

**Obuka: Upravljanje energijom u javnom sektoru**  
**Modul 2: Energetska efikasnost zgrada i obnovljivi izvori energije**

# Obnovljivi izvori energije

## Biomasa



Prof. dr Vladan Ivanovic  
[vladan.ivanovic@ucg.ac.me](mailto:vladan.ivanovic@ucg.ac.me)

Univerzitet Crne Gore  
Mašinski fakultet Podgorica  
15. april 2020.

# ZAŠTO ?

- Globalno, povećanje stope emisije gasova staklene bašte, prvenstveno CO<sub>2</sub>, predstavlja pretnju svetskoj klimi.
- Ako se ovaj trend nastavi, očekuje se ekstremne prirodne nepogode, kao što su preterane kiše i poplave, ili suše posledično uz izražene lokalne neravnoteže kojima smo svedoci.
- Biomasa se takodje karakteriše kao OIE i energetski menadžer mora da zna mogućnosti i potencijal primjene ovog izvora.

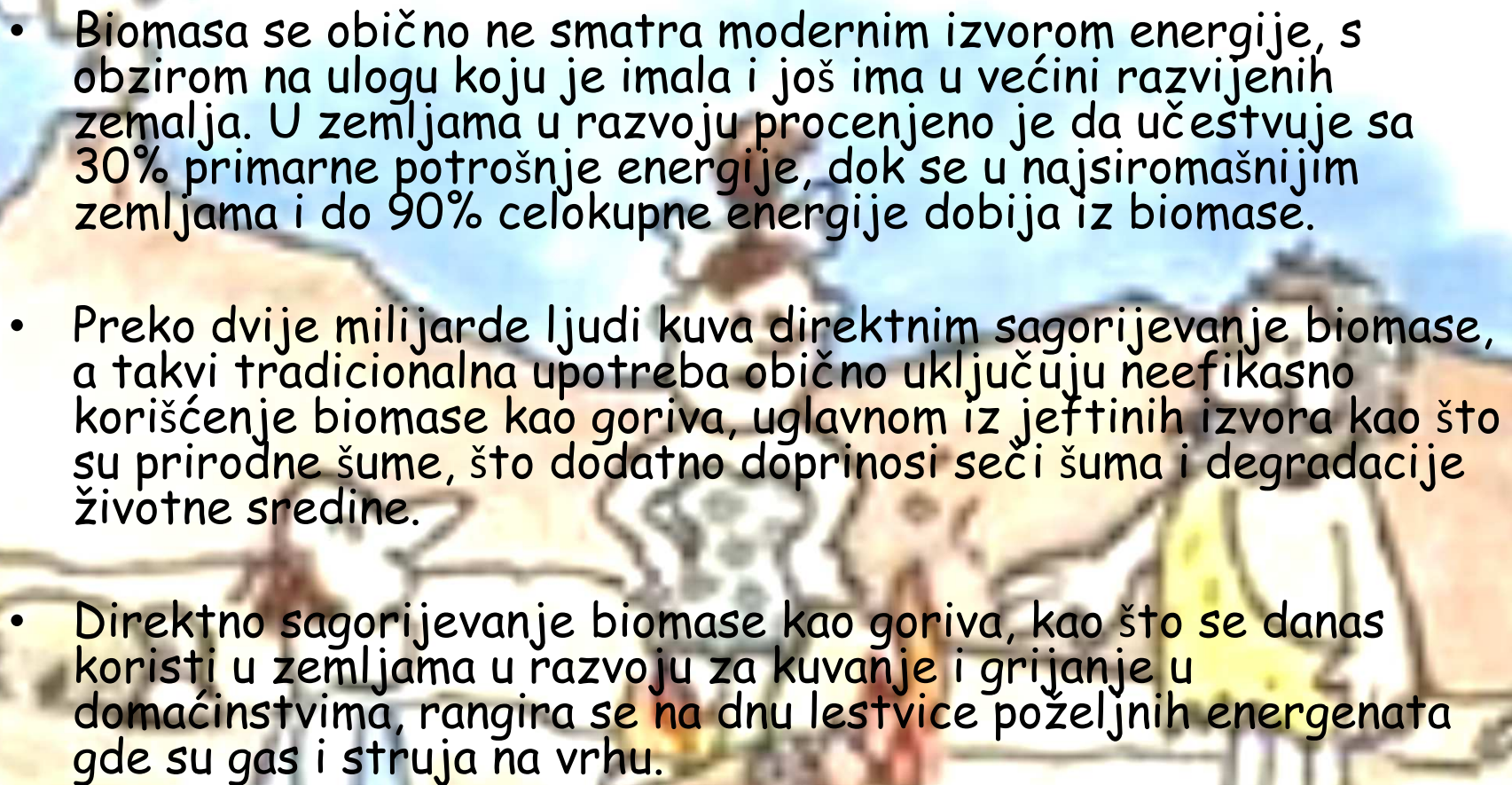
# POJAM I ENERGIJA BIOMASE

- Biomasa je najstariji izvor energije koji je čovek koristio i predstavlja zajednički pojam za brojne, najrazličitije proizvode biljnog i životinjskog porijekla. Konkretno postoje različite definicije biomase, ali kao osnovna može da se navede direktiva EU.
- **Biomasa** je definisana kao biorazgradivi dio poljoprivrednih proizvoda, otpada ili ostataka iz poljoprivrede (uključujući biljne i životinjske supstance), šumski otpad i otpad srodnih industrija kao i biorazgradivi dijelovi industrijskog i komunalnog otpada.
- **Energija biomase** je konverzija biomase u korisne oblike energije, kao što su toplotna energija, električna energija i hemijski vezana energija tečnih goriva.

