

# Biogoriva

---

**Rudela, Nikola**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Polytechnic of Šibenik / Veleučilište u Šibeniku**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:143:419142>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported / Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 3.0](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-05**

*Repository / Repozitorij:*

[VUS REPOSITORY - Repozitorij završnih radova Veleučilišta u Šibeniku](#)



VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU  
PROMETNI ODJEL  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PROMET

Nikola Rudela

**BIOGORIVA**

Završni rad

Šibenik, 2015.

VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU  
PROMETNI ODJEL  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PROMET

**BIOGORIVA**

Završni rad

Kolegij: Promet i ekologija

Mentor: mr.sc. Tanja Radić Lakoš, v. pred.

Student: Nikola Rudela

Matični broj studenta: 137251231

Šibenik, rujan 2015.

## **BIOGORIVA**

Nikola Rudela

Radovin 1, Zadar, nikola.rudela55@gmail.com

Biogoriva, kao obnovljivi izvori energije dobivaju se preradom biomase. Korištenje obnovljivih izvora energije u skladu je s globalnom strategijom održivog razvoja. Korištenje biogoriva u prometu doprinosi povećanju sigurnosti opskrbe i smanjenju ovisnosti prometnog sektora o nafti, smanjenju udjela emisije stakleničkih plinova iz cestovnog prometa te podupiranju održivog razvoja ruralnih područja. Biogoriva se dijele na biogoriva prve, druge i treće generacije. U prvu generaciju spadaju biodizel, bioplín, bioetanol. Biodizel se dobiva od biljaka koje u sebi sadrže znatan postotak ulja (uljana repica, soja). Od biljaka koje pak imaju znatan postotak šećera (šećerna trska, kukuruz) proizvodi se bioetanol (tekuće alkoholno gorivo), uz pomoć kvašćevih gljivica i naknadnom preradom. Najvažnija sirovina za proizvodnju biodizela u Hrvatskoj je uljana repica. Otpadno jestivo ulje također je značajni izvor za proizvodnju biodizela pa je potrebno unaprijediti njegovo prikupljanje. Prednost biogoriva (biodizel i bioetanol) u odnosu na druga alternativna goriva očituje se u korištenju u postojećim vozilima bez ikakvih ili s malim modifikacijama postojećih motora, što ovisi o koncentraciji biogoriva u mješavini s fosilnim gorivom. Biogoriva druge generacije koja su trenutačno u proizvodnji su: celulozni etanol, biovodik (biohidrogen), biometanol, biodimetilen (bio – DME), dimetilformamid (DMF), HTU dizel Fischer–Tropschov dizel, mješavine alkohola, drveni plin. Biogoriva druge generacije dobivaju se preradom poljoprivrednog i šumskog otpada. Za razliku od prve generacije, biogoriva ove generacije znatno bi mogla smanjiti emisiju ugljikovog dioksida CO<sub>2</sub>, a uz to ne koriste izvore hrane kao temelj proizvodnje i neke vrste osiguravaju bolji rad motora. Biogoriva treće generacije su biogoriva proizvedena iz algi. Na temelju laboratorijskih ispitivanja alge mogu proizvesti i do trideset puta više energije po hektaru zemljišta od žitarica kao što je soja. Sa višim cijenama fosilnih goriva, postoji dosta veliko zanimanje za uzgoj algi. Jedna od velikih prednosti ovakvog biogoriva je u tome što je biorazgradivo, tako da je relativno bezopasno za okoliš ako se dogodi havarija.

(33 stranica / 7 slike / 1 tablica / 29 literaturnih navoda / jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u: Knjižnici Veleučilišta u Šibeniku

Ključne riječi:

Mentor: mr.sc. Tanja Radić Lakoš, v.pred.

Rad je prihvaćen za obranu:

## **BIOFUELS**

Nikola Rudela

Radovin 1, Zadar, [nikola.rudela55@gmail.com](mailto:nikola.rudela55@gmail.com)

Biofuels, as renewable sources of energy, are obtained by processing biomass. Using renewable energy is in line with the global strategy of sustainable development. The use of biofuels in transport contributes to the increasing security of supply and reduces the dependence on the oil market sector, reducing the share of greenhouse gas emissions from road transport as well as supporting the sustainable development of rural areas. Biofuels are divided into biofuels of the first, second and third generation. The first generation includes biodiesel, biogas and bioethanol. Biodiesel is produced from plants that contain a considerable percentage of oil (canola, soy). Bioethanol (liquid fuel alcohol), with the help of yeast fungi and subsequent processing, is produced from plants which in turn have a significant percentage of sugar (sugar cane, corn). The most important raw material in Croatia is oil seed rape. Waste edible cooking oil is also a major source for the production of biodiesel so therefore it is necessary to improve its collection. The advantage of biofuel (bioethanol and biodiesel) in comparison to other alternative fuels is evident in the use of existing vehicles with no or minor modifications to existing engines, depending on the concentration of biofuel in combination with fossil fuel. Second-generation biofuels that are currently in production are: cellulosic ethanol, biohydrogen (biohydrogen), biomethanol, biodimethylen (bio - DME); dimethylformamide (DMF), HTU diesel Fischer-Tropsch diesel, a mixture of alcohol and wood gas. Second-generation biofuels are distilled from agricultural and forest waste. Unlike the first generation, biofuels of this generation could significantly reduce the emission of carbon dioxide CO<sub>2</sub>, they do not use food as the basis of production and some types ensure better engines. Biofuels are the third generation of biofuels produced from algae. Based on laboratory tests, algae can produce up to thirty times more energy per hectare of land from grains such as soybeans. With higher prices of fossil fuels, there is a great interest in the cultivation of algae. One of the great advantages of this biofuel is that it is biodegradable, so it is relatively harmless to the environment if an accident occurs.

(33 pages / 7 figures / 1 tables / 29 references / original in Croatian language)

Paper deposited in: Library of Polytechnic in Šibenik

Keywords:

Supervisor: Tanja Radić Lakoš MSc, s.Lec.

Paper accepted:

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. BIOGORIVA .....	2
2.1. Počeci uporabe biogoriva .....	2
2.2. Biomasa - temelj proizvodnje biogoriva .....	3
2.3. Određenje i podjela biogoriva .....	4
3. BIOGORIVA PRVE GENERACIJE .....	5
3.1. Biodizel .....	5
3.1.1. Sirovine za proizvodnju biodizela.....	6
3.1.3. Primjena i utjecaj biodizela na motor.....	9
3.2. Bioetanol .....	11
3.2.2. Sirovine za proizvodnju bioetanola.....	12
3.2.3. Primjena i utjecaj bioetanola na motor.....	14
3.3. Bioplin.....	16
3.3.1. Sirovine za dobivanje bioplina .....	17
3.3.2. Primjena bioplina .....	19
3.3.2.1. Primjena bioplina kao goriva za motorna vozila.....	19
3.3.3. Proizvodnja bioplina u Europi.....	22
4. BIOGORIVA DRUGE GENERACIJE .....	23
4.1. Bioetanol iz lignocelulozne mase.....	23
4.2. Biometanol.....	24
4.3. BIO – DME (biodimetileter) .....	24
4.4. BIO – MTBE (metil-terc-butil-eter) .....	25
4.5. Mješavine alkohola .....	25
4.6. Biodizel druge generacije.....	25

5. BIOGORIVA TREĆE GENERACIJE.....	27
5.1. Biogoriva iz algi.....	27
5.2. Biovodik.....	27
5.2.1. Dobivanje vodika.....	28
5.2.2. Uporaba vodika za pogon vozila.....	29
5.2.3. Gorivne ćelije.....	31
6. UTJECAJ BIOGORIVA NA OKOLIŠ.....	32
7. ZAKLJUČAK.....	33

## 1. UVOD

U zadnje vrijeme sve se više priča o biogorivu kao zamjeni za tradicionalna fosilna goriva i većina političara govori o biogorivu kao o savršenom obnovljivom izvoru energije kojega može proizvoditi bilo tko i na taj način smanjiti ovisnost o uvozu energenata. Iako priča oko smanjenja ovisnosti o uvozu energenata stoji, malo detaljnije proučavanje nastanka, svojstava i načina iskorištavanja biogoriva rezultira zaključkom da su biogoriva izuzetno opasna za razvoj čovječanstva. Iako je prilično teško naći neku zadovoljavajuću definiciju biogoriva, u ovom radu će se prikazati osnovna svojstva i karakteristike biogoriva, njegovih pozitivnih strana, ali također i opasnosti koje donosi te utjecaj koji ima/će imati na ukupno svjetsko gospodarstvo.

Stoga ćemo prvo krenuti od već spomenutog definiranja biogoriva kao novog obnovljivog izvora energije, da bi zatim preko osnovnih svojstava došli do dvije najčešće vrste biogoriva (etanol i biodizel), ali i do same podjele biogoriva u dvije generacije. Na samom kraju rada osvrnut ćemo se na negativne posljedice proizvodnje ovog izvora energije, čiji će temelj biti istraživanja i mišljenja brojnih svjetskih stručnjaka koji se, ponukani mišljenjem većeg dijela čovječanstva o biogorivima kao novoj nadi za smanjenje ovisnosti o štetnim i već gotovo iskorištenim fosilnim gorivima, odupiru sve većoj proizvodnji jer će ona rezultirati još većim jazom što se tiče razvijenih i nerazvijenih dijelova svijeta.



## 2. BIOGORIVA

### 2.1. Počeci uporabe biogoriva

Razlog upotrebe sirovina biljnog podrijetla kao pogonskog goriva za motore s unutarnjim izgaranjem nije bilo globalno zagrijavanje. Prvi motori upotrebljavali su alkohol, etanol kao gorivo. Samuel Morley je 1826. godine razvio stroj koji je za svoj pogon upotrebljavao etanol i terpentinsko ulje. Nicholas Otto, izumitelj danas najraširenijeg tipa motora s unutarnjim izgaranjem, također je 1876. godine upotrebljavao etanol u svom motoru. Henry Ford (1896.) konstruirao je svoj prvi automobil koji je za pogonsko gorivo koristio isto tako etanol. To ga je ponukalo da je izgradnjom postrojenja za proizvodnju etanola sklopio partnerstvo s kompanijom Standard Oil, te je etanol prodavao na njihovim benzinskim crpkama. Tijekom dvadesetih godina prošlog stoljeća etanol je činio 25% prodaje goriva na postajama američkog Srednjeg zapada.

Razvojem naftne industrije Standard Oil je usmjerio svoju djelatnost prema fosilnim gorivima, dok je Ford nastavio upotrebu etanola i u tridesetim godinama. Cijena fosilnih goriva istisnula je skupi etanol i druge moguće energente, biljna ulja koja nisu zaboravljena kao moguća goriva.

