



KLAIPĖDOS
VALSTYBINĖ
KOLEGIJA

TECHNOLOGIJŲ FAKULTETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS KATEDRA

**TRADICINIO IR SINTETINIO DYZELINO EKONOMIŠKUMO IR
EKOLOGIŠKUMO PALYGINAMOJI ANALIZĖ**

Profesinio bakalauro baigiamasis darbas

Automobilių transporto inžinerijos
Studijų programos valstybinis kodas 6531EX015
Transporto inžinerijos studijų krypties

Autorius Justas Kripas _____

Autorius Evaldas Alšauskas _____

Vadovė lektorė Vida Jokubynienė _____

Vadovas doc. dr. Ruslans Šmigins _____

Klaipėda, 2024

TURINYS

LENTELIŲ IR PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	3
SANTRAUKA	5
SUMMARY	6
ĮVADAS	7
1. TRADICINIO IR SINTETINIO DYZELINO TEORINĖ ANALIZĖ	9
1.1 Istorija.....	9
1.2 Dyzelinas ir sintetinis dyzelinas. Jų išgavimo būdai, sandara.....	10
1.2.1 Sintetinis dyzelinas	13
1.3 Automobilių degalų ekonomiškumas	15
1.4 Automobilių išmetimo emisijų ekologiškumas	16
1.5 Tradicinio ir sintetinio dyzelino ekologiškumo palyginimas	18
1.6 Esama situacija	19
2. DYZELINO IR SINTETINIO DYZELINO EKONOMIŠKUMO IR EKOLOGIŠKUMO ANALIZĖ.....	21
2.1. Tyrimų metodologija	21
2.2. Tyrimų eiga	22
3. PRAKTINĖ DALIS.....	27
3.1 Tyrimų rezultatai	27
IŠVADOS	44
LITERATŪROS IR KITŲ INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS.....	45
PRIEDAI	47
1 priedas. Tyrimo metodika apie išmetamųjų dujų kiekio kitimą degalų ir oro masės srauto kitimo metu.	
2 priedas. Neste degalų tiekimo tinklo, sintetinio dyzelino kokybės sertifikatas.	
3 priedas. Neste degalų tiekimo tinklo, tradicinio dyzelino kokybės sertifikatas.	

LENTELIŲ IR PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

LENTELĖS

1 lentelė. Euro standartai	17
2 lentelė. Euro standartų ribinės vertės. (Federalinė aplinkos, gamtos apsaugos ir branduolinių reaktorių saugos ministerija, Intercars).....	17
3 lentelė. Tyrimo rezultatai (Mrzljak Vedran, Poljak Igor., Croatia 2017).....	18
4 lentelė. Sumažintos išmetamųjų dujų emisijos naudojant sintetinį dyzeliną lyginant su tradiciniu dyzelinu (DeHaanir kt; Alleman ir kt., 2005)	19
5 lentelė. 1 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu....	27
6 lentelė. 2 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu....	27
7 lentelė. 3 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu....	27
8 lentelė. 4 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu....	27
9 lentelė. Bandymų suma užmiestyje, važiuojant 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu	28
10 lentelė. 1 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu	28
11 lentelė. 2 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu	28
12 lentelė. 3 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu	29
13 lentelė. 4 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu	29
14 lentelė. Bandymų suma mieste, važiuojant 10 km atsumu.....	29
15 lentelė. 1 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu..	30
16 lentelė. 2 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu..	30
17 lentelė. 3 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu..	30
18 lentelė. 4 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu..	31
19 lentelė. Bandymų suma užmiestyje, važiuojant 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu	31
20 lentelė. 1 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu	31
21 lentelė. 2 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu	31
22 lentelė. 3 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu	32
23 lentelė. 4 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu	32
24 lentelė. Bandymų suma mieste, važiuojant 10 km atsumu.....	32
25 lentelė. Galios matavimas naudojant tradicinį dyzeliną.....	34
26 lentelė. Galios matavimas naudojant sintetinį dyzeliną	35
27 lentelė. Stovint vietoje, dūmingumo bandymų vidurkis, naudojant tradicinį dyzeliną ..	37
28 lentelė. Dūmingumo matavimo vidurkis, esant 50km/h ir 90 km/h apkrovai.....	38
29 lentelė. Stovint vietoje, dūmingumo bandymų vidurkis, naudojant sintetinį dyzeliną ..	38
30 lentelė. Dūmingumo matavimo vidurkis, esant 50km/h ir 90 km/h apkrovai.....	38
31 lentelė. Stovint vietoje, išmetimo dujų analizatorius matavimo vidurkis, naudojant tradicinį dyzeliną	39
32 lentelė. Išmetimo dujų analizatorius rodmenys atkuriant įprasto važiavimo sąlygas ant galios stendo, naudojant tradicinį dyzeliną	40
33 lentelė. Stovint vietoje, išmetimo dujų analizatorius matavimo vidurkis, naudojant sintetinį dyzeliną.....	40
34 lentelė. Išmetimo dujų analizatorius rodmenys atkuriant įprasto važiavimo sąlygas ant galios stendo, naudojant sintetinį dyzeliną.....	40

PAVEIKSLAI

1 pav. AIC Systems Data logger DL 4004 Light duomenų matavimo blokas	22
2 pav. AIC systems 1200 flow meter tiekiamų degalų linijos matavimo įrenginys.....	22
3 pav. Automobilis, kuriuo atliekamas degalų sąnaudų tyrimas	23
4 pav. AIC Systems programinė įranga.....	23
6 pav. Antrojo bandymo užmiestyje, nustatytas atstumas, pateiktas žemėlapyje	24
5 pav. Pirmojo bandymo užmiestyje, nustatytas atstumas, pateiktas žemėlapyje.....	24
7 pav. BMW E46 330D galios matavimas	25
8 pav. BMW E46 330D dūmingumo matavimas ir emisijų analizavimas, naudojant specialią diagnostiką, esant apkrovai	26
9 pav. D ir SD degalų sąnaudų palyginimas užmiestyje	33
10 pav. D ir SD degalų sąnaudų palyginimas mieste	34
11 pav. Variklio galia (kW), naudojant tradicinį dyzeliną	35
12 pav. Sukimo momentas (Nm), naudojant tradicinį dyzeliną	36
13 pav. Variklio galia (kW), naudojant sintetinį dyzeliną	36
14 pav. Sukimo momentas (Nm), naudojant sintetinį dyzeliną	36
16 pav. Sukimo momento pokytis, (Nm)	37
15 pav. Variklio galios pokytis, (kW)	37
17 pav. Dūmingumo pokytis, (l/m)	38
18 pav. Dūmingumo pokytis, esant 50 km/h apkrovai,, (l/m).....	39
19 pav. Dūmingumo pokytis, esant 90 km/h apkrovai, (l/m).....	39
20 pav. Tradicinio dyzelino emisijų pokytis, stovint vietoje, pagal sūkius.....	41
21 pav. Sintetinio dyzelino emisijų pokytis, stovint vietoje, pagal sūkius.....	41
22 pav. Tradicinio dyzelino emisijų pokytis, esant apkrovai	42
23 pav. Sintetinio dyzelino emisijų pokytis, esant apkrovai	42

SANTRAUKA

Justas Kripas, Evaldas Alšauskas „Tradicinio ir sintetinio dyzelino ekonomiškumo ir ekologiškumo palyginamoji analizė“, **Automobilių transporto inžinerijos studijų programa, Technologijų fakultetas, Klaipėdos valstybinė kolegija.**

Temos problema – dyzelinas tradiciškai yra laikomas efektyviausiais degalais transporto priemonėms, tačiau jį lydi taršos problemos, kurios sukėlia didelį poveikį žmonių sveikatai ir aplinkai. Todėl, šiuo metu, yra ieškomos alternatyvos dyzelinui pakeisti ir mažinti dyzelinui būdingą emisijų išskyrimą. Kaip alternatyva šiuo metu, pasižymi sintetinis dyzelinas. Jis gaminamas iš dujų arba kitų atsinaujinančių šaltinių, o jo gamybos procesas yra mažiau teršiantis. Todėl įžvelgiamas sintetinio dyzelino panaudojimas kaip alternatyva jau esančioje dyzelinių infrastruktūroje be didelių pokyčių.

Tyrimo objektas - Sintetinis dyzelinas (SD) ir tradicinis dyzelinas (D).

Darbo tikslas – atlikti tyrimą, sintetinio dyzelino ekologiškumui ir ekonomiškumui nustatyti, lyginant su tradiciniu dyzelinu.

Darbo atlikimo metodai: mokslinės literatūros analizė; eksperimentinis tyrimas atliekant ekonomiškumo ir ekologiškumo tyrimus, naudojant specialią tam pritaikytą įrangą.

Išvados.

1. Ištyrus skirtingų dyzelininių degalų ekonomiškumą, SD sunaudojo 10% daugiau degalų nei D, nors borto kompiuterio duomenimis, sunaudojo 8% mažiau. Naudojant SD, automobilio galia sumažėjo 4 kW, o sukimo momentas sumažėjo 5 Nm.
2. Ištyrus skirtingų dyzelininių degalų ekologiškumą, naudojant SD, dūmingumas stovint vietoje sumažėjo 58,3%, o esant 90 km/h apkrovai – 25%. Išmetimo emisijos stovint vietoje buvo 26,1% mažesnės su SD, tačiau esant apkrovai – 48% didesnės nei su D.
3. Lyginant skirtingų degalų ekonomiškumą ir ekologiškumą, tradicinis dyzelinas yra ekonomiškesnis ir efektyvesnis, o sintetinis dyzelinas yra ekologiškesnis dūmingumo atžvilgiu, tačiau esant apkrovai, sintetinio dyzelino emisijos yra didesnės.

Raktiniai žodžiai: Dyzelinas, sintetinis dyzelinas, automobilis, sąnaudos, emisijos, išmetimas, dūmingumas.

SUMMARY

Justas Kripas, Evaldas Alšauskas „Tradicional and syntetic diesel ecological and cost-effectiveness comparative analysis”, **Automobile transport ingeneering, Faculty of Technology, Klaipeda State University of Applied Sciences.**

Research problem. Diesel is traditionally considered the most efficient fuel for vehicles, but it is accompanied by pollution problems that have a significant impact on human health and the environment. Therefore, alternatives to diesel are currently being sought to reduce diesel-related emissions. One such alternative is synthetic diesel, which is produced from gas or other renewable sources, and its production process is less polluting. Hence, the use of synthetic diesel is seen as an alternative that can be utilized within the existing diesel infrastructure without major changes.

Research object: Synthetic diesel (SD) and traditional diesel (D).

Research objective - To conduct a study to determine the environmental friendliness and economic efficiency of synthetic diesel compared to traditional diesel.

Research methods: Scientific literature analysis; experimental research to assess economic efficiency and environmental friendliness using specially adapted equipment.

Conclusions.

1. After studying different diesel fuel economy, synthetic diesel (SD) consumed 10% more fuel than traditional diesel (D), although on-board computer data indicated 8% less consumption. Using SD, the vehicle's power decreased by 4 kW, and torque decreased by 5 Nm.
2. Examining the environmental impact of different diesel fuels, using SD, smokiness at idle was reduced by 58.3%, and by 25% under a 90 km/h load. Emissions at idle were 26.1% lower with SD, but under load, emissions were 48% higher compared to D.
3. Comparing the economic efficiency and environmental friendliness of different diesel fuels, traditional diesel is more economical and efficient, while synthetic diesel is more environmentally friendly in terms of smokiness. However, under load, emissions from synthetic diesel are higher.

Keywords: Diesel, synthetic diesel, vehicle, consumption, emissions, exhaust, smokiness.

IVADAS

Visame pasaulyje automobiliai yra neatsiejama žmonijos dalis, dauguma žmonių gyvena įtemptu ritmu. Įvairūs rūpeščiai, nesuplanuotos išvykos, važinėjimas į darbus ir iš jų, dažnai leidžia suprasti, kad daugumai žmonių nelieka laiko pasirūpinti savimi. Todėl daugumai žmonių automobiliai, ar kitos įvairios transporto priemonės yra būtinos, kad galėtų suspėti atlikti savo suplanuotas veiklas ar tikslus. Aiškiai galime suprasti, kad eksploatuojamos transporto priemonės nėra amžinos, pilnavertiškai ekologiškos ir ekonomiškos, todėl yra būtina analizuoti, modifikuoti bei naudoti alternatyvius ekologiškesnius degalus esamoms transporto priemonių vidaus degimo varikliams.

Vidutinis automobilių amžius Lietuvoje yra nuo 10 iki 15 metų bei didelė dalis jų yra varomu vidaus degimo varikliu, ypač dyzeliniais degalais. Dyzelinu varomu transporto priemonių situacija su dyzelino ir sintetinio dyzelino ekologiškumu ir ekonomiškumu yra kompleksiška ir kintanti, atsižvelgiant į technologinius pokyčius, politikos sprendimus bei visuomenės nuomonę. Dyzelinas tradiciškai buvo laikomas efektyviais degalais transporto priemonėms, tačiau jį lydėję taršos problemos sukėlė didelį žmonijos susirūpinimą. Dėl to šiuo metu pasaulyje yra dedamos pastangos mažinti dyzelinui būdingą teršalų išskyrimą. Sintetinis dyzelinas šiuo atžvilgiu pasižymi kaip įdomus alternatyvus variantas. Jis gaminamas iš dujų arba kitų atsinaujinančių šaltinių, o jo gamybos procesas gali būti mažiau teršiantis. Sintetinis dyzelinas taip pat gali būti naudojamas esančioje dyzelino infrastruktūroje be didelių pokyčių. Tačiau kai kuriuose regionuose kyla klausimų dėl sintetinio dyzelino ekonominio efektyvumo ir gamybos apimčių, kurios dar nėra tokios didelės kaip tradicinių dyzelino šaltinių. Naujos technologijos ir politikos sprendimai taip pat gali turėti įtakos šiai situacijai. Daugelis šalių skatina elektromobilių plėtrą ir atsisako dyzelinių transporto priemonių, kurios gali turėti įtakos sintetinio dyzelino paklausai ir vystymuisi. Taigi, ekologiškumo ir ekonominio efektyvumo klausimai yra tarpusavyje susiję ir priklauso nuo technologinių pažangų, politinių sprendimų bei visuomenės susidomėjimo. Atliekant šių degalų analizę, yra būtina išanalizuoti dyzelino ir sintetinio dyzelino ekonomiškumą ir ekologiškumą.

Darbo objektas – Sintetinis ir tradicinis dyzelinas.

Darbo tikslas – Išanalizuoti dyzelino ir sintetinio dyzelino ekologiškumą ir ekonomiškumą.

Darbo uždaviniai:

1. Ištirti tradicinio dyzelino ir sintetinio dyzelino ekonomiškumą, įvertinant skirtingus važiavimo režimus bei apkrovas.
2. Ištirti tradicinio dyzelino ir sintetinio ekologiškumą, įvertinant apkrovas ir važiavimo režimus.
3. Atlikti palyginamąją analizę ir pateikti išvadas.

Temos problema – dyzelinas tradiciškai yra laikomas efektyviausiais degalais transporto priemonėms, tačiau jį lydi taršos problemos, kurios sukėlia didelį poveikį žmonių sveikatai ir aplinkai. Todėl, šiuo metu, yra ieškomos alternatyvos dyzelinui pakeisti ir mažinti dyzelinui būdingą emisijų išskyrimą. Kaip alternatyva šiuo metu, pasižymi sintetinis dyzelinas. Jis gaminamas iš dujų arba kitų atsinaujinančių šaltinių, o jo gamybos procesas yra mažiau teršiantis. Todėl išvelgiamas sintetinio dyzelino panaudojimas kaip alternatyva jau esančioje dyzelinių infrastruktūroje be didelių pokyčių.

Tyrimo hipoteze – SD išmetamųjų dujų emisijos ir dūmingumas yra 25% mažesnis nei D.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė; eksperimentinis tyrimas atliekant ekonomiškumo ir ekologiškumo tyrimus, naudojant specialią tam pritaikytą įrangą.

1. TRADICINIO IR SINTETINIO DYZELINO TEORINĖ ANALIZĖ

1.1 Istorija

Analizuojant dyzeliną yra būtina žinoti apie dyzelinių degalų kilmę, atsiradimą bei jų naudojimą. Remiantis Mollenhauer ir Schreiner (2010), vidaus degimo variklio kūrimas prasidėjo XVIII amžiaus pabaigoje. Per ateinančius šimtą metų buvo padaryta lėta, bet pastovi pažanga. Iki 1892 m. Rudolfas Dieselis buvo užpatentavęs suspaudžiamo uždegimo variklio patentą. Tačiau jo originalus dizainas, kuriame degalai buvo naudojami kaip anglies dulkės, nepasiteisino. Prieš trisdešimt trejus metus, 1859 m., Pensilvanijoje buvo rasta ir iškasta žalia nafta. Pirmas iš žalios rafinuotas produktas buvo žibintų aliejus (žibalas). Tik dalis iš šios žaliavos buvo pagaminta geros žibintų alyvos, rafinuotojai turėjo sugalvoti, ką daryti su likusia statinės dalimi. Dyzelinas, pripažįstant, kad skysti naftos šalutiniai produktai gali būti geresni variklių degalai nei anglies dulkių, todėl pradėjo eksperimentuoti su vienu iš jų. Šis degalų keitimas kartu su kai kuriais mechaninio dizaino pakeitimais 1895 m. buvo sukurtas sėkmingas variklio prototipas. Taip tokio tipo variklis, ir degalai tapo užpatentavusio mokslininko pavardę. Pirmieji komerciniai dyzeliniai varikliai buvo dideli ir veikė mažu greičiu. Jie buvo naudojami laivams, traukiniams ir kt. sunkiajam transportui. Iki 1930-ųjų dyzeliniai varikliai taip pat tapo pagrindiniai varikliai sunkvežimiuose ir autobusuose. 30-ųjų pabaigoje buvo stengiamasi išplėsti variklio naudojimą iki lengvųjų automobilių, tačiau tai nutraukė Antrasis pasaulinis karas. Po II pasaulinio karo, dyzeliniai lengvieji automobiliai tapo labai populiarius Europoje, tačiau Jungtinėse Amerikos Valstijose dyzeliniais degalais varomi lengvieji automobiliai nesulaukė tokio populiarumo kaip Europoje. Šiandien dyzeliniai varikliai visame pasaulyje naudojami transportavimui, gamybai, energijos gamybai, statybose ir ūkininkavime. Dyzelinių variklių tipai yra tokie pat įvairūs kaip ir jų naudojimas, nuo mažų, didelio greičio netiesioginio įpurškimo variklių iki mažo greičio tiesioginio įpurškimo. Dyzeliniais degalais varomų variklių sėkmė kilo iš jų efektyvumo, ekonomiškumo ir patikimumo. Šiandien mes neįsivaizduojame transporto priemonių be dyzelinių vidaus degimo variklių.

