

5 ЧВРСТА ГОРИВА - БИОМАСА

Чврста горива, па самим тим и биомаса, се могу разврстати на више начина. У наставку, биће приказане кључне карактеристике чврстих горива, на основу којих се врши њихова оцена и могућност оптималног коришћења.

5.1 ТЕХНИЧКА АНАЛИЗА ЧВРСТИХ ГОРИВА

Поред елементарне анализе, која је неопходна за низ топлотних прорачуна, за оцену могућности адекватне примене једног горива, а нарочито чврстих (биомасе), користи се такозвана техничка анализа. Техничка анализа се заснива на термичком разлагању масе горива. термичко разлагање горива представља процес који прати све видове коришћења чврстих горива (Слика 5.1) при чему се добијају испарљиве и неиспарљиве материје. С обзиром на сложеност, материја чврстих горива, и у испарљивом и у неиспарљивом делу горива налазе се гориве и негориве компоненте.

Подела масе горива према наведеним критеријумима на четири групе узима се за основу техничке анализе, а одговарајућа подела дата је на Слици 5.1. Оваква подела масе горива може се повезати са фазама у сагоревању горива (биомасе) и то (Слика 5.2):

- сушење (издвајање влаге из масе горива/биомасе)
- пиролиза и гасификација (издвајање горивих испарљивих материја – волатила), паљење и сагоревање волатила
- сагоревање коксног остатка.



Слика 5.1: Основни подаци техничке анализе горива (значајни за све процесе засноване на термичком разлагању горива)

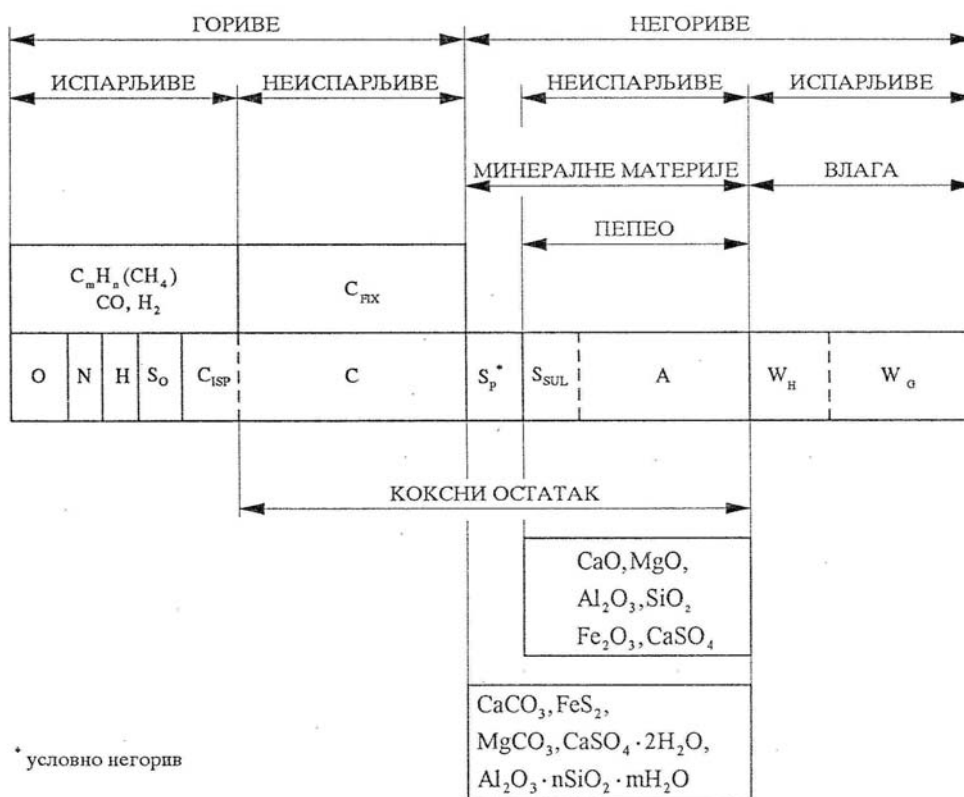


Слика 5.2: Фазе сагоревања биомасе

На основу претходне анализе, може закључити да су основни подаци техничке анализе (Слика 5.3):

- садржај грубе влаге и садржај хигроскопске влаге – садржај негоривих испарљивих материја,
- садржај горивих испарљивих материја (волатили), у чијем се саставу налазе испарљиви угљеник и водоник (најчешће везани међусобно у оквиру угљоводоника), као и кисеоника и азот,
- садржај негоривих неиспарљивих материја – садржај минералних материја (пепео),
- садржај коксног остатка – горивих и негоривих неиспарљивих материја.

