

REDUKCIJA IZDUVNIH GASOVA MOTORNIH VOZILA UPOTREBOM ALTERNATIVNIH GORIVA

REDUCTION OF MOTOR VEHICLES EXHAUST GASES BY USING ALTERNATIVE FUELS^{*)}

mr Zoran Marjanović¹⁾, dr Miomir Raos²⁾, Radomir Brzaković³⁾

Rezime: Saobraćaj predstavlja jednog od značajnijih emitenata štetnih materija, tako da je neophodno usvajanje određenih rešenja za njihovo smanjenje. Aktivnosti na zaštiti životne sredine posmatrane iz ugla emisije štetnih sastojaka izduvnih gasova ogledaju se u pooštavanju zakonske regulative koja reguliše normative izduvne emisije. Sa porastom broja motornih vozila i intenziviranjem saobraćaja pojačao se i uticaj izduvnih gasova na životnu sredinu. U svetu su izražene tendencije razvoja čistih motornih vozila, koja ne zagađuju okolinu, odnosno koja ne emituju štetne sastojke iz izduvnih gasova, stvaraju malu buku i ne izazivaju druge vrste zagađenja. Jedan od puteva za rešavanje aktuelnih zadatka automobilske industrije, traži se u korišćenju alternativnih goriva, odnosno alternativnih energetske potencijala. U ovom radu prikazana je redukcija izduvnih gasova motornih vozila upotrebom alternativnih goriva (tečnog naftnog gasa, prirodnog gasa i biodizela). Razvoj buduće zakonske regulative i obaveza zadovoljenja istih iziskuje intenzivan razvoj alternativnih goriva.

Glavne reči: izduvni gasovi, propisi, tečni naftni gas, prirodni gas, biodizel

Abstract: Traffic presents one of the important eminent of harmful substances, so is necessary to adopt certain solutions for their reduction. Activities of protection of human environment observed from the point of emission of harmful particles of exhaust gasses are reflected in intensifying of legislation that regulates norms of exhausting emission. With the increase of the number of motor vehicles and traffic intensification, the influence of exhaust gases on human environment also has increased. Global trends in automotive industry worldwide include development of environmentally friendly vehicles which do not produce harmful emission, noise or pollute environment in any other way. Alternative fuels and alternative energy sources represent one solution to the problem. This paper presents the reduction of motor vehicle exhaust gases by using alternative fuels (liquefied petrol gas, natural gas and biodiesel). The development of future legislation and obligations for meeting the same requires intensifying development alternative fuels.

Key words: exhaust gases, regulations, liquefied petrol gas, natural gas, biodiesel

1. UVOD

Motorna vozila su najveći emiteri gasova u urbanim sredinama. Najveća koncentracija zagađujućih materija iz motornih vozila je na raskrsnicama i drugim saobraćajnicama u centru gradova, zbog velikog broja vozila, pri čemu motori rade i pri stajanju vozila (semafori i sl.) [1].

Upotrebom motornih vozila čovek godišnje troši više od jedne milijarde tona nafte. Za sagorevanje 1 kg goriva, naftnog porekla, treba oko 15 kg vazduha ili 3,5 kg kiseonika. Znači godišnje samo motori SUS troše skoro 4 milijarde

tona kiseonika iz atmosfere (više od jedne generacije ljudi!). Sam proces sagorevanja fosilnog goriva narušava ekološki bilans u atmosferi. Smatra se da se na 1.000 litara benzina koji sagori u motornom vozilu emituje u atmosferu 98 kg ugljen-monoksida, od 6 do 8 kg oksida azota, od 4 do 5 kg nesagorelih ugljovodonika i oko 4,5 kg sumpor-dioksida [2].

1) mr Zoran Marjanović, Grad Kragujevac, Sekretarijat za inspeksijske poslove, mail: z.marjanovic74@yahoo.com

2) dr Miomir Raos, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu u Nišu, mail: miomir.raos@znrfak.ni.ac.rs

3) Radomir Brzaković, dipl. inf., Fiat automobili Srbija, Kragujevac, mail: brzjax@yahoo.com

*) Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja na projektu III-43014 koga finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

2. EMISIJA GASOVA IZ MOTORNH VOZILA

Sagoreвање је основни процес током којег се хемијска енергија из горива претвара у топлотну и даље у механички рад у моторима СУС. Од укупне енергије која се ослобађа процесом сагоревања, око 42% се користи за покретање возила, док су преосталих 58% губици. Процес сагоревања фосилних горива у моторним возилима дат је једначином 1.

$$G+V=HC+NO_x+CO_2+CO+H_2O+SO_2+PM+O_3 \quad (1)$$

где је:

G – gorivo,

V – vazduh,

HC – nesagoreli ugljovodonici,

NO_x – oksidi azota,

CO₂ – ugljen-dioksid,

CO – ugljen-monoksid,

H₂O – vodena para,

SO₂ – sumpor-dioksid,

PM – čestice,

O₃ – ozon.

