

UDK: 631.558.1;504

Originalan naučni rad

UTICAJ RADNOG REŽIMA TRAKTORA NA ŽIVOTNU SREDINU

Nebojša Balac¹, Milan V. Šunjevarić*², Zoran I. Mileusnić¹,
Rajko M. Miodragović¹

¹ Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet-Institut za poljoprivrednu tehniku,
Beograd-Zemun

² Student master studija, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet,
Institut za poljoprivrednu tehniku, Beograd-Zemun

Sažetak: U radu su prikazani i analizirani rezultati merenja izduvne emisije, u zavisnosti od radnog režima traktora. Cilj rada je analiza uticaja radnog režima, odnosno dve različite vrednosti broja obrtaja kolenastog vratila motora traktora i dva različita stepena prenosa, na nivo izduvne emisije. Pored toga rad prikazuje i kratak pregled tehničkih rešenja naknadnog tretmana izduvnih gasova. Prikazani rezultati omogućuju poređenje radnih režima ispitivanih modela traktora “YTO X1204” i “Foton 904”. Istraživanje takođe pokazuje koliko rukovaoci – operateri na traktorima uz tehnička ograničenja traktora, znanjem i tehnikom upotrebe mašine mogu doprineti nižem stepenu izduvne emisije gasova (CO₂, NO, NO₂, NO_x, SO₂, O₂) ugrađenih motora u traktore.

Ključne reči: Traktor, izduvna emisija motora, životna sredina, radni režim

UVOD

Zemljište je rastresiti površinski sloj litosfere, a ujedno i veza između čoveka i poljoprivrede koja predstavlja važnu privrednu delatnost. Zavisnost čoveka od kulturnih biljaka nije postojala sve do bronzanog doba. Kroz istoriju intenzivne upotrebe, odnosno obrade zemljišta titula “izumitelja poljoprivrede” pripada narodu Sumera, [12].

* Kontakt autor. E-mail adresa: milan.sunjevaric.ue@gmail.com. Rezultati istraživanja su deo aktivnosti projekta *Unapređenje biotehnoških postupaka u funkciji racionalnog korišćenja energije, povećanja produktivnosti i kvaliteta poljoprivrednih proizvoda*, TR 310 51, pod pokroviteljstvom Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja R. Srbije.

Tokom poslednja dva veka brojnost ljudske populacije u svetu se naglo povećala, pa je tako i potreba za hranom porasla. Shodno tome, za posledicu usledilo je i povećanje produktivnosti poljoprivrede, a uloga traktora, kao vučno pogonske jedinice u tome je veoma značajna. Sa ekspanzijom motornih vozila i industrije došlo je do drastičnog pogoršanja na polju zagađenosti Planete Zemlje (zemljište, voda, vazduh), jer se u atmosferu emitovale sve više gasova. Mnoga područja na planeti Zemlji postala su mesta gde se više ne mogu gajiti neke biljke ili poljoprivredne kulture. Još od kraja 80-ih i početka 90-ih godina XX veka u Evropi i Svetu su se pozabavili temom emisije, tačnije uveli su je u zakonske tokove, uvodeći norme izduvne emisije prvo za putni a onda nešto kasnije i za vanputni program vozila.

Ova tema i dalje predstavlja jednu od najvažnijih u Evropi i svetu, pa je tako na nivou država članica Evropske unije bio zadatak da svaka od njih pojedinačno izvrši procene nivoa zagađenosti vazduha putem empirijskih merenja, a nakon toga obezbedi plan i program za obezbeđenje kvalitetnog vazduha i najmanji štetni uticaj po životnu sredinu. Deo sistema koji emituje izduvne gasove su i poljoprivredne mašine, koje su takođe obuhvaćene normiranjem emisije. Pored normi kojih su proizvođači u obavezi da se pridržavaju, postavlja se pitanje: *Da li rukovaoci kao deo tog tehničkog sistema mogu doprineti na ovom polju?*

MATERIJAL I METODE RADA

Ispitivanje uticaja radnog režima traktora u eksploataciji na životnu sredinu izvršeno je na traktorima "YTO X1204" i "Foton 904", pri tehnološkoj operaciji tanjiranja. Lokacija ispitivanja bila je u blizini aerodroma u Batajnici (*N 44° 55.108, E 020 14.968*). Dubina obrade zemljišta iznosila je 13,5 cm, a vršena je u povoljnim uslovima vlažnosti pa je klizanje točkova bilo u optimalnim vrednostima (12 do 15%) za standardni 4x4 traktor.

