



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Šarūnas Kisielius

RME ir mineralinio dyzelino mišinių savybių ir įtakos variklio parametrų tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. Dr. Rolandas Makaras

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

RME ir mineralinio dyzelino mišinių savybių ir įtakos variklio parametrų tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

Vadovas

Doc. Dr. Rolandas Makaras

Recenzentas

Doc. Dr. Darius Mažeika

Projektą atliko

Šarūnas Kisielius

KAUNAS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Šarūnas Kisielius

(Studento vardas, pavardė)

Transporto priemonių inžinerija, 621E20001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Sportinio automobilio laikančiosios konstrukcijos tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 17 m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Šarūno Kisieliaus**, baigiamasis projektas tema „RME ir mineralinio dyzelino mišinių savybių ir įtakos variklio parametrams tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS KATEDERA

Suderinta:

Studijų krypties programų vadovas
prof. Artūras Keršys

Transporto inžinerijos katedros vedėjas
doc. Rolandas Makaras

2016 m. vasario mėn. 8 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: *Šarūnui Kisieliui*

1. Projekto tema: „RME ir mineralinio dyzelino mišinių savybių ir įtakos variklio parametrų tyrimas“. „Research of the characteristics of RME and mineral diesel mixture and its impact on engine parameters“.

Patvirtinta: 2017 m. balandžio mėn. 21 d. dekanų įsakymu Nr. V25-11-8

2. Projekto tikslas:

Nustatyti rapsų metilo esterio ir jo mišinių su mineraliniu dyzelinu savybes bei jų poveikį emisijoms.

3. Projekto uždaviniai ir reikalavimai:

1. Atlikti biodegalų savybių ir panaudojimo apžvalgą;
2. Ištirti rapsų metilo esterio ir mišinių su mineraliniu dyzelinu įtaką variklio emisijoms ir dūmingumui;
3. Apskaičiuoti biodyzelino gyvavimo ciklo energijos efektyvumo rodiklį;
4. Atlikti mišinių ekonominį vertinimą.

4. Projekto konsultantai (nurodant projekto skyrius)¹:

5. Užduoties išdavimo terminas: 2016 m. vasario mėn. 8 d.

Užbaigto projekto pateikimo terminas: 2017 m. gegužės mėn. 18 d.

Vadovas: Rolandas Makaras
(vardas, pavardė)

(parašas)

Užduotį gavau: Šarūnas Kisielius
(studento vardas, pavardė)

(parašas)

¹ Esant reikalui, suderinus su katedros vedėju

Kisielius, Šarūnas. RME ir mineralinio dyzelino mišinių savybių ir įtakos variklio parametrams tyrimas: *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas Doc. dr. Rolandas Makaras; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslų kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, Transporto inžinerija (03T)

Reikšminiai žodžiai: degalai, biodegalai, RME, šilumingumas, ekonomija, ekologija.

Kaunas, 2017. 53 p.

SANTRAUKA

Didėjant bendram transporto priemonių skaičiui didėja ir poreikis degalams. Kadangi naftos atsargos vis mažėja reikia ieškoti alternatyvų. Viena iš lengviausiai pritaikomų alternatyvų dabartiniame transporte yra iš biomasės gaminami atsinaujinantieji degalai. Lietuvos transporto sektorių pagrindę sudaro dyzelinu varomos transporto priemonės, todėl darbe plačiau nagrinėjamas biodyzelinas t.y rapsų metilo esteris.

Darbo tikslas: Nustatyti rapsų metilo esterio ir jo mišinių su mineraliniu dyzelinu savybes bei jų poveikį emisijoms.

Darbe atlikta biodegalų gamybą ir naudojimą skatinančių veiksnių apžvalga iš kurios galima teigti, kad biodegalų privalumai ne tik ekologiniai, bet ir ekonominiai, nes sukuriama naujos darbo vietos ne tik žaliavoms ruošti, bet ir jas apdoroti. Kadangi Lietuva yra mineralinių degalų importuotoja šalies resursų panaudojimas sumažintų energijos išlaidas importui, pagerintų prekybos balansą, sustiprėtų šalies ekonomika. Darbe išanalizuota Lietuvos ir Europos sąjungos rapsų metilo esterio gamyba ir suvartojimas. Pagal dabartinį politinį Europos sąjungos narių susitarimą į vasarinį mineralinį dyzeliną pilama 7% rapsų metilo esterio. Pagrindinės biodyzelino gamintojos yra Vokietija ir Ispanija. Jos pagamina apie 38% visos Europos biodyzelino. Remiantis mokslininkų tyrimais nustatytos teigiamos ir neigiamos biodyzelino fizikinės-cheminės savybės. Išanalizuotas Lietuvoje taikomas biodyzelino gamybos procesas – kombinuotas spaudimas. Apžvelgta rapsų aliejumi varomų dyzelinio variklio deginių emisijos rodikliai. Eksperimentinių bandymų metu nustatyta biodyzelino ir jo mišinių su dyzelinu šilumingumas ir pliūpsnio temperatūra. Naudojant automobilį nustatytos rapsų metilo esterio suvartojimo sąnaudos, kurios 1,4 didesnės nei dyzelino su 7% RME. Tuo tarpu nustatytas dūmingumas yra 53% mažesnis nei mineralinio dyzelino su 7% RME. Eksperimento metu nustatyta išmetamųjų emisijų sudėtis. Remiantis įvairia literatūra atlikta rapsų metilo esterio gyvavimo ciklo analizė ir atlikti ekonominiai naudingumo skaičiavimai. Tyrimas atliktas remiantis mokslinės literatūros, statistikos departamento ir kita specializuotų duomenų bazių informacija.

Kisielius, Šarūnas. *Research of the characteristics of RME and mineral diesel mixture and its impact on engine parameters*: Master's Final Project/ supervisor Doc. Dr. Rolandas Makaras; Kaunas University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Design.

Scientific direction and scope: Technological sciences, Transport engineering (03T)

Key words: fuels, biofuels, RME, calorific, economy, ecology

Kaunas, 2017. 53 p.

Summary

The number of means of transport increases constantly and people face the problem of growing need of fuels. Oil resources decrease and it requires searching for alternative fuel sources. One of the easily adaptable alternatives of fuel is renewable fuel produced from biomass. The greatest part of all vehicles in Lithuania are diesel powered so why this work investigates biodiesel, which is rapeseed oil methyl ester (RME).

Work objective: To define internals of rapeseed methyl ester, its blends with mineral diesel and their impact on emissions.

The work surveys production of biofuel and the factors of its use. It says, that advantages of using biofuel are both ecological and economical, because new jobs are created to grow and process the raw material, from which biofuel is produced. Lithuania is the country, which imports the biggest part of the mineral fuel from other countries, so why using its own resources could be so useful. It could reduce the expenses of the country on importing fuels, improve the trade balance and the economy of the country in a whole. The work analyses production and consumption of rapeseed oil methyl ester in Lithuania and the European Union. In accordance with the latest political agreement among the countries members of the European Union 7 % of rapeseed oil methyl ester is added to a summer mineral diesel. The main countries manufacturers of biodiesel are Germany and Spain. They produce nearly 38% of biodiesel needs of the union. The work analyses the process of producing biodiesel applied in Lithuania. It is a combined pressure. The work reviews diesel engine fumes emission indicators of vehicles powered with rapeseed oil diesel. Experimental tests set the calorific value and gale temperature of biodiesel and its mixtures. Consumption of rapeseed oil methyl ester is set in the tests using a car and it is 1.4 times bigger than using the diesel with 7% RME. Meanwhile, the smokiness is 53% less than using the mineral diesel with 7%RME. The composition of exhaust emissions is also set during the test. Different sources of scientific literature are used to analyse the life cycle of RME. The work also introduces calculations of economic efficiency. The study is carried out in accordance with the scientific literature and the data from the department of statistics and other specialized databases.

Turinys

ĮVADAS.....	8
1 LITERATŪROS ANALIZĖ	9
1.1 Biodegalų naudojimą ir gamybą skatinantys veiksniai	9
1.2 Biodyzelino gamyba ir naudojimas Lietuvoje ir ES	11
1.3 Riebiųjų rūgščių metilo esterio gamybos procesas	13
1.4 Cheminės ir fizikinės RME savybės	17
1.5 Rapsų metilo esteriu varomo variklio deginių emisijos rodikliai.....	18
2 Eksperimentinių tyrimų priemonės ir metodika.....	21
2.1 RRME ir jo mišinių su mineraliniu dyzelinu pliūpsnio temperatūros nustatymas....	21
2.1 RRME ir jo mišinių su mineraliniu dyzelinu šilumingumo nustatymas.	22
2.2 Natūrinio eksperimento metodika	25
2.3 Eksperimentinės įrangos ir automobilio naudoto natūrinio tyrimų metu aprašymas Klaida! Žymelė neapibrėžta.	
2.4 Rapsų metilo esterio gyvavimo ciklo skaičiavimo metodika.....	32
2.5 Degalų sąnaudų apskaičiavimas	33
3 Tyrimai ir jų rezultatai	34
3.1 Pliūpsnio temperatūros nustatymas	34
3.2 Šilumingumo nustatymas	35
3.3 Išmetamųjų dujų emisijos.....	36
3.4 Degalų suvartojimas	40
3.5 Rapsų metilo esterio gyvavimo ciklo analizė.....	41
3.6 Ekonominė analizė	43
4 Darbo palyginimas	46
5 Išvados:	47
PRIEDAI.....	50

IVADAS

Šiame XXI-ajame amžiuje kyla vis didesnės problemos dėl išmetamųjų dujų. Klimatas šyla dėl to tirpsta ne tik ledynai, bet keičiasi ir dirvožemis ir t.t. Europos Sąjungos direktyvose keliami reikalavimai kuo labiau plėtoti atsinaujinančių energijos išteklių gamybą ir vartojimą, dėl vis griežtėjančių aplinkosaugos reikalavimų, kurie bando sustabdyti vis didėjančią visuotinę problemą vadinamą šiltnamio efektu. Visuomenė skatinama kuo naudingiau panaudoti vietinius atsinaujinančius energijos išteklius, tarp jų ir biodegalus. Šių degalų vartojimas skatinamas ne tik dėl aplinkosauginių reikalavimų, bet ir dėl ekonominės naudos. Skatinama naudoti vietinius energijos išteklius, tuo sumažinant vis sekančio iškastinio kuro vartojimą. Taip pat atsiranda galimybė plėtoti žemės ūkį, gaminant ne vien tik maisto produktams reikalingas žaliavas. Biodegalai yra iš biomasės gaminami degalai, naudojami kaip degalai, transporte. Transporte dažniausiai naudojami degalai dyzelinas ir benzinas keičiami atitinkamai į biodyzeliną ir bioetanolį. Kadangi Lietuvoje didžiąją dalį transporto (t.y. apie 60 %) sudaro dyzeliniai automobiliai, darbe plačiau nagrinėjamas jo savotiškas analogas biodyzelinas. Biodyzelinas yra metilo (etilo) esteris gaminamas iš augalinių aliejų ar gyvulinės kilmės riebalų prilygstantis dyzelino kokybei, skirtas naudoti kaip biokuras.

Temos problema: Biodyzelino sukelti veiksniai įtakojantys socialinę, ekologinę ir ekonominę sritis

Darbo objektas: Rapsų metilo esteris ir jo mišiniai su mineraliniu dyzelinu.

Darbo tikslas: Nustatyti rapsų metilo esterio ir jo mišinių su mineraliniu dyzelinu savybes bei jų poveikį emisijoms.

Darbo uždaviniai:

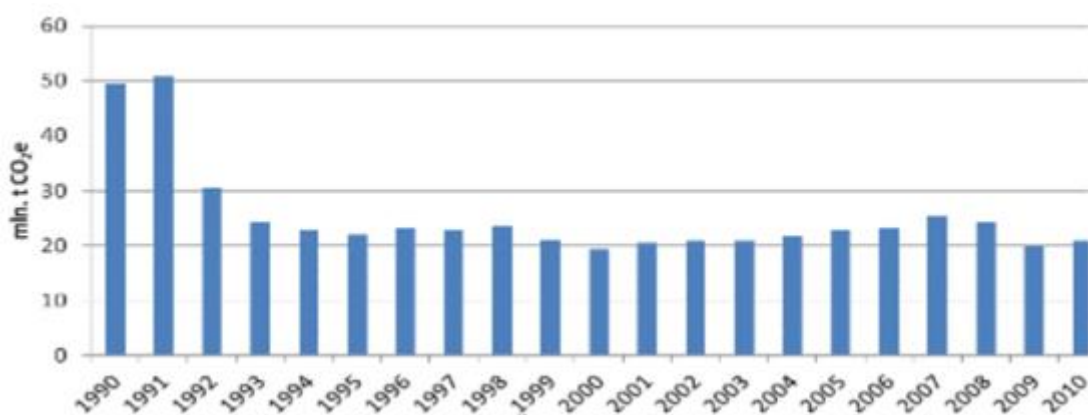
1. Atlikti biodegalų savybių ir panaudojimo apžvalgą;
2. Ištirti rapsų metilo esterio ir jo mišinių su mineraliniu dyzelinu įtaką variklio emisijoms ir dūmingumui;
3. Apskaičiuoti biodyzelino gyvavimo ciklo energijos efektyvumo rodiklį;
4. Atlikti mišinių ekonominę vertinimą.

1 LITERATŪROS ANALIZĖ

1.1 Biodegalų naudojimą ir gamybą skatinantys veiksniai

Biodegalų pramonės vystymąsi skatina daugybė ekonominių, ekologinių ir techninių sąlygų. Dėl šių sąlygų biodegalų gamyba vis labiau didėja. Jų plėtimąsi skatina ir Europos Sąjunga. Mineraliniai degalai išgaunami iš naftos ir yra neatsinaujantis gamtos išteklius, todėl sparčiai mažėjant jų atsargoms, reikia rasti tinkamą būdą naftai pakeisti. Be to, ne kiekviena valstybė turi naftos. Tai verčia importuoti naftą iš kitų valstybių, rinkų kainomis, kurios yra nepastovios. Kuo daugiau vartojama biodegalų, tuo priklausomybė nuo importuojamų degalų yra mažesnė. Valstybėms pačioms gaminantis biodegalus, sukuriama gausybė darbo vietų, kas tai pat yra valstybei ekonomiškai naudinga, nes užtikrina naujus pajamų šaltinius. Pagrindinė problema dėl ko tai yra taip remiama Europos Sąjungos, tai šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimas. Degant naftos produktams išmetama daug anglies dioksido į atmosferą, kas turi daug įtakos globaliniam atšilimui. Remiantis atliktais tyrimais galima teigti, kad biodegalų vartojimas šiltnamio efektą sukeliančių dujų efektą mažina apie 65 % [1].

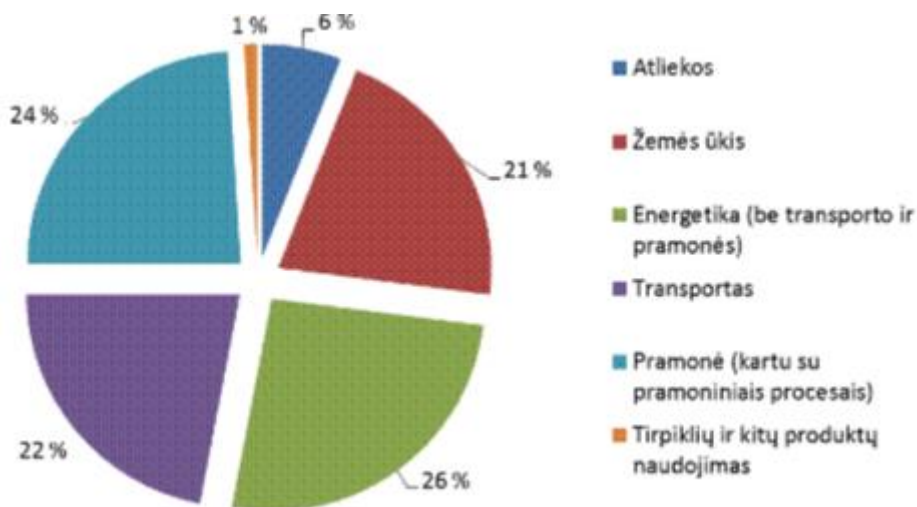
Kaip ir visoje Europos sąjungoje, taip ir Lietuvoje yra skatinama ir remiama biodegalų gamyba ir naudojimas. Šiuo metu pasaulyje pagamintos biodegalų produkcijos kiekis viršija 15 bilijonų litrų. Biodegalai, pagaminti iš atsinaujinančių energijos šaltinių yra tiesioginis iškastinių degalų pakaitalas, kurią galima lengvai integruoti į jau esamas degalų paskirstymo ir tiekimo sistemas. Biodegalus galima naudoti vidaus degimo varikliuose. Nors biodegalų gamybos savikaina yra didesnė už mineralinių degalų, tačiau didėjant suvartojimui, gamybos savikaina mažėja.



1.1 pav. Lietuvos išmetamųjų CO₂ dujų kiekis 1990-2010 [2]

Pagrindinis pretekstas skatinantis gaminti biodyzeliną masiškai buvo iškeltas 1992 metais, kai priimta Jungtinių Tautų klimato konvencija. Ji sukurta reglamentuoti teršalų emisijas, kurios sukelia vis didėjančią pasaulinę problemą - šiltnamio efektą. Po penkerių metų Japonijoje įvykusioje tarptautinėje klimato kaitos konferencijoje buvo pasirašytas Kioto protokolas. Susitarta iki 2008-2012 metų klimato atšilimą sukeliančias dujų emisijas sumažinti 8 %, lyginant su 1990 metais. Kaip matyti iš 1.1 pav. išmetamųjų dujų kiekis ženkliai pasikeitė lyginant su 1990 lygiu. 2010 kenksmingų

išmetamųjų dujų kiekis buvo 20,809 mln. t CO₂ t.y 58 % mažesnis nei 1990 metais, kai CO₂ buvo 49,43 mln. t.[2]



1.2 pav. 2010 m Lietuvos išmetamųjų (ŠESD-šiltnamio efektą sukeliančios dujos) kiekis pagal sektorius [2]

2006 metais Europos Komisija paskelbė komunikatą „ES biodegalų strategija“. Viena iš pagrindinių strateginių kryptių šiame dokumente yra pirmos kartos biodegalų žaliavų bazės plėtra ir gamybos tobulinimas. ES sąjungos naujausiuose dokumentuose pabrėžiama, kad dėl konkurencijos su maisto sektoriumi, biodegalų gamybai, reikėtų naudoti maistui netinkamas žaliavas arba panaudotas žaliavas.

Europos komisija 2015 m. keičia požiūrį į biodegalų gamybą. Pagal Europos parlamento tarybos ILUC direktyvą (ES) 2015/1513 (dėl netiesioginio žemės paskirties keitimo, susijusio su biodegalais ir skystaisiais bioproductais) tradicinių (pirmos kartos) biodegalų gamybą iš rapsų ir javų grūdų siūloma riboti ir įskaityti į 10 proc. planinį biodegalų rodiklį tik 7 proc. šių biodegalų. Likusius 3 proc. turėtų sudaryti pažangūs (antros kartos) biodegalai [3]. Antros kartos biodegalai turi būti gaminami iš žemės ūkio ir medienos atliekų. Tuo siekiama mažinti neigiamą biodegalų gamybos įtaką maisto produktų balansui ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimus.

