

ETANOL U MOTORIMA SUS - PREDNOSTI I NEDOSTACI UPOTREBE*

ETHANOL IN IC ENGINES - ADVANTAGES AND DEFICIENCY OF USE

mr Zoran Marjanović¹⁾, Radomir Brzaković²⁾, Vladan Joksimović³⁾

Rezime: Ekološki problemi izazvani saobraćajem pripadaju „prvoj vrsti“ zagađenja u urbanim sredinama. U svetu je sve aktuelniji trend istraživanja obnovljivih izvora energije. Etanol je tečno gorivo proizvedena iz poljoprivrednih kultura, kao obnovljivih resursa. Ovo gorivo jeste obnovljivi izvor energije jer se troši istom brzinom kojom se obnavlja. U potpunosti može da zameni fosilno gorivo u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem. U ovom radu biće prikazane prednosti i nedostaci upotrebe etanola, posebno etanola E85 i E10 u odnosu na fosilna goriva.

Gljučne reči: emisija, zaštita životne sredine, alternativna goriva

Abstract: Ecology problems of transport appertain „first class“ pollution in urban environment. The trend of research of renewable sources is more and more actual in the world. Ethanol is a liquid fuel processed from agricultural crops and other renewable feedstock. This fuel is a renewable source of the energy because it has been consuming by the same speed by which it has been regenerating. This fuel can be used instead of fossil fuels in internal combustion engines. At this work the advantages as well as the deficiency of the use of ethanol will be displayed, especially of ethanol E85 and E10 compared to the fossil fuels.

Key words: emission, environment protection, alternative fuels

1. UVOD

Prvi motor sa unutrašnjim sagorevanjem u SAD izradio je pukovnik John Stevens 1798.god., a koristio je etanol kao gorivo. Takođe, značajni pronalazač bio je Nemač Nikolaus Otto koji je napravio prvi prototip modernog motora sa unutrašnjim sagorevanjem 1877.god., a koristio je takođe čisti etanol kao gorivo.

Po svom hemijskom sastavu, etanol je etil alkohol (C₂H₅OH). S obzirom da se može dobiti iz biomase spada u grupu obnovljivih izvora energije i njegovim korišćenjem u motoru SUS se ne narušava bilans ugljendioksida u atmosferi. Vozila projektovana za pogon fosilnim gorivima nije racionalno prepravljati na pogon alkoholom, zbog neophodne izmene nekih materijala, posebno zaptivnih elemenata u sistemu za napajanje gorivom. Otuda je uobičajeno da se projektuju višegoriva vozila koja mogu koristiti čist benzin i mešavine ovih goriva do odnosa 85% alkohola i 15 % benzina (E85).

Testiranja izvršena na vozilima pokazala su da je E85 korozivan za neke komponente, što zahteva njihovu zamenu kompatibilnim komponentama.

Kompresija motora povećava se sa 9,71 na 10,32 pri korišćenju E85, pri čemu performanse motornog vozila (snaga, ubrzanje, putna brzina) su slične kao i kod pogona na čist benzin. Zbog manje toplotne moći etanola E85 smanjuje se radijus kretanja (pređeni put sa jednim litrom goriva) za oko 28% u poređenju sa pogonom na benzin.

Etanol je odlično alternativno gorivo i u pogledu zaštite životne sredine i u finansijskom pogledu. Ne samo da smanjuje emisije staklene bašte (emisije nastale od CO) za 35 do 46%, (prema podacima američkog Departmana za energiju), već i povećava prihode za 51 milijardu \$ (u SAD) i omogućava otvaranje 55000 radnih mesta na farmama i povezanim mestima.

U slučaju korišćenja etanola E85 za pogon višegorivog motornog vozila, potrebno je poštovati preporuke proizvođača u pogledu vrste korišćenog ulja za podmazivanje i liste delova koje je neophodno zameniti. Modele vozila koja se mogu pogoniti gorivom E85 u svom proizvodnom programu od 2005. godine imaju firme: Daimler-Chrysler, Ford Motor Co., Mercedes-Benz, General Motors-Chevrolet i Nissan, [1].