Поред ових карактеристика, подаци техничке анализе су још топлотна моћ, понашање пепела на повишеним температурама (топливост пепела), дужина и боја пламена, изглед и структура коксног остатка и др.



Слика 5.3. Техничка анализа чврстих горива

5.2 ПЕПЕО

Пепео који се налази у биомаси доводи до погоршања преноса топлоте на грејне површине, а самим тим и до погоршања процеса загревања и испаравања воде, прегревања паре и загревања ваздуха.

Изузетно важна карактеристика је понашање пепела на повишеним температурама, када долази до топљења пепела и његовог лепљења по озиду и грејним површинама. Образовање наслага пепела на грејним површинама котла, огледа се у знатном смањењу коефицијента пролаза топлоте.

Понашању пепела добијеног сагоревањем биомасе посвећује се посебна пажња јер овај пепео има склоност ка топљењу на температурама нижим у односу на пепео који потиче од сагоревања угљева. Ниске температуре топљења су посебно изражене при сагоревању пољопривредне биомасе.

Утицај наслага пепела на пренос топлоте анализира се на примеру загревања воде или водене паре топлотом димних гасова у случају да на цевима нема наслага пепела и у случају да постоје насlage на цевима.

Ако се посматра чиста цев дебљине δ , познатог коефицијента провођена топлоте λ која се са једне стране загрева топлотом димних гасова, а са друге хлади водом или воденом паром, онда се коефицијент пролаза топлоте може представити изразом:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

где су:

- k – коефицијент пролаза топлоте,
 α_1 (W/m^2K) – коефицијент пролаза топлоте од димних гасова на чисту цев која се налази у струји димних гасова,
 α_2 (W/m^2K) – коефицијент пролаза топлоте од зида цеви на пријемник топлоте,
 δ/λ (m^2K/W) – отпор провођењу топлоте кроз зид цеви.

Промена температуре представљена је на Слици 5.4а.

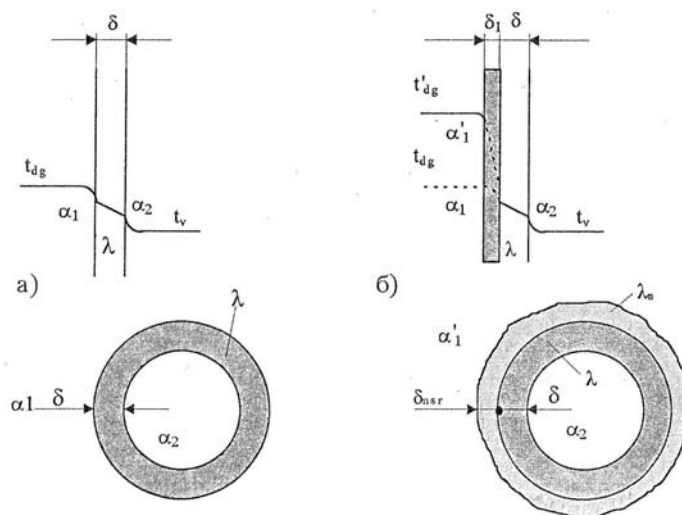
Ако са стране димних гасова дође до стварања наслага пепела промениће се и коефицијент прелаза топлоте α_1 , а јавиће се слој пепела, чврсто прионулог за зид цеви, дебљине δ_n и коефицијента проводљивости топлоте λ_n .

Коефицијент пролаза топлоте погоршаће се тако да ће његова вредност бити:

$$k' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1'} + \frac{\delta_{nsr}}{\lambda_n} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

- α_1' (W/m^2K) – коефицијент пролаза топлоте од димних гасова на спољашњу површину наслага пепела. Како су облик и храпавост чисте и задрљане цеви различити, α_1' разликоваће се од α_1 .

Промена температуре приказана је на Слици 5.4б. Као што се из слике може закључити, да би се остварила иста температура воде или водене паре, потребно је повећати потрошњу горива, односно довести већу количину топлоте, што погоршава степен корисности постројења (котла), а истовремено, посматрано у дужем временском интервалу, води механичком преоптерећењу материјала цеви. Такође, ово води повишењу температуре димних гасова на излазу из ложишта и на крају котла.



Слика 5.4

Присуство слоја пепела на грејним површинама утиче и на размену топлоте зрачењем. При стварању наслага око чисте цеви долази до повећања температуре спољне површине слоја у односу на температуру зида чисте цеви, тј. до смањења разлике температура која у изразу за размењену топлоту фигурише на четвртном степену.

