

Energija biomase

Korišćenje energije biomase za proizvodnju el. energije
Energijske tehnologije
FER 2008.



Gdje smo:

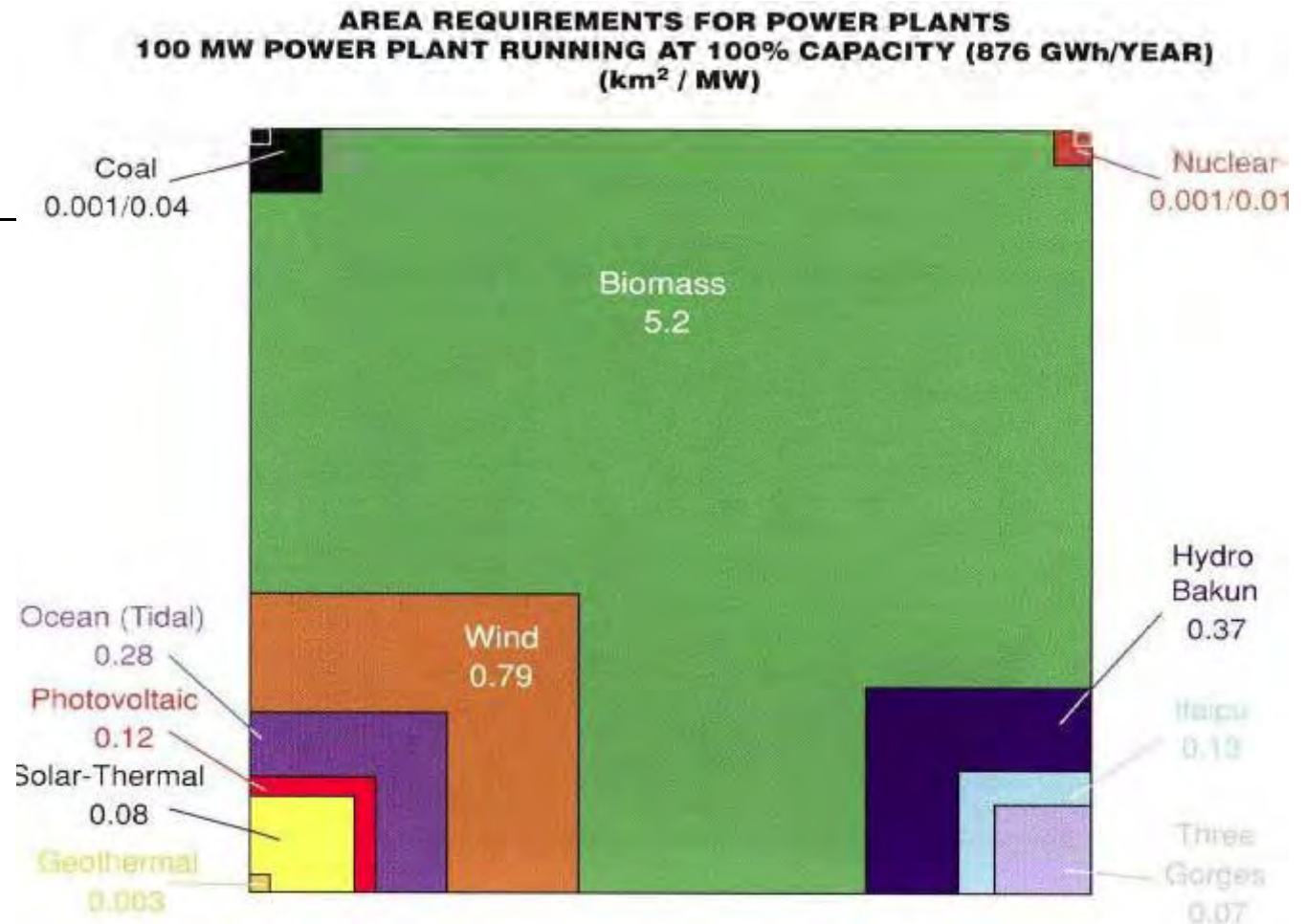
1. Organizacija i sadržaj predmeta
2. Uvodna razmatranja
3. O energiji
4. Energetske pretvorbe i procesi u termoelektranama
5. Energetske pretvorbe i procesi u hidroelektranama
6. Energetske pretvorbe i procesi u nuklearnim el.
7. Geotermalna energija
8. Potrošnja električne energije
9. Prijenos i distribucija električne energije
10. Energija Sunca
11. Energija vjetra

12. Biomasa

13. Gorivne ćelije i ostale pretvorbe
14. Skladištenje energije
15. Utjecaj na okoliš, održivi razvoj i energija

Sadržaj

- Uvod
- Izvor
- Upotreba
- Obrada
- Energetske vrijednosti i specifičnosti
- Primjeri korištenja
- Ukratko



Uvod: Što je biomasa

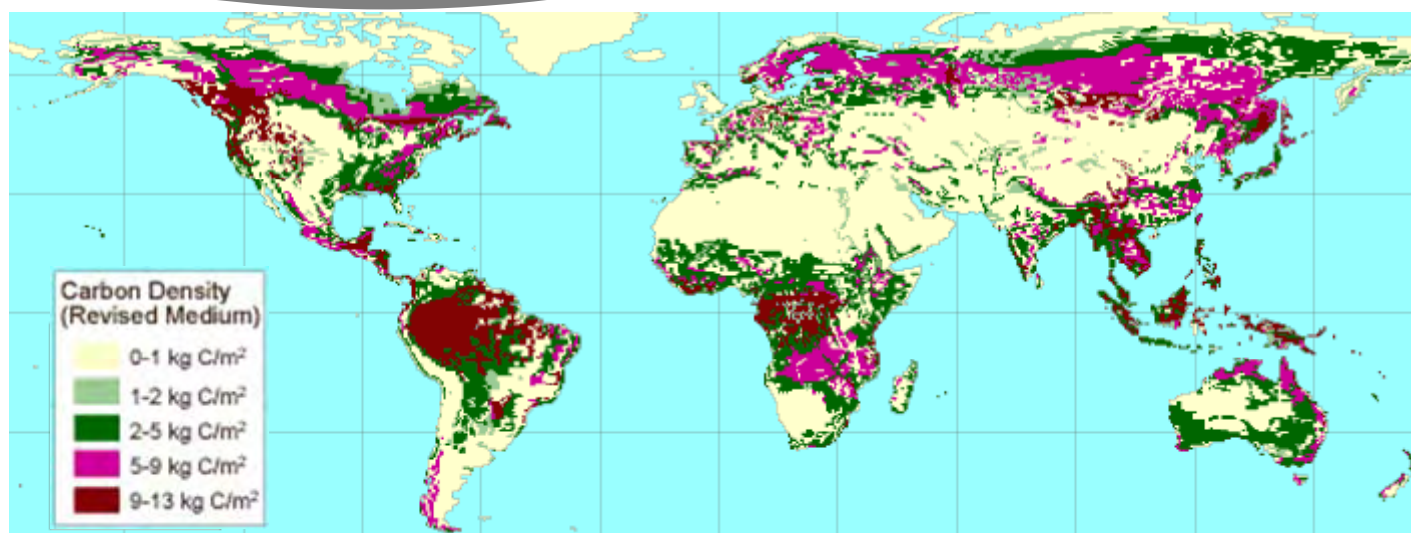
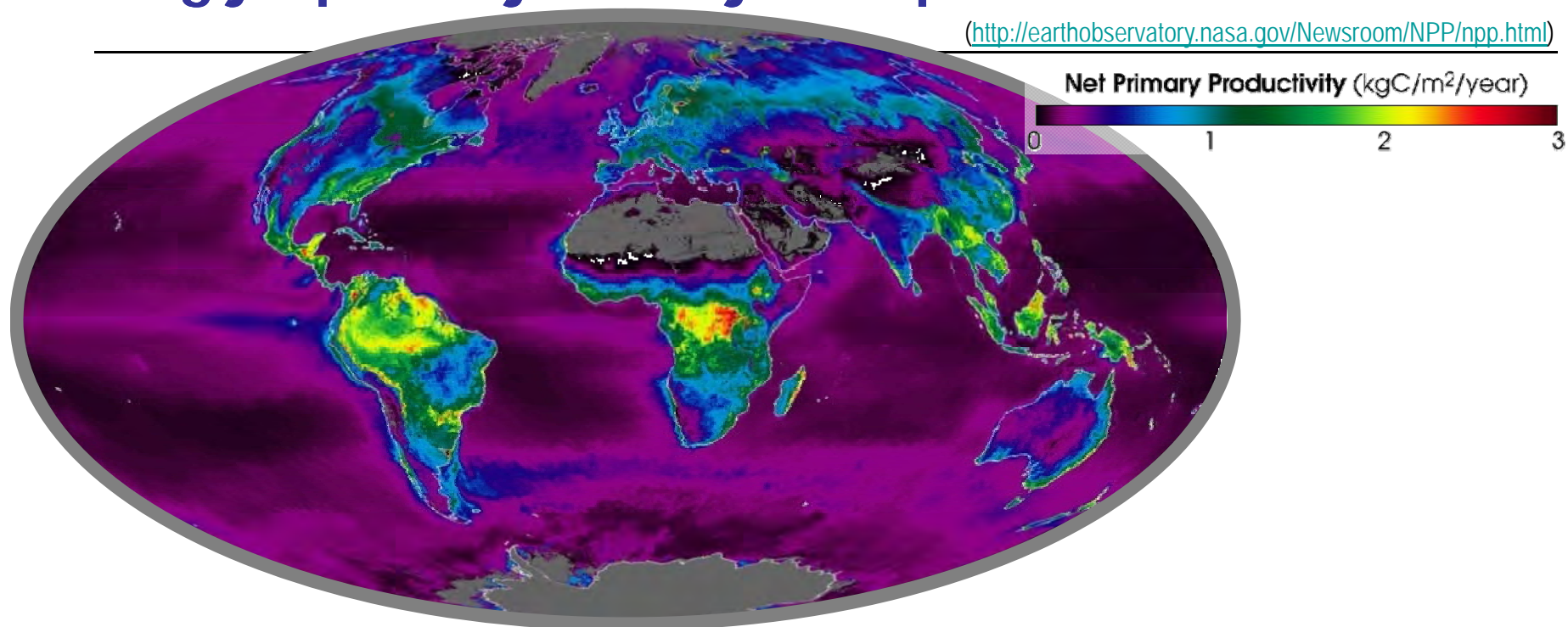
- Sve organsko.
- Organski materijal s energetsom vrijednosti podložen pretvorbi u gorivo ili direktno u toplinu.
- Prvobitni izvor energije.
- Danas se u svijetu još uvijek biomasa dominantno koristi na tradicionalan način (izravno izgaranje a ne prerada u tekuća ili plinovita goriva).
- Toplina se može koristiti za proizvodnju el. en.
- Gorivo može biti kruto, tekuće ili plinovito:
 - kruto gorivo: drvo i peleti,
 - tekuće gorivo: bioetanol, biodizel i bioulja,
 - plinovito gorivo: bioplin i vodik.
- Ostale primjene za industrijske materijale i kemikalije te druge raznovrsne primjene.