Često se navodi da je Rudolf Diesel razvio svoj motor radi iskorištavanja pogonskog goriva biljnog podrijetla. G. Knothe opovrgava to gledište samog izumitelja i pokazuje da je njegov izum bio utemeljen na termodinamičkim razmatranjima. Diesel je želio izraditi djelotvorniji stroj od dotad poznatih, a gorivo mu nije bilo u prvom planu. Njegov osnovni naum je i ostvaren konstrukcijom motora koji je dobio ime po svom izumitelju. Na izložbi u Parizu 1900. godine jedan od izloženih motora radio je na ulje kikirikija, ali ne prema zamisli Diesela, koji i sam kasnije piše da je stroj radio tako do broda nitko nije primijetio da se radi o pogonskom gorivu različitom od ostalih. O gorivima, koja je upotrebljavao Diesel, nema preciznih podataka u literaturi. U samom patentu upotrebljava se samo termin gorivo, ali ne i vrsta. Unatoč potvrdi da se biljna ulja mogu upotrebljavati kao gorivo za dizel motore, uočeni su i nedostaci čistog ulja, i to viskoznost koja je veća od viskoznosti fosilnog dizela, što znatno otežava transport od spremnika do raspršivača i samo raspršivanje goriva.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> [http://old.riteh.hr/znanost/oglasna/PPSZ\\_7\\_Ad\\_7\\_Doktorska\\_disertacija\\_Zlatko\\_Jurac.pdf](http://old.riteh.hr/znanost/oglasna/PPSZ_7_Ad_7_Doktorska_disertacija_Zlatko_Jurac.pdf)

## 2.2. Biomasa - temelj proizvodnje biogoriva

Biomasa ili biološka masa (slika 1.) označava živuću ili donedavno živuću materiju, biljnog ili životinjskog porijekla, koja se može koristiti kao gorivo ili za industrijsku proizvodnju. Najčešće se koristi direktno u konačnoj potrošnji energije za grijanje, kuhanje ili zagrijavanje tople vode, ali se može koristiti i za proizvodnju električne energije i topline, te se o nedavno sve više koristi za proizvodnju biogoriva.<sup>2</sup>

Slika 1. Biomasa.



Izvor: [http://www.etwoenergy.com/stranice/obnovljiva\\_energija/biomasa/](http://www.etwoenergy.com/stranice/obnovljiva_energija/biomasa/)

Biomasa se općenito može podijeliti na drvenu, nedrvnu i životinjski otpad, unutar čega se mogu razlikovati:<sup>3</sup>

- Drvena biomasa (ostaci iz šumarstva, otpadno drvo, otpad nastao pri piljenju, brušenju i blanjanju)
- Drvena uzgojena biomasa (brzorastuće drveće)
- Nedrvna uzgojena biomasa (trave i brzorastuće alge)
- Ostaci i otpaci iz poljoprivrede (slama, kukuruzovina, koštice, ljuske)
- Životinjski otpad i ostaci (izmet, lešine).
- Biomasa iz otpada (mulj)

<sup>2</sup><http://www.izvorienergije.com/bioenergija.html>

<sup>3</sup> <http://www.tehno-dom.hr/obnovljivi-izvori-energije/energija-biomase>

### 2.3. Određenje i podjela biogoriva

Biogoriva su tekuća ili plinovita goriva za potrebe transporta dobivena preradom biomase. Postoje različite vrste biogoriva koje se dijele na prvu, drugu i prema nekim autorima treću generaciju ovisno o izvoru materijala za proizvodnju, tehnologiji proizvodnje, cijeni i emisiji CO<sub>2</sub>.

Prva generacija biogoriva se temelji na proizvodnji konvencionalnim tehnologijama iz šećerne trske, uljane repice, biljnih ulja i životinjskih masnoća. Najpoznatije vrste su: biodizel, bioetanol, bioplin. Bioetanol predstavlja alternativu benzinu, dok biodizel dizelskom gorivu. Biodizel i bioetanol su trenutno najzastupljenija goriva. Razlog je tome što je ove dvije vrste biogoriva moguće koristiti u postojećim vozilima bez značajnijih modifikacija motora te mogu koristiti postojeću infrastrukturu. S obzirom da proizvodnja prve generacije biogoriva može zamijeniti tek nekoliko postotaka svjetskih potreba za gorivom i dobiva se većinom iz usjeva, razvija se druga generacija biogoriva.<sup>4</sup>

Druga generacija biogoriva dobiva se preradom poljoprivrednog i šumskog otpada. Za razliku od prve generacije, biogoriva ove generacije znatno bi mogla reducirati emisiju CO<sub>2</sub>, a uz to ne koriste izvore hrane kao temelj proizvodnje. Najpoznatije vrste su: biodimetiler, biometanol, dimetilformamid, bioetanol iz lignocelulozne mase, Fischer – Tropsch dizel, mješavine alkohola.

---

<sup>4</sup> <http://www.eko.zagreb.hr/default.aspx?id=92>

### **3. BIOGORIVA PRVE GENERACIJE**

#### **3.1. Biodizel**

Biodizel je gorivo koje se dobiva iz biomase, odnosno biljnih i životinjskih ulja i masti ili recikliranih otpadnih jestivih ulja. Proizvodi se kemijskim procesom koji se naziva transesterifikacija. Transesterifikacija je kemijska reakcija kojom se iz ulja, odnosno masti i metanola uz prisutnost katalizatora dobiva metilni ester (kemijsko ime za biodizel) i glicerol s nusproizvodima.

„Sve do 2. svjetskog rata vegetabilna ulja su se koristila kao gorivo za pogon motora kopnenih vozila i brodova svih vrsta. Međutim, nakon rata, dijelom zbog tehnološkog razvoja Dieselovih motora, a još više zbog politike vodećih industrijskih zemalja koje su gospodarski razvoj temeljile na jeftinoj nafti došlo je do potiskivanja energenata biološkog porijekla. Takvo potiskivanje razvoja biodizela nastavilo se sve do velike naftne krize ranih sedamdesetih godina prošlog stoljeća, kada se biodizel ponovo spominje kao alternativa naftnim derivatima.

Iako sirova vegetabilna ulja imaju slična svojstva poput dizelskog goriva, dugotrajnom upotrebom u Diesel motorima mogu uzrokovati brojne probleme kao što su formiranje koksna na brizgaljki, onečišćenje ulja za podmazivanje motora, stvaranje depozita. Ove poteškoće prvenstveno su posljedica povišenog viskoziteta biljnog u odnosu na dizel gorivo (11 do 17 puta!).

Povećani viskozitet otežava ubrizgavanje goriva i njegovo raspršivanje, a to ima za posljedicu i lošije miješanje sa zrakom odnosno nepotpuno izgaranje. Relativno visoko vrelište pridonosi također stvaranju taloga na brizgaljkama te razgradnji i razrjeđivanju ulja za podmazivanje.

Kombinacija visokog vrelišta (slaba hlapljivost) i viskoznosti uzrokom su problemima pri startu i vremenskoj zadržci pri paljenju. Ovim problemima pridonose i produkti procesa oksidacije kojima su podložni nezasićeni lanci molekula pri čemu nastaju sluzave, polimerne tvari koje povećavaju viskoznost goriva, otežavaju njegov transport od spremnika do komore za izgaranje, a mogu dovesti do začepljenja vodova.

Očite probleme pri uporabi čistih biljnih a i životinjskih ulja kao goriva za Diesel motore, istraživači su pokušali riješiti na različite načine, a to su prilagodba motora gorivu ili

prilagodba goriva motoru.<sup>5</sup> Postupci koji služe za pretvorbu prirodnih ulja i masti u pogonsko gorivo za Diesel motore su: miješanje s dizelskim gorivom fosilnog podrijetla, mikroemulzifikacija, piroliza i transesterifikacija. Prva tri navedena postupka pretvorbe nisu zbog nedostataka prošli laboratorijsku fazu ili imaju ograničenu primjenu. Transesterifikacija s alkoholima se pokazala kao idealna tehnologija i termin biodizel se danas koristi samo za proizvode dobivene ovom tehnologijom<sup>6</sup>.

### 3.1.1. Sirovine za proizvodnju biodizela

Izbor osnovne sirovine za dobivanje biodizela ovisi o specifičnim uvjetima i prilikama u konkretnim zemljama (klima, zastupljenost pojedinih poljoprivrednih kultura, ekonomski razvoj zemlje, navike stanovništva u pogledu sakupljanja sekundarnih sirovina i sl). Sirovine koje se koriste za proizvodnju biodizela (osim raznih aditiva i katalizatora) s teoretskog su aspekta biljna ili korištena jestiva ulja (reciklirano jestivo i ulje za prženje, jestive masti) i životinjske masti. Međutim, **s komercijalnog se aspekta u realnoj proizvodnji koriste jedino biljna ulja** i to: repičino, sojino, suncokretovo, palmينو, jatrofino i ulje od kikirikija. Među njima su za ovu primjenu najpogodnija ulja repice i soje s time da je uljana repica najznačajnija među sirovinama za dobivanje biodizela.

Repičino ulje (slika 2.) je zbog visokog sadržaja monozasićenih masnih kiselina i niskog sadržaja zasićenih i polizasićenih kiselina te zbog karakteristika izgaranja, oksidacijske stabilnosti i ponašanja pri niskim temperaturama idealna sirovina za proizvodnju biodizela. To je ujedno i najčešća sirovina za proizvodnju biodizela u Europi s dugom tradicijom u proizvodnji. Uljana repica ima godišnji prinos oko 3 t/ha, a proljetna oko 2,1 t/ha<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup> <https://www.scribd.com/doc/279676095/Uvoenje-Alternativni-Pogona-u-Cestovnom-Prometu>

<sup>6</sup> Virkes, T., Biodizel u prometu kao čimbenik održivoga razvoja Republike Hrvatske, magistarski rad, FSB, Zagreb, 2007.

<sup>7</sup> <http://www.eecroatia.com/wp-content/uploads/2008/04/repica.jpg>

Slika 2. Uljana repica.



Izvor: <http://poljoinfo.com/archive/index.php/t-123.html>

Suncokretovo ulje je druga po redu sirovina u Europi za proizvodnju biodizela (Španjolska, Italija i Grčka). U južnim krajevima Europe uzgaja se zato što je prinos uljane repice tamo manji. Visoki sadržaj linoleinske kiseline ograničava mogućnost korištenja suncokretovog ulja za proizvodnju goriva. Također je i sadržaj joda u ulju veći od granice propisane normom EURO IV.<sup>8</sup>

Sojino ulje je glavna sirovina za proizvodnju biodizela u SAD, a i najčešće proizvedeno ulje u svijetu. Slično kao i kod suncokretovog ulja sadržaj joda je veći od granice propisane normom EURO IV te se time ograničava korištenje čistog metilnog estera sojinog ulja kao goriva.

Palmino ulje je najvažnija sirovina za biogoriva u jugoistočnoj Aziji. Glavna prednost palminog ulja je veliki prinos i umjerena cijena u usporedbi s ostalim jestivim biljnim uljima. Nedostatci su mu visok udio slobodnih masnih kiselina i vrlo visoka viskoznost pri niskim temperaturama.

