

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS  
JŪRŲ TECHNIKOS FAKULTETAS  
TECHNOLOGINIŲ PROCESŲ KATEDRA

TMNF-08 gr. studentės  
RASOS BUTKUTĖS

## **ETANOLIO ĮTAKOS BENZINŲ SAVYBĖMS TYRIMAS**

NAFTOS TECHNOLOGINIŲ PROCESŲ MAGISTRANTO BAIGIAMASIS DARBAS

Vadovė: doc. dr. L. Kosychova

Klaipėda, 2010

## TURINYS

<b>ANOTACIJA .....</b>	<b>3</b>
<b>IVADAS.....</b>	<b>4</b>
<b>1. LITERATŪROS APŽVALGA.....</b>	<b>5</b>
1.1. Pagrindiniai benzino kokybės rodikliai .....	5
1.1.1. Benzino frakcinė sudėtis.....	7
1.1.2. Benzino atsparumas detonacijai.....	9
1.1.3. Kitos benzino savybės .....	11
1.2. Oksigenatai ir jų panaudojimas benzinų gamyboje.....	12
1.2.1. Bioetanolio gamybos ir panaudojimo ypatumai .....	13
1.2.2. Benzino ir bioetanolio mišinių komponavimas .....	16
<b>2. TYRIMO METODAI .....</b>	<b>19</b>
2.1. Tyrimo objektas.....	19
2.2. Tyrimo metodikos.....	19
2.2.1. Distiliavimo charakteristikų nustatymas .....	20
2.2.2. Tankio nustatymas .....	21
2.2.3. Šilumingumo nustatymas .....	22
<b>3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS.....</b>	<b>24</b>
3.1. Skirtingų technologinių procesų benzinų ir etanolio mišinių distiliacija .....	24
3.2. Procesų benzinų tankio rezultatai.....	29
3.3. Procesų benzinų šilumingumo rezultatai .....	30
3.4. Benzinų su etanolio mišinių distiliacija .....	31
3.5. Žemiausių aplinkos temperatūrų analizė .....	36
<b>4. IŠVADOS .....</b>	<b>40</b>
<b>LITERATŪROS SĄRAŠAS.....</b>	<b>41</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>45</b>
<b>PRIEDAI.....</b>	<b>46</b>

## **ANOTACIJA**

Šiame darbe tiriama skirtingų (nuo 5 iki 15 % tūrio) etanolio kiekių įtaka katalizinio krekingo benzinui, riformingo benzinui ir pirminiam benzinui. Aprašomi ir įvertinami frakcinės sudėties, tankio ir šilumingumo tyrimai. Analizuojamos 95 markės benzino ir 92 markės benzino su 10 tūrio procentų etanolio mišinio temperatūrinė ir frakcinė distiliacijos. Pagal gautus duomenis 92 markės benzino pagrindu modeliuojamas 10 tūrio procentų etanolio turintis benzinai, atitinkantis standarto EN 228:2008 reikalavimus.

## IVADAS

Vis labiau senkantys ir netolygiai pasiskirstę naftos ištekliai, kylančios mineralinių degalų kainos ir tolesnė transporto sektoriaus plėtra lemia būtinybę naudoti netradicines degalų rūšis ir atsinaujinančius energijos šaltinius. Biodegalai yra alternatyvus ateities transporto kuras, gaunamas iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Jų panaudojimas mažina atmosferos taršą, nes sumažėja kenksmingų medžiagų kiekis išmetamose dujose. Šiuolaikinių automobilių eksploatacijai reikalingi aukšto oktominio skaičiaus benzinais. Vienas iš būdų aukštaoktaniams benzinais gauti yra oksigenatų, kaip benzino priedų panaudojimas. Tarp oksigenatų ypatingą svarbą turi bioetanolis, nes jis yra nenuodingas, pigus, senai ir lengvai iš biomasės gaminamas degalų priedas, kurio oktominis skaičius yra didelis. Nustatyta, kad naudojant benzinus su etanoliu į atmosferą išmetama mažiau teršalų. Pastarąjį dešimtmetį pasaulyje plačiai naudojami benzino mišiniai, turintys nuo 3 iki 85 % tūrio etanolio.

Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas – vienas pagrindinių Lietuvos Respublikos energetikos politikos tikslų, nurodytų Lietuvos Respublikos energetikos įstatyme ir Nacionalinėje energetikos strategijoje, patvirtintoje Lietuvos Respublikos Seimo 2007 m. sausio 18 d. nutarimu Nr. X-1046, kurioje numatyta siekti atsinaujinančių energijos išteklių dalį bendrame šalies pirminės energijos balanse 2025 m. padidinti ne mažiau kaip iki 20 %, o biodegalų dalį šalies degalų, skirtų transportui, rinkoje 2010 m. padidinti iki 5,75 %, 2020 m. – iki 15 %, o 2025 m. – iki 20 % (Lietuvos nacionalinės...2007).

Degalų savybės yra reglamentuotos, todėl labai svarbu nustatyti kaip oksigenatai, tame tarpe ir etanolis, iš biomasės gaminamas degalų priedas, veikia degalų savybes.

### **Darbo tikslas:**

Nustatyti etanolio įtaką skirtingų technologinių procesų benzino savybėms.

### **Darbo uždaviniai:**

1. Išanalizuoti pagrindinius benzino kokybės rodiklius bei etanolio ir benzino komponavimo ypatumus.
2. Nustatyti etanolio įtaką pirminio benzino, katalizinio krekingo benzino ir riformingo benzino distiliacijos charakteristikoms, tankiui ir šilumingumui.
3. Pasiūlyti 92 markės benzino su 10 % tūrio etanolio komponavimo principus siekiant gauti degalus, atitinkančius standarto LST EN 228:2008 reikalavimus.
4. Pagal distiliacijos charakteristikas nustatyti žemiausias aplinkos temperatūras, kuriose keičiasi variklio eksploatacinis režimas (susidaro garų kamščiai ir kt.).

## 1. LITERATŪROS APŽVALGA

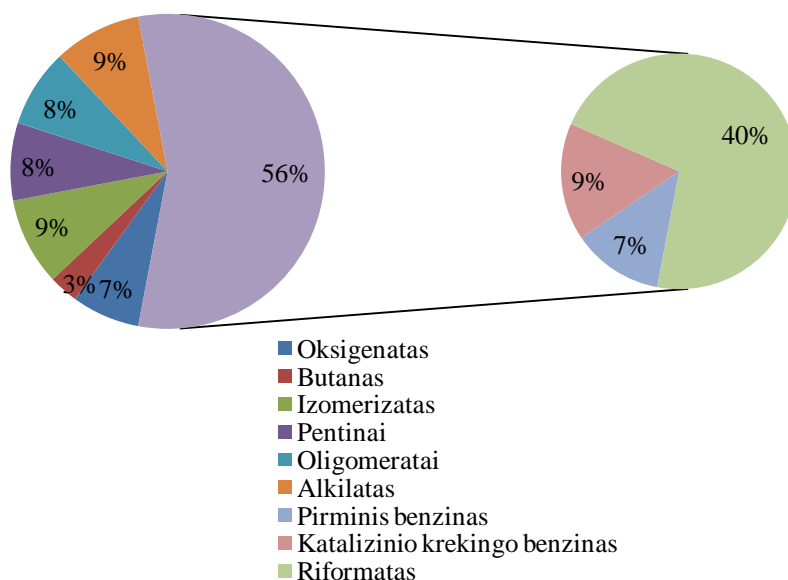
### 1.1. Pagrindiniai benzino kokybės rodikliai

Didžioji dalis naftos produktų yra sudeginama – naudojama kaip kuras šilumai gauti ir eksploatuoti vidaus degimo variklius. Pagal paskirtį skystasis kuras būna: automobilinis; aviacinis; laivų; šilumvežių; buitinis krosnių; katilinių. Automobilinis kuras vadinamas degalais (Barkauskas 2007).