Parcele na kojima je vršeno ispitivanje bile su površine 2,1 ha (300 x 70 m) i 2,7 ha (450 x 60 m). Otpor penetracije zemljišta na lokalitetu iznosio je 0,2 do 0,46 kN na uvratinama, a na sredini parcele od 0,08 do 0,2 kN.

Cilj ispitivanja je, utvrđivanje uticaja različitih režima eksploatacije traktora na izdovnu emisiju motora, odnosno kako se menja sastav i međusobni odnos izduvnih gasova. Nivo izduvnih gasova meren je tokom operacije tanjiranja pri 1900 i 2200 min⁻¹ u 2 različita stepena prenosa, analizatorom gasova Testo 350 (Sl. 1.), koji zadovoljava ISO 9001 standard. Analizator ima mogućnost merenja koncentracije kiseonika O₂, azot monoksida NO, azotnih oksida NO_x, azot dioksida NO₂, sumpor dioksida SO₂, ugljen dioksida CO₂ (Tab 1.)

Analizator Testo 350 poseduje mobilni kontroler koji ima mogućnost komuniciranja sa mernim uređajem u sistemu "bluetooth" bežične veze. To podrazumeva odbir sadržaja (%) gasova za merenje, grafički prikaz rezultata, početak i kraj merenja, kao i mogućnost da se dobijeni rezultati sačuvaju u memoriji mernog uređaja (Tab. 1.) [13].



Slika 1. Gasni analizator Testo 350, [14]

Figure 1. Gas analyzer Testo 350, [14]

Tabela 1. Tehničke karakteristike analizatora izduvnih gasova Testo 350

Table 1. Technical characteristics of the exhaust gas analyzer Testo 350

Mereni parametri Measuring parameters	Merni opseg Measuring range	Rezolucija Resolution	Tačnost Accuracy	Vreme odziva Response
O_2	0...25 vol%	0,01Vol%	$\pm 0,2$ Vol. %	<20 s (t_{95})
NO	0...4000 ppm	1 ppm	± 5 ppm (0...199 ppm) $\pm 5\%$ (100...1999 ppm) $\pm 10\%$ (1999... ppm)	<30 s (t_{90})
NO_{low}	0...300 ppm	0,1 ppm	± 2 ppm (0...39.9 ppm) $\pm 5\%$ (39.9... ppm)	<30 s (t_{90})
NO_2	0...500 ppm	0,1 ppm	± 5 ppm (0...99.9 ppm) $\pm 5\%$ (99.9... ppm)	<40 s (t_{90})
SO_2	0...5000 ppm	1 ppm	± 5 ppm (0...99 ppm) $\pm 5\%$ (100...1999 ppm) $\pm 10\%$ (1999... ppm)	<30 s (t_{90})
CO_2 -(IR)	0...50 Vol. %	0,01 Vol. % (0...25 Vol.%) 0,1 Vol. % (> 25 Vol.%)	± 0.3 Vol. % $\pm 1\%$ (0...25 Vol.%) ± 0.5 Vol. % $\pm 1.5\%$	<10 s (t_{90}) vreme zagrevanja <15 min <10 s (t_{90}) heating time <15 min

Tehničke karakteristike traktora

Traktor YTO X1204 (Tab. 2.) ima šestocilindrični motor iz 2010. godine sa direktnim sistemom ubrizgavanja (pumpa visokog pritiska - brizgaljka). ECU (Elektronska kontrolna jedinica) u određenoj meri kontroliše vreme i količinu goriva ubrizganog u cilindre. Proces kontroliše sistem senzora (SI.2.). Transmisija je mehaničkog tipa sa 12 stepeni prenosa u 3 ranga, a opseg koji obuhvata je od 2.34 do 30.55 km·h⁻¹ napred i od 5.04 do 14.27 km·h⁻¹ nazad.