Remiantis Gerali (2019), sintetinių degalų istorija prasidėjo 1913 m., kai Vokietijoje chemikas Friedrichas Karlas Rudolfas Bergiusas (1884–1949m.) užpatentavo pirmąjį tiesioginio anglies suskystinimo (DLC) procesą. Pagrindinis DLC principas buvo anglies naudojimas vietoj naftos/žalios naftos, norint gauti skystų angliavandenilių, naudojamų degalams arba kaip pagrindas kitoms cheminėms medžiagoms gaminti. Produktai, gauti šio proceso metu, buvo apibrėžti kaip sintetiniai, nes anglies žaliava vyksta skirtingais šildymo, aušinimo, slėgio, sodrinimo, dujinimo ir skystinimo etapais. Nuo pirmojo dyzelinio vidaus degimo variklio išradimo praėjus 28 metams vokiečių mokslininkai Franz Fischer ir Hans Tropsch atrado cheminę reakciją kurios metu vandenilis ir anglies monoksidas perdirbami į skirtingus angliavandenilius skysčius, įskaitant dyzeliną, benziną ir degalus orlaiviams. Taip buvo išrastas sintetinis dyzelinas.

Žinant, kad yra dvi dyzelino rūšys kyla klausimas, kuris iš šių dviejų tipų yra ekonomiškesnis ir ekologiškesnis, palyginant ir išanalizuojant jų sudėtį, išgaunamumą. Taip galima sužinoti, kurie degalai yra pranašesni.

1.2 Dyzelinas ir sintetinis dyzelinas. Jų išgavimo būdai, sandara

Remiantis Abramavičienė, Kasulaičiu (2012) dyzelinas yra įvairių angliavandenilių mišinys, pritaikytas naudoti kaip degalai dyzeliniuose varikliuose. Dyzelinas gaunamas distiliuojant žalią naftą (dyzelinis distiliatas). Pagrindinės dyzelinių degalų sudedamosios dalys yra alkanai, cikloalkanai ir aromatiniai angliavandeniliai. Naftos kilmės dyzeliną sudaro apie 75 procentai sočiųjų angliavandenilių (daugiausia alkanai) ir apie 25 procentai aromatinių angliavandenilių (įskaitant naftalenus ir alkilbenzenus). Varikliai su užsidegimu nuo kompresijos (dyzeliai) dirba naudojant distiliacinius degalus (gaunami kompaunduojant tiesioginio varymo ir hidro išvalytas frakcijas) su aukštesnėmis negu benzino išgaravimo ribomis: ~75 % sočiųjų angliavandenilių; ~25 % aromatinių angliavandenilių. Paprasto dyzelino vidutinė formulė yra $C_{12}H_{26}$ (nuo $C_{10}H_{22}$ iki $C_{15}H_{26}$). Svarbios dyzelinių degalų savybės yra:

- lakumas;
- degumas / cetaninis skaičius, (stambių laivų dyzeliai – iki 20, lengvųjų automobilių – ne mažiau kaip 51, krovininių automobilių – 40-45), žemos temperatūros takumas (garingumo ir mišinio susidarymo procesai);
- klampa;
- sieros kiekis(kiekis degaluose reglamentuotas, 0,035 proc. – „nusidėvėjimo dėmė“);
- stabilumas saugojant.

Cetaninis skaičius, t.y. jo kiekis įvertina dyzelinių degalų užsidegimo savybes suspausto uždegimo varikliuose. Kuo cetaninis skaičius didesnis, tuo dyzelino kokybė geresnė. Kuo cetaninis skaičius didesnis, tuo greičiau degalai užsidega, taigi lengviau paleisti variklį, ypač tai aktualu žiemą. Variklis tyliau dirba ir mažiau dyla. Lietuvos degalinėse prekiaujamo dyzelino cetaninis skaičius yra nuo 48 iki 51. Be to, dyzelino oktaninis skaičius yra apie 45, todėl skiriasi degalų uždegimo principas – degalai įpurškiami į jau suspaustą orą. Klampos ir tankumas yra pagrindinis rodiklis skysčio vidaus trinties koeficientas. Dyzeliniams degalams nustatoma kinematinė klampa. Ji nustatoma kapiliariniu viskozimetru, kuriuo išmatuojama nustatyto kiekio skysčio ištekėjimo trukmė per kapiliarą. Degalų klampą ir tankumą iš esmės lemia garingumo ir mišinio susidarymo procesai dyzeliuose. Jiems didėjant auga lašų diametras ir prastėja degimo sąlygos, dėl ko padidėja degalų sunaudojimas ir išmetimo dujų dūmų kiekis. Degalų klampa lemia kuro pripildymą ir nuotėkį per plunžerių angas. Jei variklis dirba naudojant mažos klampos degalus, degalų siurblio detalės susidėvi greičiau, todėl į degalų sudėtį reikia primaišyti priedų, apsaugančių

nuo nusidėvėjimo. Degalų klampa priklauso nuo jų angliavandenilių sudėties, todėl gali smarkiai varijuoti.

Remiantis Louis ir Gupta (2003) dyzelinas yra išgaunamas iš žalios naftos. Žalioje naftoje yra nedideli kiekiai sieros, azoto ir deguonies (vadinamųjų heteroatomų). Kai heteroatomai yra sujungti į molekulinę struktūrą su anglimi ir vandeniliu, susidarę junginiai nėra apibūdinami kaip angliavandeniliai. Tipiški ne angliavandenilių junginių, randamų dyzelinu, pavyzdžiai yra dibenzotiofenas (sieros junginys) ir karbazolas (azoto junginys). Distiliatai, sunkesni už žibalą, gaunami atmosferiniu būdu distiliuojant žalią naftą, yra įvairių degalų srautai. Dėl krekingo procesų galima gauti papildomų degalų tipų. Priklausomai nuo naudojamos žalios naftos rūšies, pagamintų degalų savybės skiriasi.

Remiantis Kaltschmitt ir Deutschmann (2012) dyzelinių degalų gamyba yra analogiška benzino gamybai: pirma distiliacija; antras įvairūs konversijos etapai ir trečias valymas. Dyzeliniuose degaluose yra daugiau nelakių komponentų nei benzine, o virimo diapazonas yra didesnis (nuo 160 °C iki 371 °C). Todėl dyzeliniai degalai turi būti purškiami į degimo kamerą ir negali išgaruoti ore, nerizikuojant iš anksto užsidegti. Kaip ir benzinai, dyzelinas maišomas su keliais priedais, kad būtų galima pakoreguoti eksploatacines charakteristikas. Tačiau skirtingai nei benzinai, yra dvi pagrindinės problemos, susijusios su dyzelinio kuro priedais. Pirmasis yra išlaikyti purkštuko antgalį švarų, o antrasis – apsaugoti degalus nuo užšalimo susidarymo šaltu oru, kai temperatūra nukrenta žemiau tam tikro taško.

Remiantis Bennett (2014) teigia, kad žalios naftos dyzelinio kuro frakcijoje yra sieros ir azoto junginių, kurie suteikia natūralų tepimą, apsaugantį transporto priemonių kuro siurblius ir purkštukus nuo nusidėvėjimo. Sieros ribos degaluose tampa vis griežtesnės ir plačiai paplitusios, o dyzelinio kuro apdirbimo procesas paprastai pašalina iš dyzelinio kuro natūraliai susidarančius tepimo komponentus. Daugelis dyzelinių degalų įpurškimo sistemų priklauso nuo tokio tepimo, o jei tokių junginių nebus, degalai greičiau nusidėvės ir galiausiai sugadins svarbiausius degalų tiekimo sistemos komponentus.

Remiantis Huth, Heilos (2013) dyzelino degalus sudaro maždaug 75 % alifatinių angliavandenilių (C₁₀H₂₀–C₁₅H₂₈) ir apie 25 % aromatinių angliavandenilių (pvz., benzeno, stireno). Tipinės atominės masės koncentracijos yra apie 86 % C, 14 % H ir nedidelė sieros dalis, priklausomai nuo žalios naftos šaltinio ir valymo kokybės. Šildymo vertė yra apie 42,6 MJ/kg, o tankis nuo 0,82 iki 0,86 kg/l. Kinematinė klampa 40 °C temperatūroje yra 2–5 mm²/s. Pliūpsnio temperatūra yra > 55 °C. Šios rūšies degalų apibrėžimas nurodytas šiuose standartuose ISO 4261 (1993), ASTM D975 (2011) ir ASTM D2880 (2010).

Remiantis Aitani (2004), mažai sieros ir ypač mažos sieros (ULSD) dyzeliniai degalai dažnai papildomi tepimo priedais, siekiant apsaugoti svarbiausius įpurškimo sistemos komponentus. Tepimo

priedai paprastai skirstomi į neutralius arba rūgštinius. Neutraliems priedams, esteriams ir amidams, gali prireikti didesnio apdorojimo greičio, palyginti su ekonomiškais monorūgštiniais tepimo priedais, o monorūgštinis tipas tapo dažniausiai naudojamas, nes yra būtini tepimo patobulinimai už mažiausią apdorojimo kainą.

Remiantis Kaltschmitt ir Deutschmann (2012), ir šie autoriai teigia, kad dyzelinių degalų charakteristikos yra labai įvairios, įvairiose šalyse naudojami keli apibrėžimai ir įvairios klasifikacijos, pavyzdžiui, Europoje DIN EN 590. Nuo 2009 m. itin mažo sieros kiekio dyzelinas Europoje gali turėti tik 10 ppm sieros, o JAV kelių dyzelinas gali turėti iki 15 ppm. Nuo 2010 m. Europoje dyzeliniame kure gali būti iki 7 tūrio % riebalų rūgščių metilo esterio (FAME), kad atitiktų biokuro reikalavimus.

Remiantis Abramavičienė, Kasulaičiu (2012m.), pagrindiniai dyzelino priedai yra:

- Užsidegimo pagerinimo priedai (cetaninio skaičiaus pagerinimo priedai);
- Plovimo priedai – plovikliai ir dispergentai (neleisti kauptis nuodegoms ant purkštukų);
- Priedai nuo dūmų (dūmijimo slopinimo, suodžių sumažinimo priedai, degimą skatinantys priedai);
- Šalto tekėjimo (šalto takumo pagerinimo) priedai (stabdyti kristalintis stambiamolekuliai n-parafinui);
- Drumstimosi ir užšalimo (stingimo) temperatūros depresantai;
- Vaško kristalų stambėjimą slopinantys priedai, WASA (angl. Wax Antisetling Additives);
- Oksidacijos inhibitoriai, laikymo pastovumo pagerinimo priedai;
- Rūdijimą slopinantys priedai;
- Skaidrinimo (drumstumo mažinimo) priedai ir deemulsikliai;
- Biocidai;
- Antistatiniai priedai;
- Priedai nuo putų;
- Reodorantai;
- Dažai (skirti atskirti skirtingoms degalų rūšims);
- Tepimo priedai.

Remiantis Jurić, Županović (2012), dyzeliniai varikliai yra vienas iš mūsų šiandieninės ekonomikos technologinių pagrindų. Jų naudojimas yra toks įvairus ir plačiai paplitęs, kad jų tiesioginis ar netiesioginis indėlis įtrauktas į beveik kiekvieną produktą ar paslaugą. Tačiau dyzelinių variklių naudojimas taip pat sukelia nepageidaujamų poveikių, ypač dėl to, kad jų platus naudojimas įgauna nerimą keliančias taršos problemas. Dyzelino išmetamosiose dujose yra daug didesnės

koncentracijos pavojingiausių medžiagų – kietųjų dalelių, kurios yra labai pavojingos ir yra moksliskai įrodytos.

1.2.1 Sintetinis dyzelinas

Sintetinis dyzelinas gali būti išgaunamas dvejais būdais tai PtL (Power to Liquid) dyzelino gamyba paprastai apima elektrolizės naudojimą, kad būtų pagamintas vandenilis iš vandens, kuris vėliau jungiamas su anglies dioksidu, sudarant sintetines dujas, o tada jos paverčiamos sintetiniais degalais. Anglies dioksidas gali būti gaunamas iš įvairių šaltinių, įskaitant pramoninius išmetimus ir biodujas. GtL (Gas to Liquid) yra sintetinių degalų tipas, gaminamas konvertuojant gamtines dujas arba kitas angliavandenilio dujas į skystą formą. Pastaraisiais metais šie degalai sulaukė didelio dėmesio kaip būdas išplėsti gamtinių dujų naudojimą ne tik elektros energijos gamyboje ir šildymo srityse. Vienas iš pagrindinių skirtumų tarp GtL degalų ir kitų sintetinių degalų tipų yra pradinės medžiagos šaltinis. Kitus sintetinius degalus dažniausiai gauname iš fosilinių degalų šaltinių, tuo tarpu GtL degalai gaminami iš gamtinių dujų ar kitų angliavandenilio dujų, tokių kaip etanas, propanas, butanas arba sintetinės dujos, kurios dažnai randamos gamtinių dujų telkiniuose. Tai reiškia, kad GtL degalai gali potencialiai prisidėti prie šiltnamio efekto dujų išmetimo, priklausomai nuo gamtinių dujų šaltinio ir GtL proceso efektyvumo.

Atliekų tvarkymas yra dar vienas iššūkis, su kuriuo susiduria tiek besivystančios, tiek išsivysčiusios šalys. Biodujų gamyba yra alternatyvus metodas, skirtas gauti šiuos duomenis per anaerobinį organinių medžiagų skaidymą iš maisto ar žemės ūkio atliekų. Šis metodas suteikia pranašumą, kurio nesuteikia joks kitas sintetinių degalų šaltinis. Anaerobinis skaidymas yra biologinis procesas, vykstantis be deguonies, kuriame mikroorganizmai skaido organines medžiagas. Biodujų gamybos procesas per anaerobinį skaidymą vyksta uždaramame konteineryje, vadinamame skaidykle. Į jį sumaišoma organinė medžiaga, tokia kaip žemės ūkio atliekos, maisto atliekos ar kitos biomasės, su vandeniu, ir leidžiama pūsti be deguonies. Organinė medžiaga skyla, mikroorganizmai gamina metaną ir anglies dioksidą, kurie surenkami ir saugomi skaidyklėje.

GtL Dyzelinas: GtL (Gas to Liquid) dyzelinas ir PtL (Power to Liquid) dyzelinas iš esmės yra tie patys sintetinio dyzelino produktai, gauti skirtingais būdais. Pagrindinė skirtumas tarp GtL ir PtL dyzelino yra pradinių medžiagų šaltinis. GtL dyzelinas yra gaunamas konvertuojant gamtines dujas arba kitas anglies vandenilio dujas į skystą formą, tuo tarpu jis vadinamas PtL, kai reikalinga energija gaunama iš atsinaujinančių šaltinių. Dėl šios priežasties laikoma, kad PtL dyzelinas yra aplinkai draugiškesnė alternatyva lyginant su GtL dyzelinu, nes jo gamybos metu nėra išskiriamas papildomas anglies dioksidas į atmosferą. GtL dyzelinas dažnai naudojamas transportui ir kitoms sritims, ir dažnai laikomas švaresniais degalais, palyginti su tradiciniu dyzeliu, nes jame yra mažiau nešvarumų ir išskiria mažiau emisijų. Sintetinis dyzelinas yra išgaunamas tokiais būdais:

1. Anglies dioksido ir vandenilio technologijos. Anglis yra vienas iš sintetinių degalų komponentų, ji turi būti panaudojama kaip anglies monoksidas (CO) arba anglies dioksidas (CO₂). Iš vandens, oro arba biomasės galima išgauti anglies dioksidą. Yra įvairių anglies dioksido atskyrimo ir surinkimo technologijų, tokios kaip fizinis ar cheminis absorbcija, adsorbicija, kriogeninis atskyrimas ir surinkimas, bei membraninis atskyrimas ir surinkimas.

2. Anglies dioksido gavimas iš biomasės. Anglies dioksidas gali būti išskiriamas kaip šalutinis produktas biodujų gamybos procese, kur gaunamas metano ir anglies dioksido mišinys, o metanas naudojamas kaip gamtinės dujos. Anot Hänggi (2019) anglies dioksido biodujose koncentracija yra 25%-55%, o atskyrimo metodas reikalauja 90 kJ/mol energijos.

3. Anglies dioksidas iš išmetamųjų dujų. Hänggi (2019) teigia, kad išmetamųjų dujų sudėtyje anglies dioksido kiekis yra maždaug 250 kartų didesnis nei ore, todėl CO₂ atskyrimui reikia mažesnių energetinių sąnaudų. Remiantis šiuo tyrimu, prognozuojama, kad išmetamųjų dujų CO₂ atskyrimui reikalinga nuo 160 iki 250 kJ/mol šiluminės energijos ir nuo 2 iki 20 kJ/mol elektros energijos. Esant maksimalioms prognozuotoms vertėms, reikalinga energija yra maždaug 40% mažesnė nei tiesioginiam oro surinkimui.

4. Anglies dioksidas iš jūros vandens. CO₂ taip pat galima išskirti iš jūros vandens. JAV tyrimų prognozuojamos išlaidos buvo apie 144 dolerius už toną CO₂, kuris daugiausiai buvo naudojamas gaminti degalams 1,78 dolerio už litrą. Jūros vandens CO₂ koncentracija buvo apie 140 kartų didesnė nei ore. Jūros vandens CO₂ atskyrimui reikalinga energija buvo skaičiuojama kaip 242 kJ/mol CO₂, remiantis (Eisaman ir kt., 2012) duomenimis.