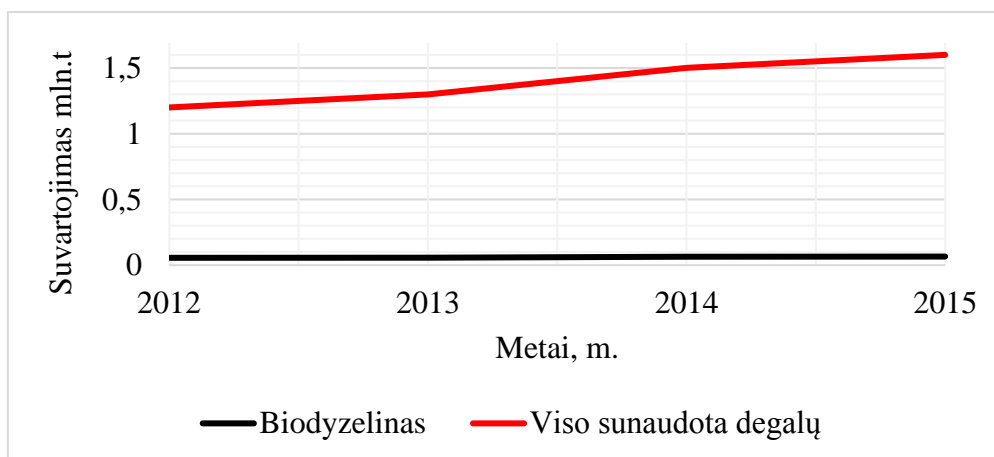
Biodegalų naudojimo ir gamybos stimulatorius kiekvienoje šalyje yra skirtingas. Lietuvoje šiuo metu apie 20 % kenksmingų išmetamųjų dujų sudaro automobilių tarša (1.2 pav.). Lietuvoje biodegalų vartojimas skatinamas sumažinus akcizo tarifą. Dar viena iš skatinamųjų priemonių yra atleidimas nuo aplinkos teršimo mokesčio už aplinkos teršimą iš mobilių taršos šaltinių fizinius ir juridinius asmenis, kurie teršia iš transporto priemonių, naudojančių nustatytus standartus atitinkančius biodegalus, ir pateikia biodegalų sunaudojimą patvirtinančius dokumentus, kurį nurodo Lietuvos Respublikos mokesčio už aplinkos teršimą įstatymas [4]. Dotacijomis remiami ūkininkai, auginantys žaliavas reikalingas biodegalų gamybai, kaip remiami ir biodegalų pagaminimu užsiimančios įmonės. Pagrindinė žaliava biodyzelino

gamybai yra aliejus, išspaustas iš rapsų ir metanolis. Lietuvos vyriausybė buvo įsipareigojusi iki 2010 metų vartoti 5,75% biodyzelino bendrame degalų kiekyje. Biodegalų pramonės lygis šalyje leidžia prognozuoti, kad Nacionalinėje strategijoje iškeltas tikslas, kad iki 2025m. gaminti 20 % biodegalų kiekio, taip pat gali būti nesunkiai pasiektas.

Kadangi transporto priemonių skaičius kiekvienais metais vis auga, reiškia Lietuvoje vis daugiau dėmesio būtina skirti alternatyvioms degalų rūšims. Lietuva yra iškastinio kuro importuotoja, dėl ko yra žymus šalies prekybos deficitas. Šalies resursų panaudojimas sumažintų energijos išlaidas importui, pagerintų prekybos balansą, sustiprėtų šalies ekonominę nepriklausomybę.

1.2 Biodyzelino gamyba ir naudojimas Lietuvoje ir ES

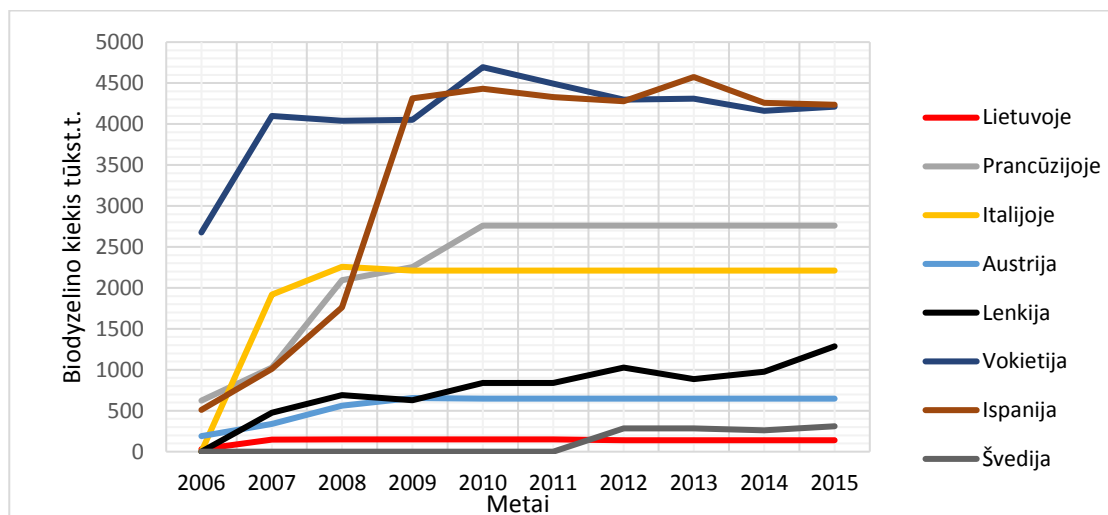
Lietuvoje žmonių poreikiui tenkinti naudojami tiek šalies, tiek importuoti kuro ir energijos ištekliai. Lietuvoje iš neatsinaujinančių energijos išteklių yra tik durpės. Į šalį importuojama pagrindinius kuro ir energijos išteklius: naftą, gamtines dujas, akmens anglį ir elektros energiją. Remiantis energetikos statistikos duomenimis, bendrosios šalies kuro sąnaudos 2015 metais siekė 7137,6 tūkst. tonų ir lyginant su 2014 metais padidėjo 1,6 proc. Šalies grynasis energetinis importas 2015 metais padidėjo 3,4 proc. Kelių transporte 2015 metais buvo sunaudota daugiau nei 1,6 mln. tonų degalų (1.3pav.), iš kurių didžiąją dalį, tai yra 79,9 proc. sudaro dyzelinas.



1.3 pav. Dyzelino ir biodyzelino suvartojimas Lietuvoje

Biodyzelinas yra labiausiai Lietuvoje paplitusi biodegalų rūšis. Jo 2015 metais transporte sunaudota 65,5 tūkst. tonų. Lyginant su 2014 suvartojimas biodyzelino padidėjo 9,1 proc.

Europos Sąjunga yra pagrindinė biodyzelino gamintoja. [5] Tačiau visi gamybiniai pajėgumai nėra pilnai išnaudojami. Žaliavų trūkumas yra viena iš kliūčių. 2015 metais ES biodyzelino gamyba siekia 22304000 tonų. Pagrindinės biodyzelino gamintojos yra Vokietija ir Ispanija (1.4 pav.). Jos pagamina apie 38% visos Europos biodyzelino. Taip pat žymiai prisideda Prancūzija, Italija, Nyderlandai bei Lenkija. Remiantis Europos biodegalų tarybos duomenimis ES šalių biodyzelino gamyba sparčiai padidėjo 2008-2010 metais.

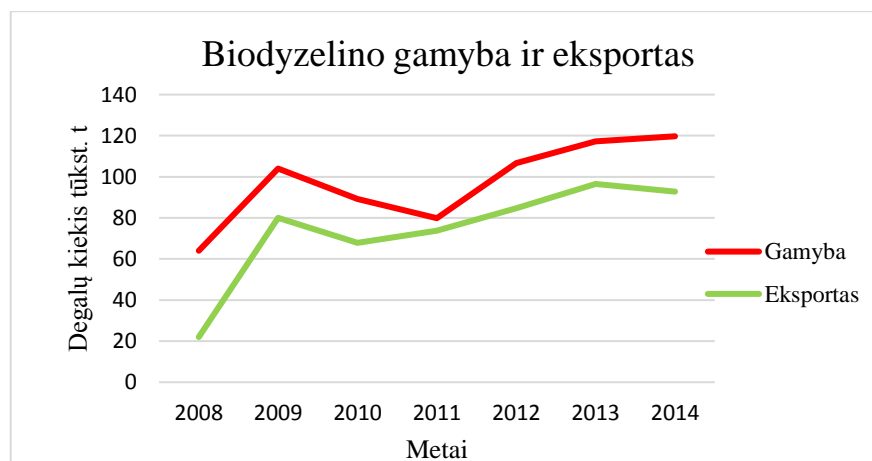


1.4 pav. Lietuvoje ir ES šalyse pagamintos biodyzelino kiekis (Europos statistikos departamentas, „Eurostat“ 2017)

Europos statistikos departamento duomenimis didžiosios biodyzelino šalys gamintojos daugumą degalų ir suvartoja šalies viduje. Europos sąjungoje plačiausiai naudojamos žaliavos biodyzelinui gauti yra rapsai (apie 80 %). Kiti aliejinės kilmės augalai naudojami rečiau: apie 10% saulėgrąžų aliejaus, apie 5 % palmių aliejaus ir likusią dalį sudaro sojų aliejus, panaudotas aliejus, gyvuliniai riebalai, taukai ar lajus.

Šiuo metu biodegalų gamybos plėtrą sąlygoja brangstančios žaliavos bei konkurencija tarp gamintojų. Didėjant mineralinių degalų kainoms, tikimasi, jog biodegalų ateityje bus sunaudojama vis daugiau, o tai kartu mažins klimato kaitą ir skatins naujų aplinkosauginių technologijų kūrimą.

2017 metų žemės ūkio ministerijos duomenimis, Lietuvoje biodyzelino gamyba, užsiima 2 bendrovės. Tai Mažeikių rajone įsikūrusi bendrovė UAB „Rapsoila“ ir Klaipėdos laisvojoje ekonominėje zonoje esanti įmonė UAB „Mestilla“. Ministerijos duomenimis, 2015 metais pagaminta 119,5 tūkst.t. produkcijos. Tai žymiai daugiau nei, Lietuvos rinka pajėgi suvartoti. Todėl didžiausia biodegalus Lietuvoje gaminanti įmonė UAB „Mestilla“ didžiąją dalį pagamintos produkcijos eksportuoja ir realizuoja Skandinavijos šalyse (1.5 pav.).



1.5 pav. Biodyzelino gamyba ir eksportas Lietuvoje (Lietuvos respublikos žemės ūkio ministerija, 2017)

2008-2014 metų laikotarpyje Lietuvoje rapsų auginimo plotai padidėjo 2,5 karto. Rapsų sėklų poreikis

2014 metais biodegalų gamybai siekė 371 tūkst.t., tuo tarpu prikulta buvo 501 tūkst.t.

1.3 Riebiųjų rūgščių metilo esterio gamybos procesas

Atsinaujinantiems energijos šaltiniams priskiriamas biodyzelinas, gaminamas iš augalinių žaliavų yra naudojamas transporte, kaip mineralinių degalų alternatyva. Biodyzelinas – gyvulinės, ar augalinės kilmės riebalų esteris. Priklausomai nuo alkoholio rūšies, biodyzeline jis yra vadinamas metilo arba etilo esteriu. Biodegalams priskiriamas: biodyzelinas ir jo mišiniai su mineraliniais degalais. Lietuvoje biodyzelinas naudojamas įprastiniuose, dyzeliu varomuose varikliuose, į vasarinius degalus įmaišant iki 7 proc. jo į mineralinį dyzeliną lengvuosiuose automobiliuose ir iki 30 proc. su modifikuota kuro sistema miesto autobusams. Tam tikromis sąlygomis biodyzelinas gali būti naudojamas ir grynas [26].

Biodegalų gamyba susideda iš procesų:

- Rapsų aliejaus gamyba;
- Rapsų aliejaus esterifikacija;
- Rapso – metilo esterio gryninimas.

Rapsų sėklos priimamos aikštelėje, kurioje iš transporto supilama į priėmimo bunkerį. Sėklos elevatoriais nukeliauja iki valymo įrenginių. Ten jie atskiriami nuo žolių sėklų, šiaudelių ir sėklų lukštų ir dulkių. Išvalyti grūdai nugabenami į džiovinimą (normalus rapsų sėklų drėgnumas yra 8-10 proc.) Sausas sėklas supilama į saugojimo aruodus. Sėklos yra pilnai paruoštos spaudimui.

Rapsų aliejaus išgavimo būdai:

Aliejaus išgavimo būdai:

- Mechaninis spaudimas (šaltas ir karštas);
- Estrakcijos tirpikliais;
- Ekstrahavimas;
- Kombinuotas (spaudimas ir ekstrahavimas);
- Spaudimas anglies dioksidu.

Šalto spaudimo metodu aliejingosios sėklos spaudžiamos mechaniniame prese, kuriame dėl išspaudų trinties, temperatūra pasiekia iki 49 °C. Tačiau spaudžiant šiuo metodu, nemaža dalis aliejaus lieka sėklose (apie 42 %).

Spaudžiant karštuoju spaudimo metodu aliejingosios sėklos yra dar papildomai pašildomos iki 100 – 120 °C. Rapsų sėklos dar labiau įkaista dėl sėklų trinties. Šis spaudimo būdas efektyvesnis, nes išgaunama daugiau aliejaus (apie 37%), kai bendras kiekis sėklose yra apie 42% [6]. Tačiau yra ir šio spaudimo minusų, nes sunaudojama nemažai energijos sėkloms įkaitinti ir lieka daugiau fosforo aliejuje.

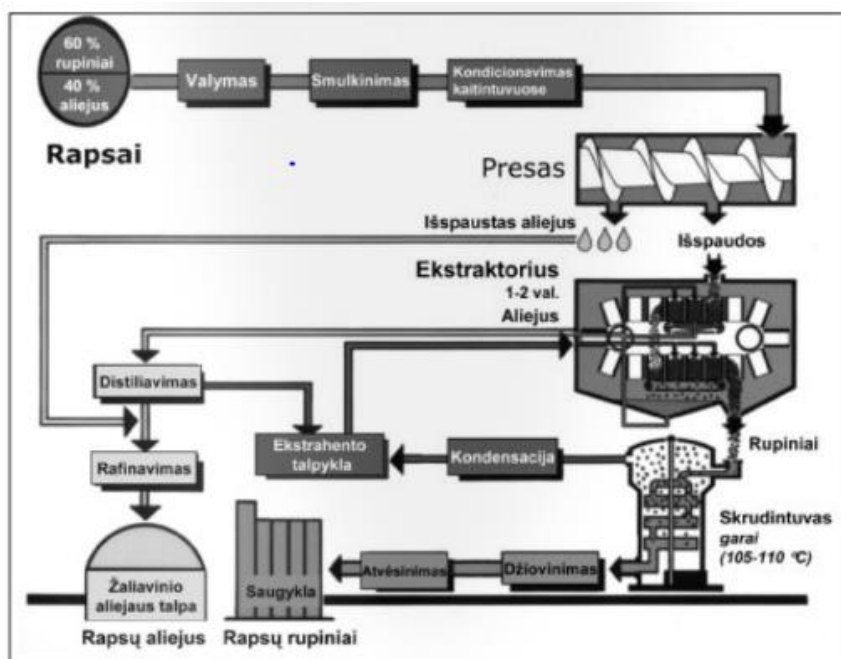
Spaudžiant ekstrakcijos tirpikliais metodu galima išgauti iki 99 % aliejaus. Šiuo metodu išgaunama 95% Europoje pagaminto aliejaus Tam reikalingi organiniai tirpikliai. Dažniausiai

naudojami tirpikliai yra heksanas (C_6H_{14}), benzinai ir kiti tirpikliai – kurios yra nuodingos medžiagos. Po aliejaus išgavimo ši medžiaga pašalinama distiliuojant. Tačiau, taikant šią technologiją, fosforo kiekis aliejuje yra keletą kartų didesnis, nei mechaniniu būdu išgautame aliejuje.

Aliejų iš sėklų galima išgauti presuojant ekstruderiais. Tai dviejų lygių presavimas, papildytas pirmo lygio išspaudų apdirbimu ekstrudieriu, taip išgaunama daugiau aliejaus, nei šalto spaudimo būdu, be to išgautas aliejus turi mažą fosforo kiekį.[6]

Aliejaus spaudimui iš aliejingųjų sėklų yra taikomas ir aplinkai draugiškas procesas - tai spaudimas panaudojant anglies dioksidą, tačiau šiam būdai reikalingas superkritinis slėgis (7,3 MPa) ir 31°C temperatūra. Procesui panaudotas anglies dioksidas gali būti perdirbamas.

Šiuo metu vis labiau naudojamas kombinuotas aliejaus išgavimo būdas (žr. 1.6 pav.). Taikant šį būdą yra atliekami 2 spaudimo procesai: mechaninis spaudimas ir išspaudų ekstrahavimas. Po mechaninio spaudimo likusiam aliejui išgauti, panaudojus ekstrahavimą, aliejaus belieka tik apie 0,3%. Išspaudos apdorojamos hidroterminiu būdu, taip sumažinamas gliukozinolatų kiekis ir pagerinama baltymų kokybė. Toliau išspaudos naudojamos gyvulių šėrimui.



1.6 pav. Aliejaus spaudimo iš rapsų sėklų, taikant kombinuotą spaudimo būdą, schema [7]

Rapsų aliejus, kad ir koks išgavimo būdas būtų, turi mažesnę ar didesnę nepageidautinų komponentų (priemaišų) kiekį. Priemaišos aliejui suteikia spalvą, specifinį kvapą ir skonį. Dėl priemaišų aliejus nėra skaidrus ir jame susidaro nuosėdos. Reikalavimai biodyzelinui yra pateikti Lietuvos standarte „LST EN 14214 Automobiliniai degalai“. Priklausomai nuo rapsų aliejaus paskirties, kai kurios priemaišos yra kenksmingos ir nepageidautinos. Labiausiai nepageidaujama medžiaga biodyzeline yra fosforas (fosfolipidai) ir jų kiekis neturi viršyti 10 mg/kg. Jos gali užkišti dyzelinio variklio maitinimo sistemos filtrus ir nusėsti degalų bake.

Perfiltruotas ir švarus rapsų aliejus per debito masės matuoklius yra pumpuojamas į esterifikacijos reaktorių. Pratekantis aliejus vandens garų pagalba yra pašildomas. RRME gamybos procese naudojamas natrio arba kalio hidroksidas ir metanolio tirpalas.

Į atskirą talpą yra įpilama reikiamas metanolio kiekis ir įjungiamas maišymas. Vėliau į talpą įberiamas reikalingas natrio arba kalio hidroksido kiekis ir maišoma, kol visiškai ištirps. Paruoštas tirpalas saugomas talpyklose ir per masės debito matuoklius dozuojamas į esterifikacijos reaktorių.