Према температури топљења, пепео се може разврстати у неколико група. Пепео је:

- лако топљив, уколико је температура топљења нижа од $1200^{\circ}C$,
- средње топљив, ако је температура топљења од 1200 до $1350^{\circ}C$,
- тешко топљив, ако је температура топљења од $1350-1500^{\circ}C$,

– практично нетопљив, ако је температура топљења пепела виша од 1500°C.

Оваква подела, и поред тога што се често користи, није коректна: пепео, као мешавина више компонената нема једну одређену температуру топљења. Појава топљења се јавља у одређеном температурском интервалу, чији су положај и опсег од изузетног значаја за примену.

Примена такозваног „индекса топљивости“ има већи значај са аспекта примене. Индекс топљивости се дефинише односом тешко и лако топљивих оксида:

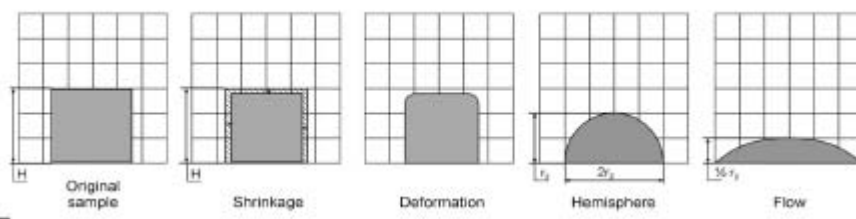
$$F = \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{FeO + Fe_2O_3 + CaO + MgO + ..}$$

Према индексу топљивости, пепео може бити:

- лако топљив, уколико је $F = 0,2-1,5$
- средње топљив, уколико је $F = 1,5-2,5$
- тешко топљив, ако је $F = 2,5$

За оцену понашања пепела на повишеним температурама, коју је у лабораторијским условима тешко у потпуности симулирати, може да се оцени и на основу промене геометрије узорка пепела (Слика 5.5), при чему се разликују следеће температуре:

- Температура омекшавања
- Температура деформације
- Температура полулопте
- Температура разливања (течења).



Слика 5.5: Карактеристични облици узорка пепела за које се региструју одговарајуће температуре

5.3 ГОРИВЕ ИСПАРЉИВЕ МАТЕРИЈЕ

Гориве испарљиве материје су значајне приликом термичког разлагања биомасе, како у процесима сагоревања, тако и у различитим процесима гасификације и пиролизе. Услед наглог загревања биомасе приликом сагоревања или других процеса (гасификације и пиролизе), долази до издвајања горивих и негоривих испарљивих материја. Настале гориве испарљиве материје образују са околним кисеоником смешу, која је, зависно од степена загрејаности, способна да се упали. Сагоревањем горивих испарљивих материја почиње обично процес сагоревања биомасе.

Термичким разлагање биомасе, при чему се издвајају гориве испарљиве материје (волатили), настаје коксни остатак. Ово није карактеристично само за процесе сагоревања, већ и све остале процесе трансформација.

Састав горивих испарљивих материја у подацима техничке анализе, преко елемената ($C_{isp} + N + O + N$) не даје довољно података за процену понашања и анализу процеса деволатилизације, односно термичког разлагања. Наведени елементи су углавном међусобно сједињени, сем водоника који може бити и елементаран и у оквиру осталих виших угљоводоника. CH_4 , CO и CO_2 чине 80-90% свих волатила.

Количина и састав горивих испарљивих материја зависе од низа утицајних величина:

- врсте биомасе,

- брзине загревања,
- максималне температуре при загревању,
- времена излагања максималној температури и др.

Што је садржај горивих испарљивих материја већи, то је лакше паљење и утолико брже сагоревање. Истовремено, што је садржај горивих испарљивих материја већи, њиховим сагоревањем развиће се већа количина топлоте, па ће се процес сагоревања лакше одвијати. Упоредни преглед садржаја волатила у различитим врстама чврстих горива дат је у Табели 4.1.

Табела 4.1

Врста горива	Садржај волатила (% <i>m/m</i> , чиста горива маса)
Дрво	85
Лигнит	50-60
мрки угљеви	35-50
Антрацит	4-7

5.4 ЗНАЧАЈ ПОДАТАКА ТЕХНИЧКЕ АНАЛИЗЕ

Свака од карактеристика, које су до сада разматране, има много шире значење и често пресудан утицај на целокупан систем, у коме се биомаса користи. Ово се најбоље може уочити на примеру биомасе, при чему се сагледава снабдевање, конверзија у друге облике или видове енергије и емисије из процеса сагоревања. Због великог броја специфичности биомасе у односу на друге врсте чврстих горива, за потпуно сагледавање могућности коришћења биомасе потребно је вршити велики број различитих анализа које омогућавају одређивање:

- хемијског састава,
- биохемијског састава,
- физичког састава,
- физичких карактеристика и
- конверзионих карактеристика.