Neto primarna proizvodnja biomase 2002

- ugljik pohranjen u biljkama po m²

(<http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NPP/npp.html>)



Najvažnije vrste izvora biomase

Uzgoj

- Brzorastuće drveće
 - vrba
 - topola
 - eukaliptus
- Ligno-celulozne vrste
 - trska
- Šećerne vrste
 - šećerna repica, trska i proso
 - slatki sirak
- Škrobne vrste
 - kukuruz
 - žitarice (pšenica, ječam)
- Uljne vrste
 - uljana repica
 - suncokret

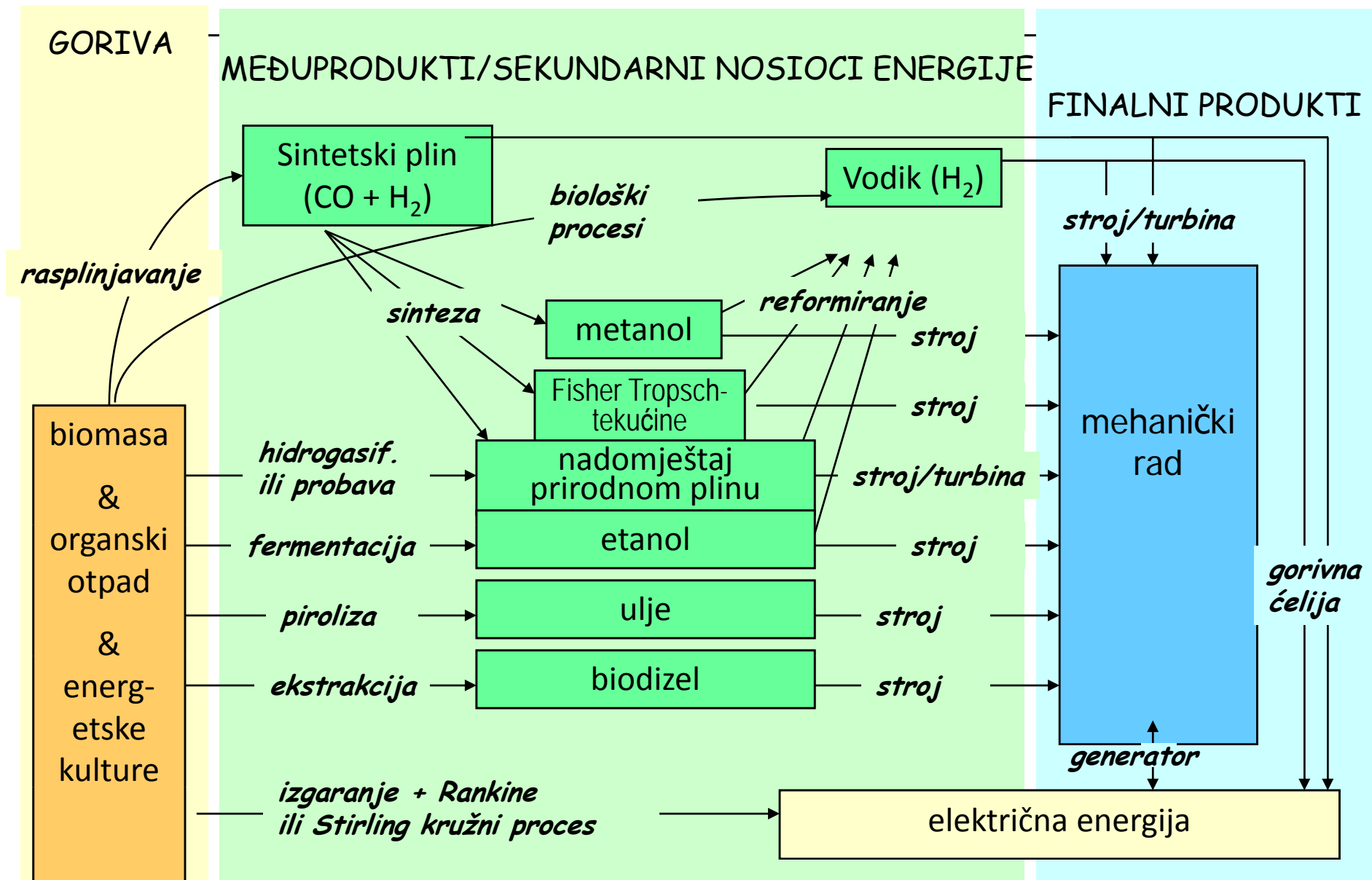


Ostatci i otpad

- Drvni otpad
 - održavanje šuma
 - obrada drvnih proizvoda
 - građevinski i drugi ostatci
- Poljoprivredni ostatci i otpad
 - slama
 - gnoj
- Organski dio javnog krutog otpada
- Kanalizacijski talog
- Industrijski ostatci
 - prerada hrane
 - prerada papira i sl.



Energija iz biomase - putovi i mogućnosti



Resursi

1 EJ (Exa J) = $1e18$ J

1 EJ \approx 26,2e9 L ili

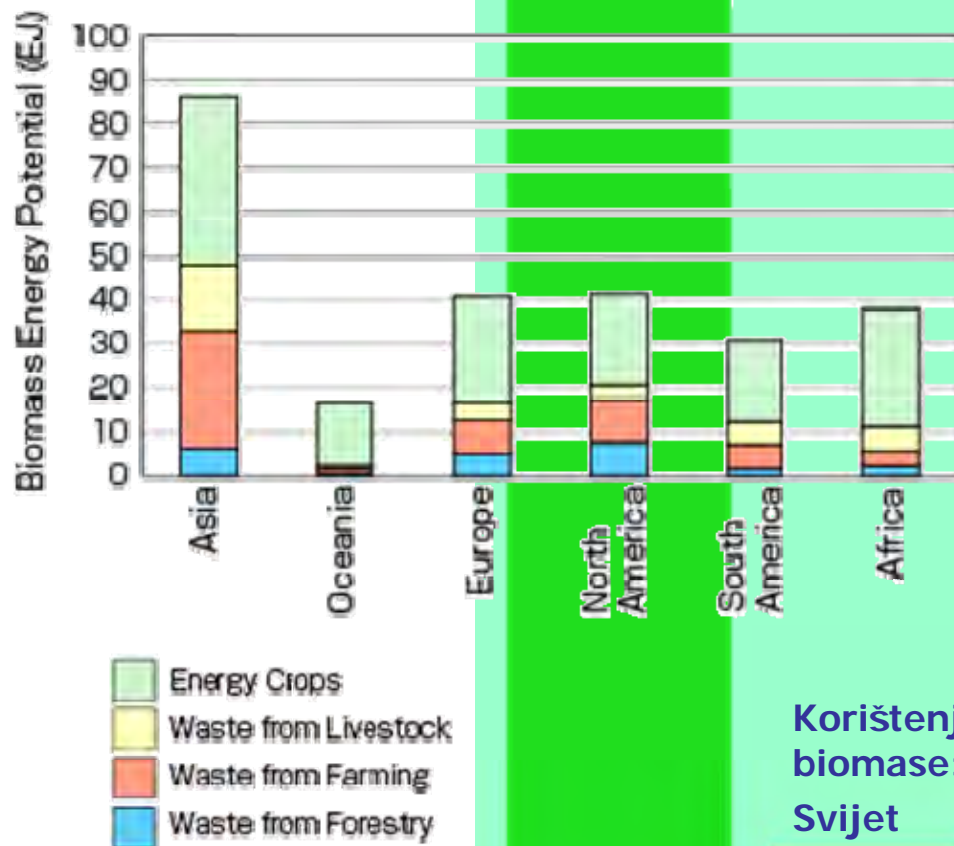
223 Mb sirove nafte

Godišnje
stvaranje
biomase

Svjetska proizvodnja biomase i korištenje energije

45 ± 10 EJ

- za 2002. uključujući i tradicionalnu upotrebu
- to je 14% ukupne potrošnje
- samo ~3% u razvijenih
- i do 90% kod nerazvijenih