Iz motornih vozila u vazduh dospevaju i druge zagađujuće supstance kao što su benzen, toluen i ksilen, koje izazivaju razna kancerogena oboljenja kod ljudi.

Nesagoreli ugljovodonici (HC): HC je simbol koji označava skup različitih vrsta ugljovodonika (acikličnih i cikličnih) koji se posmatraju kumulativno. Emisija nesagorelih ugljovodonika je posledica nepotpunog sagorevanja fosilnog goriva. Osnovni uzrok je lokalni nedostatak kiseonika i niske temperature u zonama uz zidove komore motora. Ugljovodonici su važni učesnici fotohemijskih reakcija u atmosferi, reaguju u prisustvu oksida azota i sunčevog svetla i doprinose formiranju prizemnog ozona, glavne komponente tzv. "fotohemijskog" smoga. Ugljovodonoci reaguju dosta brzo sa hidroksilnim i nitratnim radikalima, pri čemu je reakcija sa nitratnim radikalima tokom noći osnovni put uklanjanja mnogih organskih jedinjenja iz troposfere. Nesagoreli ugljovodonici iritiraju sluzokožu disajnih organa, a neki ciklični ugljovodonici mogu biti i kancerogeni [3].

Oksidi azota (NO_x): U uslovima visokih temperatura i pritiska u motoru, atomi azota i kiseonika iz vazduha reaguju stvarajući niz azotovih oksida (azot-monoksid-NO, azot-dioksid-NO₂, azot-suboksid-N₂O), koje sve zajedno obeležavamo sa NO_x. Preko 90% oksida azota emitovanih usled procesa sagorevanja u SUS motorima čini azot-monoksid, dok ostatak čini azot-dioksid i male količine azot-suboksida [2].

Azotni oksidi su takođe štetni za ljudsko zdravlje jer nadražuju i oštećuju disajne organe. Njihov sadržaj utiče i na smanjenje vidljivosti, stvaranje fotohemijskog smoga, razaranja ozona u višim slojevima atmosfere, stvaranje štetnog ozona u nižim slojevima atmosfere, kao i stvaranje kiselih kiša [3].

Ugljen-dioksid (CO₂): On je bezbojan nezapaljiv gas koji nastaje, kao produkt potpunog sagorevanja fosilnog goriva, vezivanjem ugljenika iz goriva sa kiseonikom iz vazduha. Ugljen-dioksid ne utiče direktno na zdravlje ljudi, ali je jedan od zagušljivih gasova koji doprinose povećanju globalnog zagrevanja naše Planete. Oko tri četvrtine emisije ugljen-dioksida usled ljudske aktivnosti nastaju sagorevanjem fosilnih goriva, dok se ostatak emituje pri tehnološkim procesima u livnicama, rafinerijama, cementarama. Deo emisije je i posledica nekontrolisane seče šuma, ali je očigledno da uticaj ostalih uzročnika mali u odnosu na dominantan „izvor“ sagorevanje fosilnih goriva.

Prva kontinuirana, precizna i direktna merenja atmosferskog ugljen-dioksida počela su 1957. na Južnom polu i 1958. u Mauna Loa na Havajima. U to vreme je akumulacija ugljen-dioksida iznosila oko 567 mg/m³ i rasla je po stopi od 1,8 mg/m³ godišnje do 1981. godine (kada je iznosila 610 mg/m³). Narednih 20 godina koncentracija CO₂ u atmosferi se uvećavala skoro konstantnom stopom rasta od 2,9 mg/m³ godišnje i 2001. godine je iznosila 668 mg/m³. Od 2001÷2011. godine koncentracija CO₂ je povećana za 36 mg/m³ što je najveći desetogodišnji porast zabeležen od kada su započela direktna merenja ugljen-dioksida. Prema podacima Svetske meteorološke organizacije (tela UN zaduženo za globalne meteorološke procene) u 2012. godini koncentracija ugljen-dioksida iznosila je 708 mg/m³, što je za 4 mg/m³ više nego 2011. godine. Porast koncentracije ugljen-dioksida u 2012. godini je nadmašio prosečni godišnji nivo rasta koncentracije od 3,6 mg/m³ tokom prethodnih 10 godina. Na osnovu te stope rasta, Svetska meteorološka organizacija prognozira da će svetski nivo zagađenja ugljen-dioksidom do 2016. godine preći koncentraciju od 720 mg/m³.

U predindustrijskom periodu koncentracija ugljen-dioksida je bila 504 mg/m³, a to je vrednost koja se obično koristi kao referentna tačka za poređenje sa sadašnjim stanjem i budućim predviđanjima. Trenutno koncentracija CO₂ je 40% viša nego što je bila u predindustrijskom periodu. Koncentracija CO₂ će do 2100. godine dostići vrednost od 1170÷1745 mg/m³ (prema prognozama IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change), što je tri puta više od vrednosti iz predindustrijskog perioda. Stabilizacija ugljen-dioksida na 810 mg/m³ zahteva da se emisija CO₂ spusti na

vrednost od 634 mg/m^3 iz 1990. godine u narednih neophodna je i primena alternativnog pogona kod motornih vozila [2].

