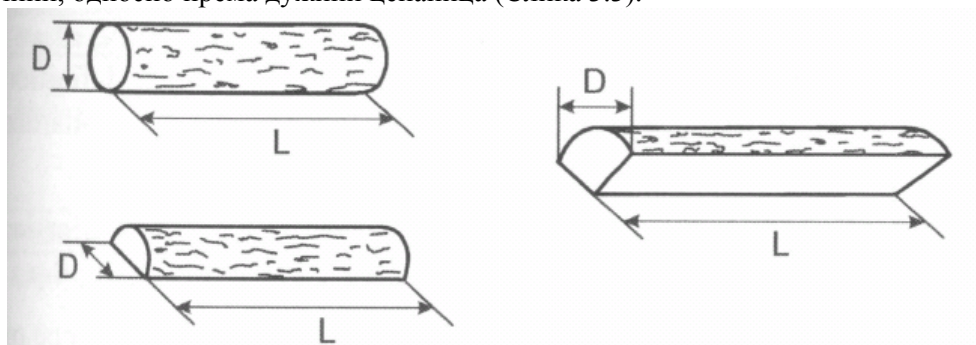
Табела 3.1

Vrste	Trupci	Cjepanice od 1 metra		Izrezane cjepanice		Drvena sječka	
				složeni	nasipni	fino (G30)	srednje (G50)
	m^3	prostorni m^3	prostorni m^3	nasipni m^3	nasipni m^3		
1 m^3 trupaca	1	1,4	1,2	2,0	2,5	3,0	
1 prostorni m^3 cjepanica od 1 metra	0,7	1	0,8	1,4	(1,75)	(2,1)	
1 prostorni m^3 izrezanih cjepanica	0,85	1,2	1	1,7			
1 nasipni m^3 izrezanih cjepanica	0,5	0,7	0,6	1			
1 nasipni m^3 fine drvene sječke	0,4	(0,55)			1	1,2	
1 nasipni m^3 srednje drvene sječke (G50)	0,33	(0,5)			0,8	1	

Напомена: 1 тона дрвне сјеčke G30 s M35% одговара приближно 4 насипна m^3 дрвне сјеčke смреке и 3 насипна m^3 дрвне сјеčke букве.



У свету, последњих година посебна пажња посвећује се класификацији и развоју стандарда који дефинишу квалитет различитих врста горива од биомасе. За огревно дрво дефинисана је подела према величини, односно према дужини цепаница (Слика 3.3).



Слика 3.3

3.3 Сечка

Сечка (Wood chips) је уситњена дрвна биомаса дефинисане величине комада (дужина 5-50 mm, релативно мала дебљина), добијена коришћењем оштрих алата (ножеви) – Слика 3.4. Код сечке разликују се две карактеристичне димензије (дужина и ширина), док је дебљина сечке релативно мала у односу на претходне. За разврставање сечке по величини користе се посебни уређаји за просејавање (Слика 3.5).



Fig. 2. Example of particles in the manually prepared and coloured standard wood chip sample (SF1, left) and hog fuel sample (SF2, right).



Слика 3.4



Слика 3.5

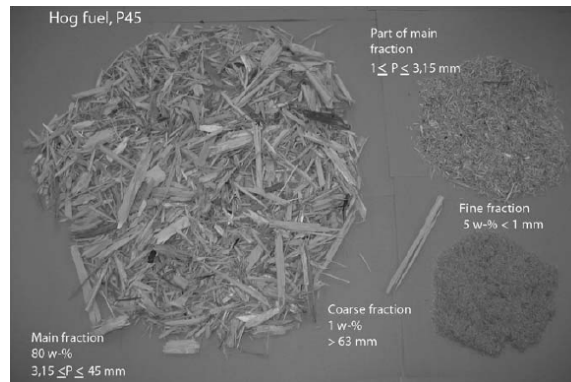
Сечка према начину добијања може бити:

- сечка из индустријске прераде: дрвна сечка настала као спопредни производ у индустрији прераде дрвета, са кором или без ње
- сечка од дрвета из шуме: дрво из шума у облику дрвне сечке.

