

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE (BIOGAS - ODRŽIVI RAZVOJ)

RENEWABLE ENERGY SOURCES (BIOGAS - SUSTAINABLE DEVELOPMENT)*

Dragomir Vranić inž. maš.¹⁾, Nikola Vranić inž. maš.²⁾, Nikola Tonic³⁾

Rezime: U ovom radu objasnjen je proces nastanka bioasa, i njegova proizvodnja. Ako se uzme u obzir da oko 2.4 miliona tona godišnje (tj. oko 62.7% ukupnog potencijala) nalazi u iskoriscenju biomase, od cega oko milion tona cini potencijal drvne biomase (seca drveta i otpaci drvne mase pri njenoj primarnoj ili industrijskoj preradi), a vise od 1.4 miliona tona cini poljoprivredna biomasa, jasno se uocava njen znacaj kao obnovljivog vida energije. Imajuci u vidu da je Republika Srbija prihvatila obavezu primene direktiva o promovisanju proizvodnje elekticne energije iz obnovljivih izvora energije i koriscenju biogoriva u sektoru saobracaja, sa velikom paznjom se treba fokusirati na biogas i njegovu dalju primenu, kao obnovljivog izvora energije..

Gljučne reči: biogas, proces nastanka, dobijanje biogasa iz otpadnih voda i drveta

Abstract: This paper describes the process of the formation of biogas, and its production. If we take into account that about 2.4 million tons per year (ie about 62.7% of total resources) is the utilization of biomass, of which about one million tons makes the potential of wood biomass (excision wood and waste wood at its primary or industrial processing) More than 1.4 million tons of agricultural biomass costs, it is clearly noticed its importance as a renewable form of energy. Noting that the Republic of Serbia adopted enforce the directive on the promotion of production of electricity from renewable energy sources and use of biofuels in the transport sector, with great attention should be focused on biogas and its further use as a renewable energy source.

Key words: Biogas, Renewable energy, biogas from Effluent-Waste Water

2. NASTANAK I PRIMENA BIOGASA

1. UVOD

Biogas je vrsta gasovitog biogoriva koje se dobija anaerobnom razgradnjom ili fermentacijom organskih materija, uključujući đubrivo, kanalizacioni mulj, komunalni otpad ili bilo koji drugi biorazgradivi otpad. Sastoji se uglavnom od metana i ugljendioksida. U budućnosti bi mogao biti važan izvor energije.

Tabela 1 - Sastav biogasa

Metan (CH₄)	40-75 %
Ugljendioksid (CO₂)	25-55 %
Vodena para (H₂O)	0-10 %
Azot (N)	0-5 %
Kiseonik (O)	0-2 %
Vodonik (H)	0-1 %
Amonijak (NH₃)	0-1 %
(H₂S)	0-1 %

Energetski su značajni samo metan i vodonik. Problematični su H₂S i Amonijak, koje je često pre upotrebe biogasa neophodno odstraniti, da ne bi agresivno delovali na opremu.

Biogas je mešavina metana i ugljen-dioksida, koja se dobija prilikom razgradnje organskih materija pod anaerobnim uslovima. To je kvalitetno gorivo, koje može da zameni fosilna goriva, a takođe je i CO₂ neutralno. U vreme kada rezerve fosilnih goriva opadaju, energetski troškovi rastu, a životnu sredinu ugrožava nepravilno odlaganje smeća, pronalaženje rešenja za problem biološkog otpada i tretman otpadnih organskih materija, postaje pitanje od najveće važnosti.

Kada se priča o biogasu, obično se misli na gas sa velikom količinom metana u sebi, koji nastaje fermentacijom organskih susptanci, kao što su stajnjak, mulj iz otpadnih voda, gradski čvrsti otpad ili bilo koja druga biorazgradljiva materija, pri anaerobnim uslovima.