Po aliejaus pašildymo ir padavimo į esterifikacijos reaktorių, seka natrio arba kalio metanolio tirpalo padavimas į reaktorių. Visas gautas turinys yra intensyviai maišomas maišyklėmis. Praėjus nustatytam laikui maišymas išjungiamas ir toliau seka nusodinimo operacija. Po atskirų sluoksnių nusėdimo, sunkesnioji masė (t.y. glicerinas ir riebiųjų rūgščių muilai) siurbliu perpumpuojama į glicerolio fazės surinkimo talpyklą. Gautas nedistiliuotas RRME perpumpuojamas į RRME surinkimo talpyklą. Iš šių talpyklų RRME siurbliais paduodamas į vakuuminę distiliaciją, kurios paskirtis pašalinti nureagavusį metanolį. Procesas atliekamas specialiaje inde. Pašildžius RRME iki darbinės temperatūros, jis paduodamas į kanalų garintuvus. Dirbant vakuuminiais siurbliams, sudaromas vakuumas, kuris užtikrina, kad esant tam tikrai temperatūrai, nereikalingas metanolis bus išdistiliuotas. Metanolio garai surenkami ir freoninių šaldytuvų pagalba, jau esant skystame būvyje surenkamas į talpyklą. Metanolis sandėliuojamas ir toliau vėl paduodamas į gamybos procesą. Dalinai distiliuotas RRME siurbliais perpumpuojamas į aušinimo talpyklą, turinčias dvigubas sienelės, kuriose cirkulioja paruoštas šaltas vanduo. Ataušintas RRME nukreipiamas į separavimą [18].

RRME sudėtyje lieka pašalinių reakcijos produktų (glicerinas ir riebiųjų rūgščių muilai). Siekiant atskirti frakcijas, RRME yra ataušintas paduodamas į separatoriaus (centrifugas). Separatoriuose glicerinas bei riebiųjų rūgščių muilai atskiriami nuo RRME ir pneumosiuurbliais perpumpuojami į glicerolio fazės surinkimo talpyklą. Talpyklos plaunamos vandeniu ir vanduo su nedideliu kiekiu RRME ir laisvųjų rūgščių muilais iš separatorių patenka į nusodintuvus.

Švarus RRME paduodamas į talpyklą. Atliekami produkto kokybės tyrimai. Kokybiškas produktas per filtrus ir debito masės matuoklius išpumpuojamas į sandėliavimo talpyklą.

Gautas glicerolis paduodamas į apdirbimo reaktorių, kur vandens garų pagalba pašildomas iki reikiamos darbinės temperatūros. Perpumpuotas glicerolis intensyviai maišomas. Siekiant atskirti glicerolį nuo rūgščiųjų muilų, vykdomas apdorojimas fosforo rūgštimi (78-85% konc.). Rūgštis paduodama į maišomą glicerolio talpą kartu su vandeniu. Pasibaigus padavimui maišymas kurį laiką dar tęsiamas. Pasibaigus maišymui vyksta nusodinimo stadija. Glicerinas kuris yra sunkesnis už laisvas riebalų rūgštis, nusėda apatinėje reaktorių dalyje. Jis perpumpuojamas į glicerino distiliacijos reaktorių, kur per dvigubos sienelės tarpą pašildomas iki darbinės temperatūros. Tada glicerinas intensyviai maišomas, tuo pačiu metu paleidžiami vakuuminiai siurbliai metanolio bei vandens garų išsiurbimui. Vakuuminės distiliacijos metu iš glicerino distiliacijos reaktorių yra išsiurbiami metanolio bei vandens garai, kurie susikondensuoja freoniniuose šaldymo įrenginiuose ir surenkami į antrinio metanolio

surinkimo talpyklas. Iš šių talpyklų antrinis metanolis siurbliais yra išpumpuojamas į rezervuarų parke esančią antrinio metanolio laikymo talpą. Pasibaigus vakuuminės distiliacijos procesui, glicerinas (78-82% konc.) iš reaktorių siurbliais paduodamas į glicerino perdirbimo cechą. Reaktoriuje lieka laisvos riebalų rūgštys, kurios siurbliais paduodamos į sandėliavimo talpyklas. Iš šios talpyklos laisvos riebalų rūgštys (toliau LRR) siurbliu per debito masės matuoklį ir vamzdinį šilumokaitį, kuriame vandens garais pašildomos iki reikiamos darbinės temperatūros, paduodamos į rūgštinės esterifikacijos koloną. Į kolonos apačią taip pat atskiru siurbliu iš metanolio surinkimo talpos paduodamas metanolis. Rūgštinės esterifikacijos procese kaip katalizatorius naudojama koncentruota sieros rūgštis (96-98% konc.), kuri siurbliu iš rūgšties sandėliavimo talpyklos paduodama į LRR vamzdyną, einantį į koloną. Rūgštinės esterifikacijos proceso metu nesureagavę metanolio garai ir nedidelė dalis šildymo kuro patenka į plokštelinį aušintuvą, kuriame šalto vandens pagalba ataušinami ir susikondensavę surenkami į antrinio metanolio surinkimo talpyklą. Iš šios talpyklos šildymo kuras siurbliu išpumpuojamas į šildymo kuro talpyklas. Antrinis metanolis siurbliu išpumpuojamas į antrinio metanolio talpyklą. Rūgštinės esterifikacijos proceso metu gautas RRME iš kolonos paduodamas į neutralizavimo reaktorių, kuriame vandens - natrio arba kalio hidroksido tirpalu (10% konc.) neutralizuojamas iki 6.5-7.0 pH. Tirpalo padavimo metu vyksta intensyvus maišymas. Atliekamas produkto kokybės patikrinimas. Antrinis metanolis siurbliu per debito masės matuoklį ir šilumokaičius, kuriuose produktų iš rektifikacijos kolonos bei garo pagalba pašildomas iki reikiamos darbinės temperatūros, paduodamas į rektifikacijos koloną. Metanolio garai išeinantys ir rektifikacijos kolonos viršaus patenka į aušintuvus, kuriuose šalto vandens pagalba yra ataušinami ir sukondensuoti surenkami į distiliuoto metanolio surinkimo talpyklą. Iš šios talpyklos dalis distiliuoto metanolio siurbliu paduodama į rektifikacijos kolonos viršutinę dalį (kolonos temperatūrinio režimo reguliavimui). Iš surinkimo talpyklos atskiru siurbliu distiliuotas metanolis per šilumokaitį, kuriame atiduoda dalį šilumos antrinio metanolio pašildymui, paduodamas į tarpinę metanolio sandėliavimo talpyklą, iš kurios siurbliu per debito masės matuoklį išpumpuojamas į metanolio sandėliavimo talpyklas. Vanduo per šilumokaitį kur atiduoda dalį šilumos antrinio metanolio pašildymui paduodamas į kanalizaciją. Glicerinas (78-82% konc.) iš vakuuminės distiliacijos reaktorių siurbliais paduodamas į sumaišymo reaktorių, iš kurio siurbliu paduodamas į filtrą-presą neištirpusių druskų (kalio fosfato) pašalinimui. Iš filtro-presos glicerinas per debito masės matuoklį paduodamas į neutralizavimo reaktorių, kuriame vandens-kalio hidroksido tirpalu (30% konc.) neutralizuojamas iki 6.5-7.0 pH. Vandens-kalio hidroksido tirpalas ruošiamas talpykloje, esančioje atskiroje patalpoje. Tirpalo padavimo į neutralizavimo reaktorių metu viskas intensyviai maišoma ir vyksta glicerino cirkuliacija veikiant siurbliams. Po neutralizacijos reakcijos glicerinas iš reaktoriaus siurbliu paduodamas į filtrą-presą papildomam susidariusių druskų išskyrimui. Išfiltruotos druskos (kalio fosfatas) iš filtro-presos juostiniu transporteriu paduodamos sandėliavimui į plastikinius maišus. Išfiltruotas glicerinas siurbliu paduodamas į vakuuminės distiliacijos reaktorių, kuriame per dvigubos sienelės tarpą vandens garo pagalba yra pašildomas iki darbinės temperatūros. Reaktoriuje maišyklės

pagalba glicerinas intensyviai maišomas. Tuo pačiu metu paleidžiamas vakuuminis siurblys vandens garų išsiurbimui. Vakuuminės distiliacijos metu iš glicerino distiliacijos reaktoriaus yra išsiurbiami vandens garai, kurie susikondensuoja freoniniame šaldymo įrenginyje ir surenkami į vandens surinkimo talpyklą. Iš šios talpyklos vanduo periodiškai savitaka yra išleidžiamas į gamybinių nuotekų kanalizaciją, kuria nuotekos nukreipiamos į nuotekų valymo įrenginius. Pasibaigus vakuuminės distiliacijos procesui, glicerinas (85-92% konc.) iš reaktoriaus siurbliu paduodamas į glicerino sandėliavimo talpyklą [18].

Visi gamybiniai ciklai vykdomi automatiniu režimu, visus ciklų parametrus kontroliuoja kompiuteris. Esant būtinybei galima dirbti ir rankiniu režimu.

1.4 Cheminės ir fizikinės RME savybės

Minimalius dyzelino kokybės reikalavimus nustato DIN EN 590 standartas. Reikalavimai dėl šilumingumo ir švarumo yra tokie patys kaip ir benzinui. Tačiau dyzelinas turi labai lengvai užsiliepsnoti. Degalai turi būti gero takumo, kad nepriklausomai nuo meteorologinių sąlygų, būtų nenutrūkstamai tiekiami į purkštuvus. Klampa ir filtravimasis turi būti optimalūs, nepriklausomai nuo temperatūros. Dyzeliniai degalai turi nekoroduoti ir gerai tepti kuro tiekimo sistemos detales, tačiau neteršti nuodeguliais cilindro paviršių. Degalai turi būti nesunkiai įpurškiami į cilindrą, nesunkiai užsiliepsnoti, kad variklį būtų nesunku užvesti. Degalai turi kuo mažiau teršti aplinką, būti stabilūs saugūs ir ekologiški. Palyginimui pateikta lentelė, kurioje lyginamos RME ir dyzelino charakteristikos.

1.1 lentelė.

Pagrindinės rapsų aliejaus, dyzelinių degalų charakteristikos [8;9]

Savybių rodikliai	Dyzeliniai degalai	Rapsų aliejus
Cheminė formulė	$C_{57}H_{105}O_6$	$C_{13}H_{24}$
Tankis (15 °C), g/cm ³	0,820 – 0,860	0,916
Klampa (40 °C), mm ² /s	2,0 – 4,5	38,0
Pliūpsnio temperatūra, atvirame tigelyje, °C	68	220-300
Savaiminis užsiliepsnojimas, °C	250	320
Cetaniškas skaičius	51,0	39-44
Deguonies kiekis, max %	0,4	10,8
Žemutinis šilumingumas, MJ/kg	42,55	36,87
Užterštumas, mg/kg	≤24	25
Sieros kiekis, mg/kg	10	2
Jodo skaičius (J ₂), g/100g	111	6

Iš 1.1 lentelėje pateiktų duomenų galime matyti akivaizdų rapsų aliejaus ekologinį pranašumą aliejaus sudėtyje yra tik 2 mg/kg sieros. Todėl deginių sudėtyje yra mažesnis sulfatų kiekis, sumažėja kietųjų dalelių emisija. Sumažėja aplinkos užterštumas ir rūgštinio lietaus susidarymo tikimybė, kuris susidaro, kai sieros ir azoto oksidai reaguoja su ore esančia drėgme. Ženkliai didesnis deguonies kiekis (10,8 %) rapsų aliejuje, lyginant su mineraliniais dyzeliniais degalais (0,4 %), skatina degimą ir mažina kenksmingų dalelių kiekį deginiuose. Aliejus yra natūrali medžiaga, todėl patekęs ant dirvos paviršiaus

jis daug greičiau suyra. Aukštesnė pliūpsnio temperatūra užtikrina didesnę saugumą gaisro atveju. Nepamirškime to, kad rapsų aliejus yra natūrali medžiaga, kuri daug greičiau suyra dirvožemyje, nei mineraliniai sintetiniai degalai. Naudojant biodyzeliną, ar jo mišinius su mineraliniu dyzelinu sumažėja anglies dvideginio išsiskyrimas į aplinką. Visos šios rapsų aliejaus savybės skatina jo kaip degalų naudojimą transporto priemonėse, kurios išmeta bene daugiausiai kenksmingų medžiagų į atmosferą.

Be jau išvardintų teigiamų rapsų aliejaus savybių yra ir techninių trūkumų. Mažesnis rapsų aliejaus šilumingumas automatiškai padidina efektyvų degalų sąnaudas ir sumažina efektyviąją galią. Aliejus daug greičiau koksuoja, todėl reikia nuolat stebėti purkštuvų būklę, dažniau keisti variklinę alyvą, filtrus. Rapsų aliejus yra organinė medžiaga, todėl tirpdo gumines maitinimo sistemos detales. Dėl didelio jodo kiekio ir didelio korozijos aktyvumo rapsų aliejus gali sugadinti variklio vidines detales, pagamintas iš vario, žalvario ir kitų spalvotųjų metalų. Rapsų aliejus yra daug klampesnis, todėl prie žemų temperatūrų nepašildžius naudoti neįmanoma, nes prastai filtruojasi ir lašeliai prastai išsiskaido. Tai prailgina žemo cetaninio skaičiaus aliejaus užsiliepsnojimo trukmę ir skatina variklio vibracijas. Pagerinti rapsų aliejaus savybes galima sumažinant klampą. Galimi keli kinematinės klamos pagerinimo būdai: esterifikavimas, šildymas ir sumaišymas su mineraliniais degalais.

Iš rapsų aliejaus cheminės formulės galime matyti, kad aliejų sudaro 77,3% anglies, 11,8% vandenilio ir 10,8% deguonies. Aliejaus faktinis anglies ir vandenilio masių santykis yra truputį mažesnis iš to galima spręsti, kad degalai geriau sudega, išsiskiria mažiau degimo produktų.

Mineraliniame dyzeline yra žymiai mažiau vandens, lyginant su aliejumi. Vanduo ne tik padidina tankį ir kinematinę klampą, bet ir mažina cetaninį skaičių, didina rūgštingumą ir skatina koroziją.

1.5 Rapsų metilo esteriu varomo variklio deginių emisijos rodikliai

Vis labiau tobulėjant technologijoms, tobulėja ir vidaus degimo varikliai, bei degalų tiekimo sistemos. Jiems taikomi vis griežtesni aplinkosauginiai reikalavimai. Visos sistemos turi atitikti griežtėjančius išmetamųjų emisijų, kuro sąnaudų reikalavimus. Senosios degalų tiekimo sistemos buvo valdomos mechaniškai, o dabartiniuose automobiliuose diegiamos modernios elektroninį valdymą turinčios sistemos. Senosios – mechaninės degalų tiekimo sistemos turi po vieną pagrindinę degalų įpurškimo fazę, todėl yra sudėtinga optimizuoti degalų įpurškimą. Šiuolaikiniuose varikliuose, valdomuose elektroninių kompiuterių pagalba taikomas daugiafazis įpurškimas. Tokie varikliai atitinka aukštesnių reikalavimų standartus.

Degimo proceso parametrai dyzeline variklyje tam tikru mastu priklauso nuo degalų kiekio ir koku būdu jie įpurškiami į sistemą. Svarbūs kriterijai yra: degalų įpurškimo momentas, trukmė, degalų paskirstymas degimo kameroje, degimo pradžios momentas, įpurškiamas degalų kiekis alkūniam velenui pasisukus 1° kampu ir bendras įpurkštų degalų kiekis, atitinkantis variklio apkrovą. Siekiant neprikaištingo dyzelinio variklio darbo, visi šie parametrai optimizuojami

Įpurškimo sistemų tipai:

- Sistema su sekcijiniu įpurškimo siurbliu;

- Sistema su skirstomojo tipo vieno stūmoklio ar rotoriniu siurbliu;
- kompaktinė siurblio–purkštuvo sistema;
- modulinė degalų įpurškimo sistema „siurblys– vamzdelis–purkštuvai“;
- „CommonRail“ sistema.

Teršalai išskiriami iš vidaus degimo variklio dėl nevysiškai sudeginamų degalų, kuriuos sudaro įvairūs organiniai junginiai, pagrinde – angliavandenių mišiniai. Degalų pagrindą sudaro angliavandeniliai ir priemaišos: anglies monoksidas CO, vandenilis H₂, sieros vandenilis H₂S, anglies dioksidas CO₂, azotas N₂ ir deguonis O₂. Dyzelinių automobilių variklių į aplinką išmetamų teršalų kiekis priklauso nuo degalų ir oro mišinio susidarymo sąlygų, kurios ir lemia nevysišką degalų sudeginimą. Dyzelinu varomi varikliai dėl ne visiškai sudegintų degalų į aplinką išmeta daug kietųjų dalelių: suodžių, bei kitų nuodingų dalelių. Ypač nuodingos yra kvapiosios medžiagos - formadehidas, akroleinas ir kitos, jos sudaro apie 2-3 % išmetamųjų dujų tūrio. Ypatingai pavojinga ir nuodinga išmetamoji medžiaga yra benzpirenas- tai kancerogeninė medžiaga. Užsiliepsnojimo savybes dyzeline įvertina cetaninis skaičius. Pagal reikalavimus mažiausias cetano skaičius yra 49. Kuo didesnis cetano skaičius tuo automobilis lengviau užsiveda, sumažėja variklio darbo temperatūra.

Bendrai vertinant pastebėta, jog vidaus degimo variklių išmetamųjų dujų kiekis ir jų sudėtis priklauso ne tik nuo degalų, bet ir nuo automobilio techninės būklės, darbo režimo, degalų tiekimo sistemos būklės ir tipo. Pagal poveikį aplinkai teršalai skirstomi į neutralius: N, ekologiškai aktyvius:CO₂, H₂O, ir toksiškus C, CO, CH, CHO - (dalinio degimo produktai), NO, NO₂, NH₃, NH₄- (medžiagos turinčios azoto) ir degalų ir tepalų oksidacijos produktai.

Teisiniai reikalavimai transporto priemonėms.

Transporto priemonėms išmetamųjų dujų kiekį nustato Europos Parlamento ir Tarybos sukurti reglamentai. Nuo jų patvirtinimo jie taikomi gaminat transporto priemones. Šiuo metu jau patvirtinti EURO 6 standartai (1.2 lentelė). Ypač griežtėja dyzelinių variklių išmetamųjų dalelių emisijoms keliami standartai. Nuo pirmojo iki šeštojo euro standarto jie sumažėjo 28 kartus.

1.2 lentelė.