Korištenje
biomase:

Svijet

45 ± 10 EJ

SAD

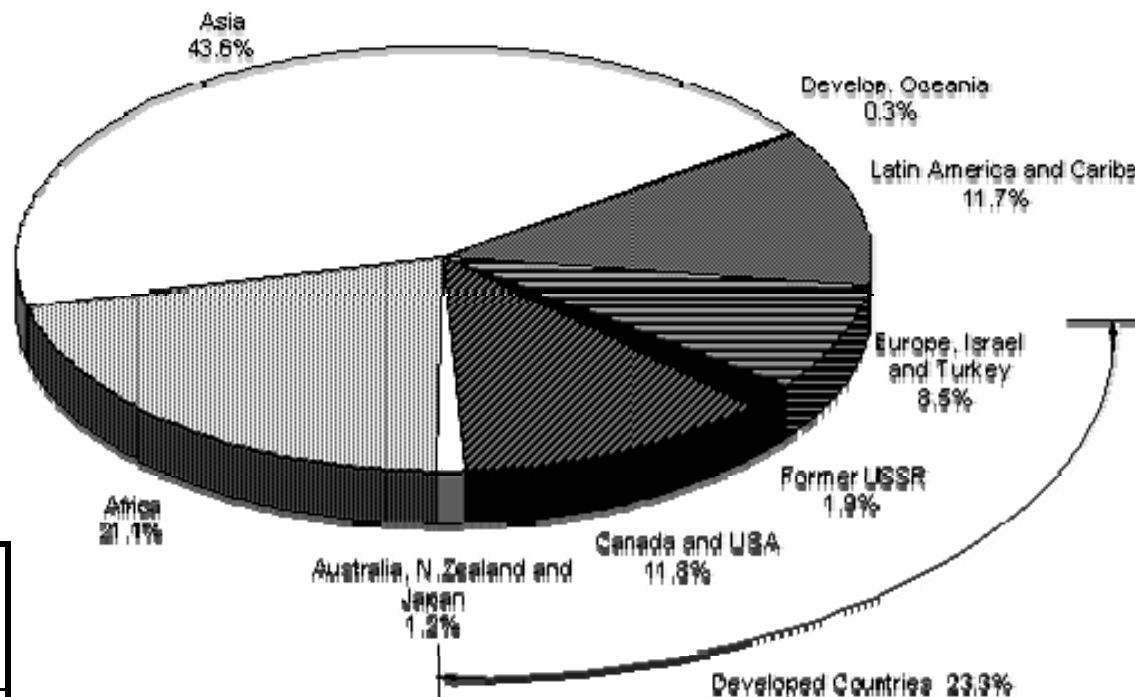
Svjetsko
korištenje
energije

Svjetsko
korištenje
nafte

Udio biomase u potrošnji energije – primjeri za 2001.

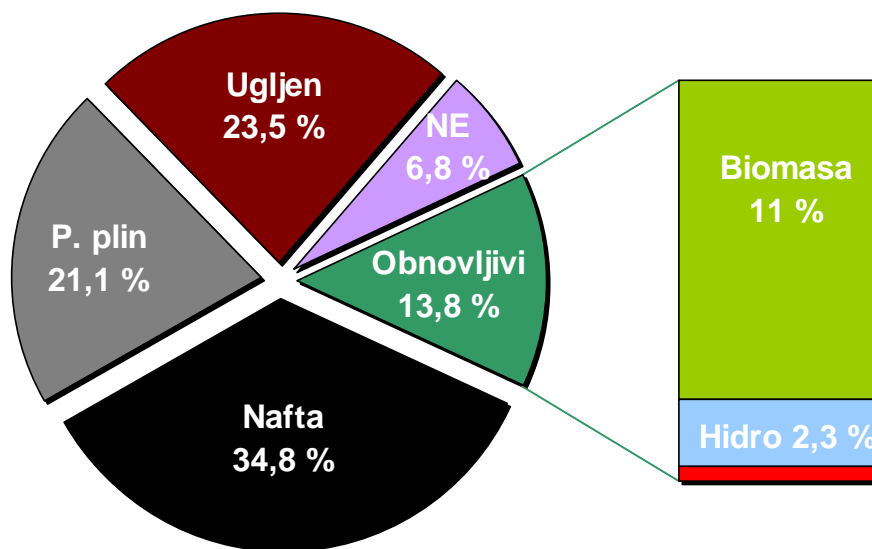
Relativni udio korištenja energije biomase

Zemlja	U primarnoj en.	U el. en.
Austrija	10,0%	2,8%
Danska	8,5%	4,7%
Etiopija	93,0%	0,0%
Finska	19,0%	11,2%
Indija	35,0%	0,0%
Kongo	8,3%	3,5%
Švedska	16,0%	2,1%



Sudjelovanje u ukupnoj proizvodnji energije biomase dijelova svijeta.

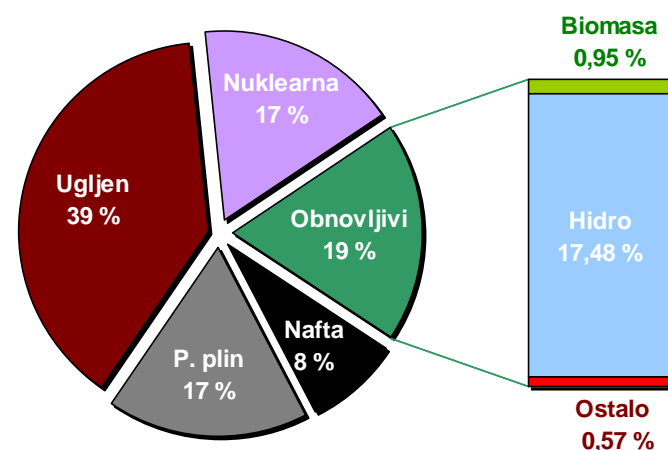
Biomasa u energetsom sektoru svijeta



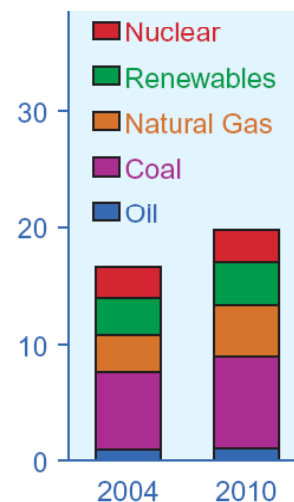
Ukupna svjetska potrošnja primarne energije za 2000. godinu

1e12 kWh

Proizvodnja električne energije za 2000. godinu

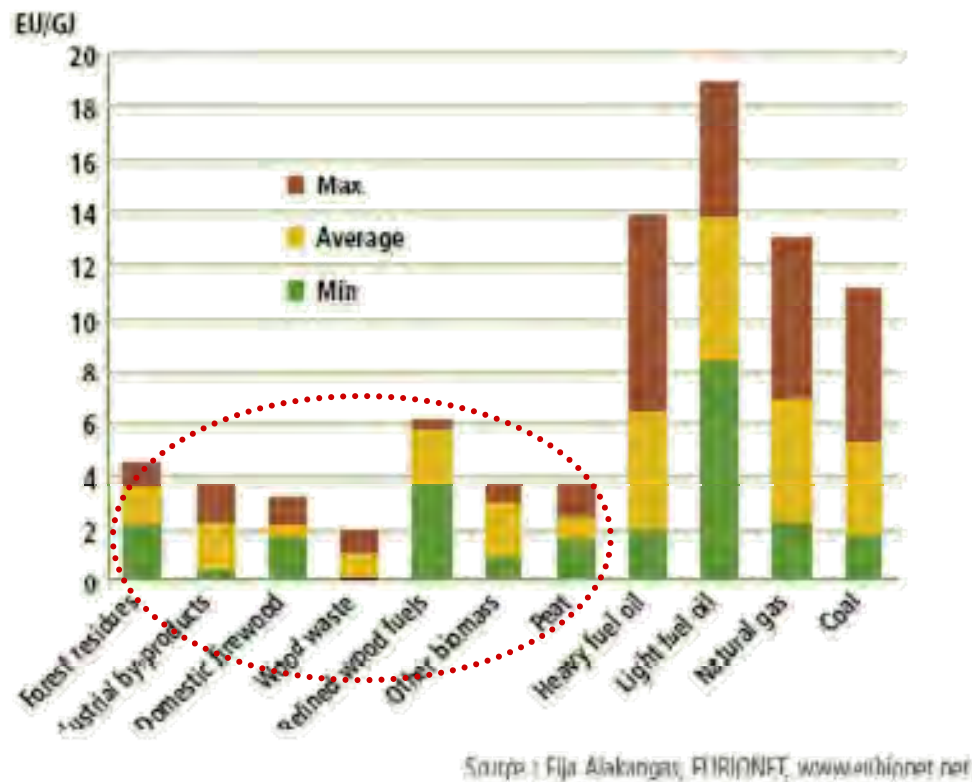


Relativna proizvodnja električne energije za 2000. godinu



Sources: 2004: Energy Information Administration (EIA), International Energy Annual 2004 (May-July 2006), web site www.eia.doe.gov/iea. Projections: EIA, System for the Analysis of Global Energy Markets (2007).