# Biogorivo

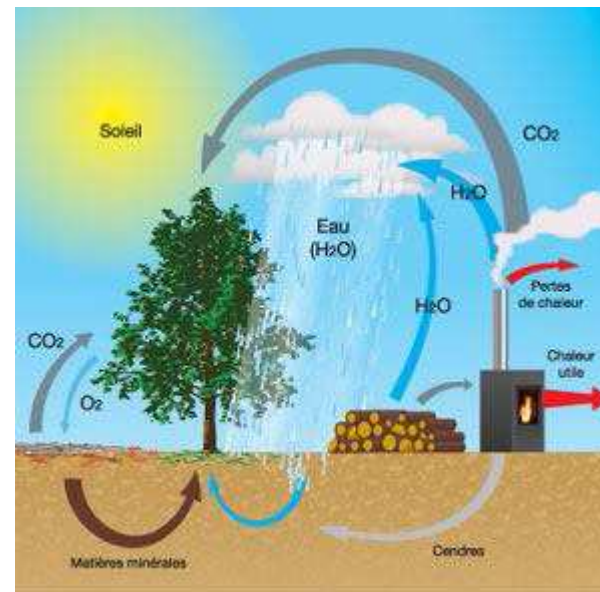
- Nisu sve biomase direktno pogodne za proizvodnju energije već se mogu konvertovati u energente koje se nazivaju biogoriva. Ovo uključuje drveni ugalj, brikete i pelete (čvrsto gorivo veće gustine energije), etanol (tečna goriva) ili bio-gas (produkt gasifikacije biomase).



- 
- A colorful illustration of a rural scene. In the foreground, a woman in a blue dress is carrying a basket on her head, and a man in a white shirt is carrying a bundle on his back. A dog is running in the middle ground. In the background, there are rolling hills, a blue sky with a few clouds, and a small structure. The overall style is simple and illustrative.
- Biomasa se obično ne smatra modernim izvorom energije, s obzirom na ulogu koju je imala i još ima u većini razvijenih zemalja. U zemljama u razvoju procenjeno je da učestvuje sa 30% primarne potrošnje energije, dok se u najsiromašnijim zemljama i do 90% celokupne energije dobija iz biomase.
  - Preko dvije milijarde ljudi kuva direktnim sagorijevanje biomase, a takvi tradicionalna upotreba obično uključuju neefikasno korišćenje biomase kao goriva, uglavnom iz jeftinih izvora kao što su prirodne šume, što dodatno doprinosi seči šuma i degradacije životne sredine.
  - Direktno sagorijevanje biomase kao goriva, kao što se danas koristi u zemljama u razvoju za kuvanje i grijanje u domaćinstvima, rangira se na dnu lestvice poželjnih energenata gde su gas i struja na vrhu.

# Prednosti upotreba biomase kao izvora energije (1)

- Biomasa je obnovljiv, **potencijalno** održiv i **relativno** ekološki prihvatljiv izvor energije.



## *Zatvoreni ciklus CO2 u prirodi*

količina drvne mase koja se troši kao gorivo, mora biti kontinuirano nadomješтана istom količinom rastuće biomase

# Prednosti upotreba biomase kao izvora energije (2)

- Ogroman broj različitih materijala dostupni su iz biomase što daje korisniku mnoge nove moguće načine upotrebe.
- Goriva iz biomasa imaju zanemarljiv sadržaj sumpora i, stoga, ne doprinose emisije sumpor dioksida koje uzrokuju kisele kiše.

# Prednosti upotreba biomase kao izvora energije (3)

- Sagorijevanje biomase proizvodi manje pepela nego sagorijevanja uglja i pepeo nastao sagorijevanjem biomase može da se koristi kao aditiv zemljišta na farmama, itd.
- Sagorijevanje poljoprivrednih i šumskih ostataka kao i komunalnog čvrstog otpada za proizvodnju energije je efikasan način koji smanjuje značajan problem odlaganja otpada, posebno u gradskim područjima.



# Prednosti upotreba biomase kao izvora energije (4)

- Biomasa je domaći resurs koji ne podleže promenama cijena na svetskim berzama ili neizvesnosti u snabdevanju kao kod uvoznih goriva.
- Biomasa obezbeđuje čist, obnovljiv izvor energije koji bi mogao poboljšati našu životnu sredine, ekonomiju (naročito u ruralnim sredinama) i energetske sigurnost.
- Upotreba biomase može biti način da se spreči veća proizvodnja ugljen-dioksida u atmosferi jer generalno ne povećava atmosferski nivo ugljen-dioksida.

# Podjele biomase

- Prema sirovini koja se koriste za dobijanje određene biomase data je sledeća podjela:
  - biomasa iz drvne industrije (šumska biomasa);
  - poljoprivredna biomasa;
  - energetske zasadi;
  - biomasa sa farmi životinja;
  - morska biomasa;
  - komunalni otpad.