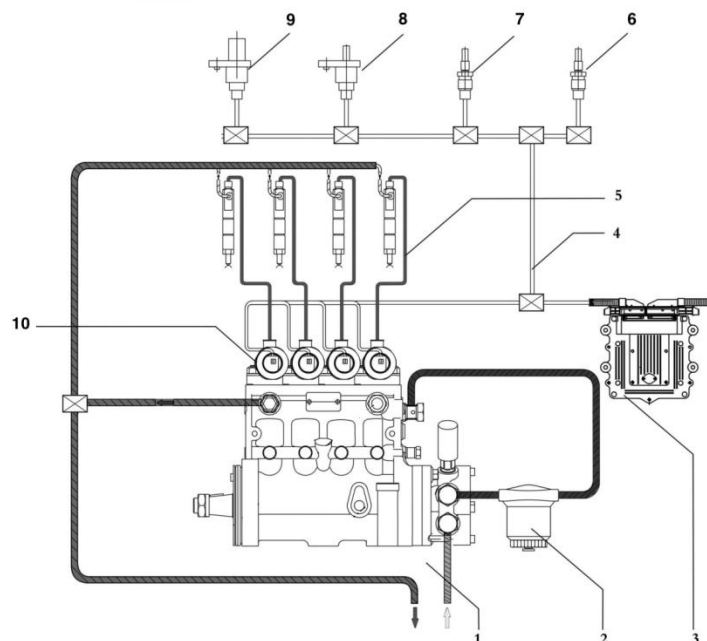
Tabela 2. Tehničke karakteristike traktora YTO X1204
Table 2. Technical characteristics of the tractor YTO X1204

YTO	Parametri Parameters	Jedinica Unit	
1	Broj cilindara/punjenje Number of cylinders / charging		6/ -
2	Snaga motora Engine power	kW	88.2
3	Nominalni broj obrtaja Nominal engine speed	min ⁻¹	2300
4	Zapremina motora Engine displacement	cm ³	7430
5	Maksimalna brzina kretanja Maximum speed	km·h ⁻¹	30
6	Glavni menjač Main gearbox		Mehanički, 12 stepeni prenosa, 3 područja Mechanical, 12 levels of transmission, 3 rangs
7	Broj obrtaja PVT Rpm of PTO	min ⁻¹	540/1000
8	Kategorija uređaja za agregatiranje Category of aggregation device		II
9	Masa traktora fabrička / eksploataciona Weight base / exploitation	kg	4.850 / 5.610 kg
10	Dimenzije š/d/v/ klirens/m.o.rastojanje Dimensions w/l/h / dist. from the ground / wheelbase	mm	2.330/5.000/ 2.960/495/2.688,5
YTO	Klasifikacija [7] Classification [7]	Jedinica Unit	
11	Prema snazi motora By engine power	kW	82 (srednji traktor) Middle tractor
12	Namena traktora By purpose		Univerzalni Universal
13	Koncepcija traktora Chassis		4x4 S
14	Hodni sistem Type of movement system		Točak Wheel
15	Kategorija prema sili vuče By pull classes	kN	30

Tabela 3. Tehničke karakteristike traktora Foton 904
 Table 3. Technical characteristics of the tractor Foton 904

<i>Foton</i>	<i>Parametri Parameters</i>	<i>Jedinica Unit</i>	
1	Broj cilindara/punjenje <i>Number of cylinders / charging</i>		4/ Turbopunjenje <i>4 / Turbocharging</i>
2	Snaga motora <i>Engine power</i>	<i>kW</i>	66.2
3	Nominalni broj obrtaja <i>Nominal engine speed</i>	<i>min⁻¹</i>	2200
4	Zapremina motora <i>Engine displacement</i>	<i>cm³</i>	4000
5	Maksimalna brzina kretanja <i>Maximum speed</i>	<i>km·h⁻¹</i>	35
6	Glavni menjač <i>Main gearbox</i>		Mehanički, 16 stepeni prenosa, 3 područja <i>Mechanical, 16 levels of transmission, 3 rangs</i>
7	Broj obrtaja PVT <i>Rpm of PTO</i>	<i>min⁻¹</i>	540/1000
8	Kategorija uređaja za agregatiranje <i>Category of aggregation device</i>		II
9	Masa traktora fabrička / eksploataciona <i>Weight base / exploitation</i>	<i>kg</i>	3.840 / 4.400 kg
10	Dimenzije š/d/v/ klirens/m.o.rastojanje <i>Dimensions w/h / dist. from the ground / wheelbase</i>	<i>mm</i>	2.050/4.530/ 2.810/405/2.195
<i>YTO</i>	Klasifikacija [7] <i>Classification [7]</i>	<i>Jedinica</i>	
11	Prema snazi motora <i>By engine power</i>	<i>kW</i>	66 (srednji traktor) <i>Middle tractor</i>
12	Namena traktora <i>By purpose</i>		Univerzalni <i>Universal</i>
13	Koncepcija traktora <i>Chassis</i>		4x4 S
14	Hodni sistem <i>Type of movement system</i>		Točak
15	Kategorija prema sili vuče <i>By pull classes</i>	<i>kN</i>	30