Vidaus degimo varikliai, kuriais varomi automobiliai, traktoriai bei kitos žemės ūkio ir statybos darbų mašinos, vartoja automobilių degalus. Varikliuose, atsižvelgiant į jų konstrukciją, deginamas benzinai arba dyzeliniai degalai bei suskystintos (naftos) arba suslėgtos (gamtinės) dujos. Pagal degiojo mišinio ruošimo būdą ir uždegimą, varikliai skirstomi į dvi skirtingas konstrukcines grupes ir varomi skirtingais degalais – benzinu ar dyzeliniais degalais. Kibirkštinio uždegimo varikliuose, anksčiau vadintuose karbiuratoriniais, benzinai išgaruoja ir susimaišo su oru dar prieš patekdamas į cilindrą, o cilindre mišinys padegamas elektros kibirkštimi. Dyzeliniuose varikliuose mišinys ruošiamas pačiame cilindre, įpurškiant dyzelinius degalus į suspaustą ir labai įkaitusį orą. Pats mišinys užsiliepsnoja savaime nuo aukštos suslėgimo temperatūros (Baltėnas ir kt. 1998).

Karbiuratorinių variklių degalai yra benzinai. Benzinai – iš naftos gaunami, lengvai garuojantis skystis, sudarytas iš skystųjų angliavandenilių, verdančių 28 – 230°C intervale, mišinio. Vidutiniškai jame būna 85% anglies, 14,9% vandenilio, 0,05% sieros bei 0,05% azoto ir deguonies. Fizinės benzino savybės: tankis 720 – 780 kg/m<sup>3</sup>, šilumingumas – 40 – 45 MJ/kg, kinematinė klampa 0,5 – 0,7 mm<sup>2</sup>/s, savaiminio užsidegimo temperatūra 260°C, garų slėgis pagal Reid 62 – 70 kPa (Buteliauskas 2008).

Skirtingų naftos perdirbimo cheminių procesų benzinai: pvz.: alkilatai, izomeratas, riformingo benzinai (reformatas), krekingo benzinai, skirti naudoti kaip prekinis automobilinis benzinai. Prekinis benzinai yra kelių benzininių frakcijų (FCC benzinai, pirminis benzinai, reformatas, izomerizatas ir kt.), oksigenatų (MTBE, ETBE, etanolio) ir įvairių jo savybes gerinančių priedų mišinys (1 pav.) (Europos Parlamento...2008).



**1 pav.** AB „ORLEN Lietuva“ prekinio benzino sudėtis

Didžiausia prekinio benzino komponentė yra riformingo benzinas, kuris sudaro net 40 % prekinio benzino. Visos kitos komponentės sudaro panašų % - apie 8 %. Riformingo, katalizinio krekingo ir pirminio benzino dalis prekinio benzino sudėtyje sudaro 56 %.

Senkant naftos ištekliams ir sparčiai brangstant naftos produktams, o automobilių išmetamosioms dujoms keliant vis didesnę pavojaus aplinkai, ieškoma alternatyvių produktų. Vienas iš jų – biodegalai – biologinės kilmės skystasis kuras transportui. Pagrindinės biodegalų rūšys yra biodyzelinas, skirtas dyzeliniams varikliams, ir bioetanolis, skirtas benzininiams varikliams. 2008 m. Lietuvoje buvo pagaminta 17,1 tūkst. tonų bioetanolio ir 64,6 tūkst. tonų biodyzelino. Biodegalų dalis šalies degalų, skirtų transportui, rinkoje padidėjo nuo 3,8 procento 2007 m. iki 4,2 procento 2008 m. (Lietuvos statistikos... 2008).

Dabar automobilineis degalams keliami labai griežti kokybės reikalavimai, susiję tiek su darbo kokybe, tiek ir su ekologija. Naftos pramonei tai yra permainingas laikotarpis, susijęs su esminiais gamybos procesų pakeitimais ir didelėmis investicijomis. Dabar rinkoje yra ir senųjų, ir naujųjų degalų. Pakitimai greičiau vyksta Vakaruose, tačiau šis procesas nesustabdomai plečiasi ir į Rytus. Lietuvoje taip pat vyksta degalų kartų kaita. Lietuvos AB „ORLEN Lietuva“ jau dabar gamina naujos sudėties degalus (Baltėnas ir kt. 1998).

Bendrieji benzino kokybės reikalavimai:

- užtikrinti kokybišką ir ekonomišką variklio darbą: pasižymėti geromis degimo savybėmis, kad spėtų sudegti cilindre per darbo taktą ir nedetonuotų darbo takto pabaigoje, kai labai didelis slėgis, tada bus suvartojama mažiausiai degalų; būti pakankamai lakus, kad spėtų išgaruoti ir susimaišyti su oru, dar prieš patekdamas į

cilindrą; būti ne per daug lakus, kad esant aukštesnei aplinkos temperatūrai variklio maitinimo sistemoje nesusidarytų garų kamščiai ir dėl to nesutriktų benzino tiekimas;

- tepti ir neteršti variklio, degalų tiekimo ir degalų išmetimo sistemų: pakankamai gerai tepti variklio detales, jeigu toks tepimas varikliui yra būtinas; būti pakankamai grynas, be mechaninių priemaišų ir vandens, kad nesukeltų korozijos, neužterštų benzino tiekimo sistemos ir karbiuratoriaus arba purkštukų; nuolatos plauti variklio detales ir neleisti susidaryti nuodegoms bei prielipams; nekenkti kataliziniam išmetamųjų dujų konverteriui, jeigu automobilyje toks yra;
- nekenkti žmonėms ir aplinkai: išmetamosios dujos neturi būti kenksmingos sveikatai, gamtai ir atmosferai; benzinas turi būti be lakių dalių, kurios galėtų išgaruoti ir iš automobilio patekti į aplinką (Buteliauskas 2008).

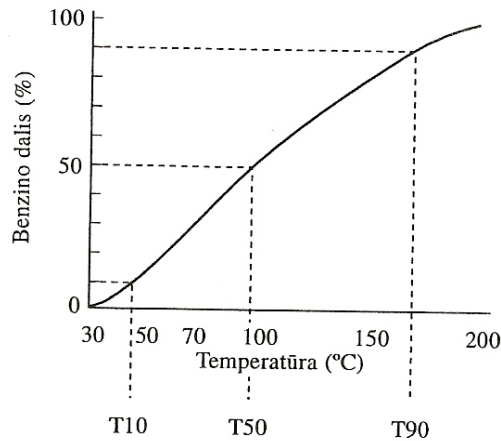
Degalų kokybės rodiklius galima santykinai suskirstyti į kelias grupes: eksploataciniai - oktaninis skaičius, distiliacijos charakteristikos, oksidacinis stabilumas, vario plokštelės bandymas; ekologiniai - sieros junginių kiekis, aromatinių junginių kiekis, benzeno kiekis; fizikiniai – tankis, spalva (tik benzinui) (Jučas 1992).

#### 1.1.1. Benzino frakcinė sudėtis

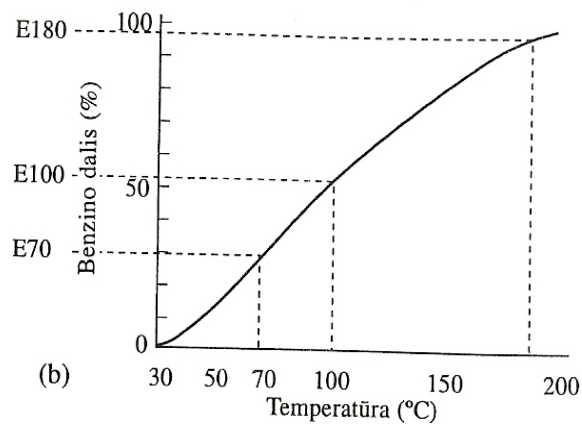
Daugeliui benzino funkcinių savybių įtakos turi frakcinė sudėtis, kuri tiesiogiai neatspindi jo cheminės sudėties. Frakcinė sudėtis – tai benzino sudėtis, išreikšta skirtingos virimo temperatūros frakcijų santykiu. Nustatant benzino sudėtį, pirmiausia nurodomos jo virimo pradžios ir pabaigos temperatūros ir frakcinė sudėtis. Tai benzino dalys, verdančios ir išgaruojančios tam tikruose temperatūros intervaluose. Kai išgaruoja lakiausi junginiai, benzino virimo temperatūra savaimė pakyla ir garuoja mažiau lakūs junginiai. Taip distiliacijos procesas vyksta, nenutrūkstamai kylant benzino virimo temperatūrai, kol galiausiai išgaruoja sunkiausios frakcijos.

