

DAUGIAKOMPONENČIŲ CAMELINA SATIVA IR RAPSO METILESTERIO  
BIODEGALŲ PALYGINAMIEJI TYRIMAIJustas Žaglinskis<sup>1</sup>, Paulius Rapalis<sup>2</sup>, Vygintas Daukšys<sup>3</sup>

Klaipėdos universitetas

El. paštas: <sup>1</sup>j.zaglinskis@gmail.com; <sup>2</sup>paulius.rapalis@ku.lt; <sup>3</sup>vygintas.dauksys@ku.lt

**Santrauka.** Straipsnyje pateikiami RRME biodegalų palyginamųjų motorinių bandymų, kurie buvo atlikti dyzeliniame variklyje VALMET 320 DMG, rezultatai. Įvertinti variklio energetiniai ( $\eta_e$ ,  $b_e$ ) ir ekologiniai rodikliai ( $CO_2$ , CO,  $NO_x$ , HC, SM). Atliktų naujų biodegalų motoriniai tyrimų rezultatai rodo, kad naujų Camelina sativa biodegalų savybės nenusileidžia standartizuotiems rapso metilesterio biodegalų savybėms. Lyginant su mineraliniu dyzelinu, naudojant Camelina sativa biodegalų mišinį VME ir ZME, skirtingais variklio apkrovos režimais galima sumažinti išmetamųjų dujų dūmingumą atitinkamai iki 10 % ir 30 %. Varikliui dirbant bandomaisiais biodegalų mišiniais, buvo pasiektas 5–6 % anglies monoksido emisijos sumažėjimas ir 4 % naudingo veikimo koeficiento padidėjimas. Visame variklio apkrovos diapazone stebimas 2–3 % azoto oksidų emisijos padidėjimas. Anglies dioksido emisija visais biodegalų naudojimo atvejais išlieka artima mineralinio dyzelino naudojimui.

**Reikšminiai žodžiai:** dyzelinis variklis, biodegalai, Camelina sativa, rapso metilesteris.

## Įvadas

Europos sąjungos (ES) komisija dokumente COM (2011) 144 „Baltoji knyga“ yra numačiusi naujas transporto sektoriaus iniciatyvas, susijusias su vartojamų degalų balansu (Roadmap... 2011). Viena iš jų – naudojant naujas tvarias degalų rūšis 60 % sumažinti teršalų emisiją transporto sektoriuje. Iki 2030 m. miestuose numatoma dvigubai sumažinti įprastiniais degalais varomų automobilių naudojimą, o iki 2050 m. pasiekti, kad miestuose jų nebeliktų. Aviacijos sektoriuje iki 2050 m. numatyta užtikrinti, kad tvarūs ir mažai  $CO_2$  išskiriantys degalai sudarytų 40 %, ES jūrų transporto sektoriuje iki 2050 m. numatyta 40 % sumažinti išmetamo  $CO_2$  kiekį. Viena iš išiečių, siekiant didinti degalų naudojimo efektyvumą ir mažinti aplinkos taršą, yra degalų iš atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimas. Tačiau įprastai didžiąją ES gaminamų biodegalų žaliavos dalį sudaro maistui tinkamos kultūros, tokios kaip rapsai, soja ir kt. Šiuo atveju viena iš problemų – tai maistinės kilmės žaliavų panaudojimas degalams gaminti. Kai dalis pasaulio žmonijos kenčia nuo maisto nepritekliaus, kita dalis naudoja maistui tinkančias kultūras degalams gaminti. Viena iš išiečių – maisto pramonei netinkančios Sėjamosios judros (Camelina sativa) aliejaus panaudojimas biodegalams gaminti.

Šie bandymai atlikti Lietuvos mokslo partneriams (Klaipėdos universitetas, Aleksandro Stulginskio universitetas, Lietuvos žemdirbystės institutas, UAB „Mestilla“) ir Lenkijos mokslo įstaigoms (Sunkiosios organinės sintezės institutas „Blachownia“, įmonė „Wiroma Robert Artur

Janczek“, Centrinė naftos laboratorija, Poznanės žemės ūkio universitetas) vykdant tarptautinį projektą Eureka Camelina – Biofuel E!4018 „Biodegalų gamybos technologijų tobulinimas naudojant judros aliejų kaip naują žaliavų bazę“.