Ова врста горива је погодна за сагоревање у индустријским котловима, јер има уједначен квалитет и могућ је континуирани довод горива, што омогућава потпуну аутоматизацију процеса сагоревања. Процес производње сечке од дрвне биомасе је није значајно „енергетски захтеван“ и у том смислу ова врста горива има одређену предност у односу на пелете, посебно за примену у индустријским котловима.

3.4 Остаци од прераде дрвета

Остатке од прераде дрвета представљају комаде дрвета различите величине и облика који настају при дробљењу или ситњењу дрвета тупим алатима (Слика 3.6).



Слика 3.6

3.5 Пелети

Пелети од биомасе представљају савремени облик претходно припремљене чврсте биомасе који се користе у процесима сагоревања (савременим пећи и котлови мале снаге за грејање у домаћинствима, већи индустријски котлови и котлови у енергетским постројењима). Основна предност пелета је велика густина у поређењу са другим необрађеним облицима чврсте биомасе. Тиме се отклања један од најзначајнијих недостатка биомасе као горива, мала енергетска густина, услед чега се смањују трошкови руковања, складиштења и транспорта.

Пелети од биомасе су цилиндричног облика пречника 6 – 10 mm и дужине 10 – 30 mm. У поређењу са чврстим фосилним горивима пелети имају знатно мањи садржај пепела и влаге, већи садржај горивих испарљивих материја и топлотну моћ на нивоу мрког угља. Због постојаног и дефинисаног квалитета, као и због униформности облика и величина пелети од биомасе омогућавају континуирани начин довођења горива, што омогућава потпуну аутоматизацију процеса и олакшава употребу оваквог чврстог биогорива.

Са друге стране процес производње пелета од биомасе је изузетно „енергетски захтеван“ у смислу да је потребно уложити велику количину енергије у технолошким процесима млевења, сушења и сабијања.

Као сировина за производњу пелета од биомасе може се користити практично било који облик чврсте биомасе, без обзира на порекло и карактеристике. Међутим, управо од избора сировине зависи технолошки процес (млевења, сушења и сабијања). Од изузетног је значаја за поступак пелетирања да сировина поседује дефинисан садржај влаге и одговарајућу гранулацију, како би се добио производ задовољавајућег квалитета. Тако на пример сировине са већим садржајем влаге и сировине коју чине крупнији комади захтевају утрошак више енергије у процесу производње у циљу интензивнијег сушења и уситњавања. Из тог разлога као најчешће коришћена сировина за производњу пелета се користи дрвна пиљевина која настаје као нуспроизвод у индустрији прераде дрвета и индустрији намештаја. Најчешће коришћене сировине за производњу пелета од биомасе су:

- четинарско и листопадно дрво,
- кора дрвета,
- енергетске биљке,
- остаци из пољопривредне производње.

Поступак производње пелета од биомасе започиње избором сировине за њихову производњу. С обзиром да постоји велики број врста и облика сировина различитих физичко-хемијских карактеристика, за сваку од њих неопходно је дефинисати одговарајуће претходне припремне радње пре употребе, које се односе на специфичности при транспорту, складиштењу и руковању у постројењима за производњу пелета.

У општем случају поступак производње пелета састоји се од механичко-технолошких процеса који се могу груписати у три целине:

- Припрема сировине - представља групу механичко-технолошких процеса која обухвата уситњавање (млевење или сечење), сушење и кондиционирање сировине
- Пелетирање - представља механичку операцију сабијања припремљеног материјала сировине кроз одговарајућу матрицу у циљу формирања пелета
- Обрада после производње - завршни процес у поступку производње пелета је хлађење производа.

3.6 Торификовани пелети

Торификација је процес који може да побољша карактеристике биомасе, као што су висок садржај кисеоника, ниска топлотна моћ, висок садржај влаге. Истовремено, влакнаста структура и хетероген састав биомасе могу пројектовање и контролу процеса у којима се користи биомаса у енергетске сврхе учинити значајно сложенијом.

Торификација је технологија која обухвата термички предтретман лигноцелулозних материјала са циљем да се добију квалитетнија горива. Основни циљ процеса торификације је смањење садржаја кисеоника из коначног производа.

Процес торификације је био познат још 1930. године у Француској, али број публикација са резултатима је био релативно мали. Последњих година, истраживања овог процеса су обновљена и све је више истраживања посвећено овој проблематици.