Traktor marke Foton (Tab.3.) ima četvorocilindrični dizel motorom sa turbopunjačem iz 2016. godine i poseduje isti tip ubrizgavanja kao i traktor YTO (Sl. 2.) odnosno sistem pumpa – brizgaljka. Ovaj traktor poseduje i EFU (Electronic Fuel Unit), elektronsku jedinicu za kontrolu ubrizgavanja goriva. Transmisija je mehaničkog tipa sa 16 stepeni prenosa napred i 8 nazad u 3 ranga, a opseg koji obuhvata je od 0.40 do 34.90 km·h⁻¹ hod napred i od 0.60 do 34.67 km·h⁻¹ za hod u nazad.



Slika 2. Sistem ubrizgavanja YTO i Foton traktora: 1 – pumpa , 2 – prečistač goriva, 3 – EFU (Elektronska jedinica za gorivo (Eng. Electronic fuel unit)), 4 – elektro instalacije senzora, 5 – cev za vod goriva pod pritiskom ka injektoru, 6 – senzor temperature vode, 7 – senzor temperature goriva, 8 – senzor pritiska goriva, 9 – senzor brzine kolenastog vratila, 10 – elektronska jedinica za ubrizgavanje, [15],[16]

Figure 2. YTO and Foton tractor injection system: 1 - pump, 2 - fuel filter, 3 - EFU (Electronic fuel unit), 4 - sensor of electrical installations, 5 - pressure pipe for pressure line injector, 6 - water temperature sensor, 7 - fuel temperature sensor, 8 - fuel pressure sensor, 9 - crankshaft speed sensor, 10 - electronic injection unit, [15], [16].

Uticaj na životnu sredinu

Prema propisima Evropske unije za vanputna vozila, ograničavanje emisije izduvnih gasova počelo je 1999. godine stupanjem na snagu Stage I norme. Danas je na snazi norma Stage IV, dok je od 2019. godine na snagu stupa Stage V norma.

Izduvna norma podrazumeva maksimalnu vrednost emisije toksičnih gasova NO_x , NO , NO_2 , SO_2 , kao i CO_2 u izduvnim gasovima. Kod SUS motora pri sagorevanju odnosno hemijskoj reakciji pretvaranja energije goriva u mehanički rad, štetne materije se izbacuju zajedno sa izduvnim gasovima [9]. Kod dizel motora maksimalni stepen korisnosti iznosi približno 40%, dok ostatak energije predstavlja gubitak od približno 60%. U okviru ovih gasova najveći uticaj na životnu sredinu imaju: ugljen monoksid (CO), ugljovodonici (CH), azotni oksidi (NO_x), čvrste čestice (PM) [1], [4]. Ilustraciju negativnog uticaja ovih gasova, prikazuje slika 3.

Uticaj	PM	HMs	POPs	SO ₂	NH ₃	NO _x	NMVOG	CO	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
Lokalni (zdravlje)											
Regionalni											
Kisele kiše											
Eutrofikacija											
Prizemni ozon											
Globalni											

Slika 3. Uticaj štetnih elemenata po zdravlje čoveka i životnu sredinu (Republička strategija zaštite vazduha sa akcionim planom upravljanja kvalitetom vazduha 2007.), [10].

Figure 3. Influence of harmful elements on human health and the environment (Republic strategy for air protection with the action plan for air quality management 2007), [10].

Glavni razlog za formiranje azotnih oksida u komori za sagorevanje je povišena temperatura sagorevanja, tako da smanjenjem temperature sagorevanja može dobiti smanjena emisija azotnih oksida, ali u tom slučaju količina (PM) čvrstih čestica (čadi) postaje veća. Sistemi naknadnog tretmana izduvnih gasova mogu drastično doprineti u njihovom smanjenju, pa se tako EGR sistemom recirkulacije postiže snižavanje temperature izduvnih gasova, odnosno smanjenje emisije azotnih oksida. Nakon primene sistema recirkulacije, ostaje problem sa suspendovanim česticama (česticama čadi) koji se rešava primenom DOC (Diesel Oxidation Catalyst) katalizatora i DPF (Diesel Particulate Filter) filtera [2], [5].

