

ANALIZA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU VOZILA SA POGONOM NA **DIZEL** I **TNG/CNG**



INŽENJERI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE



ANALIZA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU VOZILA SA POGONOM NA DIZEL I TNG/CNG



Sadržaj:

1.0 Predmet i cilj analize	3
2.0 Osobine dizel goriva	4
2.1 Hemijski sastav dizel goriva	4
2.2 Karakteristike dizel goriva	5
3.0 Osobine prirodnog gasa kao goriva	6
3.1 Osobine tečnog naftnog gasa - TNG	7
3.2 Osobine komprimovanog prirodnog gasa - CNG	8
4.0 Proces sagorevanja goriva	9
4.1 Proces sagorevanja goriva u SUS motoru	9
4.2 Produkti sagorevanja - izduvni gasovi iz SUS motora	10
4.3 Zakonska regulativa u Srbiji u pogledu kvaliteta izduvnih gasova iz SUS motora	14
5.0 Štetne materije u izduvnim gasovima motora sa dizel gorivom	16
6.0 Štetne materije u izduvnim gasovima motora sa pogonom na prirodni gas	18
7.0 Komparativna analiza štetnog uticaja izduvnih gasova SUS motora na životnu sredinu	19
8.0 Rezime	23
9.0 Literatura	24



1.0 Predmet i cilj analize

Predmet rada je analiza sadržaja štetnih materija u izduvnim gasovima SUS motora, sa pogonom na dizel gorivo i pogonom na alternativna goriva prirodnog gasa / TNG i CNG/.

Predmet ove analize je i davanje ocene i preporuka u pogledu korišćenja dizel goriva i prirodnog gasa za pogon SUS motora, sa stanovišta povoljnijeg uticaja na životnu sredinu.

Analiza se ograničila na vozila za prevoz lica klase M1 i teretna vozila N1.

Cilj rada je da na osnovu sprovedene analize raspoloživih podataka, da odgovor na pitanje "kvaliteta" emisije izduvnih gasova iz motora sa pogonom na dizel gorivo i motora sa pogonom na alternativna goriva prirodnog gasa /TNG i CNG/ a sa stanovišta zaštite životne sredine.

80%



ANALIZA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU VOZILA SA POGONOM NA DIZEL I TNG/CNG



2.0 Osobine dizel goriva

2.1 Hemijski sastav dizel goriva:

Dizel gorivo je fosilno gorivo koje nastaje kao produkt prerade sirove nafte u procesu destilacije na temperaturi od 170 do 360°C. Koristi se za pogon dizel motora. Osnovni elementi hemijskog sastava dizel goriva su ugljenik i vodonik koji se nalaze u formi tečnih ugljovodoničnih jedinjenja različite strukturalne složenosti. Pored ugljovodoničnih jedinjenja prisutna su i druga organska jedinjenja pre svih sumpora koji je hemijski vezan u dizel gorivu. Sadržaj sumpora u dizel gorivu je ograničen obzirom na njegovo štetno dejstvo na životnu sredinu, a i zbog izazivanja korozije delova motora.



20%

60%





2.2 Karakteristike dizel goriva:

Osnovne karakteristike dizel goriva su:

- Cetanski broj - prema kojem se određuje kvalitet goriva, predstavlja pokazatelj temperature samopaljenja goriva i perioda zakašnjenja paljenja. Cetanski broj odgovara procentualnom učešću cetana u smeši cetana i alfa metilnaftalina. Njegova vrednost ne sme biti prevelika, jer će prouzrokovati nepotpuno sagorevanje i pojavu dima.

Vrednost cetanskog broja za dizel goriva koja se koriste za pogon motora putničkih i lakih dostavnih vozila obično se kreće od 40 do 45.

- Toplotna moć - predstavlja količinu energije koja se oslobađa pri potpunom sagorevanju jednog kilograma goriva. Toplotna moć dizel goriva je oko 44 MJ/kg.

- Gustina na 15°C - gustina dizel goriva se kreće u rasponu od 0,84 do 0,88 g/cm³.

- Viskozitet na 20°C - je važna osobina dizel goriva i predstavlja karakteristiku unutrašnjeg trenja čestica tečne materije, odnosno otpor materije delovanju spoljašnjih sila koje teže da izvrše njeno pomeranje.

- Temperatura paljenja - predstavlja minimalnu temperaturu pri kojoj će se stvoriti uslovi za nastanak pare goriva u dovoljnoj količini da se može upaliti izvorom plamena. Tačka paljenja dizel goriva je oko 56°C.

- Temperatura stinjavanja - koja predstavlja temperaturu pri kojoj je gustina goriva takva da isto gubi sposobnost tečenja. Tačka stinjavanja dizel goriva je ispod - 15°C.



3.0 Osobine prirodnog gasa

Prirodni gas predstavlja prirodno gasovito fosilno gorivo koje pre svega sadrži visoki procenat gasa metana, dok u manjim količinama i druge gasove kao što su etan, propan, butan, itd.

Njegov sastav je određen mestom nalazišta, pa tako razlikujemo dve vrste prirodnog gasa, tzv. vlažni prirodni gas i tzv. suvi prirodni gas.