Зависност између појединих карактеристика биомасе приказана је на Слици 5.6.

Биомаса	снабдевање		конверзија				емисије		
	транспорт	складиштење	припрема (предтретман)	(ко-)сагоревање	(ко-)гасификација	пиролиза	дигестија/ ферментација	пречишћавање гасова	емисије
Хемијски састав									
• С, Н, О, N, S, Cl&F									
• алкални елементи									
• тешки метали									
• састав пепела									
Биохемијски састав									
• целулоза									
• лигнин									
Физички састав									
• садржај влаге									
• садржај волатила									
• садржај пепела									
Физичке карактеристике									
• густина									
• насипна густина									
• расподела величине честица									
• морфологија									
• отпорност на трошење									
• механичка чврстоћа									
• карактеристике растворљивости									
Конверзионе карактеристике									
• реактивност									
• топљивост пепела									
• горња топлотна моћ									
• карактеристике синтеровања									

Слика 5.6

6 БИОМАСА – Дефиниције

С обзиром на разноврсност биомасе и технологије за њено коришћење у енергетске сврхе, уведен је велики број дефиниција са циљем да се што прецизније опишу различите врсте горива и њихове карактеристике. У наставку, приказане су најважније дефиниције које се односе на биомасу, горива добијена из биомасе и карактеристике биомасе.

- Извори биогорива: дрвна биомаса, биљна биомаса, биомаса од воћака, мешавине и природне мешавине биомасе.
- Чврста биогорива – дефинишу се следећим подацима: извор/порекло, облицима којима се тргује, својствима и одговарајућим класификацијама и спецификацијама.
- Биомаса - са научног и техничког становишта, материјал биолошког порекла осим материјала који се налази у геолошким формацијама и/или који је претворен у фосиле.
- Ланац снабдевања - целокупан процес руковања и прераде сировина до места испоруке крајњем кориснику.
- Природна мешавина биогорива - биогориво настало природним или ненамерним мешањем различитих биогорива и/или различитих врста биомасе.
- Остаци биомасе - биомаса која потиче од дефинисаних пратећих производа (нупроизвода) из пољопривреде, шумарства и повезаних индустријских активности.
- Енергетске културе/пољопривредне културе за гориво - дрвне или биљне културе које се узгајају специјално због својих погодности да се користе као гориво. У ову категорију убрајају се: дрво из енергетских шума, трава за енергетске потребе, дрво из енергетских плантажа.
- Мешавина биогорива - биогориво које се добија наменским мешањем различитих биогорива.
- Биогориво брикет - сабијено биогориво произведено са или без адитива чије су јединице у облику коцке, полиедра или ваљка, које се производи сабијањем уситњене биомасе. Сировина за брикете може бити дрвна биомаса, биљна биомаса, биомаса од воћака, мешавина биомасе и природна мешавина биомасе. Биогориво брикет се обично производи у преси са клипом. Укупна влага биогорива брикет је обично мања од 15% масе у примљеном стању.
- Биогориво пелет - сабијено биогориво произведено од уситњене биомасе са или без адитива обично цилиндричног облика, насумичне дужине обично од 3,15 до 40mm и покиданих крајева. Сировина за биогориво пелет може бити дрвна биомаса, биљна биомаса, биомаса од воћака или мешавина биомасе и природна мешавина биомасе. Обично се производе у матрици. Укупна влага биогорива пелет је генерално мања од 10% масе у примљеном стању.
- Дрвна биомаса - биомаса од дрвећа, грмља и жбуња. **НАПОМЕНА:** Овом дефиницијом су обухваћени дрво из шума и плантажа, споредни производи и остаци из индустријске прераде дрвета и коришћено дрво.
- Кора - органско целуларно ткиво које се формира код виших биљака (дрвеће, грмље) са спољне стране зоне раста (камбијум) као омотач око дрвенасте масе.
- Комплетно стабло - стабло заједно са гранама и кореновим системом.
- Обрупци - кратки комади дрвне биомасе који настају када се прережу крајеви трупаца или резане грађе, са или без коре.
- Биогориво у свежњу/свежањ - чврста биогорива која су увезана у свежањ у којем је материјал поређан подужно. **ПРИМЕРИ:** Свежњеви дрвета из енергетских шума и остатака од сече, дрвећа ниског раста или грана и овршака.
- Окорци - делови дрвне биомасе који настају када се разреже трупац при чему једна страна задржава оригиналну заобљену површину стабла, делимично или у потпуности, са или без коре.
- Окрајци - делови дрвне биомасе који настају кројењем резане грађе на којима су остале заобљене површине стабла, са или без коре.
- Сечка од дебла - дрвна сечка произведена од дебла, са или без коре.
- Огревно дрво - сечено и понекад цепано дрво за огрев спремно за употребу које се користи у домаћинствима у уређајима на дрва као што су штедњаци, камини и системи централног грејања. Огревно дрво је обично једнаке дужине, у распону од 150 до 1.000 mm.
- Цепано дрво - дрво за огрев добијено цепањем и/или краћењем тако да је већина материјала дужине 200 mm и више.