# Biomasa iz drvne industrije



- Šumska biomasa, koja se koristi ili se može koristiti u energetske svrhe sastoji se od ogrevnog drveta, ostataka šumarstva (iz proreda i seča), materijala čišćenja šuma da ih zaštiti od šumskih požara, kao i nusprodukata iz drvne industrije.
- Biomasi iz drvne industrije čine ostaci i otpad pri rezanju, brušenju, blanjanju kao i pri drugim vrstama obrade drveta. Biomasi iz drvne industrije koristimo kao gorivo u kotlovima i kao sirovinu za proizvodnju briketa.

# Drvo je najčistije gorivo

- Drvo se na današnjem stepenu razvoja tehnologije različitim postupcima i sredstvima preraduje u različite oblike podesne za krajnju upotrebu koji imaju i različitu energetska vrednost.
- U tom smislu potrošačima se danas najčešće nude sledeći oblici goriva na bazi mehaničke prerade drveta:
  - cjepano drvo
  - drvena sječka
  - drvni briketi i
  - drvni peleti.





Element	Simbol	Težinski udio sveden na suhu masu bez pepela
Ugljenik	C	44 – 51
Vodonik	H	5,5 – 6,7
Kiseonik	O	41 – 50
Azot	N	0,12 – 0,6
Sumpor	S	0,0 – 0,2

Vlažnost (%)	Gornja toplotna moć (MJ/kg)	Stepen iskorišćenja ložišta (%)	Korisna toplota (MJ/kg)
0	19,8	80	15,8
10	17,8	78	13,9
40	14,5	74	12,1

Toplotna moć raznih vrsta drveta

Vrsta drveta	Gustoća	Toplotna moć pri W = 0 %,	Toplotna moć pri W = 15%		
	kg/m <sup>3</sup>	MJ/kg	MJ/kg	GJ/m <sup>3</sup>	GJ/m <sup>1</sup>
grab	830	17,01	13,31	11,047	7,773
bukva	720	18,82	14,84	10,685	7,479
hrast	690	18,38	14,44	9,964	6,975
jasen	690	17,81	13,98	9,646	6,752
brest	680	-	14,70	9,996	6,997
javor	630	17,51	13,73	8,650	6,055
bagrem	770	18,95	14,97	11,527	8,069
breza	650	19,49	15,43	10,029	7,020
kesten	570	-	13,29	7,575	5,302
vrba bijela	560	17,85	13,65	7,644	5,351
vrba siva	560	17,54	13,73	7,689	5,382
joha crna	550	18,07	14,21	7,815	5,470
joha bijela	550	17,26	13,52	7,436	5,205
topola crna	450	17,26	13,15	6,084	4,259
smreka	470	19,66	15,60	7,332	5,132
jela	450	19,49	15,45	6,952	4,866
bor obični	520	21,21	16,96	8,819	6,173
ariš	590	16,98	14,86	8,767	6,137

Napomena: Za preračunavanje kubnih u dužne metre uzet je faktor 0,7

# Poljoprivredna biomasa

- Poljoprivredna biomasa koja se može koristiti za proizvodnju energije definiše se kao ostataka biomase iz ratarskih poljoprivrednih kultura (stabljike, grane, lišće, slama, kukuruzovina, oklasak, otpaci od orezivanja, itd) i biomase iz nusprodukata preradu poljoprivrednih proizvoda (ljuske, koštice, ostatak od prerade maslina, voća, itd).



Na toplotnu moć **nedrvne biomase** podjednako utiču udeo vlage i pepela. Udeo pepela u nedrvenim biljnim ostacima može iznositi i do 20% pa značajno utiče na toplotnu moć. Generalno, supstance koje čine pepeo nemaju nikakvu energetska vrednost.

Gornja toplotna moć i hemijski sastav nedrvne biomase										
Vrsta nedrvne biomase	Hg	Elementarni sastav [%]								
	MJ/kg	A	C	H	N	S	O	P	K	Mg
bambus	15,85	3,98	-	-	-	-	-	-	-	-
ječam, cijela biljka	17,6	3,7	46,1	6,63	1,24	0,11	42	7,6	15,4	2,5
silirani kukuruz	17,1	5,5	47,3	7,54	1,85	0,43	39	-	-	-
kukuruzovina	16,8	5,3	45,6	5,4	0,3	0,04	43	2,2	21,8	4,3
slama uljane repice	17	6,5	48,3	6,3	0,7	0,2	38	-	-	-
pšenica, cijela biljka	16,99	3,6	46,5	6,84	1,71	0,13	41	5,8	14,5	2
slama pšenice	17,1	5,3	46,7	6,3	0,4	0,01	41	3,1	17	1,5