5. Vandenilis. Vandenilis yra būtina sudedamoji dalis sintetinių degalų gamybai. Jį galima gauti iš įvairių elektros šaltinių, tokių kaip branduolinė energija, gamtinės dujos, anglis, biomasė, ir atsinaujinantys šaltiniai, tokie kaip saulės, vėjo, hidroelektrinės ar geoterminės energijos. Jam išgauti yra naudojamas elektrolizės procesas. Elektrolizė tai procesas, kuriuo vanduo skaidomas į jo sudedamąsias dalis – vandenilį ir deguonį. Šis metodas yra žinomas ir jau naudojamas komerciniais tikslais nuo 1890 metų. Elektrolizė vyksta, kai elektros srovė praeina per du elektrodus – neigiamai įelektrintą katodą ir teigiamai įelektrintą anodą vandens tirpale. Srovės praeitis sukelia cheminio ryšio skilimą vandens molekulėse. Katode kaupiamas vandenilis, o anode kaupiamas deguonis (Kalamaras ir Efstahiou, 2013). Elektrocheminis vandenilio gamybos metodas gali sumažinti aplinkos poveikį, pakeičiant šiuo metu vyraujantį pramoninį gamybos būdą, kuris naudoja iškastinius degalus. Vienas iš tokių elektrolizės būdų yra šarminė elektrolizė.

6. Šarminė elektrolizė. Šarminė elektrolizė yra pažengusi technologija, skirta vandens elektrolizei. Ši elektrolizės forma dažniausiai naudoja nikelį (Ni), kobaltą (Co), geležį (Fe) arba platina/anglį (Pt/C). Elektrolitui dažniausiai naudojamas 25-30% kalio hidroksidas (KOH), o katalizatoriui – natrio hidroksido (NaOH) ir natrio chlorido (NaCl) tirpalas. Gaminant vandenilį šiuo

būdu, galima pasiekti 99% grynumą. Be to, vandenilį galima toliau rafinuoti, siekiant gauti gryną vandenilį, tinkantį naudoti vandenilio kuro elementuose. Šios proceso efektyvumo vertinimas siekia apie 80% (Hänggi ir kt., 2019). Elektrolizės metu vandens molekulė suskaidoma į vandenilio ir deguonies molekules.

7. Protonų mainų membranos elektrolizė. Protonų mainų membranoje elektrolizatorius veikia be elektrolito, o vietoj to pasitelkia polimerą kaip protonų mainų membraną. Ši polimerinė membrana selektyviai leidžia praeiti protonams (H⁺). Be to, sistema apima anodo/katalizatoriaus sluoksnį, kuriame vanduo skyla ir susidaro deguonis, bei katodo/katalizatoriaus sluoksnį, kuriame formuojamas vandenilis.

1.3 Automobilių degalų ekonomiškumas

Remiantis Heywood (2016), galima teigti, kad degalų ekonomija yra degalų suvartojimas. Pagal degalų suvartojimą yra matuojama, kiek toli automobilis gali nuvažiuoti naudodamas nustatytą degalų kiekį. Taip yra sužinomas automobilio degalų ekonomiškumas. Kartais degalų ekonomiškumui yra vartojamas terminas degalų efektyvumas.

Įvairių automobilių ekonomiškumą galima apžvelgti ir įvairiuose internetiniuose puslapiuose, kuriuose yra nurodyti ekonomiškumo standartai tam tikram automobiliui. Viena iš jų yra aplinkos apsaugos agentūrą (EPA) (2023), kurios moksliskai ir gyvai yra nustatomos degalų išnaudojimo vertės ir pagal šias vertes sužinoma degalų ekonomiją, kurią pasieks įprastas vairuotojas vidutinėmis vairavimo sąlygomis, šie tyrimo rezultatai užtikrina gerą pagrindą palyginti vieną transporto priemonę su kita. Vis dėlto degalų sąnaudos gali būti šiek tiek didesnės arba mažesnės nei EPA įvertinimai, nes degalų sąnaudos kartais skiriasi ženkliai, atsižvelgiant į vairavimo sąlygas, vairavimo stilių, ir kitus veiksnius. Kad įvertinimai būtų nuoseklūs skirtingų markių ir modelių automobilių, EPA apskaičiavimai yra pagrįsti standartizuotu, pakartojamu bandymu procedūra. Šie testai modeliuoja „vidutinį“ vairuotoją, jų aplinką ir elgesį, pagrįstu realiu pasauliu ir tokiomis sąlygomis kaip sustojus eismui. Tačiau neįmanoma atlikti vieno testo ir tiksliai numatyti degalų sąnaudas visiems vairuotojams pagal įvairią aplinką. Pavyzdžiui, šie veiksniai gali padidinti automobilio degalų sąnaudas:

- Agresyvus vairavimas (stiprus įsibėgėjimas ir stiprus stabdymas);
- Per ilgas važiavimas tuščiaja eiga (kamščiai);
- Žema darbinė temperatūra. (varikliai yra efektyvesni, kai variklis veikia esant darbinei temperatūrai);
- Krovinio tempimas;
- Oro kondicionieriaus naudojimas;
- Netinkamai veikiantis variklis ar netinkamas padangų slėgis.

- Važiavimas kalnuotu keliu.

Be to, nedideli transporto priemonių gamybos skirtumai gali sukelti tos pačios markės degalų sąnaudų skirtumus. Taikydami įvairius vairavimo būdus, vairuotojai taip pat gali pasiekti geresnę degalų ekonomiją nei pateiktuose EPA vertinimuose. EPA reitingai yra naudinga palyginimo priemonė, nes jos visada atliekamos tiksliai tokiu pačiu būdu, esant tokioms pat sąlygoms. Tačiau šie tyrimai negali tiksliai nusakyti kokią degalų ekonomiją gausite. Pagal degalų ekonomiją EPA deklaruoja metines degalų išlaidų sąmatas.

1.4 Automobilių išmetimo emisijų ekologiškumas

Remiantis visuotinę lietuvių enciklopediją, ekologija tai mokslas, tiriantis organizmų santykius su gyvenamąja aplinka, gyvosios ir negyvosios gamtos sąveiką, aukštesnio negu organizmas lygio biologines sistemas. Įvairios transporto priemonės turi įvairių poveikių aplinkai ir ekologijai. Šių transporto priemonių ekologiškumas priklauso nuo įvairių veiksnių, įskaitant jų variklių efektyvumą, naudojamus degalus, išmetamų teršalų kiekį.

Remiantis Barnes ir Donohue (1985) 1960-aisiais vidaus degimo varikliais varomos transporto priemonės buvo įvardytos kaip vienos iš pagrindinių oro teršalų šaltinių miestų teritorijose. Keleivinių automobilių išmetamųjų teršalų standartai pirmą kartą buvo nustatyti 1965 m. Kalifornijoje. Po jų 1968 m. buvo nustatyti JAV federaliniai standartai. 1970 m. Švaraus oro įstatymas taip pat nustatė griežtus HC, CO ir Nox mažinimus 1975 ir 1976 m. Šie mažinimai vėliau buvo atidėti ir pakeisti 1974 m. Energetikos ir aplinkosaugos koordinavimo įstatymu ir 1977 m. įvesto švaraus oro įstatymo pataisomis. Motorinių transporto priemonių, kaip pagrindinio teršalų šaltinio, pripažinimas išplito į kitas šalis, iš kurių daugelis nustatė skirtingus standartus ir bandymų procedūras, atspindinčias įvairių griežtumo laipsnius. Skirtumai atsirado dėl skirtingos taršos reguliavimo filosofijos ir oro kokybės tikslų bei susirūpinimo dėl prieštaringo tikslo padidinti degalų efektyvumą. Kylant įvairiems taršos pavojams, kuriuos sukelia transporto priemonės yra būtina spręsti šiuos taršos klausimus, todėl daugybė valstybių įvedė tam tikrus taršos reguliavimus, kad būtų galima sumažinti taršos problemas.

Remiantis Johnson (1988) prasta oro kokybę beveik visuose Europos miestuose gausėjo vis dažniau, nes vis daugėja žinių apie neigiamą oro kokybę žmonių sveikatai ir ekosistemoms. Per pastaruosius dešimtmečius reikšmingai sumažėjo išmetamų teršalų kiekis pagrindiniuose sektoriuose, t.y. pramonėje, energijos gamyboje, namų ūkyje, transporte ir žemės ūkyje. Nepaisant šių pasiekimų, Europos Sąjungos (ES) nustatyti oro kokybės reikalavimai oro kokybės tikslams išlaikyti tebėra iššūkis. Tai veda prie dviejų galimų išvadų – arba anksčiau įgyvendintos ribos nebuvo pakankamai ambicingos arba yra neatitikimas tarp tikslų ir to, kas yra stebima lauke, pvz. Dėl pasenusių ir netinkamų matavimo metodų taikymo. Remiantis Europos ekonominė bendrija, buvo paskelbti

būsiami lengvųjų automobilių modelių standartai. Europos ekonominė bendrija teigė, kad „transporto išmetami oro teršalai labai prisideda prie bendros oro kokybės būklės Europoje“, o pramonė ir energijos gamyba yra kiti pagrindiniai šaltiniai. Euro emisijos standartų tikslas – sumažinti kenksmingų išmetamųjų teršalų kieki, kurie yra:

- Azoto oksidai (NO_x);
- Anglies monoksidas (CO);
- Angliavandeniliai (HC);
- Kietosios dalelės (PM).

Taip buvo pristatyti iki šios dienos žinomi 6 euro standartai, kuriuos turi atitikti kiekvienas automobilio gamintojas.

1 lentelė. Euro standartai

Pirmos užregistruotos transporto priemonės turinčios toki standartą:	Euro standartai:
1992 m. Gruodžio 31 d.	Euro 1
1997 m. Sausio 1 d.	Euro 2
2001 m. Sausio 1 d.	Euro 3
2006 m. Sausio 1 d.	Euro 4
2011 m. Sausio 1 d.	Euro 5
2015 m. Rugsėjo 1 d.	Euro 6

Kiekvienas naujesnis euro standartas mažina kenksmingų išmetamųjų teršalų kiekį dėl įvairių griežtesnų išmetamųjų dujų normatyvų. Kiekvienas naujas Euro standartas nustato griežtesnius ribinius teršalų išmetimo normatyvus, kurias transporto priemonės turi atitikti. Šie normatyvai apima CO₂, Nox, dalelių ir kitų teršalų išmetimą. Nauji standartai skatina naudoti pažangesnes variklių technologijas, kurios efektyviau degina degalus ir mažina teršalus. Tai gali būti pasiekta naudojant pažangesnius degalų įpurškimo, degimo ir išmetamųjų dujų šalinimo valdymo procesus. Naujesni Euro standartai skatina naudoti alternatyvius degalus, tokius kaip biodyzelinas, sintetinis dyzelinas, elektra. Taip yra siekiama sumažinti priklausomybę nuo tradicinių degalų ir mažinti išmetamųjų teršalų kiekį. Kiekvieno naujo Euro standarto privalumas yra griežtesnių normatyvų įvedimas tam tikru laiku. Tai skatina gamintojus greitai diegti naujas technologijas ir tobulinti esamus variklius. Pagal pateikta paveikslėlį žemiau, galime sužinoti kaip kito lengvųjų automobilių išmetamųjų teršalų ribinės vertės, nuo tam tikro Euro standarto.

2 lentelė. Euro standartų ribinės vertės (Federalinė aplinkos, gamtos apsaugos ir branduolinių reaktorių saugos ministerija, Intercars)

	taikoma nuo	Benzinas			Dyzelinas			
		CO	NO _x	HC	CO	NO _x	HC+NO _x	Kietosios dalelės
Vertės g/km								
Euro 1	01.07.1992	3,16	HC+NO _x		3,16		1,13	0,18
Euro 2	01.01.1996	2,2	HC+NO _x		1,0		0,7	0,08
Euro 3	01.01.2000	2,3	0,15	0,2	0,64	0,5	0,56	0,05
Euro 4	01.01.2005	1,0	0,08	0,1	0,5	0,25	0,3	0,025

2 lentelės tęsinys kitame lape

Euro 5	01.09.2009	1,0	0,06	0,1	0,5	0,18	0,23	0,005
Euro 6	01.09.2014	1,0	0,06	0,1	0,5	0,08	0,17	0,005

1.5 Tradicinio ir sintetinio dyzelino ekologiškumo palyginimas

Remiantis Vedran, Igor (2017) tyrimu matuojant dyzelinio variklio išmetamąsias dujas, tyrimas buvo atliktas naudojant didelio greičio tiesioginio įpurškimo dyzelinio variklio su turbokompresoriumi MAN D0826 LOH15 išmetamųjų dujų kiekio kitimas degalų ir oro masės srauto kitimo metu. Analizė pagrįsta dviem matavimo būdais esant dviem skirtingiems variklio sukimosi greičiams (1500 aps./min. ir 2400 aps./min.). Variklio laboratorinių eksperimentų metu buvo matuojamas azoto oksidų (Nox), nesudegusių angliavandenilių (HC) ir suodžių išmetimas kiekviename stebimame matavimo taške. Anglies dioksido (CO₂) emisija visuose matavimo taškuose buvo apskaičiuota naudojant lygtis. Pateikti matavimo ir skaičiavimo rezultatai parodė, kad esant mažesniai variklio apsisukimų dažniui (1500 aps./min.), pastebima daug didesnė Nox ir HC emisija, lyginant su didesniu variklio apsisukimų dažniu (2400 aps./min.). Atliktų matavimų būdų suodžių emisijos pokytis yra priešingas Nox ir HC emisijai. Esant įvairiems degalų masės srautams, suodžių emisija yra didesnė, kai variklio sukimosi greitis yra 2400 aps./min, lyginant su mažesniu variklio sukimosi greičiu 1500 aps./min. CO₂ emisija pirmiausia priklauso nuo degalų masės srauto ir anglies masės dalies panaudojantose degaluose. Šis faktas buvo patvirtintas ir šiame darbe analizuojamam varikliui. Tyrimo rezultatus galima apžvelgti 3 lentelėje, o tyrimo metodika 1 PRIEDE.

3 lentelė. Tyrimo rezultatai (Mrzljak Vedran, Poljak Igor., Croatia 2017)

	Degalų greitis (kg/h)	CO ₂ išmetimas (kg/h)
3 bandymas	9.743	30.366
	13.977	43.562
	18.673	58.197
	23.358	72.798
4 bandymas	16.045	50.006
	21.961	68.446
	30.086	93.767
	36.001	112.203

Pagal šį atliktą tyrimą, galima teigti, kad dyzelinu varomuose automobiliuose išmetamųjų dujų kiekis priklauso nuo gamintojo įdiegtų taršos mažinimo priemonių, nuo oro ir degalų mišinio, todėl modifikuojant degalus ar naudojant kitas alternatyvas, gali būti sumažinta dyzelinu varomų automobilių išmetamųjų dujų tarša.

Sintetinis dyzelinas turi mažesnę dujų emisijos išmetimą lyginant su tradiciniu dyzelinu. Sintetinis dyzelinas, kaip ir visi kiti sintetiniai degalų tipai, yra laikomas mažiau toksišku ir kenksmingu aplinkai, tokie degalai yra laikomi biodegraduojančiais degalais. Taip vadinami dėl minimalaus sieros kiekio ir itin žemo aromatinių angliavandenilių lygio, esančio šiuose degaluose. Dėl degalų sintezės ypatybių buvo pastebėta sumažėjusi emisija tiek tose pačiose transporto

priemonėse, net nekeičiant nieko palyginti su fosiliniu dyzelinu. Buvo užfiksuota apie 60% mažesnės anglavandenilių, 45% mažesnės CO, 4% mažesnės CO₂ ir 55% mažesnės dalelių medžiagos emisijos (Alleman ir kt., 2005). Šie pokyčiai daugiausia gali būti dėl šiek tiek skirtingos degalų sudėties ir molekulinės struktūros. Sintetiniai degalų tipai sukuriama iš pradinės medžiagos bloku, todėl turi mažiau nešvarumų ir paprastesnę grandinę struktūrą. Fosiliniai degalai, gaunami iš naftos žaliavos, yra požeminės nuosėdos, susidariusios prieš tūkstančius, jei ne milijonus metų, ir gali turėti daug nešvarumų bei kompleksiškus grandinės struktūrų, dėl kurių didėja emisijos lygiai.

4 lentelė. Sumažintos išmetamųjų dujų emisijos naudojant sintetinį dyzeliną lyginant su tradiciniu dyzelinu (DeHaanir kt; Alleman ir kt., 2005)

Produktai	Išmetamųjų teršalų skirtumas lyginant su standartiniais dyzeliniais degalais
Angliavandeniliai	62 %
Anglies monoksidas	45 %
Anglies dioksidas	4 %
Azoto oksidai	13 %
Kietosios dalelės	55 %

Vienas iš Lietuvoje bei daugelyje kitų pasaulio valstybių savo padalinius įsteigęs labai populiarus degalų tiekėjas įvairiam transportui, lėktuvams, laivams, komerciniam transportui, lengvajam transportui yra NESTE, ano jų dėmesys sutelkiamas į sintetinių degalų tipus, kurie gaunami iš biomasės (BTL) arba gamtinių dujų (GTL) šaltinių ir gali būti naudojami esamuose dyzeliniuose varikliuose bei degalų tiekimo sistemose. Šie aplinkai draugiški degalų tipai gali žymiai prisidėti prie Europos energetinės saugos stiprinimo ir miestų teršalų mažinimo. Be to, iš biomasės gaunami sintetiniai degalų variantai gali padėti kovoti su pasauliniu atšilimu, siūlydami iki 90% mažesnę CO₂ emisijų sumažinimo potencialą nei iš naftos gauti degalai. Neste tinklas, taip pat teikia sintetinio dyzelino bei tradicinio dyzelino kokybės sertifikatą (2 PRIEDAS, 3 PRIEDAS), kuriame yra pateiktos šio dyzelino specifikacijos bei pagal tai galima sužinoti, ar šis dyzelinas atitinka kokybės reikalavimus. Kadangi tik Neste degalų tiekimo tinklas siūlo sintetinį dyzeliną, todėl visi tyrimai atliekami naudojant tik Neste sintetinį ir tradicinį dyzeliną.