Standartai ir jiems priimti išmetamųjų dalelių kiekiai [10]

Norma ir įsigaliojimo metai	HC+NO_x	CO	NO_x	Kietosios dalelės
Euro 1 (1993)	0,97	2,72	-	0,14
Euro 2 (1996)	0,90	1,00	-	0,10
Euro 3 (2000)	0,56	0,64	0,50	0,05
Euro 4 (2005)	0,30	0,50	0,25	0,025
Euro 5 (2009)	0,25	0,50	0,18	0,005
Euro 6 (2014)	0,17	0,50	0,08	0,005

Reglamente nustatančiame naujausius standartus pažymima, kad nuo 2015 rugsėjo 1 d. nacionalinės institucijos laiko naujų transporto priemonių, kurios neatitinka šio reglamento ir jo įgyvendinimo priemonių, ypač EURO 6, ribinių verčių atitikties sertifikatus nebegaliojančiais ir dėl su išmetamais teršalais ar kuro suvartojimu susijusių priežasčių uždraudžia registruoti, prekiauti ar pradėti eksploatuoti tokias transporto priemones (Europos Parlamento... 2007). Šis reglamentas svarbus pirmiausia siekiant išlaikyti konkurencingumą bei sumažinti poveikį aplinkai [10].

2 Eksperimentinių tyrimų priemonės ir metodika

Visų pirma atlikti tyrimai su pačių degalų savybėmis priklausomai nuo RME koncentracijos iširti. Tyrimams naudota KTU Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakulteto, Šilumos ir atomo energetikos katedros laboratorijos įranga. Toliau atlikti natūriniai bandymai su „VW“ firmos transporto priemone. Gauti rezultatai analitiškai, bei programinės įrangos pagalba apdoroti. Tyrimams panaudota KTU Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakulteto, Transporto priemonių inžinerijos katedros laboratorijos įranga. Atlikus eksperimentus ir gavus duomenis jie apdorojami ir palyginami.

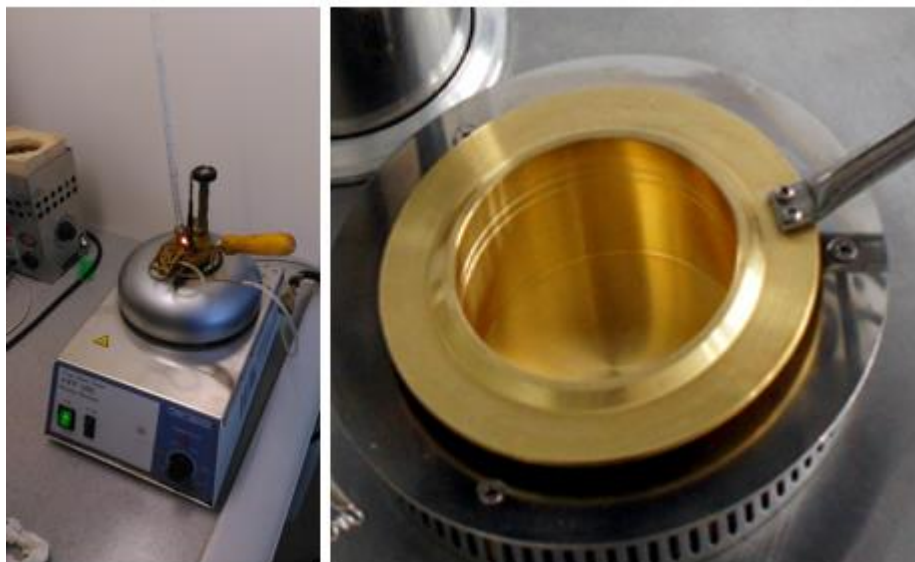
2.1 RRME ir jo mišinių su mineraliniu dyzelinu pliūpsnio temperatūros nustatymas

Degalų degimo procese išskiriamos trys pagrindinės fazės: užsiliepsnojimo, intensyvaus degimo ir baigiamojo degimo. Degant degalams jų molekulės jungiasi su deguonies molekulėmis. Kylant temperatūrai molekulių jungimasis intensyvėja ir dyzelinas užsiliepsnoja, tai yra laikas, kai pasiekama temperatūra reikalinga degimui. Degimo metu sudega didžiausia dalis degalų. Degalų likučiai sudega paskutinėje fazėje – baigiamojo degimo.

Degalų gebėjimas užsidegti yra vertinamas pliūpsnio, užsiliepsnojimo ir savaiminio užsiliepsnojimo temperatūromis. Pliūpsnio temperatūra – tai mažiausia temperatūra iki kurios pašildžius nagrinėjamus degalus, standartinėmis sąlygomis, iš jo išsiskyrę garai su aplinkos oru sudaro mišinį prie kurio priartinus atvirą ugnies šaltinį akimirksniu užsiliepsnotų.

Naftos produktų pliūpsnio temperatūra nustatoma uždengto tigelio metodu. Kaitinamas indas su degalais.(2.1 pav.). Kai degalų temperatūra priartėja prie galimos pliūpsnio temperatūros indas atidengiamas ir prie jo prikišama atvira ugnis. Susidarę dujos plyksteli ir vėl užgęsta. Susidaro pakankamas degalų garų kiekis, kad įvyktų trumpas pliūpsnis, bet nepakankamas, kad vyktų pastovus degalų degimas. Liepsna greitai užgęsta, nes garavimo greitis yra mažas. Saugesniais laikomi toki naftos produktai, kurių pliūpsnio temperatūra yra aukštesnė. Pavyzdžiui benzino pliūpsnio temperatūra yra labai žema – (nuo $-47\text{ }^{\circ}\text{C}$ iki $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$). Taigi tai labai pavojingas produktas žiūrint gaisrinio saugumo požiūriu. Dyzelino pliūpsnio temperatūra siekia (nuo $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ iki $+75\text{ }^{\circ}\text{C}$). Pagal pliūpsnio temperatūrą degalai skirstomi į atitinkamas kategorijas: degiuosius skysčius ($+60,5\text{--}93\text{ }^{\circ}\text{C}$) ir liepsniuosius skysčius (jų pliūpsnio temperatūra žemesnė kaip $+60,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Liepsnieji skysčiai dar skirstomi į pavojingus, pavojingus aukštesnėje temperatūroje ir labai pavojingus.

Mėginiai paruošiami bandymui. Į tigelį iki žiedinės briaunos įpilama tiriamų degalų. Tigelis uždengiamas ir nustatoma degalų temperatūra. Prieš bandymą ji neturėtų būti mažesnė, nei $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ už laukiamą pliūpsnio temperatūrą.



2.1 pav. Pliūpsnio temperatūrai nustatyti naudojama įranga

Į prietaisą įstatomas tigelis su degalais ir pradamas bandymas. Kaitinimo greitį galima reguliuoti autotransformatoriumi. Jis turi būti kaitinamas priklausomai nuo to kokia yra jo pliūpsnio temperatūra. Degalai reguliariai turi būti pramaišomi tigelio dangtelyje įrengtu maišutuvu, kad būtų tolygiai išilę degalai per visą tūrį. Degalų temperatūrai pasiekus 10 °C žemesnę negu laukiamoji pliūpsnio temperatūra reikia pradėti uždeginėti susikaupusius garus. Norint tiksliai gauti rezultatus, uždeginėti reikėtų kas 1 °C. Dangtelis atidaromas automatiškai prie jo artinant atviros ugnies šaltinį. Pliūpsnio temperatūra yra ta, kurioje priartinus ugnies šaltinį pasirodo pirmoji melsva liepsnelė ir greitai užgęsta.

2.1 RRME ir jo mišinių su mineraliniu dyzelinu šilumingumo nustatymas.

Darbo tikslas : nustatyti viršutinę RRME ir mišinių su skirtingomis koncentracijomis dyzelino degimo šilumą ir apskaičiuoti apatinį kuro šilumingumą.

Degalų šilumingumas – tai yra šilumos kiekis, kuris išsiskiria sudegus vienam degalų masės vienetui. Degalų šilumingumas priklauso nuo jų degimo medžiagų sudėties, taip pat nuo esamų mineralinių priemaišų kiekio. Jeigu žinoma kuro sudėtis, šilumingumą galima apskaičiuoti naudojant empirines formules. Bet norint tiksliai nustatyti, reikia atlikti eksperimentą specialiuose kolorimetriniuose įrenginiuose.[14]

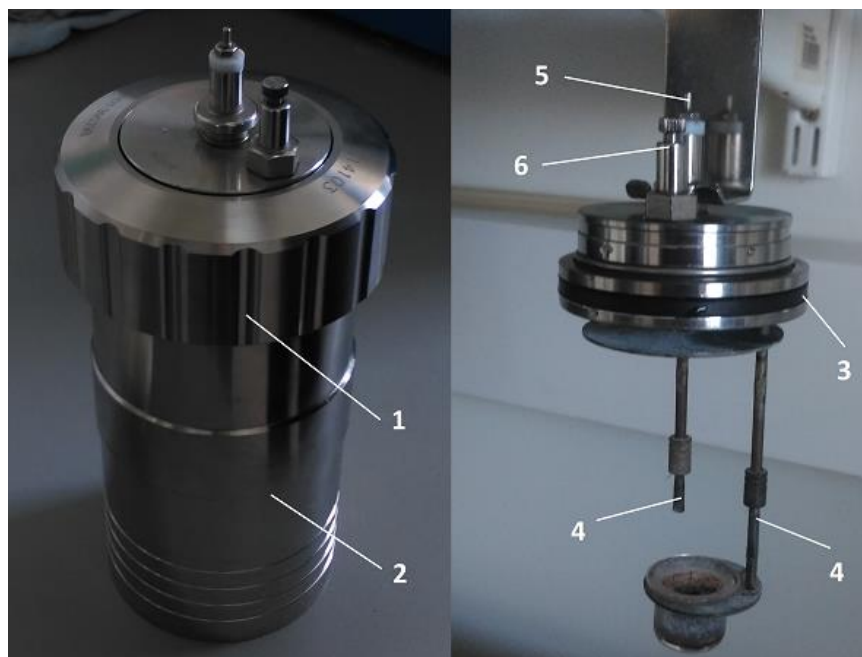
Taikant kolorimetrinį metodą, kuro bandinys sudeginamas deguonies pripildytoje kolorimetrinėje bomboje, kuri yra panardinama į vandenį ir temperatūros pasikeitimas parodo koks yra kuro šilumingumas.

Naudota aparatūra:

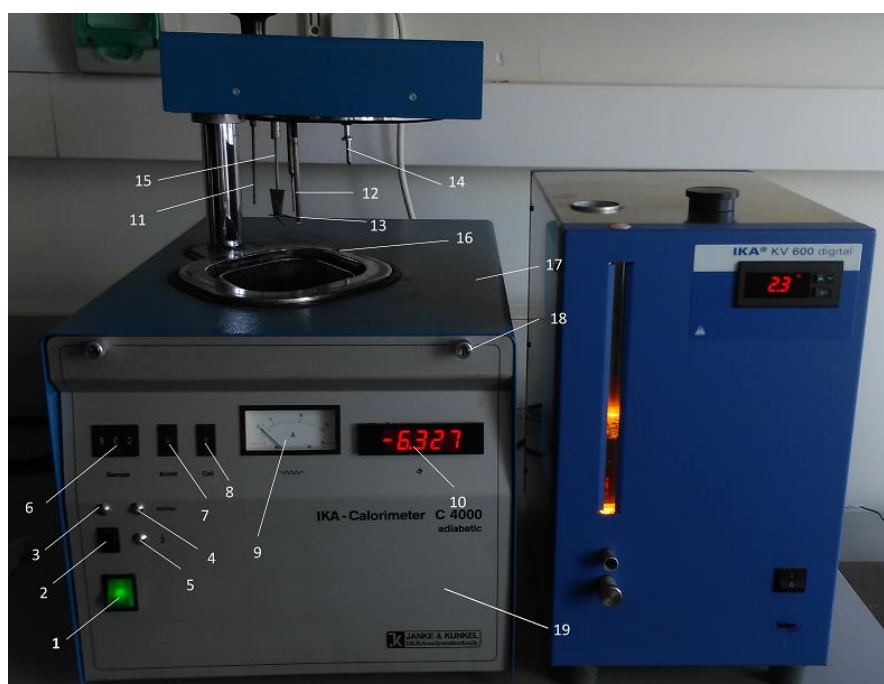
- 1) kolorimetrinė bomba (2.2 pav.);
- 2) kolorimetrinis prietaisas (2.3 pav.);
- 3) presas;
- 4) svarstyklės;

5) deguonies balionas su pripildymo įranga.

Kolorimetrinė bomba – tai cilindro formos indas.

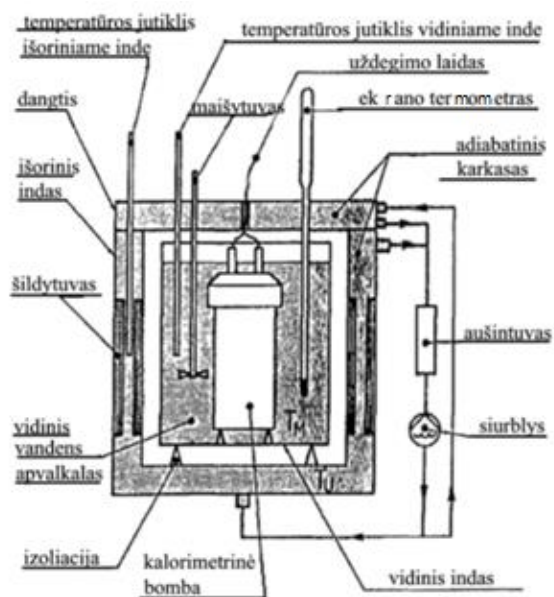


2.2 pav. Pateiktas kalorimetro prietaisas, į kurį įdedama kalorimetrinė bomba atliekant šilumingumo nustatymo eksperimentą. Bombą sudaro: 1 - korpusas; 2 - dangtis; 3 - guminės tarpinės; 4 - elektrodai skirti įdėti į degimo kamerą; 5 - tai vamzdis skirtas įleisti deguoniui; 6 - vožtuvas skirtas išleisti dujas susidariusioms degimo reakcijoje [14].



2.3 pav. Kolorimetras „IKA C4000 adiabatic“: 1 - maitinimo jungiklis; 2 - uždegimo jungiklis; 3 - Geltona lemputė reiškianti, jog vykdomas ar įvyko uždegimo procesas; 4 – raudona lemputė reiškianti, jog procesas sutriko arba įvyko gedimas; 5 – žalia lemputė reiškianti, kad matavimas vyksta arba jau baigtas; 6 – bandinio numeris; 7 – bombos numeris; 8 – matavimo kameros numeris; 9 – elektrodų laidumas; 10 – santykinė temperatūros analizė; 11- temperatūros jutiklis; 12 – temperatūros jutiklis 2; 13 – temperatūros jutiklis 3; 14 – uždegimo kontaktai; 15 – vandens maišytuvas; 16 – elektrolito nuorinimo kanalas; 17 – išorinis karkasas; 18 – priekinio valdymo skyrelio tvirtinimo veržlė; 19 – dangtis.[14]

Siekiant užtikrinti, kad degant kuro bandiniui išsiskyręs šilumos kiekis būtų perduotas aplink bombą esančiam vandeniui ir kad aplinkos įtaka būtų minimali, kolorimetrinis indas dedamas į vandenį. Prietaisas taip pat turi šildytuvą ir šaldytuvą, kuriuos naudojant automatiškai palaikoma adiabatinė aplinka.



2.4 pav. Kalorimetro su „bomba“ schema [14].

Paimamas keramikinis indelis pasveriamas tuščias. Į talpą įlašinama degalų (apie 1 g) ir vėl pasveriamas. Indelis įdedamas į laikiklį, elektrodai sujungiami vielute. Ant vielutės užsukamas medvilninis siūlas ir „bomba“ sutveriama. Cilindro formos indas užpildomas 20 bar slėgio deguonimi ir „bomba“ įdedama į vidinį indą esantį kalorimetriniame prietaise. Indas užpildomas vandeniu (apie 25 °C) taip, kad apsemtų kalorimetrinę bombą. Užpildyta talpa uždaroma kalorimetro dangčiu. Pradedamas bandymas.



2.5 pav. Bombos vidinės dalies laikiklis ir bombos vidinė dalis

Naudojant adiabatinio tipo kolorimetrą, pradinio ir galutinio laikotarpių trukmė iš esmės turi būti tokia, kad jos pakaktų pradinei (uždegimo) ir galutinei temperatūrai nustatyti.

Vykstant degimui, bombos viršus įkaista labiausiai, todėl svarbu, kad virš bombos būtų pakankamas maišomo vandens kiekis, kad staigiai pakilus temperatūrai būtų užtikrinti gana maži vandens temperatūros gradientai. Uždarius dangtį ir paleidus kolorimetą skaičiavimams stebima ar procesas nesutriko. Jeigu įvyko skaičiavimų klaida matoma mirksinti raudona lemputė ir girdimas įspėjamasis signalas. Nusistovėjus kolorimetro režimui (kai vandens temperatūra tampa pastovi) ir užsižiebia žalia lemputė pradedamas bandymas. Užsirašoma pradinė santykinės temperatūros reikšmė. Išjungiamas testo jungiklis ir lengvai paspaudžiamas uždegimo jungiklis. Degalų ėminys užsidega ir išsiskiria šiluma. Temperatūra staigiai pakyla ir laukiama kol pasieks maksimalią reikšmę. Kai temperatūra būna pastovi ($T=const$) arba pradeda mažėti užsirašoma reikšmė ir bandymas yra baigtas. Pakeliamas kolorimetro dangtis, ištraukiama kolorimetrinė „bomba“. Ji pastatoma į traukos spintą ir išleidžiami į aplinką susidarę degimo produktai [14].

Kuro masės viršutinis šilumingumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q_v = \frac{C \cdot \Delta T - Q_{paš}}{m} \quad (2.1)$$

C – efektyvioji kalorimetro šiluminė talpa, J/K (išmatuota 9310 J/K);

$Q_{paš}$ – suma visų pašalinių šilumos kiekių, kurie nesusiję su standartinės medžiagos degimo šiluma, J;

m – degalų masė, g;

ΔT – santykinis temperatūros padidėjimas, išmatuotas kalorimetru, K;

$$Q_{paš} = Q_{siūlelis} + Q_{vielelė} \quad (2.2)$$

$Q_{siūlelis} = 50 \text{ J}$, $Q_{vielelė} = 30 \text{ J}$ (nustatyta);

$$Q_a = Q_v - 212.2 \cdot H_2, \frac{J}{g}; \quad (2.3)$$

H_2 – vandenilio kiekis sausoje kuro masėje, %[14].

2.2 Natūrinio eksperimento metodika

Pagrindinis šio eksperimento tikslas nustatyti VW 1,9 TD (2.7 pav.) dyzelinio variklio, kuris maitinamas mineralinio dyzelino ir mišinių su rapsų metilo esteriu išmetamųjų dujų sudėtį, dūmingumą, bei degalų suvartojimą. Automobilis pasirinktas be jokių išmetamųjų dujų filtrų, kurie galėtų įtakot automobilio išmetamųjų dujų sudėtį. Iš šių bandymų galėsime nustatyti tiesioginį RME naudingumą. Eksperimentas atliktas naudojant KTU Mechanikos inžinerijos ir Dizaino fakulteto laboratorijos įrangą. Bandymams pasirinktas 1109 kelias Miroslavas – Parėčėnai atkarpos ilgis 3,15 km. Bendras vieno bandymo atstumas yra 6,3059 km. Šis maršrutas pasirinktas dėl įvairaus reljefo - yra nedidelių kalnų, pakalnių, tiesaus kelio atkarpų ir posūkių. Vidutinis greitis gautas atliekant bandymus yra 48,72 km/h.