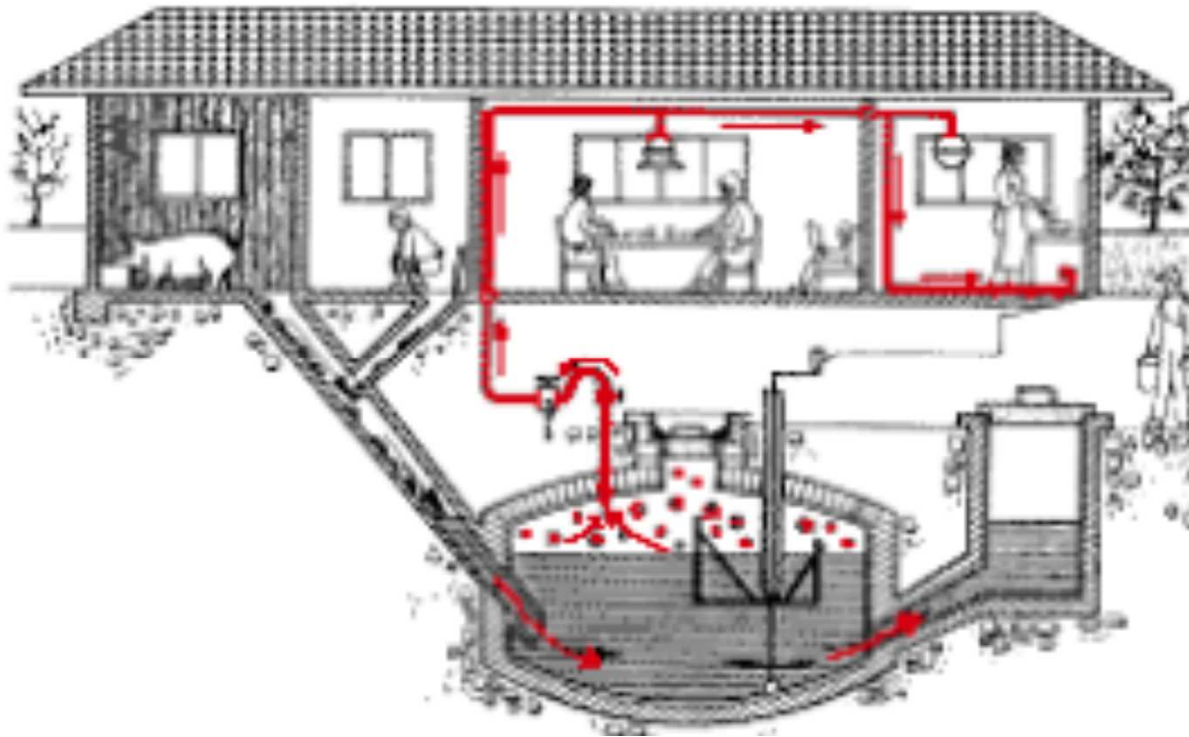
# Energetski zasadi

- Energetska plantaža znači uzgoj izabranih vrsta zasada, drveća i žbunja, koje se seku u relativno kraćem vremenu i specijalno su namenjene za gorivo.
- Energetske plantaže zavise od dostupnosti zemljišta i vode i pažljivog upravljanja biljkama. Ogrevno drvo može da se koristi direktno u pećima i kotlovima ili da se prerađuje u metanol, etanol i bio-gas.
- Kod nas bi se najviši prinosi postizali sa raznim vrstama bagrema, vrbe, eukaliptusa, mimoze, topolama i jablanima. Svojstva ovakvih energetskih zasada su: kratka oplodnja, veliki prinosi.

4 year-old clonal stand  
of *Eucalyptus hybrid*,  
Pointe-Noire, Congo

Sumatra, Indonesia

# Biomasa sa farmi životinja



- Potencijal biomase sa farmi životinja obuhvata prvenstveno otpad iz procesa intenzivnog gajenja stoke, sa farme živine, farme svinja, farmi goveda kao i klanica. Životinjski otpad je bogat izvor goriva. Kolači balege pripremljeni sa životinjskim otpadom mogu da se koristi za ispunjavanje energetske zahteve za kuvanjem u seoskim i prigradskim područjima.