Frakcinė sudėtis gali būti išreiškiama dvejopai (2,3 pav.):

- *temperatūra*, iki kurios nuo virimo pradžios nudistiliuojama tam tikra benzino dalis, pvz., temperatūra, kurią pasiekus buvo nudistiliuota 10 tūrio % viso benzino, žymima  $T_{10}$ ;
- *frakcijos dydžiu* – dalimi (% nuo viso benzino kiekio), kuri nudistiliuojama nuo virimo pradžios iki tam tikros temperatūros, pvz., benzino dalis, nudistiliuota iki 70 °C, žymima E70 (Baltėnas ir kt. 1998).



**2 pav.** Benzino frakcinės sudėties išreiškimas temperatūra (Baltėnas ir kt. 1998)



**3 pav.** Benzino frakcinės sudėties išreiškimas frakcijos dydžiu (Baltėnas ir kt. 1998)

Nuo benzino frakcinės sudėties priklauso, ar lengva variklį paleisti žiemą, kokia tikimybė garų kamščiams susidaryti tiekimo vamzdeliuose vasarą, ar karbiuratorius gali apledėti rudenį, koks paleisto variklio įšilimo ir automobilio išibėgėjimo greitis, variklio ekonomiškumas ir išdilimas. Kuo daugiau benzine lengvųjų frakcijų, tuo variklis lengviau užsiveda, bet, jei benzinas per greitai garuoja vasara tiekimo vamzdeliuose gali susidaryti garų kamščiai, o rudenį – apledėti karbiuratorius. Visų benzinų virimo pradžios temperatūra, tam kad nesusidarytų garų kamščiai, turi būti aukštesnė negu galima benzino temperatūra tiekimo vamzdeliuose (Mickevičius 2009).

Variklis lengvai paleidžiamas, jeigu išgaruoja ne mažiau kaip 10 % karbiuratoriumi tiekiamo benzino, taigi 10 % benzino garavimo temperatūra yra variklio paleidimo lengvumo rodiklis. Kuo ši temperatūra žemesnė, tuo daugiau kure lengvai garuojančių medžiagų, taigi lengviau ir žemesnėje temperatūroje užvedamas šaltas variklis (Barkauskas ir kt. 2005). Žinant benzino 10 % nudistiliavimo temperatūrą  $t_{10}$  °C, aplinkos žemiausia temperatūra  $t_p$ , kurioje galima paleisti variklį nešildant apskaičiuojama pagal formulę (Baltėnas ir kt. 1998):

$$t_p = 0,5t_{10} - 50,5 \quad (2)$$

Žemiausia aplinkos temperatūra  $t_g$  °C, kurioje jau gali susidaryti garų kamščių, apskaičiuojama pagal formulę:

$$t_g = 2t_{10} - 93 \quad (3)$$

Temperatūra, kurioje nudistiliuojama 50 % benzino ( $t_{50}$ ), apibūdina paleisto variklio sušilimo bei automobilio įsibėgėjimo trukmę. Kuo žemesnė ši temperatūra, tuo greičiau variklis išyla ir sunaudojama mažiau degalų, taip pat variklis lengviau pereinama iš vieno darbo režimo į kitą, automobilis greičiau įsibėgėja ir yra veržlesnis (Karbauskas 1999, Barkauskas 2005).

Temperatūra, kurioje nudistiliuojama 90% benzino ir jo virimo pabaigos temperatūra turi įtakos variklio ekonomiškumui ir išdilimui. Kuo šios temperatūros aukštesnės, tuo daugiau variklis sunaudoja degalų ir labiau išdyla, nes toks benzinas turi daugiau sunkesniųjų angliavandenilių ir nespėja išgaruoti (nevisiškai sudega). Neišgaravęs benzinas nuplauna alyvą nuo cilindro sienelių, o patekęs į karterį, praskiedžia alyvą. Be to, kai benzinas blogai garuoja ir nevisiškai sudega, padidėja deginių toksiškumas, bei nuodegų kiekis įsiurbimo sistemoje ir degimo kameroje. Standartai griežtai riboja šią temperatūrą. Europos standartas numato 215 °C benzino virimo pabaigos temperatūrą.

Distiliavimo liekanos neturi likti daugiau kaip 1,5%. Ji būna didesnė, kai į benziną patenka sunkesnių naftos produktų arba jis yra labai senas. Liekanų ir nuostolių suma turi būti mažesnė kaip 4% (Jučas 1992).

Benzino degimo eiga variklyje turi didelę įtaką variklio galiai. Jeigu didžioji benzino dalis baigia degti, kai cilindre didžiausias slėgis, tai sukuriama didžiausia galia. Jeigu degimas baigiasi anksčiau, dujos stabdo stūmoklio judėjimą, o jei vėliau – benzinas baigia degti, kai cilindre jau yra sumažėjęs slėgis. Kai benzinas per anksti sudega, atsiranda detonacija (Baltėnas ir kt. 1998).

### 1.1.2. Benzino atsparumas detonacijai

Benzino oktaninis skaičius nusako benzino savybę vidaus degimo variklyje sudegti be detonacijos. Kuo aukštesnis oktaninis skaičius, tuo detonacijos tikimybė mažesnė. Tam tikromis sąlygomis (pablogėjus kuro kokybei, perkaitus varikliui ir t.t.) dalis darbinio mišinio sudega labai greitai (2000 m/s), susidaro smūginė banga ir labai pakyla slėgis. Toks darbinio mišinio degimas vadinamas detonacija. Detonacijos požymiai yra tokie: girdimi stiprūs bildesiai variklyje, sumažėja variklio galia, iš slopintuvo pradeda eiti juodi dūmai. Paprastai mišinys detonuoja degimo pabaigoje, kai susidaro labai nestabilūs ir lengvai sprogantys deguoniniai junginiai – oksidai ir peroksidai. Nors detonuoja tik keli procentai vėliausiai sudegančio mišinio, tačiau detonacija labai žalinga varikliui – sumažėja galia ir ekonomiškumas, variklis kaista ir labiau dėvisi, išdega

stūmoklių dugnas, išsilydo kraštai bei lūžinėja griovelių pertvaros (Mickevičius 2009, Švaresnis kuras... 2005).

Degalų atsparumas detonacijai priklauso nuo juos sudarančių angliavandenilių anglies atomų skaičiaus molekulėje ir molekulių struktūros. Mažėjant anglies atomų skaičiui molekulėje, angliavandenilių atsparumas detonacijai didėja. Skirtingos struktūros angliavandeniliai pagal atsparumą detonacijai išsidėsto taip (Jučas 1992):

*normalūs alkanai < cikloalkanai < alkenai < izoalkanai < arenai.*

Benzino antidetonacinės savybės nusakomos oktaniniu skaičiumi, kuris nustatomas lyginant tiriamąjį benziną su etaloniniais degalais. Paprastai naudojami du oktaninio skaičiaus nustatymo būdai – motorinis ir tiriamasis. Dažniausiai oktaninis skaičius nustatytas tiriamuoju metodu viršija, oktaninį skaičių nustatytą motoriniu metodu. Šis skirtumas vadinamas benzino jautrumu, kuris priklauso nuo angliavandenilinės benzino sudėties.

*Variklinis metodas* geriau charakterizuoja benzinų antidetonacines savybes keliuose, esant forsuo tam darbo režimui ir dideliems temperatūriniais apkrovimams. Oktaninis skaičius, nustatytas varikliniu metodu, yra tikslesnis ir geriau atitinka apkrautų krovinių variklių darbo sąlygas, kai varikliai dirba dideliais alkūninio veleno sukiais.

*Tiriamasis metodas* charakterizuoja antidetonacines savybes važiuojant miesto sąlygomis. Kadangi nustatant oktaninį skaičių tiriamuoju metodu variklio darbo sąlygos yra lengvesnės, tai šis skaičius bus apie 10 vienetų didesnis už oktaninį skaičių, nustatytą varikliniu metodu (Karbauskas 1999, Buteliauskas 2008).