2.6 pav. Pasirinkta kelio atkarpa

Tyrimams atlikti naudotas „ORLEN Lietuva“ dyzelinas C klasės su RRME. Specifikacija pateikiama 3 priede. Rapso metilo esteris pasirinktas pagamintas įmonėje „Rapsoila“. Specifikacija pateikiama 4 priede.

Eksperimentiniams tyrimams atlikti naudota įranga ir prietaisai:

- Išmetamųjų dujų analizatorius „Technomotor LCD 810“ (2.3 lentelė) ;
- Dūmingumo matuoklis „Bosch BEA 460“ sukomplektuotas su moduli „RTM 430“ (2.4 lentelė);
- Elektroninės svarstyklės (2.9 pav.);
- Duomenų registravimo prietaisas „DL1“ (2.5 lentelė).



2.7 pav. Eksperimentams naudoto variklio vaizdas

Eksperimento eigos supaprastinimui ir greitesniam degiojo mišinio pakeitimui, perdaryta degalų tiekimo sistema, vietoje degalų paėmimo iš bako, mineralinis dyzelinas sumaišytas su RME tiekiamas iš bakelio (2.7 pav.). Tokiai sistemai padaryti panaudoti tokie papildomi elementai:

- 2 m guminės žarnos;

- Pompa degalams užpumpuoti;
- Indas kurui.

Variklio parametrams nustatyti natūrinių eksperimentų metu, sveriant paruošti 7 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 % ir 100 % RRME ir C klasės mineralinio dyzelino mišiniai. Kiekvieno mišinio pasiruošta apie 4kg.

Natūriniai bandymai atliekami varikliui pasiekus darbinę 87 °C temperatūrą. Išmetamųjų dujų sudėtis ir dūmingumas matuojamas 3 kartus, su kiekvienu iš bandinių. Rezultatuose pateikiami gauti rezultatų vidurkiai.



2.8 pav. Bandomasis automobilis

Degalų suvartojimo bandymo metu naudoti tie patys mišiniai kaip ir išmetamųjų emisijų tyrimo metu ir tas pats automobilis (2.8 pav.). Kiekvienas pravažiavimas pakartotas po 6 kartus. Šio bandymo metu buvo matuojamos kuro sąnaudos prietaisu „DL1“ įrašinėjama informacija apie automobilio greitį, pagreitį, padėtį, bei judėjimo laiką, kuri vėliau apdorojama su kompiuterine programine įranga („Race Technology Analysis V8.5.404“). Prieš ir po bandymo kiekvienas mėginys pasveriamas.

Eksperimentas atliktas su „Volkswagen Transporter T3“ automobiliu. Jis pagamintas 1984 metais, sukomplektuotas su 1.9 TD varikliu su 5 pavarų mechanine dėže. Pagrindiniai automobilio duomenys pateikiami 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė

Automobilio techniniai duomenys.[15]

Gamybos metai	1984
Gamintojas	Volkswagen
Modelis	Transporter (T3)
Variklis	1.9 TD
Kėbulo tipas	Keleivinis mikroautobusas
Sėdimų vietų skaičius	6

Durų skaičius , mm	4
Automobilio ilgis, mm	4569
Automobilio plotis, mm	1844
Automobilio aukštis, mm	1928
Automobilio ratų bazė, mm	2833
Svoris, kg	1550
Maksimalus leidžiamas svoris, kg	2400
Pavarų dėžės tipas	Mechaninė
Varantieji ratai	Galiniai
Kuro sąnaudos L/100 km: Mieste/Užmiestis/Vidutinės	7,6 / 4,7/ 6,5

Automobilyje sumontuotas 1896 cm³ darbinio tūrio keturtaktis, 4 cilindrų, dyzelinis variklis. Variklio maksimali galia siekia 60 kw, maksimalus sukimo momentas 140 Nm.

2.2 lentelė

Variklio techniniai duomenys.[11]

Variklio tipas	Dyzelinis
Darbinis tūris, cm ³	1896
Cilindrų skaičius, vnt	4
Cilindrų išdėstymas	Eilėje
Kuro įpurškimo sistema	Tiesioginio įpurškimo (DI)
Oro priputimas	Turbokompresoriumi
Vožtuvų skaičius, vnt.	8
Variklio galia, kW	60 (4200 min ⁻¹)
Variklio sukimo momentas, Nm	140 (2400 min ⁻¹)
Cilindro skersmuo, mm	79,5
Stūmoklio eiga, mm	95,5

Nustatinėjant Degalų sąnaudas svarstyklės naudotos degalų masei nustatinėti. Darant mėginius bandymams RME ir mineralinio dyzelino kiekiai taip pat buvo sveriami. Svėrimui naudotos svarstyklės „Clatronic KW3416“ 2.9 pav. kurių maksimali svėrimo riba yra 5 kg. Svėrimo paklaida yra +-1g. Maitinamos 3XAAA tipo baterijomis.



2.9 pav. Svarstyklės degalams sverti

Tiriant biodyzelino ir jo mišinių su mineraliniu dyzelinu išmetamųjų dujų sudėtį naudotas “Technomotor LCD 810“ (2.10 pav.), kuris matuoja CO, CO₂, HC, NO_x, O₂ dujų kiekį išmetamosiose dujose. Prietaiso techniniai duomenys pateikiami 2.3 lentelėje



2.10 pav. Dujų analizatorius

„Technomotor LCD 810“ techniniai duomenys.

Ekranas	Skystųjų kristalų	
Spausdintuvas	Rašalinis	
Prietaiso veikimo aplinkos temperatūra	4-40 °C	
Maitinimas	12/220V	
Matuojami parametrai:	<u>Matavimo ribos</u>	<u>Padalos vertė</u>
Variklio sūkliai	0-20000 min ⁻¹	10 min ⁻¹
Lambda reikšmė	0-2	0,001
Alyvos temperatūra	0-150 °C	1 °C
Matuojami dujų komponentai:	<u>Matavimo ribos</u>	<u>Padalos vertė</u>
CO	0-10,0%	0,01%
CO ₂	0-20,0%	0,01%
HC	0-10000 ppm	1 ppm
NO _x	0-5000 ppm	1 ppm
O ₂	0-21%	0,01%

Variklio dūmingumo nustatymui naudojamas prietaisas „Bosch BEA 460“ (2.11 pav.) , su komplektuotas kartu su dūmingumo matavimo moduliu „Bosch RTM 430“. Techniniai prietaiso duomenys pateikti 2.4 lentelėje.



2.11 pav. Dūmingumo matuoklis „Bosch BEA 460“

Techniniai prietaiso „Bosch BEA 460“ duomenys.

Maitinimas	12V	
Prietaiso veikimo aplinkos temperatūra	5...40 ° C	
Matuojami parametrai:	<u>Matavimo ribos</u>	<u>Padalos vertė</u>
Variklio sūkliai	0-6000 min ⁻¹	10 min ⁻¹
Lambda reikšmė	0,5-9,9	0,001
Alyvos temperatūra	20-150 ° C	0,16 ° C
Dūmingumas	0-100%	1%
Absorbcijos koef.	0-10 m ⁻¹	0.01 m ⁻¹
Matuojami dujų komponentai:	<u>Matavimo ribos</u>	<u>Padalos vertė</u>
CO	0-10,0%	0,001%
CO ₂	0-18,0%	0,01%
HC	0-10000 ppm	1 ppm
NO _x	0-5000 ppm	1 ppm
O ₂	0-22%	0,01%

„Race technology DL1“ (2.12 pav.) naudotas duomenų apie kiekvieną iš važiavimą registruoti ir įrašyti. GPS imtuvas ir akselerometrai teikia duomenis apie automobilio greitį, padėtį, laiką ir jį veikiančias jėgas, ši informacija įrašinėjama į atminties kortelę. Gauti duomenys apdorojami naudojant specialia programinę įrangą. Techniniai duomenys pateikti 2.5 lentelėje.



2.12 pav. Duomenų registravimo įrenginys „DL 1“

DL1 yra plačiai naudojami pramonės tyrimuose. DL1 gali saugoti duomenis iš įvairių šaltinių tokių kaip integruotas 5Hz GPS imtuvas, skaitmeniniai 3 ašių akselerometrai, 8 ir 12bit analoginiai

įėjimai, rato greičio, velenų ar variklio apskukos, temperatūra. Programinė įranga leidžia itin tiksliai išskirti vartotojo nustatytas kanalus, palyginti iki 10 duomenų rinkinių (važiavimų) vienu metu bei patogiai eksportuoti duomenis į „EXCEL“, „Matlab“ programas [16].

2.5 lentelė.

DL 1 techniniai duomenys.

Maitinimas	9V
Duomenų įrašinėjimo dažnis	100 Hz
Prietaiso veikimo aplinkos temperatūra	-20...+70° C
Matmenys	123x70x34mm

2.3 Rapsų metilo esterio gyvavimo ciklo skaičiavimo metodika

Vertinimo rodiklis nurodantis biodegalų gyvavimo ciklą yra gyvavimo ciklo energijos rodiklis R_1 . Tai iš biodyzelino išgaunamos energijos santykis su energijos sąnaudomis jo gamybai. Degalai gali būti priskirti atsinaujinantiems tik jeigu $R_1 > 1$. Kuo daugiau energijos sunaudojama gamyboje, tuo ši degalų rūšis yra mažiau atsinaujinanti. Degalai laikomi neatsinaujinančiais jeigu daugiau energijos sunaudojama jo gamybai, nei gaunama energijos iš pagaminto produkto [17].

Energijos sąnaudos žemės ūkyje skaičiuojamos nustatant tiesiogines ir netiesiogines energijos sąnaudas [17]. Tai elektros energija, degalai, chemikalai, sąnaudos technikai pagaminti ir kt. Skirtingi traktoriai ir žemės ūkio mašinos pasirinktos atsitiktinai. Tokia žemės ūkio technika vyrauja visoje Europos sąjungoje. Pasirinkta žemės ūkio technika ir jos energijos sąnaudos pateikiamos (1 priede). Energijos sąnaudos 1 ha išauginti ir paruošti spaudimui apskaičiuojamas pagal formulę:

$$E_z = E_p + E_0 + \frac{E_t + E_m}{W_{naš}}; \quad (2.4)$$

E_z – energijos sąnaudos rapsams išauginti ir paruošti aliejui spausti, MJ/ha;

E_p – energijos sąnaudos degalams, MJ/ha;

E_0 – energijos sąnaudos trąšoms, sėkloms, augalų apsaugos priemonėms pagaminti, MJ/ha;

E_t – energijos sąnaudos traktoriams ir kombainams pagaminti, MJ/h;

E_m – energijos sąnaudos ž.ū. mašinoms pagaminti, MJ/h;

$W_{naš}$ – agregato našumas, ha/h.

Energijos sąnaudos RME gamybai t.y (išspausti ir peresterinti)

$$E_g = E_p + \frac{E_i}{W_{naš}} + E_{ch}; \quad (2.5)$$

čia E_g – energijos sąnaudos rapsų aliejui išspausti ir peresterinti (MJ/t) ;

E_p – elektros energijos sąnaudos ir energijos sąnaudos degalams (MJ/t);

E_i – energijos sąnaudos įrangai pagaminti (MJ/h);

E_{ch} – energijos sąnaudos cheminėms medžiagoms pagaminti (MJ/t);

$W_{naš}$ – įrangos našumas (t/h).

Energijos sąnaudoms aliejui išspausti ir peresterinti pasirinkta UAB „Rapsoila“ taikoma technologinė perdirbimo schema. Aliejus išgaunamas šaltojo spaudimo būdu.

Bendrosios energijos sąnaudos 1 t rapsų metilo esterio gamybai apskaičiuojamos:

$$E = \frac{E_z}{D \cdot I} + E_g; \quad (2.6)$$

čia E – bendrosios energijos sąnaudos RME pagaminti (MJ/t);

D – rapsų derlingumas (t/ha);

I – REE išeiga (t/t_{sėklų});

E_z – energijos sąnaudos rapsams išauginti (MJ/ha);

E_g – energijos sąnaudos rapsų aliejui išspausti ir peresterinti (MJ/t) [17].

2.4 Degalų sąnaudų apskaičiavimas

Kai sąnaudos nustatomos gravimetriniu būdu, tai jos išreiškiamos litrais 100 km ir skaičiuojamos pagal formulę:

$$C = \frac{M}{D \cdot S_g} \cdot 100l/100km \quad (2.7)$$

Čia : M – degalų sąnaudos, kg;

D – kelias, nuvažiuotas bandymo metu, km;

S_g – degalų tankis bandymo metu, kg/dm³.

Degalai pasveriami prieš ir po važiavimo. Važiuojama kas kart tuo pačiu maršrutu tokiomis pat sąlygomis. Bandymai kartoti po 6 kartus. Matavimai atlikti aplinkos temperatūrai siekiant 15 °C.

3 Tyrimai ir jų rezultatai

3.1 Pliūpsnio temperatūros nustatymas

Pliūpsnio temperatūra – tai mažiausia temperatūra iki kurios pašildžius nagrinėjamus degalus, standartinėmis sąlygomis, iš jo išsiskyrę garai su aplinkos oru sudaro mišinį prie kurio priartinus atvirą ugnies šaltinį akimirksniu užsiliepsnotų.

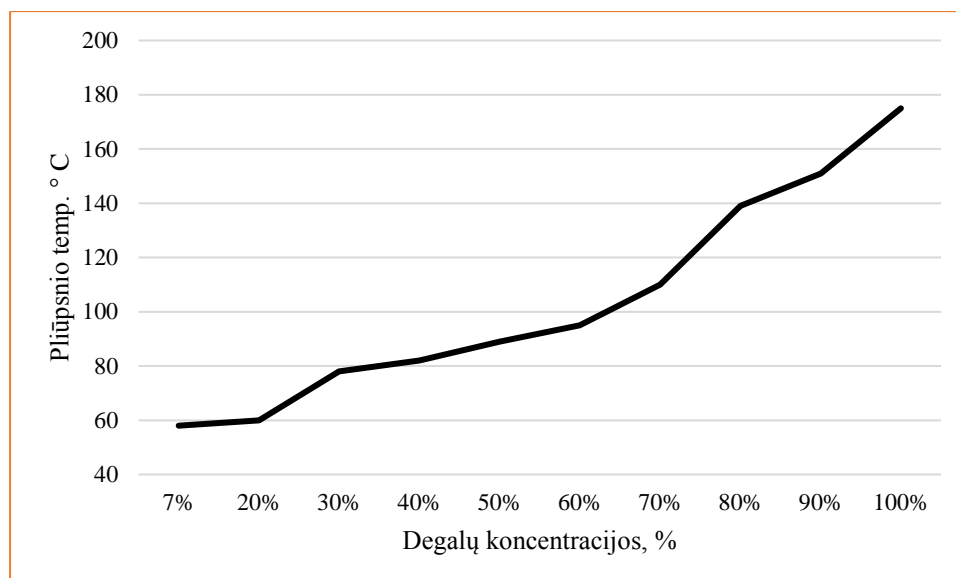
Gauti rezultatai:

3.1 lentelė.

Pliūpsnio priklausomybė nuo mineraliniuose degaluose esančio RME

Degalų koncentracija, %	Pliūpsnio temperatūra °C
7%	58
20%	60
30%	78
40%	82
50%	89
60%	95
70%	110
80%	139
90%	151
100%	175

Iš aukščiau pateiktos 3.1 lentelės matome, jog mineralinis dyzelinas su 7% RME įsidegs daug greičiau nei 100% rapsų metilo esteris. Pliūpsnio temperatūra tarp šių degalų skiriasi 117 °C .



3.1 pav. Pliūpsnio temperatūros priklausomybė nuo degalų koncentracijos

Iš gautų rezultatų (3.1 pav.) matome, kad pliūpsnio temperatūra skiriasi 3 kartus priklausomai nuo RME kiekio degaluose. Pliūpsnio temperatūra parodo kokiai temperatūrai esant degalai priartinus prie jų atvirą ugnies šaltinį jie užsiliepsnoja. Ši savybė svarbi, bet kokiems degalams, nes nuo temperatūros

priklauso saugus degalų transportavimas, sandėliavimas ir eksploatavimas. Tačiau aukšta pliūpsnio temperatūra turi ir neigiamų savybių. Kuo temperatūra didesnė tuo sudėtingiau užvesti automobilį, jis sunkiau įšyla. Aukšta pliūpsnio temperatūra gali būti anglies nuosėdų susidarymo degimo kameroje priežastimi.

3.2 Šilumingumo nustatymas

Degalų šilumingumas – tai yra šilumos kiekis, kuris išsiskiria sudegus vienam degalų masės vienetui. Degalų šilumingumas priklauso nuo jų degimo medžiagų sudėties, taip pat nuo esamų mineralinių priemaišų kiekio. Jeigu žinoma kuro sudėtis, šilumingumą galima apskaičiuoti naudojant empirines formules. Bet norint tiksliai nustatyti, reikia atlikti eksperimentą specialiuose kolorimetriniuose įrenginiuose.

Eksperimento rezultatai

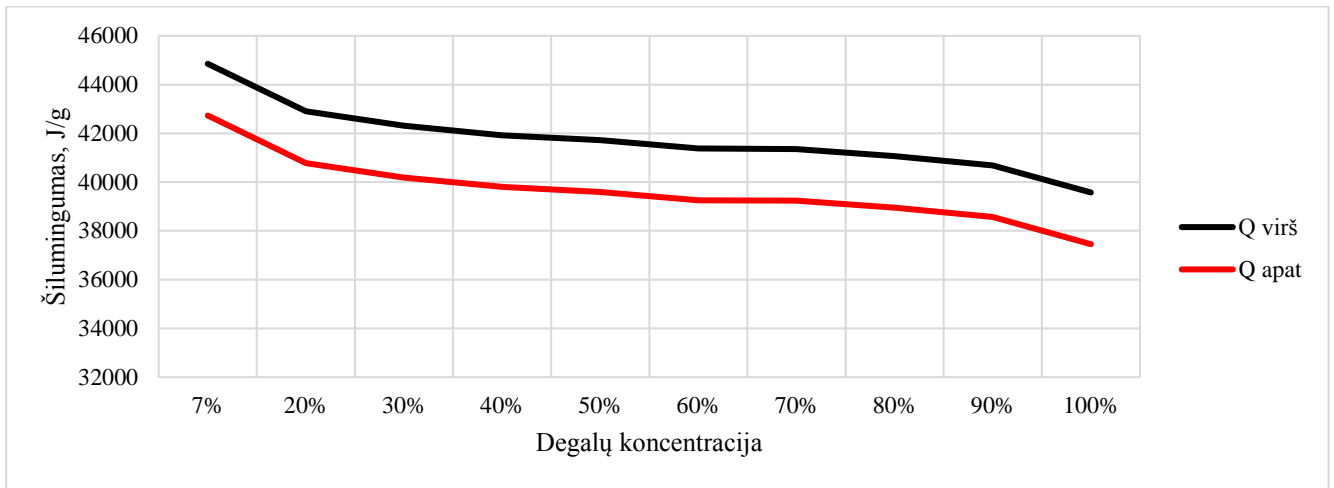
3.2 lentelė.