Jatrofa je biljka za koju se smatra da će biti sigurno sirovina za proizvodnju biodizela u budućnosti. Ne koristi se u prehrambene svrhe (ni ljudske ni životinjske), ne zahtijeva gnojidbu ni uporabu pesticida, vrlo je otporna klimatske uvjete i ne zahtijeva previše vode te je vrlo otporna i na poplave, a može se koristiti i za mnoge druge svrhe (u kozmetičkoj, poljoprivrednoj i medicinskoj industriji).<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> <http://www.biokal.com.hr/MyFiles/91/916a897a-4daa-4e76-94cd-52ac510ec16c.jpg>

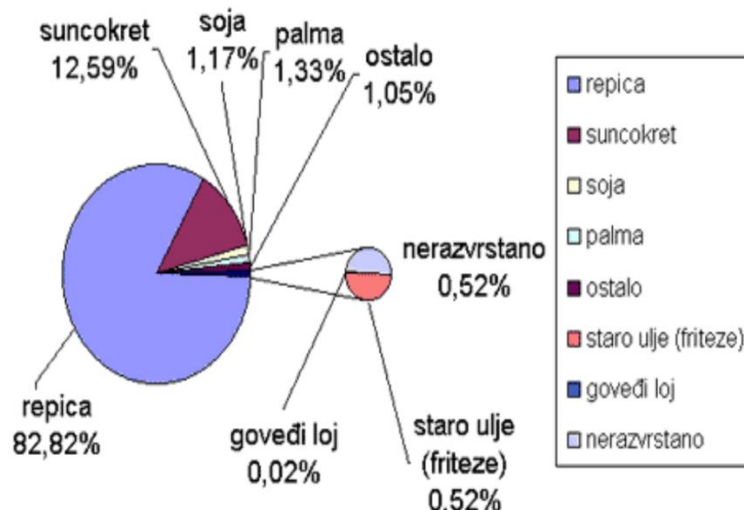
<sup>9</sup> Virkes, T., Biodizel u prometu kao čimbenik održivoga razvoja Republike Hrvatske, Magistarski rad, FSB, Zagreb, 2007

Životinjske masti i riblja ulja su nusproizvodi prehrambene i prerađivačke industrije (goveđi loj, svinjsko salo i riblje ulje). Glavna prednost im je niska cijena. Imaju visoku razinu zasićenja koja ih čini odličnim gorivom glede visoke ogrjevne vrijednosti i cetanskog broja. Nedostaci su im promjena svojstava kod niskih temperatura (dolazi do povećanja viskoznosti) pa se koriste kao dodatne sirovine za proizvodnju biodizela.

Otpadna jestiva ulja su zbog svoje vrlo niske cijene i ekološke prednosti vrlo popularan izvor za proizvodnju biodizela. Otpadno jestivo ulje mora se prije korištenja za proizvodnju biodizela rafinirati. Viskoznost i ostaci ugljika metilnog estera otpadnog jestivog ulja su nešto veći nego kod metilnog estera repičinog ulja. Temperaturna svojstva kod niskih temperatura su mu slabija te ga je potrebno tijekom hladnijeg perioda miješati s fosilnim dizelskim gorivom.

Sirovina je i najvažnija karika u procesu proizvodnje biodizela jer o njoj ovisi i način vođenja procesa u cilju postizanja definirane kvalitete te isplativost proizvodnje. Za dobivanje 1 l repičinog ulja potrebno je oko 3 kg repičina sjemena. Proizvodni proces biodizela gotovo se odvija po jednadžbi 1 l ulazne sirovine = 1 l proizvedenog biodizela tako da je iskoristivost gotovo 100%.

**Slika 3.** Izbor osnovne sirovine za dobivanje biodizela u Europi.



Izvor: [https://www.google.hr/search?q=BIOMASS+DERIVED+FUELS+\(BIOGORIVA\)&oq=BIOMASS+DERIVED+FUELS+\(BIOGORIVA\)&aqs=chrome..69i57.556j0j4&sourceid=chrome&es\\_sm=93&ie=UTF-8#](https://www.google.hr/search?q=BIOMASS+DERIVED+FUELS+(BIOGORIVA)&oq=BIOMASS+DERIVED+FUELS+(BIOGORIVA)&aqs=chrome..69i57.556j0j4&sourceid=chrome&es_sm=93&ie=UTF-8#)

Tehnološki proces proizvodnje biodizela sastoji se od sljedećih tehnoloških operacija:<sup>10</sup>

- Skladištenje uljnih sjemenki
- Mljevenje sjemena i istiskivanje ulja
- Filtriranje i čišćenje biljnog ulja
- Proces transesterifikacije
- Izlučivanje sporednih produkata iz reakcijske smjese - u proizvodnji kao nusproizvod nastaje tehnički glicerol koji se može (ovisno o odabranoj tehnologiji) dodatno pročititi i dobiti u čistoći farmaceutskog glicerina (99.99 %) ili ponovno (nakon kemijske obrade), kao aditiv vratiti na početak proizvodnog procesa.
- Konačna obrada metilnog estera biljnog ulja – biodizela, njegovo skladištenje i prodaja.

### **3.1.3. Primjena i utjecaj biodizela na motor**

Biodizel se u motorima s unutarnjim izgaranjem može koristiti na dva načina: kao dodatak čistom dizelskom gorivu, odnosno uz primješavanje fosilnom gorivu u određenim omjerima kao čisti biodizel. Zbog razmjerno male proizvodnje i apsolutno velike potrošnje fosilnih goriva te maloprodajne cijene čistog biodizela koje je gotovo jednaka cijeni eurodizela, češći način korištenja biodizela je primješavanje, odnosno kombinacija s fosilnim dizelom. Biodizel se dobro miješa s dizelskim gorivom u svim omjerima i ostaje pomiješan čak i na niskim temperaturama.

Najčešći primjeri mješavina su B20, B30, B50, B80 pri čemu slovo B označava biodizel, a broj njegov udio (odnosno metilnog estera) u mješavini. B20 (smjesa od 20% biodizela i 80% fosilnog dizela) radi u svakom Diesel motoru, obično bez ikakvih preinaka na motoru ili sustavu dobave goriva te osigurava sličnu snagu, okretni moment i prijeđene put po litri goriva kao i klasično dizelsko gorivo.

Korištenje biodizela u konvencionalnim Diesel motorima pogodno je u smislu zaštite životne sredine tako što se smanjuje efekt staklenika kao i emisija drugih zagađujućih tvari. Zamjetno je znatno smanjenje neizgorenih ugljikovodika, ugljičnog monoksida i čestica. Emisija dušikovih oksida se malo povećava ovisno o sadržaju biodizela u mješavini.

---

<sup>10</sup> <http://www.docdroid.net/K9gP26s/biodizel.ppt.html>



Smjesa B20 smanjuje emisiju ugljikovodika (HC) za 20%, ugljičnog monoksida (CO) i čestica (PM) za 12%, a sumpora za oko 20%. Emisija dušičnih oksida ( $\text{NO}_x$ ) se istovremeno povećava za 2%.

Što se tiče potrošnje goriva utvrđeno je da korištenje biodizela (B100) pokazuje 5% smanjenje u snazi u usporedbi s dizelom, što je manje od očekivanih 10%. Nadalje, razne specifikacije proizvođača pokazuju da je potrošnja biodizela veća 10% od potrošnje fosilnog dizela. S druge strane su iskustva korisnika biodizela koje kažu da se potrošnja povećava do 5%. Energetska vrijednost biodizela je oko 10% manja od vrijednosti za mineralni dizel. S druge strane, svojstva biodizela (sadržaj kisika, veći cetanski broj itd.) doprinose boljem izgaranju u motoru.

Istraživanja su pokazala da biodizel može pokretati konvencionalni dizelski motor u dužem vremenu bez ikakvih problema. Ispitivanja su provedena na Diesel motorima pick-up vozila, gradskih autobusa, teretnih vozila i traktora s različitim omjerima biodizelskog i dizelskog goriva. Te su smjese bile od 2% (B2), 20% (B20) pa sve do 100% biodizela (B100). Rezultati svih ovih istraživanja bili su pozitivni. Standardni Diesel motor može raditi na 100% biodizelsko gorivo, ali na temperaturama nižim od  $-12\text{ }^\circ\text{C}$  počinje proces stinjanja te počinje izlučivanje čvrstih tvari iz goriva što može dovesti do začepljivanja filtra goriva. Biodizel se počinje stinjati na višoj temperaturi od dizelskog goriva ali postoje aditivi koji sprječavaju stinjanje. Miješanje biodizela s dizelskim gorivom će smanjiti točku stinjanja. Ugradnja grijača u spremnik goriva ili u cjevovode goriva također može pomoći u sprječavanju stinjanja u zimskom periodu. Miješanje biodizela s dizelskim gorivom će smanjiti točku stinjanja ali se ono može i dalje događati ukoliko nema grijača goriva.

Novi zahtjevi za sniženom količinom sumpora u gorivu u cilju smanjenja štetne emisije ispušnih plinova smanjuju također i sposobnost podmazivanja goriva. Ovo će skratiti životni vijek sustava ubrizgavanja. Smjese s biodizelom, čak i u malim omjerima (2%), uzrokuju poboljšanje podmazivanja što će doprinijeti smanjenju trošenja i produženju životnog vijeka motora. Poboljšanje podmazivanja je naročito pozitivno za visokotlačnu pumpu goriva, a time i za ukupno trošenje. Problem su nakupine tvrdih naslaga koje se mogu formirati na brizgaljkama goriva i prstenovima klipa. Ova pojava je ovisna je o motoru, izvoru biodizela i metodi proizvodnje.

Biodizel je odlično otapalo pa svi dijelovi koji dolaze u kontakt s biodizelom moraju biti otporni na djelovanje tog otapala. Biodizel može prodirati u molekularnu strukturu crijeva i brtvi što može dovesti do propuštanja i djelomičnog rastvaranja. Ovo se odnosi na plastična ili gumena crijeva koja dolaze u kontakt s gorivom kao i odgovarajuća brtvila u sustavu napajanja. Većinu postojećih vozila potrebno je opremiti crijevima i brtvama otpornima na biodizel. Ovo je jedina prilagodba potrebna za korištenje biodizelskog goriva. Biodizel može oštetiti lakirane dijelove pa je potrebno voditi posebnu brigu prilikom punjenja goriva u spremnik vozila. Ukoliko dođe do kontakta biodizela s lakiranim dijelovima vozila, potrebno ga je što prije ukloniti. Biodizel ne sadrži sumpor pa ispušni plinovi ne sadrže sumporni dioksid, koji uzrokuje zakiseljavanje.

U određenom području opterećenja Diesel motora mala količina goriva može proći kroz prstene klipa u motorno ulje. Kod mineralnog dizelskog goriva ovo gorivo ispari i izađe kroz sustav ventilacije kućišta motora. Biodizel isparuje na relativno visokoj temperaturi i zbog toga se miješa s motornim uljem. Zbog dobrih karakteristika podmazivanja biodizela može se smatrati da razblaživanje motornog ulja nije opasno. Kako bi se izbjeglo moguće oštećenje motora proizvođači preporučuju skraćivanje intervala zamjene motornog ulja, što utječe na povećanje troškova održavanja, kao i na povećanje količine otpadnog motornog ulja koja se mora zbrinuti. Kako bi se izbjegli problemi, treba redovito kontrolirati kvalitetu ulja.