Suvi prirodni gas je stacioniran u posebnim nalazištima u kojima nema nafte ili u nalazištima iznad ležišta nafte u izdvojenom gasnom obliku. Glavni sastojak suvog prirodnog gasa je metan čiji sadržaj može biti i do 98% dok je sadržaj etana, propana, butana i drugih gasova mali.

Vlažni prirodni gas se nalazi u nafti u rastvorenom stanju i izdvaja se iz sirove nafte i čisti od primesa u separatorima kako bi se mogao transportovati do potrošača.

Vlažni prirodni gas pored metana sadrži i određenu količinu propana i butana.

Prirodni gas se između ostalog, koristi i kao alternativno gorivo za pogon motora transportnih vozila kada se isporučuje u dva oblika i to kao:

- tečni naftni gas - tzv. TNG i
- komprimovani prirodni gas - tzv. CNG.



3.1 Osobine tečnog naftnog gasa kao goriva

Tečni naftni gas /TNG/ se dobija u rafinerijama preradom nafte u kojoj se nalazi u rastvorenom stanju. TNG je poznat i pod nazivom autogas i LPG - Liquefied Petrol Gas.

Tečni naftni gas predstavlja smesu različitih ugljovodnika koja je prevedena u tečno agregatno stanje. Karakteristike ovog goriva prvenstveno zavise od međusobnog odnosa gasova propana /C₃H₈/ i butana /C₄H₁₀/ u formiranoj smesi gasova.

Sadržaj propana i butana u tečnom naftnom gasu je promenljiv i zavisi od meteoroloških uslova, tako da je na pr. sadržaj propana u smeši manji leti, a veći zimi.

Karakteristike tečnog naftnog gasa su:

- bezbojan gas, karakterističnog mirisa.
- nije otrovan gas.
- toplotna moć ovog goriva je od 25 do 29 MJ/lit., u zavisnosti od odnosa propana i butana u smeši.
- vrednost oktanskog broja se kreće do 110.
- teži je od vazduha, 1,9 puta, pa se zadržava pri tlu istiskujući kiseonik.
- pri sagorevanju oslobađa veliku količinu energije, sagorevanje je burno
- produkti sagorevanja su ugljen dioksid i vodena para.
- granica eksplozivnosti TNG-a je uska i iznosi 2 vol % /donja/ i 9 vol % /gornja/.

80%



ANALIZA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU VOZILA SA POGONOM NA DIZEL I TNG/CNG



3.2 Osobine komprimovanog prirodnog gasa kao goriva

Komprimovani prirodni gas /KPG/, poznatiji kao "metan" je gas u prirodnom obliku koji se komprimuje na visoki pritisak 220-250 bara. Osnovni sastojak ovog goriva je gas metan /CH₄/ čiji sadržaj u smeši gasa može biti i do 98%. Prirodne rezerve ovog gasa su prema procenama velike.

Karakteristike komprimovanog prirodnog gasa su:

- bezbojan gas, bez mirisa.
- nije otrovan gas.
- sagoreva plavičastim plamenom.
- toplotna moć ovog goriva je oko 35 MJ/lit.
- vrednost oktanskog broja mu je oko 130.
- lakši je od vazduha, za oko 40%, pa se ne zadržava pri tlu i ne istiskuje kiseonik.
/1Nm³=0,70 kg./
- granica eksplozivnosti CNG-a iznosi 5 vol % /donja/ i 15 vol % /gornja/.
- temperatura samopaljenja u vazduhu iznosi od 600 do 670°C.
- maksimalna vrednost brzine paljenja je 0,35 m/s.



4.0 Proces sagorevanja goriva u motorima

4.1 Proces sagorevanja goriva u SUS motoru

Pod pojmom sagorevanja goriva, podrazumeva se složen fizičko-hemijski proces brze oksidacije gorivih komponenti goriva, praćene nizom lančanih reakcija koje dovode do nastanka produkata sagorevanja, odnosno izduvnih gasova iz SUS motora.

Dakle u procesu sagorevanja, uz prisustvo kiseonika, dolazi do pretvaranja hemijske energije goriva u toplotnu energiju uz pojavu produkata sagorevanja, odnosno izduvnih gasova iz motora.

Pod pojmom potpunog sagorevanja goriva podrazumeva se da celokupna količina goriva sagori tokom trajanja procesa sagorevanja goriva i da u produktima sagorevanja nema ostataka nesagorelog goriva. Pri takvim uslovima sagorevanja postiže se maksimalan ekonomski efekat korišćenja goriva, obzirom da je stepen iskorišćenja raspoložive hemijske energije goriva najveći, jer se ista u celosti tada transformiše u toplotnu energiju.

Pored toga pri potpunom sagorevanju goriva u motoru dolazi do znatnog snižavanja emisije izduvnih gasova iz motora, posebno onih koji negativno utiču na kvalitet životne sredine, što je od posebne važnosti sa aspekta i zaštite životne sredine i postizanja napretka u realizaciji održivog razvoja transportnih sredstava. Pozitivan efekat potpunog sagorevanja goriva u motoru se izražava u tome što u izduvnim gasovima motora vozila tada izostaju čestice nesagorelog goriva čime se postiže znatno viši kvalitet izduvnih gasova iz motora koji se ispuštaju u atmosferu.