Sudegant degalams išskiriama temperatūra

Degalai %	Q_a , J/g	Q_v , J/g
7	42732	44854
20	40781	42903
30	40189	42311
40	39801	41923
50	39596	41718
60	39252	41374
70	39234	41356
80	28949	41071
90	38569	40691
100	37454	39576

Q_a – yra žemutinis šilumingumas. Jis parodo koks šilumos (energijos) kiekis gaunamas visiškai sudegus, esant pastoviam slėgiui, vienam gramui degalų, kai visi degimo metu išsiskyrę produktai atvėsta iki nustatytos pradinės reagentų temperatūros ir yra dujinės būsenos (šaltinis, standartas LST EN ISO 6976:2004).

Q_v – viršutinis šilumingumas – šilumos (energijos) kiekis, gaunamas visiškai sudegus, esant pastoviam slėgiui, vienam gramui degalų, kai visi degimo metu išsiskyrę produktai atvėsta iki nustatytos pradinės reagentų temperatūros ir yra dujinės būsenos, išskyrus degimo metu susidariusį vandenį. Į šilumos kiekį įskaičiuojama ir šiluma, kuri išsiskiria kondensuojantis degimo produktuose esančiam vandens garui (šaltinis, standartas LST EN ISO 6976:2004).



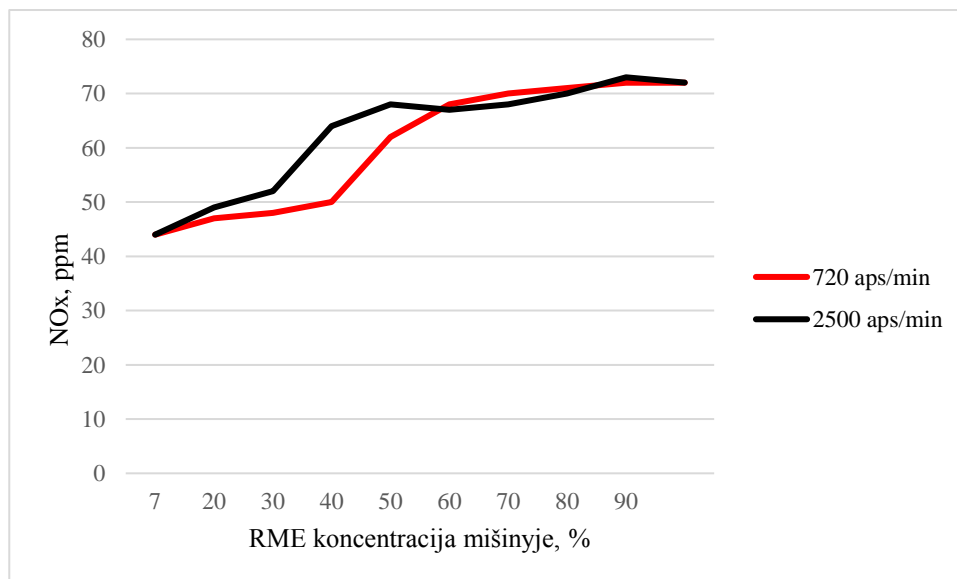
3.2 pav. Degalų šilumingumas (apatinė ir viršutinė ribos)

Iš gautų rezultatų 3.2 lentelėje matome kaip skiriasi degalų šilumingumas priklausomai nuo RME koncentracijos mineraliniame dyzeline. Žiūrint viršutinę šilumingumo ribą, dyzeline esant 7 % RME degalų šilumingumas siekia 44854 J/g, tuo tarpu gryno RME šilumingumas yra 11,78% mažesnis. Apatinė 100 % RME šilumingumo riba yra 37545 J/g, tuo tarpu mišinio su 7% RME riba yra 12,36 % didesnė (3.2 pav.).

Iš gautų rezultatų apie degalų šilumingumą galima daryti išvadą, jog šilumos kiekis išsiskyręs degant mineraliniam dyzelinui ir biodegalams ženkliai skiriasi. Taigi galime daryti prielaidą, jog tam pačiam darbui atlikti reikės apie 12 % daugiau rapsų metilo esterio nei dyzelino su 7% RME.

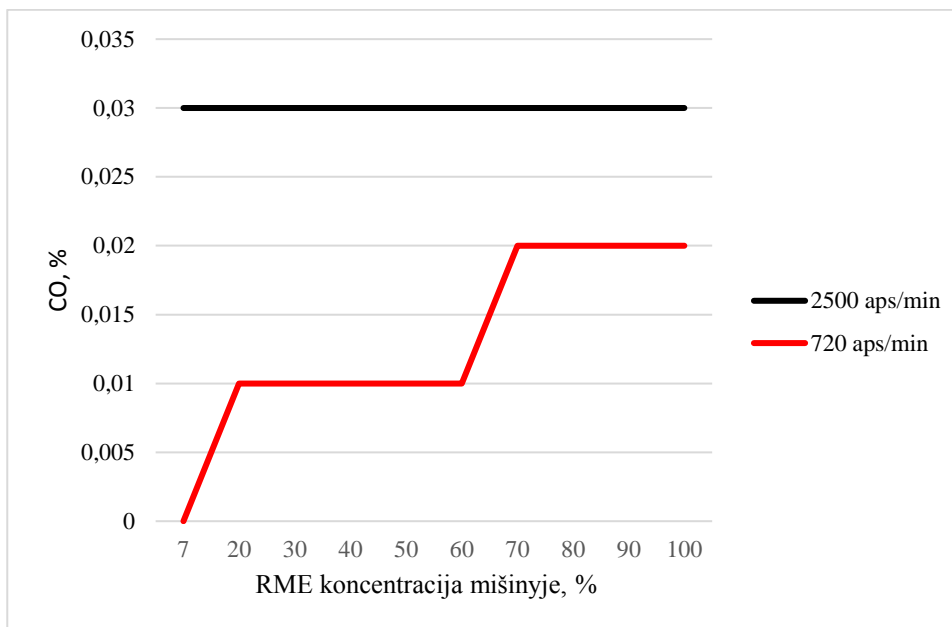
3.3 Išmetamųjų dujų emisijos

Tyrimai atlikti Kauno Technologijos universitete. Tyrimams atlikti naudotas keturtaktis 60 kW galios, tiesioginio įpurškimo dyzelinis variklis.



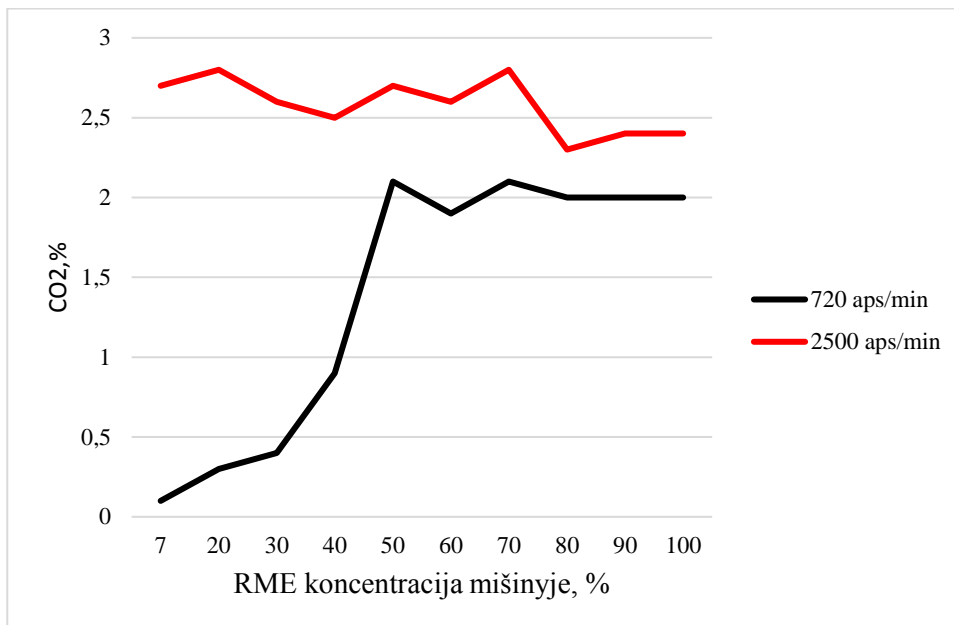
3.3 pav. NO_x emisija priklausomai nuo RME kiekio mišinyje

Atlikti tyrimai rodo, kad NO_x emisija didėja, koncentracijai didėjant mišinyje (3.3pav.). NO_x emisija taip pat didesnė didėjant variklio apkrovai. Degant dyzeliniams degalams pagrindinę NO_x emisijos dalį sudaro NO. NO susidarymas labai priklauso nuo indukcijos metu paruošto ir pirmoje degimo fazėje sudegančio degiojo mišinio kiekio. Kai mišinyje yra 7% biodegalų, mišinys sumaišomas tinkamas ir NO_x koncentracija yra mažiausia, nepriklausomai nuo variklio darbo režimo. Didėjant RME mišinyje didėja ir emisija.



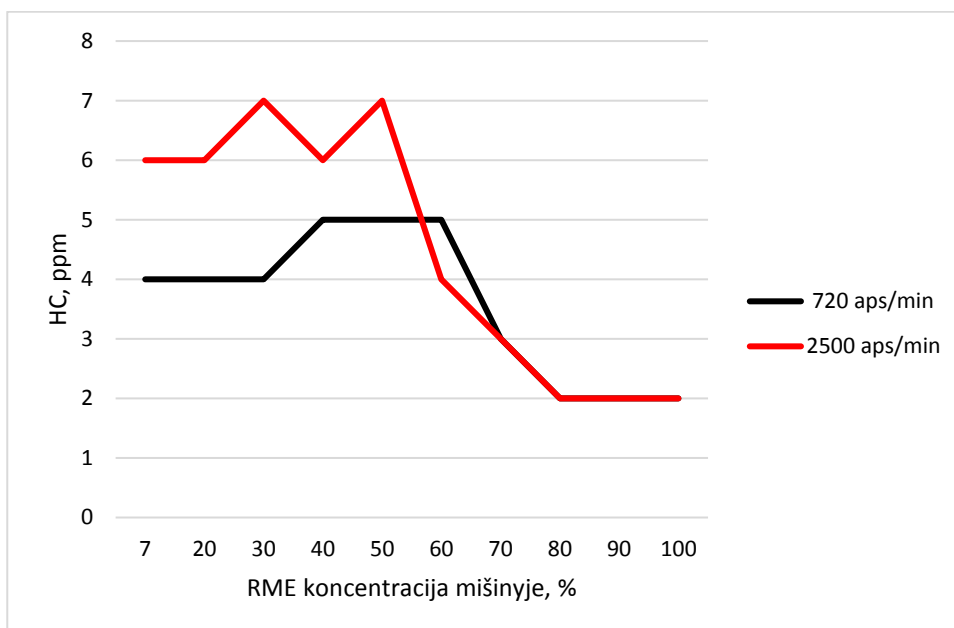
3.4 pav. CO emisija priklausomai nuo RME kiekio mišinyje

Iš gautų rezultatų matome, kad kuo didesnė koncentracija degalų tuo didesnė ir CO koncentracija išmetamosiose dujose, tačiau variklio apsisukimams siekiant 2500 aps/min CO kiekis nekinta (3.4 pav.). CO koncentracijos padidėjimą didėjant biodyzelino koncentracijai galima būtų paaikškinti didesniu O_2 kiekiu biodegaluose. CO koncentracija yra degimo proceso kokybinis rodiklis t.y. kuo anglies monoksido koncentracija yra mažesnė tuo degalai kokybiškiau sudega.



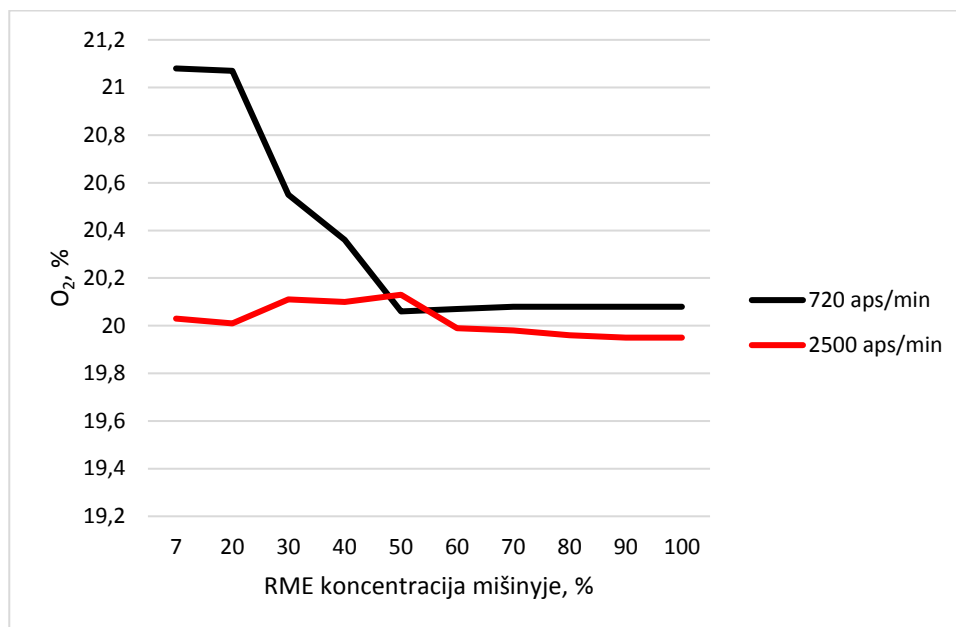
3.5 pav. CO₂ emisija priklausomai nuo RME kiekio mišinyje

CO₂ (anglies dioksidas) yra vienos iš pagrindinių žmogaus sukulto šiltnamio efekto veiksnys. Jo išmetimas į atmosferą lemia per 60 % šiltnamio efekto. Iš 3.5 paveikslėlyje pateiktų rezultatų matyti, jog prie mažų variklio apkrovų anglies dioksido kiekis nesikeičia. Variklio apsukoms pasiekus 2500 aps/min matomas CO₂ sumažėjimas. Koncentracija tesiekia 2,4%.



3.6 pav. HC emisija priklausomai nuo RME kiekio mišinyje

Kaip matome iš 3.6 paveikslėlio gryname biodyzeline yra mažiau nesudegusių angliavandenilių. Variklio apsukoms esant 720 aps/min HC koncentracija mišinyje su 7 % RME tesiekia 4 ppm tuo tarpu prie didesnių 2500 aps/min angliavandenilių koncentracija pasiekia 6 ppm. Naudojant 100 % RME angliavandenilių kiekis sumažėja ženkliai. Koncentracija nepriklausomai nuo apsukų nukrenta iki 2 ppm.



3.7 pav. O₂ emisija priklausomai nuo RME kiekio mišinys

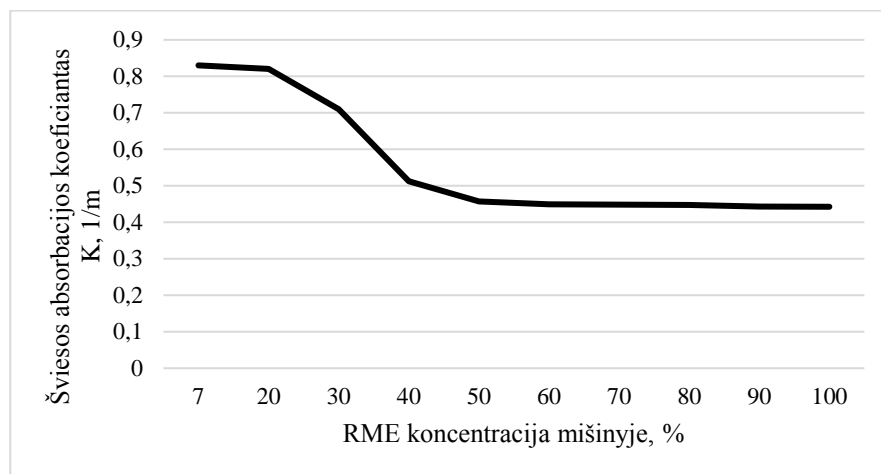
Išmetamos deguonies kiekis kaip matome 3.7 paveikslėlyje beveik nekinta varikliui dirbant didesniais sūkais. O automobiliui dirbant mažais sūkais deguonies kiekis stabiliai mažėja iki 50 % RME mišinys. Vėliau jis stabilizuojasi. Gautos šviesos absorbcijos koeficiento reikšmės pateikiamos 3.3 lentelėje.

3.3 lentelė.

Dūmingumo bandymo rezultatų vidurkiai.

RME ir mineralinio dyzelino mišinys, %	Šviesos absorbcijos koef. K, m ⁻¹
7	0,83
20	0,82
30	0,71
40	0,512
50	0,4575
60	0,4575
70	0,4487
80	0,4478
90	0,4429
100	0,4425

Šviesos absorbcijos priklausomybė nuo RME kiek mišinys pateikiama grafiškai 3.8 pav.



3.8 pav. Šviesos absorbcijos koeficientas priklausomai nuo RME kiekio mišinyje

Deginių dūmingumas varikliui veikiant rapsų metilo esteriu gautas ženkliai mažesnis. Iš gautų rezultatų galime teigti, kad išmetamųjų dujų kiekis sumažėjo 1,9 karto.

Dyzeliniai automobiliai techninių apžiūrų centruose tikrinami taip pat tikrinant ribinę šviesos absorbciją. Automobiliams pirmą kartą registruotiems Lietuvoje nuo 1980-01-01 iki 2008-06-30 leidžiama šviesos absorbcijos reikšmė be turbopripūtimo neturi viršyti $2,5 \text{ m}^{-1}$. Tuo tarpu varikliams su turbopripūtimu galima reikšmė neturi viršyti 3 m^{-1} . Iš automobilio dūmingumo galima spręsti, kad jis yra techniškai tvarkingas, nes jo šviesos absorbcijos reikšmė siekia $0,83 \text{ m}^{-1}$ naudojant mineralinį dyzeliną su 7 % RME. Tuo tarpu su grynu rapsų metilo esteriu šis rodiklis pasiekiamas dar mažesnis. Jis tesiekia $0,4425 \text{ m}^{-1}$.