Korištenje biodizela pruža značajno manji rizik pri transportu i skladištenju jer je netoksičan i biorazgradiv za razliku od uobičajenog fosilnog dizela, te se pri njegovom transportu poduzimaju zaštitne mjere kao kod biljnih ulja. Međutim, kada se transportira i skladišti mješavina fosilnog i biodizela, poduzimaju se preventivne sigurnosne mjere kao da se radi o fosilnom dizelu.<sup>11</sup>

### **3.2. Bioetanol**

Bioetanol je etilni alkohol proizveden iz biomase koji se može koristiti kao gorivo. Proizvodi se procesom fermentacije (alkoholno vrenje) sirovina bogatih škrobom, šećerom ili celulozom. Fermentacija je prirodni proces kojim se škrob ili šećeri uz pomoć djelovanja kvašćevih gljivica ili nekih bakterija (enzima koji djeluju kao katalizatori) pretvara u etanol i

---

<sup>11</sup> Virkes, T., Biodizel u prometu kao čimbenik održivoga razvoja Republike Hrvatske, Magistarski rad, FSB, Zagreb, 2007

CO<sub>2</sub>. Ovaj proces je jedan od najstarijih proizvodnih procesa kojim je čovjek ovladao i u osnovi se nije promijenio do današnjih dana. Postupak dobivanja etanola iz celuloze se razvija i usavršavanju ovog postupka se poklanja velika pažnja, jer se time omogućava korištenje i ostalog biljnog materijala ili biljnog otpada iz raznih industrijskih postupaka.

Korištenje etanola kao goriva vezano je za početak automobilske industrije, mada su ga kasnije potisnula jeftina goriva na bazi nafte. O etanolu se opet počelo razmišljati kada su se pojavile prve naftne krize.

Po svojoj kemijskoj strukturi etanol C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH pripada grupi organskih spojeva koji se općim imenom zovu alkoholi. Karakteristika ove grupe spojeva je da sadrže jednu ili više hidroksilnih skupina, odnosno OH – skupina (O – kisik, H – vodik) vezanih za atom ugljika.

Etanol je bezbojna, isparljiva i zapaljiva tekućina karakterističnog mirisa. Skrućuje se pri temperaturi - 114,1° C i vrije pri 78,5° C, a specifična gustoća mu je 789 kg/m<sup>3</sup> pri 20°C. Gori svjetlo plavim plamenom i bez čađe. Veoma se dobro miješa s vodom i većinom organskih otopina te ga se zato upotrebljava za dobivanje drugih kemikalija (boja, parfema i eksploziva). Najstariju tradiciju ima proizvodnja etanola za dobivanje alkoholnih pića, a najveća po kapacitetu je proizvodnja etanola kao goriva. Tokom posljednjih trideset godina proizvodnja bioetanola u svijetu je porasla za oko šest puta a razlog toga je u činjenici da se bioetanol sve više koristi kao zamjena djela benzina za pogon motornih vozila.<sup>12</sup>

### **3.2.2. Sirovine za proizvodnju bioetanola**

Svi organski supstrati koji se različitim kemijskim ili biokemijskim transformacijama mogu razgraditi do jednostavnih šećera koje kvasac može koristiti za svoj metabolizam, mogu poslužiti kao sirovina za proizvodnju bioetanola. Šećeri koje kvasac ili proizvodni mikroorganizam može koristiti su glukoza, fruktoza, saharoza i maltoza, a primjenom specijalnih kvasaca i galaktoza i laktoza. Polisaharidi koji se mogu razgraditi do ovih fermentabilnih šećera (kemijski ili enzimski) su dekstrini, škrob, inulin, hemiceluloze i celuloze. Navedeni šećeri i polisaharidi veoma su rasprostranjeni u biljkama, te postoji velik broj potencijalno mogućih sirovina za proizvodnju etanola. Tri kategorija sirovina su

---

<sup>12</sup> Zavargo, Z., Popov S., Dodić S., Razmovski R., Tomanović R., Dodić J., Mogućnosti razvoja proizvodnje i primjene bioetanola u autonomnoj pokrajini Vojvodini, studija, Tehnološki fakultet Novi Sad, 2008.

najrasprostranjenije i to: šećerne (šećerna repa, šećerna trska, topinambur i melasa), škrobne (žita i razni usjevi) i lignocelulozne (drvo, stari papir, kukuruzovina, slama i slični poljoprivredni nusproizvodi).

Šećerne sirovine se mogu razgraditi direktno metaboličkim putem, te ne zahtijevaju skupu pripremu. Sirovine koje sadrže škrob i lignocelulozu su jeftinije od sirovina koje sadrže šećer, ali je prevođenje ovih sirovina do oblika koji je dostupan kvascima skupo i predstavlja nedostatak ovih supstrata. Jeftinije sirovine, kao otpadne vode raznih tehnologija, imaju veliki potencijal kao izvori fermentabilnih šećera. Koncentracija šećera u ovim sirovinama je niža nego u poljoprivrednim sirovinama.

Kada se razmatra mogućnost industrijske proizvodnje bioetanola na određenim sirovinama, moraju se uzeti u obzir faktori kao što su količina etanola koja se može dobiti iz jedinice mase sirovine, zatim cijena i dostupnost sirovine, kao i cijena tehnološkog postupka za proizvodnju etanola na određenoj sirovini. Cijena i dostupnost različitih sirovina se razlikuju u različitim dijelovima svijeta i logično je da se svaka zemlja opredjeljuje za korištenje onih sirovina kojih ima najviše u njenom geografskom i klimatskom području.

Šećerne i škrobne sirovine mogu se svrstati u konvencionalne sirovine za proizvodnju bioetanola i dosad se proizvodnja bioetanola uglavnom temeljila na njima. Međutim, budući da se te sirovine koriste u ljudskoj prehrani i ishrani životinja, proizvodnja bioetanola iz istih smatra se neekonomičnom. Do velikog značenja dolazi uporaba nekonvencionalnih sirovina u koju se mogu ubrojati sporedni i otpadni proizvodi različitih industrija i poljoprivredni otpad.

„Navedene sirovine se najviše baziraju na celulozi i hemicelulozi, ili na šećernim komponentama (melasa šećerne repe i melasa šećerne trske). Treba naglasiti da se sirovine na bazi celuloze i hemiceluloze, iako su malo zastupljene u industrijskim razmjerima, trenutno smatraju najperspektivnijim za buduću proizvodnju bioetanola. Na današnjem nivou razvoja tehnologije pretvorbe ovih sirovina do fermentabilnih šećera su niske i procesi su ekonomski nepovoljni, ali se zbog niske cijene i velike dostupnosti polazne sirovine danas ulaže u razvoj i unapređenje ovih tehnologija. Stoga je cilj buduću proizvodnju bioetanola temeljiti na lignoceluloznoj masi.“<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> [http://bk.doccity.com/sr-dokumenti/Bioetanol\\_1](http://bk.doccity.com/sr-dokumenti/Bioetanol_1)

Slika 4. Dobivanje etanola.



Izvor: <http://tehnologija-tuzla.darkbb.com/t19-proizvodnja-bioetanola>

### 3.2.3. Primjena i utjecaj bioetanola na motor

Bioetanol se može upotrebljavati u motorima s unutarnjim izgaranjem kao:<sup>14</sup>

- dodatak motornom benzinu u određenim omjerima
- konverzija do ETBE (etil-tercijarni butil eter) i kao takav dodavati benzinu ili pak dizel gorivu u koncentraciji do 15%. ETBE je oksigenat koji služi za povećanje oktanskog broja i smanjivanje zagađenosti ispušnih plinova ostvarujući bolje izgaranje u motoru.

U upotrebi su različite mješavine etanola i benzina. Kakav je odnos mješanja sa benzinom eksplicitno se vidi iz oznake goriva. E je oznaka za etanol, a brojni podatak označava postotni volumni udio etanola u benzinu.

Smjese sa niskim udjelom bioetanola su smjese od 5 do 22 % i takvo gorivo se označava sa E5 – E22. Ove smjese se mogu koristiti u konvencionalnim motorima bez modifikacija i generalno se može vršiti njihova opskrba korištenjem postojeće infrastrukture. Pored toga moguće je mješati 10 do 15 % bioetanola (uz dodatak specijalnih aditiva) u dizelsko gorivo. Smjese sa visokim udjelom bioetanola su smjese u kojima se sadržaj etanola kreće do 85 % (E85). Prilikom korištenja ove mješavine potrebne su određene modifikacije na motoru. S obzirom da je bioetanol odlično otapalo, pri konstrukciji sistema za napajanje motora gorivom

<sup>14</sup> <http://tehnologija-tuzla.darkbb.com/t19-proizvodnja-bioetanola>

treba voditi računa o materijalima koji će biti primjenjeni. Treba izbjegavati metale kao što su aluminij, mesing, olovo koje bioetanol rastvara. Rad sa kontaminiranim gorivom može prouzrokovati naslage i havarije vitalnih elemenata motora, odnosno pumpne instalacije. Slično vrijedi i za nemetalne materijale. Etanol rastvara prirodnu gumu, poliuretan, pluto, polivinil-klorid, poliamid i mnoge druge sintetičke materijale. Zato se za instalacije za napajanje etanolom od metala koriste nehrđajući čelik, bronca, željezo, a od nemetala polimetilmetakrilat, polipropilen, neopren, viton, teflon i sl. Što se tiče samog rada motora, važna je činjenica da bioetanol ima niži sadržaj energije i drugačiju stehiometrijsku količinu zraka od mnogih fosilnih tekućih goriva. Pri tome je potrebno prilagoditi doziranje goriva u sustavu za pripremu smjese, kao i parametre sustava za paljenje. Potrebno je upravljačku jedinicu sustava za ubrizgavanje programirati za drugačije parametre dobave goriva i zraka.

Energetski sadržaj bioetanola iznosi 21,2 MJ/litri, a benzina 31,2 MJ/litri.<sup>15</sup> Prema tome bioetanol ima 67 % energije koju sadrži benzin. Zbog toga bioetanol smanjuje snagu motora za oko 33 % u usporedbi sa benzinom. Međutim, kada se bioetanol koristi u relativno malim koncentracijama u smijesi sa fosilnim gorivom (tj. E5, E10) ovaj efekt je višestruko smanjen. Latentna toplina isparavanja mu je viša u odnosu na benzin, što se povoljno odražava na stupanj punjenja motora, jer je zahvaljujući tome, niža temperatura svježe smjese koja ulazi u cilindar čime se donekle kompenzira gubitak snage uslijed nižeg energetskog sadržaja. Sa druge strane, visoka latentna toplina isparavanja znači da je gorivo manje isparljivo što može izazvati probleme prilikom paljenja i pokretanja motora u hladnijim klimatskim predjelima. Za razliku od benzina etanol dobro provodi električnu struju. Vrlo čisto izgara te se na ventilima, čelu klipa i svjećicama ne stvaraju talozi i nečistoće. Lošija isparljivost čini ga sigurnijim za manipulaciju, jer je gorivo manje sklono zapaljenju. Temperatura zapaljenja etanola je viša u odnosu na benzin. Pare etanola su teže od zraka, pa se zadržavaju pri tlu. Također, kada se upali, etanol gori sporije, odnosno manje eksplozivno u odnosu na benzin. Biorazgradiv je, te su posljedice eventualne kontaminacije zemljišta i voda daleko manje i brže se saniraju nego u slučaju izlivanja benzina.