Nažalost proces potpunog sagorevanja u SUS motorima na sadašnjem nivou tehničko-tehnološkog razvoja nije ostvarljiv u celosti, a pre svega zbog velikog broja uticajnih činilaca i njihove složene međuzavisnosti koje se do danas nisu rešile na najbolji mogući način.

80%



ANALIZA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU VOZILA SA POGONOM NA DIZEL I TNG/CNG



4.2 Produkti sagorevanja - izduvni gasovi iz SUS motora

Pod pojmom emisija izduvnih gasova iz motora, podrazumeva se količina gasovitih komponenti koje izlaze iz izduvnog sistema SUS motora u atmosferu i zagađuju životnu sredinu. Neke od tih gasovitih komponenti su obuhvaćene zakonskom regulativom od koje su za nas možda najznačajniji EURO 6 standardi za emisiju izduvnih gasova koje je propisala evropska unija.

Iz same definicije pojma potpunog sagorevanja goriva, može se zaključiti da je u pitanju idealan slučaj sagorevanja tzv. teorijski slučaj i da pri stvarnim uslovima sagorevanja goriva u cilindrima SUS motora u produktima sagorevanja i izduvnim gasovima motora ipak preostaje manja ili veća količina nesagorele supstance goriva.

Navedeni problem sa prisustvom nesagorelih čestica goriva u izduvnim gasovima motora posebno je izražen pri upotrebi dizel goriva za pogon SUS motora, a uopšteno pri upotrebi fosilnih goriva na bazi nafte. U uslovima koji vladaju u cilindru motora vozila, pri procesu sagorevanja smeše vazduha i goriva kao posledica različitih uticajnih faktora koji opredeljuju kvalitet i nivo sagorevanja, ne dolazi do potpunog sagorevanja goriva već deo goriva zajedno sa produktima sagorevanja izlazi iz izduvnog sistema vozila u atmosferu i negativno utiče na životnu sredinu. Na taj način pri nepotpunom sagorevanju goriva dolazi do povećanog zagađenja životne sredine obzirom da izduvni gasovi motora tada pored štetnih produkata sagorevanja, koji su u formi različitih jedinjenja opasnih po zdravlje ljudi i životnu sredinu, u sebi sadrže i čestice nesagorelog goriva koje dodatno povećavaju negativan uticaj izduvnih gasova iz motora na zdravlje ljudi i održivo stanje životne sredine. Razlozi zbog kojih u cilindru SUS motora mešavina goriva i vazduha pri sagorevanju ne daje efekat potpunog sagorevanja goriva su brojni i različiti, ali bi se kao najuticajniji mogli izdvojiti sledeći faktori:



a/ nemogućnost obrazovanja potpuno homogene smeše goriva i vazduha u celoj zapremini smeše.

b/ ograničeno vreme trajanja procesa mešanja komponenti smeše i samog sagorevanja goriva.

c/ konstruktivna ograničenja komore za sagorevanje u SUS motorima.

d/ različite karakteristike i kvalitet goriva koja se koriste za pogon SUS motora.

Saglasno navedenom u realnim uslovima sagorevanje smeše goriva i vazduha u cilindrima motora ima karakter nepotpunog sagorevanja u većoj ili manjoj meri.

Kao rezultat sagorevanja goriva u cilindru motora nastaju izduvni gasovi čija hemijska jedinjenja u svom sastavu imaju jedinjenja koja direktno ugrožavaju zdravlje ljudi, ali i jedinjenja koja neposredno ugrožavaju životnu sredinu.

Hemijski sastav, količina i vrsta zagađujućih komponenti izduvnih gasova motora se razlikuju u zavisnosti od niza uticajnih faktora kao što su: vrsta goriva, tip motora, režim vožnje vozila, opterećenje vozila, starost vozila, nivo ugradnje naprednih tehnoloških rešenja za redukciju izduvnih gasova itd.

U ovom tekstu će biti navedeni oni elementi i jedinjenja koja su sadržana u izduvnim gasovima iz motora, a koji imaju najizraženiji negativan uticaj na zdravlje ljudi i zagađenje životne sredine.

Sa stanovišta negativnog uticaja na zdravlje ljudi i očuvanje životne sredine, presudnu ulogu imaju sledeća hemijska jedinjenja koja se nalaze u sastavu izduvnih gasova SUS motora:

80%



ANALIZA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU VOZILA SA POGONOM NA DIZEL I TNG/CNG



- Ugljen monoksid /CO/ - Nastaje kao produkt nepotpune oksidacije ugljenika iz goriva pri sagorevanju smeše goriva i vazduha u cilindru SUS motora. Ugljen monoksid je posebno otrovan gas jer sprečava distribuciju kiseonika u krv, bez boje je i mirisa. U prisustvu kiseonika oksidiše u CO₂.