Zbog postizanja najviših zahteva o zaštiti čovekove okoline, uvodi se sistem selektivne katalitičke redukcije SCR (Selective Catalytic Reduction), odnosno hemijske reakcije izduvnih gasova sa ureom (32.5 % rastvor u vodi) [6].

Traktori na kojima je izvršeno ispitivanje nisu posedovali sisteme naknadnog tretmana izduvnih gasova.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

U ovom radu analizirani rezultati izduvne emisije na dva traktora, a ispitivanje je vršeno u okviru tehnologije proizvodnje soje. Podaci merenja prema tabelama 4, 5, pokazuju da su koncentracije izduvnih gasova motora kod YTO traktora veće u 1H u odnosu na 4M stepen prenosa, pri oba radna režima (1900, 2200 min⁻¹). To iznosi oko 40% manje NO_x, 13% manje CO₂ pri 1900 min⁻¹, a pri 2200 min⁻¹ emitovano je 20% manje NO_x i 10% manje CO₂ u 4M u odnosu na 1H stepen prenosa [13].

Tabela 4. Prosečne vrednosti sadržaja izduvnih gasova za YTO traktor za 1900 i 2200 min⁻¹
 Table 4. Average values of exhaust gas content for YTO tractor for 1900 and 2200 rpm

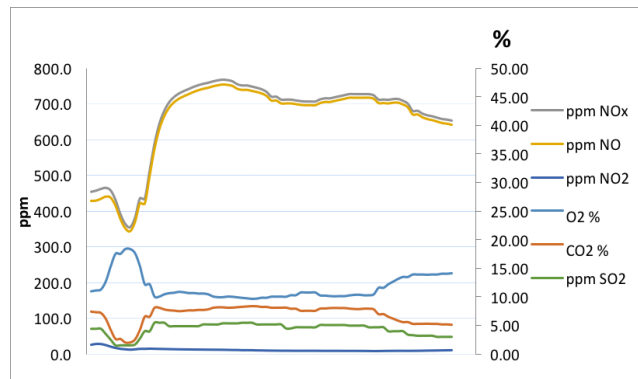
Izmerene vrednosti pri 1900 o/min <i>Measured values at 1900 rpm</i>	Stepen prenosa <i>Transmission level</i>	
	<i>1H</i>	<i>4M</i>
<i>O₂ %</i>	11,68	13,56
<i>ppm NO_x</i>	666,00	409,03
<i>ppm NO</i>	654,00	389,00
<i>ppm NO₂</i>	12,10	20,40
<i>ppm SO₂</i>	2,10	1,40
<i>CO₂ %</i>	6,91	6,00
Izmerene vrednosti pri 2200 o/min <i>Measured values at 2200 rpm</i>	Stepen prenosa <i>Transmission level</i>	
	<i>1H</i>	<i>4M</i>
<i>O₂ %</i>	13,02	14,90
<i>ppm NO_x</i>	457,81	364,52
<i>ppm NO</i>	414,07	301,05
<i>ppm NO₂</i>	12,38	17,22
<i>ppm SO₂</i>	4,00	3,00
<i>CO₂ %</i>	5,94	5,31

Tabela 5. Prosečne vrednosti sadržaja izduvnih gasova za Foton traktor na 1900 i 2200 min⁻¹
 Table 5. Average values of exhaust gas content for Foton tractor for 1900 and 2200 rpm

Izmerene vrednosti pri 1900 o/min <i>Measured values at 1900 rpm</i>	Stepen prenosa <i>Transmission level</i>	
	<i>1H</i>	<i>4M</i>
<i>O₂ %</i>	13,00	11,85
<i>ppm NO_x</i>	303,60	346,20
<i>ppm NO</i>	272,00	329,18
<i>ppm NO₂</i>	32,10	49,80
<i>ppm SO₂</i>	4,00	5,00
<i>CO₂ %</i>	4,25	5,00
Izmerene vrednosti pri 2200 o/min <i>Measured values at 1900 rpm</i>	Stepen prenosa <i>Transmission level</i>	
	<i>1H</i>	<i>4M</i>
<i>O₂ %</i>	17,09	15,89
<i>ppm NO_x</i>	283,70	337,70
<i>ppm NO</i>	255,00	308,00
<i>ppm NO₂</i>	28,20	29,90
<i>ppm SO₂</i>	4,00	5,50
<i>CO₂ %</i>	2,90	3,74