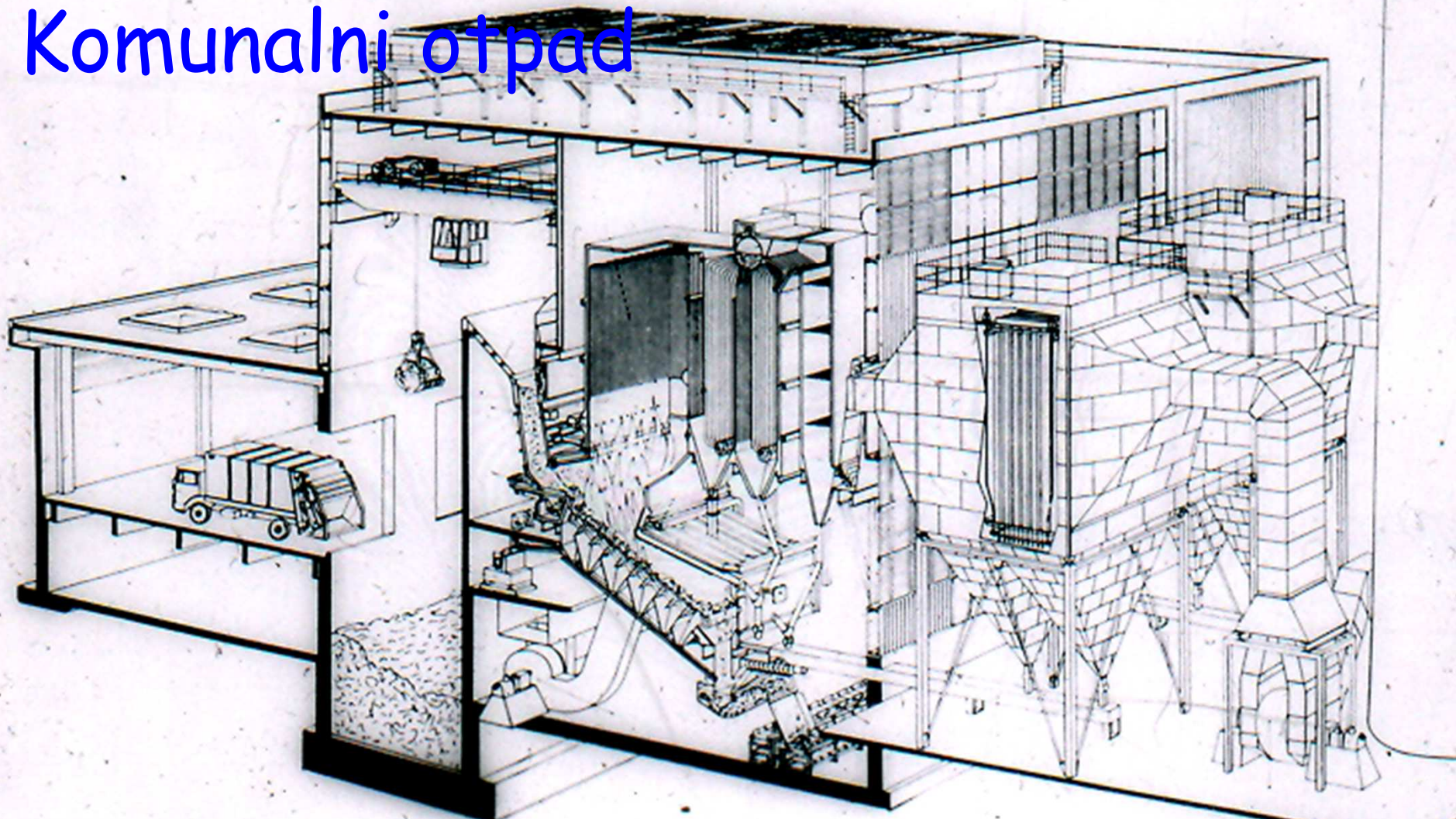
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 UG = 0,6 - 1,2 krava muzara</li> <li>- približno 1,3 m<sup>3</sup> biogasa dnevno po UG</li> <li>- toplotna vrednost: 6 kWh/Nm<sup>3</sup></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 UG = 2 - 6 svinja</li> <li>- približno 1,5 m<sup>3</sup> biogasa dnevno po UG</li> <li>- toplotna vrednost: 6 kWh/Nm<sup>3</sup></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 UG = 250 - 320 koka nosilja</li> <li>- približno 2 m<sup>3</sup> biogasa dnevno po UG</li> <li>- toplotna vrednost: 6,5 kWh/Nm<sup>3</sup></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Silaža kukuruza, trave, lisne mase...</li> <li>- 600 - 640 m<sup>3</sup> biogasa po toni OSM</li> <li>- toplotna vrednost: 5,5 - 6 kWh/Nm<sup>3</sup></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industrijske organski zagadene odpadne vode</li> <li>- 0,20 - 0,40 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg HPK</li> <li>- 60 - 80% CH<sub>4</sub> u biogasu</li> </ul>

, OSM je organska suva materija, a HPK - hemijska potreba kiseonika.

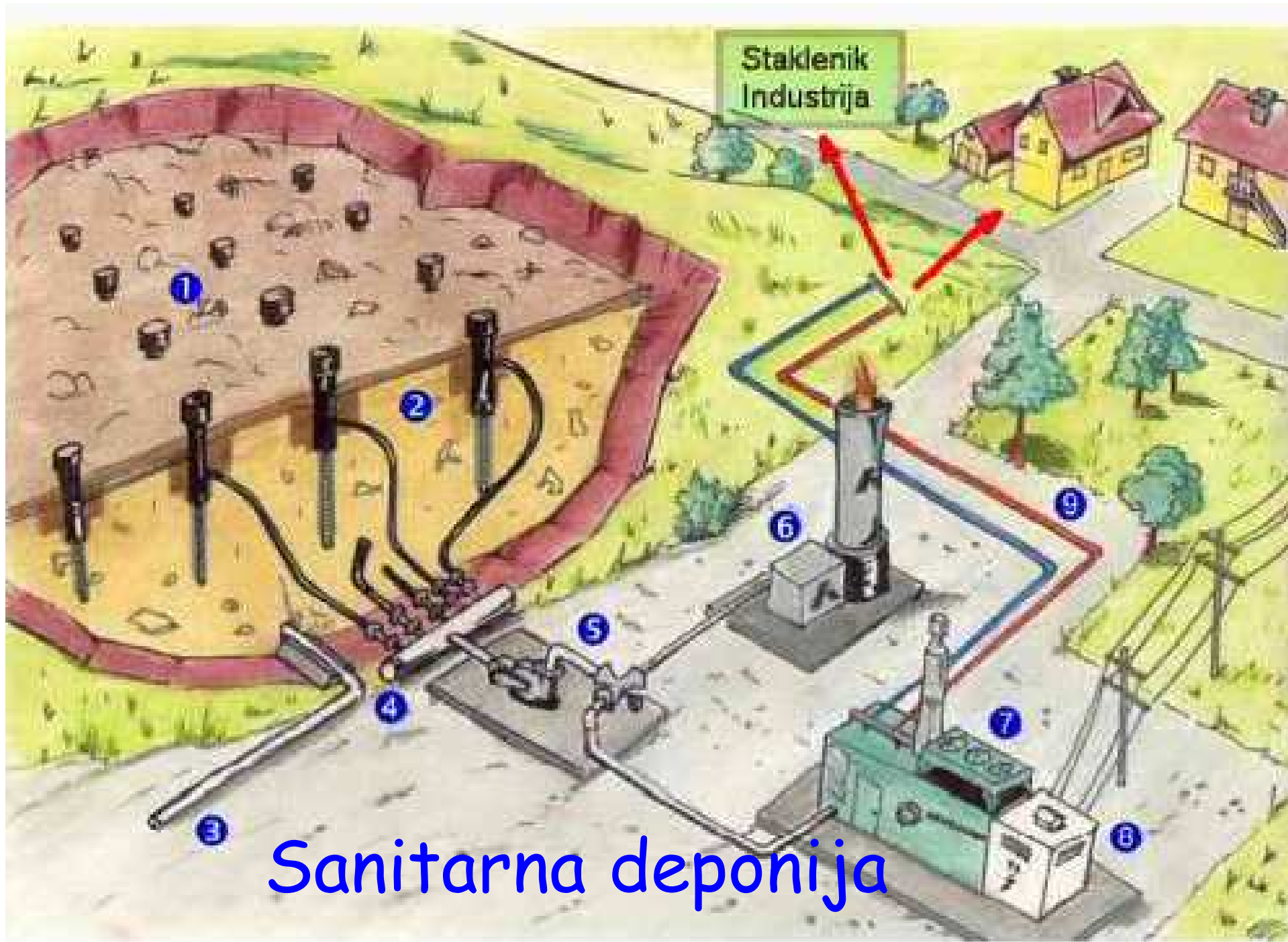
Energetski potencijal biomase na farmama se određuje prema broju tzv. uslovnih grla stoke. Uslovno grlo (UG) predstavlja životinju (ili više njih), težine 500 kg žive vage.