- Ugljen dioksid /CO₂/ - Produkt je potpunog sagorevanja fosilnih goriva i nastaje vezivanjem ugljenika iz goriva sa kiseonikom iz vazduha. Bezbojan je gas, nije otrovan i nije zapaljiv. Neposredno ne utiče na zdravlje ljudi ali je to gas koji značajno doprinosi globalnom zagrevanju zemlje stvarajući tzv. efekat staklene bašte. Tako na indirektan način negativno utiče na životnu sredinu i zdravlje ljudi.

- Azotni oksidi /NO_x/ - Nastaju u procesu sagorevanja goriva u motoru, pri visokim pritiscima i temperama u uslovima kada postoji višak kiseonika. Najzastupljeniji oksidi su azot monoksid i azot dioksid, dok su ostali oksidi azota u malim količinama. Oksidi azota su otrovni i izazivaju oboljenje pluća. Učestvuju u stvaranju kiselih kiša i izumiranjju šuma. Takođe, doprinose nastajanju ozona.

- Hidrokarbonati /HC/ - Sastoje se od različitih vrsta cikličnih i acikličnih ugljovodoni-ka. Produkt su nepotpunog sagrevanja fosilnih goriva u motoru. U atmosferi reaguju sa oksidima azota i sunčevom svetlošću i pomažu stvaranju prizemnog ozona kao osnovnog sastojka smoga. Na zdravlje ljudi utiču negativno, iritirajući sluzokožu disajnih organa, a mogu biti i kancerogeni.

- Čvrste čestice /Particular Matter/ - Posebno su izražene u izduvnim gasovima iz dizel motora. Nastaju u procesu sagorevanja goriva kada nema dovoljne količine kiseonika pa dolazi do izdvajanja viših ugljovodoni-ka /od C12 do C25/ koji formiraju čestice čađi različite veličine : PM 0.1 /čestice <0,1 μm/, PM 2.5 /čestice 0,1 do 2,5 μm/ i PM 10 /čestice od 2,5 do 10 μm/ koje su posebno opasne. Utiču negativno na zdravlje ljudi, kancerogene su i izazivajući bolesti disajnih organa smanjuju otpornost ljudskog organizma.



Pored navedenih sastojaka u izduvnim gasovima motora, javljaju se i drugi gasovi kao što su:

- Sumpor dioksid /SO₂/ - pojavljuje se u izduvnim gasovima SUS motora u malim količinama. Izaziva oboljenja disajnih organa i glavni je uzročnik kiselih kiša.
- Ozon /O₃/ - koji predstavlja alotropsku modifikaciju kiseonika koja utiče na zagađenje životne sredine posebno u urbanim sredinama.
- Vodena para /H₂O/ - je osnovni gas staklene bašte koji utiče na globalno zagrevanje zemlje.

80%





4.3 Zakonska regulativa u pogledu kvaliteta izduvnih gasova iz SUS motora

Svaka evropska država sprovodi redovnu kontrolu dozvoljene koncentracije štetnih materija u izduvnim gasovima SUS motora najčešće u redovnoj proceduri tehničkih pregleda vozila.

U Republici Srbiji je sastav izduvnih gasova kod motornih vozila normativno uređen u Pravilniku o podeli motornih i priključnih vozila i tehničkim uslovima za vozila u saobraćaju na putevima.

Saglasno navedenom pravilniku, motorna vozila u Srbiji moraju ispunjavati propisane standardom najmanje "EURO 3". Pri vršenju tehničkog pregleda vozila sastav izduvnih gasova je određen sledećim normativima /čl.82 navedenog pravilnika/:

1/ Za vozila sa motorom sa aktivnim paljenjem smeše - oto motori: u zavisnosti od načina formiranja smeše goriva i vazduha, utvrđuje se sadržaj ugljen monoksida u izduvnim gasovima u [% vol.] pri režimu rada motora na praznom hodu i postignutoj radnoj temperature motora i potom upoređuje sa graničnom vrednošću sadržaja ugljen monoksida i to:

- vozila koja su prvi put registrovana u Srbiji do 01.03.2014. god. moraju imati manje od 4,5 [% vol.] ugljenmonoksida u izduvnim gasovima.
- vozila sa karburatorom koja su prvi put registrovana u Srbiji posle 01.03.2014. god. moraju imati manje od 3,5 [% vol.] ugljenmonoksida u izduvnim gasovima.
- vozila sa elektronskom regulacijom smeše, koja su prvi put registrovana u Srbiji posle 01.03.2014. god. moraju zadovoljiti od proizvođača vozila propisane vrednosti ugljenmonoksida i koeficijenta viška vazduha pri propisanom broju obrtaja u praznom hodu motora, kao i vrednosti pri propisanom povišenom broju obrtaja motora. Za slučaj da su podaci proizvođača nepoznati, tada: sadržaj ugljenmonoksida u režimu



rada motora na praznom hodu i radnoj temperaturi mora biti manji ili jednak 0,3 %, a u režimu rada pri najmanje 2000 obrtaja motora sadržaj ugljenmonoksida mora biti manji ili jednak 0,2 %. Pri tom koeficijent viška vazduha mora biti u granicama od 0,97 do 1,03.