Ugljen-monoksid (CO): On je otrovan gas bez boje i mirisa; produkt nepotpunog sagorevanja i stvara se u slučaju rada motora sa bogatom smešom. Tada ugljenik iz goriva samo delimično oksidiše. Na zdravlje ljudi ugljen-monoksid utiče tako što usporava percepciju i razmišljanje, izaziva bolest disajnih organa i krvotoka, a u velikim koncentracijama može prouzrokovati i smrt.

Vodena para (H₂O): Udeo vodene pare u atmosferi varira od 0% pri vrlo niskim temperaturama (u polarnim krajevima) do 4% pri visokim temperaturama. Količina vodene pare smanjuje se s povećanjem nadmorske visine.

Vodena para je glavni gas staklene bašte. Ona u znatnoj meri apsorbuje Sunčevo zračenje i Zemljino izračivanje. Na taj način, kao radijativno aktivan gas, ima veliki uticaj na toplotne uslove u troposferi i u površinskom sloju Zemlje. Stoga, svaka promena u njenoj koncentraciji bi kao odgovor na zagrevanje atmosfere ostalim gasovima staklene bašte znatno izmenila neto dobit u toplotnoj energiji. Zbog pojačanog zagrevanja staklene bašte došlo bi do porasta temperature atmosfere i okeana, a usled toga i isparavanja vode sa okeanskih i kopnenih površina. Povećan sadržaj vodene pare u atmosferi izaziva dalji porast temperature usled čega se još više intenzivira proces isparavanja.

Postoje i drugi procesi u atmosferi koji su povezane sa visokim sadržajem vodene pare i koji utiču na njeno zagrevanje. Usled zagrevanja vazduha na tlu vazdušne mase počinju da se šire, pa postaju lakše od masa u okolini, te se zbog toga izdižu na više nivoa atmosfere, gde se dalje šire i rashlađuju. Kada se ostvari dovoljan stepen hlađenja (dode do kondenzacije vodene pare), nastaje formiranje oblaka koji kroz interakciju sa zračenjem mogu da dovedu do zagrevanja atmosfere. Procesu kondenzacije vodene pare potpomažu čestice prašine, dima, soli i mikroorganizmi u vazduhu za koje se molekuli vode vezuju. Takve čestice predstavljaju jezgra kondenzacije i nazivaju se aerosoli. Kako se vodena para kondenzuje u oblacima, oslobađa se latentna toplota, koja dalje zagreva atmosferu.

Sumpor-dioksid (SO₂): On se emituje iz motornih vozila kada se koristi gorivo u kome ima sumpora. Sumpor-dioksid i njegovi sekundarni proizvodi (sumporna kiselina i sulfidi) mogu izazvati ozbiljne zdravstvene probleme kod ljudi (konjuktivitis, efekti na respiratornom sistemu), sušenje biljnog sveta, a zapaženi su štetni efekti na metale, kožu, papir i tekstil. Emisija sumpor-dioksida u urbanom području drastično je veća u

nekoliko decenija, a da bi se to ostvarilo zimskom nego u letnjem periodu, zbog korišćenja goriva koje sadrži sumpor za zagrevanje stambenih objekata. Zbog toga, vlasti u državama EU vode kampanju za redukciju upotrebe vozila sa SUS motorima u centralnim gradskim delovima i promovišu uvođenje vozila na alternativni pogon.

Čestice (PM – particulate matter): Veći deo čestica prisutnog u vazduhu stvaraju motorna vozila i te čestice se uglavnom javljaju kod dizel vozila kao produkt pirolitičkih reakcija sagorevanja dizel goriva na visokim temperaturama pri nedostatku kiseonika. Tada se izdvajaju viši ugljenici C₁₂ do C₂₅ (kojih ima u dizel gorivu) koji formiraju kristalne strukture čestica čađi veličine (0,1÷2 μm). Te inicijalne čestice čađi (ugljenika) se međusobno vezuju u veće čestice (do 10 μm) koje upijaju organske kiseline (na bazi teških ugljovodonika iz goriva i ulja) i neorganske kiseline (na bazi sumpora koji gorivo sadrži) tako da postaju veoma toksične [3]. Čestice koje su najvažnije sa gledišta zdravstvenih efekata su: PM₁₀ – grube čestice (između 2,5 i 10 μm), PM_{2,5} – fine čestice (2,5÷0,1 μm) i PM_{0,1} – ultrafine čestice (sve čestice ≤ 0,1 μm).