Ovaj proces postaje sve popularniji za tretiranje organskog otpada, jer omogućava prikladan način pretvaranja otpada u električnu energiju, čime se smanjuje i količina otpada, kao i broj patogenih supstanci, koje se nalaze u otpadu. Takođe, upotreba biogasa se ohrabruje, jer se na taj način dobija

1) Dragomir Vranić, inž. maš., Mašinski fakultet Kragujevac, e-mail: dragomir100@yahoo.com

2) Nikola Vranić, inž. maš., Mašinski fakultet Kragujevac, e-mail: nikolav_21@yahoo.com

3) Nikola Tonic, inž. maš. Mašinski fakultet Kragujevac, e-mail: tonke85@yahoo.com

energija, a ne povećava se količina ugljen-dioksida u atmosferi. Takođe, metan sagoreva znatno čistije u odnosu na uglj.

Obrada biorazgradivih supstanci odigrava se u anaerobnom digestoru, koji mora da bude dovoljno jak da izdrži povećani pritisak, kao i da obezbedi anaerobne uslove za bakterije u unutrašnjosti. Digestori se obično grade u blizini izvora organskog inputa, i to najčešće nekoliko jedan uz drugi, kako bi se obezbedila konstantna proizvodnja biogasa.

U novije vreme, sve je veća upotreba biogasa dobijenog sa deponija i iz otpadnih voda. Čak i kada se ne koristi za dobijanje toplotne i/ili električne energije, deponijski gas se mora propisno odložiti i prečistiti, jer sadrži opasne zapaljive materije, od kojih mnoge stvaraju smog.

Biogasni digestori koriste biorazgradljive materije, od kojih se dobijaju dva korisna proizvoda: biogas i fermentisano biođubrivo vrhunskog kvaliteta.

Biogas prečišćen do nivoa čistoće za gasovod naziva se obnovljivi prirodni gas i moguće ga je koristiti u svakoj primeni u kojoj se inače koristi zemni gas. To uključuje distribuciju takvog gasa putem gasovoda, proizvodnju struje, grejanje, zagrevanje vode i upotrebu u raznim tehnološkim procesima. Kompresovan, biogas može da se koristi i kao pogonsko gorivo za vozila.

3. PROCES NASTANKA BIOGASA

Biogas je metabolički proizvod bakterija koje proizvode metan, i koje su uzrok raspadanju. Osim odsustva kiseonika, neophodni uslovi su konstantna temperatura i pH vrednost od 6,5 do 7,5. Raspadanje je najefektivnije na temperaturi od 15°C (psihrofilne bakterije), 35°C (mezofilne) i 55°C (termofilne). U praksi se pokazalo da je zadržavanje od oko 10 dana najefektivnije za termofilne bakterije, 25 do 30 za mezofilne i 90 do 120 za psihrofilne. Većina postrojenja koja danas rade, rade u mezofilnom temperaturnom rangu.

Pošto se biogas proizvodi tamo gde se organski materijal razgrađuje bez vazduha, postoji širok spektar organskih materija koje su pogodne za anaerobnu razgradnju.

Neke od tih materija su:

- tečno i čvrsto stajsko đubrivo
- posebno prikupljan biološki otpad iz stambenih delova
- obnovljivi materijali, kao što su kukuruzna silaža, semenke koje se ne koriste za ishranu, itd
- mulj iz kanalizacije i masti
- korišćeni podmazivači
- trava (npr. u EU neobrađena zemlja)

biološki otpad iz klanica; pivara, destilerija; prerade voća i

- proizvodnje vina; mlekara; industrije celuloze, šećerana...

Proces proizvodnje biogasa

Osnovni proces proizvodnje biogasa obično se sastoji iz tri dela:

- priprema biološkog inputa
- razgradnja
- tretman ostataka

Kao što je prikazano na dijagramu, organski materijal se prvo skuplja u tanku za pred-skupljanje i mešanje (sl.1 - 2). Ovaj tank služi za mešanje i homogenizaciju različitih fermentacionih materija. Nakon čišćenja na 70°C, gde se uništavaju sve bakterije negativne po proces fermentacije (sl. 1 - 3), materijal se prebacuje u anaerobni digestor (sl.1 - 4). U slučaju prestanka rada postrojenja (npr. redovan servis), kao i u slučaju veće proizvodnje gasa, neophodna je gasna baklja, koja taj višak sagoreva (sl.1 - 5). Prečišćena biomasa predstavlja početak anaerobne razgradnje. Neophodni uslov je konstantna temperatura i pH vrednost 6,5 do 7,5.