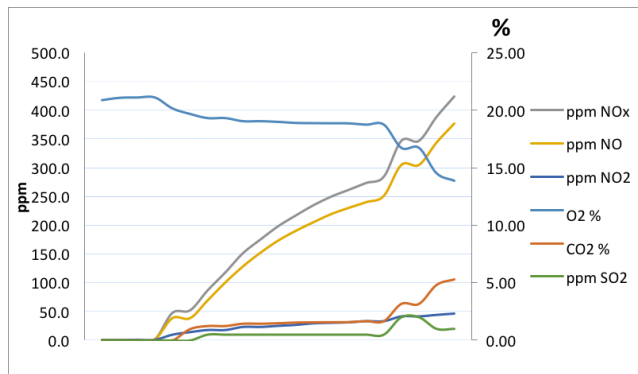
Traktor model Foton imao je veću koncentraciju izduvnih gasova u 4M stepenu prenosa pri oba radna režima. To iznosi 12 % manje NO_x, 15% manje CO₂ pri 1900 min⁻¹, dok je u drugom radnom režimu pri 2200 min⁻¹ nivo NO_x bio za 16 %, a CO₂ za 22 % manji u 1M u odnosu na 4M stepen prenosa.

Generalno posmatrano traktor YTO ima viši nivo emisije izduvnih gasova pri 1900 min⁻¹, vrednost CO₂ viša je za oko 40 %, a samo na polju NO_x i NO to je približno 50 %. Pri 2200 min⁻¹ kada je u pitanju NO_x i NO vrednost je veća za 40 %, a vrednost CO₂ za 50 %.



Grafik 1. Grafički prikaz izduvne emisije merenih gasova motora za traktor YTO za 1900 min⁻¹ u 1H stepenu prenosa

Graph 1. Graphic display of exhaust gas emissions of the engine at the YTO tractor at 1900 rpm for 1H gear



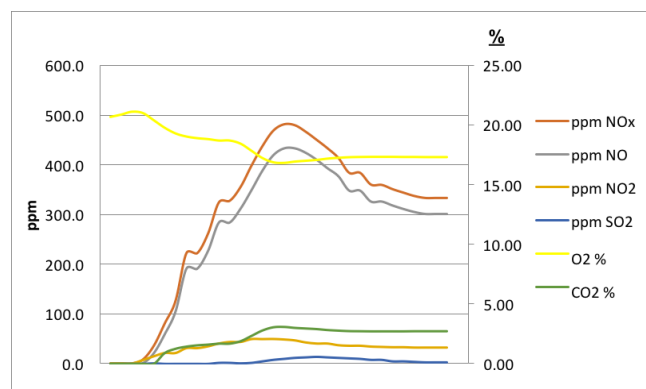
Grafik 2. Grafički prikaz izduvne emisije merenih gasova motora za traktor YTO za 2200 min⁻¹ u 1H stepenu prenosa

Graph 2. Graphic display of exhaust gas emissions of the engine for YTO tractor for 2200 rpm in 1H gear

Kada se viskotemperaturne reakcije odigravaju u prisustvu dovoljno kiseonika O₂, uslediće potpunije sagorevanje, pa će u izduvnim gasovima biti manje ugljo-vodonika, čađi, ugljen monoksida, ali će emisija oksida azota (NO_x) biti visoka [3].

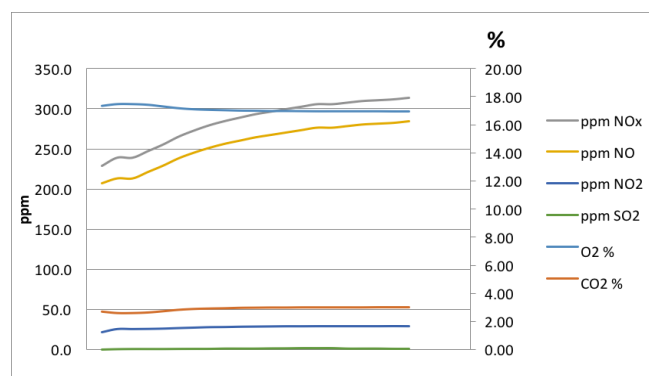
Zastupljenost kiseonika O_2 je bila adekvatna teorijskim vrednostima, jer je on obrnuto srazmeran štetnim gasovima nastalim u procesu sagorevanja.