PM₁₀ su među najopasnijim česticama u vazduhu. One prilikom udisanja napadaju ljudski respiratorni sistem, utiču na njegovu otpornost i deponuju se u najdubljim delovima pluća. Zdravstveni problemi otpočinju kada organizam počne da se brani od ovih stranih tela (čestica). PM₁₀ izazivaju ili osnažuju astmu, bronhitis i druga oboljenja pluća, a samim tim smanjuju ukupnu otpornost organizma. Na osnovu studije sprovedene u 90 gradova u SAD utvrđeno je povećanje ukupnog mortaliteta za 0,27% i kardiovaskularnog mortaliteta za 0,69% sa porastom koncentracije PM₁₀ za 10 μg/m^3 . U velikoj evropskoj studiji koja se bazira na podacima iz 29 gradova procenjen porast ukupnog mortaliteta je 0,6%, dok je procenjen porast kardio-vaskularnog mortaliteta 0,76% za porast koncentracije PM₁₀ za 10 μg/m^3 .

Ozon (O₃): Molekuli ozona se sastoje od tri atoma kiseonika i predstavljaju alotropsku modifikaciju kiseonika. Na intenzitet stvaranja ozona utiče prisutna koncentracija ugljovodonika i azotovih oksida. Takođe je intenzitet stvaranja ozona proporcionalan temperaturi i zračenju sunca, tako da su dugi i topli letnji dani najpogodniji za stvaranje ozona. Ozon iritira oči, oštećuje pluća i dovodi do problema sa disanjem. Ozon koji se stvara u prizemnim slojevima atmosfere je poseban problem zagađenja u urbanim zonama.

3. AMERIČKI PROPISI O EMISIJI IZ MOTORNIH VOZILA

3.1 Za putnička vozila

Federalna vlada SAD-a je 1969. godine donela niz regulativa sa ciljem da se smanji emisija iz vozila i da auto industrija razvija nove tehnologije. Prva

uredba o čistom vazduhu „Clean Air Act“ je usvojena na Kongresu 1970. godine. Sada je emisija iz putničkih vozila smanjena za više od 95% u odnosu na početne vrednosti (slika 1). U jednom trenutku se automobilska industrija protivila donošenju takvih normi, a sada saraduje sa zakonodavcima zahtevajući dugoročno i blagovremeno donošenje novih regulativa.



Slika 1 - Ekološki zahtevi za putnička motorna vozila u SAD-u, [2]

U SAD-u federalne propise donosi ERA (eng. Environmental Protecting Agency), a propise za Kaliforniju donosi SARB (eng. Californian Air Resources Board). LEV 2 standard za emisiju

putničkih vozila u Kaliforniji, dat je u tabeli 1. Granične vrednosti su iste za putnička vozila i sa dizel i sa benzinskim motorima i to u toku čitavog veka vozila.

Kategorija emisije	Vek vozila		NMOG ⁵		CO		NOx		PM	
	mi	km	g/mi	g/km	g/mi	g/km	g/mi	g/km	g/mi	g/km
TLEV ¹	50.000	80.467	0,125	0,078	3,4	2,1	0,40	0,25	–	–
	120.000	193.121	0,156	0,097	4,2	2,6	0,60	0,37	0,04	0,025
LEV ²	50.000	80.467	0,075	0,047	3,4	2,1	0,05	0,03	–	–
	120.000	193.121	0,090	0,056	4,2	2,6	0,07	0,04	0,01	0,006
ULEV ³	50.000	80.467	0,040	0,025	1,7	1,1	0,05	0,03	–	–
	120.000	193.121	0,055	0,034	2,1	1,3	0,07	0,04	0,01	0,006
SULEV ⁴	120.000	193.121	0,010	0,006	1,0	0,6	0,02	0,01	0,01	0,006

Tabela 1 - LEV 2 standard za emisiju putničkih vozila u Kaliforniji, [5]

¹TLEV (Transitional Low-Emission Vehicle), ²LEV (Low-Emission Vehicle), ³ULEV (Ultra-LEV), ⁴SULEV (Super-ULEV), ⁵NMOG (Non-Methane Organic Gases)

3.2 Za vanputnu mehanizaciju

Prvi federalni standardi (Tier 1) za vozila vanputne mehanizacije sa dizel motorima u SAD-u su usvojeni 1994. godine i odnosili su se za motore nominalne snage iznad 37 kW. Uvođenje je bilo po fazama od 1996. do 2000. godine. Nacrt pravilnika za emisiju iz vozila vanputne mehanizacije 1996. godine su potpisali: EPA, CARB i proizvođači dizel motora. Konačnu regulativu u kojoj su uključeni i motori ispod 37

kW EPA donosi 27.08.1998. godine. Tada su uvedene i strožije granice (Tier 2 i Tier 3), po fazama od 2000. do 2008. godine. EPA je usvojila posebnu kategoriju strožijih granica koje proizvođači ne moraju zadovoljiti. Međutim, oni proizvođači dizel motora koji dobrovoljno zadovolje te strožije granice, dobijaju pravo da nose naziv proizvođači „serije plavo nebo“. U tom slučaju su ovi proizvođači stimulisani poreskom i kreditnom politikom.

4. EVROPSKI PROPISI O EMISIJI IZ MOTORNH VOZILA

4.1 Za putnička vozila

U Evropi su regulative za emisiju iz vozila nešto kasnije nego u SAD-u. Tako je za putnička i laka teretna vozila regulativa ECE15.00 doneta 1971. godine od strane Evropske komisije UN.