1) mr Zoran Marjanović, dipl. maš. ing., Zastava automobili-Istraživačko-razvojni centar DRA, Trg Topolivaca 4, Kragujevac

2) Radomir Brzaković, dipl. inf., Zastava automobili-PJ Informacioni sistemi, Trg Topolivaca 4, Kragujevac, email: brzijax@yahoo.com

3) Vladan Joksimović, dipl. maš. ing., Zastava automobili-PC Mehanička obrada, Trg Topolivaca 4, KG

*) Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja u toku izrade doktorske disertacije autora.

2. OSOBINE ETANOLA

Molekul etanola izgleda kao mali lanac (C_2H_5OH) koji sadrži 34,7% kiseonika i potpuno je rastvorljiv u vodi. U čistom obliku to je zapaljiva, bezbojna tečnost sa slatkastim mirisom na alkohol. Etanol je lakši od vode; kada njegova smeša sa benzinom dođe u kontakt sa minimalnim količinama vode, etanol će se razdvojiti od benzina u vodeni sloj.

Čisti etanol i etanolne smeše benzina su teže od benzina. Etanol je vrlo isparljiv, te će ispariti u vazduh oko pet puta brže nego benzin. Kao i benzinske pare, pare etanola su gušće od vazduha i talože se na nižim mestima.

Pri sagorevanju etanol oslobađa manje toplote nego benzin. Jedan i pò galon etanola imaju približno istu energiju sagorevanja goriva kao jedan galon benzina. Etanol ima višu temperaturu paljenja nego benzin (oko $4500^{\circ}C$ prema oko $2500^{\circ}C$) i ima oktanski broj od oko 110, te pri dodavanju u benzin, povećava njegov oktanski broj. Inženjerske osobine etanola, tj. E85 prikazane su u Tabeli 1.

Inženjerska osobina	Odgovarajuća vrednost
Zapreminski % etanola	82
Reid napon pare (psi)	6,2
Maseni % vode	0,4
Bruto toplota sagorevanja (BTU/lb)	13935
Neto toplota sagorevanja (BTU/lb)	12747
Istraživački oktanski broj (IOB)	105
Gustina (kg/m^3)	0,78
Maseni % ugljenika	57,92
Maseni % vodonika	13,02
Maseni % kiseonika	29,06
Provodljivost ($\mu S/cm$)	1,81
pH	7,6

Tabela 1 - Inženjerske osobine goriva E85, [2]

Etanol E85 ima karakterističan miris i ružičastu boju. Sastav etanola E85 propisan je standardom ASTM D5798. Ovim standardom propisani su aditivi za sprečavanje korozije i postavljena ograničenja za regulisanje parametara kao što su napon pare i oktanski broj.

Mada je čisti etanol otrovan, on je manje toksičan od benzena, toluena, etilbenzena i ksilena (BTEX) koji su komponente benzina. Etanol je prisutan u farmaceutskim proizvodima, alkoholnim pićima, sredstvima za čišćenje, rastvaračima, bojama i eksplozivima. Ljudi često unose u

organizam fermentisana pića koja sadrže oko 12% etanola. Pošto je etanol metabolički produkt, mnogi organizmi tolerišu koncentracije koje se mogu naći pri havarijskim ispuštanjima u životnu sredinu. Veliki broj mikroorganizama u životnoj sredini može da koristi etanol kao izvor energije, te ga upotrebljava pre nego ugljovodonike iz benzina (npr. benzen).

U Tabeli 2 date su uporedne karakteristike E85 i E10.

Karakteristika	E85	E10
Tačka ključanja $^{\circ}C$	900	400-2100
Bruto toplota sagorevanja (BTU/lb)	13935	19468
Neto (masena) toplota sagorevanja (BTU/lb)	12665	18000
Neto (zaprem.) toplota sagorevanja (BTU/gal)	82150	112900
Toplota isparavanja (BTU/lb)	357	200
Oktanski broj: (RON)	109	92
(MON)	91	87
Cetanski broj	Ispod 15	
Izgled	Ružičasti	Bezbojni
Prodajna cena (\$/gal)	1,39	1,05

Tabela 2 - Karakteristike E85 i E10, [2]