Toplotna moc biogasa zavisi od sadržaja metana i za prosečan sadržaj od 65% metana iznosi  $H_u = 6,4 \text{ kWh/Nm}^3$ . Koristeći odgovarajuće gasne motore, kojih ima na tržištu, moguće je u praktičnom pogonu proizvoditi iz 1 Nm<sup>3</sup> biogasa oko 2,5 kWh električne i 3,3 kWh toplotne energije.

# Komunalni otpad



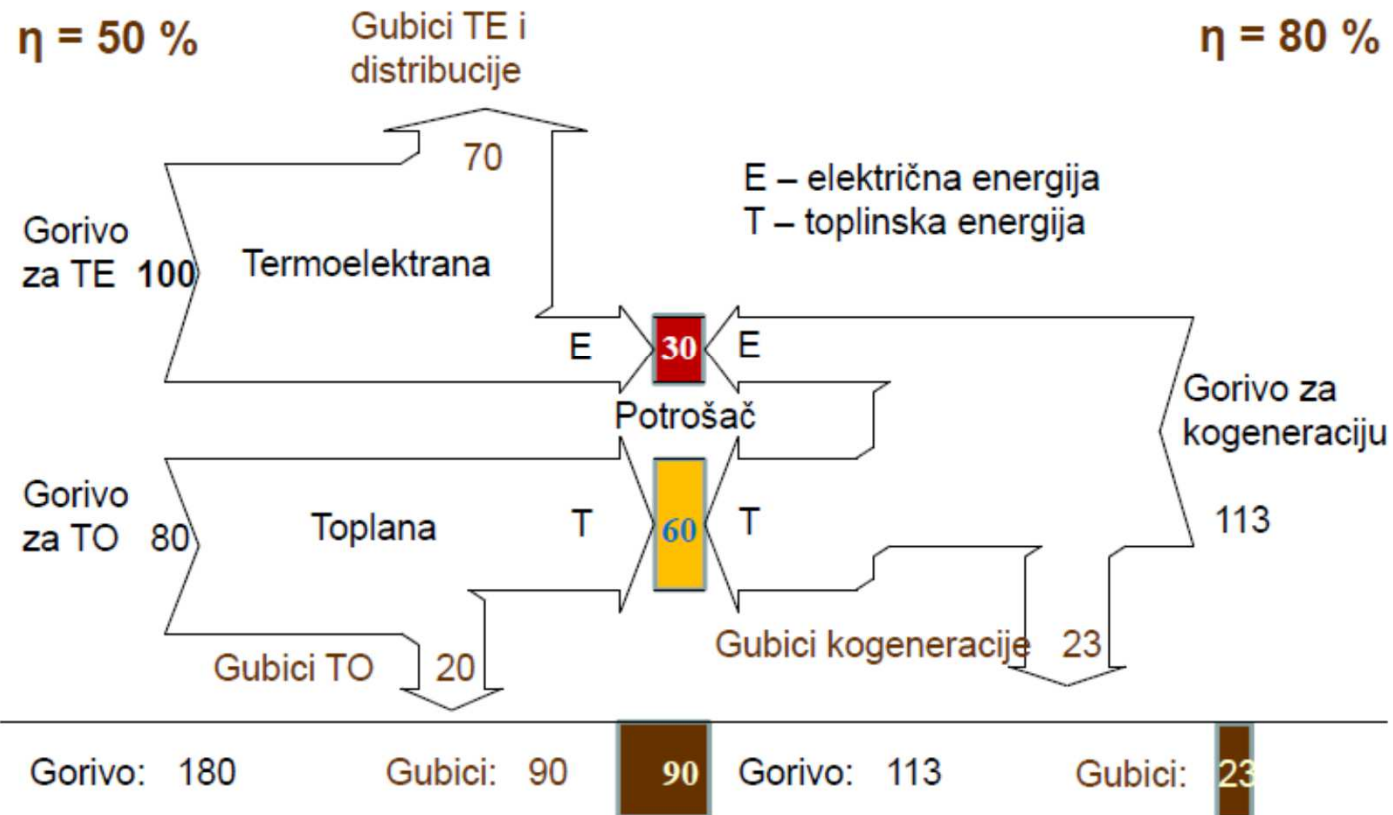
- *Gradski otpad zahteva velike investicione troškove, ali on predstavlja vredno gorivo koje sadrži značajnu toplotnu vrednost, pa je njegovo zbrinjavanje metodom deponovanja i nekontrolisanom biološkom razgradnjom štetno u svakom pogledu.*
- *Tehnologija sagorevanja otpada na rešetkama je trenutno najrasprostranjenija tehnologija za termičku obradu otpada, a koristi se više od stotinu godina.*