Amandman 01 (ECE15.01) je donet 1975. godine i njegove granice su iznosile: 32 g/km za CO i 11 g/km za HC+NOx. Vremenom su uvedeni novi amandmani (sve do ECE15.04 i ECER83/03) i granice postajale sve oštrije. Danas propise o emisiji donosi Evropska unija. Za putnička i dostavna vozila propisi su definisani Direktivom 70/220/EEC, tabela 2.

Standard	Datum stupanja	Vrsta goriva	CO	HC+ NOx	HC	NOx	PM
EURO 1	01/07/1992.	benzin	2,72	0,97	–	–	–
		dizel	2,72	0,97	–	–	0,14
EURO 2	01/01/1996.	benzin	2,20	0,5	–	–	–
		dizel	1,00	0,7	–	–	0,08
EURO 3	01/01/2000.	benzin	2,30	–	0,20	0,15	–
		dizel	0,64	0,56	–	0,50	0,05
EURO 4	01/01/2005.	benzin	1,00	–	0,10	0,08	–
		dizel	0,50	0,30	–	0,25	0,025
EURO 5	01/09/2009.	benzin	1,00	–	0,10 ^a	0,06	0,005 ^b
		dizel	0,50	0,23	–	0,18	0,005
EURO 6	01/09/2014.	benzin	1,00	–	0,10 ^a	0,06	0,005 ^b
		dizel	0,50	0,17	–	0,08	0,005

Tabela 2 - Granice za emisiju putničkih vozila u Evropi u g/km, [4]

a – dodatni uslov i NMHC=0,068 g/km, b – odnosi se samo na vozila sa direktnim ubrizgavanjem goriva

Ovo je bazna direktiva koja je često menjana. Neke od važnijih izmena su:

- Euro 1 standard (poznat kao EC93) – Direktiva 91/441/EEC (samo za putnička vozila) ili 93/59/EEC (putnička i dostavna vozila),
- Euro 2 standard (poznat kao EC96) – Direktiva 94/12/EC (samo za putnička vozila) ili 96/69/EC (putnička i dostavna vozila),
- Euro 3/4 standard – Direktiva 98/69/EC, kasnije amandmani su u 2002/80/EC,
- Euro 5/6 standard – uvodi regulative (Regulation 715/2007) od 20.06.2007. godine, tako se propisi pojednostavljaju i prethodne direktive na dalje će biti zamenjene regulativama.

4.2 Za vanputnu mehanizaciju

U Evropi je emisija iz dizel motora vanputne mehanizacije i poljoprivrednih traktora utvrđena regulativom ECE96 od 15. decembra 1995. godine. Pored ovog propisa, usvajane su i odgovarajuće direktive od strane Komisije EU. Prva direktiva 97/68/EC usvojena je 16. decembra 1997. godine. Propisi (tabela 3) su uvedeni kroz dve faze:

- faza 1 (Stage I) je uvedena 1999. godine i granične vrednosti su iste kao kod ECE regulative, a
- faza 2 (Stage II) je uvedena u periodu od 2001. do 2004. godine zavisno od snage motora i granične vrednosti su propisi Komisije EU.

Snaga kW	CO		HC		NOx		PM	
	faza 1	faza 2	faza 1	faza 2	faza 1	faza 2	faza 1	faza 2
P≥130	5,0	3,5	1,3	1,0	9,2	7,0	0,54	0,2
75≤P<130	5,0	5,0	1,3	1,0	9,2	7,0	0,70	0,3
37≤P<75	6,5	5,0	1,3	1,3	9,2	8,0	0,85	0,4
18≤P<37	–	5,5	–	1,5	–	8,5	–	0,8

Tabela 3 - Granica za emisiju iz dizel motora vanputne mehanizacije, u g/kWh

Za Republiku Srbiju je od posebnog interesa novo uvedena kategorija motora snage između 18 i 37 kW (u fazi 2). Takođe, Evropski parlament je 9.

decembra 2002. godine prihvatio direktivu 2002/88/EC, koja je zamenila direktivu 97/68/EC.

Nova direktiva je sadržala i granice emisije za male benzinske motore snage ispod 19 kW.

Faze 3/4 (Stage III/IV) u standardima za emisiju vanputne mehanizacije prihvatio je Evropski parlament 21. aprila 2004. godine (Direktiva 2004/26/EC), a za poljoprivredu i drvenu industriju 21. februara 2005. godine (Direktiva 2005/13/EC). Faza 3 se sukcesivno uvodila od 2006. do 2013. godine i podeljena je u dve faze: fazu 3A i fazu 3B. Faza 4 je stupila na snagu 2014. godine. Granične vrednosti za emisiju vanputne mehanizacije faze 3A/3B/4 date su u tabeli 4. Faze 3A/3B/4 se primenjuju samo na novu vanputnu mehanizaciju.