Biomasa u Europi

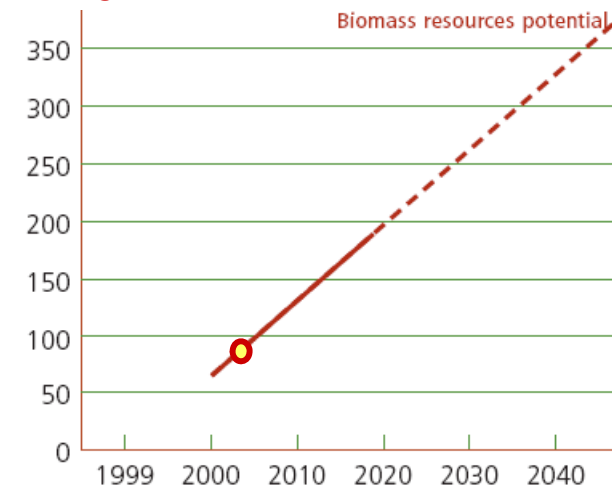


Cijene goriva u industrijskim elektranama zemalja Baltika (€/GJ)

Mtoe – energija 1e6 tona ekvivalentne nafte
42 GJ

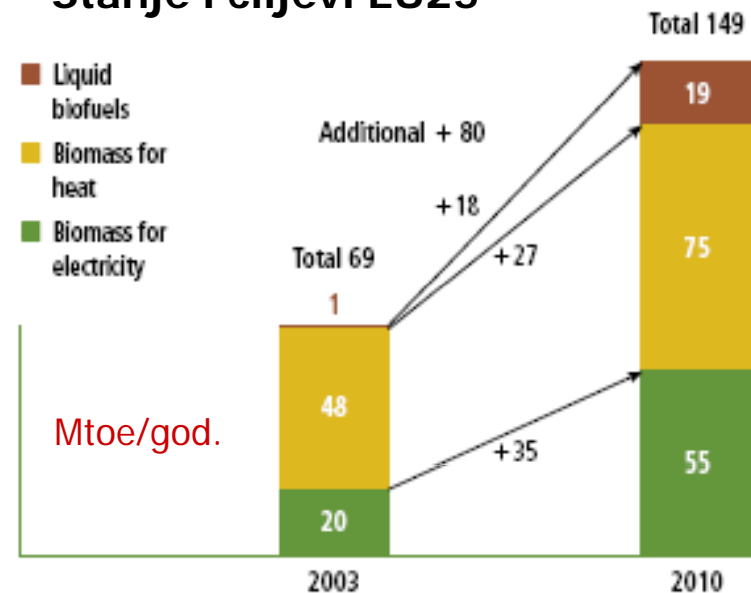
2008.

Mtoe/god.



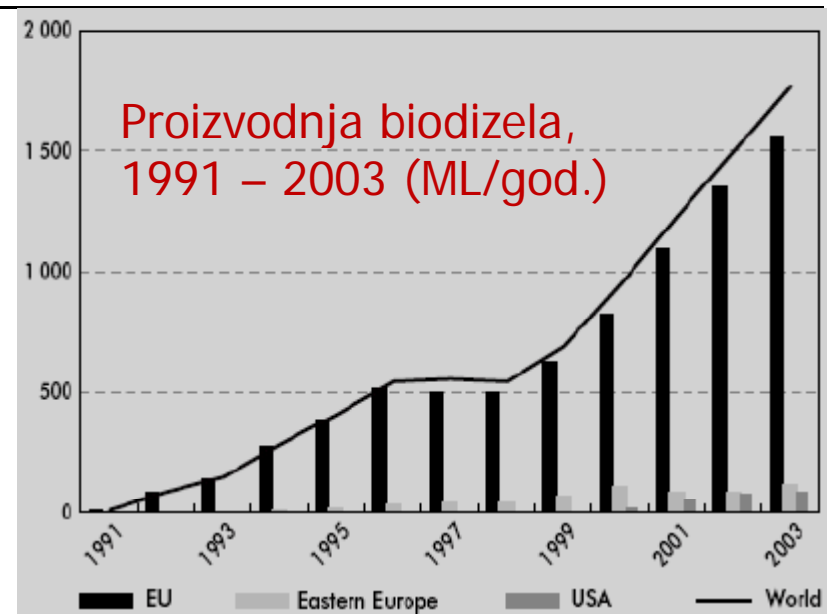
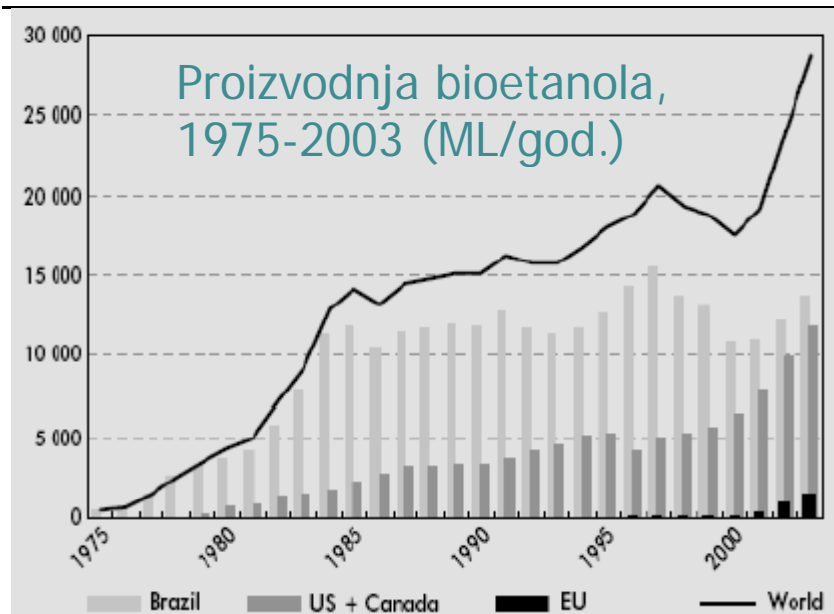
EU TOTAL ENERGY NEEDS:
Year 2000: 1.580MTOE/y Year 2030: 2.138MTOE/y

Stanje i ciljevi EU25



Energijske tehnologije: Energija biomase

Odnos nafte i biogoriva



Potrošnja nafte za 2003.

- ~30000 Mb (b=barrel)/god – proizvodnja nafte (3500000 ML/god)
 - 80 Mb/dan – proizvodnja nafte (9400 ML/dan)
- ~1000x proizvodnje biogoriva!
- Brazil svojim uzgojem šećerne trske i proizvodnje bioetanola osigurava energetske neovisnost i zaposlenost.
- Europa biodizel proizvodi iz uljane repice