Процес торификације се одвија на релативно ниским температурама, у опсегу од 200-300 °C и то на атмосферском притиску и без присуства кисеоника. Процес торификације може се поделити у више фаза. У процесу торификације настају гасовити, течни и чврсти продукти.

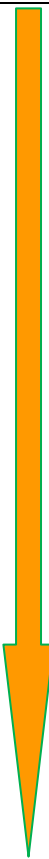
Основне фазе процеса су:

- Почетно загревање – загревање биомасе до температуре када почиње испаравање влаге
- Предсушење: на 100 °C хигроскопска (слободна) влага испарава и то на константној температури.
- Сушење: температура се повећава до 200 °C и физички везана влага (конституциона) испарава. Може доћи и до испаравања неких лакших фракција волатила.
- Торификација: у овој фази одвија се најважнији део процеса. Започиње када температура достигне 200 °C и завршава се када се температура са претходно дефинисане максималне температуре поново врати на 200 °C. Температура торификације се дефинише као максимална температура на којој се одвија процес разлагања и најзначајнији губитак масе.
- Хлађење: торификовани производ се хлади испод 200 °C до претходно дефинисане температуре (собна температура).

3.7 Упоредне карактеристике горива од дрвне биомасе

Упоредне карактеристике горива добијених од дрвне биомасе приказане су у Табели 3.2.

Табела 3.2

Чврста биогорива са малим варијацијама у квалитету тј. карактеристикама горива (нпр. пелети).			Смањење:
Чврста биогорива са средњим варијацијама у квалитету тј. карактеристикама горива (сечка).			- техничких операција (напора) за производњу чврстог биогорива - потребне механизације у ланцу снабдевања - производње и прихода произвођача чврстог биогорива - расположивих продајних места - могућности коришћења у постројењима за термохемијску конверзију великих капацитета.
Чврста биогорива са великим варијацијама у квалитету тј. карактеристикама горива (огревно дрво).			Повећање:
			- трошкова транспорта - варијација у квалитету горива - осетљивости на услове складиштења - потребне техничке опреме у постројењима за термохемијску конверзију.

3.8 Пољопривредна биомаса

У пољопривредну биомасу (пољопривредне остатке) која може да се користи у енергетске сврхе убрајају се:

- остаци у ратарству - остаци од пољопривредних усева: пшеница, јечам, кукуруз, раж, сунцокрет, соја, уљана репица
- остаци у сточарству – течни стајњак
- остаци у воћарству и виноградарству и примарној преради воћа (орезивање воћњака, орезивање винове лозе, замена стабала воћака и чокота лоза).

При разматрању могућности коришћења пољопривредне биомасе неопходно је извршити процену потенцијала. Потенцијал се може дефинисати на више начина и то:

- теоријски потенцијал - укупна количина биомасе која може да се произведе на годишњем нивоу по сировини или отпаду/остатку/нус-производу. Овај потенцијал се израчунава на основу података о коришћеном земљишту и приносу сваке од сировина на земљишту на коме се узгаја,

- технички потенцијал - овај потенцијал узима у обзир и друге могућности коришћења пољопривредне биомасе (заоравање, простирка и за исхрану стоке и др.) и на основу свих расположивих података одређује се технички потенцијал који је мањи у односу на теоријски потенцијал.

Основни проблеми у коришћењу пољопривредне биомасе у енергетске сврхе су:

- релативно велика запремина у односу на масу
- мала запреминска топлотна моћ
- пропадање кроз решетку ложишта.

С обзиром на наведене недостатке пољопривредне биомасе, за коришћење у енергетске сврхе користе се погоднији облици (бале, брикети, пелети).

Коришћење биомасе у енергетске сврхе подразумева читав низ операција које претходне коначној примени:

- убирање
- утовар на превозно средство
- транспорт
- истовар и складиштење
- припрему за примену (сагоревање или производњу других врста горива).

Ови поступци се разликују у зависности од врсте пољопривредне биомасе, а чак и за исту врсту биомасе поступци се могу разликовати.