Snaga, kW	CO	HC	NO _x	PM
faza 3A				
130≤P≤560	3,5	0,19	2,0	0,2
75≤P<130	5,0	0,19	3,3	0,3
37≤P<75	5,0	0,19	3,3	0,4
19≤P<37	5,5	0,19	3,3	0,6
faza 3B				
130≤P≤560	3,5	0,19	2,0	0,02
75≤P<130	5,0	0,19	3,3	0,02
56≤P<75	5,0	0,19	3,3	0,02
37≤P<56	5,0	0,19	3,3	0,02
faza 4				
130≤P≤560	3,5	0,19	0,4	0,02
56≤P<130	5,0	0,19	0,4	0,02

Tabela 4 - Granica za emisiju vanputne mehanizacije, u g/kWh

Prethodna tabela uvodi veoma stroge granice za čestice od 0,025 g/kWh (faza 3B) i okside azota od 0,4 g/kWh, što zahteva uređaje za naknadni tretman izduvnih gasova kod vanputne mehanizacije.

5. EKOLOŠKI ZAHTEVI ZA EMISIJU CO₂ IZ MOTORNIH VOZILA

Osim gasova koji imaju direktnih posledica na zdravlje ljudi, vozila emituju i druge gasove koji nisu otrovni ali utiču na globalno zagrevanje atmosfere, pre svega ugljen-dioksid (CO₂). Prema merenjima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije u zadnjih sto godina prosečna temperatura u Beogradu se povećala za 2 °C. Ugljen-dioksid je jedan od gasova koji su uzročnici povećanog globalnog zagrevanja naše planete. Zbog toga je neophodno smanjiti količine emitovanog ugljen-dioksida iz motornih vozila, mada je učinak vozila u globalnom zagrevanju

veoma različit u pojedinim zemljama: u SAD-u svega 1,7% emisije CO₂ uzrokuje transport, dok u Japanu taj udeo iznosi 19%. Smanjenje CO₂ je moguće primenom alternativnog pogona kod motornih vozila i/ili smanjenjem potrošnje goriva. U SAD-u su 1995. godine, propisom uvedene granice za emisiju ugljen-dioksida iz motornih vozila na 242 g/mi (150 g/km). Na inicijativu predsednika Klintona, 1993. godine osnovano je udruženje za projektovanje vozila nove generacije (eng. Partnership for a New Generation of Vehicles – PNGV). To udruženje čine tri najveća proizvođača vozila u SAD-u, vlada i samostalni instituti. Jedan od osnovnih zadataka udruženja je da se emisija CO₂ iz motornih vozila svede na 106 g/mi (66 g/km), uz nepromenjenu cenu, komfor i bezbednost.

U Evropi za sada nema zakonskih ograničenja za emisiju ugljen-dioksida iz motornih vozila. Udruženje evropskih konstruktora automobila (eng. Automobile Construct European Association – ACEA) je predložilo da se prosečna emisija CO₂ ograniči na 140 g/km do 2008. godine. Međutim, prosečna emisija CO₂ iz motornih vozila koja su se nalazila na EU tržištu 2008. godine prelazila je vrednost od 150 g/km, što znači da je predlog udruženja evropskih konstruktora automobila bez zakonskih obaveza doživeo neuspeh, te da EU što pre treba da donese obavezujuću regulativu za ograničavanje emisije CO₂ iz motornih vozila.

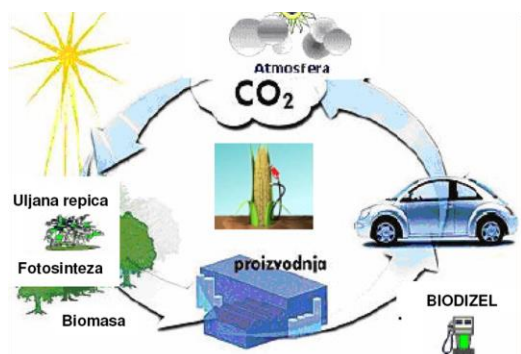
Evropski parlament je naručio izradu odgovarajuće studije o emisiji CO₂ iz motornih vozila i prihvatio izveštaj u kome se tvrdi da oko 19% CO₂ emisije u EU potiče od putničkih i dostavnih vozila. Na bazi izveštaja Evropski parlament usvojio je predlog da se srednja emisija CO₂ iz svih novih motornih vozila ograniči na najviše 125 g/km do 2015. godine. Takođe, na bazi pomenutog izveštaja razmatra se mogućnost usvajanja predloga da se srednja emisija CO₂ ograniči na najviše 95 g/km do 2020. godine. Granica treba da bude utvrđena najkasnije do 2016. godine uz najavu da se smanjenje do 70 g/km ili još manje uvede kao obaveza od 2025. godine.