## Tyrimų metodika

## Tiriamieji degalai ir jų mišiniai

- Mineralinis dyzelinas (D) su 5 % RRME priedu, atitinkantis standarto LST EN 590:2009+A1 reikalavimus.
- Rapso metilesteris, atitinkantis LST EN 14214 standarto reikalavimus. Parinktas ir išbandytas rapso metilesterio ir mineralinio dyzelino mišinys (RME), kurio sudėtis pagal tūrį D70/RME30.
- Žieminės, vasarinės Camelina sativa ir gyvulinės kilmės metilesterių mišiniai. Mokslininkų nustatyta, kad optimali tūrinė biodegalų sudėtis yra 68 % Camelina sativa ir 32 % gyvulinės kilmės metilesterio (Lebedevas *et al.* 2010), kurie atitinka standarto EN 14214 reikalavimus. Išbandyti mišiniai su mineraliniu dyzelinu:
  - Žieminės Camelina sativa metilesterio ir mineralinio dyzelino mišinys (ZME). Mišinio tūrinis santykis D75/ZME25;
  - Vasarinės Camelina sativa, metilesterio ir mineralinio dyzelino mišinys (VME). Mišinio tūrinis santykis D75/VME25.

## Tyrimo objektas

Bandymai atlikti dyzeliniame variklyje VALMET 320 DMG (AGCO SISU POWER), kuris įeina į laivo paskirties kintamosios srovės dyzelio generatoriaus STAMFOR UC.M224C2 28 sudėtį. Variklis skirtas veikti tiek RRME mišiniais, tiek gryniais biodegalais. Bandymai atliekami naudojant skirtingus biodegalų mišinius, laipsniškai didinant variklio apkrovą. Bandymo apkrovos ciklai: 5–10 %  $P_{enom}$ , ~25 %  $P_{enom}$ , ~55 %  $P_{enom}$ , 65–70 %  $P_{enom}$  ir 80–85 %  $P_{enom}$ . Variklio pagrindiniai techniniai parametrai pateikti 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Variklio VALMET 320 DMG pagrindiniai techniniai parametrai

**Table 1.** The main operating parameters of engine VALMET 320 DMG

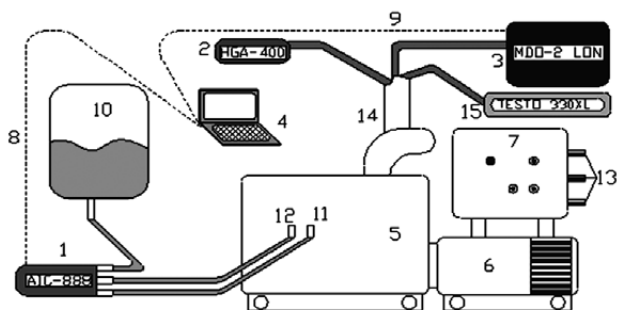
Parametras	Reikšmė
Cilindrų skaičius	3
Darbinis tūris, dm <sup>3</sup>	3,3
Cilindro diametras, mm	108
Stūmoklio eiga, mm	120
Nominalioji galia ( $P_{enom}$ ), kW	30
Nominalios apskukos ( $n_{nom}$ ), min <sup>-1</sup>	1500

## Tyrimo įranga

Variklio parametrai matuojami prietaisais, atitinkančiais LST ISO 3929:1998, LST ISO 3930:1998 standartus. Ekologiniai parametrai matuojami: dujų analizatoriais „Hermann HGA 400“ ir „Testo 330 XL“, dūmamačiu „Maha MDO-2 LON“. Energetiniai parametrai nustatomi naudojant degalų suvartojimo matuoklio AIC-888 rod-

menis. Variklio parametrų matavimo prietaisų išdėstymo schema pateikta 1 pav. 2 lentelėje pateikti duomenys apie tyrime naudotų mobiliųjų prietaisų parametrų matavimo diapazoną ir tikslumą.

Elektros generatoriaus suvartojama galia buvo nustatoma remiantis elektros srovės ir įtampos rodmenimis, matuojamais portatyviu prietaisu MINI AC/DC CLAMP METER: srovės iki 40 A diapazone skiriamoji geba 0,01 A, tikslumas  $\pm 2,5\%$ ; įtampos matavimo diapazone iki 400 V skiriamoji geba 0,1 V; tikslumas  $\pm 1\%$ .