1.6 Esama situacija

Pastaraisiais metais stiprėjantis šiltnamio efektas kartu su nuolat didėjančiu pasauliniu automobilių parku ir žalios naftos kainomis paskatino domėtis dyzelinių transporto priemonių gerinimu ir variklių išmetamųjų teršalų mažinimu. Remiantis Europos parlamento straipsniu apie naujų automobilių ir furgonų taršos reikalavimus (2023), straipsnyje yra teigiama, kad lengviesiems automobiliams iki 2030 m. tarpiniai išmetamųjų teršalų mažinimo tikslai yra 55 proc. Kelių transportas išskiria didžiausią dalį transporto išmetamųjų teršalų ir 2021 m. sudarė 72 proc. visų ES vidaus ir tarptautinio transporto šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio. Griežtesni CO₂ išskyrimo reikalavimai prisidėtų prie ES klimato tikslų 2030 m. įgyvendinimo. Remiantis Williams (2019),

gerai žinoma, kad dyzeliniai varikliai pasižymi didžiausia degalų ekonomija, taigi ir didžiausiu CO₂ mažinimo potencialu, palyginti su visais kitais šiluminiais varikliais dėl didesnio šiluminio efektyvumo. Tačiau dyzelinių variklių kietųjų dalelių ir azoto oksidų emisija yra didesnė, palyginti su šiuolaikiniais kibirkštinio uždegimo varikliais. Dėl šios priežasties teršalų, o ypač PM ir NO_x emisijų mažinimas nedidinant specifinių degalų sąnaudų arba nepagerinant degalų taupymo yra sudėtingas uždavinys, dėl kurio būtina imtis neatidėliotinių ir drastiškų priemonių. Tiesioginė priemonė dyzelino išmetamų teršalų kiekiui sumažinti, kartu nepabloginant degalų taupymo, yra įprastinio dyzelinio kuro sudėties pertvarkymas. Vienas daug žadantis būdas pagerinti dyzelino veikimą yra maišymas su sintetiniu arba biologiškai atsinaujinančiu deguonimi prisotintu kuru. Tačiau kadangi pradinio įprastų degalų charakteristikos tiesiogiai veikia susidarančių mišinių elgseną, labai svarbu optimizuoti pradinio įprasto kuro cheminę sudėtį ir savybes. Praeityje buvo atlikta daugybė eksperimentinių ir teorinių tyrimų, kuriuose buvo nagrinėjamas dyzelinio kuro cheminės sintezės ir fizikinių bei cheminių savybių poveikis dyzelinio variklio išmetamųjų dujų kiekiui. Svarbiausios šiuose tyrimuose nagrinėtos kuro charakteristikos buvo aromatinių medžiagų kiekis ir struktūra, sieros kiekis, angliavandenilio molekulinė struktūra, cetaninis skaičius, kaitinimo vertė, tankis, klampumas ir distiliavimo temperatūros. Minėtų degalų savybių įtaka dyzelino išmetamiems teršalams buvo įvertinta įvairių tipų dyzeliniuose varikliuose (tiesioginio ir netiesioginio įpurškimo) ir dyzelinėse transporto priemonėse skirtingomis eksploataavimo sąlygomis.

2. DYZELINO IR SINTETINIO DYZELINO EKONOMIŠKUMO IR EKOLOGIŠKUMO ANALIZĖ

2.1. Tyrimų metodologija

Tradicinio ir sintetinio dyzelino ekonomiškumui ir ekologiškumui nustatyti, atliksime tyrimus, kad įvertinti ekologiškumo ir ekonomiškumo skirtumus.

Degalai: Sintetinis dyzelinas (SD) ir tradicinis dyzelinas (D).

Transporto priemonė: BMW E46 330D

Matavimo įranga: AIC-1200 serijos tiesioginio srauto matuoklis, AHS-PRUFTECHNIK galios matavimo stendas, Stenhoj Sweden gamybos SGA-400 emisijų matavimo įrenginys. BOSCH ESI[tronic] 2.0 diagnostika.

Ekonomiškumas tai rodiklis, kurio pagalba galima sužinoti kaip galime sumažinti degalų sąnaudas. Vienas iš pasirinktų būdų yra automobilio važiavimas 10 km atstumu įvairiomis oro bei eismo sąlygomis su pasirinktu automobiliu, kadangi sąlygos skiriasi, tyrimas atliekamas 4 kartus važiuojant tradiciniu dyzelinu, 4 kartus važiuojant sintetiniu dyzelinu ir išvedamas gautų rezultatų vidurkis. Automobilis prieš atliekant tyrimą visada patikrinamas, kad padangų slėgis būtų vienodas, nes tai labai įtakoja tyrimo rezultatus, taip pat automobilyje nebus jokių papildomų automobilio masę keičiančių daiktų salone, nes svoris taip pat įtakoja tyrimo rezultatus.

Ekonomiškumo tyrimo būdai:

Eksploatavimas pagal eismo sąlygas:

Automobiliu važiuojama mieste pasirinktu atstumu, miesto eksploatavimo sąlygomis, kada automobilis daug kartų stoja ir bėgėjasi.

Automobiliu važiuojama užmiestyje pasirinktu atstumu, užmiesto eksploatavimo sąlygomis, kada automobilis važiuoja pastoviu greičiu.

Galios patikra ant galios stendo:

Pasirinkto automobilio galia tikrinama ant galios stendo naudojant tradicinį dyzeliną, o po to naudojant sintetinį dyzeliną.

Kaina ir rinkos prieinamumas:

Palyginti tradinio ir sintetinio dyzelino kainas ir vertinti jų prieinamumą rinkoje.

Ekologiškumo analizė yra svarbi priemonė vertinant ir suprantant produkto, paslaugos ar veiklos poveikį aplinkai. Ši analizė padeda identifikuoti ir įvertinti įvairius ekologinius aspektus, siekiant sumažinti neigiamą poveikį aplinkai ir skatinti tvarumą. Tam, kad sužinoti kaip būtų galima sumažinti poveikį aplinkai, reikia atlikti tyrimus, todėl pateikiame įvairius tradicinio dyzelino ir sintetinio dyzelino tyrimų būdus.

Ekologiškumo tyrimo būdai:**Išmetamųjų dujų dūmingumo matavimo ir analizavimo diagnostika:**

Išmetamosios dujos tikrinamos pasirinkta išmetamųjų dujų matavimo diagnostika, kurios pagalba, gaunamas CO₂, CO, HC, O₂, NO_x bei dūmų kiekis išmetamosiose dujose, naudojant tradicinį dyzeliną ir sintetinį dyzeliną.

Išmetamųjų dujų dūmingumo matavimo ir analizavimo diagnostika, esant apkrovai:

Išmetamosios dujos tikrinamos pasirinkta dūmingumo matavimo diagnostika, kurios pagalba, gaunamas CO₂, CO, HC, O₂, NO_x bei dūmų kiekis išmetamosiose dujose, naudojant tradicinį dyzeliną ir sintetinį dyzeliną, esant 50 km/h ir 90 km/h apkrovai.

2.2. Tyrimų eiga

Pirmiausiai atliekamas ekonomiškumo tyrimas eksploatuojant vieną pasirinktą automobilį, pagal įvairias eismo sąlygas, naudojant tradicinį ir sintetinį dyzeliną. Šiam tyrimui buvo nuspręsta naudoti tam tikrą įrangą, kuri realiu laiku, matuoja degalų kiekio suvartojimą. Šiame tyrime naudojama įranga yra Šveicarų kompanijos „AIC Flowmeters” įranga. Šios degalų matavimo įrangos komplekte yra duomenų matavimo blokas (žr. 1 pav.) ir tiekiamų degalų linijos matavimo įrenginys (žr. 2 pav.).



1 pav. AIC Systems Data logger DL 4004 Light duomenų matavimo blokas

Šis duomenų matavimo blokas, veikia pagal matavimo įrenginio jutiklio duomenis, duomenys priklauso nuo tiesioginio degalų paėmimo iš degalų bako. Duomenų bloko pagalba sužinoma, per kiek laiko ir koks kiekis degalų, buvo išsiurbta iš automobilio bako bei realiu laiku galima matyti degalų suvartojimą, naudojant šio prietaiso kompiuterinę įrangą.



2 pav. AIC systems 1200 flow meter tiekiamų degalų linijos matavimo įrenginys

Šiame tiekiamų degalų įrenginyje yra specialus mechanizmas su jutikliu, kuris matuoja tiesioginį degalų paėmimą iš degalų bako, o grįžtamieji degalai, tiesiogiai grįžta į pagrindinę tiekimo liniją, todėl galime sužinoti realų degalų suvartojimą.

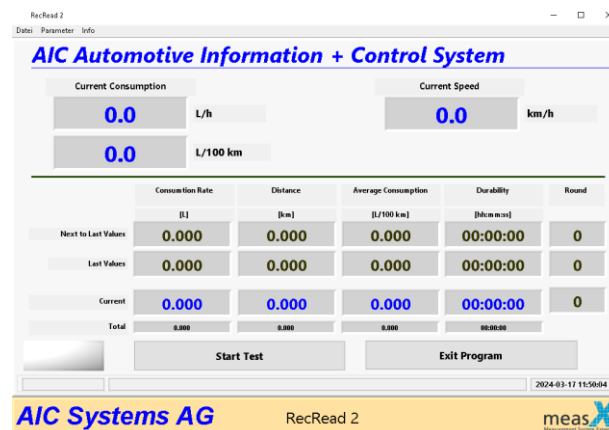
Automobilis, kuriuo tyrimai atliekami yra BMW E46 330D (žr. 3 pav.).



3 pav. Automobilis, kuriuo atliekamas degalų sąnaudų tyrimas

Šis automobilis pasirinktas todėl, nes Lietuvoje esančių automobilių amžius yra apie 15 metų, šis automobilis yra senesnis nei vidutinis Lietuvoje esančių automobilių amžius, pagal tai galima nuspręsti ar sintetinis dyzelinas įtakoja tokio amžiaus automobilio sąnaudas bei šia matavimo įranga įsimontuoti į šį automobilį yra gana paprasta.

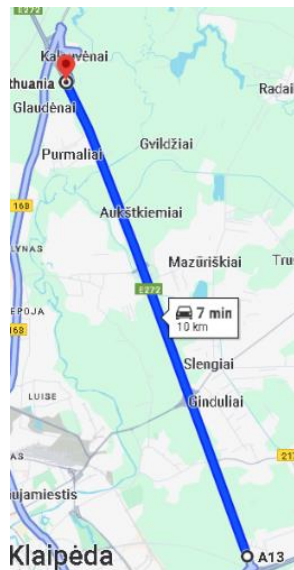
Tyrimui pasiruošti, reikia įsidiesti reikiamą programinę įrangą į kompiuterį (žr. 4 pav.), kad būtų galima atlikti pirmąjį ekonomiškumo tyrimą, kuriame matuojamos degalų sąnaudos.



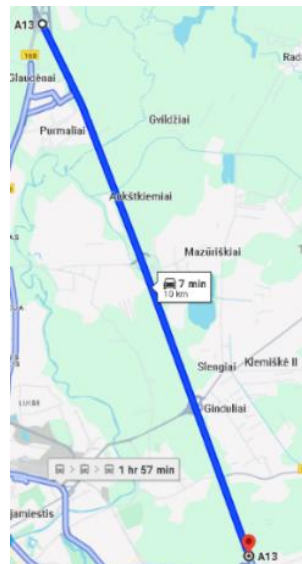
4 pav. AIC Systems programinė įranga

Kadangi šio prietaiso matavimo blokas, neatpažįsta automobilio greičio signalo bei programinė įranga nepateikia vidutinio l/100 km duomenų, todėl kas kart matuojant, atsižvelgiame į automobilio borto kompiuterio rodmenys. Pirmiausiai matuojamos degalų sąnaudos užmiestyje, važiuojant tam tikru nustatytu 10 km atstumu, laikantis visų kelių eismo taisyklių bei naudojant automobilio komplektacijoje esantį autopilotą, kurio pagalba buvo važiuojama nustatytu 90 km/h greičiu.

Pirmasis ir trečiasis bandymas atliktas važiuojant nustatytu 10 km atstumu, Klaipėda-Palanga greitkeliu (žr. 5 pav.).



5 pav. Pirmojo bandymo užmiestyje, nustatytas atstumas, pateiktas žemėlapyje



6 pav. Antrojo bandymo užmiestyje, nustatytas atstumas, pateiktas žemėlapyje

Antrasis ir trečiasis bandymas atliekamas identišku 10 km atstumu Palanga-Klaipėda bei nustatytu 90 km/h greičiu naudojant autopilotą (žr. 6 pav.)

Atlikus tyrimą užmiestyje, tokiu pačiu principu tyrimas bus atliktas miesto sąlygomis. Kadangi miesto sąlygos labai skiriasi nuo užmiesto sąlygų dėl eismo sąlygų, šviesaforų ir kt. niuansų, važiuojama panašiu atstumu, laikantis visų kelio eismo taisyklių. Po kiekvieno nuvažiuoto 10 km atstumo, kas kart pažymimi visi gauti duomenys kompiuteryje.

Po degalų sąnaudų matavimo, atliekamas tokio pat automobilio BMW E46 330D galios patikrinimas. Pagal išmatuotus galios stendo duomenis, bus žinoma, ar sintetinis dyzelinas įtakoja automobilio galią lyginant su tradiciniu dyzelinu. Nuo automobilio galios ir sukimo momento priklauso automobilio išibėgėjimo laikas, todėl pagal tai galima spręsti, kad automobiliui greičiau išibėgėjus ir pasiekus norimą greitį, važiuojant pastoviu greičiu degalų sąnaudos sumažėja, tai taip

pat įtakoja automobilio naudojamų degalų ekonomiškumą. Atlikus automobilio galios tyrimą, lyginant skirtingus dyzelinius degalus, yra būtina įvertinti, kaip šie degalai veikia variklio našumą ir efektyvumą. Tai padeda nustatyti, kurie degalai suteikia geriausią galios ir degalų sąnaudų santykį. Pirmiausiai atliktas galios matavimas naudojant tradicinį dyzeliną (žr. 7 pav.)



7 pav. BMW E46 330D galios matavimas

Prieš matuojant automobilio galią, automobilį pilnai reikia paruošti galios patikrai. Automobiliumi įvažiavus ant patikros stendo sukimo skriemulių, automobilį reikia sutvirtinti prie specialių diržų, patikrinti padangų slėgius bei patikrinti ar nėra jokių skysčių nuotekių. Paruošus automobilį, atliekama galios patikra ant AHS-PRUFTECHNIK galios stendo. Atlikus galios matavimą naudojant tradicinį dyzeliną, toliau atliekamas matavimas naudojant sintetinį dyzeliną. Automobilio degalų talpa taip pat kas kart yra išvaloma, kad tyrimas būtų kuo tikslesnis. Atlikus galios matavimo tyrimą, atliekamas pirmasis ekologiškumo tyrimas. Tam, kad žinoti tradicinio dyzelino ir sintetinio dyzelino realius ekologiškumo rodiklius, atliekamas išmetamųjų dujų dūmingumo ir analizavimo matavimas, naudojant specialią įrangą bei esant 50 km/h ir 90 km/h apkrovai. Kad sužinoti 50 km/h ir 90 km/h apkrovas, naudojama BOSCH ESI[tronic] 2.0 diagnostika, kurios pagalba sužinomi realūs parametrai, t.y. turbokompresoriaus įpūtimo slėgis, degalų slėgis, kiekis, akseleratoriaus padėtis bei oro masės kiekis. Tyrimui atlikti naudojamas Stenhoj Sweden gamybos SGA-400 emisijų matavimo įrenginys, kuris matuoja išmetimo emisijas bei dūmingumą. Pirmiausiai atliekamas dūmingumo ir emisijų matavimas naudojant tradicinį dyzeliną, po 3 kartus ir išvedamas šių bandymų vidurkis. Šis emisijų matavimo įrenginys turi atskirą dūmingumo ir emisijų matavimo prietaisą (žr. 8 pav.).



8 pav. BMW E46 330D dūmingumo matavimas ir emisijų analizavimas, naudojant specialią diagnostiką, esant apkrovai

Atlikus dūmingumo kiekio matavimą, gaunamas automobilio išmetimo dujų kiekis litrais per minutę. Toliau atliekamas dūmingumo matavimas esant 50 km/h ir 90 km/h apkrovai. Atlikus tyrimą su tradiciniu dyzelinu, toliau atliekamas dūmingumo matavimas naudojant sintetinį dyzeliną, tokiu pačiu principu. Prieš kiekvieną degalų tipo keitimą, išvaloma automobilio degalų talpa. Atlikus dūmingumo matavimus, atliekamas išmetimo emisijų analizavimo matavimas. Išmetimo emisijas analizatoriumi matuojama taip pat 3 kartus, stovint vietoje bei esant 50 ir 90 km/h apkrovai. Atlikus emisijų analizavimo matavimus naudojant tradicinį dyzeliną, pradedamas emisijų matavimas naudojant sintetinį dyzeliną, tokiu pačiu tyrimo principu.

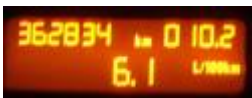
Atlikus realius matavimus, išanalizuojamos Lietuvoje esančios degalinės, dyzelino ir sintetinio dyzelino kainos bei prieinamumas. Ši analizė padės nustatyti, kokie yra kainų skirtumai tarp tradicinio ir sintetinio dyzelino, ir kaip lengvai vartotojai gali rasti sintetinio dyzelino degalines.

3. PRAKTINĖ DALIS

3.1 Tyrimų rezultatai


Pirmojo ekonomiškumo tyrimo, matuojant realias degalų sąnaudas rezultatai.

5 lentelė. 1 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu

1 bandymas užmiestyje 10 km.			Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	 10km, 6.1 l/100km
1	300	0.43	
2	99	0.125	
Suma		0,555	

Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 399s, t.y. 7 min., automobilis sunaudojo apie 0,55 l tradicinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudos apie 6,1 l, degalų važiuojant 100 km, tokiu pat greičiu.


6 lentelė. 2 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu

2 bandymas užmiestyje 10 km.			Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	 10km, 5.8 l/100km
1	300	0.415	
2	100	0.115	
Suma		0,53	

Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 400s, t.y. 7,01 min., automobilis sunaudojo apie 0,53 l tradicinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudos apie 5,8 l, degalų važiuojant 100 km, tokiu pat greičiu.