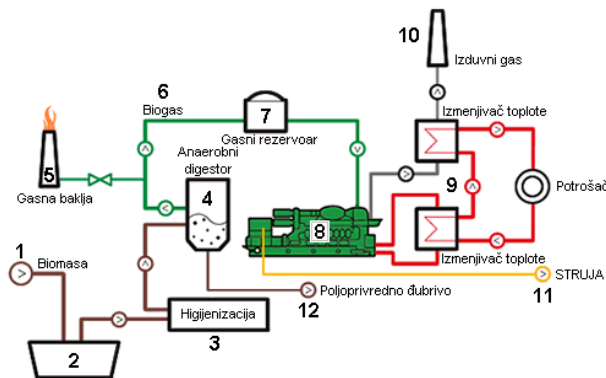
Biogas je gasna mešavina, koja se sastoji od 60-70% metana (CH₄) i 30-40% ugljen-dioksida (CO₂). Sa toplotnom vrednošću od 6,5 kWh/Nm³, jedan kubni metar biogasa sadrži približno istu količinu energije kao 0,6 litara lož-ulja, ili 0,65 Nm³ prirodnog gasa (sl.1 - 6).

Kako bi se osigurao stalni dotok gasa, nezavisno od protoka inputa, proizvedeni biogas se skuplja u gasnom rezervoaru (sl.1 - 7), odakle se zatim prosleđuje u gasni motor (sl.1 - 8). Toplota koja se stvara tokom rada motora, može da se efektivno iskoristi preko izmenjivača toplote (sl.1 - 9). Ukupno je moguće iskoristiti oko 50% inputa kao toplotnu energiju za potrošače, preko izmenjivača toplote iz gasne smeše, ulja, rashladne vode i izduvnih gasova.

Zahvaljujući dobrim gorivim karakteristikama biogasa i optimalnoj Jenbacherovoj tehnologiji sagorevanja, zahtevani limiti emisija sigurno se postižu. Biogas, kao obnovljivi energetska izvor, proizvodi izduvne gasove koji slobodno mogu da se vrate u prirodni krug. Stoga se može reći da je biogas CO₂ neutralan (sl.1 - 10).

Korišćenjem generatora, mehanička energija gasnog motora se pretvara u električnu energiju (sl.1 - 11). Električna efikasnost motora GE Jenbacher je oko 40%.

Substrat može da se koristi kao poljoprivredno đubrivo (sl.1 - 12).



Slika 1- Proces proizvodnje biogasa

Deponije smeća - izvor energije

U industrijskim zemljama nastaje 300-400 kg smeća godišnje po osobi. Ovo smeće se skuplja i odlaze na bezbednim i sanitarnim deponijama, koje podrazumevaju zaštitu podzemnih voda kao i zaštitu vazduha od prljavog i opasnog deponijskog gasa.

Pomenuti deponijski gas nastaje razgradnjom organskih supstanci pod uticajem mikroorganizama u anaerobnim uslovima. U središtu deponije nastaje nadpritisak, pa deponijski gas prelazi u okolinu. Prosečan sastav deponijskog gasa je 35-60% metana, 37-50% ugljen-dioksida i u manjim količinama se mogu naći ugljen-monoksid, azot, vodonik-sulfid, fluor, hlor, aromatični ugljovodoni i drugi gasovi u tragovima.