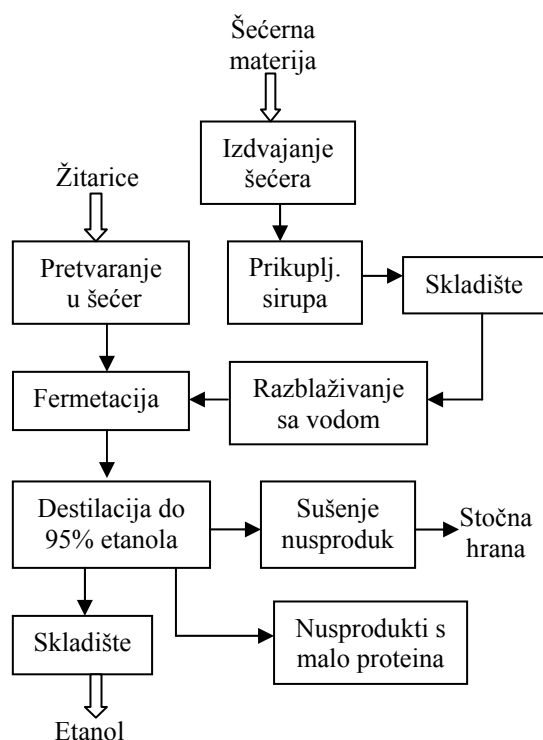
Etanol i njegove smeše sa benzinom provode elektricitet (nasuprot tome, benzin je električni izolator). Zbog svoje provodljivosti, čisti etanol je korozivniji nego benzin, te se mora paziti na kompatibilnost materijala pri projektovanju velikih rezervoara za skladištenje etanola.

3. PROIZVODNJA ETANOLA

Proizvodnja etanola zahteva integraciju više faktora od kojih se ovde razmatraju sledeća dva: pogoni za destilaciju etanola i sirovine.

Pogodne sirovine za etanol su žitarice, pšenica, šećerna trska, šećerna repa, jerusalimska artičoka, itd. Međutim, ne postoji "najbolja" sirovina pošto su u različitim regionima jedne zemlje pogodnije za proizvodnju etanola različite kulture sa različitim vrsta zemljišta. Pored žitarica postoje i drugi izvori otpadaka iz proizvodnje žitarica i hrane koji se mogu iskoristiti za proizvodnju etanola ali je njihov ukupni potencijal mali. U razvoju su i drugi procesi koji bi omogućili komercijalnu destilaciju etanola iz celuloznih sirovina kao što su rezidumi iz žetve, trave, drvo i papir iz komunalnog čvrstog otpada.

Proces komercijalne destilacije/konverzije u etanol sastoji se od četiri osnovna koraka (slika 1). Prvo, sirovina se obrađuje radi dobijanja šećernog rastvora. Zatim se šećer konvertuje u posebnom koraku u etanol i ugljendioksid pomoću kvasca ili bakterija u procesu zvanom fermentacija. Etanol se odvaja procesom destilacije koji daje rastvor etanola i vode, u kome etanol ne može da pređe 95,6% (pri normalnom pritisku) zbog fizičkih osobina smeše etanol – voda (azeotropna smeša). U finalnom koraku voda se uklanja kako bi se proizveo “osušeni” etanol. Ovo se postiže dodavanjem u rastvor hemikalije koja menja fizičke osobine i ponovnom destilacijom.



Slika 1 - Proizvodnja etanola

Materijal koji zaostaje u vodenom rastvoru posle destilacije etanola, tzv. ostatak posle destilacije, sadrži kvasac ili mrtve bakterije i materijal iz sirovine koji nije ni škrob ni šećer. Npr., žitarice daju visokoproteinski ostatak (nazvan “destilerijska sačma”) koji se može koristiti kao stočna hrana, dok šećerna i celulozna sirovina daju ostatak sa malo proteina i manjom hranljivom vrednošću.

Proces proizvodnje etanola razvija se u pravcu korišćenja celuloznih sirovina kao izvora šećera za dobijanje etanola. Ovi procesi zahtevaju veće kapitalne investicije (2-3 puta veće od konvencionalnih procesa) zbog skupog predtretmana, pa ovo ograničava njihovu primenljivost. Međutim, ima više pristupa postupcima konverzije celuloze, kojima se mogu

sniziti proizvodni troškovi dobijanja etanola. Npr., u procesu koji je razvio Gulf Oil Chemicals Co. koristi se komunalni otpadni papir, a posebnim načinom finansiranja ovakva destilerija može biti konkurentna sa konvencionalnim procesom. Jedan od načina da se snize troškovi proizvodnje etanola iz celuloze je inoviranje procesa pri koncentrisanju i sušenju etanola.