- Комадно дрво - дрво исечено или расцепљено оштрим справама за сечење са већином комада типичне дужине који су значајно дужи и грубљи од дрвне сечке. Типична дужина комадног дрвета је 50 до 150 mm.
- Сечка од дрвета из шуме - дрвна биомаса из шума у облику дрвне сечке, споредни производи и остаци из индустријске прераде дрвета, остаци дрвне биомасе који потичу из прераде дрвета као и индустрије целулозе и папира. **НАПОМЕНА:** Видети кора, остаци од плуте, обрупци, окрајци, остаци од плоча влакнатица, муљ од влакана, дрвна прашина од брушења, остаци од плоча иверица, остаци од фурнирских плоча, пиљевина, окорци и дрвна шушка.
- Дрвна сечка - дробљена дрвна биомаса у облику комада дефинисане величине честица, произведена механичким поступком оштрим алатима као што су ножеви. Дрвна сечка је приближно правоугаоног облика типичне дужине од 5 mm до 50 mm и мале дебљине у поређењу са другим мерама.
- Дрво из енергетских плантажа - дрвна биомаса која се узгаја као дрвеће кратке опходње специјално због своје погодности да се користи као гориво.
- Сечка из индустријске прераде - дрвна сечка настала као нуспроизвод у индустрији прераде дрвета, са или без коре.
- Дрво из порушених објеката - коришћено дрво које потиче од рушења зграда или грађевинских објеката.
- Дрво из енергетских шума - дрвна биомаса средње и дуге опходње која се посебно узгаја због своје погодности да се користи као гориво.
- Густина - однос масе и запремине.
- Насипна запремина - запремина материјала укључујући простор између честица.
- Насипна густина - маса одређене количине чврстог горива подељена са запремином контејнера који је напуњен том количином под утврђеним условима.
- Називна густина - однос масе у сувом стању и компактне запремине у сировом стању.
- Густина енергије - однос нето енергетског садржаја и насипне запремине.
- Грубо уситњено биогориво - чврсто биогориво које је механички обрађено у мање комаде помоћу тупих алата. **ПРИМЕРИ:** Уситњена слама, уситњена кора, дробљено гориво.
- Гориво у облку пиљевине - прашкасто гориво типичне величине честица од 1 mm до 5mm. **ПРИМЕРИ:** Пиљевина од дрвета, пиљевина од сламе.

7 БИОМАСА

7.1 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, границама и пањевима.

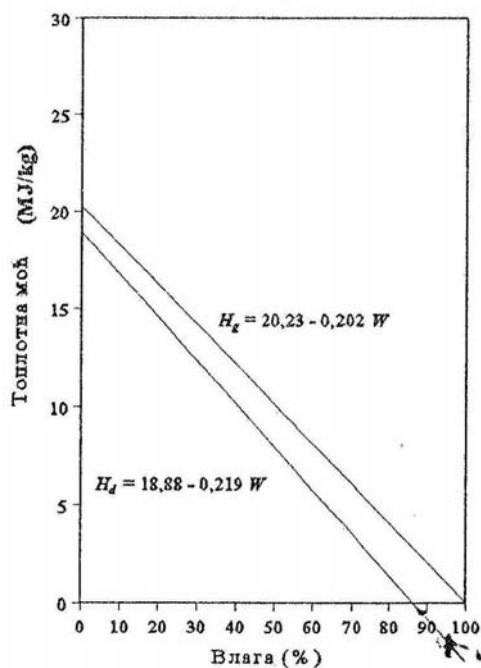


Слика 7.1

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 топлљивост пепела је лако топлљив. Садржај воде код дрвета у природи је у границама од 45 до 65%, а при складиштењу на ваздуху у периоду до 2 године смањује



Слика 7.2

се на 18-20%.