Benzino atsparumą detonacijai galima padidinti įvairiais būdais:

- *pirmas būdas* – šiuolaikinių technologijų taikymas benzinų gamyboje. Tai katalizinis krekingas, riformingas ir kitos pažangios technologijos, kurias naudojant, galima gauti bazinius benzinus su oktaniniu skaičiumi 75 – 80 (variklio metodu) arba 80 – 94 tyrimo metodu;
- *antras būdas* – didelį oktaninį skaičių turinčių komponentų naudojimas. Į bazinius benzinus gali būti įmaišoma izooktano, metanolio ir kitų komponentų, kurių oktaninis skaičius tyrimo metodu ne mažesnis kaip 100;
- *trečias būdas* – antidetonatorių naudojimas. Tai cheminiai junginiai, kurių labai nedidelis kiekis gali labai pagerinti benzino antidetonacines savybes (Jučas 1992).

Įmaišant 10% bioetanolio į benziną, benzino oktaninis skaičius padidinamas dviem vienetais. Todėl bioetanolis yra vadinamas – „oktaninio skaičiaus didintoju“. Oro ir kuro santykis, reikalingas pilnam benzino sudegimui yra apie 14,6. Tai reiškia, kad pilnai sudeginti 1 kg benzino reikia 14,6 kg oro. 10 % bioetanolio mišinys paprastai turi 3,5 % deguonies ir šis deguonis, esantis bioetanolyje, įtakoja oro ir kuro santykį dirbant varikliui. Todėl paprastai būtina sumažinti oro/kuro

santykį, įvertinus šį deguonies kiekį mišinyje. Elektroninės variklių valdymo sistemos, kurios įdiegtos beveik visuose šiuolaikiniuose varikliuose, fiksuoja ir keičia oro/kuro santykį, palaikydamos jį tinkamu, kai naudojamas bioetanolis. Kai kuriose transporto priemonėse, maksimalus deguonies kiekis, kuris įvertinamas reguliuojant oro/kuro santykį yra 3,5% (t.y. 10 % bioetanolio degalų mišiniam). Senesnės konstrukcijos karbiuratoriniai varikliai neturi elektroninių valdymo sistemų. Todėl naudojant bioetanolį, tokių variklių oro/ kuro santykis turi būti sureguliuojamas rankiniu būdu. Gali tekti dažniau keisti variklio kuro filtrą, nes bioetanolio mišiniai gali turėti kietųjų dalelių, kurios būna degalų bakuose ir tiekimo linijose. Bioetanolio mišiniai turi didesnę slaptąją garavimo šilumą nei 100% benzinas, todėl sunkiau užvesti variklį žiemos metu. Todėl, kai kuriose transporto priemonėse yra įrengiamas mažas benzino, reikalingo užvedimui žiemos metu, bakas (Švaresnis kuras... 2005).

### 1.1.3. Kitos benzino savybės

*Koroziškumas* – ši savybė priklauso nuo benzine esančių vandenyje tirpių rūgščių ir šarmų, organinių rūgščių, sieros ir jos junginių kiekio. Vandenyje tirpios rūgštys ir šarmai koroduoja visus metalus, todėl jų benzine neturi būti. Organinės rūgštys mažiau aktyvios ir nedidelis jų kiekis benzine leidžiamas (Jučas 1992). Korozinį aktyvumą taip pat sukelia vanduo, ištirpęs benzine arba susidaręs benzino tiekimo sistemoje kondensuojantis garams. Benzino oktanio skaičiaus pakėlimui naudojami alkoholiai ir kiti oksigenatai padidina vandens tirpumą benzine. Koroziškumas pavojingas tuo, kad ardomi variklių detalių paviršiai, bet dar labiau pavojingas dėl susidariusių korozijos produktų, kurie užteršia benzina. Koroziškumas ypač padidėja netinkamai laikant ir gabenant benzina. Jis nustatomas varinės plokštelės (ISO 2160, DIN 51759) ir plieno plokštelės metodais (GOST 18597 - 73). Benzino koroziškumui sumažinti naudojami korozijos inhibitoriai (Baltėnas ir kt. 1998).

*Tankis* - labai svarbi naftos ar jos produkto charakteristikos. Naftos produktų tankis priklauso nuo jų cheminės sudėties ir temperatūros. Kadangi vandenilio atominė masė lygi 1, o anglies – 12, tankis yra mažesnis tų angliavandenilių, kurių molekulėse mažiau atomų. Tokių angliavandenilių žemesnė virimo temperatūra, mažesnė klampa, o šilumingumas didesnis, nes vandenilis šilumingesnis negu anglis. Iš tankio galima spręsti apie naftos produktų cheminę ir frakcinę sudėtį, klampą ir šilumingumą, naftos produkto rūšį bei užsiteršimą kitos rūšies produktais (Jučas 2006). Tankis yra svarbus normuojamas parametras, nuo kurio priklauso degalų eksploatacinės savybės.

*Šilumingumas* – tai pagrindinis kuro kokybės rodiklis, kuris skirstomas į aukštutinį (didžiausią) ir žemutinį (mažiausią):

- aukštutinis (didžiausias) šilumingumas parodo visą šilumos kiekį, išsiskyrusį degant kurui.
- žemutinis (mažiausias) šilumingumas yra mažesnis tokiu šilumos kiekiu, koks sunaudojamas kuro drėgmei ir vandeniui, susidariusiam degimo reakcijos metu, išgarinti (Barkauskas ir kt. 2005).

Kuras yra mechaninis cheminių junginių mišinys, todėl jo šilumingumas būna šiek tiek mažesnis, nei grynų cheminių junginių šilumingumų suma, nes dalis šilumos sunaudojama Van der Valso jėgom, kurios sukuria silpną trauką tarp molekulių, nutraukti (Šeštakauskienė ir kt. 1999).

*Tekumas* - benzino tiekimas iš degalų bako į karbiuratorių gali sutrikti susidarius tiekimo vamzdeliuose garų kamščiams, esant vandens arba mechaninių priemaišų. Kai benzine daug lengvųjų frakcijų, jos, sušilus varikliui, ima garuoti pačiuose benzino tiekimo vamzdeliuose, todėl juose garų kamščiai gana dažni. Geriausios garavimo sąlygos yra benzino siurblyje, nes jame siurbimo metu susidaręs išretėjimas pažemina benzino virimo temperatūrą. Garų kamščiai greičiau susidaro, kai yra aukštesnė temperatūra, mažesnis slėgis, kai vasarą naudojamas žieminis benzinas. Tarp siurblio ir karbiuratoriaus garų kamščiai retesni, nes čia būna didesnis slėgis (Jučas 1992).

## 1.2. Oksigenatai ir jų panaudojimas benzinų gamyboje

Gaminant benzinus, turinčius aukštus oktaninius skaičius visada buvo naudojami priedai. Anksčiau benzino antidetonacinės savybės būdavo gerinamos naudojant švino junginių priedus, kadangi technologiškai pagaminti aukštaoktaninius benzinus buvo sudėtinga ir brangu. Dabar benzino savybės gerinamos keičiant benzino sudėtį, modernizuojant gamybos technologijas bei pridėdant oksigenatų. Oksigenatai - tai junginiai, patys turintys didelį oktaninį skaičių, ir mišiniuose padidina benzino oktaninį skaičių, nes yra geri antidetonatoriai. Jų molekulėse yra deguonies, todėl degant benzinui, turinčiam oksigenatų, angliavandeniliai geriau sudega ir mažėja nesudegusių angliavandenilių bei anglies monoksido išmetamose dujose. Dedant į benziną iki 15 tūrio proc. oksigenatų oktaninį skaičių galima padidinti iki RON 95-98. Dėl oksigenatų kenksmingumo žmonių sveikatai nėra vieningos nuomonės. JAV jų kiekis ribojamas iki 2 proc., o ES direktyvomis nustatytas iki 3,7 proc. pagal deguonies kiekį (Buteliauskas 2008).

Automobiliniame benzine būna skirtingų priedų, kurie pridėdami arba komponuojami su produktu siekiant pagerinti degalų savybes:

- oksigenatų: alkoholiai (pvz.: metanolis, etanolis), eteriai (pvz.: metilo ir tretinio butilo eteris (MTBE), etilo ir tretinio butilo eteris (ETBE), tretinis pentil-metilo eteris (TAME)) (Song *et al.* 2009, Pavon *et al.* 2007);
- esterių (pvz., rapsų sėklos arba dimetilesteris ir pan.);

- cheminių junginių (pvz., TML, TEL ir detergentai) (Europos Parlamento...2009).

