

# ЕКОЛОГИЈА И АЛТЕРНАТИВНИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ

Катедра за инжењерство за енергетику  
Факултет за производњу и менаџмент Требиње

ВЕЛИНКА ТОМИЋ  
vtomic2020@gmail.com

# ЕНЕРГИЈА БИОМАСЕ

- ▶ Енергија биомасе
- ▶ Принцип добијања биомасе
- ▶ Најважније особине дрвне или шумске биомасе
- ▶ Доња топлотна моћ дрвне биомасе
- ▶ Најважније физичке карактеристике биомасе и угља
- ▶ Недрвна биомаса
- ▶ Коришћење биомасе у енергетске сврхе
- ▶ Производња топлотне и/или електричне енергије из биомасе
- ▶ Сагоријевање, Пиролиза; Гасификација
- ▶ Уређаји за гасификацију
- ▶ Еколошки аспекти коришћења биомасе
- ▶ Привредни и социјални аспекти коришћења биомасе

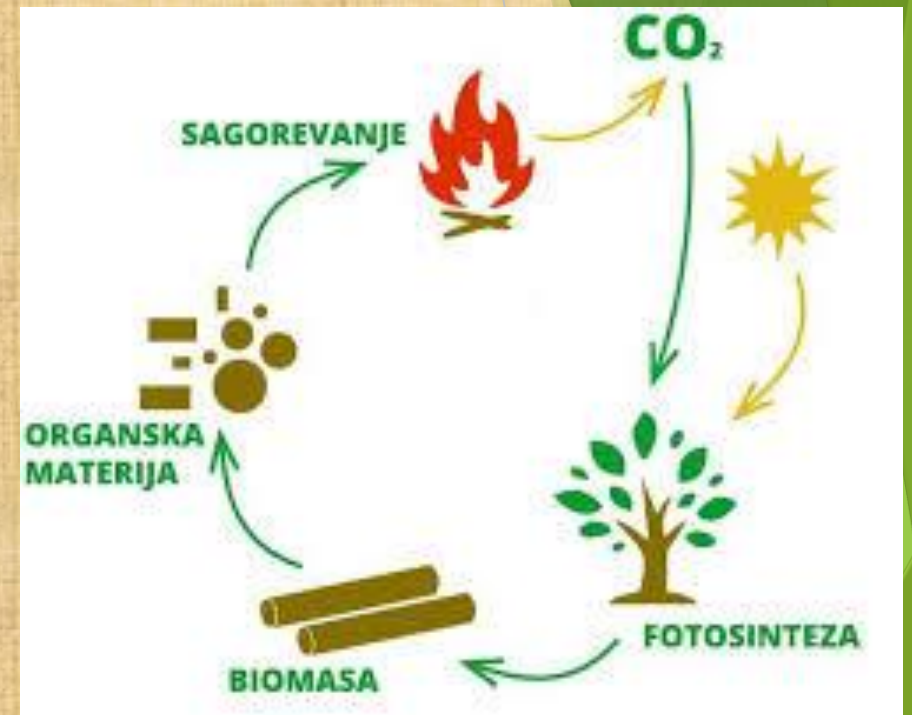




# ЕНЕРГИЈА БИОМАСЕ

*Много више од гријања дрветом...*

- ▶ Енергија садржана у разним врстама биолошке масе, енергија која се налази у било којој органској твари, назива се биоенергија.
- ▶ Ова енергија се ствара у процесу фотосинтезе када биљке, користећи угљен-диоксид из ваздуха заједно са водом, стварају органску материју. За овај процес биљке користе енергију сунчеве свјетлости и истовремено ослобађају кисеоник.
- ▶ Када се биомаса у природи разграђује одређена количина енергије се ослобађа и такву енергију називамо биоенергија. Произведена биомаса се тако кроз процес сагоријевања користи као алтернативни извор енергије.
- ▶ Крајњи производ сагоријевања је обично термичка енергија (топлота), али се од биомасе може добити и електрична енергија



**Енергија Сунца се претвара у хемијску енергију и складишти у биомаси...**

# БИОМАСА

► Биомасу можемо подијелити на:

1. **Дрвну биомасу** (пиљевина, остаци приликом резивања дрвећа и сл.)
2. **Аграрну биомасу** (кукурузовина, пшенична слама, итд.)
3. **Биомасу из животињског отпада и остатака** (животињски измет, лешине животиња и сл.)
4. **Биомасу из отпада** (кућни отпад, муљ из филтера за пречишћавање воде и сл.)