Структура дрвета се битно разликује у радијалном и подужном правцу (Слика 7.1), 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 влаге 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 добијене од дрвне биомасе су:

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

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 prn)
- насипни метар кубни (насипни m^3) – представља запремину коју заузимају цепанице, укључујући и међупростор између њих (најчешће се означава као nm).

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 7.3).



Слика 7.3

Сечка

Сечка (Wood chips) је уситњена дрвна биомаса дефинисане величине комада (дужина 5-50 mm, релативно мала дебљина), добијена коришћењем оштрих алата (ножеви). Код сечке разликују се две карактеристичне димензије (дужина и ширина), док је дебљина сечке релативно мала у односу на претходне (Слика 7.4).



Слика 7.4

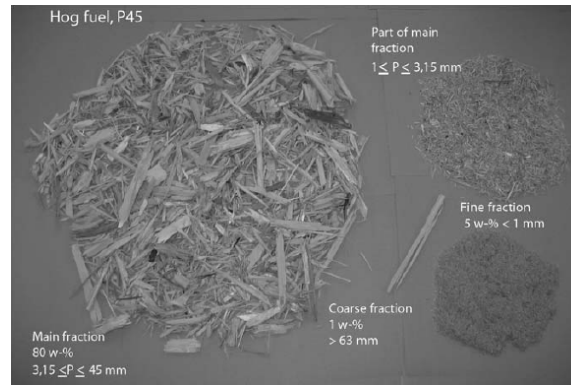
Сечка према начину добијања може бити:

- сечка из индустријске прераде: дрвна сечка настала као споредни 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.

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 7.5).



Слика 7.5

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 континурани 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

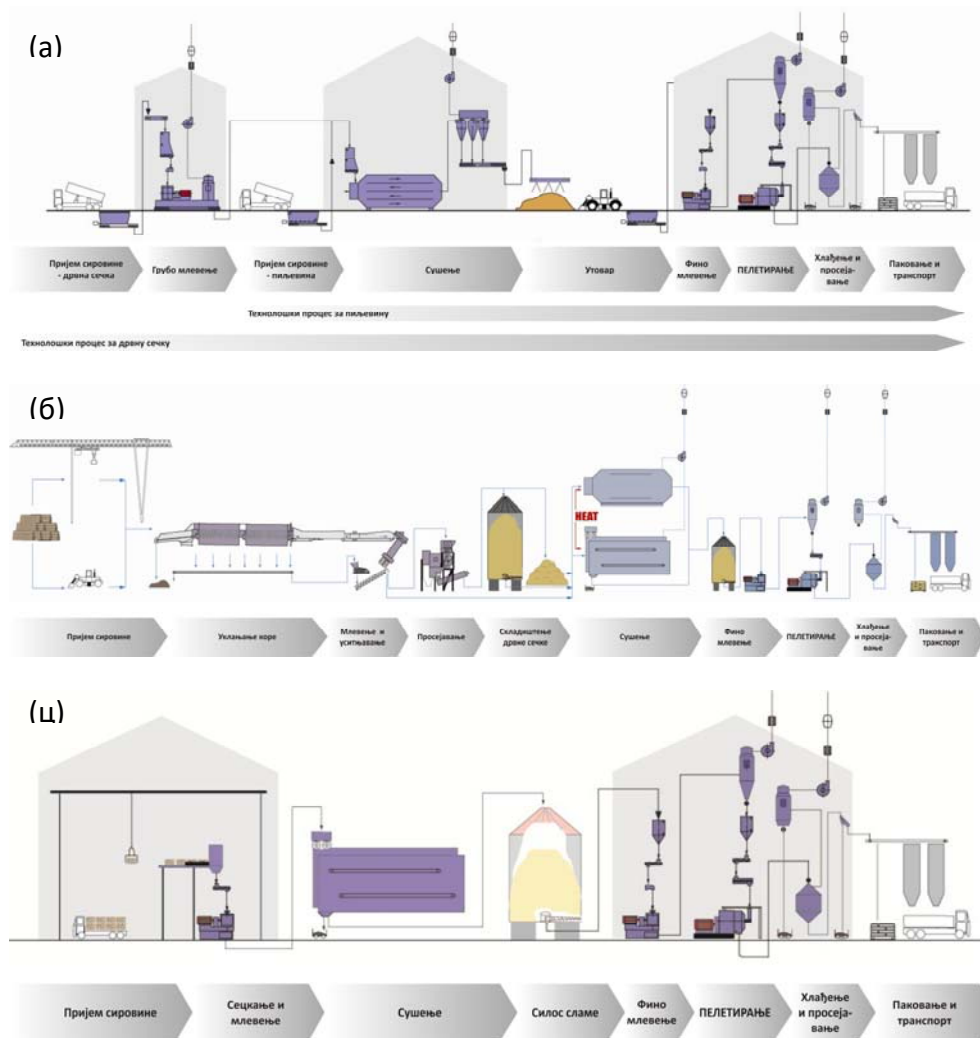
Поступак производње пелета од биомасе започиње избором сировине за њихову производњу. С обзиром да постоји велики број врста и облика сировина различитих физичко-хемијских карактеристика, за сваку од њих неопходно је дефинисати одговарајуће претходне припремне радње, које се односе на специфичности при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