Општа карактеристика пољопривредних остатака је њихова релативно велика запремина у односу на масу („складишна запремина“), па тиме и мала запреминска топлотна моћ (Табела 3.3, Слика 3.7). Густина биомасе значајно утиче на цену манипулације, транспорта и складиштења, па се због тога врши пресовање пољопривредне биомасе (бале, брикети, пелети).

Пољопривредна биомаса може се припремати, односно пресовати у облику бала. Бале могу бити различите по облику и димензијама. Основне карактеристике бала приказане су у Табели 3.4, а предности и недостаци у Табели 3.5.

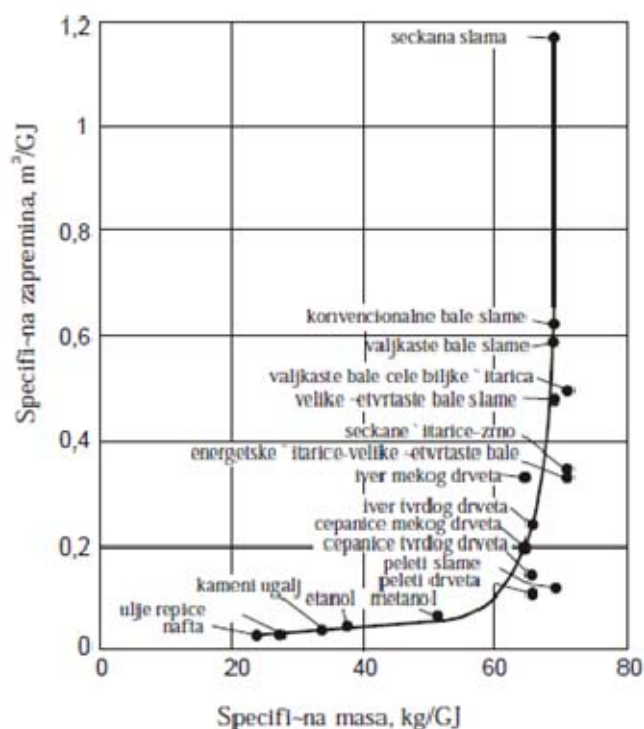
Табела 3.3: Складишна густина и запреминска топлотна моћ сламе у зависности од припреме

Облик припреме	Густина (kg/m^3)	H (kJ/m^3) [*]
без пипреме	35-70	385-770
гранулисана	50-100	550-1100
млевена	80-150	880-1650
пресована:		
нормалне бале	70-110	385-1210
округле бале	60-100	660-1100
брикети	400-800	4400-8800

^{*} Рачунато са $H_d = 11 \text{ MJ}/\text{kg}$

Технологија сагоревања биомасе је најстарија и највише коришћена технологија. За коришћење пољопривредне биомасе у процесима сагоревања посебно су значајне следеће катактеристике:

- доња топлотна моћ – посебно је неповољна мала запреминска топлотна моћ, па се за решавање овог проблема обавезно врши сабијање биомасе (бале, брикети, пелети)
- садржај влаге – биомаса са високим садржајем влаге има дужи период сушења, теже се пали, спорије сагорева, потребно веће ложиште и др.



Слика 3.7

Табела 3.4

Врста бале	Маса (kg)	Влага (%)	Број бала за 1 t сламе
Конвенционалне	10-50	15-20	~ 40
Ваљкасте	150-700	15-20	3-6,5
Велике четвртaste	500-600	15-20	1,7-5

Табела 3.5

Врста бале	Предности	Недостаци
Конвенционалне	Цена пресе, добро складиштење, могућност сагоревања целих бала	Ручна манипулација, висок утрпак везива
Ваљкасте	Умерена цена пресе, механизована манипулација	Највиши утрпак везива, неопходно везивање, могућност деформисања, теже транспортовање, већи складишни простор
Велике четвртaste	Виши притисак сабијања, погодне за транспорт, погодне за складиштење	Висока набавна цена, неопходна посебна средства за манипулацију

Последњих година производња пелета од пољопривредне биомасе постаје предмет све већег интересовања и то из следећих разлога:

- недовољне количина дрвне биомасе за енергетске потребе
- велике расположиве количине пољопривредна биомаса
- једноставнијег коришћење пољопривредне биомасе у облику пелета (већа механичка чврстоћа, лакши транспорт, боље сагоревање са мањом емисијом штетних материја) .