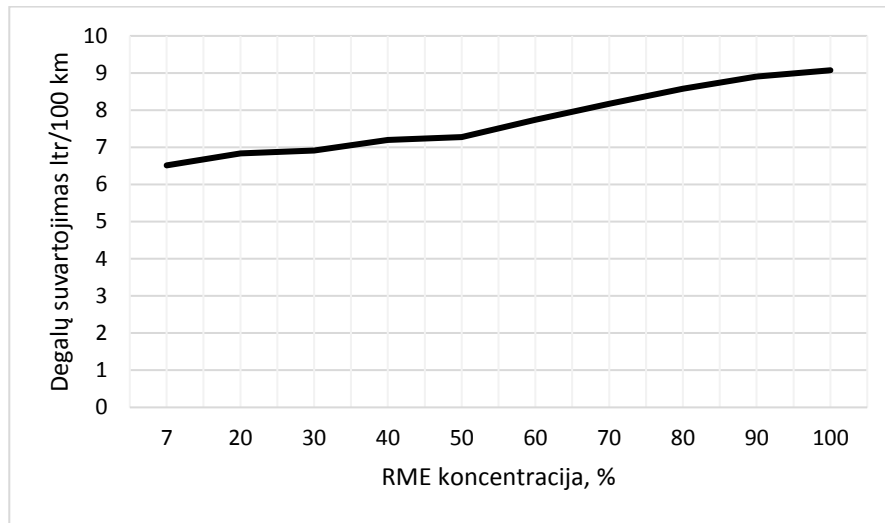
3.4 Degalų suvartojimas

Degalų sąnaudoms įtakos turi daug veiksnių. Pradedant nuo vairuotojo vairavimo stiliaus baigiant automobilio techninę būklę. Bandymų metu buvo atlikti 3 važiavimai su kiekvienu iš degalų. Pasverti degalai prieš kiekvieną važiavimą ir po važiavimo. Įrašymo įranga nustatytas atstumas ir vidutinis važiavimo greitis. Išvedus važiavimų metu sunaudotų degalų vidurkį ir panaudojus 2.7 formulę rastas degalų sunaudojimas įveikus 100 km. Gautos degalų sąnaudos pateikiamos 3.4 lentelėje.

3.4 lentelė

Degalų sąnaudos

Degalų koncentracija	Degalų suvartojimas ltr/100km
7%	6,51
20 %	6,83
30 %	6,91
40 %	7,20
50 %	7,27
60 %	7,73
70 %	8,17
80 %	8,57
90 %	8,90
100 %	9,07



3.9 pav. Degalų sąnaudos

Iš paveikslėlyje pateikto grafiko matyti, kad degalų sąnaudos didėja didėjant biodyzelino koncentracijai. Dyzeline esant 7% RME sąnaudos siekia 6.51 litro 100 kilometrų. Tuo tarpu važiuojant grynu RME suvartojama 39 % daugiau degalų.

3.5 Rapsų metilo esterio gyvavimo ciklo analizė.

Riebalų rūgščių metilo esterių gyvavimo ciklo energijos veiksmingumo rodikliams apskaičiuoti būtina įvertinti energijos sąnaudas žaliavoms paruošti ir perdirbti į biodegalus. UAB „Rapsoila“ iš 2,9 tonos rapsų sėklų išgauna apie 1 t RME [17]. Energijos sąnaudų priklausomybei nuo derlingumo pasirinktas 2015-2016 metų laikotarpis. Lietuvos statistikos departamento duomenimis 2015 rapsų derlingumas buvo 3,13 t/ha, o 2016 - 2,6 t/ha.

Energijos sąnaudos trąšoms ir chemikalams buvo apskaičiuotos remiantis „Kemira“ katalogu. Trąšų normos, chemikalų normos ir veikliosios medžiagos kiekiai nustatyti naudojantis „Žemės ūkio augalų pesticidų katalogu“ (3.5 lentelė).

Rapsų metilo esteris gaunamas aliejų peresterinant metanoliu. Gamybai naudojamas sintetinis etanolis gaminamas iš gamtinių dujų. Metanolio gyvavimo ciklo energijos efektyvumo rodiklis 0,76. Tai reiškia, kad metanolio gamybos energijos sąnaudos yra didesnės nei gaunamas energijos kiekis. Tuo tarpu etanolis yra atsinaujinančios energijos šaltinis. Todėl skaičiuojant jų šilumingumą įvedami pataisos koeficientai.

Energijos sąnaudos trąšoms ir chemikalams[12]

Medžiaga	Veikliosios medžiagos kiekis (kg/1t)		Energetinis ekvivalentas (MJ/kg)	Energijos sąnaudos(MJ/t)	
	3,13 t	2,6 t		3,13 t	2,6 t
N	78	93,6	86,6	6754,8	8105,76
P ₂ O ₅	56	67,2	12,6	705,6	846,72
K ₂ O	52	62,6	8,3	431,6	519,58
Glifosas 360	0,55	0,66	226,4	124,52	149,4
Treflan Super	0,55	0,66	167	91,85	110,22
Butizan Super	0,46	0,552	320	147,2	121,6
Lontrel	0,312	0,3756	155,5	48,51	58,40
Fastac	0,039	0,046	32	1,248	1,472
Iš viso:				8305,328	9913,152

Bendrosios energijos sąnaudos 1 ha užauginti ir paruošti aliejui spausti randamos pagal 2.4 formulę. Iš gautų duomenų matome, kad energijos sąnaudos išauginti skirtingam rapsų kiekiui skiriasi 16 %. Energijos sąnaudos sunaudotos technikoje pateikiamos 1 priede.

Energijos sąnaudos rapsų aliejui spausti ir peresterinti.

Klasifikavimas	Energijos sąnaudos (MJ/t)
Spaudimas:	
Elektros energija	2188,5
Šiluminė energija	1929,2
Įrangos energija	2289
Peresterinimas:	
Elektros energija	1459
Šiluminė energija	1286,2
Įrangos energija	1807,8
Energija prieduose RME išgauti:	
Metanolis	3015
Natrio šarmas	195
Fosforo rūgštis	180,1
Iš viso:	14349,8

Energijos sąnaudos rapsų aliejui išspausti ir peresterinti randamos pagal 2.5 formulę.

3.6 lentelėje pateiktos energijos sąnaudos 1 t RME pagaminti siekia 14349.8 MJ/t.

Bendrosios energijos sąnaudos pagaminti 1 tonai rapsų metilo esterio

Klasifikacija	Energijos sąnaudos(MJ/t)RME kai derlingumas			
	3,13 t	%	2,6 t	%
Žemės ūkis	12638,558	47	17065,642	54
Gamyba	14349,8	53	14349,8	46
Iš viso:	26988,358	100	31415,442	100

Bendrosios energijos sąnaudos RME gamybai skaičiuojamos naudojantis 2.6 formulę.

Rapsų derlingumui esant 2,6 t/ha bendrosios energijos sąnaudos yra 4427,084 MJ/t didesnės, nei esant 3,12t/ha derlingumui. RME šilumingumas 39,57MJ/kg, t.y. 39576 MJ/t. Gyvavimo ciklo rodiklis kai derlingumas 3,3 t/ha yra 1,4. Kai derlingumas 2,6 t/ha gyvavimo ciklo rodiklis 1,26. Atsinaujinantiems energijos šaltiniams galima priskirti rapsų metilo esterį jeigu jo derlingumas nemažesnis nei 2,0 t.

3.6 Ekonominė analizė

Aplinkosauginės problemos ir pasaulinės naftos išteklių mažėjimas yra pagrindinės biodyzelino naudojimo priežastys. Tačiau sekant naftos atsargoms ji automatiškai turėtų brangti, nes nerandama kas visiškai galėtų ją atstoti. Būtina pasverti ir ekonominę naudą.

3.8 lentelė.

Degalų gamybos sąnaudos ir pardavimo kaina be mokesčių. [13]

	Biodyzelinas (RME)	Dyzelinas
Žaliava	0,49	0,27
Perdirbimas	0,23	0,011
Kitos sąnaudos	0,014	-
Gamybos sąnaudos	0,734	0,278
Logistika	0,017	0,026
Šalutinio produkto pardavimo kaina	0,194	-
Pelnas	0,011	0,067
Pardavimo kaina (be mokesčių)	0,582	0,373

3.9 lentelė.

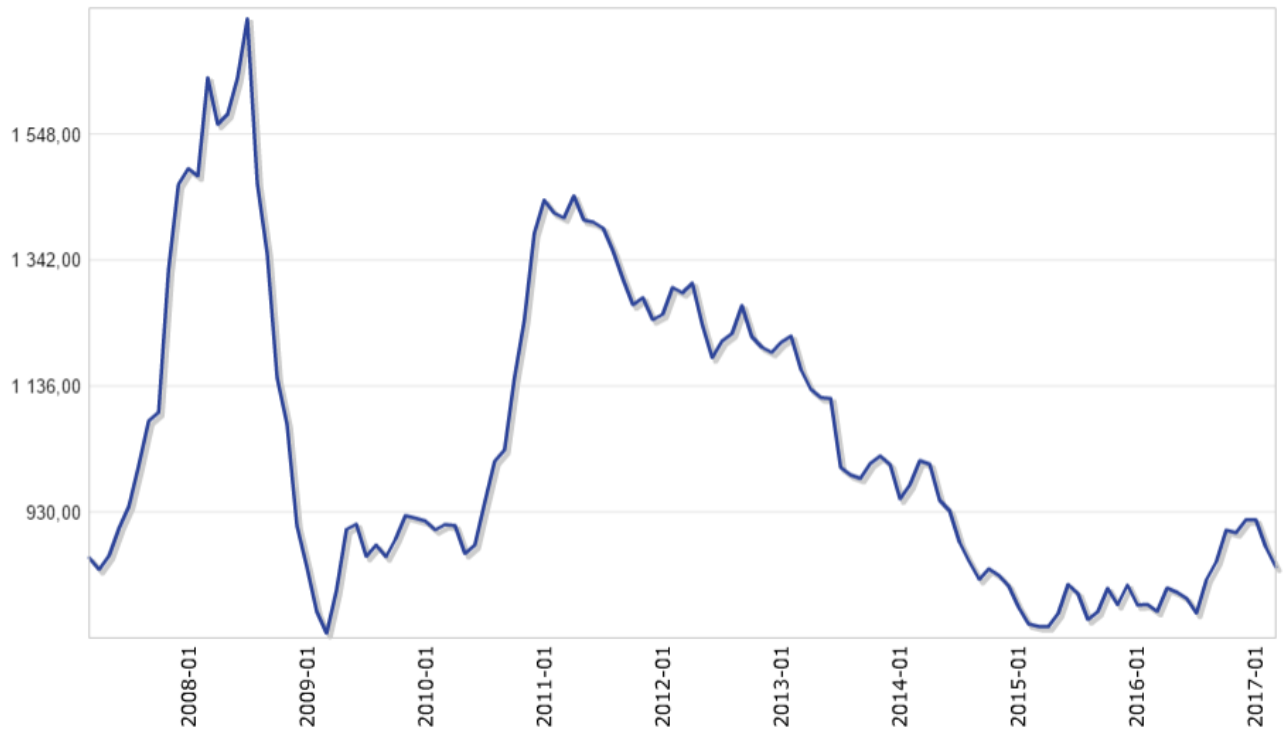
Dyzelino mišinio ir dyzelino pardavimo kainos.

	7% RME	0% RME
Biodyzelino sąnaudos mišinyje (7% \times 0,582 EUR už litrą)	0,04	0
Dyzelino sąnaudos mišinyje (93% \times 0,373 EUR už litrą)	0,34	0,373
Akcizo mokestis	0,33	0,33
Degalų pardavimo kaina	0,71	0,703

Iš 3.9 lentelės matome, kad dyzelino su 7% pardavimo kaina su akcizo mokesčiu siekia 0,71 EUR už litrą, tuo tarpu grynas dyzelinas kainuoja 0,07 EUR už litrą mažiau.

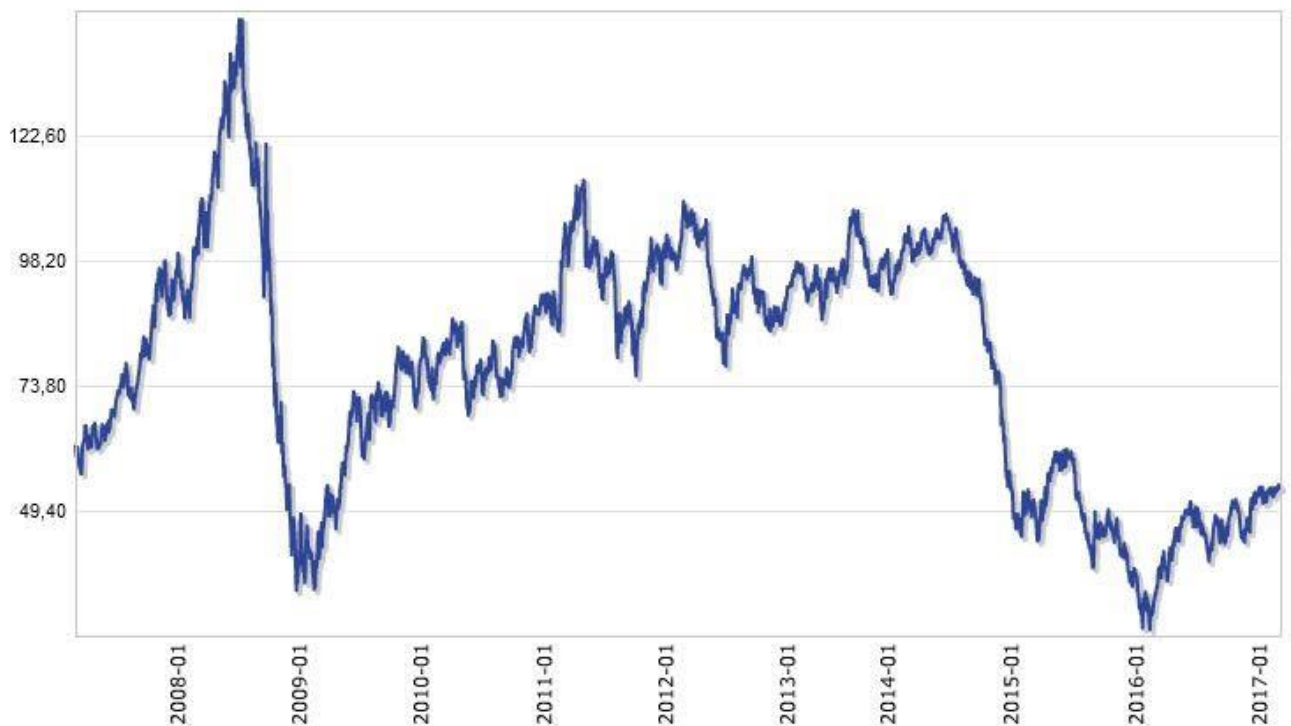
Rapsų metilo esterio kaina labiausiai priklauso nuo to kokia yra rapsų aliejaus kaina. Rapsų aliejaus kaina taip pat labai svyruoja ir yra surišta su naftos kaina, nes kylant naftos paklausai ir kainai automatiškai kyla ir rapsų aliejaus kaina. Žemiau pateiktuose paveikslėliuose 3.10 ir 3.11 matome kaip svyravo rapsų aliejaus ir naftos kainos 2007-2017 metais. Kainos krito ir kilo atitinkamai.

Rapsų aliejaus kainos pokytis nuo 2007-03-01 iki 2017-03-01 Rodyti



3.10 pav. Aliejaus kaip žaliavos kaina 2007-2017 m [24]

Naftos kainos pokytis nuo 2007-03-01 iki 2017-03-01 Rodyti



3.11 pav. Naftos kaina 2007-2017 m [25]

Iš paveikslėlių matyti kaip keitėsi kainos 2007-2017 metais. Tai lemia ir degalų kainas degalinėse bei ūkininkų užaugintos produkcijos kainą bei savikainą. 2 priede pateikiamos preliminarios žemės ūkio darbų kainos 1 ha rapsų užauginti. Įkainiai skaičiuoti dirbant 10 ha sklypuose, kai agregatai dirba normaliomis sąlygomis, t.y laukas yra taisyklingos formos, lygaus reljefo, be akmenų, elektros stulpų ir kitų kliūčių, o paviršius yra vidutinio tvirtumo. Išlaidos degalams apskaičiuotos taikant kompleksinę žymėtų degalų ir tepalų kainą 0,66 eur/litr. Išlaidos darbuotojo užmokesčiui, mašinoms atnaujinti, remontuoti ir techniškai aptarnauti apskaičiuotos vadovaujantis Lietuvos agrarinės ekonomikos instituto parengta metodika. Apskaičiuojant įkainius įvertinamos ir išlaidos susijusios su įmonės padalinio valdymu, patalpų ir įrenginių išlaikymu. Įkainis apskaičiuotas prie savikainos pridėjus 3-5 % pelno. PVM į įkainius nėra įskaičiuotas. Iš 1 priede gautų rezultatų matome, kad rapsų hektarui paruošti ir pasėti išlaidos siekia apie 218,77 eur/ha. Tuo tarpu remiantis UAB „Kauno grūdai“ 2017 metų gegužės mėnesio rapsų supirkimo kaina yra 370 eur/t. Vidutinis rapsų derlingumas 2016 metais siekė 2,6 t/ha, tai gi ūkininko užaugintos produkcijos kaina siektų 962 eur/ha.

4 Darbo palyginimas

Nagrinėjant Sauliaus Stončiaus darbą „Biobutonolio panaudojimas biodyzelino gamyboje“, kuriame įvertinamos deginių emisijos degant dyzelinui ir jo mišiniams su 10 %, 20% ir 30% rapsų aliejaus riebalų rūgščių butilesteriais nustatyta, kad naudojant dvikomponenčius degalus degalų sąnaudos padidėja 5 %. Šiame darbe atliktų tyrimų metu galime pastebėti, kad dyzeline esant 7% RME sąnaudos siekia 6.51 litro 100 kilometrų. Tuo tarpu važiuojant grynu RME suvartojama 39 % daugiau degalų. Remiantis Sauliaus rezultatais didėjant biodyzelino koncentracijai iki 30 % mišinyje su mineraliniu dyzelinu nustatytas iki 18 % mažesnis dūmingumas, kitų kenksmingų komponentų kiekis deginiuose nesiskyrė nuo kiekio nustatyto naudojant gryną mineralinį dyzeliną. Deginių dūmingumas varikliui veikiant rapsų metilo esteriu gautas ženkliai mažesnis. Iš gautų rezultatų galime teigti, kad išmetamųjų dujų kiekis sumažėjo 1,9 karto [26].

Nagrinėjant Justinos Stučkaitės magistro baigiamąjį darbą „Rapsų aliejaus ir reaktyviųjų degalų mišiniais veikiančio variklio darbo ir deginių emisijos tyrimas“ gauta, kad varikliui dirbant rapsų aliejumi variklis išskyrė 4,09- 9,02 CO₂ emisiją. Varikliui veikiant mažiausios ir didžiausios apkrovos srityse. Tuo tarpu dyzeliniai degalai išskyrė 4,10-9,93 CO₂ emisiją. Darbe atlikto tyrimo metu priklausomai nuo variklio apsukų CO₂ emisijos yra 0,1-2,7 % - 7% dyzeline esančio RME iki 2-2,4% varikliui dirbant RME.

