

# ALTERNATIVNA GORIVA ZA POGON MOTORA SA UNUTRAŠNJIM SAGOREVANJEM U BUDUĆNOSTI

*Đuro Ercegović, Dragiša Raičević\**

**Ključne reči:** *alternativno gorivo, prirodni gas, vodonik, di-metil estar, obnovljivi izvori, rezerve goriva.*

## **SAŽETAK:**

U radu je analizirano postojeće stanje i prognoze konvencionalnih goriva. Ukazano je na, stalno povećanje broja stanovnika na Zemlji, zbog čega se brzo povećava potrošnja goriva, naročito goriva za pogon motornih vozila i na ograničene energetske potencijale naše planete.

Prikazana su značajnija alternativna goriva, analizirani problemi u primeni ovih goriva i date ocene - prognoze kako dalje voditi razvoj postojećih i osvajanje i primenu alternativnih goriva za pogon motora sa unutrašnjim sagorevanjem.

## **1. - UVOD**

Problem energije u svim oblastima privrede dobija sve veći značaj. Mnogi autori ukazuju na činjenicu da je energetska kriza verovatna, s obzirom na brzo iskorišćavanje postojećih rezervi fosilnih goriva. Rezerve fosilnih goriva, formirane tokom više milenijuma, našle su se u eksploataciji od prve polovine XIX veka, od kada počinje industrijsko korišćenje nafte. To znači da su rezerve fosilnih goriva stavljene na raspolaganje današnjim generacijama. Prema podacima iz literature [5] predviđa se da će era eksploatacije fosilnih goriva trajati svega oko 10 vekova i predstavlja samo »jedan trenutak« u istoriji čovečanstva. Prema istim podacima potrošnja sirove nafte dostiže svoj maksimum oko 2000. godine, nakon čega bi eksploatacija opadala do 2050. godine, a do kraja XXI veka predviđa se njeno iščezavanje.

---

\* Prof. dr Đuro Ercegović, dipl. inž., prof. dr Dragiša Raičević, dipl. inž.; Institut za poljoprivrednu tehniku, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, 11080 Zemun, Nemanjina 6.

Prognoze o rezervama nafte stalno se dopunjavaju. Početkom 1980. godina rezerve nafte su procenjivane za narednih 30 godina. Danas se sa optimizmom govori o utvrđenim rezervama za narednih 40-45 godina.

Kada se govori o rezervama nafte mora se voditi računa o stalnom, brzom, povećanju broja stanovnika, zbog čega se ubrzano povećava nivo utrošene energije, odnosno povećava se potrošnja nafte. Bez obzira na otkrića novih nalazišta, znamo da su energetske potencijali naše planete ograničeni i svakim danom se smanjuju. Zbog toga je neophodno ukazati na racionalnu potrošnju svih goriva fosilnog porekla, a naročito nafte. U sadašnjoj eri motorizacije veliki deo ukupne energije se troši na transport (saobraćaj). Tako se u pojedinim zemljama na transport (saobraćaj) troši i preko 40% ukupne energije: Japan 25 %, Francuska 29 %, Španija 40 %, SAD 38,8 %, itd. Prognoze ukazuju da će se u narednim godinama nastaviti porast transporta, naročito drumskog saobraćaja, što će zahtevati veću potrošnju energenata. Predviđa se povećanje potreba za energijom za 1,5 do 2 % godišnje, što znači da će se u periodu od 2000. do 2050. godine udvostručiti potrebe za energijom [10]. Utvrđene i pretpostavljene rezerve fosilnih goriva ukazuju da bi do sredine ovog veka sektor saobraćaja i transporta bio energetske obezbeđen. Posle 2050. godine mogla bi da nastupi nova energetska kriza u eksploataciji fosilnih goriva sa neizvesnim epilogom.

## **2. - KONVENCIONALNA GORIVA ZA POGON MOTORA SUS**

Početkom industrijske primene nafte, sredinom 19. veka, počela je primena motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Različita, brojna, rešenja pogonskih agregata tokom više od 100 godina nisu ugrozila primenu oto i dizel motora.