**1 pav.** Matavimo prietaisų išdėstymo schema: 1 – degalų srauto matuoklis AIC-888; 2 – dujų analizatorius HGA 400; 3 – dūmamatis MDO-2 LON; 4 – PC; 5 – dyzelinis variklis; 6 – generatorius; 7 – valdymo skydas; 8 – AIC-888 duomenų perdavimo kabelis; 9 – MDO-2 LON duomenų perdavimo kabelis; 10 – degalų tankas; 11 – degalų įėjimo į variklį atvamzdis; 12 – grįžtamųjų degalų atvamzdis; 13 – elektros energijos vartotojų aprūpinimo linija; 14 – išmetamųjų dujų vamzdis; 15 – dujų analizatorius „Testo 330 XL“

**Fig. 1.** Location scheme for measurement devices: 1 – fuel flow meter AIC-888; 2 – gas analyzer HGA 400; 3 – smoke meter MDO-2 LON; 4 – PC; 5 – diesel engine; 6 – generator; 7 – control panel; 8 – data transfer cable AIC-888; 9 – transfer cable MDO-2 LON; 10 – fuel tank; 11 – fuel intake pipe; 12 – fuel return pipe; 13 – supply line of electric power consumers; 14 – exhaust gas pipe; 15 – exhaust gas analyzer TESTO 330 XL

**2 lentelė.** Atliekant bandymus naudotų mobiliųjų prietaisų matavimo diapazonas ir tikslumas

**Table 2.** Measurement range and accuracy of portable equipment used for research purposes

Prietaisas	Diapazonas, tikslumas	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>x</sub>
Dujų analizatorius HGA 400	Diapazonas	0...10 % tūrio	0...20 % tūrio	0...20 000 ppm	0...22 % tūrio	–	–	0...5000 ppm
	Tikslumas	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$	–	–	$\pm 1$ ppm*
Dujų analizatorius TESTO 330 XL	Diapazonas	0...20 000 ppm	0...25 % tūrio	–	0...25 % tūrio	0...500 ppm	0...3000 ppm	–
	Tikslumas	$\pm 5\%$	$\pm 0,3\%$ tūrio	–	$\pm 0,2\%$ tūrio	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$	–
Dūmamatis MDO-2	Diapazonas	Dūmingumas, % 0÷100			Absorbcijos koeficientas, 0÷9,99 m <sup>-1</sup>			
	Tikslumas	$\pm 2\%$			$\pm 2\%$			
AIC-888	Diapazonas, l/h	Darbinė temperatūra, °C			Tikslumas, %			
	1...200	–30...90			0,5...1			

\*skiriamoji geba

### Netiesioginių rodiklių įvertinimo metodika

Variklio energetiniai rodikliai (specifinis degalų sunaudojimas  $b_e$ , naudingo veikimo koeficientas  $\eta_e$ ) apskaičiuoti remiantis degalų sunaudojimo matuoklio rodmenimis. (1) formulėje pateikta vieno iš svarbiausių energetinių parametru – naudingo veikimo koeficiento apskaičiavimo forma (Mollenhauer, Tschoeke 2010):

$$\eta_e = \frac{P_e \times 3600}{G_f \times H_U}, \quad (1)$$

čia:  $P_e$  – variklio galia (apkrova);  $G_f$  – valandinis degalų suvartojimas;  $H_U$  – žemutinis degalų kaloringumas.

Vieno iš svarbiausių ekonominių parametru – specifinio degalų suvartojimo – apskaičiavimo forma pateikta (2) formulėje (Mollenhauer, Tschoeke 2010):

$$b_e = \frac{G_f}{P_e}, \text{ [g/kWh]}, \quad (2)$$

čia:  $P_e$  – variklio galia (apkrova) [kW];  $G_f$  – valandinis degalų suvartojimas [g/h].

### Eksplotacijos rodiklių įvertinimo metodika

Motoriniai tyrimai atlikti atsižvelgiant į variklio pagrindinę eksploatacinę charakteristiką – apkrovos charakteristiką (kai  $n = 1500 \text{ min}^{-1}$ ), esant režimams nuo tuščiosios eigos iki artimos maksimaliai. Eksploatuojami dyzeliniai generatoriai nominaliosios apkrovos režimais veikia tik nedidelę laiko dalį (5 %, 3 lentelė). Kitą eksploatacijos laiko dalį dyzeliniai generatoriai veikia dalinės apkrovos režimais. Norint apskaičiuoti vidutines eksploatacinių parametru reikšmes taikyta ISO 8178 standarto D2 (pastovių apsučių ne kelio paskirties dyzeliniams varikliams) bandymų cikle numatyta nustatymo forma (Markle, Brown 1995) (3 formulė). Pastovių apsučių ne kelio paskirties dyzelinių variklių eksploatacijos dalinių režimų svorio koeficientų reikšmės (pagal standarto ISO 8178 bandymų ciklą D2) pateiktos 3 lentelėje.