Dėl automobilių degalų savybių gerinimo, pirmiausiai oksigenatai buvo naudojami, kaip nuodingo tetraetilšvino pakaitalas (Buenafe *et al.* 1998). Moksliniai tyrimai parodė, kad naudojant oksigenatus padidėja kuro degimo efektyvumas (Wheals *et al.* 1999, Olmos *et al.* 2008).. Pastaruoju metu naudojami metanolis ir etanolis, kurie yra augalinės kilmės, gerokai padidina benzino OS ir deguonies kiekį, nekenksmingi žmogui ir aplinkai. Jų dedama iki 15, o kartais net iki 25 % (Aleksonis ir Gimbutytė 2008, Vrubliauskas 2006).

Kad būtų naudojamas didesnis biodegalų kiekis benzine, patvirtintas atskiras benzino mišinys, kuriame leidžiama naudoti didesnę, pagal deguonį, 3,7 % oksigenato kiekį (įskaitant iki 10 tūrio % etanolio). Etanolis lakus ir dėl tos priežasties garų slėgio riba didinama benzino ir etanolio mišiniams (Europos Parlamento nutarimas 2009).

Skystųjų biodegalų gamybos ir naudojimo plėtra numatyta Europos Parlamento ir Tarybos Direktyvoje 2003/30/EB dėl skatinimo naudoti biokurą ir kitą atsinaujinantį kurą transporte (Europos Parlamento direktyva... 2003). Šioje direktyvoje nurodomas siektinas sunaudojamų degalų kiekis. Iki 2005 m. gruodžio 31 d. šalyse narėse sunaudojamų biodegalų kiekis turėjo pasiekti 2 % bendrojo transportui sunaudojamų degalų kiekio, o iki 2010 m. gruodžio 31 d. šis kiekis turi padidėti iki 5,75 % (Lebedevas *et al.* 2009). Biodegalai gali būti naudojami gryni ar mišiniuose su mineraliniais degalais, atitinkamai ženklinant mišinius, jei biodegalų dalis juose viršija 5 %. Lietuvos gamtinėmis ir ekonominėmis sąlygomis tinkamiausias degalų priedas yra etanolis, lengvai išgaunamas iš biomasės (Aleksynas 2005). Be to, etanolis yra plačiausiai naudojamas komponentas gaminant benziną gerinančius priedus (Miliūnas 2009).

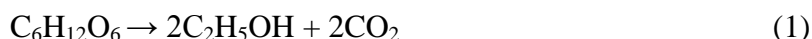
#### 1.2.1. Bioetanolio gamybos ir panaudojimo ypatumai

Etanolis tai vienhidroksilinis alkoholis. Jis yra pigus, lengvai iš biomasės gaminamas produktas, kuris gali būti panaudotas ir kaip degalų priedas. Nustatyta, kad benzinais su etanoliumi mažina atmosferą teršiančių medžiagų kiekį iki 30% (Cardona *et al.* 2007, Prasad *et al.* 2007). Dėl bioetanolyje esančio didesnio deguonies kiekio (ir mažesnio anglies ir vandenilio santykio), degalai pilniau sudega. (Žaliauskienė ir kt. 2001). Be to, bioetanolis žymiai sumažina ir kitų toksiškų medžiagų, tokių kaip benzolo, 1,3-butadieno, policiklinių aromatinių angliavandenių, emisijas, tačiau jis skleidžia didesnę kiekį acetaldehido (Liubarskis 2005). Etanolio oktaniškas skaičius RON=106-130, MON=89-103 (Butanol as a gasoline...2007).

Bioetanolis – antroji biodegalų rūšis pagal gamybą Europoje. Jis sudaro 18,5 % visų pagaminamų biodegalų (Lietuvos biomasės... 2008). 2008 m. biodegalai (biodyzelinas, bioetanolis, bio-ETBE) sudarė 4,3 proc. nuo bendro benzino ir biodyzelino sunaudoto transporte kiekio.

Pagrindinė žaliava naudojama biodegalams gaminti yra rapsų ir javų grūdai. Šalies transporto degalų sektoriuje biodegalų dalį numatoma padidinti iki 15 procentų 2020 metais (Lietuvos Respublikos...2009).

Pagrindinės bioetanolio žaliavos yra cukraus ir krakmolo turintys augalai (Corro and Ayala 2008). Fermentacijos proceso metu, iš angliavandenių susidaro etilo alkoholis ir anglies dvideginis (Taylor 2008):



Degalų gamyboje gali būti naudojamas absoliutus, kitaip sakant bevandenis etanolis. Bevandenio bioetanolio gamybos procesą sudaro du pagrindiniai etapai. Pirmame etape (fermentacija, distiliavimas) gaunamas žaliavinis bioetanolis, kuriame yra apie 5-10 % vandens. Antrajame etape iš šio produkto distilijuojant, naudojant molekulinis sietus, membranas ar kitas technologijas, pašalinamas azeotropinis vanduo. Biodegalams naudojamame etanolyje turi būti ne daugiau kaip 0,5 % drėgmės, nes esant žemai temperatūrai, jis gali išsisluoksniuoti iš benzino ir daugiau sugeria drėgmę. Todėl benzinas, turintis daugiau šio priedo, gali sukelti variklio detalių koroziją, kai automobilis ekstensyviai eksploatuojamas žemų aplinkos temperatūrų sąlygomis (Gamybos technologijos... 2005, Cardona and Sanchez 2007). Kiti bioetanoliumi keliami reikalavimai pateikiami 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Etilo alkoholio kokybės rodikliai (Kokybės sertifikatas 2008)

<b>Kokybės rodikliai</b>	
Etilo alkoholis, % tūrio, ne mažiau kaip	99,6
Denatūratas, mg/l	0
Vandens kiekis, % tūrio, ne daugiau kaip	0,5
Tankis, esant 20 °C, kg/m <sup>3</sup>	780–795
Išvaizda ir spalva	Švarus ir skaidrus
Aldehidai, perskaičiuoti į acetaldehidą, mg/l	≤300
Metilo alkoholis, mg/l	<200
Aukštesnieji alkoholiai (fuzeliai), perskaičiuoti į izopentilo ir izobutilo alkoholių mišinį (3:1), mg/l	≤4500
Esteriai, perskaičiuoti į etilacetatą, mg/l	≤400
Rūgštingumas (perskaičius į acto rūgštį), % tūrio	≤0,02
Na, mg/l	≤2
Fe, mg/l	≤5
Cu, mg/l	≤0,07
Sausųjų liekanų, mg/l, ne daugiau kaip	20
Cl, mg/l	0
S, mg/l	≤3,0
P, mg/l	≤1,0
Dervų kiekis, mg/l	≤10,0

Pirmą kartą bioetanolis buvo panaudotas kaip kuras JAV 1860 metais. Vokietijoje jis buvo pradėtas naudoti 1925 metais, o Lietuvoje – dešimtmečiu vėliau. Jau Antrojo pasaulinio karo metu 10 proc. etanolio buvo maišoma su benzinu. Po karo etanolio populiarumas krito dėl atpigusių mineralinių degalų (Miliūnas 2009).

Pasaulinėje rinkoje etanolio panaudojimas degalams siekia 68 %. Pagal bioetanolio gamybą pirmauja Amerikos žemyno valstybės. Europos šalims tenka tik 15 %. Bioetanolio panaudojimas degalams labiausiai paplitęs Brazilijoje ir JAV (Gapšys ir Dapkienė 2007). Brazilijoje pagrindinė žaliava etanolio gamybai yra cukravendrės, o JAV – grūdai (Oliveira *et al.* 2005, Gressel 2008). Tarp ES šalių bioetanolio gamyboje pirmauja Prancūzija, nedaug atsilieka Ispanija. Etanolio gamybai tinkama žaliava Europoje yra cukriniai runkeliai, kviečiai, rugiai, kvietrugiai, kukurūzai ir bulvės (Aleksynas 2005).

Kaip biodegalai ES šalyse dažniausiai naudojami riebalų rūgščių metilesteriai (RRME) ir jų mišiniai su mineraliniu dyzelinu bei bioetanolio ar bio-ETBE mišiniai su benzinu.