Na osnovu navedenog sastava deponijskog gasa, može se uočiti da je on vrlo opasan po čovekovu okolinu, kako za zdravlje živih organizama, tako i po infrastrukturne objekte u blizini deponija, jer je metan u određenim uslovima vrlo eksplozivan. Metan je više od 20 puta štetniji po klimu i ozonski omotač nego ugljendioksid, što praktično znači da 1 tona metana oštećuje ozonski omotač (efekat staklene bašte) kao 21 tona ugljen dioksida. Da bi se odstranili negativni uticaji nekontrolisanog širenja deponijskog gasa, izvodi se plansko sakupljanje i prisilno usmeravanje gasa ka mestu sagorevanja, što takođe pospešuje bržu stabilizaciju svežih delova deponije, smanjuje zagađivanje otpadnih voda, omogućava korišćenje energije na deponiji (grejanje, topla voda, struja).

Zakonska obaveza sakupljanja i spaljivanja deponijskog gasa nameće pravo rešenje: sagorevanje gasa u energetske svrhe uz stvaranje ekonomske dobiti.

Ovaj koncept podrazumeva postavljanje vertikalnih perforiranih cevi u telo deponije (bunari, trnovi, sonde) i njihovo horizontalno povezivanje. Preko jednog kompresorskog postrojenja deponijski gas se isisava, sabija, suši i usmerava ka gasnom motoru. Iz sigurnosnih razloga preporučuje se ugradnja

visokotemperaturne bakle, koja preuzima viškove proizvedenog gasa.

Deponijski gas sa prosečnim sadržajem metana od 50% ima donju toplotnu vrednost $H_u = 5 \text{ kWh/Nm}^3$, što ga čini dobrim gorivom za pogon gasnih motora specijalno razvijenih za ovu namenu.

Gasni motor pogoni generator za proizvodnju skupe električne energije. Preko izmenjivača toplote, dobija se toplotna energija iz vode koja hladi motor i ulje za podmazivanje, kao i iz izduvnih gasova. Kod kombinovanog korišćenja električne i toplotne energije moguće je postići visok stepen korisnog dejstva ovih uređaja (električni 40%, termički 43%). Ovo znači da se iz 1 Nm^3 deponijskog gasa ($H_u = 5 \text{ kWh/Nm}^3$) dobija 2 kWh električne energije i 2,15 kWh toplotne energije. Dobijena električna energija se koristi za vlastite potrebe ili se predaje u električnu mrežu. Proizvedena toplota se koristi na deponiji za proizvodnju tople vode ili u staklenicima i plastenicima za proizvodnju ranog povrća i cveća, ili u industrijskim pogonima u blizini deponije, ili za grejanje stambenih zgrada kao i kod drugih potrošača toplote.

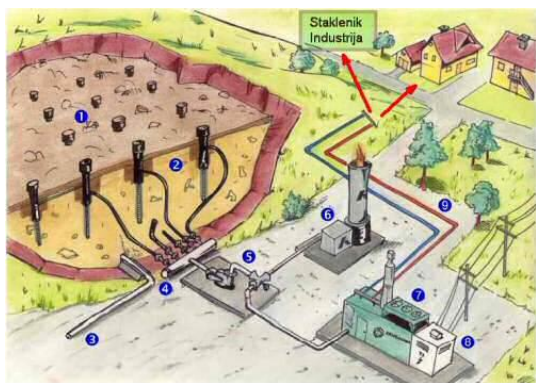
Novim Zakonom o energetici definišu se povlašćeni proizvođači električne i toplotne energije sa pravom na odgovarajuće subvencije i povlastice, a to su oni proizvođači koji koriste obnovljive izvore energije (biogas, deponijski gas, vetar, ...) i istovremeno proizvode električnu i toplotnu (rashladnu) energiju uz ispunjavanje uslova u pogledu energetske efikasnosti, odnosno zaštite životne sredine.