3 lentelė. ISO 8178 bandymų ciklo D2 svorio koeficientai

Table 3. D2 weight factors of test cycle ISO 8178

Apsukos, %	100	100	100	100	100
Apkrova, %	100	75	50	25	10
Svorio koeficientas	0,05	0,25	0,30	0,30	0,1

Energetiniai ir ekologiniai rodikliai eksploatacijos metu įvertinami remiantis matuojamo parametro reikšmėmis esant būdingiems variklio apkrovos režimams. Vidutinių eksploatacinių matuojamų rodiklių reikšmių pokyčiai apskaičiuojami pagal 3 formulę:

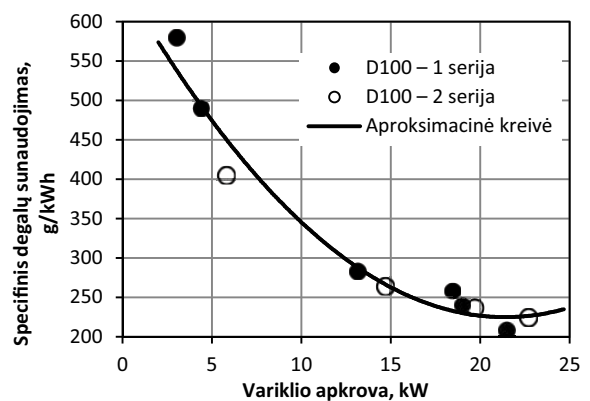
$$\Delta X_{eks} = \frac{\sum_{n=1}^n X_{iB_i} \times w_i}{\sum_{n=1}^n X_{iD} \times w_i} - 1, \quad (3)$$

čia:  $\Delta X_{eks}$  – vidutinis skaičiuojamojo parametro pokytis eksploatacijos metu;  $X_{iB_i}$  – parametro reikšmė esant  $i$ -ajam apkrovos režimui, varikliui dirbant  $i$ -aisiais biodegalais;  $X_{iD}$  – parametro reikšmė esant  $i$ -ajam apkrovos režimui, varikliui dirbant mineraliniu dyzelinu;  $w_i$  – svorio koeficientas esant  $i$ -ajam apkrovos režimui.

### Tyrimų rezultatai

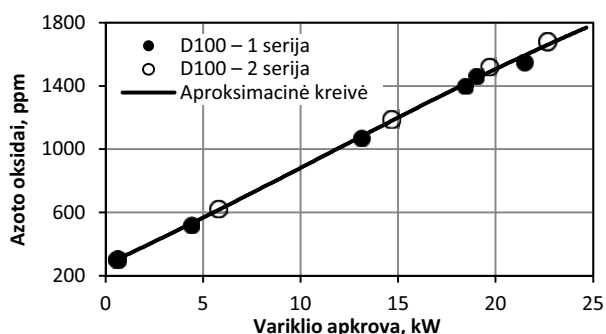
Degalų motorinių savybių palyginamieji tyrimai atliekami lyginant vidutines parametru reikšmes eksploatacijos metu (pagal standarto ISO 8178 bandymų ciklą D2) ir esant skirtingiems apkrovos režimams, kaip bazinius imant rodiklius varikliui dirbant mineraliniu dyzelinu.

Bandymų metu atlikti kontroliniai variklio stabilumo patikrinimo matavimai. Įvertinti bet kuriam variklio darbo proceso nukrypimui nuo etaloninės būklės jautrūs parametrai: specifinis efektingas degalų sunaudojimas ( $b_e$ ) (2 pav.), azoto oksidų emisija ( $\text{NO}_x$ ) (3 pav.) ir anglies monoksido emisija (CO) (4 pav.). Variklio, veikiančio mineraliniu dyzelinu, energetinių ir ekologinių rodiklių stabilumas tyrimų metu liudija apie variklio techninės būklės stabilumą.