6. EKOLOŠKE PREDNOSTI VOZILA NA ALTERNATIVNI POGON

U ovom radu prikazana je redukcija izduvnih gasova motornih vozila upotrebom sledećih najčešće korišćenih alternativnih goriva: tečnog naftog gas, prirodnog gasa i biodizela. Vrednosti smanjenja emisije pojedinačnih zagađujućih materija prilikom upotrebe vozila na ova alternativna goriva su:

Ugljovodonici (HC): Emisija ugljovodonika je 50% niža kod biodizela od one kod dizel goriva. Znatno manja emisija ugljovodonika kod biodizela objašnjava se njegovom višom tačkom ključanja, tj. isparavanja [4]. Sagorevanje tečnog naftnog gasa u motornim vozilima upoređeno sa benzinskim vozilima emituje 30% manje ugljovodonika, dok u poređenju sa dizel vozilima to smanjenje je još veće i iznosi 40%. Kod upotrebe prirodnog gasa u motornim vozilima smanjenje emisije ugljovodonika je 70% u odnosu na benzinska vozila i 80% u odnosu na dizel vozila.

Ugljen-dioksid (CO₂): Sagorevanje tečnog naftnog gasa u motornim vozilima upoređeno sa savremenim benzinskim vozilima opremljenim s oksidacijskim katalizatorom emituje 10% manje ugljen-dioksida. Kod upotrebe prirodnog gasa u motornim vozilima smanjenje emisije ugljen-dioksida je veće i iznosi od 23% u odnosu na benzinska vozila i 10% u odnosu na dizel vozila. Najveće smanjenje emisije ugljen-dioksida je pri upotrebi biodizela u motornim vozilima. Iako pri sagorevanju biodizela u odnosu na dizel gorivo to smanjenje iznosi 15%, može se pretpostaviti da će ostatak ugljen-dioksida biti u potpunosti iskorišćen sledeće godine od strane useva koji će dati sirovinu za proizvodnju biodizela. Zato se može reći da je neto emisija ugljen-dioksida prilikom upotrebe biodizela, kada se posmatra na WTW (Well-to-Wheel) bazi, skoro jednaka nuli (slika 2).



Slika 2 - Zatvoren SO₂ ciklus – WTW baza, [6]

Sumpor-dioksid (SO₂): Danas, 1 tona konvencionalnog fosilnog dizela u EU sadrži maksimum 350 ppm sumpora u proseku. Kada dizel sagoreva, sumpor se oslobađa u atmosferu u obliku sumpor-dioksida. Biodizel skoro da nema sumpora (sadržaj sumpora 0÷0,0069 mg/m³). Takođe, upotrebom tečnog naftnog gasa i prirodnog gasa u motornim vozilima se skoro 100% smanjenje emisija sumpor-dioksida u odnosu na benzinska i dizel vozila.

Azotni oksidi (NOx): Emisija azotnih oksida iz biodizela je 4% veća u odnosu na emisiju iz

fosilnog dizela. Obzirom na nedostatak sumpora u biodizelu moguće je koristiti tehnike kontrolisanja azotnih oksida koje je nemoguće koristiti kod fosilnog dizela [6]. Sagorevanje tečnog naftnog gasa u motornim vozilima upoređeno sa benzinskim vozilima emituje 40% manje azotnih oksida, dok u poređenju sa dizel vozilima to smanjenje je još veće i iznosi 90%. Kod upotrebe prirodnog gasa u motornim vozilima smanjenje emisije azotnih oksida je 83% u odnosu na benzinska vozila i 80% u odnosu na dizel vozila.

Ugljen-monoksid (CO): Upotrebom biodizela smanjuje se emisija ugljen-monoksida za najmanje 30% u odnosu na fosilni dizel [35]. Kod upotrebe prirodnog gasa u motornim vozilima smanjenje emisije ugljen-monoksida je veće i iznosi od 76% u odnosu na benzinska vozila i 5% u odnosu na dizel vozila. Najveće smanjenje emisije ugljen-monoksida je pri upotrebi tečnog naftnog gasa u motornim vozilima i u poređenju sa benzinskim vozilima je manja za 75%, a u poređenju sa dizel vozilima manje je 60%.

Čvrste čestice (PM): Kako se čvrste čestice javljaju pri sagorevanju dizel goriva, njihova emisija u izduvnim gasovima je kod biodizela oko 50% manja nego kod fosilnog dizela [6]. Sagorevanje tečnog naftnog gasa u motornim vozilima upoređeno sa dizel vozilima emituje 85% manje čestica. Kod upotrebe prirodnog gasa u motornim vozilima čestice su eliminisane iz izduvnih gasova.

7. STANJE U SRBIJI

Potrošnja finalne energije u Srbiji 2011. godine iznosila je 9,29 Mten (miliona tona ekvivalentne nafte), i povećana je u odnosu na 1990. godinu za 2,9%, kao i u odnosu na 2010. godinu za 4,5%.

U strukturi potrošnje učešće industrije je 28,4%, sektora domaćinstva, poljoprivrede, javne i komercijalne delatnosti je 47,9%, a saobraćaja 24,2% [7].

Ukupna potrošnja goriva u transportnom sektoru Srbije u stalnom je porastu, tabela 5.