2/ Za vozila sa motorom sa kompresionim paljenjem - dizel motori: utvrđuje se srednja vrednost koeficijenta apsorpcije svetlosti izduvnih gasova i upoređuje se sa graničnom vrednošću pri režimu praznog hoda motora i postizanju radne temperature motora određenih od strane proizvođača vozila. Srednja vrednost koeficijenta apsorpcije svetlosti izduvnih gasova se određuje kao srednja vrednost najmanje tri merenja metodom slobodnog ubrzanja do najvećeg dozvoljenog broja obrtaja. Ukoliko podaci proizvođača za srednju vrednost koeficijenta apsorpcije svetlosti izduvnih gasova nisu poznati, tada važi sledeće:

- za vozila snage do 73,5 KW vrednost koeficijenta apsorpcije svetlosti izduvnih gasova ne sme biti veća od 3,22 [1/m].
- za vozila snage preko 73,5 KW vrednost koeficijenta apsorpcije svetlosti izduvnih gasova ne sme biti veća od 2,44 [1/m].
- za vozila koja su prvi put registrovana u Srbiji posle 01.03.2014 god. srednja vrednost koeficijenta apsorpcije svetlosti izduvnih gasova ne sme biti veća od 1,5 [1/m].

3/ Vozila koja za pogon koriste više vrsta goriva: moraju pri korišćenju svake vrste goriva zadovoljiti gore navedene vrednosti.

4/ Vozila koja za pogon koriste kombinaciju goriva: moraju zadovoljiti kriterijume vrednosti emisije izduvnih gasova za osnovno gorivo.



ANALIZA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU VOZILA SA POGONOM NA DIZEL I TNG/CNG



5.0 Štetna jedinjenja u izduvnim gasovima motora sa dizel gorivom:

Specifičnost odvijanja procesa sagorevanja dizel goriva u motoru je u uslovima kada je smeša goriva i vazduha u celini siromašna i izrazito nehomogena, tako da postoje oblasti bogate i oblasti siromašne smeše, kao i oblasti čiji je sastav smeše u granicama zapaljivosti goriva.

Kao posledica ovakvog stanja smeše dizel goriva i vazduha izduvni gasovi iz dizel motora sadrže pored produkata potpunog sagorevanja /ugljen dioksid i vodena para/ i produkte nepotpunog sagorevanja i toksične produkte kao što su ugljen monoksid, hidrokarbonati, oksidi azota i mikročestice materije tzv. čađi.

U sastavu izduvnih gasova dizel motora, posebno negativan i štetan uticaj na životnu sredinu ima emisija sledećih hemijskih jedinjenja:

1/ Čestice materije /PM/ - u emisiji izduvnih gasova dizel motora postoji najizraženija koncentracija sitnih čestica čvrstog ugljenika koji se javlja u formi tzv. čađi ili koksa. Ove čestice izrazito nepovoljno utiču na zdravlje ljudi obzirom na svoja toksična svojstva i štetan uticaj na pluća i respiratorne organe kod ljudi.

2/ Oksidi azota /NOx/ - u emisiji oksida azota u izduvnim gasovima dizel motora preovlađuje azot monoksid sa učešćem od 70 do 90% i azot dioksid sa učešćem od 10 do 15% u zavisnosti od režima rada motora. Ovi oksidi nastaju kao posledica procesa sagorevanja goriva u motoru u uslovima postojanja viška kiseonika.

3/ Ugljen dioksida /CO2/ - Emisija ugljen dioksida iz dizel motora je posebno velika što ovo gorivo čini najmanje podobnim sa stanovišta zaštite životne sredine obzirom da je ugljendioksid jedan od najuticajnijih gasova na povećanje efekta "staklene bašte" čime na direktan način utiče na globalno zagrevanje zemlje ugrožavajući životnu sredinu, ljude, životinje i biljni svet.



Kod fosilnih goriva, emisija izduvnih gasova je proporcionalna potrošnji goriva. Smanjenju emisije ugljendioksida u izduvnim gasovima motora značajno doprinosi kvalitet goriva kao i nivo redukcije primenom savremenih tehnoloških rešenja.

Što se tiče emisije ostalih štetnih gasova koja su u sastavu izduvnih gasova iz dizel motora, kao što su ugljen monoksid i hidrokarbonati stanje je daleko povoljnije.

Obzirom da postoji kontinuirani zahtev za smanjenjem količine i sadržaja štetnih materija u izduvnim gasovima iz SUS motora, deklariranih standardom klase EURO 6, primorali su proizvođače vozila da u savremenim motorima primene nove tehnologije. U cilju zadovoljenja standarda izduvnih gasova EURO 6 klase, u izduvnu granu dizel motora se ugrađuju:

- za tehnologiju recirkulacije izduvnih gasova: ugrađuju se EGR ventili /Exhaust Gas Recirculation/ koji reguliše količinu već sagorelih gasova koja se ponovo vraća u cilindar motora čime se smanjuje mogućnost formiranja azotnih oksida jer u tom slučaju u cilindru motora ima manje slobodnog kiseonika i azota. Sadržaj povratnih gasova u cilindar motora može da bude i do 30% usisne zapremine motora.