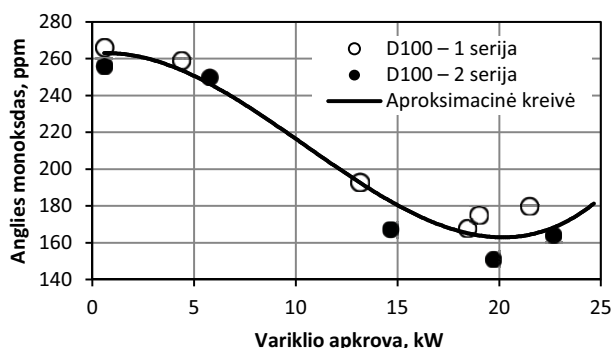
2 pav. Specifinio degalų sunaudojimo pokytis varikliui veikiant mineraliniu dyzelinu

Fig. 2. Changes in brake specific fuel consumption when the engine is fueled with mineral diesel fuel



3 pav. Azoto oksidų emisijos pokytis varikliui veikiant mineraliniu dyzelinu

Fig. 3. Changes in nitrogen oxide emissions when the engine is fueled with mineral diesel fuel



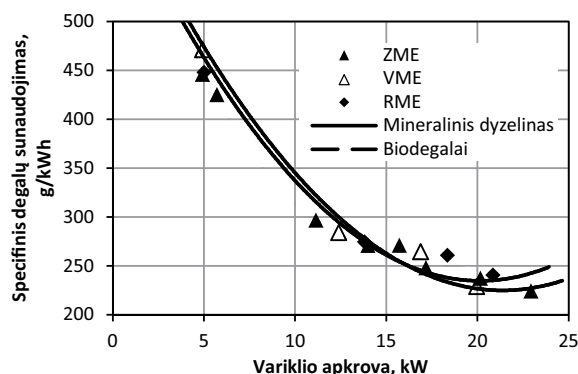
4 pav. Anglies monoksido emisijos pokytis varikliui veikiant mineraliniu dyzelinu

Fig. 4. Changes in carbon monoxide emissions when the engine is fueled with mineral diesel fuel

### Energetinių rodiklių palyginimo rezultatai

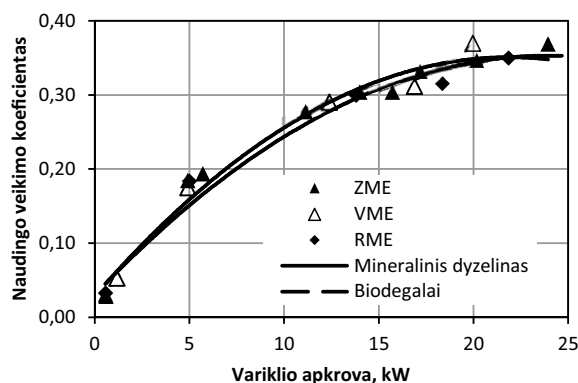
Specifinio degalų sunaudojimo priklausomybė nuo variklio apkrovos (5 pav.) rodo, kad esant žemų ir vidutinių apkrovų režimams, biodegalai pasižymi šiek tiek geresniais rodikliais (Cheng *et al.* 2008), kurie skirtinguose apkrovos taškuose yra žemesni ~3–4 % lyginant su mineraliniu dyzelinu. Apkrovai artėjant prie maksimalios, fiksuojamas biodegalų sunaudojimo padidėjimas, kuris siekia 5–6 %. Vertinant vidutinį pokytį eksploatacijos metu, didesnių skirtumų nepastebima ir galima teigti, kad naudojant biodegalų mišinius specifinis degalų sunaudojimas faktiškai sutampa su mineralinio dyzelino naudojimu.

Tyrimų rezultatai rodo, kad naudojant biodegalų mišinius, naudingo veikimo koeficientas  $\eta_e$  variklio eksploatacijos metu padidėja apie 4 % (6 pav.), šio rodiklio pokytis yra labai svarbus įgyvendinant ES tikslus, susijusius su energijos vartojimo efektyvumo didinimu transporto sektoriuje (Directive 2003/30/EC... 2003).  $\eta_e$  padidėjimą veikia 3–3,5 % mažesnis biodegalų žemutinis degalų kalorringumas ir artimas mineraliniam dyzelinui specifinis degalų sunaudojimas.



5 pav. Specifinio degalų sunaudojimo pokytis varikliui veikiant bandomaisiais degalų mišiniais

Fig. 5. Changes in break specific fuel consumption when the engine is fueled with tested blends



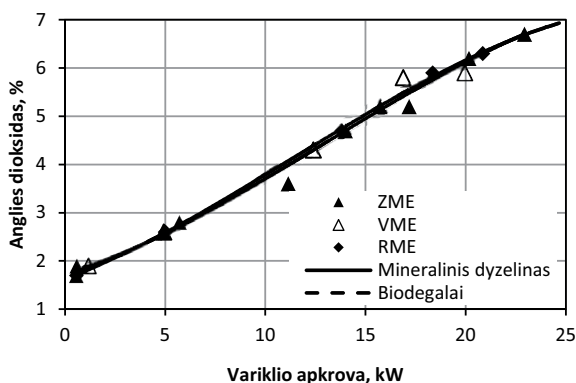
6 pav. Naudingo veikimo koeficiento pokytis varikliui veikiant bandomaisiais degalų mišiniais