► На основу агрегатног стања биомаса може бити:

1. **Чврста** -остаци ратарске производње, отпаци из воћњака и винограда, биљна маса брзорастућих биљака, остаци настали обрадом дрвета, дио комуналног отпада и остаци прераде пољопривредних производа.
2. **Течна** -течна горива, као што су: биљна уља, биодизел, биоетанол и течни остаци прерађивачке индустрије.
3. **Гасовита** -биогаз, који се производи од животињског измета или енергетских биљака (силаже траве и кукуруза), а као сировине могу да послуже и друге отпадне материје



# Дрвна биомаса

- ▶ Три основне врсте:
  - Дрвна биомаса (остаџи из шумарства, отпадно дрво)
  - Дрвна узгојена биомаса (брзорастуће дрвеће)
  - Дрвна неузгојена биомаса (брзорастуће алге и траве).
- ▶ Дрвна биомаса у енергетици употребљава у виду пелета, брикета и дрвног чипса.
- ▶ Приликом прераде дрвета остаје велика количина енергетски веома вриједне биомасе.
- ▶ Дрвна неузгојена биомаса је широко распрострањена, лако употребљива за производњу биомасе и енергије из ње.
- ▶ У ову врсту биомасе спадају *слонова трава*, познатија као *мискантус*, *дивљи просо*, *италијанска трска* и многе друге врсте трава.



Слонова трава – мискантус

# Најважније особине дрвне или шумске биомасе

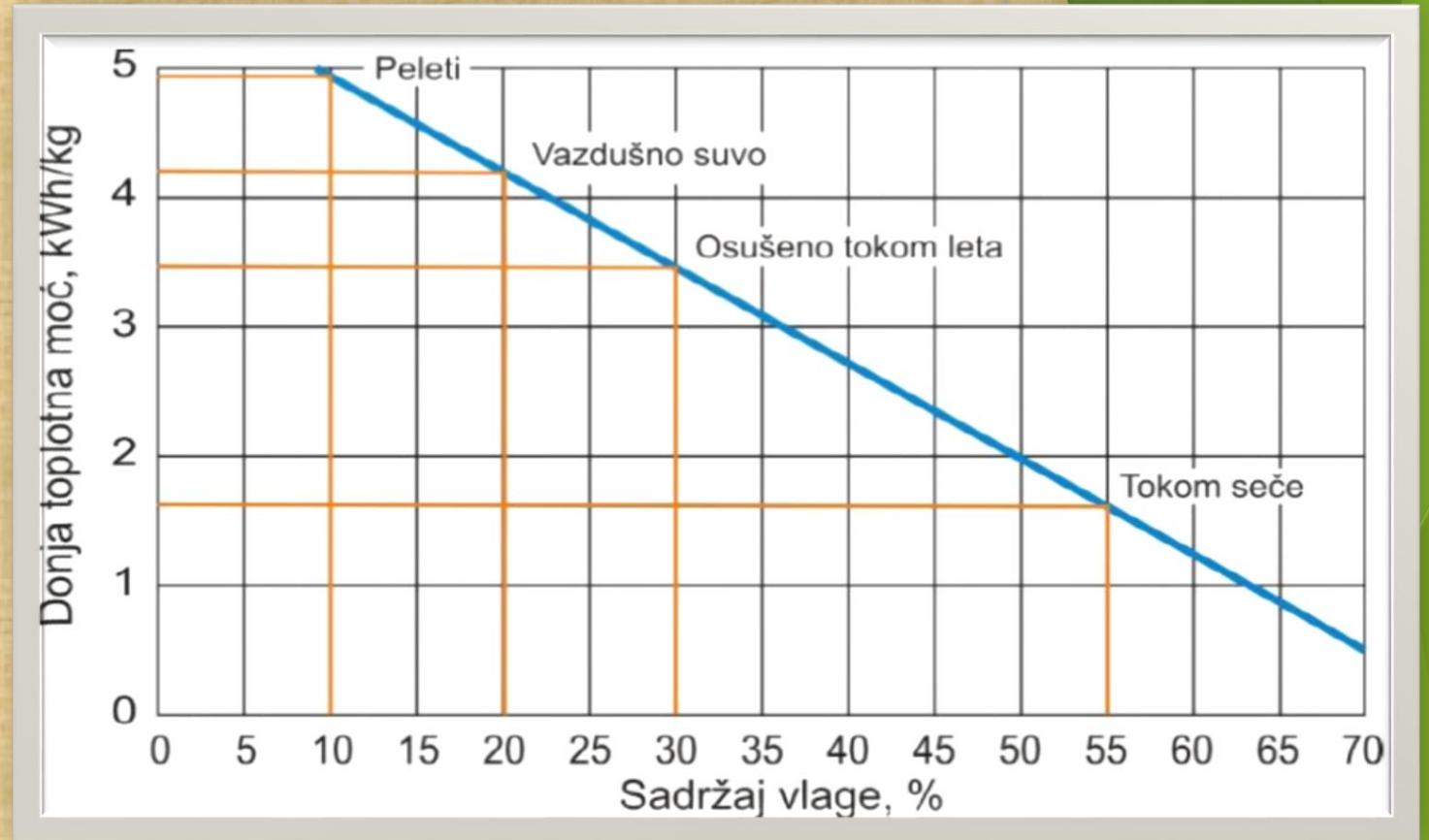
- ▶ Хемијски састав
- ▶ Топлотна моћ
- ▶ Температура samozапалења
- ▶ Температура сагоријавања
- ▶ Физичка својства, влажност и густина