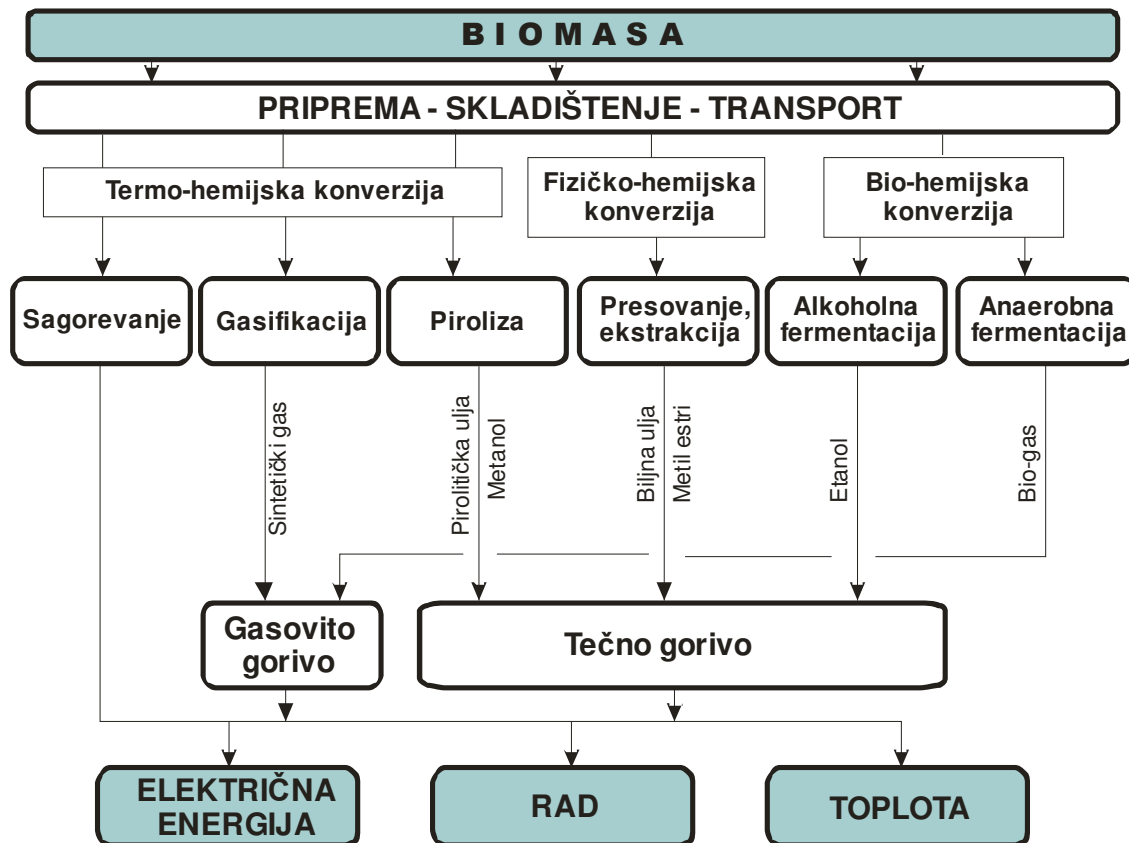
# Kogeneracija

**Odvojena proizvodnja:  
kondenzacijska TE + toplana (TO)**

**Kogeneracija:  
termoelektrana – toplana (TE-TO)**



# Tehnologije obrade biomase



- Osnovni problem u preradi biomase je velika vlaga, a nedostatak je mala energetska vrednost po jedinici mase. Prerada biomase se vrši sa ciljem dobijanja pogodnijeg oblika za transport, skladištenje i upotrebu.

# Da li je sve idealno?

- Međutim, i pored mnogih prednosti koje poseduje biomasa kao izvor energije u eksploataciji biomase postoje i određene nepogodnosti za primjenu. Neka od njih su:
  - manipulacioni i ekonomski problemi sa sakupljanjem, pakovanjem i skladištenjem biomase
  - periodičnost nastanka biomase
  - mala zapreminska masa i toplotna moć biomase svedena na jedinicu zapremine
  - razuđenost u prostoru
  - nepovoljan oblik i visoka vlažnost biomase
  - visoke investicije za postrojenja za preradu, pripremu, sagorijevanje biomase, itd.