Najvažnija prednost korištenja goriva na bazi mješavina s etanolom u motorima s unutarnjim izgaranjem je u znatno manjoj emisiji štetnih ispušnih plinova. Kancerogene supstance se ne nalaze u čistom etanolu, ali ih ima u mješavini etanola i benzina, i one upravo potječu od

---

<sup>15</sup> <http://www.prometniportal.com/index.php/promet-i-komunikacije/drumski-saobraćaj/strucni-clanci/52-etanol-kao-alternativno-gorivo>

benzina, ali u znatno manjoj mjeri. Rezultati istraživanja koja su vršena sa E10 (mješavina 10% etanola i 90% motornog benzina) i usporedba sa motornim benzinom.<sup>16</sup>

### 3.3. Bioplin

Bioplin je plinovito gorivo koje se proizvodi od biomase, odnosno biorazgradivog djela otpada, koje se može pročititi do kakvoće prirodnog plina, kako bi se koristilo kao biogorivo, ili generatorski plin. To je kvalitetno gorivo koje može zamijeniti fosilna goriva, a također je i CO<sub>2</sub> neutralno. U vrijeme kada rezerve fosilnih goriva opadaju, energetske troškovi rastu, a životnu sredinu ugrožava nepravilno odlaganje smeća, pronalaženje rješenja za problem biološkog otpada i tretman otpadnih organskih materija, postaje pitanje od najveće važnosti. Bioplin se dobiva fermentacijom (anaerobnom razgradnjom) organskih tvari (biorazgradivi otpad, energetske tvari) uz pomoć anaerobnih mikroorganizama. Često se za bioplin koriste i nazivi kao što su barski plin, deponijski plin, močvarni plin i sl. već prema mjestu nastanka.

Dobivanje bioplina iz otpada nije nova stvar. Bioplin se koristio za grijanje vode u Siriji još 1000. godine prije Krista. Prvi biodigestor (spremnik) je pušten u rad u koloniji gubavaca 1859. godine u Bombayu.

U bioplinu je sadržano više od stotinu različitih kemijskih tvari, no glavne supstance su metan CH<sub>4</sub> (40-75 %), ugljikov-dioksid CO<sub>2</sub> (25-60 %) i malo postotka ostalih plinova poput dušika N<sub>2</sub>, vodika H<sub>2</sub>, sumporovodika H<sub>2</sub>S i ugljik-monoksida CO<sup>17</sup>

Sastav, kakvoća i udio pojedinih kemijskih spojeva ovisi o načinu dobivanja i porijeklu organske tvari, pa tako za različite uvjete može imati različite vrijednosti.

Takav plin je lakši od zraka, bez mirisa je i bez boje. Temperatura zapaljenja mu je između 650° C i 750° C, a gori čisto plavim plamenom. Energetska vrijednost kubičnog metra bioplina ovisi o udjelu metana, prosječno je ekvivalentna 0.6 l nafte. Energetska vrijednost bioplina je niža od energetske vrijednosti zemnog plina koji se većinom sastoji od metana.

Danas se bioplin većinom koristi za proizvodnju toplinske ili električne energije izgaranjem u kotlovima ili motorima s unutrašnjim izgaranjem.

---

<sup>16</sup> Zavargo, Z., Popov S., Dodić S., Razmovski R., Tomanović R., Dodić J., Mogućnosti razvoja proizvodnje i primjene bioetanola u autonomnoj pokrajini Vojvodini, studija, Tehnološki fakultet Novi Sad, 2008.

<sup>17</sup> <http://www.izvorienergije.com/biogoriva.html>

Proces dobivanja bioplina 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 nalaza u otpadu.

**Tablica 1.** Različiti sastojci bioplina.

Tvar	%
Metan, CH <sub>4</sub>	50 – 75
Ugljični dioksid, CO <sub>2</sub>	25 - 50
Dušik, N <sub>2</sub>	0 - 10
Vodik, H <sub>2</sub>	0 - 1
Vodikov sulfid, H <sub>2</sub> S	0 - 3
Kisik, O <sub>2</sub>	0 - 1

Izvor: <http://www.izvorienergije.com/biogoriva.html>

Prednosti ovog načina prerade otpada su:<sup>18</sup>

- Dobivanje bioplina kao energenta.
- Otpad je razgrađen i transformiran u masu s visokom hranidbenom vrijednošću što je čini idealnim gnojivom (često puta to gnojivo je glavni proizvod iz digestora, a bioplin ima tek sporednu važnost).
- Tijekom procesa u digestoru se uništi čak 99% patogenih bakterija (istovremeno se eliminiraju oblaci muha koje prate takav otpad).
- Tvari koje kod netretiranog otpada dovode do neugodnih mirisa, kao što su masne kiseline, fenoli, fenolderivati, u bioplinskom postrojenju se uglavnom razgrađuju i emisija neugodnih mirisa se smanjuje za 90%.
- Izuzetan ekološki značaj. Metan u atmosferi je odgovoran za oko 10% globalnog zatopljenja, a 30 bioplinskih postrojenja prosječne veličine pohrani 4800 metričkih tona metana godišnje i spriječi njihovu emisiju u atmosferu.

### 3.3.1. Sirovine za dobivanje bioplina

U praksi se za dobivanje bioplina koriste komunalne i industrijske otpadne vode, ljudski i životinjski otpad, te otpadna biljna biomasa. Osnovni zahtjevi tih tvari za za ekonomično dobivanje bioplina su:

<sup>18</sup> Krička, T.: Proizvodnja biogoriva i njen utjecaj na poljoprivredu, Op. Cit., str. 5



- Da imaju takav sastav koji omogućuje učinkovitu i ekonomičnu proizvodnju bioplina.
- Da pružaju dovoljne količine preko cijele godine.
- Da ne sadrže supstance koje bi djelovale toksično ili inhibitorno na proces.

Organske substrate dijelimo na sljedeće skupine:

- otpad domaćih životinja i ljudi
- organski otpadci industrije
- poljodjelski otpadci
- uzgojena biomasa
- kanalizacijske otpadne vode.

Svi organski materijali mogu se razgraditi aerobno (uz prisustvo kisika) ili anaerobno (bez prisustva kisika). Produkti njihove razgradnje su različiti. Aerobnom razgradnjom nastaje ugljični dioksid, amonijak i nešto malo ostalih plinova. Oslobađa se velika količina topline. Konačni proizvod se može koristiti kao gnojivo.

Anaerobnom razgradnjom (fermentacijom) nastaje metan, ugljični dioksid, nešto vodika s ostalim plinovima i vrlo malo topline. Konačni proizvod je gnojivo, ali kvalitetnije jer sadrži dušik u mineraliziranom obliku koje biljke lakše preuzimaju nego dušik u organskom obliku. Anaerobna razgradnja odvija se samo u specifičnim uvjetima među kojima su odgovarajuća kiselost (pH) ulazne mješavine i temperatura u spremniku za anaerobnu razgradnju (digestoru). Također, različiti supstrati traže različite uvjete kao i vrijeme koje je potrebno da mješavina provede u digestoru (fermenteru) kako bi potpuno sazrela. Digestori su brtvljeni, nepropusni spremnici koji osiguravaju odgovarajuće uvjete za anaerobnu razgradnju organskog otpada<sup>19</sup>.

---

<sup>19</sup> ] [http:// www.kunalenviro.com/productspecs.htm](http://www.kunalenviro.com/productspecs.htm)

Slika 5. Čelici i betonski digrestor.



Izvor: <http://www.green-group.rs/index.php?r=2240>

### 3.3.2. Primjena bioplina

Uporaba bioplina danas je najčešća:

- Za proizvodnju topline i pare.
- Za proizvodnju električne energije/kogeneracija toplinske i električne energije.
- Kao gorivo za motorna vozila.
- Za dobivanje vodika iz samog bioplina.
- Za proizvodnju kemikalija.

#### 3.3.2.1. Primjena bioplina kao goriva za motorna vozila

Bioplin se može koristiti kao gorivo za motorna vozila ukoliko se pročisti na razinu 97-98 % udjela metana u plinu. Takav se može miješati sa prirodnim plinom te se može koristiti i distribuirati njegovom mrežom.

Bioplin se na vozilu može skladištiti:

- Kao adsorbirani (bioplin je adsorbiran u nekoj supstanci, npr. Aktivnom ugljiku, pod tlakom 7 do 10 bara – uobičajeni naziv u literaturi je ANG – *Adsorbed natural gas*).

- Kao komprimirani (bioplin je uskladišten u rezervoare (boce) pod tlakom 200 do 250 bara – uobičajeni naziv u literaturi je CNG – *Compressed natural gas*).
- Kao ukapljeni (bioplin je uskladišten u rezervoare u tekućem stanju – uobičajeni naziv u literaturi je LNG – *liquefied natural gas*)

Optimalan kompromis količine uskladištenog goriva, težine rezervoara i troškova uskladištenja pruža uskladištenje plina u boce pod visokim tlakom, pa je komprimirani prirodni plin (CNG) našao najveću uporabu.

Motori s unutarnjim izgaranjem na prirodni plin koji se danas koriste za pogon cestovnih vozila predstavljaju u osnovi konvencionalne motore s unutarnjim izgaranjem koji su prilagođeni korištenju prirodnog plina, bilo da se radi o novim motorima koje isporučuju proizvođači, bilo da se radi o naknadnoj prilagodbi motora.

U ovisnosti o načinu i mjestu dobave goriva, načinu stvaranja smjese, bogatstvu smjese i načinu zapaljenja smjese postoje različite izvedbe motora na prirodni plin, koji se mogu podijeliti u četiri kategorije:<sup>20</sup>

1. Motori s paljenjem smjese zrak/bioplin pomoću svjećice.
2. Motori s paljenjem smjese zrak/bioplin pilotnim ubrizgavanjem male količine dizelskog goriva.
3. Motori s direktnim ubrizgavanjem bioplina pod visokim tlakom u cilindar i paljenjem pomoću užarene površine.
4. Motori sa samozapaljenjem prethodno pripremljene smjese zrak/bioplin.

Svi tipovi motora na prirodni plin mogu se izvesti tako da koriste isključivo prirodni plin kao pogonsko gorivo, tzv. monovalentni plinski motori. Motori s paljenjem smjese pomoću svjećice ili pilotnim ubrizgavanjem dizelskog goriva mogu se izvesti tako da za pogon koriste ili prirodni plin ili konvencionalno gorivo (benzin, odnosno dizelsko gorivo), tzv. bivalentni motori, pri čemu korisnik na vrlo jednostavan način u tijeku vožnje odabire koje će gorivo koristiti. Ova dva tipa motora se već nalaze u komercijalnoj uporabi. Motori s ubrizgavanjem prirodnog plina direktno u cilindar motora su eksperimentalno primijenjeni i ispitani na vozilima i očekuje se njihova komercijalna uporaba. Motori sa samozapaljenjem smjese se razvijaju.