Rad motora sa unutrašnjim sagorevanjem praćen je značajnim zagađenjem okolne sredine, tako da u urbanim sredinama, sa intenzivnim korišćenjem vozila, udeo zagađenja od strane vozila prelazi 50 % (dostiže vrednost 80 % i više). Produkti sagorevanja oto i dizel motora sastoje se od velikog broja različitih komponenti. Jedan broj komponenti je izuzetno toksične prirode. Propisima se ograničavaju: ugljenmonoksid (CO), oksid azota (NO<sub>x</sub>), nesagoreli ugljovodonici (CO) i čađ. Zbog toga se emisija štetnih sastojaka u izduvnim gasovima motornih vozila reguliše nacionalnim i međunarodnim propisima. Prvi propisi doneti su nešto posle 1960. u SAD i početkom 1970. u EU i od tada se oni stalno pooštavaju. Za našu Zemlju važni su propisi Evropske zajednice (EEC) i Ekonomske komisije OUN za Evropu (ECE). Parlament EU je 1998. godine postigao sporazum o uvođenju propisa Euro III i Euro IV do 2010. godine.

## **3. - ALTERNATIVNA GORIVA ZA POGON MOTORA SUS**

Već dugi niz godina, a poslednjih godina naročito, mnogo se govori i radi na istraživanju alternativnih goriva za pogon motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Nastojanja da se, pored benzina i dizel goriva, pronađu i druga goriva za pogon motora sa unutrašnjim sagorevanjem posledica su problema nastalih u korišćenju ovih goriva:

- Nagli porast broja stanovnika na Zemlji. Istovremeno raste potražnja energije, odnosno potrošnja naftnih derivata.

- Saznanja o konačnosti rezervi nafte, jer su ukupni energetske kapaciteti naše planete ograničeni.
- Nestabilna politička situacija u područjima bogatim naftom. Dve naftne krize 1973. i 1979., ratovi u današnje vreme i nestabilna politička situacija, prisutni su na područjima sa naftom.
- Ograničeni i nedovoljni resursi naftnih derivata u našoj zemlji i stalna - dugoročna orijentacija na uvoz nafte.
- Zahtevi za smanjenjem zagađenja životne sredine i strogi propisi u vezi sa tim. Ove propise je teško ispuniti uz eksploataciju i primenu naftnih derivata u motorima SUS. Ovakvo stanje već danas dovodi u izolaciju manje proizvođače i čitave države, koje nisu u stanju da prate trend razvoja motora i nova alternativna goriva.
- I pored uvođenja strogih propisa kvalitet vazduha u urbanim sredinama neće se bitno promeniti ukoliko se koriste kao gorivo naftni derivati. Na ovu činjenicu upućuju mnoge institucije, a posebno organizacija OECD [7].

Ovi razlozi su u proteklom periodu stimulisali stratege i istraživače da iznalaze alternativne izvore energije, posebno alternativna goriva za pogon motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Pri izboru alternativnih goriva za masovnu primenu neophodno je analizirati tri osnovne grupe:

1. Tehničke faktore, koji obuhvataju: masovnu proizvodnju goriva iz obnovljivih izvora, energetske gustinu goriva po jedinici mase i zapremine, stepen pouzdanosti goriva u distribuciji i eksploataciji, podobnost goriva u formiranju sveže radne materije u motoru, itd.
2. Ekonomske faktore, koji obuhvataju ekonomske efekte proizvodnje po energetske jedinici, itd.
3. Ekološke faktore, koji obuhvataju: ekološke aspekte goriva u distribuciji i primeni, itd.

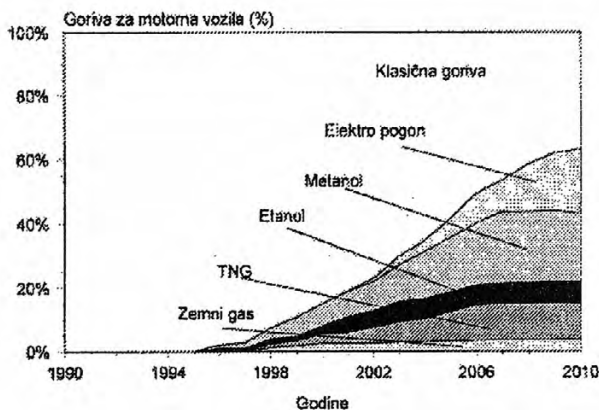
Rešenje ovih problema nije jednostavno i još dugo će se tražiti odgovor na ova pitanja. Dalje korišćenje motora za pogon vozila biće uslovljeno onim gorivima koja budu masovno dostupna. Prognoze do 2010. godine ukazuju da benzin i dizel gorivo ostaju dominantni u drumskom transportu, tako da se tek posle 2010. godine može očekivati ukupan udeo svih alternativnih goriva nešto preko 50 %, slika 1 [8].