Stanje i perspektive korištenja biomase

PREDNOSTI

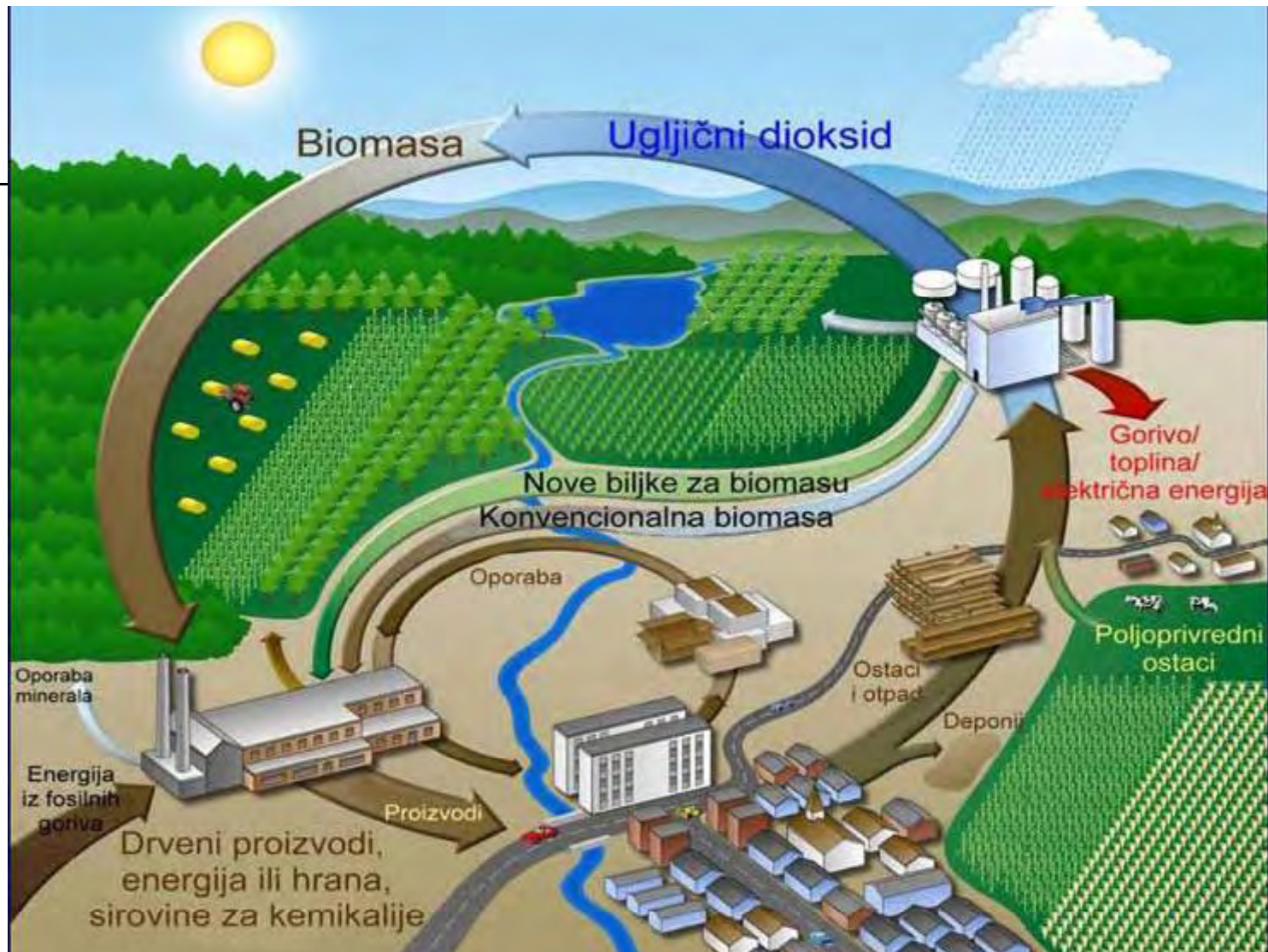
- nerazvijeni
 - značajan izvor energije
 - potencijal za unapređivanje kvalitete života
 - razvoj, okoliš i održivost
- razvijeni
 - energetska sigurnost
 - globalno zagrijavanje
- decentraliziran izvor
- dodatna društvena korist
- lokalni okoliš (otpad)
- mala cijena goriva
- stalniji obnovljivi izvor



NEDOSTATCI

- mala energetska vrijednost i gustoća
 - prikupljanje i korištenje
- mali kapaciteti
 - ovisnost o izvoru biomase
- skupo korištenje
 - zahtjeva poticaje
 - poremećaji proizvodnje hrane
- održivost
 - upitna bez organizacije i tehnologije



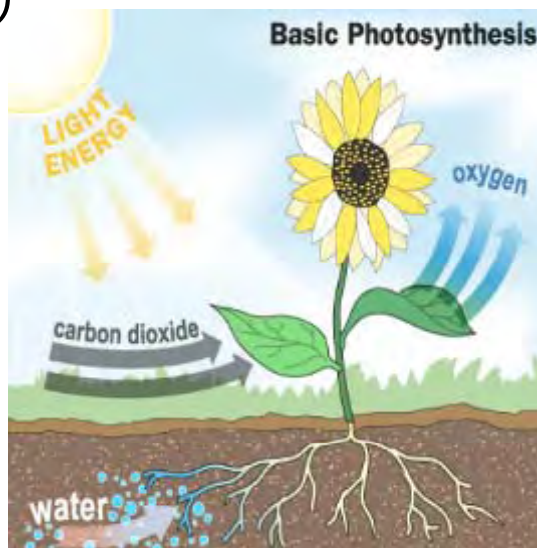


Pojednostavljeni ciklus biomase.

Za razliku od fosilnih goriva biomasa uklanja znatan dio CO₂ emitiranog u atmosferu kod upotrebe (obrada i izgaranje).

Fotosinteza i prinos po ha

- Samo svjetlost se koristi
 - 43% od ukupne
 - biljka troši 30%
 - iskor. maks. ef. 10%
- Stvarno srednje iskorištenje ~0,15%
- Uzgajane vrste dostižu 1 do 3% (6%)



Prinos biogoriva po hektaru:

- biodizela
 - 1,5 t iz uljane repice
- bioetanola
 - 3,0 t iz kukuruza (ili žitarica)
 - 5,0 t šećerne repice
- Europa za 6 % goriva u biogorivu (12 Mt etanola i 6 Mt biodizela) uzgaja:
 - 40 Mt kukuruza ili žitarica
 - 15 Mt uljane repice
 - na 10e6 ha obradiva tla
 - od ukupno 75e6 ha obradive zemlje u EU

ZADATAK 1. Energija i obradiva zemlja

Nakon 3 godine rasta s 10 ha zemlje posiječe se brzorastuće drveće prinosa 90 t/ha i 30% vlažnosti.

Ogrjevna vrijednost suhog drva iznosi 20 GJ/t.

Koliko iznosi ukupna proizvedena toplina ukoliko se cjelokupna količina biomase iskoristi u peći na drva efikasnosti 60%?

Pretpostaviti linearnu ovisnost ogrjevnog vrijednosti o vlažnosti.

Udio vlage je definiran kao omjer mase vlage prema ukupnoj masi:

$$W = m_v / (m_d + m_v)$$

$$\text{Masa drveta : } 90 \cdot 10 = 900 \text{ t}$$

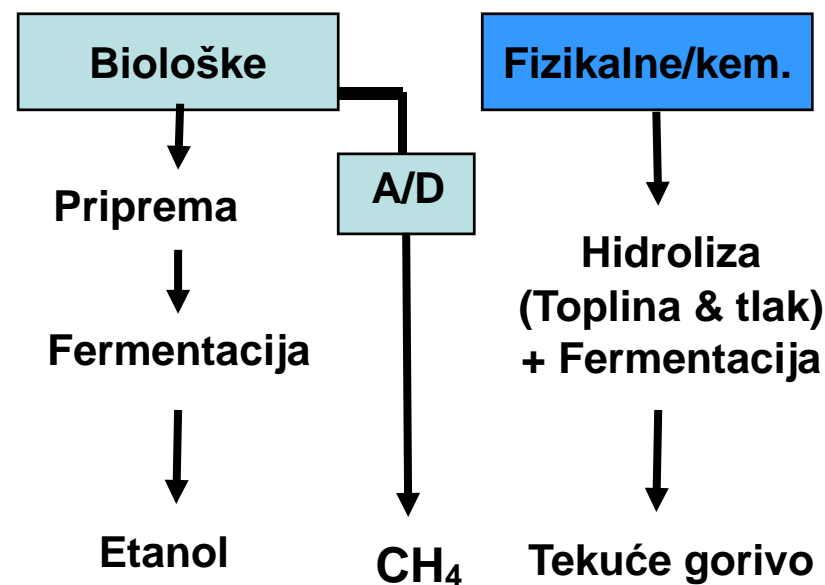
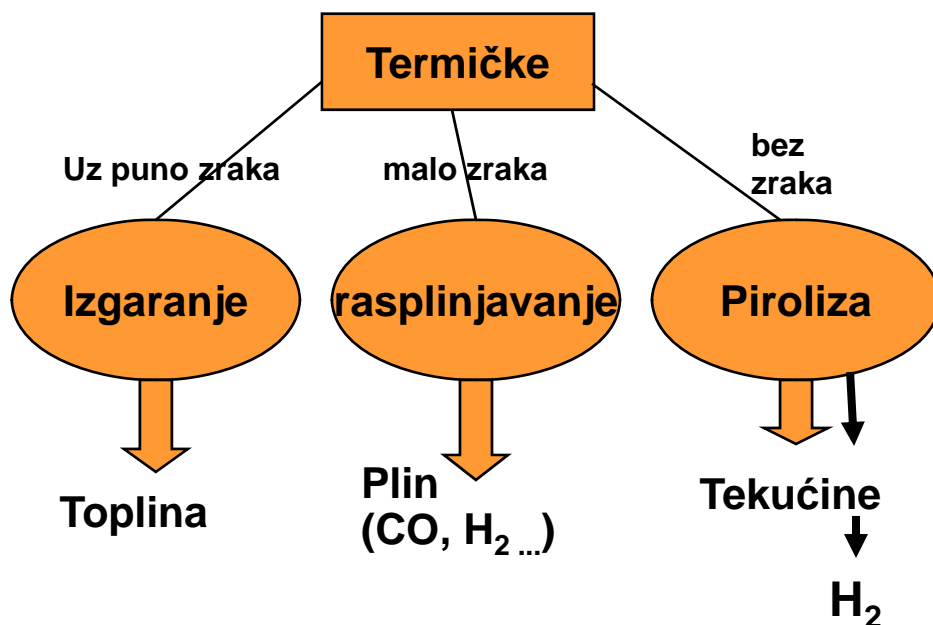
$$\text{Ogrjevna vrijednost vlažnog drveta: } 20 \cdot (1 - 0,3) = 14 \text{ GJ/t}$$

$$\text{Energija sadržana u biomasi: } 900 \cdot 14 = 12600 \text{ GJ}$$

$$\text{Toplina proizvedena u peći: } 12600 \cdot 0,6 = 5400 \text{ GJ}$$

Pretvorbe biomase

- Pretvoba biomase se dijeli na primarnu i sekundarnu
- Primarna transformira početnu biomasu u biogorivo (dijagram dolje)
- Sekundarna služi pridobivanju korisne energije:
 - peć, turbine plinske i parne, motori s unutrašnjim izgaranjem, mikroturbine i gorivne ćelije



A/D – anaerobna digest.