Влажност  $W = \frac{m_v}{m} = \frac{m_v}{m_s + m_v}$

$m$  - маса влажне биомасе

$m_v$  – маса воде (влаге) у биомаси

$m_s$  – маса суве биомасе





# Доња топлотна моћ дрвне биомасе

- Емпиријски обрасци за топлотну моћ (kJ/kg)

Доња топлотна моћ

$$H_d = 2500(6.83 - W / (1 + W))$$

Горња топлотна моћ

$$H_g = 2500(7.33 - W / (1 + W))$$

- Елементарни састав суве дрвене масе

**C=49.6% H=6.3% O=44.1%**

$$H_d = 33,9 c + 117,0 \cdot \left( h - \frac{0}{8} + 10,5 s - 2,5 w \right)$$

Врста дрвне биомасе	Густина [kg/m <sup>3</sup> ]	Топлотна моћ при W=0% [MJ/kg]	Топлотна моћ при W=15%		
			[MJ/kg]	[GJ/m <sup>3</sup> ]	[GJ/prm]
Граб	830	17,01	13,31	11,05	7,73
Буква	720	18,82	14,84	10,68	7,48
Храст	690	18,38	14,44	9,96	6,97
Јасен	690	17,81	13,98	9,65	6,75
Брест	680	-	14,70	10,00	7,00
Јавор	630	17,51	13,73	8,65	6,05
Багрем	770	18,95	14,97	11,53	8,07
Бреза	650	19,49	15,43	10,03	7,02
Кестен	570	-	13,29	7,58	5,30
Бела врба	560	17,85	13,65	7,64	5,35
Сива врба	560	17,54	13,73	7,69	5,38
Црна јоха	550	18,07	14,21	7,82	5,47
Бијела јоха	550	17,26	13,52	7,44	5,21
Црна топола	450	17,26	13,15	5,92	4,14
Смрека	470	19,66	15,60	7,33	5,13
Јела	450	19,49	15,45	6,95	4,87
Обични бор	520	21,21	16,96	8,82	6,17
Ариш	590	16,98	13,86	8,18	5,72
Дуглазија	530	19,18	15,20	8,06	5,64
Смрека	400	20,41	16,24	6,50	4,55

# Најважније физичке карактеристике биомасе и угља

	Биомаса	Угаљ
Топлотна моћ	5-20 MJ/kg, зависно од влаге	6-15 MJ/kg
Густина	400-900 kg/m <sup>3</sup>	/
Насипна густина	40-600 kg/m <sup>3</sup>	520-600 kg/m <sup>3</sup>
Топлотна моћ по m <sup>3</sup>	0,7-12 MJ/m <sup>3</sup>	3,8-7,7 MJ/m <sup>3</sup>
Садржај влаге	8-50%	20-50%
Садржај пепела	1-10%	14-25%
Садржај испарљивих горивних материја	50-70%	/
Температура синтеровања пепела	650-800 °C	850-900 °C

- ▶ Биомаса је по многим физичким особинама слична угљу.
- ▶ Највећа предност биомасе у односу на угаљ је њена еколошка вриједност.
- ▶ У односу на угаљ, биомаса садржи висок проценат кисеоника, нижи проценат угљеника и нешто већи проценат водоника
- ▶ Биомаса не садржи сумпор, тако да се њеним сагоревањем не ствара сумпордиоксид.
- ▶ Велика количина испарљивих горивних материја захтијева да се процес сагоријевања биомасе врши у посебним котловима и ложиштима.