Istraživači u ovoj oblasti imaju zadatak da obezbede alternativno gorivo koje će biti: jeftino, ekološki čisto a izvori goriva masovni i obnovljivi, uz ostale dobre osobine goriva. Ispitivan je veliki broj alternativnih goriva i utvrđeno je da svako od njih ima određene nedostatke po nekom potrebnom kriterijumu.

Alternativna goriva koja se ispituju i preporučuju za primenu su sledeća: zemni gas (metan, etan), tečni naftni gas (propan, butan), vodonik, metanol (iz zemnog gasa, biomase ili uglja), goriva iz biomase (etanol i biljno ulje), i dr.

### **Propan - butan (tečni naftni gas - TNG)**

Dobija se preradom sirove nafte i dugi niz godina se koristi kao gorivo oto motora. Nije našao širu primenu s obzirom na sirovinu iz koje se dobija i zbog toga što je kao gorivo za pogon motornih vozila relativno opasan. Teži je od vazduha, lako zapaljiv i pri svakom curenju iz rezervoara ili vodova može doći do zapaljenja.



Sl. 1. - Prognoza primene alternativnih goriva

### Priradni gas (zemni gas)

Zbog više svojih pozitivnih osobina, a pre svega zbog velikih rezervi, privlači izuzetnu pažnju istraživača za pogon motornih vozila i njegova primena kao alternativno gorivo je izvesna u narednom periodu. Ocena većeg broja istraživača je da je prirodni gas najbolja alternativa naftnim derivatima. Prirodni gas ima i veoma povoljna bezbednosna i ekološka svojstva.

Prirodni gas se u motorima može koristiti u različitim oblicima:

- Sabijen, na pritisku od oko 200 bara, KPG (CNG - Compressed Natural Gas).
- U tečnom stanju, što podrazumeva da mora biti rashlađen na oko 93 K, TPG (LNG - Liquidized Natural Gas).
- Absorbovan, pomoću specijalnih absorbenata, APG (ANG - Absorbed Natural Gas). Ovaj način korišćenja omogućava manje pritiske sabijanja (30 do 40 bara).

Danas su svi veliki proizvođači motornih vozila razvili po jedan ili više tipova vozila sa pogonom na prirodni gas. Podaci pokazuju da 1996. godine u 47 zemalja Sveta, postoji preko milion vozila sa pogonom na prirodni gas. Svi veliki svetski proizvođači rade na razvoju teških teretnih, i privrednih vozila i poljoprivrednih traktora, sa pogonom na prirodni gas.

Adaptacija benzinskih motora za rad sa prirodnim gasom je dosta jednostavna; omogućen je alternativni rad na jedno ili drugo gorivo. Kada su u pitanju dizel motori, budući da prirodni gas nema sposobnost samopaljenja, postoje dva pravca rešavanja ovog problema:

- Zamena motora čisto gasnim motorima sa električnim paljenjem smeše gasa i vazduha.
- Na tzv. »dvo gorive motore«, koji rade sa smešom dizel goriva i gasa, i to obično 10 do 20 % dizel goriva i 80 do 90 % prirodnog gasa [10].

Prerada dizel motora na sistem »dvo gorivnih motora« omogućava relativno brzo uvođenje prirodnog gasa kao alternativnog goriva. Ima ozbiljnih nagoveštaja da će ovako

rekonstruisani dizel motori moći da koriste prirodni gas (za startovanje bi se verovatno koristilo 10 do 15 % dizel goriva).

Prirodni gas ima povoljna ekološka svojstva i njegova primena omogućava zadovoljavanje najstrožih propisa.

Pri korišćenju prirodnog gasa veliki problem predstavlja skladištenje gasa na vozilu. U slučaju skladištenja prirodnog gasa u tečnom obliku rezervoari su u stvari »kriogeni kontejneri« koji gorivo održavaju ispod temperature isparavanja, ali to zahteva skupu instalaciju koja se dodaje rezervoaru. Ovi rezervoari nisu našli širu primenu.

Na vozilima se najčešće prirodni gas skladišti u cilindričnim rezervoarima pod pritiskom od 200 do 240 bara. Oni od čelika zamenjuju se lakšim, izrađenim od kompozitnih materijala visoke čvrstoće. Rezervoari za skladištenje prirodnog gasa smeštaju se: kod vozila u prtljažniku, kod autobusa ispod karoserije ili na krovu, a kod traktora na zadnjem ramu ili na krovu kabine. Problemi skladištenja prirodnog gasa pod visokim pritiskom i njihova bezbedna upotreba još su diskutabilni. Očekuje se da će nove tehnologije dati i nova rešenja ovih problema.