3 bandymas atliktas identišku atstumu, nustatytai važiavimo kryptčiai pirmajam bandymui.


7 lentelė. 3 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu

3 bandymas užmiestyje 10 km.			Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	 10km, 6.1 l/100km
1	300	0.42	
2	106	0.145	
Suma		0,565	

Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 406s, t.y. 7,06 min., automobilis sunaudojo apie 0,565 l tradicinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudos apie 6,1 l, degalų važiuojant 100 km, tokiu pat greičiu.

4 bandymas identiškas 2 bandymo atstumu, nustatytai važiavimo kryptčiai.

8 lentelė. 4 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu

4 bandymas užmiestyje per 10km			Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	 10km, 5.5 l/100km
1	300	0.395	
2	102	0.115	
Suma		0.51	

Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 402s, t.y. 7,02 min., automobilis sunaudojo apie 0,51 l tradicinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudos apie 5,5 l, degalų važiuojant 100 km, tokiu pat greičiu.

Atlikus visus šiuos 4 bandymus užmiestyje, sudaroma bendra šių bandymų suma.


9 lentelė. Bandymų suma užmiestyje, važiuojant 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu

Suma visų atliktų bandymų vidurkių užmiestyje	
Bandymo Nr.	Degalų sąnaudos, l
1	0,555
2	0,53
3	0,565
4	0,51
Suma	2,16

Pagal pateikto bandymo duomenų suma, galime teigti, kad bendrai per visus 4 bandymus, degalų sunaudojo 2,16l, o borto kompiuterio duomenimis, bendras 4 bandymų vidurkis yra 5,875 l/100km.


Atlikus tyrimą užmiestyje, pradėdamas tyrimas miesto sąlygomis. Kadangi miesto sąlygos labai skiriasi nuo užmiesčio sąlygų dėl eismo sąlygų, šviesaforų ir kt. niuansų, todėl važiuojama panašiu atstumu, laikantis visų kelio eismo taisyklių.

10 lentelė. 1 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu

1 bandymas mieste per 10km		Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	 10km, 7.9 l/100km
300	0.18	
300	0.2	
300	0.215	
300	0.17	
Suma	0,765	


Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 1200s, t.y. 20 min., automobilis sunaudojo apie 0,765 l tradicinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudos apie 7,9 l, degalų važiuojant 100 km, mieste.

11 lentelė. 2 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu

2 bandymas mieste per 10km			Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	 10km, 6.9 l/100km
1	300	0.22	
2	300	0.275	
3	300	0.18	
Suma		0,675	


Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 900s, t.y. 15 min., automobilis sunaudojo apie 0,675 l tradicinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudos apie 6,9 l, degalų važiuojant 100 km, mieste.

12 lentelė. 3 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu

3 bandymas mieste per 10km			Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	 10km, 7.1 l/100km
1	300	0.21	
2	300	0.185	
3	300	0.235	
Suma		0,63	

Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 900s, t.y. 15 min., automobilis sunaudojo apie 0,63 l tradicinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudos apie 7,1 l, degalų važiuojant 100 km, mieste.

13 lentelė. 4 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu

4 bandymas mieste per 10km			Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	 10km, 7.9 l/100km
1	300	0.245	
2	300	0.22	
3	300	0.175	
Suma		0.64	

Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 900s, t.y. 15 min., automobilis sunaudojo apie 0,64 l tradicinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudos apie 7,9 l, degalų važiuojant 100 km, mieste.

Atlikus visus šiuos 4 bandymus mieste, sudaroma bendra šių bandymų suma.

14 lentelė. Bandymų suma mieste, važiuojant 10 km atsumu

Suma visų atliktų bandymų mieste	
Bandymo Nr.	Degalų sąnaudos, l
1	0,765
2	0,675
3	0,63
4	0,64
Suma	2,71

Pagal pateikto bandymo duomenų sumas, galime teigti, kad bendrai per visus 4 bandymus, degalų sunaudota 2,71l, o borto kompiuterio duomenimis, bendras 4 bandymų vidurkis yra 7,45 l/100km.

Atlikus miesto ir užmiesčio tradicinio dyzelino degalų sanaudų tyrimus, galima apskaičiuoti mišrų išdeginamų degalų kiekį:

$$\frac{2,16 + 2,71}{2} = 2,435 \text{ l}$$


Taip pat, galima apskaičiuoti mišrias sąnaudas, pagal borto kompiuterį:

$$\frac{6,1 + 5,8 + 6,1 + 5,5 + 7,9 + 6,9 + 7,1 + 7,9}{8} = 6,66 \text{ l/100km}$$

Toliau, atliekamas ekonomiškumo tyrimas, naudojant sintetinį dyzeliną, tokiu pačiu tyrimo principu. Prieš naudojant sintetinį dyzeliną, automobilio degalų bakas buvo tinkamai išvalytas, išsiurbti visi likę tradicinio dyzelino likučiai.

Pirmasis bandymas buvo atliktas važiuojant nustatytu 10 km atstumu, Klaipėda-Palanga greitkeliu (žr. 5 pav.).


15 lentelė. 1 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atstumu, laikantis 90 km/h greičiu

1 bandymas užmiestyje per 10km			Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	 10km, 6 l/100km
1	300	0,465	
2	113	0,185	
Suma		0,65	

Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 399s, t.y. 7 min., automobilis sunaudojo apie 0,65 l sintetinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudojo apie 6 l, degalų važiuojant 100 km, tokiu pat greičiu.

Antrasis bandymas atliekamas identišku 10 km atstumu Palanga-Klaipėda (žr. 6 pav.) bei nustatytu 90 km/h greičiu naudojant autopilotą.


16 lentelė. 2 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atstumu, laikantis 90 km/h greičiu

2 bandymas užmiestyje per 10km			Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	 10km, 5,4 l/100km
1	300	0,41	
2	122	0,15	
Suma		0,56	

Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 400s, t.y. 7,01 min., automobilis sunaudojo apie 0,56 l sintetinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudojo apie 5,4 l, degalų važiuojant 100 km, tokiu pat greičiu.

3 bandymas atliktas identišku atstumu, nustatytai važiavimo kryptiai pagal pirmąjį bandymą.


17 lentelė. 3 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atstumu, laikantis 90 km/h greičiu

3 bandymas užmiestyje per 10km			Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	 10km, 6.1 l/100km
1	300	0,465	
2	116	0,185	
Suma		0,65	

Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 406s, t.y. 7,06 min., automobilis sunaudojo apie 0,65 l sintetinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudojo apie 6,1 l, degalų važiuojant 100 km, tokiu pat greičiu.

4 bandymas buvo identiškas 2 bandymo atstumui, nustatytai važiavimo kryptčiai.

18 lentelė. 4 bandymas važiuojant užmiestyje, 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu

4 bandymas užmiestyje per 10km			Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	 10km, 4.7 l/100km
1	300	0,37	
2	122	0,13	
Suma		0,5	

Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 402s, t.y. 7,02 min., automobilis sunaudojo apie 0,5 l sintetinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudojo apie 4,7 l, degalų važiuojant 100 km, tokiu pat greičiu.

Atlikus visus šiuos 4 bandymus užmiestyje, sudaroma bendra šių bandymų suma.


19 lentelė. Bandymų suma užmiestyje, važiuojant 10 km atsumu, laikantis 90 km/h greičiu

Suma visų atliktų bandymų užmiestyje		
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l
1	413	0,65
2	422	0,56
3	416	0,65
4	422	0,5
Suma		2,36

Pagal pateikto bandymo duomenų sumą, galime teigti, kad bendrai per visus 4 bandymus, suma išnaudojamų degalų yra apie 2,36 l, o borto kompiuterio duomenimis, bendras 4 bandymų vidurkis yra 5,55 l/100km.

Atlikus tyrimą užmiestyje, pradedamas tyrimas miesto sąlygomis. Kadangi miesto sąlygos labai skiriasi nuo užmiesčio sąlygų dėl eismo sąlygų, šviesaforų ir kt. niuansų, todėl važiuojama panašiu atstumu, laikantis visų kelio eismo taisyklių.

20 lentelė. 1 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu


1 bandymas mieste per 10km			Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	 10km, 7.4 l/100km
1	300	0,21	
2	300	0,24	
3	300	0,215	
4	113	0,065	
Suma		0,73	

Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 1200s, t.y. 20 min., automobilis sunaudojo apie 0,73 l sintetinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudojo apie 7,4 l, degalų važiuojant 100 km, mieste.

21 lentelė. 2 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu

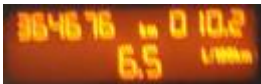
2 bandymas mieste per 10km			Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	

21 lentelės tęsinys kitame lape

1	300	0,23	 10km, 6.4 l/100km
2	300	0,235	
3	270	0,19	
Suma		0,655	

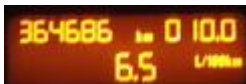
Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 900s, t.y. 15 min., automobilis sunaudojo apie 0,655 l sintetinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudos apie 6,4 l, degalų važiuojant 100 km, mieste.

22 lentelė. 3 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu

3 bandymas mieste per 10km			Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	 10km, 6.5 l/100km
1	300	0,21	
2	300	0,215	
3	300	0,205	
4	122	0,06	
Suma		0,69	

Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 900s, t.y. 15 min., automobilis sunaudojo apie 0,69 l sintetinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudos apie 6,5 l, degalų važiuojant 100 km, mieste.

23 lentelė. 4 bandymas važiuojant mieste, 10 km atsumu

4 bandymas mieste per 10km			Borto kompiuterio rodmenys l/100km
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l	 10km, 6.5 l/100km
1	300	0,255	
2	300	0,235	
3	285	0,19	
Suma		0,68	

Pagal pateikto bandymo duomenis, galime teigti, kad bendrai per 900s, t.y. 15 min., automobilis sunaudojo apie 0,68 l sintetinio dyzelino bei borto kompiuterio duomenimis automobilis sunaudos apie 6,5 l, degalų važiuojant 100 km, mieste.

Atlikus visus šiuos 4 bandymus mieste, sudaroma bendra šių bandymų suma.

24 lentelė. Bandymų suma mieste, važiuojant 10 km atsumu

Suma visų atliktų bandymų mieste SD		
Nr.	Laikas, s	Degalų sąnaudos, l
1	1013	0,73
2	870	0,655
3	1022	0,69
4	885	0,68
Suma		2,755

Pagal pateiktą bandymo duomenų sumą, galime teigti, kad bendrai per visus 4 bandymus, suma išnaudojamų degalų yra apie 2,755 l, o borto kompiuterio duomenimis, bendras 4 bandymų vidurkis yra 6,7 l/100km.

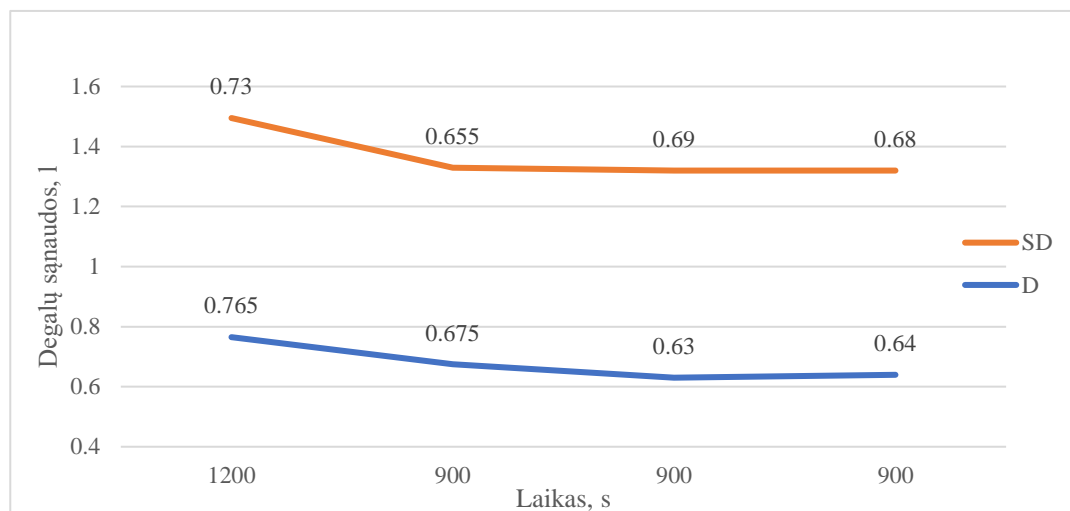
Atlikus miesto ir užmiesčio sintetinio dyzelino degalų sąnaudų tyrimus, galima apskaičiuoti mišrų išdeginamų degalų kiekį:

$$\frac{2,36 + 2,755}{2} = 2,557 \text{ l}$$

Taip pat, galima apskaičiuoti mišrias sąnaudas, pagal borto kompiuterį:

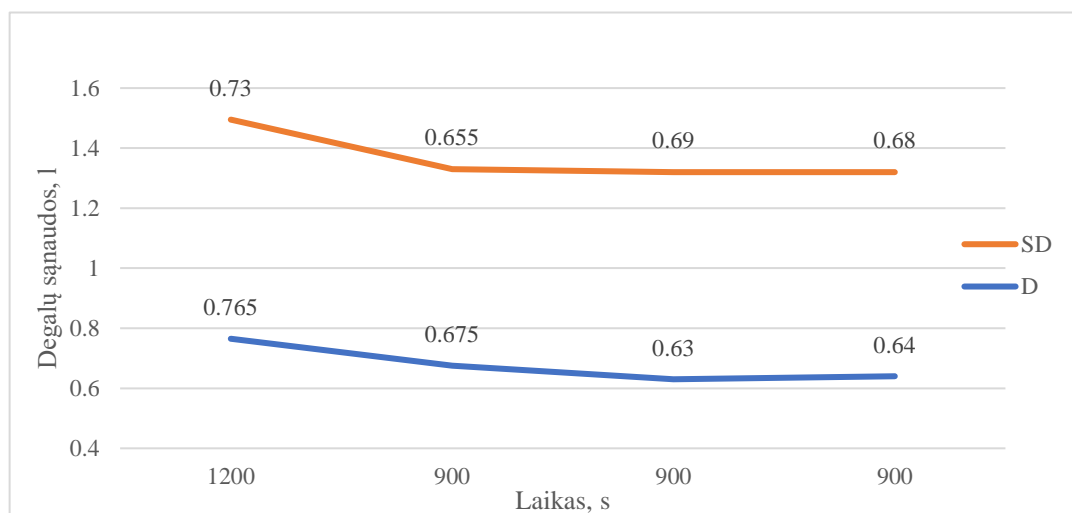
$$\frac{6 + 5,4 + 6,1 + 4,7 + 7,4 + 6,4 + 6,5 + 6,5}{8} = 6,125 \text{ l/100km}$$

Atlikus degalų sąnaudų matavimo tyrimą, pagal gautus rezultatus, galima teigti, kad automobiliui nuvažiavus 40km, degalų vidutiniškai sunaudojo 2,16l – D, o SD – 2,36l. Automobilio borto kompiuterio rodmenimis, važiuojant užmiestyje, vidutinės degalų sąnaudos naudojant tradicinį dyzeliną yra apie 5,875 l/100km, o naudojant sintetinį dyzeliną yra apie 5,55 l/100km. Gamintojo deklaruojamos degalų sąnaudos užmiestyje yra 5,5l/100km, naudojant sintetinį dyzeliną, pagal borto kompiuterio rodmenys atitinka gamintojo deklaruojamas degalų sąnaudas. Tačiau remiantis realiu degalų paėmimu iš degalų bako, naudojant sintetinį dyzeliną, sąnaudos buvo didesnės 0,2l ir tai sudaro 8,47% daugiau, nei deklaruoja gamintojas.



9 pav. D ir SD degalų sąnaudų palyginimas užmiestyje

Atlikus mieste degalų sąnaudų matavimą, pagal gautus rezultatus, galima teigti, kad automobilis nuvažiavus 40km sunaudojo vidutiniškai 2,71l D, o SD – 2,755l. Automobilio borto kompiuterio rodmenimis, važiuojant mieste, vidutinės degalų sąnaudos naudojant tradicinį dyzeliną yra apie 7,45 l/100km, o naudojant sintetinį dyzeliną yra apie 6,7 l/100km. Tačiau gamintojo deklaruojamos degalų sąnaudos mieste yra 9,5l/100km ir tai reiškia, kad pagal borto kompiuterį, automobilis sunaudojo tradicinio dyzelino 27% mažiau, o sintetinio dyzelino sunaudojo 41% mažiau, nei deklaruoja gamintojas. Tačiau remiantis realiu degalų paėmimu iš degalų bako, naudojant sintetinį dyzeliną, sąnaudos buvo didesnės 0,045l ir tai sudaro 1,59% daugiau, nei naudojant tradicinį dyzeliną.



10 pav. D ir SD degalų sąnaudų palyginimas mieste

Atlikus šį degalų ekonomiškumo tyrimą, galima teigti, kad naudojant sintetinį dyzeliną, automobilis suvartoja 10% daugiau degalų, nei naudojant tradicinį dyzeliną. Pagal tai, galima spręsti, kad tradicinis dyzelinas yra ekonomiškesni degalai, nei tradicinis dyzelinas. Atlikus degalų sąnaudų tyrimą, atliekamas antrasis ekonomiškumo tyrimas, matuojant automobilio galia ant patikros stendo.