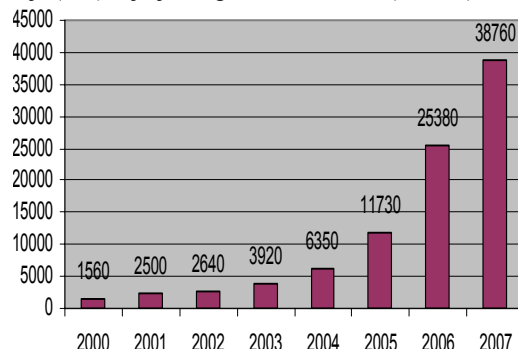
Pored komercijalnih destilacije postoji povećani interes za ulogu individualnih farmara u proizvodnji etanola. Međutim, ova proizvodnja suočava se sa brojnim ograničenjima koja utiču na njenu rasprostranjenost.

Destilacija etanola na licu mesta za korišćenje na samoj farmi mogla bi se izvesti po ceni od 1\$/galon 95%-nog etanola plus rad. Ako se on koristi kao dodatak gorivu za traktore, to bi mogao biti ekvivalent dizel gorivu koji košta 1,7 \$ po galonu. Ako je svrha destilacije na samoj farmi postizanje većeg stepena energetske samostalnosti, onda je viša cena etanola prihvatljiva. Međutim, usled tehničkih ograničenja, etanol može da zameni samo 35% dizel goriva.

Takođe postoje ograničenja u smislu korišćenja značajnih količina žitarica proizvedenih na farmi. Farma od 200ha može da proizvede 50000bu (1bušel-bu US=35,2dm³; 1bu UK=36,3dm³) žita, od čega 1000 bu ili 2% može da da 2500 galona etanola koji bi se iskoristio kao zamena za dizel gorivo u traktorima. Pretvaranjem 20% prinosa u etanol dobilo bi se 25000 galona što je mnogo više od potreba farme, a zahtevalo bi i značajnu investiciju od 25000 \$.

Kvalitet etanola proizvedenog na farmi po najjednostavnijem postupku ograničavajući je faktor za njegovu primenu. Npr., kao aditiv benzinu etanol mora biti bez vode da bi se izbegli problemi u radu motora, što je teško postići pri proizvodnji etanola na farmi.

Proizvodnja etanolnog goriva u Evropskoj uniji (EU) nije još u punom zamahu (slika 2).

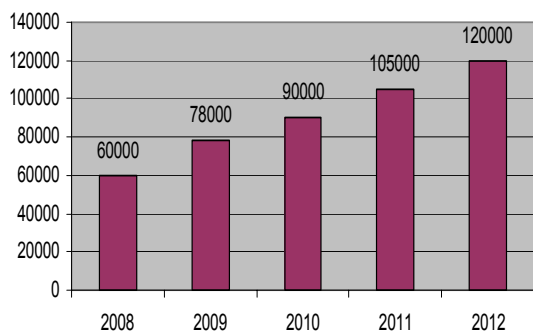


Slika2 -Proizvodnja etanola u EU (u 1000 hl), [3]

Međutim, to će se desiti u sledećih nekoliko godina. Glavni pokretači biće dve direktive Evropske komisije o biogorivu. Prva direktiva,

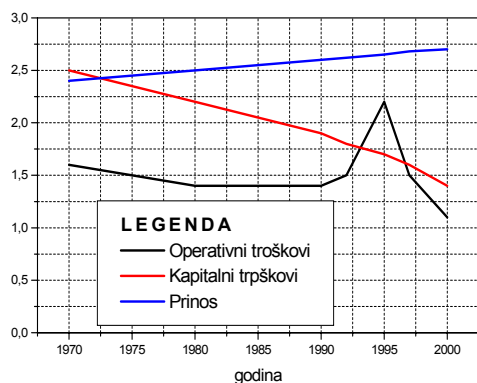
koja je po prirodi promocijna, doneta je u maju 2003. godine. Zemlje članice treba da dostignu 5,75% udela obnovljivih goriva do kraja 2010. godine. Kao osnova za poređenje koristiće se energetska sadržaj ukupnog benzina za transport na tržištu. Druga direktiva koja se odnosi na biogorivo je ona o oporezivanju energetskih proizvoda i ona je usvojena 2003.god. Po ovoj direktivi zemlje članice mogu da izuzmu biogoriva, kao što je etanol, od poreza na naftne proizvode mineralnog porekla.