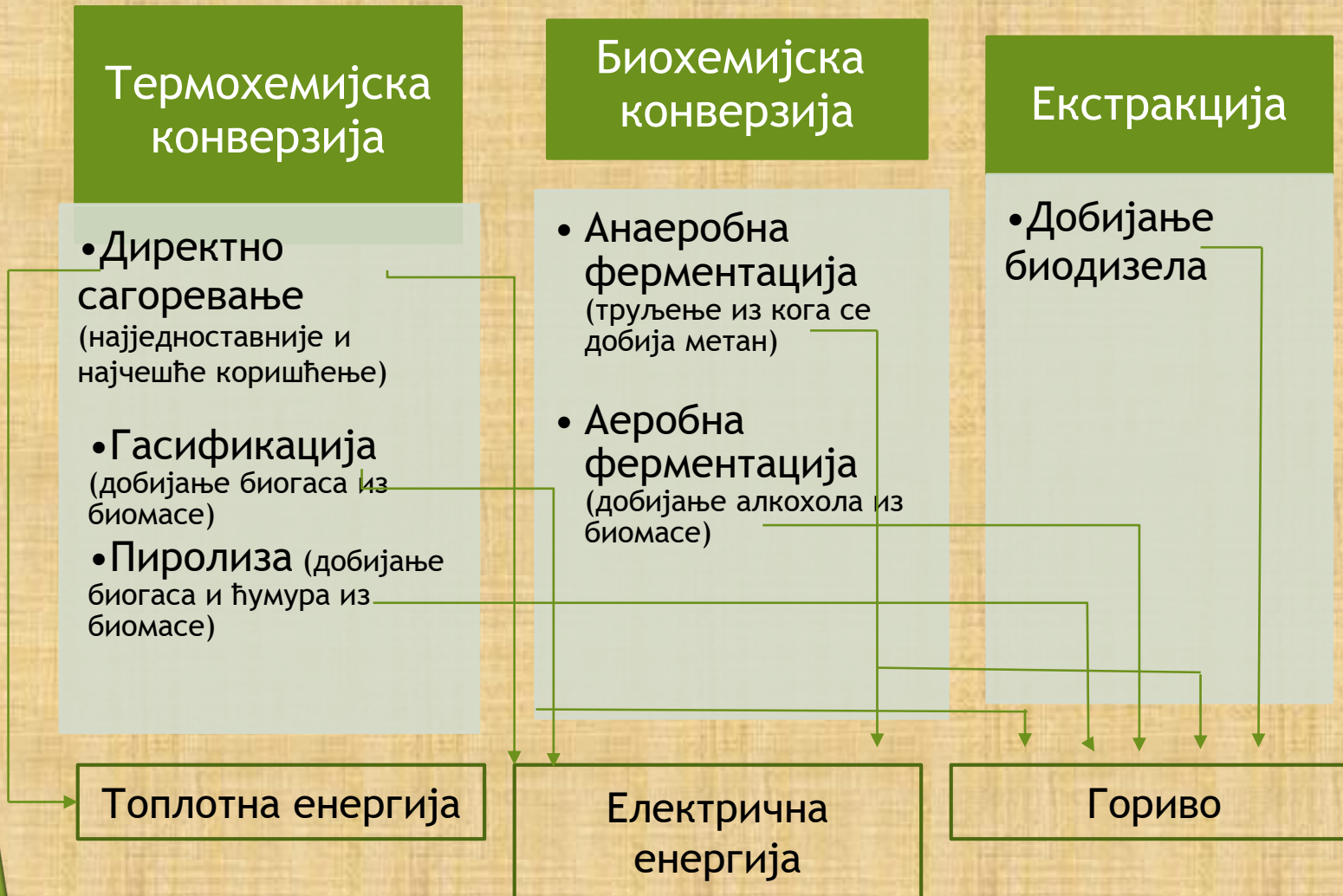
# Недрвна биомаса

- ▶ Остаци из пољопривреде, тј. пољопривредна биомаса:
  - кукурузовина, стабљике сунцокрета, слама, љуске, коштице вишања, остаци при орезивању винове лозе и маслина, коре од јабука...
- ▶ Енергетске засади са великим приносима:
  - кинеске трске и брзорастуће дрвеће с годишњим приносом од 17 тона по хектару, еукалиптус са 35 т суве твари, зелене алге са приносом од 50 тона по хектару, биљке богате уљем или шећером.
- ▶ На топлотну моћ недрвне биомасе подједнако утичу удио влаге и удио пепела.
- ▶ Удио пепела у недрвеним биљним остацима може износити и до 20%. Супстанце које чине пепео немају никакву енергетску вриједност
- ▶ Топлотна моћ (енергетска вриједност) биљних остатака је 5,8 - 16,7 MJ/kg.
- ▶ Доња топлотна моћ кукурузовине

$$H_d = 19002.44 - 186.62 * W(\%) \text{ (kJ/kg)}$$



# Коришћење биомасе у енергетске сврхе



Биомаса се користи на више начина у енергетске сврхе, у зависности од врсте биомасе и технологије која се користи како би се њена енергија искористила.