Proračun energetske bilansa

Kao polazna vrednost za ovaj proračun služi podatak da po toni komunalnog smeća nastaje u vremenu od 20 godina prosečno 200 Nm^3 deponijskog gasa. Za godišnju količinu od 50.000 tona (grad od 150.000 stanovnika) i vreme punjenja deponije od 20 godina na deponiji bi nastalo 200 miliona kubnih metara deponijskog gasa. Ako bi se sistemom sakupljanja gasa i kontrolom kvaliteta na raspolaganje gasnim motorima stavilo oko 50% navedene količine gasa, to bi značilo da se za proračun energetske bilansa može računati sa oko 100 miliona Nm^3 deponijskog gasa, odn. prosečno godišnje 5 miliona Nm^3 tj. $625 \text{ Nm}^3/\text{h}$. Ova količina gasa sa $H_u = 5 \text{ kWh/Nm}^3$ preko gasnih motora GE Jenbacher omogućava godišnju proizvodnju od 9 miliona kWh struje i 12 miliona kWh toplote. Proizvedena količina struje pokriva potrebe 2.500 porodičnih kuća. Sa ovom proizvodnjom električne energije, šteti se u jednoj elektrani na lignit oko 18.000 tona lignita. Na ovaj način se $300 \text{ Nm}^3/\text{h}$ metana sadržanog u deponijskom gasu (odn. $300 \times 0.718 = 215 \text{ kg/h}$) ne predaje u atmosferu, što je

važan ekološki aspekt primene gasnih motora u očuvanju ozonskog omotača (jedna tona metana ima negativno dejstvo na ozonski omotač i klimu kao 21 tona ugljen-dioksida).

Na osnovu jednog ovakvog elektro i toplotnog bilansa i potrebnih ulaganja, može se izvesti ekonomska računica koja pokazuje da se ulaganja brzo nadoknađuju, pa dalji rad postrojenja ostvaruje dobit. Dakle, dolazimo do pravog cilja svakog ekološkog uređaja, a to je da sam sebe izdržava, tj. sa boljim i kvalitetnijim vođenjem tehnološkog procesa dobijamo više energije kojom pokrивamo investiciju i potrebe održavanja.



Slika 2 - Primer dobro održavane deponije

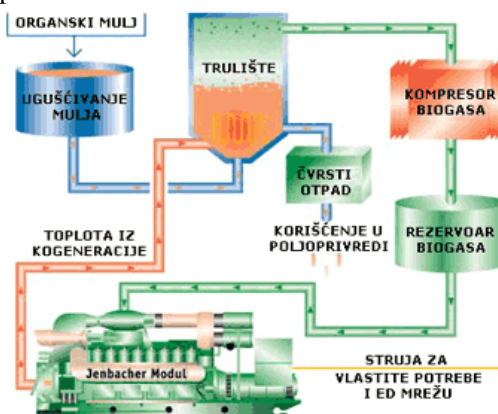
Legenda:

1. Deponija
2. Gasne sonde (trnovi)
3. Cev za skupljanje ocedne vode
4. Gasni kolektor
5. Kompresor za isisavanje gasa
6. Visokotemperaturna baklja
7. Kogeneracioni motor
8. Trafo stanica
9. Toplovod

Biogas iz otpadnih voda

Na uređajima za precišćavanje otpadnih voda sa anaerobnom stabilizacijom mulja nastaje biogas, koji predstavlja vrlo interesantan izvor energije. Efikasnost produkcije biogasa obezbeđuje se održavanjem temperature (oko 35oC), pH vrednosti, mešanjem i odstranjivanjem kiseonika i toksičnih materija. U anaerobnim reaktorima (digester) nastaje biogas kao mešavina gorivih i negorivih gasova prosečnog sastava (u zapremniskim %): metan 55-75%, ugljen-dioksid 25-45%, i ostalih gasova, kao što su vodonik, kiseonik, ugljen-

monoksid, azot, vodonik-sulfid, amonijak i vodena para.