---

<sup>20</sup> Filipovic, I., Pikula P., Bibic Dž., Trobradovic M., Primjena alternativnih goriva u cilju smanjenja emisije zagađivača kod cestovnih vozila, *Goriva i maziva*, 44: 4 2005., str. 241-262,

Vozila koja koriste bioplin postižu smanjenje emisije štetnih ispušnih plinova. U odnosu na benzin postiže se smanjenje emisije CO, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> i NO<sub>x</sub>, uz istodobno smanjenje kancerogenosti ispušnih plinova i njihovog utjecaja na stvaranje smoga. Emisija plinova koji pomažu efekt staklenika (CO<sub>2</sub>) također je smanjena. U odnosu na dizelsko gorivo znatno se smanjuje emisija NO, uz iznimno nisku emisiju čestica, dok emisija CO, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> i NO<sub>x</sub>, te ekvivalentna emisija CO<sub>2</sub> ostaje na razini dizelovog motora.<sup>21</sup> Bitno je napomenuti da se navedene karakteristike mogu postići i bez uporabe naknadnog tretmana ispušnih plinova, odnosno katalizatora. Primjenom naknadnog tretmana ispušnih plinova kod motora na prirodni plin može se postići dodatno smanjenje emisije.

Zbog vrlo čistog izgaranja nema prisustva ugljika i kiseline u ulju motora. Produžuje se vrijeme redovne izmjene ulja. Nema taloženja taloga i nečistoća na klipnu, klipnim prstenovima i svjećicama što rezultira duljim vijekom trajanja samog motora. Rad motora je mirniji čime se utječe na smanjenje buke.

Bioplin je sigurniji od tradicionalnih tekućih goriva kao što su benzin i dizel. U slučaju curenja brzo se rasprši, dok se tekućine nakupljaju na zemlji stvarajući potencijalnu opasnost od požara. Ima mnogo višu temperaturu paljenja od tekućih goriva (580° C naspram 220° C kod benzina), pa je mnogo manji broj potencijalnih izvora zapaljenja u slučaju curenja. Nije toksičan ne zagađuje podzemne vode. Skladišni cilindri u vozilima i na stanicama za dopunjavanje izrađeni su od veoma čvrstog čelika i zaštićena su sigurnosnim ventilima i drugim sigurnosnim uređajima. Ovi cilindri prolaze veliki broj strogih testova kao što su otpornost na vatru, udarce, mehanička oštećenja itd. Proces dopunjavanja na distributivnoj pumpi je također veoma siguran zato što je cijeli sistem hermetičan, čime se sprječava bilo kakvo curenje ili prosipanje proizvoda.

Problem koji se javlja kod upotrebe bioplina jest nedostatak punionica. Iako je to plin koji koristimo kod kuće, nije moguće priključiti auto na ventil kućne plinske instalacije i pustiti plin. Potrebni su kompresori koji će pod tlakom utisnuti plin u automobilski spremnik. Kao i za ostala alternativna vozila i za vozila na bioplin značajna je viša početna investicija, ali niži troškovi goriva. Benzinske postaje s bioplinom predstavljaju velik trošak, a komercijalno su održive jedino u slučaju da ih za opskrbu gorivom upotrebljava veliki broj korisnika. U Hrvatskoj trenutno postoji jedna jedina takva stanica u Zagrebu.

---

<sup>21</sup> <http://www.prometniportal.com/index.php/promet-i-komunikacije/drumski-saobraćaj/strucni-clanci/49-ugradnja-autoplina-u-vozila-sa-benzinskim-motorom>

### 3.3.3. Proizvodnja bioplina u Europi

Krajem 2002. godine samo u Njemačkoj bilo je gotovo 2000 postrojenja za proizvodnju bioplina raznih veličina. Pravi primjer za organizaciju i poticaj proizvodnje električne energije iz bioplina je Njemačka, u kojoj distributivni operateri moraju i dužni su spojiti na mrežu postrojenja koja proizvode električnu energiju iz bioplina. Sve preinake, poboljšanja i dodatne priključke dužan je osigurati distributer električne energije koji također plaća tu kupljenu električnu energiju. Dodatno se subvencioniraju razni bonusi na primjenu različitih tehnologija poput primjerice suhe fermentacije ili primjene nekonvencionalnih motora. Za manja postrojenja subvencije su veće jer se na taj način ohrabruje manja poljoprivredna gospodarstva da ravnopravno sudjeluju u borbi za tržište. Dodatno potporu dobivaju proizvođači toplinske energije koji opskrbljuju lokalnu zajednicu nekim oblikom topline. Uz Njemačku danas najveći proizvođači bioplina su Ujedinjeno Kraljevstvo, Italija, Španjolska, Francuska, Nizozemska i Austrija.

Pri primjeni bioplina kao goriva za vozila najdalje su otišle Švedska i Italija . U Švedskoj postoji niz javnih pumpi za punjenje osobnih vozila metanom iz bioplina i još ih se planira izgraditi. Švedska najavljuje da će biti prva zemlja koja će potpuno prestati s uporabom nafte kao energenta. Danas im nafta treba samo za prijevoz, što do 2020. planiraju ukinuti.

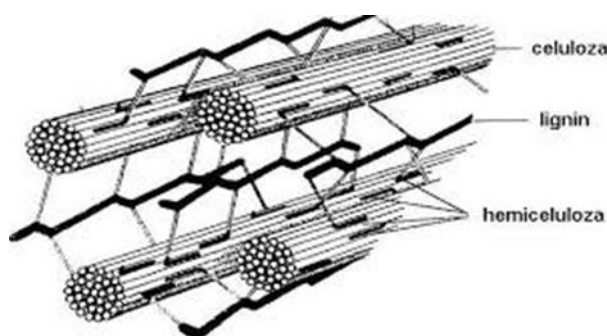
Znanstvenici usavršavaju biogorivo, a glavni izvor sirovina bilo bi drvo. Volvo i Saab, vodeći švedski proizvođači automobila, usavršavaju motore na etanol i druga biogoriva

## 4. BIOGORIVA DRUGE GENERACIJE

### 4.1. Bioetanol iz lignocelulozne mase

Bioetanol se danas uglavnom proizvodi iz sirovina na bazi jednostavnih šećera ili škroba. Većinom su to sirovine iz usjeva koji se koriste u ljudskoj prehrani i ishrani stoke. Zbog toga se proizvodnja iz tih sirovina smatra neekonomičnom. Kao moguće rješenje smatra se lignocelulozna masa, odnosno sirovine poput šumskog i poljoprivrednog otpada i ostataka. Lignocelulozna masa je jedan od najčešćih biopolimera u prirodi koji se sastoji od celuloze (40-50%), hemiceluloze (25-35%) i lignina (15-20%)<sup>22</sup>. Ima vrlo kompleksnu strukturu. Udio tih komponenti u biomasi razlikuje se ovisno o sirovini (stabljika kukuruza, klip kukuruza, slama pšenice i trave)<sup>23</sup>.

Slika 6. Shematski prikaz stanične stijenke biljke.



Izvor: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:hajvHTdvSBgJ:hrcak.srce.hr/file/40870+&cd=1&hl=hr&ct=clnk&gl=hr>

Celuloza i hemiceluloza su polisaharidi sastavljeni od nizova (lanaca) međusobno povezanih molekula monosaharida (najčešće glukoza i pentoza). Razlika je u tome što hemiceluloza ima mnogo kraći lanac nego celuloza. Lignin je visoko razgranati polimer. On obavija celulozu i hemicelulozu, štiteći ih na taj način od enzimatske razgradnje do jednostavnijih molekula, odnosno monomera. Hemiceluloza tvori vrlo čvrste veze s ligninom i celulozom.

<sup>22</sup> [https://sh.wikipedia.org/wiki/Celulozni\\_etanol](https://sh.wikipedia.org/wiki/Celulozni_etanol)

<sup>23</sup> Jurišić, V., Ćurić, D., Krička, T., Voća, N., Matin, A., Predtretmani u proizvodnji bioetanola iz lignocelulozne mase, *Poljoprivreda*:14(1), Osijek, 2008., str. 53-58

Kompleksnost ove strukture uzrokuje to da se proizvodnja bioetanola razlikuje od konvencionalne tehnologije od „od škroba do etanola.“ Prije same hidrolize, odnosno pretvorbe složenijih šećera (polisaharida) u jednostavnije, prethode različiti tipovi predtretmana čiji je cilj modifikacija lignoceluloznog materijala kako bi se razgradila njegova struktura i poboljšala enzimatska razgradnja. Mnogi predtretmani imaju za cilj ukloniti hemicelulozu.

## **4.2. Biometanol**

Biometanol je vrsta biogoriva druge generacije koje se može dobiti pirolizom iz stabljika ili organskih sastojaka, oksidacijom metana iz zemnog plina, ili kemijskim postupkom Fischer Tropschviza sintetiziranog plina. Sto postotni metanol od 1960-ih se koristi u automobilskim utrkama. Može se koristiti kao zamjena nafte u paljenju motora na iskru zbog visokog oktanskog broja. Ima nižu točku zapaljivosti nego benzin, ali viši oktanski broj i slabije hlapi. Zbog slabe ogrjevne moći (19.7 Mj/L) i manjeg stehiometrijskog omjera sa zrakom (6.42 : 1) potrebna je veća količina goriva. Baš kao i kod bioetanola kod upotrebe ovog goriva trebali bi u obzir uzeti nekompatibilnost s materijalima u motoru. Metanol se može miješati s benzinom u raznim omjerima. 10 do 20 % biometanola pomiješanog s benzinom može se koristiti u motorima bez potrebe za njihovom modifikacijom. Zbog otrovnosti i gorenja nevidljivim plamenom treba prilikom uporabe metanola poduzeti stroge mjere opreza.

## **4.3. BIO – DME (biodimetileter)**

Bio - DME je dimetileter proizveden iz biomase koji se može koristiti kao gorivo. Na sobnoj temperaturi je u plinovitom stanju, dok u tekuće prelazi ukoliko je tlak iznad 5 bara ili na temperaturi nižoj od -25° C. Može se dobiti neposredno iz sintetičkog plina, koji je još u razvitku. U kemijskoj industriji najčešće se proizvodi iz čistog metanola procesom katalitičke dehidracije, kojom se kemijski razdvaja voda od metanola. Po svojstvima je vrlo sličan bioetanolu. Često se proizvodnja metanola i DME obuhvaća jednim procesom. Tek nedavno se na DME počelo gledati kao na mogući izvor goriva. U prošlosti je bio korišten kao zamjena klorofluorkarbonu u sprejevima. Zbog svoje niske temperature izgaranja i visokog oktanskog

broja pogodan je kao gorivo u dizelskim motorima. Iako ne potiče koroziju metala (kao bioetanol i biometanol), DME utječe na određene vrste plastike i gume nakon određenog vremena.

#### **4.4. BIO – MTBE (metil-terc-butil-eter)**

Bio – MTBE ili bio- metil-terc-butil- eter je vrlo pogodna komponenta za namješavanje benzina jer je kao visokooktanski spoj niskog vrelišta povećava oktanski broj motornih benzina. Bio-MTBE se dobiva prevođenjem para biometanola i 2 metil-propena preko pogodnog katalizatora pri povišenom tlaku i temperaturi.