# Производња топлотне и/или електричне енергије из биомасе

## 1. Директно сагоријевање сирове биомасе

- ▶ Комплексан процес с релативно малим степеном искоришћености
- ▶ Висок садржај влаге - велик дио енергије се троши на испаравање влаге
- ▶ Мало акумулиране енергије - скуп транспорт, проблем складиштења

## 2. Сагоријевање биомасе након релативно једноставног процеса сортирања, уситњавања, пресовања и природног сушења на зраку

- ▶ Обрада и припрема биомасе у погоднији облик (нпр. пелет, брикет)
- ▶ Мањи садржај влаге, више акумулиране енергије у јединици запремине

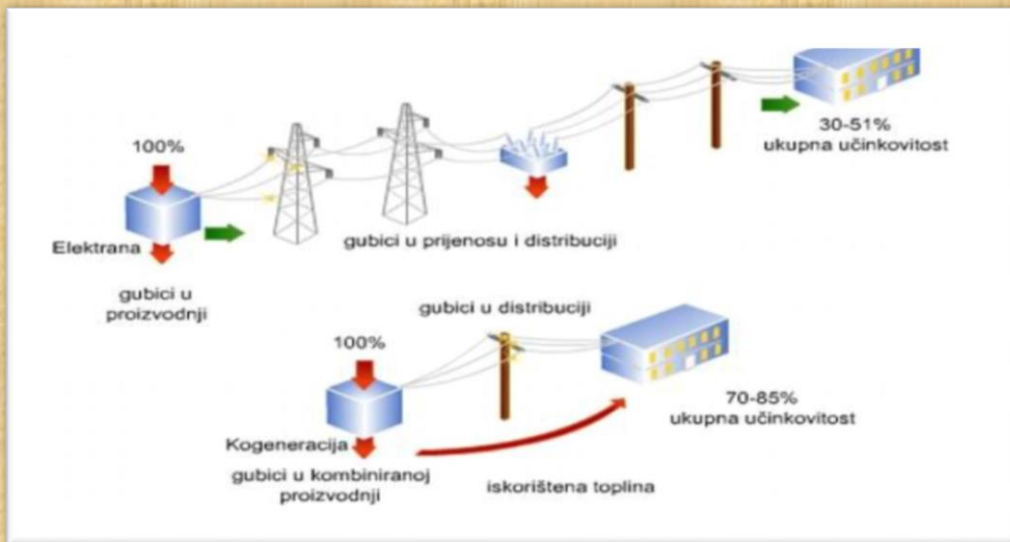


# Производња електричне енергије из биомасе

## Когенерација

Комбинована производња топлотне и електричне енергије (Combined Heat and Power, CHP)

- ▶ Производња електричне енергије са истовременим коришћењем отпадне топлоте, која се иначе губи у индустријским процесима
- ▶ Технологија се побољшава и развија годинама



- Модерни когенерациони системи постижу ефикасност и до 90%
- Когенерација нуди велику флексибилност; постоји комбинација постројења и горива која задовољава већину индивидуалних захтева



# Директно сагоревање, гасификација, пиролиза

Термохемијски процес	ER (коефицијент вишка ваздуха)	Тип реакција	Крајњи производ
Сагоревање	> 1	Егзотермне	Топлотна енергија
Пиролиза	0	Ендотермне	Течни угљоводоници
Гасификација	(0, 1)	Ендотермне, Егзотермне	CO, H <sub>2</sub>

# ПИРОЛИЗА

- ▶ Пиролиза је ендотермни процес и прва фаза и процеса гасификације и процеса сагоревања.
- ▶ Назива се још и процес деволатилизације.