Slika 3 – Dobijanje biogasa iz otpadnih voda

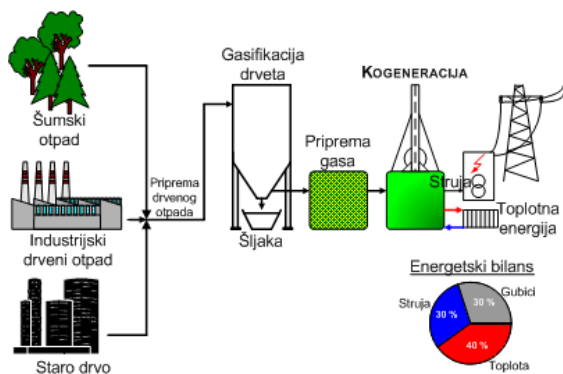
Proizvodnja biogasa se može proceniti na bazi sledećih praktičnih i iskustvenih podataka:

- na uređajima za precišćavanje komunalnih otpadnih voda prosečna proizvodnja biogasa je 25 lit/ ekvivalentni stanovnik dan;
- kod industrijskih otpadnih voda (šecerane, prerada melase, prerada krompira, proizvodnja vocnih sokova, mlekare, pivare, papir i celuloza) prosečna proizvodnja metana je 0,20 - 0,40 m³/kg HPK sa udelom metana u biogasu od 60 - 80%;
- na stocnim farmama očekivana proizvodnja biogasa varira u zavisnosti od životinjske vrste i nacina uzgoja i kreće se u granicama od 20 - 40 m³ biogasa/m³ osoke.

Biogas iz drveta

Gasifikacija drvenog otpada može da reši vrlo znašajan ekološki problem kontaminacije tla, vodotokova i vazduha, koji nastaje na mestu odlaganja otpada iz pilana, drvoprerađivačke industrije, industrije papira, šumskog i poljoprivrednog čvrstog otpada.

Gasifikacija drvenog otpada, uz rešavanje ekološkog problema, ima značajnu ekonomsku karakteristiku, jer omogućava iskorišćenje energetskog potencijala sadržanog u otpadnom drvetu za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije. Na ovaj način, energetski potencijal starog i otpadnog drveta se može plasirati potrošačima koji su udaljeni od deponija drvenog otpada, tako što se gas transportuje do potrošača energije ili se električna energija plasira u elektro-distribucionu mrežu i tako dolazi do potrošača (industrija, naseljena mesta, turistički centri).



Slika 4 – Dobijanje biogasa preradom drveta

Iz svakog kilograma suve mase moguće je proizvoditi oko 2 Nm^3 gasa energetske vrednosti od 1,6 do $2,4 \text{ kWh/Nm}^3$. Pripremljena drvena masa se ubacuje u reaktor gde se odvijaju procesi sušenja, termičkog razlaganja, redukcije, oksidacije i gasifikacije. Rezultat procesa je razgradnja dugih organskih molekula CH_mO_n i stvaranje molekula C, CO, CO_2 , H_2 i CH_4 . Gasovita faza napušta reaktor, a čvrsta materija (šljaka, pepeo, ugalj) u zavisnosti od sastava, koristi se kao sekundarna sirovina.

Nastali gas se priprema (hlađenje, uklanjanje kondenzata, tera i čađi, filtriranje) lageruje ili vodi direktno do kogeneracionog postrojenja, gde se proizvode električna i toplotna energija. Proizvedena energija se koristi za interne potrebe ili se plasira u ED mrežu, odnosno daljinski sistem grejanja.

4. BIOGAS TEHNOLOGIJA

Najisplativiji projekti korišćenja energije biogasa su oni koji se odnose na preduzeća koja u svom procesu proizvodnje koriste biomasu kao otpad. U tim slučajevima gorivo je besplatno, a razlikom u ceni goriva vrlo brzo se isplati uložena investicija u opremu za proizvodnju energije biogasa.

Snabdevanje Evrope ruskim gasom vraćeno je u normalu, ali analitičari podsećaju kako je ovo bio još jedan dokaz da je vreme jeftine energije za nama. Takođe, u pojedinim zemljama kriza sa gasom izbacila je u prvi plan i druga pitanja, od kojih su najdominatnija alternativni izvori energije, među kojima prednjači Biogas tehnologija.