Variklį veikiant rapsų aliejaus 90 % ir reaktyvinių degalų 10% mišiniu gauta NO_x emisija – 482 ppm, RA 80 % ir reaktyvinių degalų 20% mišiniu – 463ppm, RA 70 % ir reaktyvinių degalų 30% mišiniu – 451ppm . Ištyrus rapsų metilo esterio NO_x koncentraciją gauta, kad daugiausia NO_x išskiria sudegęs biodyzelinas. Koncentracija gauta 72 ppm.

Justinos tyrimų rezultatuose matyti, kad kuo didesnė reaktyvinių degalų koncentracija rapsų aliejuje tuo mišinio išskiriama degimo metu CO emisija bus didesnė. Tuo tarpu iš šiame darbe atliktų tyrimų matyti, kad CO koncentracija prie aukštų apsukų nekinta, kintant RME kiekiui dyzeline, tuo tarpu prie žemų apsukų padidėja nuo 0 iki 0,02 % [27].

Darbe pateiktame atliktame tyrime apie dyzelinių degalų lyginamąsias degalų sąnaudas matyti, kad didžiausios degalų sąnaudos gautos varikliui veikiant 90 % rapsų aliejaus ir 10 % reaktyvinių degalų mišiniu, kai variklis yra mažiausiai apkrautas, o prie didžiausių apkrovų gauta, kad variklis daugiausia vartoja degalų veikdamas rapsų aliejumi. Šiame darbe gauta, kad didžiausios degalų sąnaudos yra dirbant RME.

5 Išvados:

1. Biodyzelino gamyba ir naudojimas teikia visapusę naudą: stiprinamas žemės ūkis, mažinamas degalų importas iš kitų valstybių, stiprėja ekonominė - energetinė nepriklausomybė, panaudojamos perteklinės žaliavos, sumažėja CO₂ ir kitų teršalų emisijos.
2. Atliekant bandymus nustatyta, kad gryno RME pliūpsnio temperatūra yra 175 °C t.y. 3 kartus didesnė nei mineralinio dyzelino su 7 % RME. Tai reiškia biodyzeliną yra 3 kartus sunkiau uždegti.
3. Atliekant bandymus nustatytas RME ir jo mišinių su dyzelinu šilumingumas. Gauti rezultatai parodo, kad mišinio su 7 % RME šilumingumas siekia 44854J/g. Tuo tarpu gryno RME šilumingumas yra 11,78% mažesnis. Taigi galime daryti prielaidą, jog tam pačiam darbui atlikti reikės apie 12 % daugiau rapsų metilo esterio nei dyzelino su 7% RME.
4. Tyrimų metu nustatytos skirtingų degalų mišinių išmetamųjų dujų sudėtys. Išmetamųjų dujų sudėties tyrime iširta NO_x, kuri didėjo 1,7 karto, daugėjant biodegalų mišinyje. CO koncentracija variklio apsuksms siekiant 2500 aps/min nekito, o esant mažoms 720 aps/min padidėjo iki 0,02 %. CO₂ (vienos iš pagrindinių sukeliančių šiltnamio efektą dujų) koncentracija sumažėjo 12% varikliui dirbant 2500 aps/min, tačiau padidėjo varikliui dirbant žemomis apsuksomis nuo 0,1 % iki 2 %. Angliavandeniai HC sumažėjo 3 kartus esant aukštoms apsuksoms, o deguonies kiekis beveik nekito. Esant mažoms (720 aps/min) apsuksoms anglenavandenių kiekis sumažėjo apie 2 kartus, o deguonies sumažėjo 1%.
5. Nustatytas automobilio dūmingumas. Deginių dūmingumas sumažėjo ženkliai. Gryno rapsų metilo esterio gautas šviesos absorbcijos koeficientas yra 0,442 m⁻¹. Naudojant dyzeliną su 7 % RME šis rodiklis gautas 1,9 kartus didesnis.
6. Nustatyta rapsų metilo esterio gyvavimo ciklas. Rapsų derlingumui esant 2,6 t/ha bendrosios energijos sąnaudos yra 4427,084 MJ/t didesnės, nei esant 3,12t/ha derlingumui. RME šilumingumas 39,57MJ/kg, t.y. 39576 MJ/t. Gyvavimo ciklo rodiklis kai derlingumas 3,3 t/ha yra 1,39. Kai derlingumas 2,6 t/ha gyvavimo ciklo rodiklis 1,2. Atsinaujinantiems energijos šaltiniams galima priskirti rapsų metilo esterį jeigu jo derlingumas nemažesnis nei 2,0 t.
7. Apskaičiuotos biodyzelino ir dyzelino gamybos sąnaudos. Nustatyta biodyzelino pardavimo kaina kuri yra 0,20 EUR už litrą didesnė nei mineralinio dyzelino. Lietuva įsipareigojusi naudoti 7% biodegalų dyzeline, todėl naudojant rapsų metilo esterį 1 litro degalų kaina pabrangsta 0,007 EUR.

Literatūros sąrašas

1. Katinas V. Savickas J. Biodegalų gamybos ir vartojimo plėtros Lietuvoje įvertinimas. Energetika. 2012.T. 58. nr. 2. P. 77–85
2. Prieiga per internetą [žiūrėta 2017-05-10]
<https://e-tar.lt/acc/legalAct.html?documentId=TAR.F1333EAD263B&lang=lt>
3. Prieiga per internetą [žiūrėta 2017-05-10]
https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/20160831_biodegalai_AEI.pdf
4. Lietuvos Respublikos mokesčio už aplinkos teršimą įstatymas. *Valstybės žinios*. 1999. Nr. 47-1469; 2002. Nr. 13-474.
5. Prieiga per internetą žiūrėta [žiūrėta 2017-05-10]:
http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_114a&lang=en
6. Makarevičienė V., Sendžikienė E., Zaleckas E. Biodyzelinas: žaliavos, gamybos technologijos ir savybės.
7. Prieiga per internetą [žiūrėta 2017-05-11]
<https://www.yumpu.com/lt/document/view/44731609/rap-su-seklu-ir-ju-produktu-reiksme-gyvunu-mitybai-ir-gyvuniniu-5>
8. Prieiga per internetą [žiūrėta 2017-05-12] <http://www.apoil.lt/dyzelinas/>
9. LST EN 14214. Automobiliniai degalai. Riebalų rūgščių metilesteriai (RRME) dyzeliniams varikliams. Reikalavimai ir tyrimo metodai. 2002. 30 p.
10. Dyzelinių variklių su įvairiomis įpurškimo sistemomis išmetamųjų dujų tyrimas Mantas SMOLNIKOVAS, Gintas VISELGA, Greta VISELGAITĖ, Algirdas Jasinskas
11. Prieiga per internetą [žiūrėta 2017-05-15] https://www.auto-data.net/en/?f=showCar&car_id=8964
12. Knyga žemes ūkio augalų pesticidų katalogas aut. Gražina Rimavičienė ir Gintautas Cesevičius
13. Prieiga per internetą [žiūrėta 2017-05-15]: <https://www.vmi.lt/cms/akcizai>
14. Knyga „Kietojo kuro tyrimų laboratoriniai darbai“ E.Puida, K.Buinevičius, G. Miliauskas, A. Sudintas.
15. Prieiga per internetą [žiūrėta 2017-05-15]
<https://autogidas.lt/auto-katalogas/volkswagen/transporter/multivan-td-253-s92-1986-1990-k30974>
16. Produktų katalogas. Prieiga per internetą [žiūrėta 2016-05-10] www.racetechnology.com
17. Straipsnis „Riebiųjų rūgščių metilesterių gyvavimo ciklo energijos veiksmingumo rodikliai“ Autoriai: P. Janulis, V. Makarevičienė, E. Sendžikienė.
18. http://www.afconsult.com/globalassets/contacts/lithuania/rapsoila_pav_ataskaita.pdf

19. Mechanizuotų žemės ūkio paslaugų įkainiai [elektroninis išteklius]. D. 1, Pagrindinio žemės dirbimo darbai / [parengė: I. Kriščiukaitienė, I. Skrebutėnienė, V. Malūnavičienė]. Vilnius: Lietuvos agrarinės ekonomikos institutas, 2016. 102 p. eISSN 2029-2260.
20. Mechanizuotų žemės ūkio paslaugų įkainiai [elektroninis išteklius]. D. 2, Pagrindinio žemės dirbimo darbai / [parengė: I. Kriščiukaitienė, I. Skrebutėnienė, V. Malūnavičienė]. Vilnius: Lietuvos agrarinės ekonomikos institutas, 2016. 102 p. eISSN 2029-2260.
21. Mechanizuotų žemės ūkio paslaugų įkainiai [elektroninis išteklius]. D. 3, Derliaus nuėmimo darbai / [parengė: I. Kriščiukaitienė, I. Skrebutėnienė, V. Malūnavičienė]. Vilnius : Lietuvos agrarinės ekonomikos institutas, 2016. 62 p. ISSN 2029-2260.
22. Prieiga per internetą [žiūrėta 2017-05-16] <http://www.apoil.lt/dyzelinas/>
23. Prieiga per internetą [žiūrėta 2017-05-17] http://rapsoila.lt/sertifikatai/Kokybes_standartas_RRME.pdf
24. Prieiga per internetą [žiūrėta 2017-05-17] <http://rekvizitai.vz.lt/zaliavu-kainos/naftos-kaina/>
25. Prieiga per internetą [žiūrėta 2017-05-17] <http://rekvizitai.vz.lt/zaliavu-kainos/rapsu-aliejaus-kaina/>
26. Prieiga per internetą [žiūrėta 2017-05-17] <gs.elaba.lt/object/elaba:1845705/1845705.pdf>
27. Prieiga per internetą [žiūrėta 2017-05-17] <gs.elaba.lt/object/elaba:15446865/15446865.pdf>

PRIEDAI

1 priedas.

Darbų pavadinimas	Traktorius	Agregatas	Traktoriaus energijos sąnaudos (MJ/t)		Agregato energijos sąnaudos (MJ/t)		Energijos sąnaudos degalams/elektrai (MJ/t)		Iš viso (MJ/t)	
			3,13 t	2,6 t	3,13 t	2,6 t	3,13 t	2,6 t	3,13 t	2,6 t
Dirvos arimas	Valtra T190	Kvederland -5	77,95	130,11	51,75	87,43	547,65	919,13	677,35	1136,67
Germinavimas (2k.)	Valtra T190	Kongskilde Demeter multiseed	12,77	20,65	23,64	40,15	147,55	247,63	183,96	308,43
Trašų barstymas (2k.)	MTZ 82	Amazone	7,02	11,70	25,23	42,38	79,45	133,34	111,7	187,42
Sėja	Valtra T190	Kongskilde DEMETER MULTISEED	24,4	40,61	15,81	26,54	102,147	171,44	142,35	238,59
Purškimas (5 kartai)	MTZ 82	Amazone	50,57	84,68	14,41	24,19	141,87	238,11	206,85	346,98
Derliaus nuėmimas	-	Laverda	-	-	868,37	1458,02	519,29	871,52	1380,66	2329,54
Derliaus transportavimas	Valtra T 190	PTS-13	35,22	38,36	22,48	28,15	178,5	199	236,2	265,51
Sėklų valymas	-	Petkus Gigant	-	-	13,35	22,54	2,4	4	15,75	26,54
Sėklos džiovimas	-	ARAJ	-	-	143,06	240,13	1179,29	1978,63	1322,35	2218,76
Rapsų sėkla (6 kg/ha)	-	-	-	-	-	-	-	-	56,06	94,05
Iš viso:									4333,23	7152,49

2 priedas[19,20,21]

Darbų pavadinimas	Agregato sudėtis		Agregato kaina, tūkst. eur.		Išdirbio norma ha/h.	Degalų sąnaudos l/ha	Išlaidos : Degalams, remontui, degalams ir tepalams, darbo užmokesčiui ir kitoms reikmėms. Eur/ha	Pelnas Eur/ha	Įkainis=Pelnas+ savikaina Eur/ha
	Traktoriaus galia, KW	Padargo plotis, m	Traktoriaus	Žemės ūkio mašinos					
Dirvos arimas	138	2,10	86,71	26,20	1,05	25,3	61,5	4,92	66,42
Kombinuotais padargais žemės dirbimas (2k.)	120	6	79,42	18,73	4,59	5,6	13,70	1,1	14,70
Trąšų barstymas (2k.)	83	36	54,4	13,1	40,86	1	3,32	0,16	3,5
Sėja	54	4	29,93	14,56	2,19	3,2	13,52	0,41	13,92
Purškimas (5 kartai)	54	15	37,22	13,92	15,2	5,45	1,3	2,25	47,75
Derliaus nuėmimas	175	-	152,68	-	1,74	16,19	65,69	3,28	68,98
Derliaus vežimas	83	-	54,4	12,1	0,65	1	3,32	0,16	3,5
Iš viso:								12,28	218,77



Kokybės pažymėjimas Nr. 80879

DYZELINAS C klasė su RRME

Standartas: LST EN 590:2009+A1 KN: 2710194190 Pažymėjimo [forminimo data: 2010-08-25
 Ėminio paėmimo data: 2010-08-25 Produkto lygis: 901 Rezervuaro Nr. 6/1

Kokybės rodikliai	Norma	Faktiškai	Metodai
1. Cetaninis skaičius, ne mažesnis	51,0	51,6	LST EN ISO 5165
2. Cetaninis indeksas, ne mažesnis	46,0	51,0	LST EN ISO 4264
3. Tankis, esant 15 °C, kg/m ³	820-845	840,9	LST EN ISO 3675 LST EN ISO 12185
4. Policiklinių aromatinių angliavandenilių kiekis, % masės, ne didesnis	8	4	LST EN 12916
5. Sieros kiekis, mg/kg, ne didesnis	10,0	9,0	LST EN ISO 20846
6. Plūpsnio temperatūra, °C	aukštesnė kaip 55	56	LST EN ISO 2719
7. Koksingumas (produkto distiliavimo 10 % likučio), % masės, ne didesnis	0,30 *	0,03	LST EN ISO 10370
8. Pelenų kiekis, % masės, ne didesnis	0,01	0,01	LST EN ISO 6245
9. Vandens kiekis, mg/kg, ne didesnis	200	32	LST EN ISO 12937
10. Teršalų kiekis, mg/kg, ne didesnis	24	3	LST EN 12662
11. Vario plokštelės korozija (3 h esant 50 °C), korozijos laipsnis, ne didesnis	1 klasė	1a	LST EN ISO 2160
12. Oksiduotų medžiagų kiekis, g/m ³ , ne didesnis	25	6	LST EN ISO 12205
13. Oksidacinio stabilumo trukmė, h, ne mažesnė	20	65	LST EN 15751
14. Tepumo savybės, patikslintos pagal skersmens nusidėvėjimą (wsd 1,4) esant 60 °C, μm, ne daugiau	460	242	LST EN ISO 12156-1
15. Klampa, esant 40 °C, mm ² /s	2,00-4,50	2,84	LST EN ISO 3104
16. Distiliacijos charakteristikos:			LST EN ISO 3405
distiliato kiekis esant 250 °C, % tūrio, ne didesnis	65	36	
distiliato kiekis esant 350 °C, % tūrio, ne mažesnis	85	92	
95 % distiliato kiekis esant temperatūrai, °C, ne aukštesnei	360	359	
17. Ribinė filtruojamumo temperatūra, °C, ne aukštesnė	minus 5	minus 7	LST EN 116
18. Alkilnitratų kiekis, % tūrio	nustatomas **	0,031	LST EN ISO 13759
19. RRME kiekis, % tūrio, ne didesnis	7,0	4,82	LST EN 14078
20. Įvesto RRME tankis, esant 15 °C, pagal dozavimo RRME tankio tyrimų duomenis, kg/m ³	nurodomas	882,9	LST EN ISO 3675

Akcinė bendrovė "ORLEN Lietuva" prisiimdama atsakomybę, deklaruoja, kad produktas "Dyzelinas C klasė su RRME" susijęs su šia deklaracija atitinka LST EN 590:2009+A1 ir LR ūkio, aplinkos, susisiekimo ministrų 2006-08-31 įsakymo Nr. D1-399/4-336/3-340 bei LR ūkio ministro 2001-04-26 įsakymo Nr. 147 ir 2006-09-15 įsakymo Nr. 4-345 reikalavimus

*Rodiklio vertė reglamentuojama iki užsidegimo pagerinimo priedo įvedimo

** Nustatoma pirkėjui reikalaujant

*** RRME faktinė vertė nurodyta įvertinus "Prekybos naftos produktais taisyklių" p. 8.4 reikalavimus bei LST EN ISO 4259 nuorodas dėl glaudumo nuostatų ir RRME nustatymo metode LST EN 14078 nurodytą pakartojamumo vertę





KOKYBĖS PAŽYMĖJIMAS

Rapso aliejaus Riebalinių Rūgščių Metilo Esteriai (RRME)

N r.	Kokybės rodikliai	Vienetai	Tyrimo metodas	Faktas
1	Esterio kiekis	% (masės)	EN 14103	>98
2	Tankis esant 15 °C	kg/m ³	EN ISO 3675	882,0 – 884,0
3	Klampa esant 40 °C	mm ² /s	EN ISO 3104	4,720
4	Pliūpsnio temperatūra	°C	EN ISO 3679	175,0
5	Cetanis skaičius	-	EN ISO 5165	51,7
6	Vario plokštelės korozija (3h esant 50 °C)	korozijos°	EN ISO 2160	1 klasė
7	Atsparumas oksidacijai esant 110 °C	h	EN 14112	8,5 - 16
8	Rūgščių skaičius	mg KOH/g	EN 14104	0,05 – 0,3
9	Jodo skaičius	g J ₂ /100g	EN 14111	105,0
10	Linoleno rūgšties metilesterio kiekis	% (masės)	EN 14103	9,1
11	Polinesočiųjų (≥ 4 dvigubos jungtys) metilesterių kiekis	% (masės)	EN 15779	0,06
12	Metanolio kiekis	% (masės)	EN 14110	0,01
13	Monogliceridų kiekis	% (masės)	EN 14105	0,4 – 0,6
14	Digliceridų kiekis	% (masės)	EN 14105	0,05 – 0,2
15	Trigliceridų kiekis	% (masės)	EN 14105	0,05 – 0,15
16	Laisvojo glicerolio kiekis	% (masės)	EN 14105	0,001
17	Bendrojo glicerolio kiekis	% (masės)	EN 14105	0,17 – 0,2
18	Vandens kiekis	mg/kg	EN ISO 12937	250 - 400
19	Bendrasis priemaišų kiekis	mg/kg	EN 12662	2 - 24
20	Sulfatuotų pelenų kiekis	% (masės)	ISO 3987	<0,001
21	Sieros kiekis	mg/kg	EN ISO 20846	0 - 8
22	I grupės metalų (Na+K) kiekis	mg/kg	EN 14108; EN 14109	<1,2
23	II grupės metalų (Ca+Mg) kiekis	mg/kg	EN 14538	<0,5
24	Fosforo kiekis	mg/kg	ASTM D 3231-02	<1,5
25	Ribinė filtruojamumo temperatūra (RTF)	°C	EN 116	-5, -15, -20

Produktas atitinka LST EN 14214:2014 kokybės reikalavimus.