Prema graficima 1, 2, se može videti kompletno kretanje sadržaja elemenata izduvne emisije u odnosu na molekularni kiseonik O_2 . Pri oba radna režima (1900 i 2200 min^{-1}) udeo produkata sagorevanja u izduvnoj smeši gasova, je bio očekivan.



Grafik 3. Grafički prikaz izduvne emisije merenih gasova motora na traktoru Foton pri 1900 min^{-1} u 4M stepenu prenosa

Graph 3. Graphic display of exhaust gas emissions of the engine at the Foton tractor at 1900 rpm in 4M gear



Grafik 4. Grafički prikaz izduvne emisije merenih gasova motora na traktoru Foton pri 2200 min^{-1} u 4M stepenu prenosa

Graph 4. Graphic display of exhaust gas emissions of the engine at the Foton tractor at 2200 rpm in 4M gear

Pri 1900 min^{-1} kao i kod YTO traktora udeo O_2 bio je suprotan kretanju krive linije štetnih gasova, ali nakon ustaljivanja vidi se nešto veća zastupljenost O_2 . CO_2 i O_2 su obrnuto srazmerni kao što je i očekivano u oba režima rada. Isti slučaj je i sa SO_2 u odnosu na NO_x . U drugom radnom režimu pri 2200 min^{-1} zastupljenost O_2 je dostigla maksimalne vrednosti upravo kada je emitovanje NO_x -a bilo najmanje, nakon pada zastupljenosti O_2 počinje i rast emisije NO-a i NO_x -a, adekvatno njihovoj obrnutoj proporcionalnosti.

ZAKLJUČAK

Nakon izvršenih ispitivanja tokom tehnološke operacije tanjiranja u različitim radnim režimima, može se doći do zaključka, da bi rukovalac sposobnošću i veštinama koje poseduje mogao doprineti nižoj vrednosti izduvne emisije motora traktora. U slučaju traktora YTO odabirom 4M stepena prenosa, rukovalac je u mogućnosti da smanji nivo emisije NO_x za 40 odnosno 20 %, a emisiju CO₂ 10 do 15 % u zavisnosti od radnog režima (1900, 2200 min⁻¹). Kod traktora Foton odabirom 1H stepena rukovalac je u mogućnosti da ostvari 12 odnosno 16% manje NO_x, dok je u slučaju CO₂ moguće ostvariti vrednosti manje 15 odnosno 22 % u zavisnosti od radnog režima (1900, 2200 min⁻¹).

Mogućnost postizanja snižene emisije izduvnih gasova motora zavisi i od tehničkih rešenja na traktoru, pa je tako rukovalac – operator ograničen mogućnostima transmisije traktora, sistema ubrizgavanja goriva, i nivoom automatizovanosti (održavanje optimalnog radnog režima motora, odabira optimalnog stepena prenosa, itd.). Kod traktora novije generacije visok nivo automatizovanosti sa modernim tipovima transmisije značajno olakšava rad, pa rukovaoci ne moraju voditi računa o radnom režimu kao što je to slučaj kod starijih modela. Takođe kod novijih modela značajnu ulogu imaju sistemi naknadnog tretmana izduvnih gasova.

Pri eksploataciji traktora starije generacije u nedostatku novih tehničkih rešenja, uloga rukovaoca na polju smanjenja emisije izduvnih gasova može doći do izražaja, što je kroz ovo ispitivanje prikazano, pa bi upravo kod traktora sa nižim nivoom tehničke razvijenosti ovaj tip istraživanja mogao biti od koristi .