25 lentelė. Galios matavimas naudojant tradicinį dyzeliną

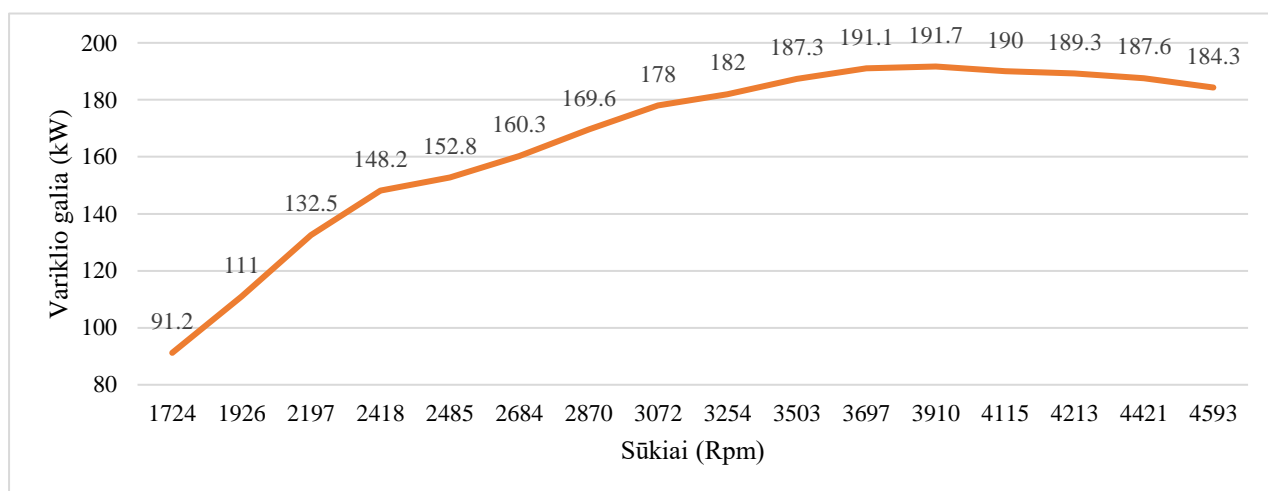
Greitis (km/h)	Sūčiai (Rpm)	Sukamoji ratų galia (kW)	Galios praradimas (kW)	Galia variklio (kW)	Sukimo momentas (Nm)
90.4	1724	79.6	11.6	91.2	505
101	1926	98.2	12.8	111	550
115.2	2197	118	14.4	132.5	575
126.8	2418	132	16.1	148.2	585
130.3	2485	136.1	16.7	152.8	587
140.7	2684	141.9	18.4	160.3	570
150.4	2870	148.8	20.8	169.6	564
161	3072	154.8	23.2	178	553
170.6	3254	157.3	24.6	182	534
183.6	3503	160.2	27.1	187.3	510
193.8	3697	160.4	30.7	191.1	493
204.9	3910	157.1	34.6	191.7	468
215.7	4115	151.6	38.4	190	440
220.9	4213	149.1	40.2	189.3	428
231.7	4421	143.5	44	187.6	405
240.8	4593	137.1	47.2	184.3	383

Šioje lentelėje (žr. 25 lent.) galima matyti galios matavimo rezultatus naudojant tradicinį dyzeliną, pagal stendo išmatuotą automobilio greitį, sūčius, galias bei sukimo momentą. Kadangi, automobilio techniniame pase yra deklaruomi variklio galios duomenys, todėl pagrindė atsižvelgiame tik į variklio galią bei sugeneruojamą sukimo momentą. Atlikus galios matavimą naudojant tradicinį dyzeliną, pradėjome matavimą naudojant sintetinį dyzeliną. Automobilio degalų talpa taip pat kas kart išsivaloma, kad tyrimas būtų kuo tikslesnis.

26 lentelė. Galios matavimas naudojant sintetinį dyzeliną

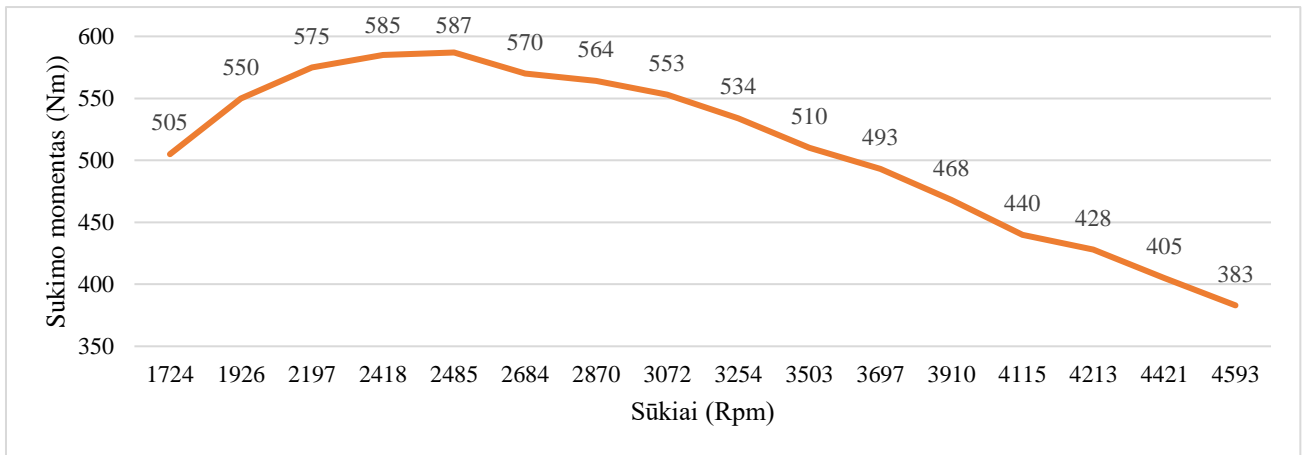
Greitis (km/h)	Sūčiai (Rpm)	Sukamoji ratų galia (kW)	Galios praradimas (kW)	Galia variklio (kW)	Sukimo momentas (Nm)
91.4	1734	81.2	11.7	92.9	511
104.5	1983	103.3	13.2	116.5	561
111	2107	111.6	14	125.6	569
120.1	2280	124.1	15	139.1	582
130.7	2481	134.3	16.8	151.1	581
140.7	2671	142.3	18.4	160.7	574
151	2867	148.9	20.9	169.9	565
161.3	3062	153.2	23.3	176.5	550
172.5	3276	153.4	24.9	178.3	519
184.7	3507	156	27.5	183.5	499
195.7	3715	155.5	31.4	186.8	480
200.1	3799	155.1	32.9	188	472
210.3	3993	150.7	36.5	187.2	447
220.2	4181	144.4	40	184.4	421
230.2	4371	139.4	43.5	182.9	399
240.2	4559	132.8	47	179.7	376

Šioje lentelėje (žr. 26 lent.) galima matyti galios matavimo rezultatus naudojant sintetinį dyzeliną, pagal stendo išmatuotą automobilio greitį, sūčius, galias bei sukimo momentą.



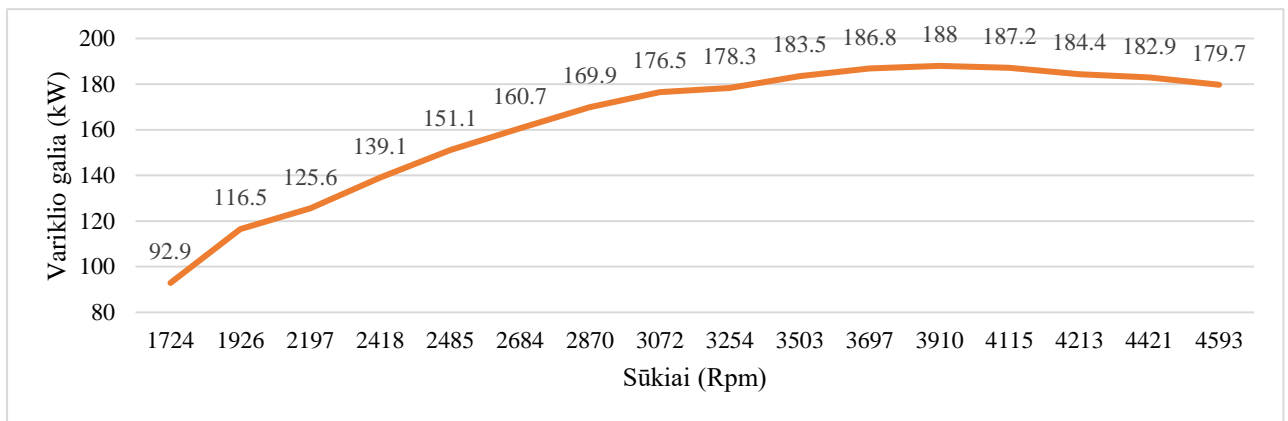
11 pav. Variklio galia (kW), naudojant tradicinį dyzeliną

Atlikus automobilio galios patikrą ant galios stendo, galima teigti, kad naudojant tradicinį dyzeliną, automobilio variklio galia maksimali yra prie 3910 variklio sūčių, kuriuo metu variklis generuoja 191,7 kW.



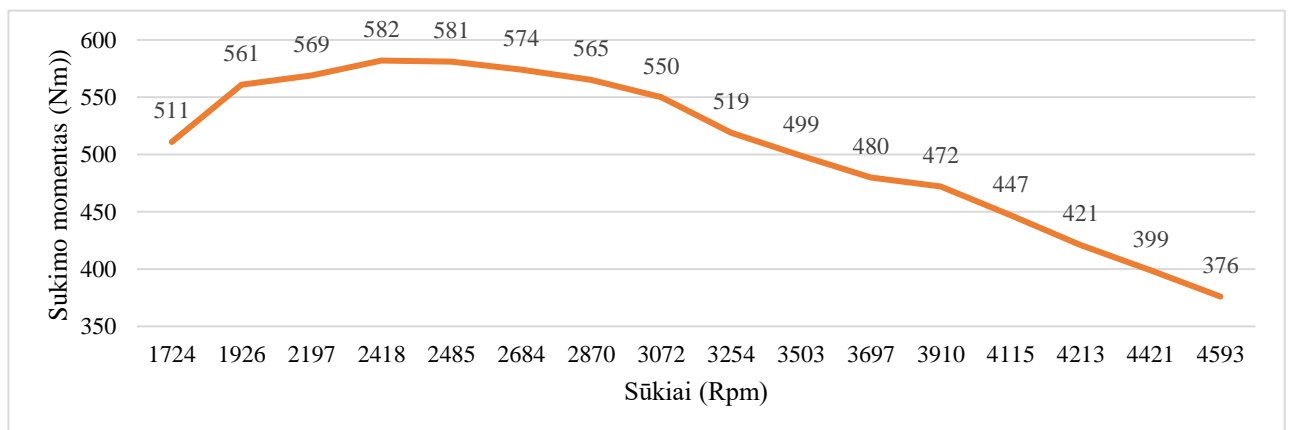
12 pav. Sukimo momentas (Nm), naudojant tradicinį dyzeliną

Atlikus automobilio galios patikrą ant galios stendo, galima teigti, kad naudojant tradicinį dyzeliną, automobilio transmisijos sugeneruojamas maksimalus sukimo momentas yra prie 2485 variklio sūkių, kuriuo metu automobilio transmisija sugeneruoja 587 Nm.



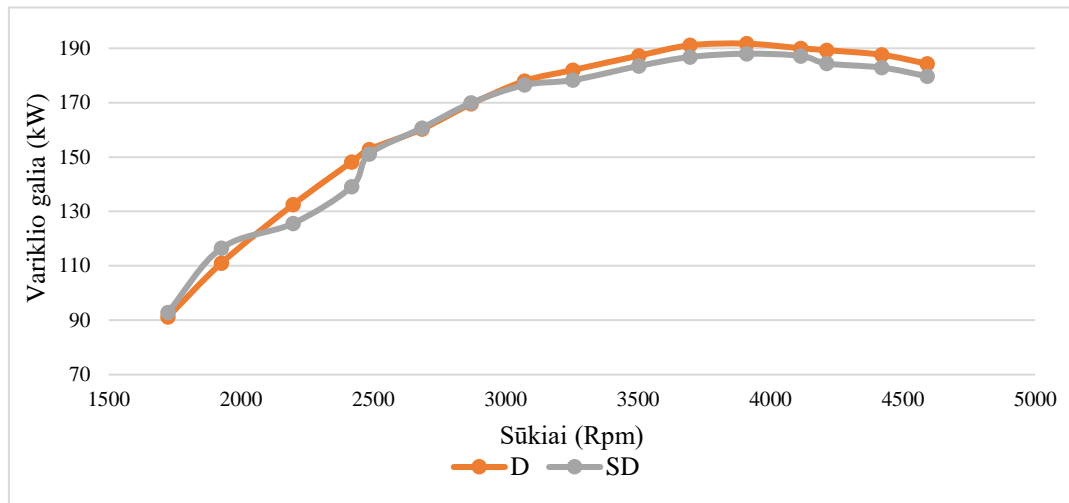
13 pav. Variklio galia (kW), naudojant sintetinį dyzeliną

Atlikus automobilio galios patikrą ant galios stendo, galima teigti, kad naudojant sintetinį dyzeliną, automobilio variklio galia maksimali yra prie 3910 variklio sūkių, kuriuo metu variklis generuoja 188 kW.



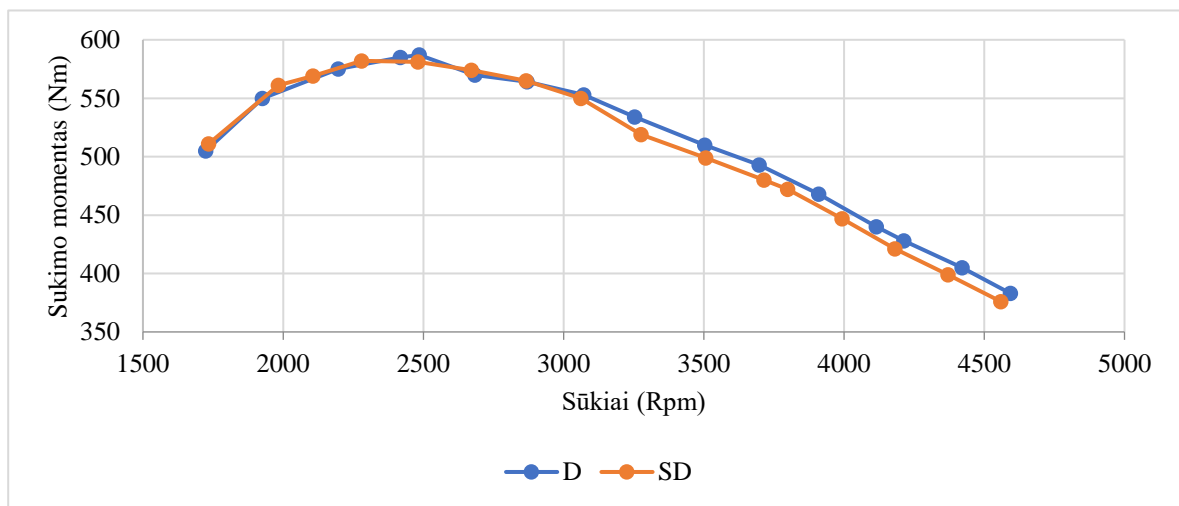
14 pav. Sukimo momentas (Nm), naudojant sintetinį dyzeliną

Atlikus automobilio galios patikrą ant galios stendo, galima teigti, kad naudojant sintetinį dyzeliną, automobilio transmisijos sugeneruojamas maksimalus sukimo momentas yra prie 2418 variklio sūkių, kuriuo metu automobilio transmisija sugeneruoja 582 Nm.



15 pav. Variklio galios pokytis, (kW)

Atlikus galios patikros matavimo tyrimą, galima teigti, kad naudojant sintetinį dyzeliną, variklio galia sumažėjo tik 4 kW, tai sudaro apie 2,08%.



16 pav. Sukimo momento pokytis, (Nm)

Atlikus galios patikros matavimo tyrimą, galima teigti, kad naudojant sintetinį dyzeliną, sukimo momentas sumažėjo tik 5Nm ir tai sudaro apie 0,85%. Naudojant sintetinį dyzeliną automobilio galia ir sukimo momentas sumažėja minimaliai, tai rodo, kad sintetinis dyzelinas gali būti veiksmingas alternatyvus degalų šaltinis. Tačiau reikia atsižvelgti į tai, kad šie skirtumai gali būti statistiškai neįžymūs arba nepastebimi kasdieniniame vairavime. Todėl būtų prasminga atlikti išsamesnius tyrimus, kad įvertintume ne tik galios ir sukimo momento pokyčius, bet ir ekologiškumo rodiklius, siekiant išsamiau įvertinti sintetinio dyzelino naudojimo privalumus ir trūkumus. Todėl pradedamas pirmasis ekologiškumo tyrimas, matuojant išmetimo dujų kiekį, naudojant specialią įrangą.

27 lentelė. Stovint vietoje, dūmingumo bandymų vidurkis, naudojant tradicinį dyzeliną

Degalų tipas	Dūmų kiekis litrais per minutę (l/m)	Variklio sūkių skaičius per minutę (Rpm)
Tradicinis dyzelinas	0,12	4803

Po 3 atliktų bandymų, naudojant tradicinį dyzeliną, bendras 3 bandymų dūmų kiekio vidurkis yra 0,12 l/m. Pamatavus dūmingumą stovint vietoje, atliekami matavimai esant apkrovai.

28 lentelė. Dūmingumo matavimo vidurkis, esant 50km/h ir 90 km/h apkrovai

Degalų tipas	Dūmų kiekis litrais per minutę (l/m)	Variklio sūkių skaičius per minutę (Rpm)
Tradicinis dyzelinas (50 km/h)	0,01	1630
Tradicinis dyzelinas (90 km/h)	0,04	1680

Po 3 atliktų bandymų, bendras dūmų kiekis esant 50 km/h apkrovai yra 0,01 l/m, o esant 90 km/h apkrovai yra 0,04 l/m. Atlikus dūmingumo matavimą, naudojant tradicinį dyzeliną, išvalius degalų talpa ir įsipylus sintetinio dyzelino, pradedamas tyrimas naudojant sintetinį dyzeliną.

29 lentelė. Stovint vietoje, dūmingumo bandymų vidurkis, naudojant sintetinį dyzeliną

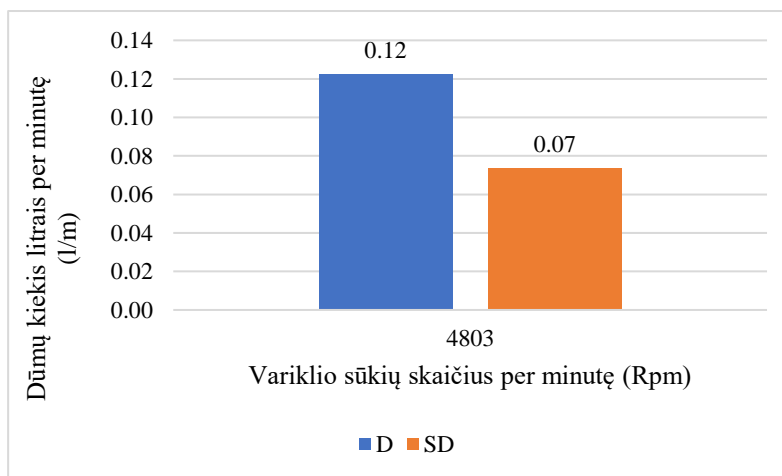
Degalų tipas	Dūmų kiekis litrais per minutę (l/m)	Variklio sūkių skaičius per minutę (Rpm)
Sintetinis dyzelinas	0,07	4803

Po 3 atliktų bandymų, naudojant sintetinį dyzeliną, bendras 3 bandymų dūmų kiekio vidurkis yra 0,07 l/m. Toliau atliekamas dūmingumo matavimas esant 50 km/h ir 90 km/h apkrovai.