Na slici 3. prikazana je planirana proizvodnja etanola u Evropskoj uniji u narednim godinama.



Slika 3 - Planirana proizvodnja etanola u EU (u 1000 hl), [3]

Troškovi proizvodnje etanola i njegova cena čine veoma važnu stavku u primeni etanola kao alternativnog goriva. U toku 1990-tih godina cena etanola bila je prilično stabilna izuzev 1995.god. kada je cena žita naglo porasla na preko 5 \$ po bušelu. U kratkom periodu, ovo povećanje cena sirovine materijala je etanolna postrojenja da učine sve što je moguće kako bi smanjila ostale operativne troškove, redukovala proizvodnju ili, u nekim slučajevima, privremeno prestala sa radom kako bi ostala solventna.



Slika 4 - Troškovi proizvodnje etanola, \$/galonu

Na slici 4 se vidi da su operativni troškovi (crna linija) naglo skočili 1995.god., a zatim opali

na 1,1 \$/gal, da su kapitalni troškovi (crvena linija) u stalnom padu do oko 1,4 \$/galonu za 2000. godinu, a da je prinos (plava linija) postupka porastao do 2,7 galona etanola po bušelu žita.

4. EKOLOŠKI ZNAČAJ PRIMENE ETANOLA

Emisije izduvnih gasova su jedan od primarnih razloga za upotrebu etanola. Emisije kojima se može upravljati su emisije azotnih oksida (NOx), ugljenmonoksida (CO) i ugljovodonika (UV). NOx su sporedni proizvodi nastali usled visokih temperatura u cilindrima. Zato se pri povećanju kompresije povećavaju i pritisak u cilindru i temperatura, te usled toga i nivo NOx. NOx se obrazuje oksidacijom azota u vazduhu i glavni je sastojak fotohemijskog smoga. CO se stvara pri nepotpunom sagorevanju ugljovodonika iz goriva i doprinosi globalnom zagrevanju.

Da bi se ustanovile promene u kvalitetu vazduha usled ispuštanja potencijalno štetnih izduvnih gasova i isparljivih komponenti, kao i reakcionih proizvoda koji nastaju pri supstituciji benzina sa etanolom, potrebno je izvršiti opsežne analize. U analize je takođe uključen i benzin kako bi se dobila osnova za poređenje.

Izvedene su tri vrste analiza:

1. Pregled novije publikovanih opsežnih procena uticaja benzina na životnu sredinu.
2. Literaturni pregled studija koje se bave direktnim uticajem korišćenja etanola u benzinu.
3. Procena emisije i uticaja na kvalitet vazduha goriva bez etanola u poređenju sa gorivom koje sadrži etanol.

Ove analize dovele su do sledećih zaključaka:

- Istraživanja su pokazala da se korišćenjem goriva sa visokim sadržajem etanola emisije ugljovodonika mogu smanjiti za 66%. Ugljovodonici obično predstavljaju 80% ukupnih emisija iz drumskih vozila.
- Stvaranje CO se umnogome smanjuje upotrebom etanola zbog sadržaja kiseonika u etanolu. Za sagorevanje je potrebno manje kiseonika iz vazduha, te se tako stvara manje sporednih proizvoda kao što je CO, pa se smanjuje globalno zagrevanje.
- U poređenju sa benzinom formiranje toksičnih jedinjenja iz etanola u atmosferi je relativno sporo.

- Glavni proizvodi nepotpunog sagorevanja kod upotrebe etanola su acetaldehid (toksični zagađivač vazduha) i peroksiacetalnitrat (PAN, iritant očiju i uzročnik oštećenja biljaka), kao i kod upotrebe benzina.
- Upotreba benzina sa sadržajem etanola može dovesti do povećanja emisija isparljivih supstanci pošto su guma, plastika i drugi materijali permeabilni za etanol; šta više, etanol može smanjiti radni kapacitet filtera sa aktivnim ugljem koji se koriste za kontrolu emisija isparljivih supstanci na motornim vozilima.
- Sadašnji modeli vozila ne mogu se potpuno kontrolisati u pogledu emisija isparavanja etanola. Mada su 1998. godine usvojeni stroži standardi za emisije isparljivih materija koji su primenljivi na modele do 2006. godine, postupci ispitivanja odnose se samo na goriva u upotrebi u vreme usvajanja propisa, te ne obuhvataju etanolne smeše. Ipak, zbog nižeg sadržaja štetnih isparljivih komponenata u etanolnom gorivu, manji je i nivo štetnih isparenja iz ovih drumskih vozila.
- Korišćenjem etanola značajno se smanjuje mogućnost ekološkog akcidenta pri transportu u odnosu na transport benzina (zbog njegove manje toksičnosti).
- Ekološka pogodnost primene etanola kao goriva ogleda se i u manjem zagađenju vodenih ekosistema u odnosu na benzin.