Drvena biomasa za ogrjev



- Drvena industrija
 - ostatci kod obrade (piljenje, blanjanje i brušenje)
 - otpadci iz drvne industrije jeftiniji i kvalitetniji
- Gospodarenje šumama
 - održivo – međunarodni konsenzus
 - HR ima 44% površine pod šumama sa 9,6 Mm³ god. prirasta
- Poljoprivredi ostatci
 - heterogeno i različitih svojstava (slama, kukurozovina, oklasak, stabljike, koštice, ljuske, ...)
 - niska ogrjevna vrijednost (vlažno)



- Uzgoj biomase za energiju
 - Prinos suhe tvari po ha
 - vrbe i topole 10 do 12 t/god.
 - brzorastuće trave ~16 t/god.
 - eukaliptus 35 t/god.
 - Dodatne prednosti
 - korištenje otpadnih voda, gnojiva i taloga (vegetacijski filtri)
 - bioraznolikost i
 - rješavanje problema viškova poljoprivredne proizvodnje
- Korištenje kao
 - gorivo za direktno spaljivanje ili obradu
- Kompaktiranje:
 - baliranjem, prešanjem i peletiranjem za automatsko loženje
 - Potrošnja u srednjoj Europi
 - 2001. 0,12 Mt; 2002. 0,20 Mt
 - 2010. 1,00 Mt

Zadatak 2. Vlažnost drvne biomase

Usporediti masu, količinu energije i energetske gustoće sadržanu u 5 m³ hrastovih cjepanica odmah nakon sječe (vlažnost 55%) i nakon sušenja u šumi (vlažnost 30%) tijekom ljetnih mjeseci.

Gustoća i ogrjevna vrijednost potpuno suhog hrastovog drva iznose 580 kg/m³ odnosno 19 MJ/kg. Pretpostaviti da se volumen drva ne mijenja s promjenom vlažnosti. Faktor popune za cjepanice je 0,7. **Faktor popune** definiran je kao omjer volumena punog drveta i volumena naslaganih cjepanica.

Ogrjevna vrijednost vlažnog drva računa se približno prema sljedećoj formuli:

$H_{\text{net}} = H_d \cdot (100 - W) / 100 - 2,442 \cdot W / 100$ (MJ/kg), gdje je H_d ogrjevna vrijednost suhog drva, a W vlažnost.

Volumen punog drveta :

$$5 \cdot 0,7 = 3,5 \text{ m}^3$$

Udio vlage je definiran kao omjer mase vlage prema ukupnoj masi:

$$W = m_v / (m_d + m_v)$$

Zadatak 2. Vlažnost drvne biomase - rješenje

Uz vlažnost 55%:

Gustoća vlažnog drva iznosi:

$$m_d/(1-w) = 1289 \text{ kg/m}^3$$

Masa vlažnog drva iznosi:

$$3,5 * 1289 = 4512 \text{ kg}$$

Ogrjevnost vrijednost vlažnog drva:

$$\begin{aligned} &= 19 * (100 - 55) / 100 - 2,442 * 55 / 100 \\ &= \mathbf{7,21 \text{ MJ/kg}} \end{aligned}$$

Količina energije sadržana u drvu:

$$7,21 * 4512 = \mathbf{32,52 \text{ GJ}}$$

Energetska gustoća iznosi:

$$32,52 / 3,5 = \mathbf{9,29 \text{ GJ/m}^3}$$

Uz vlažnost 30%:

Gustoća vlažnog drva iznosi:

$$829 \text{ kg/m}^3$$

Masa vlažnog drva iznosi:

$$3,5 * 829 = 2900 \text{ kg}$$

Ogrjevnost vrijednost vlažnog drva:

$$\begin{aligned} &= 19 * (100 - 30) / 100 - 2,442 * 30 / 100 \\ &= \mathbf{12,57 \text{ MJ/kg}} \end{aligned}$$

Količina energije sadržana u drvu:

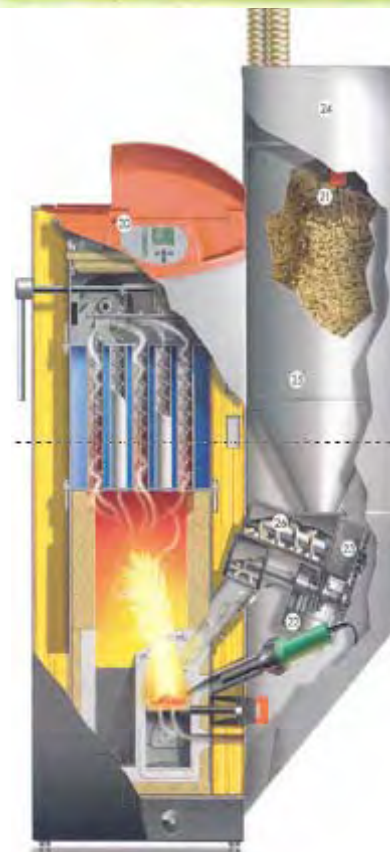
$$12,57 * 2900 = \mathbf{36,45 \text{ GJ}}$$

Energetska gustoća iznosi:

$$36,45 / 3,5 = \mathbf{10,4 \text{ GJ/m}^3}$$

Izgaranje drvne biomase

- Karakteristika goriva
 - promjenjiva i velika vlažnost (svježe drvo preko 50%)
 - veće emisije zbog lošijeg izgaranja
 - vrlo velik udio hlapljivih sastojaka (80%)
- Posebna konstrukcija peći
- Manji sustavi
 - nepomična i pomična rešetka
 - pouzdana i poznata tehnologija
- Veći sustavi
 - cirkulirajući i mjehurićasti fluidizirani sloj
- Manja efikasnost



Potrošnja drva prema snazi

Snaga (kW)	(kg / hr)	(m ³ / sezoni)
18	4	10
80	18	50

Biokemijske pretvorbe - biogoriva

Bioetanol (C_2H_5OH)

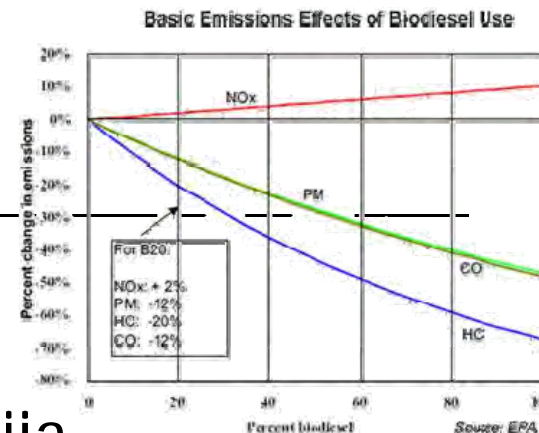
- Biomasa - sirovina
 - šećerna trska – šećer
 - kukuruz – škrob
 - drvo – celuloza
- Fermentacija (vrenje)
 - biokemijsko razlaganje složenih organskih molekula u jednostavnije molekule (npr. raspad šećera u alkohol i CO_2) - enzimi kataliziraju
- Zamjena za benzin
 - mješavina - udio do 20% etanola bez potrebe za preinakama motora



2008.