30 lentelė. Dūmingumo matavimo vidurkis, esant 50km/h ir 90 km/h apkrovai

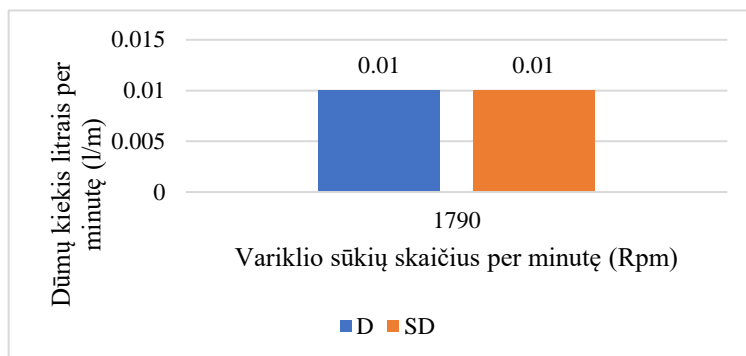
Degalų tipas	Dūmų kiekis litrais per minutę (l/m)	Variklio sūkių skaičius per minutę (Rpm)
Sintetinis dyzelinas (50 km/h)	0,01	1680
Sintetinis dyzelinas (90 km/h)	0,03	1714

Po 3 atliktų bandymų, bendras dūmų kiekis esant 50 km/h apkrovai yra 0,01 l/m, o esant 90 km/h apkrovai yra 0,03 l/m. Atlikus dūmingumo tyrimą, naudojant skirtingas degalų rūšis, rezultatai pateikti grafikuose žemiau (žr. 17,18,19 pav.)



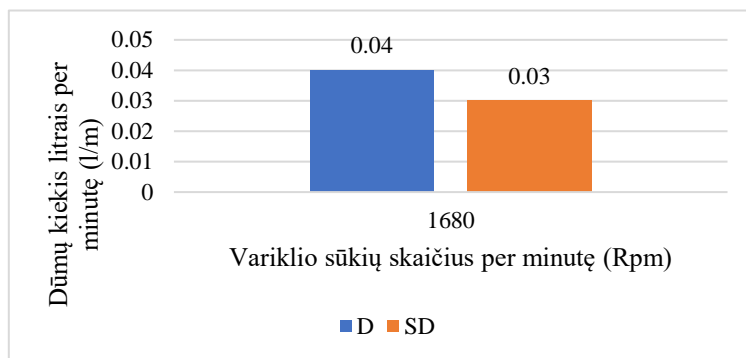
17 pav. Dūmingumo pokytis, (l/m)

Atlikus dūmingumo matavimą stovint vietoje, galima teigti, kad naudojant sintetinį dyzeliną, dūmų kiekis litrais per minutę yra 58,3% mažesnis, nei naudojant tradicinį dyzeliną.



18 pav. Dūmingumo pokytis, esant 50 km/h apkrovai, (l/m)

Atlikus dūmingumo matavimą esant 50 km/h apkrovai, galima teigti, kad naudojant abiejų tipų dyzelino degalų rūšis, dūmų kiekis litrais per minutę yra toks pat.



19 pav. Dūmingumo pokytis, esant 90 km/h apkrovai, (l/m)

Atlikus dūmingumo matavimą esant 90 km/h apkrovai, galima teigti, kad naudojant sintetinį dyzeliną, dūmų kiekis litrais per minutę yra 25% mažesnis, nei naudojant tradicinį dyzeliną. Atlikus dūmingumo matavimus naudojant skirtingų dyzelinių degalų rūšis, galima teigti, kad naudojant sintetinį dyzeliną, automobilio dūmingumas bendrai sumažėja 37,5%. Lietuvoje, atliekant automobilio techninę apžiūrą, dyzeliniams automobiliams yra matuojamas tik dūmingumas. Šiam automobiliui turinčiam EURO 3 standartą, maksimali ribinė vertė siekia 3 l/m, todėl automobilio dūmingumo kiekis naudojant abiejų degalų rūšis atitinka reikalavimus. Toliau atliekami išmetimo emisijų analizavimo matavimai.

31 lentelė. Stovint vietoje, išmetimo dujų analizatorius matavimo vidurkis, naudojant tradicinį dyzeliną

	Priverstinė tuščioji eiga (2500 Rpm)	Tuščioji eiga (750 Rpm)
CO (vol %)	0.2	0.1
HC (vol ppm)	27.3	21.7
CO ₂ (vol %)	1.6	1.8
O ₂ (vol %)	18.3	18.1
NO _x (vol ppm)	43.0	202.3

Atlikus šį emisijų analizavimą, anglies monoksido kiekis procentais esant priverstinei tuščiajai ir tuščiajai eigai yra 0,2 ir 0,1, angliavandenilių tūrio dalių milijone kiekis yra 27,3 ir 21,7,

anglies dioksido kiekis procentais yra 1,6 ir 1,8, deguonies kiekis procentais yra 18,3 ir 18,1 bei azoto oksidu tūrio dalių milijone kiekis yra 43 ir 202,3. Toliau analizuojamos išmetimo emisijos esant 50 km/h ir 90 km/h apkrovai.

32 lentelė. Išmetimo dujų analizatorius rodmenys atkuriant įprasto važiavimo sąlygas ant galios stendo, naudojant tradicinį dyzeliną

	Greitis 50 km/h	Greitis 90 km/h
CO (vol %)	0.05	0.02
HC (vol ppm)	12	5
CO ₂ (vol %)	1.99	2.94
O ₂ (vol %)	18.01	16.45
NO _x (vol ppm)	170	635

Atlikus šį emisijų analizavimą, anglies monoksido kiekis procentais, esant 50 ir 90 km/h apkrovai yra 0,05 ir 0,02, angliavandenilių tūrio dalių milijone kiekis yra 12 ir 5, anglies dioksido kiekis procentais yra 1,99 ir 2,94, deguonies kiekis procentais yra 18,01 ir 16,45 bei azoto oksidu tūrio dalių milijone kiekis yra 170 ir 635. Atlikus matavimus naudojant tradicinį dyzeliną, išvalius degalų talpa ir įsipylus sintetinio dyzelino, pradedamas tyrimas naudojant sintetinį dyzeliną.

33 lentelė. Stovint vietoje, išmetimo dujų analizatorius matavimo vidurkis, naudojant sintetinį dyzeliną

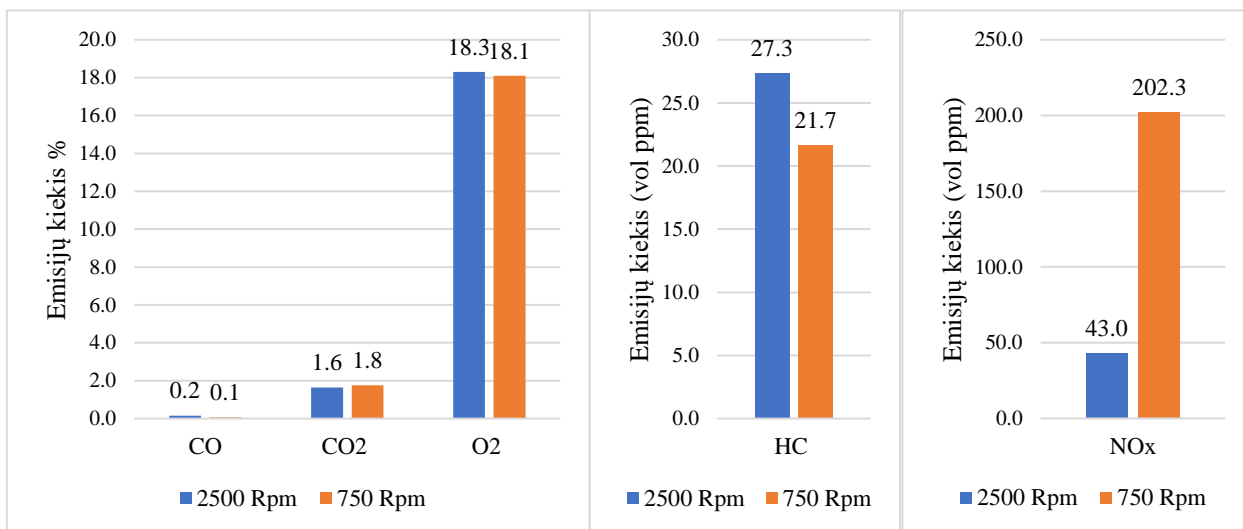
	Priverstinė tuščioji eiga (2500 Rpm)	Tuščioji eiga (750 Rpm)
CO (vol %)	0.1	0.0
HC (vol ppm)	14.0	12.3
CO ₂ (vol %)	1.8	1.7
O ₂ (vol %)	18.1	18.1
NO _x (vol ppm)	35.0	142.3

Atlikus šį emisijų analizavimą, anglies monoksido kiekis procentais esant priverstinei tuščiajai ir tuščiajai eigai yra 0,1 ir 0, angliavandenilių tūrio dalių milijone kiekis yra 14 ir 12,3, anglies dioksido kiekis procentais yra 1,8 ir 1,7, deguonies kiekis procentais yra 18,1 ir 18,1 bei azoto oksidu tūrio dalių milijone kiekis yra 35 ir 142,3. Toliau išanalizuojamos išmetimo emisijos esant apkrovai.

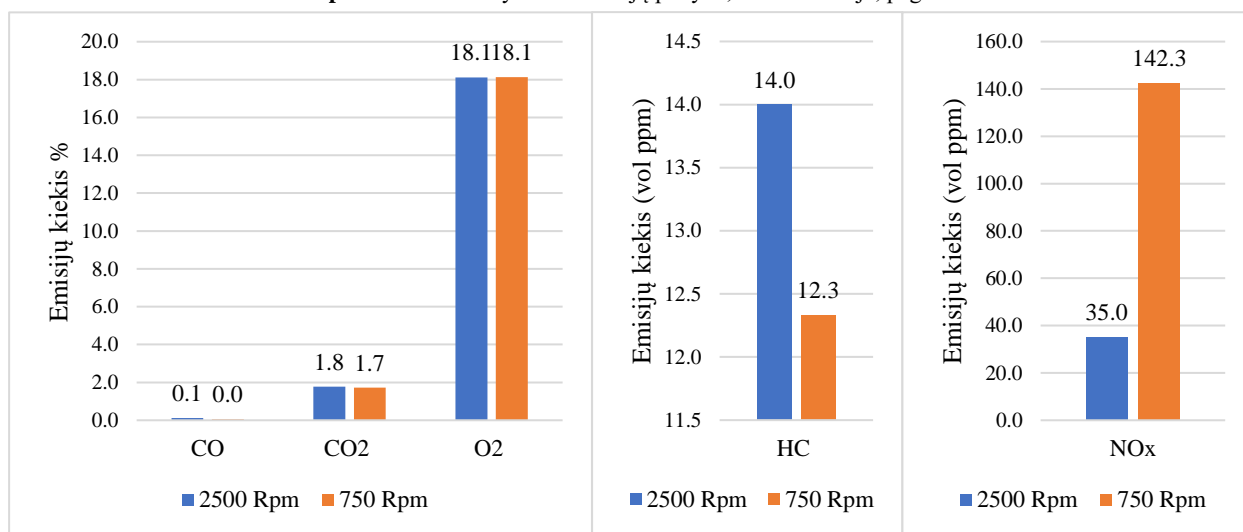
34 lentelė. Išmetimo dujų analizatorius rodmenys atkuriant įprasto važiavimo sąlygas ant galios stendo, naudojant sintetinį dyzeliną

	Greitis 50 km/h	Greitis 90 km/h
CO (vol %)	0.03	0.02
HC (vol ppm)	4	4
CO ₂ (vol %)	2.56	4.79
O ₂ (vol %)	17.07	13.76
NO _x (vol ppm)	362	1246

Atlikus šį emisijų analizavimą, anglies monoksido kiekis procentais, esant 50 ir 90 km/h apkrovai yra 0,03 ir 0,02, angliavandenilių tūrio dalių milijone kiekis yra 4 ir 4, anglies dioksido kiekis procentais yra 2,56 ir 4,79, deguonies kiekis procentais yra 17,07 ir 13,76 bei azoto oksidų tūrio dalių milijone kiekis yra 362 ir 1246. Atlikus išmetimo emisijų analizatoriaus matavimo tyrimą, naudojant skirtingas degalų rūšis, rezultatai pateikti diagramose žemiau (žr. 20,21,22,23 pav.).

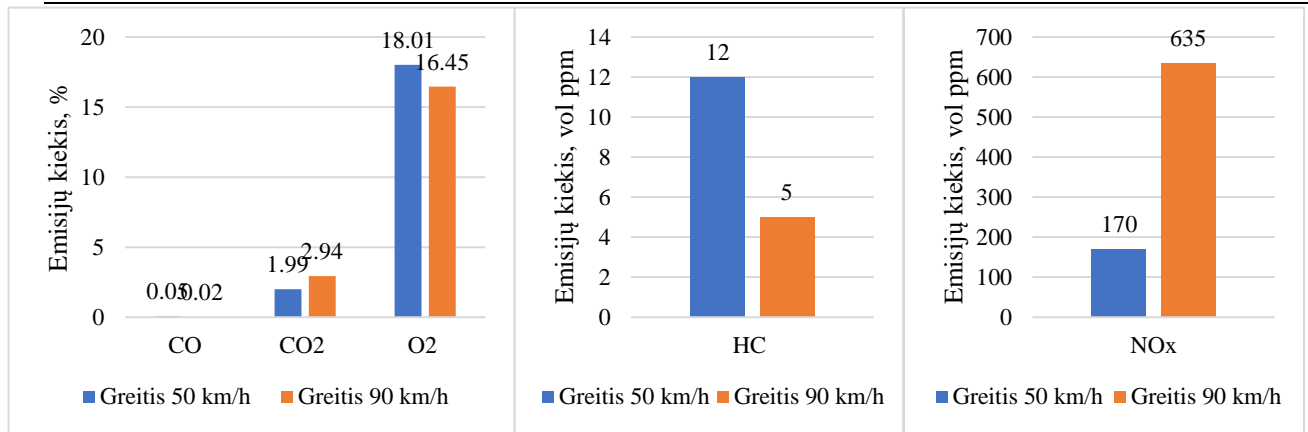


20 pav. Tradicinio dyzelino emisijų pokytis, stovint vietoje, pagal sūkius

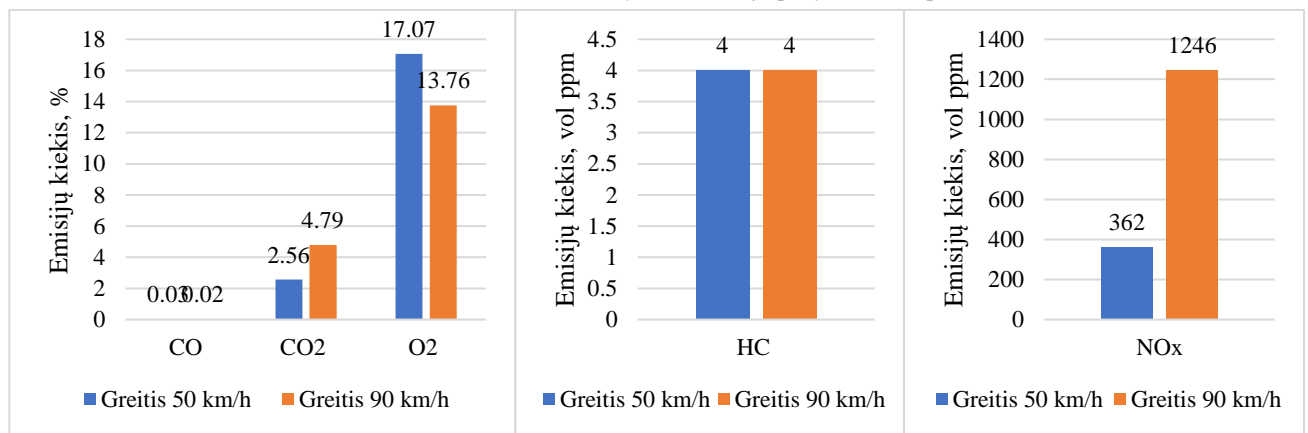


21 pav. Sintetinio dyzelino emisijų pokytis, stovint vietoje, pagal sūkius

Pagal viršuje esančias diagramas (žr. 20 pav. ir 21 pav.), galima teigti, kad stovint vietoje automobiliui naudojant sintetinį dyzeliną, išmetamosios emisijos esant priverstinei tuščiajai eigai (2500 Rpm) yra mažesnės apie 23,7%, o esant tuščiajai eigai (750 Rpm) yra mažesnės 28,5%. Naudojant sintetinį dyzeliną, išmetamosios emisijos pasižymi ypač mažesniu azoto oksidų ir angliavandenilių kiekiu. Toliau apžvelgiamas emisijų pokytis esant apkrovai.