Fig. 6. Changes in the factor for effective performance when the engine is fueled with tested blends

### Ekologinių rodiklių palyginimo rezultatai

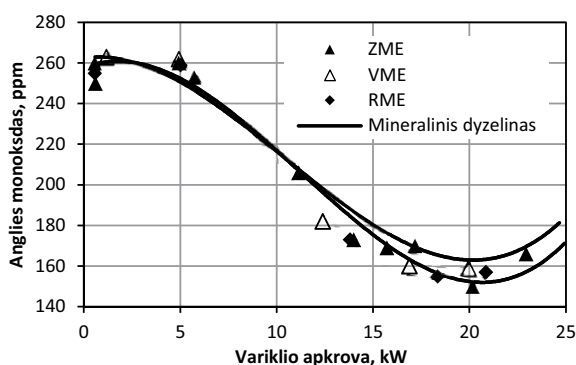
Anglies dioksido ( $\text{CO}_2$ ) emisijos atžvilgiu rezultatai faktiškai sutampa tiek naudojant skirtingus biodegalų mišinius, tiek mineralinį dyzeliną (7 pav.). Tačiau gyvavimo ciklo (augimas – gamyba – transportavimas – realizavimas) laikotarpiu, remiantis mokslininkų atliktų tyrimų duomenimis (Thamsiriroj, Murphy 2011, Krohn, Fripp 2011), RRME biodegalų  $\text{CO}_2$  emisija, palyginus su mineraliniu dyzelinu, yra apie 20 % mažesnė. Camelina sativa biodegalų gyvavimo laikotarpiu  $\text{CO}_2$  emisija yra 40–60 % mažesnė nei mineralinio dyzelino.

Varikliui dirbant mažų ir vidutinių apkrovų režimais, panaudojus biodegalų mišinius anglies monoksido emisijos atžvilgiu, ryškesnio skirtumo nepastebima (Cheng *et al.* 2008) (8 pav.). Didėjant variklio apkrovai nuo vidutinės iki artimos nominaliai, pastebimas 5–6 % CO emisijos sumažėjimas lyginant su mineraliniu dyzelinu. Tačiau vertinant vidutinius eksploatacijos rodiklius, skirtumas yra nereikšmingas.



7 pav. Anglies dioksido emisijos pokytis varikliui veikiant bandomaisiais degalų mišiniais

Fig. 7. Changes in carbon dioxide emissions when the engine is fueled with tested blends



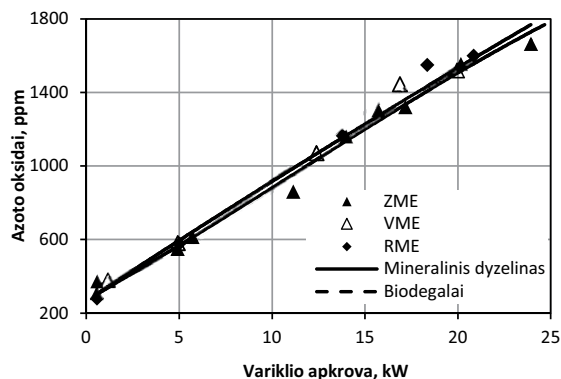
8 pav. Anglies monoksido emisijos pokytis varikliui veikiant bandomaisiais degalų mišiniais

Fig. 8. Changes in carbon monoxide emissions when the engine is fueled with tested blends

Lyginant su mineraliniu dyzelinu, panaudojus biodegalų mišinius, stebimas azoto oksidų emisijos padidėjimas (Hoekman, Robbins 2012), tačiau visame variklio aprovos diapazone pablogėjimas siekia tik 2–3 % (9 pav.).