	Фазе пиролизе	Температура
1.	Сушење (испарава дио влаге која је присутна у биомаси)	$\leq 200^{\circ}\text{C}$
2.	Иницијална пиролиза (Влага наставља да испарава и ослобађа се дио топлоте, ослобађа се део волатила и некондензујућих гасова)	$200 - 270^{\circ}\text{C}$
3.	Међуфаза или примарна пиролиза (долази до хемијског разлагања главних компонената биомасе, (целулозе, хемицелулозе и лигнина); настаје коксни остатак	$270 - 600^{\circ}\text{C}$
4.	Крајња фаза или секундарна пиролиза (коксни остатак реагује са гасовитом фазом услед чега долази до разлагања волатила у секундарни коксни остатак и некондензујуће гасова)	$\leq 900^{\circ}\text{C}$



# Гасификација

- ▶ Термохемијски процес и високоефикасан начин конверзије биомасе, у гасификатору, у присуству оксидационог средства (најчешће ваздуха), у коме се добија мјешавина горивих ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  и  $\text{CH}_4$ ) и негоривих ( $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$ ) гасова.
- ▶ Конверзија чврстог у гасовито гориво.
- ▶ Произведени гас се класификује у две групе зависно од тога да ли је настао на нижим, на нижим ( $<1000^\circ\text{C}$ ) или вишим ( $1200^\circ\text{C}$ ) температурама гасификације.

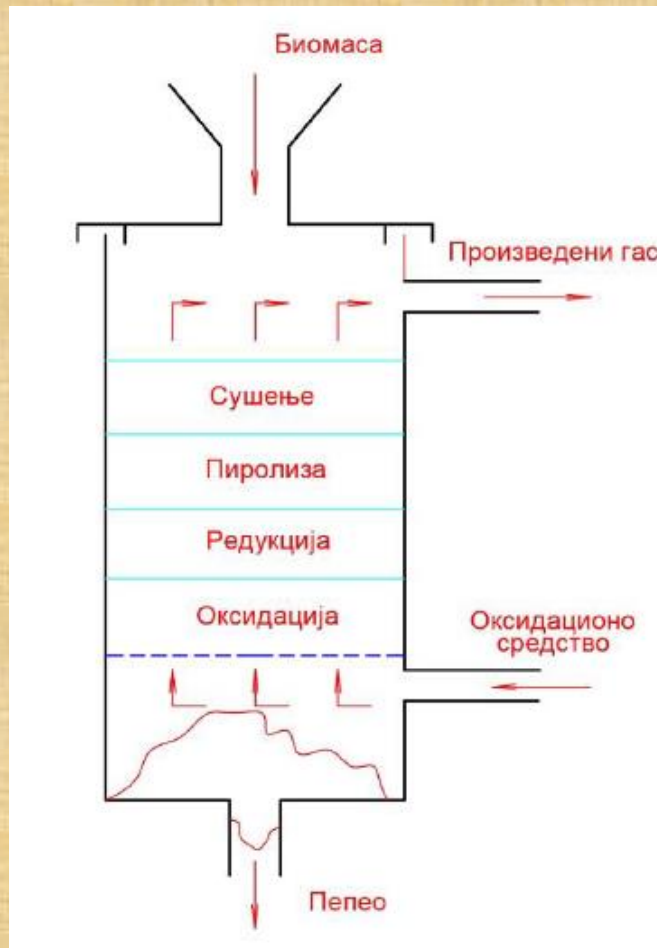
	Фазе гасификације	Температура
1.	<b>СУШЕЊЕ</b> (испарава дио влаге која је присутна у биомаси)	100- 150 °C
2.	<b>ПИРОЛИЗА</b> (долази до хемијског разлагања главних компоненти биомасе)	200 - 600 °C
3.	<b>ОКСИДАЦИЈА (САГОРИЈЕВАЊЕ)</b> (процес потпуне оксидације дијела горива)	1200 °C
4.	<b>РЕДУКЦИЈА</b> (смањује се коксни остатак)	900 °C