	2001.	2005.	2009.	2011.
Potrošnja goriva	1,815	2,371	3,024	3,291

Tabela 5 - Ukupna potrošnja goriva u 10⁶ tona u transportnom sektoru Srbije, 2001÷2011., [8]

Broj putničkih vozila u transportnom sektoru Srbije dat je u tabeli 6. Najčešće primenjena tehnička rešenja na vozilima koja se koriste u Srbiji su:

- karburatorski motori, sa neregulisanom emisijom,
- motori sa ubrizgavanjem različitog nivoa opreme (sa katalizatorom ili bez njega),
- motori različitog nivoa standarda o emisiji (US83, Euro 1 do Euro 4) i
- vrlo malo vozila na alternativni pogon (tečni naftni gas, hibrid, itd).

	Tehnologija	2001.	2005.	2009.	2011.
BENZIN	Konvencion.	998.840	889.823	635.161	497.128
	Euro 1	67.121	70.403	82.434	71.634
	Euro 2	82.572	150.920	140.226	145.302
	Euro 3	38.527	113.630	185.941	201.173
	Euro 4	–	21.387	132.145	153.798
	Ukupno	1.187.060	1.246.163	1.175.907	1.069.035
DIZEL	Konvencion.	100.428	105.172	119.613	121.761
	Euro 1	13.292	14.849	25.962	34.326
	Euro 2	11.382	36.686	47.953	53.548
	Euro 3	4.086	27.483	110.053	127.472
	Euro 4	–	6.559	72.248	105.957
	Ukupno	129.188	190.749	375.829	443.064
TNG	Konvencion.	149	5.930	30.284	38.520
	Euro 1	5	610	4.720	6.154
	Euro 2	4	1.461	7.871	9.270
	Euro 3	6	1.930	6.195	6.726
	Euro 4	–	337	4.923	5.327
	Ukupno	164	10.268	53.993	65.997
Hibridno	–	2	8	13	
UKUPNO		1.316.412	1.447.182	1.605.737	1.578.109

Tabela 6 - Broj putničkih vozila u transportnom sektoru Srbije, 2001–2011. god. [8]

Iz tabele 6 vidimo da je trenutno mala zastupljenost vozila na alternativni pogon u transportnom sektoru Srbije.

8. ZAKLJUČAK

Trenutno slaba ekonomska isplativost primene alternativnih goriva u motornim vozilima u Srbiji svakako igra ključnu ulogu u njihovoj maloj primeni. U vezi sa kriterijumom ekonomičnosti korišćenja alternativnih goriva treba da se istakne da cene goriva, troškovi registracije, porezi i druge obaveze koje se nameću korisniku vozila proističu iz globalne fiskalne i ekonomske politike u jednoj zemlji, posebno iz politike razvoja saobraćaja i energetike. To znači da na cene alternativnih goriva, pored proizvodne cene, direktno i odlučujuće utiče država, svojim merama i odlukama. Na ovaj način, može da se direktno pospeši korišćenje jednog, na uštrb drugog goriva. Može, dakle, da se podstiče potrošnja onog goriva za koji država ima najveći interes, čije su rezerve velike, koja ne zagađuju okolinu. Veoma je izvesno da će u narednih 15 godina na raspolaganju kao alternativna goriva u drumskom saobraćaju Srbije nalaziti tri vrste alternativnih

goriva: tečni naftni gas (obezbeden najvećim delom iz uvoza), komprimovani prirodni gas (obezbeden iz uvoza kao trenutni svetski trend) i biodizel (proizveden iz sopstvenih sirovina u Srbiji). Iz tih razloga ovim gorivima je u ovom radu posvećena posebna pažnja.

LITERATURA

- [1] Hodolič J. i saradnici, "Mašinstvo u inženjerstvu zaštite životne sredine", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2003.
- [2] Teofilović G., "Bio-dizel kao gorivo za motore SUS", diplomski rad, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2008.
- [3] Vukašinović R., Jakšić D., "Redukcija izduvnih gasova motornih vozila", zbornik radova, VTŠSS Uroševac, 2012.
- [4] Krstić D., Popović G., "Emisija izduvnih gasova pri eksploataciji vozila", CIMSI, Kragujevac, 2005.
- [5] Sudarević D., Kozić A., "Uticao alternativnih goriva u motorima SUS na očuvanje životne sredine", Festival kvaliteta, Kragujevac, 2005.

- [6] Marjanović Z., Radonjić D., Brzaković R,
"Primena biodizela kod vozila u Srbiji",
Zaštita životne sredine, Banja Luka, 2009.
- [7] Ministarstvo energetike, *"Izveštaj o stanju
životne sredine u Republici Srbiji za
2011."*, Beograd, 2012.
- [8] *"Određivanje količina emitovanih
gasovitih zagađujućih materija poreklom
od drumskog saobraćaja primenom
COPERT IV modela"*, Institut
Saobraćajnog fakulteta, Beograd, 2012.