LITERATURA

- [1] Ajit, K. S., Carroll E. G., Roger P. R., Denis R. B. 2006. *Engineering Principles of Agricultural Machines*, Textbook, American Society of Ag. and Biological Engineers USA, pp. 15 – 21.
- [2] Avinash, K., Shrawn, K., Shailendra. S. 2004. *Effects of EGR on the exhaust gas temperature and exhaust opacity in compression ignition engines*, Sadhana, Vol 29. pp. 275 – 284.
- [3] Gligorijević. R., Jevtić. J., Borak. Đ. 2010. *Biogoriva – Put ka smanjenju štetnih emisija i smanjenju potrošnje mineralnih goriva*, Poljoprivredna tehnika, No. 4. Pp. 63 – 69.
- [4] Knežević, M. D. 2014. *Istraživanje procesa sagorevanja i izduvne emisije dizel motora pri pogonu biogorivima*, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, pp. 11 – 45.
- [5] Lingren. M., 2004. *Engine Exhaust Gas Emissions From non-Road Mobile Machinery*, Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, pp. 16 – 23.
- [6] Milosavljević, B., Pešić, R., Babić, S. 2009. *Ekološki aspekti korišćenja motornih vozila*, Nacionalna konferencija o kvalitetu života, Mašinski fakultet Kragujevac, pp. 11 – 13.
- [7] Nikolić, R., Lazar, S., Furman, T., Tomić, M., Simikić, M. 2005. *Klasifikacija i pravci razvoja traktora*, Poljoprivredna tehnika, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, pp. 9 – 15.
- [8] Petrović. M., Petrović. P., Mačanin. N., Prokeš. B. 2010. *Biomasa iz poljoprivrede kao potencijalni izvor alternativnih goriva pogonskih agregata*, Poljoprivredna tehnika, No. 4, pp. 47 – 62.

- [9] Reckleben, Y., Trefflich, S., Thomsen, H. 2014. *Impact of emission standards on fuel consumption of tractors in practical use*, Environment Engineering, pp. 322–326.
- [10] *Republička strategija zaštite vazduha sa akcionim planom upravljanja kvalitetom vazduha*, Min. za prostorno uređenje, građevinarstvo i ekologiju, R. Srpska, B. Luka 2007, pp. 125.
- [11] Ružičić, N. L., Kostadinović, Lj., Počuča, N., Petrović, P. 2012. *Uticaj biomase na smanjenje emisije ugljen dioksida*, Poljoprivredna tehnika, No. 3, pp. 37 – 44.
- [12] Štepaneko, T. 2017. *Sumerani*, Završni rad, Pula, pp. 8.
- [13] Šunjevarić, V. M., 2018. *Uticaj radnog režima traktora na ambijentalne uslove i životnu sredinu*, Diplomski rad, str. 1- 35., Univerzitet u Beogradu Poljoprivredni fakultet, Beograd
- [14] <http://www.testo350.com/testo-350.html>. Korisničko uputstvo za aparat Testo 350.
- [15] <http://www.agrovojvodina-mehanizacija.co.rs/index.php/yto/yto-x1204>. Korisničko uputstvo za traktor YTO X1204, Novi Sad, 2018.
- [16] <http://www.mehanizacija-trgomen.com/work/foton-lovol-ft904-2016>. Korisničko uputstvo za traktor Foton 904, Kraljevo, 2016.

THE IMPACTS OF THE TRACTOR WORKING REGIME ON THE ENVIRONMENT

Nebojša Balać¹, Milan V. Šunjevarić², Zoran I. Mileusnić¹,
Rajko M. Miodragović¹

¹ Faculty of Agriculture, University of Belgrade, Belgrade-Zemun,

² Master student of Academic Studies, University of Belgrade, Faculty of Agriculture,
Belgrade-Zemun,

Abstract: The paper presents and analyzes the results of the exhaust emission measurement, depending on the tractor operating regime. The goal of this paper was to analyze the influence of the operating regime, that is, two different values of the engine crankshaft rotation speed and two different levels of transmission, to the exhaust emission level. In addition, the paper presents a brief overview of the technical solutions for the subsequent treatment of exhaust gases. The results shown allow comparison of the working regimes of the tested tractor models YTO X1204 and Foton 904. The research also shows how many operators with technical limitations on the tractor, knowledge and techniques of using the machine can contribute to a lower level of exhaust emissions (CO₂, NO, NO₂, NO_x, SO₂, O₂) of built-in engines in tractors.

Key words: Tractor, exhaust emission of engine, environment, operating mode

Prijavljen: 02.10.2018

Ispravljen: 09.10.2018

Prihvaćen: 10.10.2018