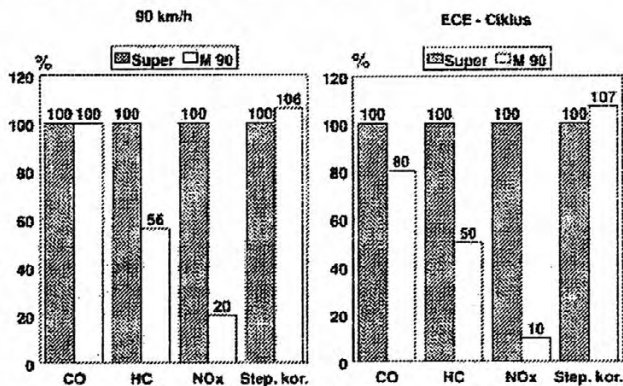
## Metanol

Dobija se preradom zemnog gasa ili uglja. Predstavlja vrlo kvalitetno gorivo i bez velikih teškoća i tehničkih problema može se koristiti u oto motorima. Zbog otežanog startovanja motora ovo gorivo se koristi u mešavini sa benzinom (oznaka M 90-95% metanola i 10% benzina).

Korišćenje metanola u dizel motoru je praćeno izvesnim problemima, koji su posledica loših karakteristika zapaljenja i negativnog uticaja na sistem za ubrizgavanje goriva. Niža viskoznost se negativno odražava na podmazivanje elemenata pumpe visokog pritiska, propuštanje goriva, sklonosti ka koroziji i kavitaciji, i drugi problemi. Primena metanola u dizel motorima ide u pravcu prilagođavanja goriva - motoru i motora - gorivu.

Motora za pogon vozila, koji koriste metanol, imaju povoljniju strukturu izduvnih gasova. Emisija azotnih jedinjenja  $\text{NO}_x$  i dimnost su znatno niži nego kod konvencionalnih goriva, dok je emisija ugljenmonoksida CO i ugljovodonika HC neznatno niža [7].

Benzinska varijanta M 90 ima nižu emisiju izduvnih gasova i veći učinak u odnosu na super benzin, što je prikazano dijagramom na Slici 2 [8].



Sl. 2. - Emisija izduvnih gasova i stepen korisnosti

### **Di - Metil Estar (DME)**

Dobija se iz zemnog gasa, uglja i biomase. Kao alternativno gorivo ispituje se DME, na čemu najviše rade: Nemačka, Francuska, Italija i Austrija.

Istraživanja proizvodnje i primene biodizela počinju kod nas, intenzivnije u vreme sankcija i ekonomske blokade (posle 1990. godine). Esterifikacijom sirovog ulja od uljane repice, uz dodatak metanola i odgovarajućih katalizatora, dobijaju se metil estri od uljane repice (RME), koji se popularno nazivaju **biodizeli**.

Po fizičko-hemijskim karakteristikama biodizel je sličan dizel gorivu D2. Koristi se za pogon klasičnih dizel motora bez ikakvih prilagođavanja motora. Laboratorijska i eksploataciona ispitivanja u više laboratorija u našoj zemlji ukazuju na neznatne razlike pogonskih karakteristika, po upoređenju sa dizel gorivom D2. Biodizel (RME) ima veći kinematski viskozitet, znatno višu tačku paljenja i manju toplotnu moć od dizel goriva D2. Ovo ukazuje na dobijanje manje izlazne snage i veće potrošnje goriva. Emisija ugljenmonoksida CO je manja kod RME i do 20 %; emisija ugljovodonika HC je nešto veća, i do 5 %; emisija azotnih oksida NO<sub>x</sub> je veća i do 10 %, a emisija dima manja i do 30 %. Cena proizvodnje RME je veća u odnosu na dizel gorivo D2 [7].

U primeni biodizela (RME) postoje određeni problemi vezani za razređivanje ulja za podmazivanje dizel motora i smanjenje veka trajanja. Bez obzira na navedene probleme nastavljaju se istraživanja u cilju eliminisanja negativnih uticaja RME na rad i vek trajanja dizel motora i biodizel predstavlja perspektivno alternativno gorivo.