Biodegalams keliami du pagrindiniai reikalavimai:

- degalai turi būti gaminami iš biomasės;
- degalų gyvavimo ciklo energijos efektyvumo rodiklis  $R_1$ , nustatytas pagal ISO 14040-14049, turi būti didesnis kaip 1. Etanolio energijos efektyvumo rodiklis  $R_1=1,34$  (Janulis ir Makarevičienė 2000).

Įgyvendinant įsipareigojimus dėl klimato kaitos ir skatinant atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą ES valstybėse, remiamasi vienu iš prioritetinių Europos Bendrijos energetikos politikos tikslų – skatinti biodegalų ir kitų atsinaujinančių degalų rūšių naudojimą, pakeičiant transportui naudojamą dyzeliną ar benziną (Liubarskis 2005, Zabaniotou *et al.* 2008). Skystųjų biodegalų gamybos ir naudojimo perspektyvos deklaruojamos: Europos Parlamento ir Tarybos direktyvoje dėl biodegalų ir kitų atsinaujinančių išteklių naudojimo transportui skatinimo (Europos Parlamento...2004).

Biodegalų gamybą ir naudojimą Lietuvoje skatina Lietuvos Respublikos biokuro, biodegalų ir bioalyvų įstatymas (Gapšys ir Dapkienė 2007). Įstatymo tikslas:

- skatinti biokuro, biodegalų ir bioalyvų gamybą ir naudojimą atsižvelgiant į Europos Sąjungos teisės aktų reikalavimus ir Lietuvos Respublikos tarptautinius įsipareigojimus;
- mažinti šalies energetikos ūkio priklausomybę nuo kuro ir degalų, pagamintų iš mineralinių ir importuojamų žaliavų;
- didinti vietinių, atsinaujinančiųjų bei alternatyviųjų energijos išteklių efektyvų naudojimą ir energijos išteklių tiekimo saugumą;
- mažinti išmetamų į atmosferą šiltnamio efektą skatinančių dujų ir teršalų kieki;

- įgyvendinti Europos Parlamento ir Tarybos Direktyvos 2003/30/EB nuostatas (Lietuvos Respublikos... 2000).

### 1.2.2. Benzino ir bioetanolio mišinių komponavimas

Bioetanolis gali būti naudojamas didesnio suslėgimo laipsnio varikliuose, kuriuose gaunama apie 15 % didesnė variklio galia palyginti su benzinu. Tačiau įprastos konstrukcijos varikliuose benzinaž visiškai pakeisti etanolium yra problemiška, nes reikia juos iš dalies rekonstruoti. Brazilijoje, kurioje pigus etanolis gaminamas iš cukranendrių, dalis lengvųjų automobilių maitinami grynu etanolium. Atsinaujinantys biologinės kilmės degalai vis labiau populiarėja JAV, atsiranda naujų, vadinamųjų „Flexible Fuel Vehicles“ automobilių, naudojančių E85 degalus (juose 85 % sudaro etanolis). Tokie biodegalai jau naudojami ir Europoje - Švedijoje bei Vokietijoje.

Pagrindiniai bioetanolio panaudojimo degalams būdai yra šie:

- mažos koncentracijos (nuo 5 % iki 10 %) bevandenio bioetanolio mišiniai su benzinu. 10 % bioetanolio mišiniai su benzinu plačiai naudojami JAV, 3 % ir 10 % mišiniai pradėti naudoti Japonijoje. 5 % bioetanolio mišiniai su benzinu gali būti naudojami visose ES šalyse. Jie atitinka įprastinio benzino standarto reikalavimus, todėl tokie mišiniai neturi būti ženklinami jų pardavimo vietose ir yra parduodami kaip benzinas su organinių deguoninių junginių (oksigenatų) priedu. Tačiau tokie mišiniai ES šalyse nepopuliarūs, bioetanolis dažniausiai naudojamas bio-ETBE (bioetiltretbutileteris) gamybai (Janulis 2004).
- didelės koncentracijos (nuo 85 % iki 95 %) mišiniai su benzinu ir kitais priedais universaliems varikliams.
- perdirbimas į bio-ETBE (Malca and Freire 2006). Prancūzija yra bio-ETBE gamybos lyderė. Visas joje pagamintas etanolis panaudojamas bio-ETBE gamybai. Nedaug pagal bio-ETBE gamybą atsilieka ir Ispanija (Janulis 2007, Lietuvos biomasės... 2008). Bio-ETBE priedas benzine turi pranašumų palyginti su grynu bioetanolio priedu. Bio-ETBE mišinių naudojimas benziniame variklyje nesukelia problemų, susijusių su drėgmės kiekiu degaluose. Bioetanolis yra hidroskopiška, linkusi sugerti drėgmę medžiaga. Vanduo, patekęs į benzino ir etanolio mišinį, gali sukelti mišinių išsisluoksniavimą, o naudojant bio-ETBE minėtos problemos išvengiama. Be to, bioetanolio šilumingumas (27 396 kJ/kg) yra mažesnis nei benzino. Naudojant bio-ETBE mišinio šilumingumo vertė visiškai nesiskiria nuo gryno benzino (Janulis 2007, Denafas ir kt. 2001).

Švedijoje atlikti gryno bioetanolio naudojimo degalams tyrimai parodė, kad tiek kibirkštinio, tiek slėginio uždegimo varikliuose pastebimas padidėjęs cilindro stūmoklio grupės dalių dilimas. Norint išvengti nepageidaujamų savybių, buvo sukurtos specialios variklinės alyvos ELA-5046 ir ELA-5048, kurias naudojant intensyvaus variklio dalių dilimo nepastebėta (Mažeika ir Matijošius 2009, Aleksynas 2005).

JAV atlikti tyrimai naudojant E85 (85 % etanolio) benzina parodė, kad variklių darbas nepakito, nepastebėta galios sumažėjimo, nebuvo problemų dirbant žemoje temperatūroje. Tačiau dėl papildomų degalų filtrų ir siurblių techninės priežiūros bei remonto eksploatacinės išlaidos padidėjo 20 % (Spitzer *et al.* 2009).

Vilniaus Gedimino technikos universitete atlikti benzininių degalų su 10 % bioetanolio priedu tyrimai parodė, kad variklio galia ir sukimosi momentas karbiuratoriniame variklyje sumažėjo nežymiai (apie 1,5 %), o automobilyje su degalų įpurškimu – šiek tiek padidėjo (apie 0,5 %). Lyginamosios degalų sąnaudos padidėjo nuo 2,5 % iki 4,2 % karbiuratoriniame variklyje. O variklyje su degalų įpurškimu mažiausia lyginamųjų degalų sąnaudų vertė, mažesnė nei naudojant gryną benzina, gauta esant mažiems variklio sūkiams (Levickas 2007).

Eksploatacinių bandymų metu nustatyta, kad automobiliai naudojantys 10 % etanolio benzino priedą, veikė taip pat gerai, kaip ir naudojantys benzina. Nei esant karbiuratoriniam varikliui, nei su degalų įpurškimu nekilo problemų dėl padidėjusio mišinio sočiųjų garų slėgio bei specifinės šilumos. Net šaltuoju metų laiku esant – 15 °C temperatūrai, automobiliai užsivedavo be jokių sutrikimų. Esant drėgnam orui, taip pat nebuvo pastebėta variklio užsivedimo ar variklio sistemų veiklos sutrikimų. Tačiau rekomenduojama prieš pradedant naudoti bioetanolio ir benzino mišinį išvalyti degalų baką ar naudoti filtrus, kurie nepraleistų teršalų į degiojo mišinio ruošimo įrenginį, nes degalų sistema gali užsikimšti teršalais, susikaupusiais degalų bake bei visoje maitinimo sistemoje (Janulis 2004).

Bioetanolio mišinių su benzinu emisijų tyrimai, atlikti „Bell“ firmos Amerikoje, parodė, kad naudojant 85 % etanolio mišinius, deginiuose 26 % sumažėja CO kiekis, 4,5 % - bendrasis angliavandenilių kiekis ir 6 % - NO<sub>x</sub> kiekis.

JAV Nacionalinė atsinaujinančiosios energijos laboratorija nustatė, kad 10 % bioetanolio mišinių teigiamas poveikis aplinkai, vertinant deginių emisijas, žymiai mažesnis, palyginti su 95 % bioetanolio mišiniais. Nepastebėta, kad, naudojant 10 % bioetanolio turinčius degalus, sumažėtų azoto oksidų ir lakiųjų organinių junginių emisijos. Nežymiai sumažėjo CO ir SO<sub>x</sub> kiekis.