Biogas je mešavina metana i ugljen-dioksida, koja se dobija prilikom razgradnje organskih materija pod anaerobnim uslovima.

To je visoko kvalitetno energetske gorivo, koje može da zameni fosilna goriva. U vreme kada

rezerve fosilnih goriva opadaju, energetske troškovi rastu, a životnu sredinu ugrožava nepravilno odlaganje smeća, pronalaženje rešenja za problem biološkog otpada i tretman otpadnih organskih materija, postaje pitanje od najveće važnosti. Najisplativiji projekti korišćenja energije biogasa su oni koji se odnose na preduzeća koja u svom procesu proizvodnje koriste biomasu kao otpad.

U tim slučajevima gorivo je besplatno, a razlikom u ceni goriva vrlo brzo se isplati uložena investicija u opremu za proizvodnju energije biogasa. Jedan kubni metar biogasa sadrži približno istu količinu energije kao 0,6 litara lož-ulja, ili $0,65 \text{ m}^3$ prirodnog gasa. Razvoj tehnike omogućio je izgradnju uspešnih postrojenja za proizvodnju toplotne i električne energije od biogasa na poljoprivrednim gazdinstvima.

Time poljoprivreda može značajne površine da angažuje za proizvodnju energije, te da uz proizvodnju hrane stiče dodatni dohodak i proizvodnjom energije.

Biogas tehnologija treba da pokaže kako poljoprivredno individualno gazdinstvo, veliki poljoprivredni proizvođači i lokalne zajednice mogu biti energetske nezavisni a ekološki čisti i samim tim povećati konkurentnost svojih proizvoda i obezbediti sebi veće prihode i stvoriti uslove za razvoj i nova zapošljavanja naročito u selima i manjim gradovima čime se omogućuje ravnomerniji i održiviji razvitak zemlje.

Proverena dobra praksa i dobra budućnost, pozitivni efekti u ekologiji, poljoprivredi, energetici, ekonomiji, znatan potencijal, internacionalna obaveza, oblast za međunarodnu saradnju, jedan je od uslova za prijem u EU.

Prelazak na obnovljive izvore energije za siromašne zemlje može da znači put izlaska iz siromaštva, zato što se oslobađaju ekonomske zavisnosti od uvoza. Povećano korišćenje obnovljivih izvora energije doprineće povećanju pouzdanosti snabdevanja energijom, uspostavljanju održivog razvoja energetike i poboljšati standard života, posebno u ruralnim regionima, a smanjenjem emisije štetnih gasova unaprediće se kvalitet životne sredine.

Propisi EU, koji su još stroži od zahteva Kjoto protokola, predviđaju da razvijene zemlje smanje ukupnu količinu ugljen-dioksida i time što će ulagati u modernizovanje tehnologija na teritoriji nerazvijenih i zemalja u razvoju gde spadaju Srbija i Crna Gora.

5. ZAKLJUČAK

Prema nekim procenama biomasa je učestvovala sa 15% u ukupnoj potrošnji energije u Srbiji, a značajno je da je ovaj udeo znatno veći u zemljama u razvoju nego u industrijalizovanim zemljama. U EU se trenutno 4% ukupnih energetske potrebe zadovoljava iz biomase.

Biomasa se može pretvoriti u toplotnu, električnu energiju i goriva za upotrebu u prevozu. Direktnim sagorevanjem biomase dobija se toplota koja se može koristiti za grejanje u industriji ili domaćinstvima, ili za proizvodnju vodene pare pomoću koje se u malim termoelektranama može dobiti električna energija (kogeneracija).

Hemijskom transformacijom energije sadržane u biomasi mogu se dobiti tečna i gasovita goriva tzv. biogoriva.

LITERATURA

- [1] Despotović Milan.,Babic Milun.: *Energija biomase Mašinski fakultet Kragujevac 2007.*
- [2] www.biogas.rs
- [3] www.wikipedia.com
- [4] www.poljoprivreda.info