#### **4.5. Mješavine alkohola**

Sintetički plin, mješavina ugljikovog monoksida i vodika, može se proizvesti iz biomase kroz niz termalnih procesa, kao isparavanje. Katalitičkim reakcijama se može pretvoriti u goriva, kao etanol i kemikalije velike vrijednosti, kao propanol i butanol. Trenutačni katalizatori za sintezu "mješanih alkohola" su proizvedeni za sintetički plin dobiven iz ugljena ili pare metana. Međutim, oni nisu baš najbolje rješenje te se pokušavaju proizvesti poboljšani katalizatori koji bi usavršili proizvodnju ove vrste biogoriva.

#### **4.6. Biodizel druge generacije**

Biodizel druge generacije je kemijski različit od biodizela dobivenog od biljnih ulja. Pretvaranjem biomase u plin proizvodi se "sintetski plin" koji se sastoji uglavnom od ugljičnog monoksida i vodika. Pod utjecajem odgovarajućeg katalizatora pretvara se u ugljikovodike (Fischer-Tropsch sinteza)<sup>24</sup>, koji će kasnije proizvesti mješavinu benzina, avionskog goriva i dizela. Zbog visoke cijene avionskog goriva, odlične kvalitete dizelske

---

<sup>24</sup> [https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/19\\_12\\_2007\\_\\_8081\\_Virkes\\_magisterij.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/19_12_2007__8081_Virkes_magisterij.pdf)



frakcije i niske kvalitete benzinske frakcije (niski oktanski broj), proces se obično optimizira za proizvodnju avionskog goriva i dizela.

Prednost druge generacije biodizela je dijelom u tome da je osnovna operacija sirovinskog materijala (pretvaranje u plin) moguća za svaki organski materijal, a dijelom u tome da se dobiva dizelsko gorivo vrhunske kvalitete, koje se može koristiti samostalno ili u mješavini s mineralnim dizelom. Njegova emisija CO<sub>2</sub> od ovisi o tome da li je energetska sirovina samo biomasa ili je korišten vanjski energetski izvor, te da li je biomasa otpadni proizvod (npr. slama) ili izvor energije. Ovo također utječe na cijenu.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup>Jurišić, V., Ćurić, D., Krička, T., Voća, N., Matin, A., Predtretmani u proizvodnji bioetanola iz lignocelulozne mase, Poljoprivreda:14(1), Osijek, 2008., str. 53-58

## **5. BIOGORIVA TREĆE GENERACIJE**

### **5.1. Biogoriva iz algi**

Jednostavne ili primitivne alge (mikro-alge) mogu poslužiti kao sirovina za dobivanje goriva. Pod pojmom mikroalge podrazumijeva se skupni naziv za sve niže biljke koje u svom tijelu imaju klorofila. Mikro-alge mogu doprinijeti znatnom smanjenju emisija stakleničkih plinova, osobito ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>). On je uz sunčevu energiju, vodu i hranjive sastojke koje dolaze sa vodom potreban za rast mikro-algi.

Iz mikroalgi se mogu kemijskom obradom proizvesti različiti tipovi biogoriva. Važniji su proizvodnja bioplina metana putem biološkog ili termičkog procesa rasplinjavanja proizvodnja etanola putem procesa fermentacije, proizvodnja biodizela te izravno izgaranje biomase na bazi mikro-algi u svrhu proizvodnje toplinske i/ili električne energije.

Proizvodnja mikro-algi još uvijek je skupa. Trenutni troškovi proizvodnje biomase iz mikroalgi su ekonomski neprihvatljivi. Drvno – celuloznu biomasu moguće je proizvesti po puno nižoj i prihvatljivijoj cijeni.

### **5.2. Biovodik**

Biovodik je vodik dobiven iz biomase, sirovog glicerola ili biorazgradljivog djela otpada. Vodik je pri standardnoj temperaturi i tlaku zapaljivi plin bez boje, okusa i mirisa koji čini 75% ukupne mase svemira. Zagušljiv je, ali nije otrovan i lakši je od zraka 14,4 puta. Najlakši je element u prirodi sa atomskom masom od 1.00794 g/mol. Vodik se na Zemlji nalazi samo u kombinaciji s drugim elementima kao što su kisik, ugljik i dušik. Da bi se mogao upotrebljavati kao izvor energije, treba ga odvojiti od tih elemenata. Tehnički se koristi u kemijskoj industriji (u proizvodnji amonijaka, pročišćavanju nafte i proizvodnji metanola), za punjenje balona te kao alternativno gorivo za gorive ćelije.

### 5.2.1. Dobivanje vodika

Vodik je moguće dobiti na više načina. Kod većine se koristi razlaganje vode na vodik i kisik.

Najčešći su sljedeće metode:

- uplinjavanje i prerada prirodnog plina
- elektroliza vode.

Kod prve metode imamo obradu uplinjavanja prirodnog plina te potom ekstrakciju vodika, premda je moguća i uporaba drugih sirovina pored prirodnog plina, kao što su biomasa i ugljen, koji se također mogu upliniti i potom izlučiti vodik.

Kod elektrolize koristimo električnu energiju za cijepanje molekule vode na vodik i kisik. Električna energija koja je potrebna za cijepanje lako se može dobiti također iz obnovljivih izvora.

Ostale metode su:<sup>26</sup>

- Parna elektroliza koja umjesto električne energije za cijepanje molekule koristi toplinu. Takav proces ima veću iskoristivost energije.
- Termo – kemijsko cijepanje vode koristi kemikalije i toplinu u više uzastopnih koraka za cijepanje vode na vodik i kisik
- Foto-elektro- kemijski sustavi koriste poluprovodne materijale za rascjep vode. Potrebna je sunčeva svjetlost.
- Foto – biološki sistemi koriste mikroorganizme i sunčevu svjetlost za cijepanje vode
- Biološki sistemi koriste mikrobe za cijepanje biomase na vodik i druge komponente
- Termalni sustav koristi vrlo visoku temperaturu (oko 1000°C) za cijepanje vode
- Uplinjavanje je proces koji koristi visoku temperaturu za rascjep biomasevili ugljen u plin, iz kojega je moguće izlučiti čisti vodik.

Samo dobivanje vodika trenutno je najekonomičnije reformiranjem prirodnog plina, a u budućnosti će se najvjerojatnije moći dobiti na potpuno čist, ekološki način iz elektrolize vode, gdje se za električnu energiju dobiva iz obnovljivih izvora (svjetlost, vjetar i podobni alternativni izvori). Voda koju bi elektrolizom rascijepili na vodik i kisik bi se u gorivnim ćelijama obrnutom reakcijom vratila u prvotno stanje.

---

<sup>26</sup> <https://www.scribd.com/doc/279678957/tehnologija-gorivih-celija>

Energetska gustoća vodika je pri normalnim uvjetima veoma niska. Poradi toga vodik je teže spremati i distribuirati, kao benzin ili naftu. Sistemi za pohranu vodika su trenutno tri:

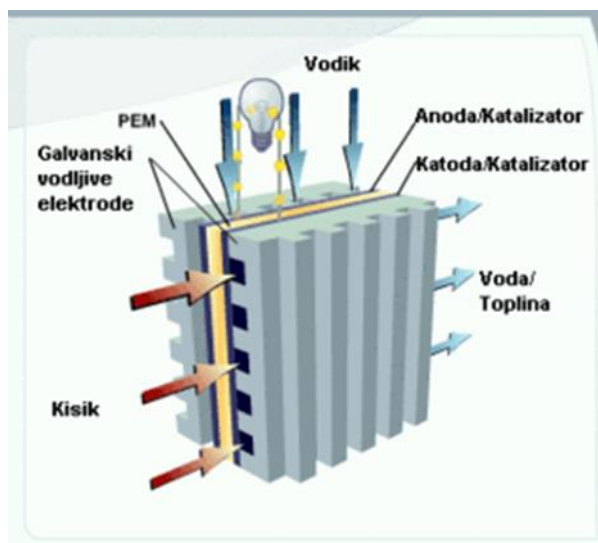
- vodik pohranjen pod visokim tlakom, uobičajeno pod 200 bara
- tekući vodik, pri  $-240^{\circ}\text{C}$
- vodik povezan sa skladišnim materijalom, kao što su npr. metal-hidridi.

Ipak, proizvodnja vodika danas još nije na dovoljno visokoj razini da bi omogućila prijelaz na vodik kao glavno pogonsko gorivo. Glavna poteškoća je naime visoka cijena proizvodnje vodika i uvedba tehnologije za masovnu proizvodnju. Potrebno još mnogo velikih koraka do masovne uporabe vodika za pogon vozila. Budući da je za proizvodnju vodika u većini primjera potrebna električna energija, to bi prouzročilo da bi vodik bio skuplji od goriva koje bi nadomjestio.

### **5.2.2. Uporaba vodika za pogon vozila**

Jedna od najboljih mogućnosti za pogon vozila je uporaba vodika za dobivanje električne energije u gorivnim ćelijama. Pri tome imamo dvije mogućnosti za pohranu vodika. Kod prve mogućnosti pohranjujemo vodik u obliku tekućih ugljikovodika (npr. metanola) te ga u samom vozilu prevedemo u vodik u plinastom stanju. Ta mogućnost je zanimljiva, jer tekući ugljikovodici imaju veliku energijsku gustoću i omogućuje rješenje autonomije vozila. Pored toga je skladištenje i distribucije tekućih ugljikovodika veoma jednostavna i standardna – sva potrebna i infrastruktura ostaje. Poteškoća je relativno kompliciran proces samog reforminga, u kojima iz tekućih ugljikovodika dobivamo plinoviti vodik. Taj proces zahtjeva dodatni element na vozilu i zahtjeva izvedbu.

Slika 7. Goriva ćelija.



Izvor; <http://ivicakonjarevic.meximas.com/vodik-kao-buduci-izvor-energetike/>

Druga mogućnost je na prvi pogled jednostavnija jer imamo vodik pohranjen u plinovitom stanju u posebnim visokotlačnim rezervoarima. Budući da je vodik veoma rijedak plin, potrebno nam je za dostizanje energetske potrebe visoki tlak – uobičajeno između 350 i 700 bara. Takvi rezervoari su veoma čvrsti, izdržljivi i teški. Uobičajeni rezervoar, u kojega lako pohranimo 2 kg vodika, teži približno 50 kg. Sigurnost pri mogućem sudaru i samom procesu punjenja zadovoljava, najveće poteškoće nastupaju pri dodatnoj infrastrukturi crpki gdje bi se dalo rezervoar napuniti. Trenutno je u svijetu više prototipa koji se temelje na tom principu.