- za tehnologiju redukcije azotnih oksida: upotrebom katalizatora SCR /Selective Catalytic Reduction/. Tehnologija redukcije azotnih oksida je zasnovana na ubrizgavanju rastvora uree, odnosno tzv. AdBlue tečnosti pri čemu se formira amonijak koji se potom hemijski vezuje za azotne okside, a kao rezultat te hemijske reakcije nastaje bezopasni gas azot i vodena para.

- ugradnja trosmernih katalizatora u kombinaciji sa DPF filterom omogućavaju značajnu redukciju štetnih gasova u emisiji izduvnih gasova iz SUS motora.

Međutim i pored ugradnje novih tehnologija u savremene dizel motore i nadalje ostaje problem visokog sadržaja štetnih jedinjenja u emisiji izduvnih gasova, a posebno čvrstih čestica, azotnih oksida i ugljen dioksida koja je znatno veća u odnosu na druga goriva koja se koriste za pogon SUS motora.





6.0 Štetna jedinjenja u izduvnim gasovima motora sa pogonom na prirodni gas

Prednost odvijanja procesa sagorevanja u motorima sa pogonom na prirodni gas u odnosu na motore sa pogonom na dizel gorivo se prvenstveno ogleda u mogućnosti formiranja homogenije smeše vazduha i prirodnog gasa čime se stvaraju povoljniji uslovi za potpunije sagorevanje goriva, a time i uslovi za smanjenje emisije zagađujućih komponenti u izduvnim gasovima motornih vozila.

U sastavu izduvnih gasova motora sa pogonom na prirodni gas, štetan uticaj na životnu sredinu ima emisija sledećih hemijskih jedinjenja:

1/ Čestice materije /PM/ - u emisiji izduvnih gasova posebno je izražena znatno manja koncentracija sitnih čestica čvrstog ugljenika u odnosu na emisiju izduvnih gasova iz dizel motora.

2/ Oksidi azota /NOx/ - emisija oksida azota u izduvnim gasovima motora sa pogonom na prirodni gas je takođe znatno manja od emisije ovih oksida u izduvnim gasovima iz dizel motora.

3/ Ugljen dioksida /CO₂/ - Emisija ugljen dioksida u izduvnim gasovima iz motora sa pogonom na prirodni gas je manja u odnosu na emisiju ovog gasa iz motora sa pogonom na dizel gorivo.

4/ Ugljen monoksid /CO/ - Emisija ugljenmonksida u izduvnim gasovima iz motora sa pogonom na prirodni gas je nešto veća u poređenju sa emisijom izduvnih gasova iz motora sa pogonom na dizel gorivo.

5/ Hidrokarbonati /HC/ - Emisija hidrokarbonata u izduvnim gasovima iz motora sa pogonom na prirodni gas je veća u poređenju sa izduvnim gasovima motora sa dizel gorivom.



7.0 Komparativna analiza uticaja na životnu sredinu emisije izduvnih gasova iz motora sa pogonom na dizel gorivo i pogonom na prirodni gas TNG/CNG

Nivo i sadržaj emisije zagađujućih čestica u izduvnim gasovima iz SUS motora, pored tipa vozila, režima rada motora, opterećenja motora, intenziteta korišćenja vozila, broja vozila, kvaliteta putne mreže i niza drugih uticajnih činilaca, u velikoj meri je zavistan od vrste goriva koje se koristi za pogon motornih vozila u drumskom saobraćaju. Zbog velikog broja uticajnih faktora na emisiju izduvnih gasova iz motora, složenosti hemijskih reakcija pri sagorevanju, kao i nedostatku realnih vrednosti emisije izduvnih gasova dobijenih neposrednim merenjem za različite režime i uslove rada motora, nije moguće dati egzaktnu i uporedivu vrednost emisije pojedinih štetnih materija koje su sadržane u izduvnim gasovima motora.

Za potrebe predmetne analize, iz navedenih razloga, analiza će biti usmerena na dostupne podatke iz literature.

Upotreba prirodnog gasa kao goriva za pogon SUS motora u poređenju sa dizel gorivom ima značajne pozitivne efekte.

Najveća prednost primene prirodnog gasa kao pogonskog goriva za pogon SUS motora je izražena u ekološkom aspektu:

1/ Znatno niža emisija izduvnih gasova iz motora u odnosu na emisiju izduvnih gasova iz motora koji za pogon koriste dizel gorivo.

Saglasno ovoj prednosti, primena ovog goriva za pogon SUS motora je posebno pogodna i neophodna u većim gradovima, gde je veliki broj vozila na malom prostoru usled čega se stvara velika koncentracija izduvnih gasova iz motora vozila.