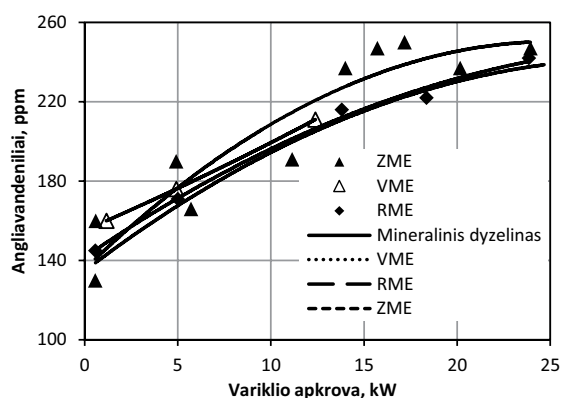
Fiksuojant angliavandenilių (HC) emisiją nustatyta (10 pav.), kad biodegalų RME rodikliai yra artimi mineralinio dyzelino rodikliams (Labeckas, Slavinskas 2006). Diapazone nuo vidutinės iki maksimalios variklio aprovos RME ir mineralinio dyzelino rodikliai faktiškai sutampa, o esant mažos aprovos režimams RME HC emisija padidėja iki 3 %. ZME visame ištirtame variklio aprovos diapazone pasižymi prastesniais HC rodikliais lyginant tiek su RME, tiek su mineraliniu dyzelinu. Vidutinis ZME HC emisijos padidėjimas eksploatacijos metu siekia ~6 %, esant skirtingiems aprovos režimams, maksimalus padidėjimas siekia iki 8 %.

Atlikus tyrimus pastebėta, kad didžiausias teigiamas efektas pasiekiamas išmetamųjų dujų dūmingumo (SM) mažinimo atžvilgiu (11 pav.). Kaip rodo ir kitų mokslininkų atliktų tyrimų (Crookes, Bob-Manuel 2007; Bernardo



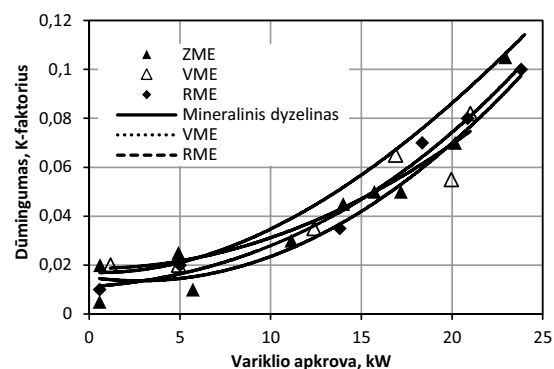
9 pav. Azoto oksidų emisijos pokytis varikliui dirbant bandomaisiais degalais

Fig. 9. Changes in nitrogen oxide emissions when the engine is fueled with tested blends



10 pav. Angliavandenilių emisijos pokytis varikliui dirbant bandomaisiais degalais

Fig. 10. Changes in hydrocarbon emissions when the engine is fueled with tested blends



11 pav. Dūmingumo pokytis (K-faktorius) varikliui dirbant bandomaisiais degalais

Fig. 11. Changes in smokiness (K-factor) when the engine is fueled with tested blends

*et al.* 2003) rezultatai, matyti, kad panaudojus biodegalų mišinius, visame variklio aprovos diapazone, lyginant su mineraliniu dyzelinu, stebimas SM sumažėjimas: RME vidutinė SM emisija sumažėja apie 12 %, o esant skirtingiems

apkrovos režimams, SM maksimaliai sumažėja iki 20 %; atitinkamai VME – ~7–8 % ir 10 %. ZME pasižymi mažiausiais SM rodikliais, kurie eksploatacijos metu sumažėja apie 17 %, o maksimalus sumažėjimas, esant vidutinės ir maksimalios apkrovos režimams, siekia 25–30 %.

## Išvados

Tyrimų rezultatai rodo, kad energetiniu atžvilgiu Camelina sativa biodegalų (VME ir ZME) motorinės savybės išlieka perspektyvios lyginant su standartizuoto rapso metilesterio biodegalų (RME) savybėmis. Lyginant su mineraliniu dyzelinu, specifinis degalų sunaudojimas, variklio apkrovai artėjant prie maksimalios, padidėja 5–6 %, tačiau eksploatacijos sąlygomis ryškesnio skirtumo nepastebima. Naudingo veikimo koeficientas, vertinant eksploataciją, padidėja apie 4 %.