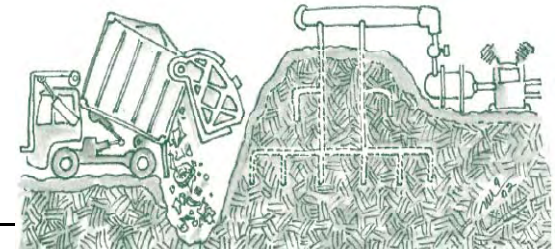
Biodizel

- Esterifikacija
 - biljnih ulja s metanolom (uljana repica, suncokret, soja, otpadno jestivo ulje, loj)
- Svojstva slična dizelu
 - miješana ili čista potrošnja
 - gustoća i energetska vrijednost
 - bolja mazivost
 - manje ili nema sumpora
 - novi automobili prilagođeni (cijevi i brtve za gorivo)

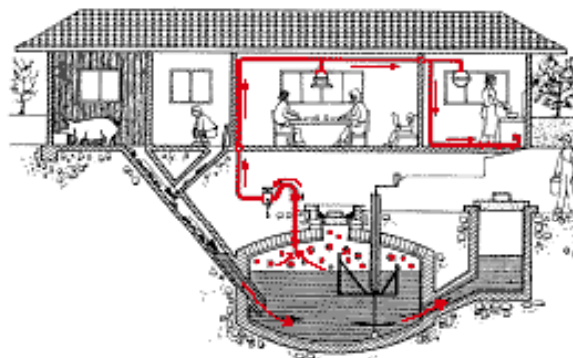


Energijske tehnologije: Energija biomase

Životinjski ostatci i otpad



- Lešine i stelja
 - Spaljivanje
- Izmet i zelena masa
 - anaerobna fermentacija za bioplin
 - 60% metan, 35% CO₂ i 5% ostalo (vodik, dušik, amonijak, sumporovodik, CO, kisik i vodena para)
 - krava ili dvije svinje 1,5 m³ plina na dan (26 MJ/Nm³)

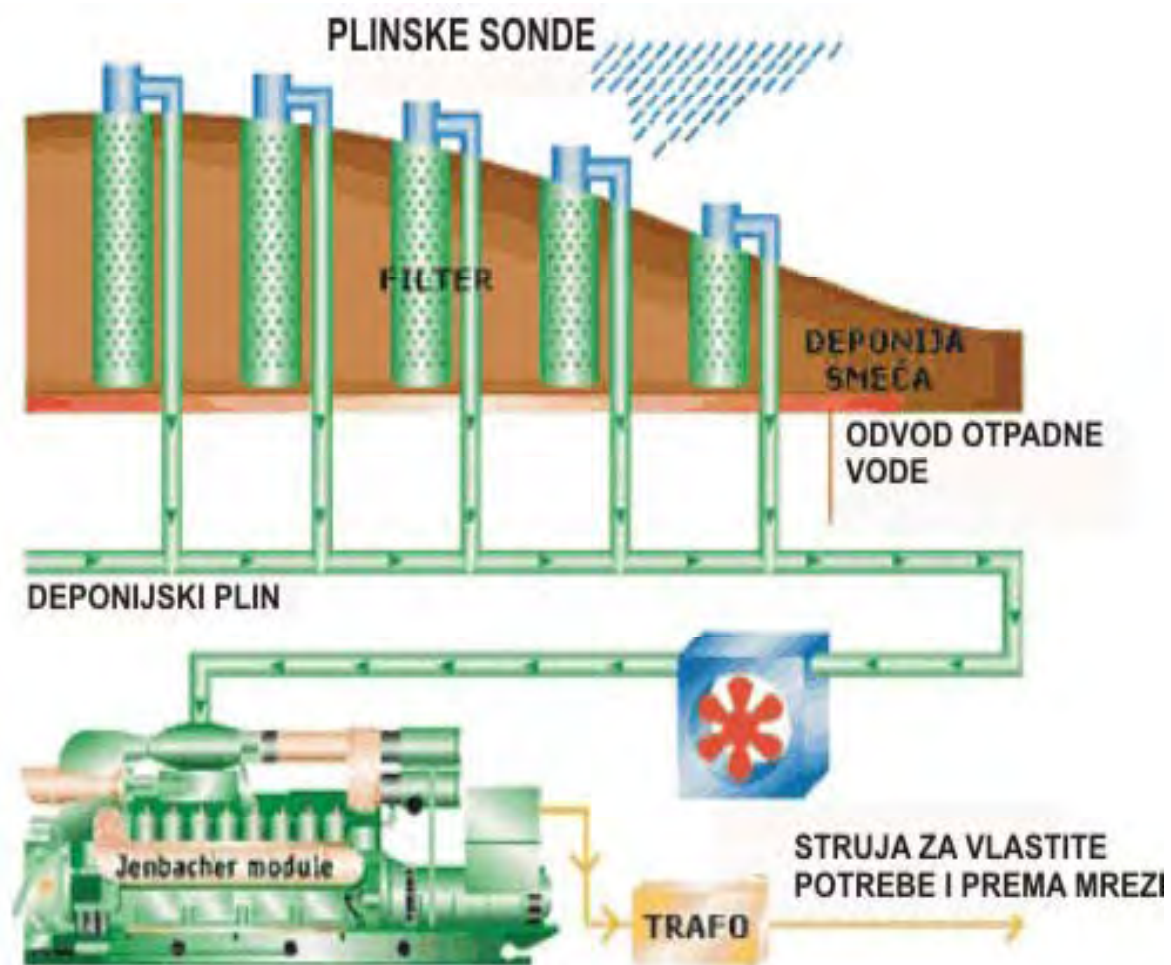


- Porijeklo otpada
 - biljni ostatci i drugo iz gradskog otpada
 - održavanje parkova i vrtova
 - mulj iz otpadnih voda
- Primarno je zbrinjavanje otpada

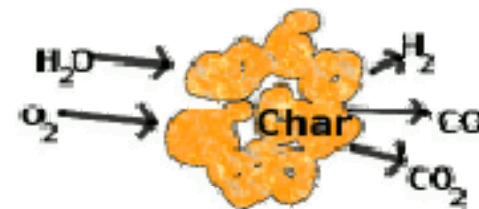
- Velike investicije (4000 US\$/kW)



Deponijski (bio)plin



Rasplinjavanje – nepotpuno izgaranje



- Termokemijski proces
 - na visokim temperaturama (i do $1400^{\circ}C$)
 - uz ograničen dovod kisika
- Produkcija el. en. je efikasnija u plinskoj turbini
 - termički stupanj 45%
 - parni kotao na drva oko 20%
- Problem
 - osjetljivost plinskih turbina na čestice i paru
 - pročišćavanje skupo
- Glavni sastojci plina:
 - CH_4 , CO_2 , H_2O
- Svojstva plina određuje:
 - izvedba postrojenja
 - protustrujno, istostrujno, s fluidiziranim slojem
 - biomasa
 - temperatura, vlažnost i sastav
 - sredstvo rasplinjavanja
 - zrak – energetska vrijednost plina od 4 do $6 MJ/Nm^3$
 - kisik – energetska vrijednost plina od 15 do $20 MJ/Nm^3$

Energetska vrijednost goriva iz biomase

GORIVO	Sadržaj vode %	MJ/kg
Hrast	20	14,1
Bor	20	13,8
Slama	15	14,0
<i>Sjemenje</i>	15	14,2
Repičino ulje	-	37,1
<i>Kameni ugljen</i>	4	30-35
<i>Smeđi ugljen</i>	20	10-20
<i>Lož ulje</i>	-	42,7
<i>Bioetanol</i>	-	25,5

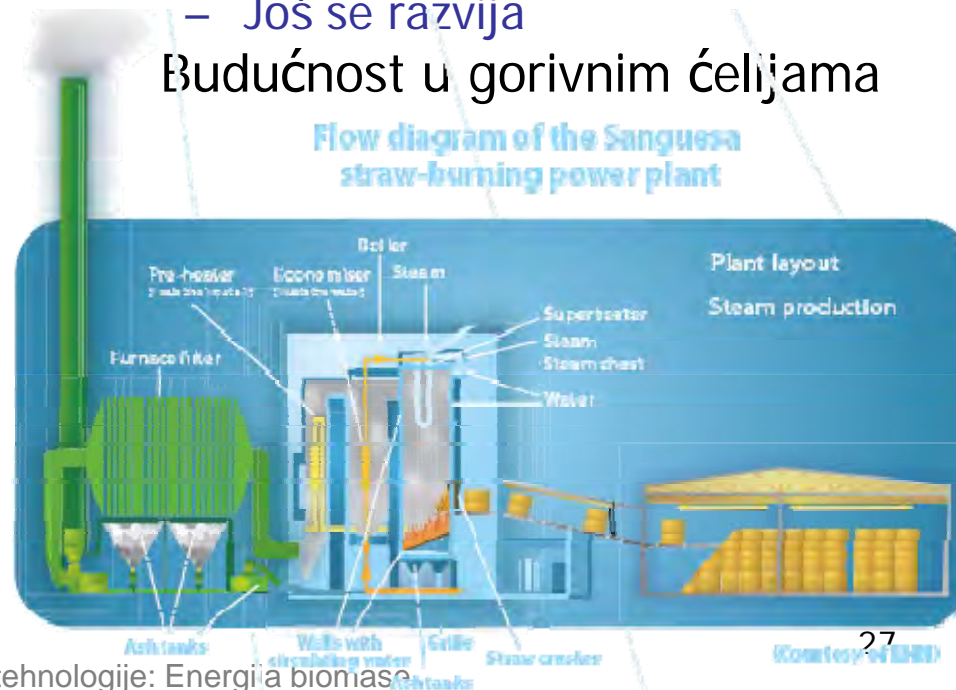
Gorivo	MJ/ Nm ³
Deponijski plin	16,0
Plin iz drva	7,0
Bioplin iz živ. ostataka	22,0
Prirodni plin	31,7
Vodik	10,8

Gorivo	En. vrijednost
Biljni ostatci	6 ÷ 17 MJ/kg
Drvo	8 ÷ 19 MJ/kg
Etanol	26,8 MJ/L
Biodizel	37,2 MJ/L
Nafta	42 MJ/L

Proizvodnja el. en. iz biogoriva

- Velika sličnost fosilnim gorivima
- Parna turbina
 - Pouzdana i poznata tehnologija
 - Pregrijana para na 5 do 10 MPa
 - Rasponi snaga od 500 kW do 500 MW_{el}
 - Manje snage pogodnije za biomasu
 - Troškovi transporta
 - Niža efikasnost:
 - 5 MW_{el} do 20%, a 500 MW_e do 40%
- Plinska turbina
 - Pouzdana i poznata rješenja
 - Efikasnost oko 45%
 - Kombinirani proces s parnom i do 55%
- Stirling motor
 - Zatvoreni ciklus (zrak, H, He)
 - Efikasniji proces od parnog
 - Još se razvija

Budućnost u gorivnim ćelijama



Elektrane na biomasu



49 MW, Finska



3,5 MW, Brazil
(samostalani rad)



3x30 kW, SAD
(mikroturbina – samostalno
i na mreži)

Konverzija energije

Tablica navodi nekoliko primjera korištenja biomase u elektranama/toplanama različitih primarnih procesa.