ANALIZA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU VOZILA SA POGONOM NA DIZEL I TNG/CNG



2/ Postizanje niskotoksične emisije izduvnih gasova, niže emisije ugljen monoksida, niža emisija isparljivih organskih jedinjenja, znatno niža emisija azotnih oksida i znatno niža emisija čvrstih čestica čađi i do 95%.

3/ Vrednost koeficijenta emisije ugljendioksida po jedinici oslobođene energije prirodnog gasa je znatno niži u odnosu na dizel gorivo.

4/ Ovo gorivo ne sadrži sumpor, čestice, tragove teških metala i toksične aditive što ga čini posebno čistim gorivom.

5/ CNG ima najbolji gorivi ekvivalent. /1 lit tečnog goriva = 1,2 m³ prirodnog gasa = 0,8 CNG-a./

6/ Znatno je niži nivo buke koji stvara motor sa pogonom na prirodni gas u odnosu na motor sa pogonom na dizel gorivo i do 50%.

Prema raspoloživoj literaturi, u Srbiji nije realizovano sveobuhvatno istraživanje u cilju utvrđivanja količine emitovanih štetnih materija u izduvnim gasovima iz motora vozila koja potiču od drumskog saobraćaja, već samo parcijalna i ograničena istraživanja sa nedovoljnim i nepotpunim direktnim merenjima u realnim uslovima za različite vrste goriva i različite režime rada motora.

Shodno navedenom, a u cilju davanja odgovor na pitanje "kvaliteta" emisije izduvnih gasova iz motora sa pogonom na dizel gorivo i motora sa pogonom na alternativna goriva prirodnog gasa /TNG i CNG/ sa aspekta zaštite životne sredine, sprovedena je analiza raspoloživih podataka i na osnovu iste prezentirane su prednosti izabranog goriva sa stanovišta zaštite životne sredine i zdravlja ljudi.

Za potrebe ove analize korišćeni su sledeći podaci:



1/ podaci o relativnim prosečnim vrednostima emisijih faktora pojedinih izduvnih gasova za motore sa pogonom na dizel gorivo i pogonom na TNG gorivo. [1]

2/ podaci o emisiji ugljendioksida iz dizel motora Hyundai Tucson 1.6 lit. i snage 80 KW i 100 KW /izvor iz ponuda proizvođača vozila/ [2]

3/ podaci o emisiji ugljendioksida iz motora Opel Combo Turbo sa pogonom na CNG, 1.4 lit. i snage 88 KW i motora Opel Zafira Tourer Turbo sa pogonom na CNG, 1.6 lit. i 110 KW. /izvor podaci dilera ovih vozila/ [3]

4/ prosečan godišnji pogonski učinak vozila, sa uporedivim motorima, prema podacima dobijenim od firme "Patrol 023" iz Zrenjanina. /uzorak od 13 vozila uporedivih motora/ [4]

Ako se uzmu u obzir podaci proizvođača vozila, koji su navedeni u analizi, emisija ugljendioksida u izduvnim gasovima, iz uporedivih motora sa kombinovanim ciklusom /grad-otvoreni put/, sa pogonom na CNG, pogonom na TNG i pogonom na dizel gorivo, može se dobiti relacija:

- emisija ugljendioksida u izduvnim gasovima iz motora sa pogonom na CNG je manja za oko 7,0% od emisije iz motora sa pogonom na TNG i za oko 6,5% manja od emisije iz motora sa pogonom na dizel gorivo.

Ukoliko se za analizu usvoji gore navedena orijentaciona relacija emisije ugljen dioksida, kao i prosečan godišnji pogonski učinak vozila sa uporedivim motorima, moguće je približno na godišnjem nivou, iskazati smanjenje emisije ugljendioksida u izduvnim gasovima motora sa pogonom na prirodni gas u odnosu na emisiju ugljendioksida iz motora sa pogonom na dizel gorivo, u visini od oko 700 kg/god. po jednom vozilu.

80%



ANALIZA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU VOZILA SA POGONOM NA DIZEL I TNG/CNG



Navedena vrednost je znatno manja od vrednosti koja bi se dobila primenom orijentacione srednje vrednosti smanjenja emisije štetnih materija u izduvnim gasovima motora sa pogonom na prirodni gas u odnosu na izduvne gasove iz motora sa pogonom na dizel gorivo u iznosu od oko 15%. Primenom ovog kriterijuma, smanjenje emisije ugljendioksida u izduvnim gasovima motora sa pogonom na prirodni gas u odnosu na emisiju ugljendioksida iz motora sa pogonom na dizel gorivo, bi iznosilo oko 1.400 kg/god. po vozilu.

Dakle, upoređenjem ova dva kriterijuma, po oba kriterijuma se uočava da nastaje značajan nivo smanjenja emisije ugljendioksida u izduvnim gasovima motora sa pogonom na prirodni gas u odnosu na emisiju ugljendioksida iz motora sa pogonom na dizel gorivo.