Vertinant ekologinius parametrus vienareikšmiškos išvados daryti negalima:

1. Naudojant bandomuosius biodegalų mišinius ir mineralinį dyzeliną, stebima faktiškai identiška anglies dioksido CO<sub>2</sub> emisija;

2. Anglies monoksido CO emisijos 5–6 % sumažėjimas, lyginant su mineraliniu dyzelinu, pastebimas didėjant variklio apkrovai nuo vidutinės iki artimos nominaliai. Įvertinus vidutinius eksploatacijos rodiklius ryškesnio skirtumo nepastebima;

3. Lyginant su mineraliniu dyzelinu, visame variklio aprovos diapazone stebimas 2–3 % azoto oksidų NO<sub>x</sub> emisijos išaugimas;

4. Padidėjusia angliavandenilių HC emisija pasižymi tik biodegalai ZME, kurie eksploatacijos metu siekia apie 6 %, o skirtinguose taškuose – iki 8 %;

5. Dūmingumo SM atžvilgiu, lyginant su mineraliniu dyzelinu, RME SM emisija eksploatacijos metu sumažėja ~12 %, o esant skirtingiems apkrovos režimams atitinkamai – iki 20 %, VME ~7–8 % ir iki 10 %; ZME ~17 ir iki 25–30 %.

## Literatūra

- Bernardo, A.; Hildige, H. R.; O'Connell, A.; Nichol, R.; Ryan, J.; Rice, B.; Roche, E.; Leahy, J. J. 2003. Camelina oil as a fuel for diesel transport engines, *Industrial Crops and Products* 17: 191–197. [http://dx.doi.org/10.1016/S0926-6690\(02\)00098-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0926-6690(02)00098-5)
- Cheng, C. H.; Cheung, C. S.; Chan, T. L.; Lee, S. C.; Yao, C. D.; Tsang, K. S. 2008. Comparison of emissions of a direct injection diesel engine operating on biodiesel with emulsified and fumigated methanol, *Fuel* 87: 1870–1879. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2008.01.002>
- Crookes, R. J.; Bob-Manuel, K. D. H. 2007. RME or DME: a preferred alternative fuel option for future diesel engine operation, *Energy Conversion and Management* 48: 2971–2977. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2007.07.002>

Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport, *Official Journal of the EU*, 2003-05-17.

Hoekman, S. K.; Robbins, C. 2012. Review of the effects of biodiesel on NO<sub>x</sub> emissions, *Fuel Processing Technology* 96: 237–249. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2011.12.036>

Krohn, B. J.; Fripp, M. 2011. A lifecycle assessment of biodiesel derived from the “niche filling” energy crop Camelina in the USA, *Energy* 92: 92–98.

Labeckas, G.; Slavinskas, S. 2006. The effect of rapeseed oil methyl ester on direct injection Diesel engine performance and exhaust emissions, *Energy Conversion and Management* 47: 1954–1967. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2005.09.003>

Lebedevas, S.; Lebedeva, G.; Makarevičienė, V.; Kazanceva, I.; Kazancev, K. 2010. Analysis of the ecological parameters of the diesel engine powered with biodiesel fuel containing methyl esters from Camelina Sativa oil, *Transport* 25(1): 22–28. <http://dx.doi.org/10.3846/transport.2010.04>

Markle, S. P.; Brown, A. J. 1995. *Naval Diesel Engine Duty Cycle Development*. Massachusetts Institute of Technology. <http://dx.doi.org/10.4271/950733>

Mollenhauer, K.; Tschoeke, H. 2010. *Handbook of Diesel Engines*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-540-89082-6. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-89083-6>

*Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system*. European Commission, Brussels, 2011.

Thamsiriroj, T.; Murphy, J. D. 2011. The impact of the lifecycle analysis methodology on whether biodiesel produced from residues can meet the EU sustainability criteria for biofuel facilities constructed after 2017, *Renewable Energy* 36(1): 50–63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2010.05.018>

## COMPARATIVE RESEARCH INTO MULTICOMPONENT CAMELINA SATIVA AND RAPESEED METHYL ESTER BIOFUELS

J. Žaglinskis, P. Rapalis, V. Daukšys

Abstract

The article presents the results of comparative motor research on FAME biofuels using diesel engine VALMET 320 DMG. Energy ( $\eta_e$ ,  $b_e$ ) and environmental parameters (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, HC, SM) of the engine were estimated. The obtained data on motor research into new biofuels show that the properties of Camelina sativa biofuels are as good as those observed in standardized rapeseed methyl ester biofuels. In case of using Camelina sativa biofuels blends VME and ZME at different engine loads, exhaust emissions from gas smoke could be reduced up to 10% and 30% accordingly comparing with mineral diesel. When the engine is fueled with tested biofuel blends, carbon monoxide emissions decrease by about 5–6%, and the factor for effective performance increases by approximately 4%. In all range of engine loads, an increase in nitrogen oxide emissions reaching 2–3% was observed. In all cases of using biofuel blends, carbon dioxide emissions keep close to the application of mineral diesel.

**Keywords:** diesel engine, biofuels, Camelina sativa, rapeseed methyl ester.