### **Vodonik**

U dugom periodu razvoja motora sa unutrašnjim sagorevanjem vodonik je privlačio stalno interesovanje istraživača. Mnogobrojna istraživanja su izvršena, dobijene su pozitivne karakteristike u primeni, ali do danas nisu razrešene teškoće u proizvodnji, transportu, tankovanju i skladištenju. Zbog toga vodonik nije u široj primeni.

Vodonik ima dve glavne prednosti: predstavlja najčistije gorivo u pogledu zagađenja životne sredine i može se dobiti u neograničenim količinama. Problem niske energetske gustine vodonika moguće je rešavati postupcima: komprimovanja, vezivanja za pojedine metale (hibridi) i prevođenja u tečno stanje. Vodonik je pogodan za rad oto motora, jer ima široku granicu upaljivosti i veliku brzinu prostiranja plamena. To omogućava rad sa siromašnom smešom, čime se postižu povoljan indikatorski stepen iskorišćenja i niska emisija azotnih jedinjenja NO<sub>x</sub>.

Vodonik nije povoljan za rad dizel motora i primena vodonika u dizel motorima zahtevala bi značajne izmene motora. Glavni izvori za dobijanje vodonika su: fosilna goriva i voda. Kao alternativno gorivo interesantan je vodonik dobijen iz vode elektrolizom (i drugim postupcima). Do obezbeđenja jeftinije energije za elektrolizu vode (solarna ili nuklearna energija) vodonik, kao gorivo za pogon motora sa unutrašnjim sagorevanjem, samo je želja, jer po sadašnjim tehnologijama vodonik je i do 6 puta skuplji od benzina i dizela.

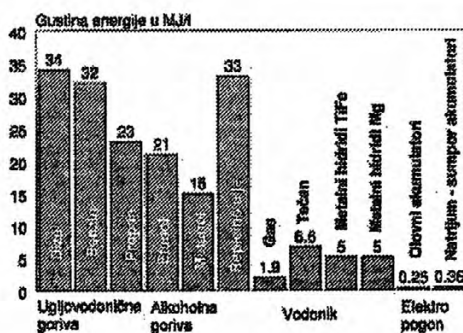
## **4. - PROGNOZE ZA BUDUĆNOST**

Može se pretpostaviti da će u ovom veku vozila ostati kao najvažnija prevozna i transportna sredstva. Konvencionalna goriva fosilnog porekla (benzin i dizel) ispunjavaju u

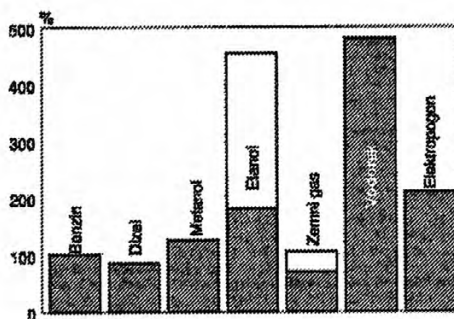
dobroj meri zahteve koji se pred njih postavljaju za sagorevanje u motoru. Zaštita i očuvanje životne sredine nameće sve strože zahteve i zato je neophodno popravljati kvalitet goriva kako bi se emisija štetnih komponenti znatno smanjila.

Glavni pravci daljeg istraživanja i razvoja motora i goriva mogu biti sledeći:

- Smanjenje potrošnje goriva; utiče se direktno na ekonomski efekat, obezbeđuje se manje zagađenje životne sredine, čuvaju se rezerve nafte i obezbeđuje se vreme za osvajanje nepoznatih, novih izvora energenata.
- Poboljšanje kvaliteta konvencionalnih goriva u cilju boljeg sagorevanja u motoru i smanjenja emisije štetnih komponenti. Kvalitetnije gorivo omogućava osvajanje ekonomičnijih motora sa smanjenom emisijom štetnih komponenti.
- Pronalaženje i osvajanje alternativnih goriva. Može se reći da nema nekih velikih dostignuća u ovoj oblasti i da i dalje dominiraju goriva naftnog porekla (benzin i dizel). Glavni problemi koji ograničavaju primenu alternativnih goriva su: niski energetska sadržaj alternativnih goriva, što je direktno u vezi sa veličinom rezervoara za gorivo, a prikazano je dijagramom na Slici 3, i niske cene naftnih derivata u odnosu na alternativna goriva, što je prikazano dijagramom na slici 4 [8].