VGTU atlikti benzino su 10 % bioetanolio priedu naudojimo tyrimai leido daryti išvadą, kad naudojant šios rūšies degalus, automobilių varikliuose su degalų įpurškimo sistema ir kataliziniu deginių neutralizatoriumi, CO kiekis vidutiniškai sumažėja 16 %, angliavandenilių kiekis - 20 %. Variklyje su karbiuratoriniu mišinio paruošimu be katalizinio deginių neutralizatoriaus CO kiekis

vidutiniškai sumažėja 67 %, o angliavandenilių – 34 %. CO<sub>2</sub> kiekis automobilių varikliuose su degalų įpurškimo sistema ir kataliziniu deginių neutralizatoriumi naudojant 10 % bioetanolio priedą benzine nežymiai padidėja, nes dalis nevisiško sudegimo produktų redukuojama į CO<sub>2</sub>, o variklyje su karbiuratoriniu mišinio paruošimu be katalizinio deginių neutralizatoriaus sumažėja, nes susidaro daugiau deguonies ir nevisiško sudegimo produktų (Liubarskis 2005).

## 2. TYRIMO METODAI

### 2.1. Tyrimo objektas

Šio darbo tyrimo objektas – skirtingų technologinių procesų benzinų su 5 % tūrio, 10 % tūrio ir 15 % tūrio etanolio mišiniai.

Tyrimuose buvo naudojami:

1. Skirtingų technologinių procesų benzinai, turintys skirtingą cheminę sudėtį (2 lentelė):

- pirminis benzinai;
- katalizinio krekingo benzinai;
- riformingo benzinai.

**2 lentelė:** Benzinų cheminė sudėtis (P.I.A.N.O. Analysis by... 2008)

	Angliavandeniliai (% tūrio)				
	Parafinai	Izo-parafinai	Aromatiniai	Naftenai	Olefinai
Pirminis benzinai	30,21	33,11	5,56	30,98	0
Katalizinio krekingo benzinai	4,85	36,02	19,72	9,92	29,03
Riformingo benzinai	12,30	27,17	58,28	1,68	0,45

Iš 2 lentelėje pateiktų duomenų matome, kad pirminio distiliato benzinai praturtinti parafinais (30,21 %), naftenais (30,98 %) ir izo-parafinais (33,11 %), katalizinio krekingo benzine vyrauja izo-parafinai (36,02 %) ir olefinai (29,03 %), o riformingo benzine ypač didelis aromatinių angliavandenilių kiekis (58,28 %).

2. Etanolis
3. 92 ir 95 markės benzinai (4 priedas).

### 2.2. Tyrimo metodikos

Pagrindiniai benzino kokybės rodikliai yra reglamentuojami standartų, kuriuose nurodomos privalomos kokybės rodiklių reikšmės ir jų nustatymo standartizuotos metodikos.

### 2.2.1. Distiliavimo charakteristikų nustatymas

Benzinų distiliavimo charakteristikų nustatymai buvo atliekami remiantis LST EN ISO 3405:2000 standartu „Naftos produktai. Distiliavimo charakteristikų nustatymas“. Šiame Tarptautiniame standarte apibrėžtas laboratorinis metodas žemos ir vidutinės virimo temperatūros naftos distiliatų, kurių pradinė virimo temperatūra didesnė kaip  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ir galutinė virimo temperatūra apytikriai žemesnė kaip  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ , distiliavimo charakteristikoms nustatyti, naudojant rankinio valdymo arba automatinę įrangą (LST ISO 3405:2000).

Tyrimo metu buvo naudojama rankinio valdymo distiliacijos aparatūra (4 pav.).



**4 pav.** Rankinio valdymo distiliatorius

#### **Eksperimento atlikimas**

1. Pamatuojama 100 mL atšaldyto tiriamojo mėginio matavimo cilindre su padalomis ir perpilama į distiliavimo kolbą.
2. Įstatomas termometras, užkimštas su glaudžiai priderintu rutuliniu kamščiu, tvirtai į kolbos kaklelį, taip, kad burbuliuokas (kolba) būtų kaklelio centre, o apatinis kapiliaro galas būtų viename lygyje su aukščiausiu tašku ant garų vamzdelio vidinės sienos apačios.
3. Įdedama kolba į jos atramą ir standžiai sujungiama su kondensatoriaus vamzdeliu, per kurį buvo išvestas garų vamzdelis.
4. Įdedamas cilindras su padalomis, kuris naudojamas išmatuoti tiriamąjį mėginį, jo nesusausinant į vonią po apatiniu kondensatoriaus vamzdelio galu. Cilindras su padalomis glaudžiai uždengiamas popieriumi.
5. Užrašomas vyraujantis barometro slėgis ir iš karto pradedamas distiliavimas.

6. Kaitinama distiliavimo kolba ir jos turinys. Mėginys pradeda garuoti, garai kondensuojasi kondensatoriuje ir surenkami matavimo cilindre. Distiliavimo sąlygos: kolba turi būti šildoma taip, kad nuo šildymo pradžios iki pirmojo distiliato lašo praeitų ne mažiau kaip 5 ir ne daugiau kaip 10 min. Toliau kaitinimas reguliuojamas taip, kad per 1 min. nutekėtų 4–5 mL distiliato (2–3 lašai per sekundę).
7. Laiko tarpe nuo pradinės virimo temperatūros ir distiliavimo pabaigos stebima ir užrašomi duomenys dėl rezultatų skaičiavimo ir bandymo ataskaitos.
8. Kai likusio kolboje skysčio tūris apytikriai sudaro 5 mL, atliekamas galutinis kaitinimo reguliavimas.
9. Stebima ir užrašoma galutinė virimo temperatūra ir nustojama kaitinti.

### 2.2.2. Tankio nustatymas

Mišinių tankio nustatymai buvo atliekami remiantis LST EN ISO 12185:1996 standartu „Žalia nafta ir naftos produktai. Tankio nustatymas. Vibracinis U vamzdelio metodas“. Šis tarptautinis standartas tiksliai apibūdina žalios naftos ir naftos produktų, su kuriais galima elgtis kaip su vienfaziais skysčiais, tankio nuo  $600 \text{ kg/m}^3$  iki  $1100 \text{ kg/m}^3$  matavimo metodą, taikant tankio matuoklį su vibraciniu U pavidalo vamzdeliu esant tyrimo temperatūrai ir slėgiui. Skysčio tankis nustatomas elektroniniu būdu matuojant U vamzdelio virpesių dažnį (LST ISO 12185:1996).

Matavimai buvo atliekami elektroniniu densimetru „Anton Paar DMA 48“ (5 pav.).



**5 pav.** Elektroninis densimetras „Anton Paar DMA 48“

## Eksperimento atlikimas

1. Densimetras turi būti įrengtas visiškai stabilioje, nuo bet kokios vibracijos izoliuotoje vietoje.
2. Matavimo densimetru duomenys galioja, jei matavimo celė yra sujungta su įmontuotu temperatūros reguliatoriumi, kuriuo būtų įmanoma pasiekti temperatūros  $\pm 0,02$  °C ir didesnę stabilumą.
3. Tiksliai nustatoma ir kontroliuojama celės temperatūra, nes dėl 0,1 °C paklaidos gali susidaryti 0,1 kg/m<sup>3</sup> tankio paklaida.
4. Mėginys įšvirksčiamas į celę (naudojant švirksštą arba automatinį ėmiklį) visiškai ją užpildant. Užpildant žiūrima, kad būtų pašalinami visi oro burbuliukai. Mėginys turi būti vienalytis ir jame neturi būti jokių kietų dalelių.
5. Rodmeniui nusistovėjus, užrašoma densimetro ekrane rodomo tankio vertė.

### 2.2.3. Šilumingumo nustatymas

Mišinių šilumingumo nustatymai buvo atliekami remiantis DIN 51900-1: 2000 standartu „Kietojo ir skystojo kuro bandymai. Šiluminės vertės nustatymas naudojant kalorimetrinę bombą“. Šiame standarte apibrėžiamas metodas, taikomas nustatant kalorimetrinėje bomboje, kalibruotoje deginant sertifikuotą benzenkarboksirūgštį, kietojo ir skystojo kuro šilumingumo vertę (DIN 51900-1: 2000).