# Уређаји за гасификацију

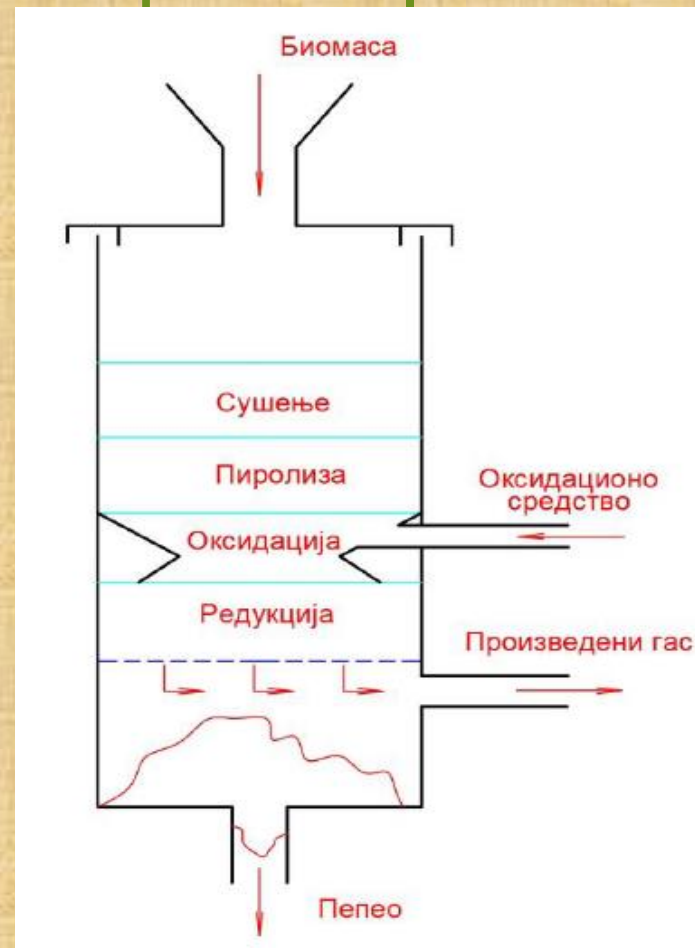
- ▶ У сваком гасификатору потребно је:
  - да се пиролизује биомаса да би се издвојили волатили, гас и угљеник;
  - да се настали волатили конвертују у крајње продукте CO, H<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub>;
  - да се угљеник конвертује у CO, а кроз реакције које се одвијају и у H<sub>2</sub>.
- ▶ У зависности да ли је топлота настала парцијалном оксидацијом биомасе или је пореклом из спољашњег извора топлоте гасификатори могу бити: **аутотермални (директни) и алотермални (индиректни).**
- ▶ У зависности од радног притиска, да ли је атмосферски или надпритисак/потпритисак, гасификатори могу бити: **атмосферски или под притиском.**
- ▶ У зависности од конструкције реактора, гасификатори су:
  - **гасификатор са фиксним слојем и**
  - **гасификатор са флуидизованим слојем.**
- ▶ У зависности од смера кретања биомасе и употребљеног оксидационог средства гасификатори са фиксним слојем су: **супротносмерни, истосмерни и унакрсни**
- ▶ У зависности од брзине флуидизације гасификатори са флуидизованим слојем могу бити: **циркулациони и барботажни.**



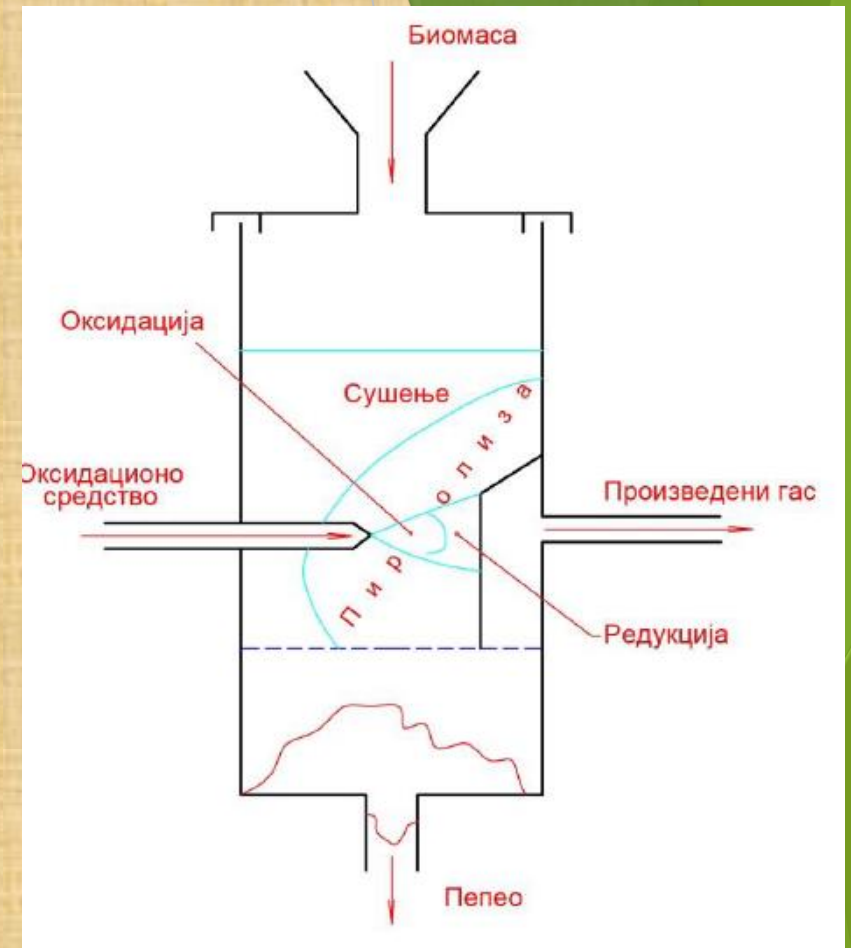
# Супротносмјерни, истосмјерни и унакрсни гасификатори