производњу пелета. Шематски приказ различитих технолошких процеса производње пелета од биомасе у зависности од врсте сировине приказани су на Слици 7.6.

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

- Припрема сировине;
- Пелетирање;
- Обрада после производње.

Сваки од наведених технолошких процеса се састоји од низа механичко технолошких операција које имају за циљ да на одговарајући начин припреме сировину за процес пелетирања, као и да добијени производ након производње стабилизују и омогуће његово паковање и складиштење на одговарајући начин.



Слика 7.6 Технолошки процеси производње пелета од биомасе за различите сировине [12]
(а) дрвна сечка и пиљевина (б) цело дрво и цепанице (ц) слама и остаци пољопривредне производње

Припрема сировине

Припрема сировине представља групу механичко-технолошких процеса која обухвата уситњавање (млевење или сечење), сушење и кондиционирање сировине. У зависности од изабране сировине могуће је обављање само појединих процеса припреме, што утиче на укупан утрошак енергије поступка производње пелета.

Уситњавање сировине је механичка операција смањења величине комада, у циљу добијања одговарајуће гранулације која је потребна за добијање производа у складу са стандардом квалитета.

Уобичајена вредност величине комада сировине износи око 4 mm (за производњу пелета пречника 6 mm), при чему се она може постићи механичким операцијама млевења или сечења у зависности од врсте и облика сировине.

Уколико се врши уситњавање енергетских брзорастућих шума или цепаница дрвета за производњу пелета, неопходно је најпре овакву сировину исећи, а затим самлети у млину. Механичка операција сечења представља смањење величине комада сировине, који су знатно већи у односу на комаде добијене млевењем. Тиме се постиже мања потрошња енергије, него ако би се вршило њихово директно млевење.

Оно што је важно напоменути у процесима уситњавања сировине се, без обзира да ли се врши њено млевење или сечење, повећава потрошња енергије са повећањем садржај воде у сировини. Из тог разлога је за сваку сировину посебно, неопходно извршити анализу редоследа операција уситњавања и сушења како би се повећала енергетска ефикасност процеса производње.

Квалитет сабијања сировине у процесу производње пелета зависи од силе трења између материјала матрице пресе за пелетирање и сировине која се користи за производњу. На интензитет ове силе осим материјала од кога је израђена матрица и врсте сировине, значајно утиче и садржај воде у сировини. Из тог разлога је изузетно важно да садржај воде у сировини буде 8 – 13 % *m/m* (w.b.), како би се остварила одговарајућа сила трења и на тај начин добио пелет задовољавајуће чврстоће уз оптималну потрошњу енергије. Уколико је сировина сувише влажна, потребно је обавити процес сушења пре уситњавања сировине. Сушење сировине пре процеса пелетирања се обавља на два начина:

- природним сушењем материјала,
- принудним сушењем материјала.

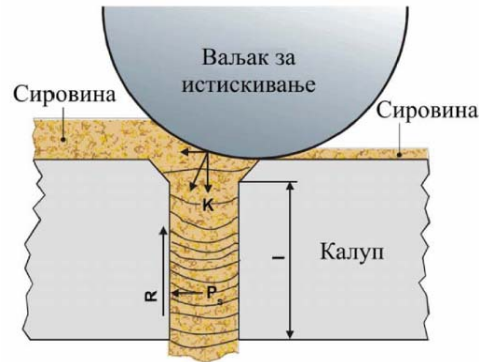
Природно сушење материјала сировине представља најједноставнији облик сушења, при чему се сировина распросте по равnoj површини и окреће с времена на време, чиме се омогућава успостављање равнотежне воде између влажног материјала и околног ваздуха. На овај начин се врши одстрањивање грубе воде из сировине и обично се суше слама и целе биљке.

Принудно сушење материјала сировине представља технолошки процес одстрањивања воде из сировине које се обавља у посебним уређајима - сушарама.