Sl. 3. - Gustina energije za razne vrste goriva



Sl. 4. - Relativna cena alternativnih goriva

## 5. - ZAKLJUČAK

Kada se razmatraju ova pitanja neophodno je napomenuti da promena vrste pogonskog goriva zahteva prilagođavanje postojećih ili novu koncepciju motora. Istraživanja primene novog goriva, kao što je to biodizel, zahtevaju detaljne provere u eksploataciji, što zahteva dosta sredstava, strpljenja i vremena.

Ipak, može se reći da je, pored vodonika, prirodni gas najpovoljnije alternativno gorivo, jer ima dobre energetske, ekonomske i ekološke prednosti.

Treba računati da će u budućnosti biodizel imati svoje mesto, kao gorivo koje se dobija iz obnovljivih izvora (biomase). Biljni potencijal nudi velike mogućnosti zbog velikog energetske sadržaja.

U budućnosti će biti interesantno ono gorivo koje pored povoljnih fizičko-hemijskih karakteristika obezbeđuje veći energetski potencijal, ima manju cenu i dobija se iz obnovljivih energetskih izvora. Rešavanjem ovih problema biće moguće dugoročnije i sigurnije obezbediti rezerve goriva uz znatno smanjenje zagađenja životne sredine.

## LITERATURA

- [1] S.Bošnjaković, I. Kliner: "Mogućnost primene prirodnog gasa za pogon dizel motora", *Traktori i pogonske mašine*, Vol. 3, No 1, Novi Sad, 1998, pp. 21-28.
- [2] M. Brkić, R. Nikolić, A. Tot: "Alternativna goriva za pogonske mašine u poljoprivredi", *Savremena poljoprivredna tehnika*, Vol. 20, No 3, Novi Sad, 1994, pp. 82-96.
- [3] R. Gligorijević i drugi: "Tendencije razvoja goriva u narednom veku", *Traktori i pogonske mašine*, Vol. 2, No 2, Novi Sad, 1997, pp. 69-75.
- [4] R. Gligorijević, G. Radojević, N. Radojević: "Neki pravci razvoja dizel goriva za sledeći milenijum", *Poljoprivredna tehnika*, Br. 2, Beograd, 1998, str. 57-64.
- [5] H.M. King, *Energy resources. Resources and Man*. Committee on Resources and Man, National Academy of Sciences - National Research Council. W.H. Freeman and Co., San Francisco, Calif., 1969.
- [6] I.Kliner i drugi: "Biodizel - razvoj i perspektive", *Savremena poljoprivredna tehnika*, Vol. 20, No 3, Novi Sad, 1994, p. 82-89.
- [7] S. Milidrag i drugi: "Alternativna goriva i ekološki aspekti motora motornih vozila", *Vojnotehnički glasnik*, 2/97, Beograd, 1978, str. 157-163.
- [8] R. Pešić, sa grupom autora: "Istraživanja u oblasti motora SUS", *monografija, Mašinski fakultet*, Kragujevac, 2000.
- [9] B. Pilimić: "Alternativna goriva za traktore", *Agrotehničar*, br. 9/84, Zagreb, 1984, str. 28-30.
- [10] J. Todorović: "Alternativna goriva za motorna vozila - moda ili potreba", *Vojnotehnički glasnik*, 3/98, Beograd, 1998, str. 308-329.
- [11] T. Furman, R. Nikolić: "Biodizel - proizvodnja i korišćenje", *monografija, Poljoprivredi fakultet*, Novi Sad, 1995.
- [12] T. Furman i drugi: "Biodizel - dosadašnja iskustva i perspektive", *Savremena poljoprivredna tehnika*, Vol. 21, No 4, Novi Sad, 1995, p. 160-167.



- [13] T. Furman i drugi: "Biodizel, istraživanja kod nas i u svetu", *Traktori i pogonske mašine*, Vol. 1, Novi Sad, 1996, pp. 43-62.

## **FUTURE ALTERNATIVE FUELS FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES**

### **ABSTRACT:**

**Existing state and prognosis of conventional fuels are analyzed in this paper. Fast increasing of fuel consumption, especially fuels for motor vehicle drive, on account of constant increasing of population number on the Earth is pointed out. When it is known that our planet energetic potentials are limited and final this obtains great significance. More significant alternative fuels are presented, application problems are analyzed and evaluations - prognoses of how to be engaged in development of existing alternative fuels for internal combustion engines drive and taking over and application of new ones are described.**