Prednosti uporabe vodika su:

- mogućnost neograničenog dobivanja iz obnovljivih izvora
- omogućava izvanredno nisku emisiju štetnih tvari npr. kod gorivnih ćelija ispušni plin je vodena para
- vodik je izvanredno lagan plin (najlakši kemijski element)
- električna energija, koja je potrebna za dobivanje vodika, lako se dobiva iz obnovljivih izvora
- omogućava energetske neovisnost države što se tiče goriva
- uporaba vodika ima ugodan utjecaj na okoliš
- pri uporabi vodika za pogon nastaju kao produkt voda i toplina
- u slučaju izlivanja pri prijevozu (tankeri, cisterne...) vodik bi ispario ili se pretvorio u vodu
- uporaba vodika pomaže smanjenju smoga koji je veliki problem u velikim gradovima

- s početkom masovne uporabe bi se otvorio veliki broj radnih mjesta (dobivanje vodika, izrada dijelova, prodaja opreme, stvaranje i širenje infrastrukture)

Nedostaci uporabe vodika:<sup>27</sup>

- proizvodnja vodika je veoma skupa jer pri dobivanju koristimo velike količine energije
- pohrana vodika je zahtjevna
- rezervoari za vodik (komprimiran ili tekući) su veoma skupi i zauzimaju veliki prostor
- opskrba vodikom je nedostupna široj javnosti.

### 5.2.3. Gorivne ćelije

Gorivne ćelije su elektrokemijski uređaji za neposrednu pretvorbu kemijske energije vodika i kisika u istosmjernu električnu energiju, a kao dodatni proizvod nastaje voda. Gorivne ćelije se kao i baterije sastoje od anode, katode i elektrolita, samo što za razliku od baterija ne čuvaju kemijsku energiju, nego kemijsku energiju goriva pretvaraju u električnu energiju.

Stoga, gorivnim ćelijama nije potrebno punjenje kako bi mogle proizvoditi električnu energiju, već je proizvode sve dok je prisutno gorivo i kisik. Kao gorivo se najčešće koristi vodik zbog visoke reaktivnosti, što smanjuje potrebu skupog katalizatora. Instalirana snaga elektrana s gorivnim ćelijama koje proizvode električnu i toplinsku energiju ovise o njihovoj izvedbi, a mogu imati raspon snage čak od 1 kW do 10 MW. Popularizacija korištenja vodika kao "goriva budućnosti" potiče automobilske tvrtke da sve više razvijaju motore na hibridni pogon.<sup>28</sup>

---

<sup>27</sup> <https://www.scribd.com/doc/279678957/tehnologija-gorivih-celija>

<sup>28</sup> <http://hrote.hr/default.aspx?id=129>

## 6. UTJECAJ BIOGORIVA NA OKOLIŠ

Biogoriva kao zamjena fosilnih goriva svakako nose sa sobom pozitivnu notu što se tiče utjecaja na okoliš jer za razliku od fosilnih goriva, koja malo po malo bivaju iskorištena, ona znatno reduciraju negativne posljedice koje nastaju upotrebom fosilnih goriva. No ukoliko uzmemo u obzir izvor za proizvodnju biogoriva, moramo se zapitati, jesu li ona zaista dobro rješenje za sveopće pučanstvo svijeta.

Hrana ili gorivo? Naime, proizvodnja biogoriva je zapravo direktna pretvorba hrane u naftu, pa bi dodatna potražnja za nekim vrstama hrane mogla dići cijenu te hrane i tako izravno povećati rasprostranjenost gladi u svijetu jer veća cijena znači i manju dostupnost te hrane siromašnijim državama. Jean Ziegler, UN-ov specijalni izvjestitelj iz programa "Pravo na hranu" (Right to Food), izjavio je 2007 da će proizvodnja biogoriva povećati glad u svijetu, a svoju je izjavu potkrijepio činjenicom da je proizvodnja biogoriva pripomogla dizanju cijena nekih vrsta hrane na rekordne razine. Također je rekao da smatra legitimnim pravom država da proizvode biogoriva, ali smatra da "efekt pretvorbe stotina i stotina tisuća tona kukuruza, pšenice, grahorica i palminog ulja u gorivo je apsolutna katastrofa za gladne ljude".

Dodao je i da se cijena pšenice na svjetskoj razini udvostručila u zadnjih godinu dana, a cijena kukuruza se u istom periodu čak učetverostručila i time su siromašne države u Africi došle u situaciju da si više ne mogu priuštiti uvoz hrane. Na kraju je zaključio da je proizvodnja biogoriva zapravo zločin protiv čovječnosti. Utjecaj proizvodnje biogoriva na cijenu hrane možda je najbolje vidljiv u SAD-u. U SAD-u se poljoprivrednici sve više posvećuju proizvodnji kukuruza koji se kasnije pretvara u etanol, a povećana proizvodnja kukuruza znači smanjenje proizvodnje ostale hrane i dizanje cijene te hrane. Uz smanjenje proizvodnje ostalih žitarica usporedno se događa i nadmetanje proizvođača etanola i proizvođača mesa za kukuruz, pa se povećava i cijena kukuruza kojeg se zbog dobiti proizvodi sve više, a samim tim će se u budućnosti povećati cijena mesa<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> <http://www.izvorienergije.com/biogoriva.html>

## 7.ZAKLJUČAK

Zalihe konvencionalnih fosilnih goriva nisu neograničene i ima ih sve manje. Konvencionalna fosilna goriva doprinose povećanju udjela stakleničkih plinova u atmosferi te nastaje efekt staklenika. Efekt staklenika utječe na promjenu klimatskih prilika na Zemlji i globalnog zatopljenja. Moramo pokušati naći nove izvore energije koji će ih postupno zamijeniti kako se ne bi suočili s padom dostignutog standarda i ekološkom katastrofom.

Današnji promet cestovnih vozila motornih vozila potpuno zavisi o fosilnim gorivima. Smatra se da će svjetske zalihe nafte, ako se potrošnja nastavi ovakvim intenzitetom biti iscrpljene za manje od pedeset godina. Zbog ovoga, a i ekoloških razloga sve više dolazi do zamjene konvencionalnih goriva biogorivima. Danas se proizvode i istražuju mnoge vrste biogoriva, no najvažnija su biodizel i bioetanol. Biodizel predstavlja alternativu dizelskom gorivu, a bioetanol benzinu. Imaju veliku ekološku prednost pred benzinskim i dizelskim gorivom jer znatno smanjuju emisiju štetnih ispušnih plinova. Mogu se koristiti u postojećim vozilima bez ikakvih ili s malim modifikacijama postojećih motora. Nedostatak im je što se danas najviše proizvode iz usjeva koji služe za prehranu ljudi i stoke. Poljoprivreda je tako počela služiti ne samo za proizvodnju hrane već i za proizvodnju energije. Mnogi znanstvenici upravo ovdje nalaze uzrok povećanju cijene hrane. Zbog toga se intenzivno razvijaju postupci za dobivanje biodizela i bioetanolu iz sirovina koje se ne koriste u prehrani ljudi, a to su poljoprivredni i šumski otpad. Kao konačno rješenje goriva za cestovna motorna vozila u bliskoj budućnosti smatra se upotreba vodika i gorivnih članaka. Glavna prednost vodika je to što potpuno čisto izgara te nema štetnog utjecaja na okoliš. Automobilaska industrija se također prilagođava tako da razvija nove ili prilagođava postojeće motore za korištenje biogoriva.

Hrvatska kao zemlja s izrazitim poljoprivrednim potencijalima treba što prije organizirati proizvodnju sirovina i sagraditi postrojenja za proizvodnju biogoriva. Poticajne mjere Vlade usmjerene prema proizvodnji i primjeni biodizela u Republici Hrvatskoj moraju biti dobro promišljene zbog prednosti koje donose (smanjenje uvoza nafte, povećanje proizvodnje umjetnih goriva, smanjenje emisije stakleničkih plinova, povećanje zapošljavanja, povećanje količine kvalitetne stočne hrane, obradu trenutno neobrađene zemlje te razvoj apikulture).

Kako se površine trenutno namijenjene proizvodnji hrane ne bi koristile za proizvodnju sirovina namijenjenih proizvodnji biogoriva, potrebno je uključiti kontrolu namjenskog korištenja poljoprivrednih površina. Samo pod tim uvjetom proizvodnja biodizela bit će pozitivnim čimbenikom održivog razvoja.



## POPIS LITERATURE

1. [http://old.riteh.hr/znanost/oglasna/PPSZ\\_7\\_Ad\\_7\\_Doktorska\\_disertacija\\_Zlatko\\_Jurac.pdf](http://old.riteh.hr/znanost/oglasna/PPSZ_7_Ad_7_Doktorska_disertacija_Zlatko_Jurac.pdf)
2. [http:// www.izvorienergije.com/bioenergija.html](http://www.izvorienergije.com/bioenergija.html)
3. <http://www.tehno-dom.hr/obnovljivi-izvori-energije/energija-biomase>
4. <http://www.eko.zagreb.hr/default.aspx?id=92>
5. <https://www.scribd.com/doc/279676095/Uvoenje-Alternativni-Pogona-u-Cestovnom-Prometu>
6. Virkes, T., Biodizel u prometu kao čimbenik održivoga razvoja Republike Hrvatske, magistarski rad, FSB, Zagreb, 2007.
7. [http:// www.eecroatia.com/wp-content/uploads/2008/04/repica.jpg](http://www.eecroatia.com/wp-content/uploads/2008/04/repica.jpg)
8. [http:// www.biokal.com.hr/MyFiles/91/916a897a-4daa-4e76-94cd-52ac510ec16c.jpg](http://www.biokal.com.hr/MyFiles/91/916a897a-4daa-4e76-94cd-52ac510ec16c.jpg)
9. <http://www.docdroid.net/K9gP26s/biodizel.ppt.html>
10. Zavargo, Z., Popov S., Dodić S., Razmovski R., Tomanović R., Dodić J., Mogućnosti razvoja proizvodnje i primjene bioetanola u autonomnoj pokrajini Vojvodini, studija, Tehnološki fakultet Novi Sad, 2008.
11. [http://bk.docsity.com/sr-dokumenti/Bioetanol\\_1](http://bk.docsity.com/sr-dokumenti/Bioetanol_1)
12. <http://tehnologija-tuzla.darkbb.com/t19-proizvodnja-bioetanola>
13. <http://www.prometniportal.com/index.php/promet-i-komunikacije/drumski-saobracaj/strucni-clanci/52-etanol-kao-alternativno-gorivo>
14. Krička, T.: Proizvodnja biogoriva i njen utjecaj na poljoprivredu, Op. Cit., str. 5
15. ] [http:// www.kunalenviro.com/productspecs.htm](http://www.kunalenviro.com/productspecs.htm)
16. Filipovic, I., Pikula P., Bibic Dž., Trobradovic M., Primjena alternativnih goriva u cilju smanjenja emisije zagađivača kod cestovnih vozila, Goriva i maziva, 44: 4 2005., str. 241-262,
17. <http://www.prometniportal.com/index.php/promet-i-komunikacije/drumski-saobracaj/strucni-clanci/49-ugradnja-autoplina-u-vozila-sa-benzinskim-motorom>
18. [https://sh.wikipedia.org/wiki/Celulozni\\_etanol](https://sh.wikipedia.org/wiki/Celulozni_etanol)
19. Jurišić, V., Ćurić, D., Krička, T., Voća, N., Matin, A., Predtretmani u proizvodnji bioetanola iz lignocelulozne mase, Poljoprivreda:14(1), Osijek, 2008., str. 53-58

20. <https://www.scribd.com/doc/279678957/tehnologija-gorivih-celijA>
21. <http://hrote.hr/default.aspx?id=129>