У случајевима када се за производњу пелета користи сировина која у себи садржи мању количину воде од прописане, неопходно је извршити кондиционирање сировине у циљу повећања садржаја воде. Кондиционирање сировине се обавља распршивањем воде или паре по сировини, при чему се захтева да процес минимално траје од 10 до 20 минута како би се омогућило продирање воде у материјал.

Осим повећања садржаја воде кондиционирање сировине паром омогућава и регулацију температуре сировине, која је такође важна за процес пелетирања. Ово је нарочито важно за дрвну сировину због лигнина који представља природно везивно средство. У процесу кондиционирања сировине, могу се додати (уколико је то предвиђено) одговарајући адитиви и везивна средства који олакшавају процес пелетирања.

Пелетирање представља механичку операцију сабијања припремљеног материјала сировине кроз одговарајућу матрицу у циљу формирања пелета. Поступак формирања пелета се обавља у посебним пресама за пелетирање и приказан је на Слици 7.7. Сировина за производњу, се помоћу пужног транспортера доводи до коморе за мешање. Из коморе за мешање доводи до матрице и у танком слоју распоређује по њему. Ротирањем ваљка за истискивање по површини матрице, материјал се утискује (упресује) у отворе на њему. Приликом поновног ваљања новог слоја сировине преко матрице, ваљак утискује нову количину материјала која омогућава да се постојећи материјал у отворима истисне. Ово истискивање материјала из отвора на матрици, омогућава формирање облика пелета. Помоћу ножева за одсецање тако добијени производ се одсеца да би се добила одговарајућа дужина пелета.



Слика 7.7. Поступак формирања пелета

Торификовани пелети

Торификација је процес који може да побољша карактеристике биомасе. Ова технологија 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 °С 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 °С хигроскопска (слободна) влага испарава и то на константној температури.
- Сушење: температура се повећава до 200 °С 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 °С и завршава се када се температура са претходно дефинисане максималне температуре поново врати на 200 °С. Температура торификације се дефинише као максимална температура на којој се одвија процес разлагања и најзначајнији губитак масе.
- Хлађење: торификовани производ се хлади испод 200 °С до претходно дефинисане температуре (собна температура).

7.2 Упоредне карактеристике горива од дрвне биомасе

Упоредне карактеристике горива добијених од дрвне биомасе приказане су у Табели 7.1.

Табела 7.1

<p>Чврста биогорива са малим варијацијама у квалитету тј. карактеристикама горива (нпр. пелети).</p>		<p>Смањење:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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.
<p>Чврста биогорива са средњим варијацијама у квалитету тј. карактеристикама горива (сечка).</p>		
<p>Чврста биогорива са великим варијацијама у квалитету тј. карактеристикама горива (огревно дрво).</p>		<p>Повећање:</p> <ul style="list-style-type: none"> - трошкова транспорта - варијација у квалитету горива - осетљивости на услове складиштења - потребне техничке опреме у постројењима за термохемијску конверзију.

7.3 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:

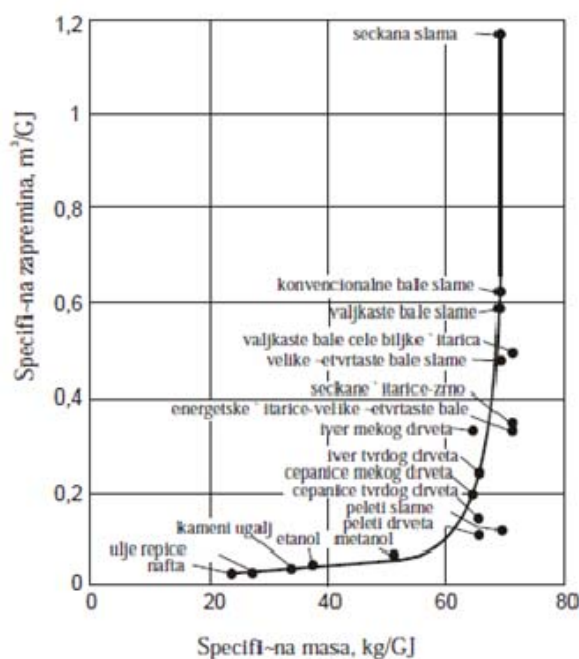
- убирање
- утовар на превозно средство
- транспорт
- истовар и складиштење
- припрему за примену (сагоревање или производњу других врста горива).

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 (Слика 7.8). Густина биомасе значајно утиче на цену манипулације, транспорта и складиштења, па се због тога врши пресовање пољопривредне биомасе (бале, брикети, пелети).

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

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



Слика 7.8

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) .