**Супротносмјерни гасификатори**  
Оксидационо средство уводи се на дну реактора



**Истосмјерни гасификатор**  
Оксидационо средство додаје се директно у оксидациону зону



**Унакрсни гасификатори**  
Оксидационо средство се уводи одмах изнад решетке

# Еколошки аспекти коришћења биомасе

- ▶ Биомаса је у потпуности обновљиви извор енергије,
- ▶ Биомасу није потребно стварати јер она већ постоји и широко је распрострањена на планети,
- ▶ Биоразградивост биомасе у тлу је изврсна, јер готово 95% материје биомасе се разгради за 28 дана,
- ▶ Приликом сагоревања биомасе добија се тзв. чист пепео, тако да том приликом нема емисија угљоводоника и непотпуних продуката сагоревања,
- ▶ Дрво као енергент, за разлику од фосилних горива, у значајној мери доприноси смањењу настанка и негативних ефеката киселих киша,
- ▶ Брзорастуће енергетско биље повољно утиче на рекултивацију обалног појаса река и деградираног земљишта,
- ▶ Биомаса се узгаја на житним пољима, шумама, енергетским засадима, воћњацима и виноградима која представљају станишта бројних врста птица, гмизаваца, инсеката и сисара,
- ▶ Плантаже за производњу биомасе имају повољан утицај на заштиту водног режима и микроклиматске услове (ублажавају климатске екстреме),
- ▶ Заштита од ерозије.
- ▶ За разлику од фосилних горива која представљају енергенте и сировине за хемијску индустрију, биомаса је, прво, храна, затим сировина за прехранбену и хемијску индустрију, а тек онда енергент (изузетак је дрво).





# Привредни и социјални аспекти коришћења биомасе

- ▶ Интензивнија експлоатација биомасе повећава потребе за ангажовањем великог броја радника који ће учествовати у производњи биомасе и њеној преради у електричну или топлотну енергију.
- ▶ Цијена биомасе је готово идентична цијени фосилних горива.
- ▶ Биодизел је незнатно скупљи од обичног, али је његова еколошка оправданост вишеструко већа.
- ▶ Узгајање биомасе отвара могућности за задржавање становништва у сеоским подручјима.
- ▶ Производња биомасе доприноси руралном развоју кроз диверзификацију постојеће пољопривредне производње.
- ▶ Обезбеђује заштиту од пожара.
- ▶ Биомаса има највећи потенцијал и перспективу развоја технологија за коришћење обновљивих извора енергије.
- ▶ Већина технологија за употребу биомасе су развијене и могу се одмах користити.
- ▶ Као и остали ОИЕ, и биомаса спада у енергетски извор ниске концентрације по јединици масе у односу на фосилна горива.
- ▶ Биомаса није концентрисана у лежиштима или рудницима, по томе се разликује од нафте, угља и земног гаса, тј. просторно и запремински је неконцентрисани извор.
- ▶ Због специфичних карактеристика које биомаса поседује, неопходно је применити технологије за сакупљања и складиштење ове врсте енергије, прије употребе у енергетске сврхе.
- ▶ **Основни недостаци биомасе су:**
  - Економски проблеми са сакупљањем, прерадом, паковањем и складиштењем биомасе,
  - Периодичност настанка биомасе,
  - Разуђеност биомасе у простору,
  - Велика влажност биомасе,
  - Високе инвестиције у постројења за сагоревање и прераду биомасе

# Највеће електране на биомасу у свијету

	Назив	Земља	Инсталисана снага (MW)	ГОРИВО
1.	IRONBRIDGE	Велика Британија	740	дрвени пелет
2.	ALHOLMENSKRAFT	Финска	265	дрвна биомаса, тресет
3.	MASSVLAKTE	Низоземска	220	биомаса
4.	POLANIEC	Пољска	205	струготина
5.	АТИКОКАН GENERATING STATION	Канада	205	биомаса
6.	RODENHUIZE	Белгија	180	дрвени пелет
7.	KYMIJARVI	Финска	160	Отпад, пластика, папир, картон и дрво



Drax Power Station



Tilbury Green Power Limited