# Za razmišljanje ?

- Istraživanja u Švajcarskoj, Austriji i Nemačkoj su pokazala da mnoga od projektovanih postrojenja na biomasu (uglavnom drvo) koja su napravljena za potrebe daljinskog grijanja imaju mnogo više troškove proizvodnje nego što je očekivano.
- U zavisnosti od veličine postrojenja predviđeno 5-10 €ct/kWh a stvarni troškovi proizvodnje su od 13-25 €ct/kWh.
- Glavni razlog je **neprofesionalno rukovodjenje projektom** i slabo planiranje.
- Glavni tehnički nedostaci su:
  - Zahtjevi potrošača za toplotom su preuveličani
  - Rezerve u kapacitetu i strujnim krugovima u toplani koje nikada nijesu potrebne
  - Veličine silosa su mnogo veće nego što je potrebno
  - Mali stepen korisnosti kotla, zbog niskog kapaciteta
  - Kvalitet goriva ne odgovara zahtjevanim karakteristikama goriva postrojenja
  - Zastoji u hidrauličkom i kontrolnom sistemu dovode do velikih operativnih troškova.
- Investicioni troškovi su realno proračunati.

# Sistem grijanje na biomasu - sistem sistema



- Projektovanje kompletnog sistema grijanja na biomasu zahteva dubinsko poznavanje svake od komponenti sistema.
- Uspesne instalacije na biomasu zavise od pažljivog proračunavanja toplotnog opterećenja i moraju da vode računa o mnoštvu karakteristika same lokacije, tako da je svaki sistem biomase različit.

# Pitanja pred-izvodljivosti

Da li je toplotno opterećenje i način potrošnje na lokaciji pogodan sistemu biomase?

Kotlovi na biomasu rade najefikasnije kada duže rade oko svog nominalnog kapaciteta. Lokacije sa niskom potrebom za toplotom ili na kojima su opterećenja veoma promenljiva treba pažljivije razmatrati.

Da li u tom području postoji odgovarajući dobavljač goriva?

Pristup visokokvalitetnom gorivu, po mogućnosti od više dobavljača, je od vitalnog značaja. Postoje sveobuhvatni standardi goriva kako bi se osiguralo pravilno napajanje kotlova. Loš kvalitet ili pogrešno određeno gorivo je čest uzrok grešaka u sistemima biomase.

Da li postoji prostor za smeštaj kotla, akumulatora toplote i skladišta goriva?

Kotlovi na biomasu znatno su veći od sličnih kotlova na fosilna goriva, a akumulatori i pomoćna oprema takođe zahtevaju prostor. Drvna goriva su manje energetske gustine pa takođe traže dovoljno prostora za skladištenje.

Da li postoji dobar pristup mestu za dostavna vozila i prostor za njihovo okretanje i manevrisanje?

Veličina i vrsta vozila zavisice od goriva koje će biti određeno, dok će broj isporuka zavisiti od energetske gustine goriva i veličine skladišta.

# Pitanja izvodljivosti

Koliki će biti kapacitet kotla?

Veličina kotla je kritična u odlučivanju i ima posledice na svaki drugi element u sistemu. Predimenzionisani kotlovi rade manje efikasno i imaju veće nivoe emisija i znatno će doprineti troškovima projekta.

Koliko prostora je potrebno za smeštaj kotla?

Upotreba postojećih zgrada može pomoći da se smanje troškovi projekta, ali treba voditi računa o akumulatorima toplote, dodatnim cjevovodima i, u nekim slučajevima, dodatnom kotlu za pokrivanje vršnih opterećenja. Oprema kotla za biomasu se takođe mora redovno održavati, tako da se mora ostaviti dovoljno prostora za rutinske zadatke, kao što su rukovanje pepelom i čišćenje.

Koliko prostora je potrebno za skladištenje goriva?

To će zavisiti od veličine kotla, vrste goriva, kapaciteta dostavnih vozila kao i potrebe za toplotom postrojenja koje se zagreva. Niže zalihe goriva sa otežanim pristupom mogu ograničiti mogućnosti snabdjevanja gorivom i povećaće učestalost isporuka na lokaciju.

Dimnjak?

Propisi u skladu sa lokacijom definišu veličinu i visinu dimnjaka. Treba da osiguraju slobodno rasprostiranje dimnih gasova i da osiguraju da nema opasnosti od požara.

# Finansije ?

- Investicioni troškovi kotlova na biomasu uglavnom su veći od kotlova na fosilna goriva, a projektni troškovi mogu brzo da eskaliraju dodatnom opremom za upravljanje gorivom i skladištenjem goriva.
- Međutim, ovi kotlovi mogu trajati i više od 20 do 25 godina, a niže cene drvnog goriva mogu značiti da ceo životni vek sistema biomase **može** biti generalno jeftiniji.



Toplana 3,2 MW

Tehnologije grijanja sa niskim udjelom ugljenika, poput biomase, mogu biti prihvatljive za čitav niz finansijskih podsticaja, kao i za životnu sredinu i društvene dobrobiti, koji takođe mogu uticati na odluku o izgradnji postrojenja.

Savremeni sistemi na biomasu su čisti i efikasni. Važno je osigurati da rukovaoci prođu obuku o svim aspektima rada i osnovnog održavanja, kao što su pražnjenje pepela, čišćenje i pronalaženje jednostavnih grešaka.



Pitanja?