22 pav. Tradicinio dyzelino emisijų pokytis, esant apkrovai



23 pav. Sintetinio dyzelino emisijų pokytis, esant apkrovai

Pagal viršuje esančias diagramas (žr. 22 pav. ir 23 pav.), galima teigti, kad esant 50 km/h ir 90 km/h apkrovai, automobiliui naudojant sintetinį dyzeliną, išmetamosios emisijos, yra mažesnės, tačiau, NOx kiekis esant priverstinei tuščiajai eigai (2500 Rpm) yra didesnis apie 47%, o esant tuščiajai eigai (750 Rpm) yra didesnis taip pat 47%. Didesnes sintetinio dyzelino NOx emisijas galėjo įtakoti degimo metu dyzelino degalų išpurškimo sraute esančios kietosios dalelės (KD), tai sudaro per didelę degimo kameros temperatūrą, todėl yra prarandama susidariusi šiluma. Manoma, kad degant mažą suodžių kiekį turinčių degalų tokių kaip HVO dujų mišinio temperatūra yra aukštesnė, todėl dėl skleidžiamos šilumos nuostoliu gali padidėti NOx kiekis. Variklių, varomų NVO, NOx emisijos prieš apdorojimą padidėja 4-13 %. Naudojant mišinius, kurių koncentracijos mažėja nuo 20 iki 60% paprastai Nox emisijos padidėja tik 2-4 %. Šį padidėjimą būtų galima lengvai pašalinti, jei variklio degalų įpurškimo laikas būtų sulėtintas 1-2 laipsniais alkūninio veleno kampo. Deguonies turintys degalai, kuriuos galima naudoti dyzeliniuose varikliuose, sumažina degimo kameros temperatūrą ir kenksmingų išmetamųjų teršalų kiekį. Tačiau NVO turi mažesnę deguonies kiekį todėl pastebimas didesnis NOx išsiskyrimas. Šiuo metu į NVO pridėjus aukštesniųjų alkoholių taip pat galima pagerinti ir degimą žemoje temperatūroje, ir degalų savybes, taip sumažinant NOx. Bendrai, atlikus visus ekologiškumo tyrimus, galime teigti, kad automobiliui sintetinis dyzelinas yra puiki alternatyva tradiciniams dyzeliniams degalams. Mūsų bendru pastebėjimu, galime teigti, kad

naudojant sintetinį dyzeliną, automobilio variklio darbas buvo gražesnis, tylesnis bei išmetimo kvapas buvo mažiau aštrus.

Kadangi, sintetinis dyzelinas yra prieinamas Lietuvoje tik NESTE degalinių tinkle, todėl konkurentų gaminančių sintetinį dyzeliną Lietuvoje nėra. „Neste Lietuva“ yra viena iš pagrindinių degalinių tinklų, kuri siūlo dyzeliną iš atsinaujinančių žaliavų. Sintetinio dyzelino kaina neseniai buvo sumažinta dėl didėjančios paklausos ir įvairių įmonių įsipareigojimų mažinti emisijas. Šiuo metu, sintetinio dyzelino kaina yra ženkliai mažesnė nei buvo anksčiau, kuri siekė apie 3 EUR už litrą, o dabar siekianti apie 1,70-1,80 EUR už litrą. Kainos taip pat gali skirtis priklausomai nuo vietos ir rinkos pokyčių. Lietuvoje „Neste“ turi aštuonias degalines, kuriose galima įsigyti „Neste MY Renewable Diesel“ – sintetinį dyzeliną. Šios degalinės yra Vilniuje, Kaune, Panevėžyje, Klaipėdoje ir Kalvarijoje. Tradicinis dyzelinas yra pigesnis, tačiau sintetiniai ir atsinaujinančių išteklių pagrindu pagaminti dyzelinai tampa vis labiau prieinami ir patrauklūs vartotojams dėl įvairių aplinkosauginių privalumų. Tačiau, sintetinio dyzelino ir tradicinio dyzelino kainos skiriasi tik per 30 euro centų, todėl galima teigti, kad naudoti sintetinį dyzeliną nėra brangu, tačiau nėra tinkamos infrastruktūros plėtros Lietuvoje šiems degalams pakeisti tradicinį dyzeliną, dėl degalinių trūkumo. Degalinių tinklo „Neste“ teigimu, „Neste MY Renewable Diesel“ yra patraukli alternatyva tradiciniam dyzelinui, ypač transporto sektoriuje, siekiant sumažinti taršą ir prisidėti prie tvarumo tikslų.

IŠVADOS

1. Ištyrus tradicinio dyzelino ir sintetinio dyzelino ekonomiškumą, įvertinant skirtingus važiavimo režimus ir apkrovas, galima teigti, kad pagal sąnaudų matavimo tyrimą, kuriame matuojamos automobilio realus degalų paėmimo kiekis, automobilis mieste ir užmiestyje bendrai sunaudojo 10% daugiau sintetinio dyzelino. Borto kompiuterio duomenimis, sintetinis dyzelinas sunaudojo 8% mažiau, nei tradicinio dyzelino. Tačiau remiantis realiais domenimis, borto kompiuterio rodmenys, neatitinka realių degalų sąnaudų, paklaida yra apie 0,3l. Pagal galios patikrą ant galios stendo, naudojant sintetinį dyzeliną, automobilio galia sumažėja tik 4 kW, o sukimo momentas sumažėja tik 5 Nm.

2. Ištyrus tradicinio dyzelino ir sintetinio dyzelino ekologiškumą, įvertinant apkrovas ir važiavimo režimus, galima teigti, kad tiriamo automobilio dūmingumas, stovint vietoje, naudojant sintetinį dyzeliną, buvo mažesnis net 58,3%. Esant 50 km/h apkrovai dumų kiekis litrais per minutę buvo toks pat, o esant 90 km/h apkrovai 25% mažesnis. Analizuojant išmetimo emisijas, stovint vietoje, naudojant sintetinį dyzeliną, automobilio išmetamųjų emisijų kiekis yra 26,1% mažesnis, nei naudojant tradicinį dyzeliną. Tačiau, atkuriant įprasto važiavimo sąlygas ant galios stendo, naudojant tradicinį dyzeliną, išmetimo emisijos yra 47% mažesnės. Didesnes sintetinio dyzelino išmetimo emisijas, esant apkrovai, gali įtakoti degimo metu dyzelino degalų išpurškimo sraute esančios kietosios dalelės (KD), kurios sudaro per didelę degimo kameros temperatūrą, todėl yra prarandama susidariusi šiluma ir yra pastebimai didesnis azotų oksidų kiekis.

3. Lyginant sintetinį dyzeliną ir tradicinį dyzeliną, galima teigti, kad tradicinis dyzelinas yra ekonomiškesni ir efektyvesni degalai, nei sintetinis dyzelinas. O pagal ekologiškumo tyrimų rezultatus, galima teigti, kad dūmingumo atžvilgiu, sintetinis dyzelinas yra ekologiškesnis, tačiau analizuojant išmetimo emisijų sudėtį ir naudojant sintetinį dyzeliną, stovint vietoje automobilio išmetimo emisijų kiekis buvo mažesnis, o esant apkrovai, gerokai didesnis nei naudojant tradicinį dyzeliną. Galime teigti, kad tyrimo hipotezė pasiteisino.

LITERATŪROS IR KITŲ INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

1. Abramavičienė, D., Kasulaitis, V. (2012). *Konstrukcinės ir eksploatacinės medžiagos*. Vilnius.
2. Aitani, A. M. (2004). In *Encyclopedia of Energy*.
3. Barnes, G.J., & Donohue, R.J. (1985). A manufacturer's view of world emissions regulations and the need for harmonization of procedures. *Society of Automotive Engineers Paper 850391*. Warrendale, PA.
4. Bennett, J. (2014). In *Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance*.
5. Bose, P. K., & Maji, D. (2008). An experimental investigation on engine performance and emissions of a single cylinder diesel engine using hydrogen as inducted fuel and diesel as injected fuel with exhaust gas recirculation. *International Journal of Hydrogen Energy*.
6. Europos Parlamentas. (2023, liepos 19). Nauji automobilių ir furgonų taršos reikalavimai: klausimai-atsakymai. LT Komunikacijos generalinis direktoratas.
7. F. Gerali (2019). Synthetic Fuels, In *Engineering and Technology History*.
8. Federalinė aplinkos, gamtos apsaugos ir branduolinių reaktorių saugos ministerija.
9. Hänggi, S. (2019). A Review of Synthetic Fuels for Passenger Vehicles. *Journal of Sustainable Transportation*, 12(4), 567-589
10. Huth, M., & Heilos, A. (2013). In *Modern Gas Turbine Systems*.
11. Johnson, J. H. (1988). *Pollution from Automobiles—Problems and Solutions*. Michigan Technological University.
12. K. Mollenhauer ir K. Schreiner. *Handbook of Diesel Engines*. Springer, 2002.
13. Kalamaras, C. M., & Efstathiou, A. M. (2013). Hydrogen Production Technologies: Current State and Future Developments. *Journal of Sustainable Energy*, 15(3), 123-145.
14. Kaltschmitt, T., Deutschmann, O. (2012). In *Advances in Chemical Engineering*.
15. Meyers, R. A. (2001). In *Encyclopedia of Physical Science and Technology*.
16. Mrzljak, V., & Poljak, I. (2017). Faculty of Engineering, University of Rijeka, Croatia.
17. Shen, J., et al. (2002). *Opportunities for the Early Production of Fischer-Tropsch (F-T) Fuels in the U.S. -- An Overview*. U.S. Department of Energy. 8th Diesel Emissions Reduction Conference (DEER), San Diego, CA, August 2002.
18. Shrestha, P. (2020). Carbon Footprint Comparison Between Traditional Diesel and Synthetic Diesel Production Pathways. *Journal of Environmental Science*, 25(3), 456-478.
19. U.S Department of energy. *Fuel economy guide*. EPA, 2023.

20. Valdas Jurevičius, Leonidas Nanevičius. *Automobilio variklis*. Kaunas: UAB „Judex“, 2008.
21. Williams, R. B. (2019). *Advances in Diesel Fuel Chemistry and Emissions Control*. Academic Press.

PRIEDAI

1 priedas. Tyrimo metodika apie išmetamųjų dujų kiekio kitimą degalų ir oro masės srauto kitimo metu.

	Measurement No.	Fuel mass flow (kg/h)	Air mass flow (kg/s)	Rotational speed (rpm)	Effective power (kW)	BMEP* (bar)
SET 3	1	9.743	0.09761	1501	41.93	4.88
	2	13.977	0.10337	1498	61.82	7.21
	3	18.673	0.12048	1501	86.12	10.02
	4	23.358	0.13943	1500	108.66	12.65

* BMEP = Brake Medium Effective Pressure

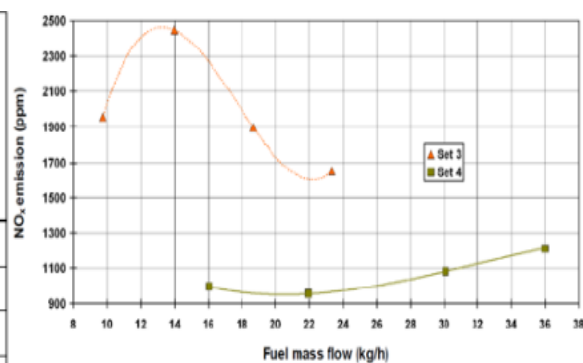
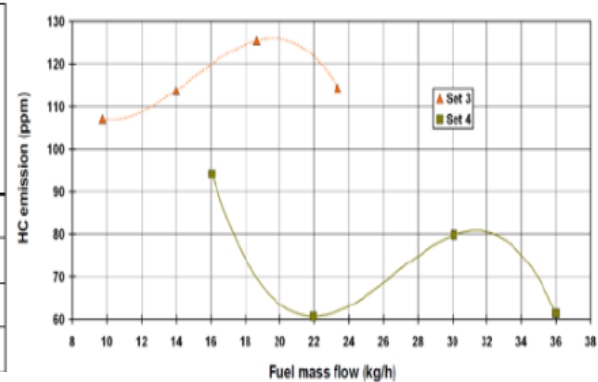


Table 3. Engine measurement results - Set 4

	Measurement No.	Fuel mass flow (kg/h)	Air mass flow (kg/s)	Rotational speed (rpm)	Effective power (kW)	BMEP* (bar)
SET 4	1	16.045	0.18775	2400	56.76	4.13
	2	21.961	0.21650	2400	87.92	6.40
	3	30.086	0.25726	2400	123.49	8.99
	4	36.001	0.28798	2400	145.56	10.60



2 priedas. Neste degalų tiekimo tinklo, sintetinio dyzelino kokybės sertifikatas

Savybės		Neste atsinaujančių šaltinių tipinės vertės	EN 15940:2016 + A1:2018 + AC:2019 Class A	EN 590:2013 + A1:2017	ASTM D975-20 2-D
Spalva prie +25 °C		Skaidrus ir šviesus			
Cetaniškas skaičius		> 70	> 70	≥ 51.0	≥ 40
Cetaniškas indeksas		Nėra reikalavimo (skaičiuojant formulė neteisinga)	Nėra reikalavimo (skaičiuojant formulė neteisinga)	≥ 46.0	≥ 40
Tankis prie +15 °C	kg/m ³	780	765.0...800.0	820.0...845.0 ≥ 800.0 *	Nėra reikalavimų
Aromatinėsgumas	% (m/m)	Žemiau aptikimo ribos	≤ 1.1	Nereguliuojamas EN 590	≤ 35
Poliaromatiniai	% (m/m)	Žemiau aptikimo ribos	Nereguliuojamas EN 15940	≤ 8.0	
Sieros	mg/kg	≤ 5.0	≤ 5.0	≤ 10.0	≤ 15.0
FAME	% (V/V)	0	≤ 7.0	≤ 7.0	≤ 5.0
Pliūpsnio taškas	°C	≤ 70.0	≤ 55.0	≤ 55.0	≤ 52
Anglies likutis 10% distiliavimo likutis	% (m/m)	≤ 0.1	≤ 0.30	≤ 0.30	≤ 0.35
Pelenai	% (m/m)	< 0.001	≤ 0.010	≤ 0.010	≤ 0.01
Vanduo	% (m/m)	< 0.010	≤ 0.020	≤ 0.020	
Užterštumas	mg/kg	< 12	≤ 24	≤ 24	
Vanduo ir nuosėdos	% (V/V)	< 0.01			≤ 0.05
Vario korozija		Klasė 1a	Klasė 1	Klasė 1	Klasė 3
Oksidacijos stabilumas	g/m ³ h	< 2 Nėra svarbus nes nėra FAME	≤ 25 ≥ 20 **	≤ 25 ≥ 20 **	
Tepimas HFRR esant 60 °C	µm	< 460 *** ≈ 650 ****	≤ 460	≤ 460	≤ 520
Klumpumas 40 °C temperatūroje	mm ² /s	3	2.000...4.500	2.000...4.500 1.200...4.000 *	1.9...4.1
Pradinė virimo temperatūra	°C	200	ataskaita		
Išgarinamas 250 °C temperatūroje	% (V/V)	5	< 65	< 65	
Išgarinamas 350 °C temperatūroje	% (V/V)	> 97	≥ 85	≥ 85	
Distiliavimas 90 % (V/V)	°C				282...338
Distiliavimas 95 % (V/V)	°C	295	≤ 360.0	≤ 360.0	
Dūmingumo taškas	°C	Esant žiemai gali būti požymių	Kaip ir EN 590	≤ -10*...≤ -34*	
CFPP	°C	Arti dūmingumo taško	≤ +5...≤ -44*		
Antistatinis priedas	Pridėta				
Laidumas	pS/m	≥ 50*****			≥ 25

3 priedas. Neste degalų tiekimo tinklo, tradicinio dyzelino kokybės sertifikatas.

Tiriamieji parametrai	Rezultatai			Specifikacija	
	Rezultatas	Matavimo vnt.	Metod as	Min	Max
Vizuali išvaizda, esant 25°C	1		ASTMD4176-2		2
Vandens kiekis	15	mg/kg	ENISO12937		200
Tankis, esant 15 °C	801,2	kg/m ³	ENISO12185	800,0	842,0
Manganas (ICP)	<0,2	mg/l	ASTMD5185		0,3
Cinkas (ICP)	<0,5	mg/kg	ASTMD5185		0,3
Fosforas, ICP	<0,3	mg/kg	ASTMD5185		0,3
Kalcis (ICP)	<0,3	mg/kg	ASTMD5185		0,3
Varis (ICP)	<0,3	mg/kg	ASTMD5185		0,3
Magnis (ICP)	<0,3	mg/kg	ASTMD5185		0,3
Policiklinių aromatinių angliavandenilių kiekis	1,1	wt-%	EN12916		2,0
Aromatinių angliavandenilių kiekis	11,4	wt-%	EN12916		15,0
Cetanis indeksas	>56,5		ENISO4264	52,0	
Cetanis skaičius (IQT-analyser)	68,2		EN15195	55,0	
Klampa, esant 40 °C	2,368	mm ² /s	ENISO3104	2,000	4,000
Pliūpsnio temperatūra, (Pensky Martens)	67,0	°C	ENISO2719	57,0	
Vario plokštelės korozija 3 h 50 °C	1a	no	ENISO2160		1b
Teršalų kiekis	2	mg/kg	EN12662		10
Oksiduotų medžiagų kiekis, g/m ³ , ne didesnis	<1	g/m ³	ENISO12205		25
Sieros kiekis, UV	3,6	mg/kg	ENISO20846		10,0
Koksingasis likutis (produkto distiliavimo 10% likučio)	<0,01	wt-%	ENISO10370		0,2
Pelenų kiekis, esant 775°C	<0,001	wt-%	ENISO6245		0,001
Distiliacija 250°C (E250)	32,2	vol-%	ENISO3405		65,0
Distiliacija 350°C (E350)	>97,8	vol-%	ENISO3405	85,0	
Distiliacija 95 vol-%	301,2	°C	ENISO3405		340,0
Distiliacija FBP	310,9	°C	ENISO3405		350,0
Rūgštingumas (TAN)	0,006	mg KOH/g	ASTMD3242		0,080
Drumstimosi temperatūra	-34	°C	ASTMD5773		-32
Ribinė filtruojamumo temperatūra	-43	°C	EN116		-37
Tepumo sąvybės, patikslintos pagal skersmens nusidėvėjimą	366	µm/60°C	ENISO12156-1		400
NExBTL kiekis	56,26	vol-%	AVERAGE CALC	15,00	
Parafininio dyzelinio kuro kiekis	0,00	vol-%	AVERAGE CALC		
Specifinis elektrinis laidumas	240	pS/m	ISO6297	150	
Elektrinio laidumo matavimo temperatūra	13	°C	ISO6297		