5. STANJE U SRBIJI

Vlada Srbije bi trebala da sprema svoju poljoprivredu za ono za šta se sprema Amerika. Predsednik SAD Džordž Buš doneo je 2007. godine dve ključne odluke: da podigne strateške rezerve etanola sa tromesečnih na petomesečne, kao i da pet puta poveća proizvodnju etanola u narednih deset godina. Budućnost je u proizvodnji obnovljivih izvora energije, a to je limitirano nedostatkom poljoprivrednog zemljišta, što u Srbiji nije problem, jer po proceni stručnjaka sa Poljoprivrednog Fakulteta u Novom Sadu trenutno ima više od 2 miliona hektara koji se ne obrađuju.

Sada je etanol komercijalno isplativ na nivou 50 dolara za barel i bez subvencija države. U Srbiji u konvencionalnim uslovima, bez genetski modifikovanog zrna, na najboljem imanju može da se proizvede tona kukuruza za 50 dolara i sa tom cenom barel etanola bi bio fantastičnih 30 dolara. Trenutno, u svetu se prosečno potroši 80 dolara da

bi se proizvela tona kukuruza. Zato je Mađarsko-američki konzorcijum potpisao u oktobru 2006. godine ugovor o izgradnji fabrike bioetanola u gradu Zrenjaninu, ali je taj posao u zastoju zbog nepostojanja zakonske regulative u Srbiji i nastale svetske ekonomske krize.

6. ZAKLJUČAK

Investicioni talas u oblasti obnovljivih goriva nije zaobišao ni Srbiju. Potpisivanje ugovora o izgradnji etanolske rafinerije u Zrenjaninu neminovno nameću pitanje masovne implementacije tog goriva u Srbiji.

Ipak, masovna implementacija etanola kao transportnog goriva, koje bi se moglo kupovati na pumpama širom Srbije, kao i omogućavanje preduslova za masovnu proizvodnju ili uvoz vozila koja koriste etanol E85, jeste nešto što još uvek ne postoji u zakonskoj regulativi Srbije.

Ni jedan ozbiljan proizvođač etanolskih Flexible Fuel vozila se neće upustiti u prodaje vozila na Srpskom tržištu, dok se ne ispune kako gore navedeni uslovi, tako i uslovi vezani za postprodaju vozila: prikladna infrastruktura pumpnih stanica sa E85 gorivom u zemlji, obučenos kadrova, dostupnost specijalnih alata koji su potrebni i garancija snabdevača da etanolsko gorivo koje se isporučuje ispunjava sve propisane standarde."

Očigledno je da ovi uslovi ne mogu biti stvoreni bez ozbiljnog angažmana države, a vreme do završetka rafinerije etanola u Zrenjaninu treba iskoristi da se ova pitanja reše na prikladan način.

LITERATURA

- [1] Radonjić D.: Stanje i perspektive primene alternativnih goriva za pogon motornih vozila, zbornik radova, 2005, Beograd
- [2] Stojiljković D. i saradnici, Alternativna goriva za pogon motora SUS u 21 veku, Studija, Mašinski fakultet, 2007, Beograd.
- [3] Berg Christoph: World Fuel Ethanol Analysis and Outlook, 2004, Nemačka
- [4] Interresorna grupa: Strategija lokalnog održivog razvoja, Stalna konferencija gradova i opština, 2005, Zobnatica
- [5] Mihajlov A.: Održivi razvoj i životna sredina ka Evropi u 95 + koraka, Privredna komora Srbije, 2005, Beograd
- [6] Mihajlov A.: Strategija EU o održivom razvoju i politika EU u oblasti životne sredine, Fond centar za demokratiju, 2006, Beograd
- [7] www.balkanenergy.com