Ukoliko se primeni uporedna analiza za emisiju ostalih štetnih materija u izduvnim gasovima motora kao što su ugljenmonoksid, čvrste čestice materije, oksidi azota i hidrokarbonati, korišćenjem odnosa orijentacionih faktora emisije pojedinih štetnih gasova u izduvnim gasovima motora, izvedene su orijentacione vrednosti smanjenja emisije navedenih štetnih materija u izduvnim gasovima motora sa pogonom na prirodni gas i pogonom na dizel gorivo. Na taj način određena je emisija štetnih materija u izduvnim gasovima motora, u odnosu na dizel gorivo, i iznosila bi:

- smanjenje emisija čvrstih čestica čađi oko 1,2 kg/god., po vozilu.
- smanjenje emisija azotnih oksida oko 116 kg/god., po vozilu.
- smanjenje emisija hidrokarbonata oko 5,8 kg/god., po vozilu
- povećanje emisije ugljenmonoksida oko 73 kg/god., po vozilu.



8.0 Rezime

Obzirom na kompleksnost materije - komparativne analize emisije štetnih materija u izduvnim gasovima iz motora sa pogonom na prirodni gas i pogonom na dizel gorivo sa aspekta zaštite životne sredine i zdravlja ljudi, kao i nedostatak relevantnih eksperimentalnih vrednosti emisije pojedinih štetnih materija u izduvnim gasovima iz motora sa pogonom na dizel gorivo i prirodni gas kao pogonsko gorivo, u prezentiranoj analizi nije bilo moguće dati eksplicitne vrednosti već samo izvedene orijentacione vrednosti emisije pojedinih štetnih materija, a na bazi raspoloživih podataka.

Saglasno navedenom i sprovedenoj analizi uticaja na životnu sredinu vozila sa pogonom na dizel gorivo i pogonom na TNG/CNG gorivo, nedvosmisleno je utvrđeno da sa aspekta zaštite životne sredine upotreba vozila čiji motor koristi TNG ili CNG gorivo je prihvatljivije u odnosu na vozila čiji motori za pogon koriste dizel gorivo. Ovo iz razloga što u tom slučaju emisija čvrstih čestica, azotnih oksida, hidrokarbonata i ugljendioksida u izduvnim gasovima motora je manja u odnosu na emisiju iz dizel motora, dok je emisija ugljenmonoksida veća nego emisija iz dizel motora.

EURO 6 standardi za emisiju izduvnih gasova lakih i teških vozila zahtevaju najveće smanjenje emisije štetnih materija. Uvedene su stroge granice za sadržaj azotnih oksida za dizel putničke automobile što će se najverovatnije sve teže zadovoljavati.

Konačno, na osnovu sprovedene analize raspoloživih podataka, može se zaključiti da se može uticati na smanjenje emisije štetnih materija u izduvnim gasovima iz SUS motora korišćenjem prirodnog gasa umesto dizel goriva, čime se direktno pozitivno deluje na zaštitu životne sredine.

Ukoliko se uzme u obzir i činjenica da koeficijent motorizovanosti i koeficijent mobilnosti već imaju visoke vrednosti i da je i nadalje održiv trend njihovog rasta, sa stanovišta zaštite životne sredine nameće se potreba i neophodnost korišćenja prirodnog gasa kao pogonskog goriva u SUS motorima kao zamena za dizel gorivo.

80%





9.0 Literatura

[1] Modelovanje potrošnje naftnih derivata i zagađenja životne sredine u transportnom sektoru u Republici Srbiji, Univerzitet u Beogradu, magistarski rad Dipl. Inž. Dalibor M. Marinković, 2012.

[2] Specijalna ponuda vozila Hyundai Tucson, Hyundai Srbija d.o.o Beograd, novembar 2019.

[3] Podaci o emisiji ugljendioksida iz motora vozila marke Opel sa pogonom na CNG i TNG.

[4] Podaci o vozilima firme "Patrol 023" iz Zrenjanina. /uzorak od 13 vozila uporedivih motora/

[5] Istraživanje performansi autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas sa stanovišta bezbednosti i uticaja na životnu sredinu, Univerzitet u Beogradu, doktorska disertacija Ivan S. Ivković, 2012.

[6] Uticaj Alternativnih goriva u motorima SUS na očuvanje životne sredine, Asocijacija za kvalitet i standardizaciju, 32. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Kragujevac 19-21 maj 2005.

[7] 38. Nacionalna konferencija o kvalitetu, 6. Nacionalna konferencija o kvalitetu života,

[8] Određivanje količine emitovanih gasovitih zagađujućih materija poreklom od drumskog saobraćaja primenom Copter IV modela, Institut saobraćajnog fakulteta u Beogradu, 2010,

[9] Komprimovani Prirodni Gas /KPG/ - Compressed Natural Gas /CNG/ - Metan kao ekološko gorivo budućnosti, internet.

[10] Istraživanje emisije štetnih materija autobusa sa pogonom na komprimovani prirodni gas,

[11] Eksploatacija tečnih i gasovitih mineralnih sirovina i gasna tehnika, Rudarski odsek, Prof. Dr. Aleksandra Kostić-Pulek

[12] Pravilnik o podeli motornih i priključnih vozila i tehničkim uslovima za vozila u saobraćaju na putevima, Službeni glasnik RS br.40/12 do 104/19, čl.81 i 82.