Vrsta	Efikasnost	Ulaz	Izlaz			Drvo
	%	(MW)	Toplina (MW _t)	El. en. (MW _e)	Ukupno (MW)	odt/y
Samo toplina	75	1,3	1	0	1	4056
Parni kombinirani ciklus	80	53	30	12	42	170333
rasplinjavanje/ piroliza	75	1,3	0,7	0,3	1	4056
rasplinjavanje/ piroliza	80	49	29	10	39	158167

odt: *Oven Dried Ton.* Tona drva sa 0 % vlažnosti.
Za 10 t suhog drveta treba 1 ha zemljišta.

Potrebe biomase za energiju

Potreban broj kamiona volumena 120 m³ svaki dan u elektranama za primjer:



Elektrana	Drvena sječka	Bale sijena	Bale trske
Izgaranje (30MWe)	21	28	17
Rasplinjavanje (30MWe)	17	23	13

Korištene gustoće:

- 0.15 m³/t za drvene sječke (Suurs, 2002),
- 0.11 m³/t za slamu i
- 0.19 m³/t za trsku (Bullard, 1999).



Kogeneracija

- Kombinirana proizvodnja
 - Električne i toplinske energije
- Veća efikasnost i manji investicijski troškovi u odnosu na odvojeni rad
 - Uz kontinuiranu potrebu za toplineom
 - Vezano za izvor biomase i potrošača
- Trigeneracija (i hlađenje)
 - Prehrambena industrija i topliji krajevi



Zadatak 3. Kombinirana elektrana

Potreba drvnoprerađivačkog poduzeća za električnom energijom i topline mogu se zadovoljiti postrojenjem kapaciteta $2,8 \text{ MW}_e$ i $5,6 \text{ MW}_t$, uz godišnji pogon od **5000** sati. Izračunati efikasnost pretvorbe ukoliko se koristi kogeneracija ili posebna postrojenja za toplinski i električni dio.

Za kogeneraciju se zna da godišnji gubici u kotlu iznose **18 TJ**, a gubici u pretvorbi mehaničke energije u električnu iznose **9 TJ**.

Kod posebnog rješenja toplana bi imala godišnje gubitke u kotlu od 10,8 TJ. Dok bi posebna proizvodnja električne energija imala godišnje gubitke u kotlu od 12,6 TJ, gubitke u pretvorbi mehaničke energije u električnu od 5,4 TJ i gubitke topline koja se predaje u okolinu pri kondenzaciji od 57,6 TJ.

Za slučaj kogeneracije, ukupna potrebna energija iznosi:

$$(2,8 + 5,6) \cdot 5000 \cdot 3600 = 151.200.000 \text{ MJ} = 151,2 \text{ TJ}$$

Efikasnost pretvorbe iznosi:

$$151,2 / (151,2 + 18 + 9) = 84,8 \%$$

Za slučaj odvojene proizvodnje električne energije i topline, ukupna potrebna energija ostaje jednaka, a efikasnost iznosi:

$$151,2 / (151,2 + 10,8 + 12,6 + 5,4 + 57,6) = 63,6\%$$

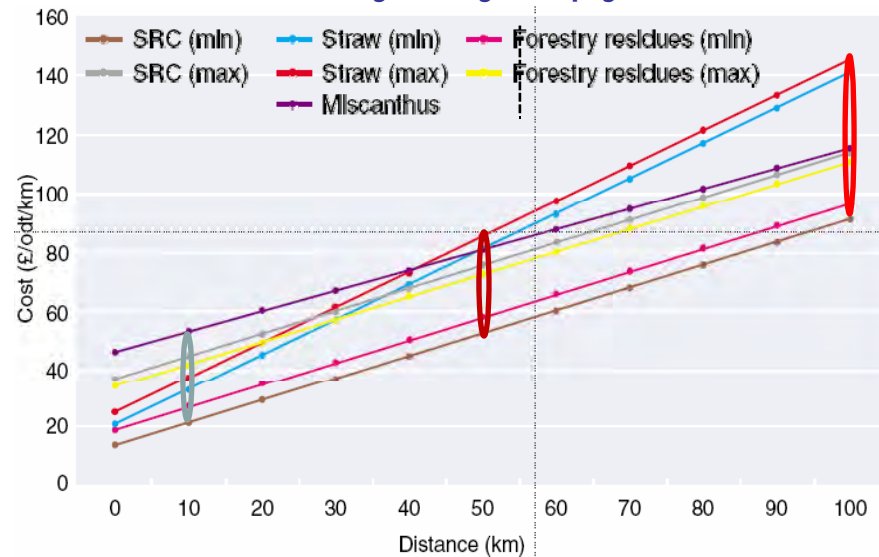
Napomena: na isplativost osim efikasnosti pretvorbe utječu još i cijena goriva, iznos investicijskih troškova i ukupno vrijeme rada postrojenja tijekom godine.

Održivost korištenja biomase

- Korištenje < prirasta
- Važnost povratka tvari u tlo
 - organske
 - minerala
 - ostavljanje lišća i vraćanje pepela
- Planiranje rasta šuma
- Energetski nasadi i šume
 - staništa za ptice i manje sisavce
- Otklon od monokulturne poljoprivrede
- Smanjenje korištenja herbicida, pesticida i umjetnih gnojiva
- Očuvanje tla i sprečavanje erozije

Isplativost korištenja biomase

- Investicijski troškovi
- Vanjski troškovi nejasni
- Jeftina sirovina
 - niska ili zanemariva otkupnina
 - veliki utjecaj pripreme (skupljanje i transport)
- Konkurentnost
 - drvena ekonomična
 - etanol blizu konkurentnosti
 - biodizel je najskuplji
- Vlastiti izvor energije
- Socijalno-ekonomski učinci
 - direktno zapošljavanje
 - procjene za EU25 do 2010 oko 200000 radnih mjesta
- Makroekonomske dimenzije
 - Više proizvoda i usluga (BNP)
 - Velika zaposlenost
 - Stabilnost cijena (energije)
 - Smanjenje uvoza
- Izvori energije iz biomase imaju znatno veći potencijal uvažavanjem ukupnog utjecaja



Utjecaj udaljenosti biomase na cijenu.

**Postrojenje na bioplin,
farma Ivankovo,
investitor P.Z. Osatina**

Kogeneracija na bioplin

Fermenter

The figure consists of a large technical site plan for a biogas plant and a smaller inset photograph. The site plan shows the layout of various components: three large circular fermenters labeled 'Fermenter 1', 'Fermenter 2', and 'Fermenter 3' with their respective volumes and heights; three smaller circular storage tanks labeled 'Spremnik 1', 'Spremnik 2', and 'Spremnik 3'; a central 'Stacionarna kotlova' (stationary boiler); a 'Kotlova na plinski kotlan' (boiler on gas boiler); a 'Transformator 20kV'; a 'Silo za kukuruz' (corn silo); and a 'Ploha za skladištenje' (storage area). The plan also includes various pipes, valves, and structural foundations. The inset photograph shows a large, white, dome-shaped fermenter structure with a dark base, situated outdoors.

A large, blue industrial engine, likely a Caterpillar 3516, is shown in a workshop setting. The engine is mounted on a yellow support structure. It features a complex arrangement of hoses, pipes, and electrical wiring. The engine is positioned horizontally, and its components are clearly visible. The background shows a typical industrial environment with various tools and equipment.

Ukratko

- Opisani su izvori biomase za energetske korištenje
- Opisani su primarni i sekundarni procesi transformacije biomase i goriva
- Prednosti
 - povećavanje energetske neovisnosti
 - smanjivanje ispuštanja stakleničkih plinova
 - brojni ekonomsko-socijalni pozitivni učinci
- Navedene su osnovne vrste biogoriva
- Izneseni su primjeri korištenja biomase u elektranama za proizvodnju električne energije i topline ili kombinirano
- Nedostatci
 - mala gustoća energije
 - zahtjev za održivim načinom korištenja
 - ekonomičnost