Tyrimui atlikti buvo naudojamas kalorimetras „IKA C 5000“ (6 pav.).



**6 pav.** Kalorimetras „IKA C 5000“

## **Eksperimento atlikimas**

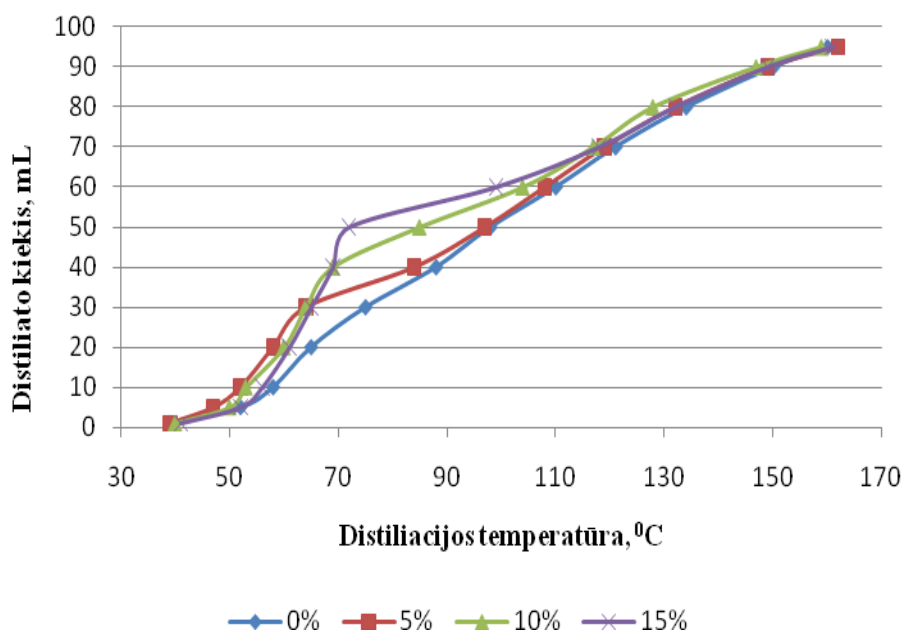
1. Pasveriamas mėginys, kurio šilumingumą norima nustatyti, 0,01% tikslumu (jei mėginio masė 1g, sverti reikia 0,1 mg tikslumu).
2. Prie uždegimo vielos pririšamas medvilninis dagtis.
3. Tiglis su pasvertu mėginiu statomas į laikiklį ir medvilninis dagtis suliečiamas su analizuojamu mėginiu.
4. Patikrinama, ar tiglio padėtis surinktoje bomboje yra simetriška bombos sienelės atžvilgiu.
5. Į bombą įpilami 5 mL distiliuoto vandens (kiekis turi būti visą laiką tiksliai vienodas atliekant matavimus).
6. Bomba surenkama ir lėtai pripildoma deguonies, neištumiant bomboje buvusio oro.
7. Paruošta bomba įdedama į termostatą prieš tai patikrinus ar išorinis indo paviršius yra sausas ir švarus.
8. Pasibaigus mėginio analizei užrašoma kalorimetro ekrane rodoma šilumingumo vertė.

### 3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Eksperimento metu buvo nustatomi skirtingų technologinių procesų benzinų ir etanolio mišinių distiliacijos charakteristikų, tankio ir šilumingumo pasikeitimai priklausomai nuo etanolio kiekio. Išanalizavus gautus rezultatus buvo sudarytas 92 markės benzino mišinys su 10 % tūrio etanolio, atitinkantis standarto EN 228:2008 reikalavimus.

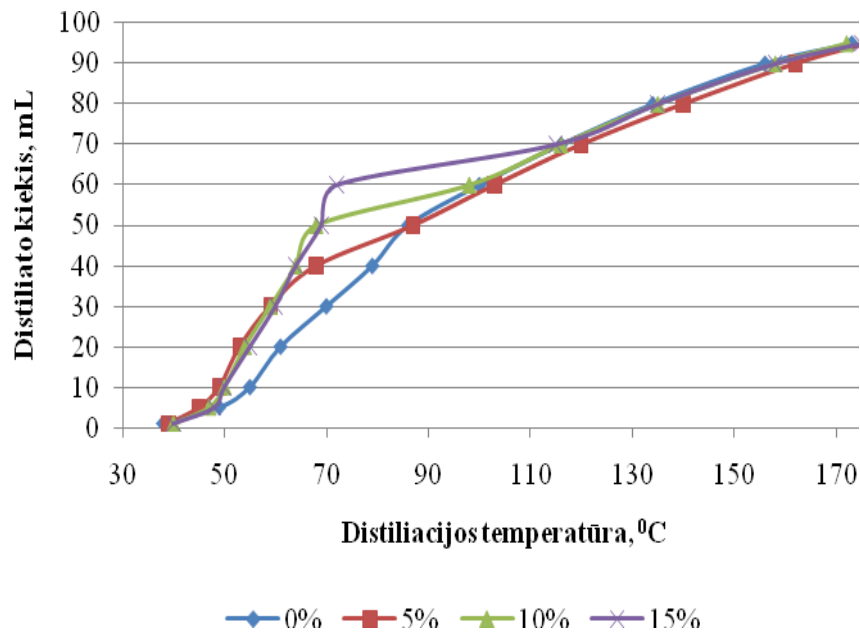
#### 3.1. Skirtingų technologinių procesų benzinų ir etanolio mišinių distiliacija

Tyrimui naudojami naftos produktai: pirminis benzinai, katalizinio krekimo ir riformingo procesų benzinai. Buvo tiriama 12 mėginių (skirtingų technologinių procesų benzinų su 0, 5, 10, 15 % tūrio etanolio) pagal LST EN ISO 3405:2000 standartą - „Naftos produktai. Distiliavimo charakteristikų nustatymas atmosferos slėgyje“. Pirminio benzino su skirtingu etanolio kiekiu mišinių distiliacijos kreivės pateikiamos 7 paveiksle.



**7 pav.** Pirminio benzino ir jo mišinių distiliato kiekio priklausomybė nuo temperatūros

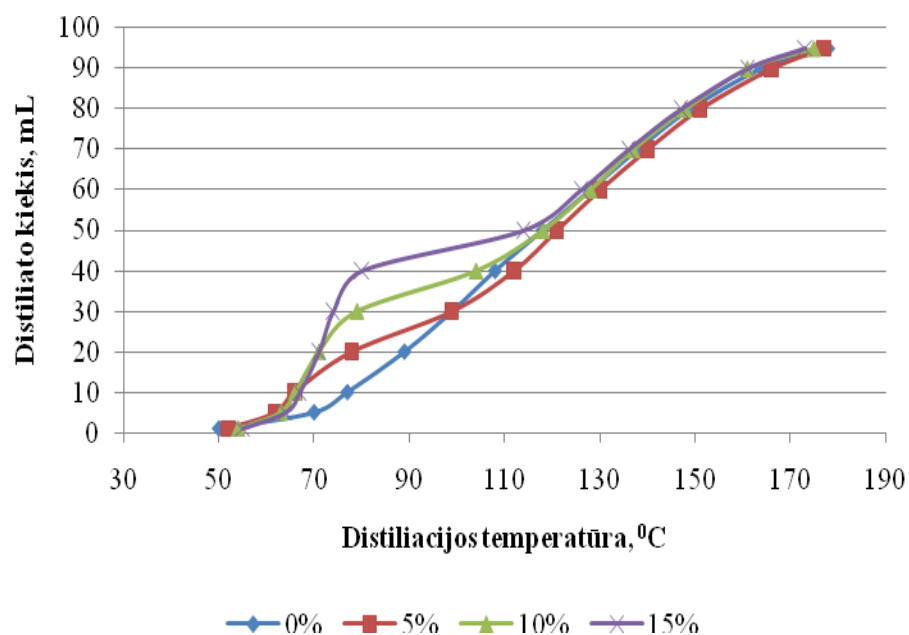
Palyginus 7 pav. pateiktas visas pirminio benzino ir etanolio mišinių distiliacijos kreives, pastebėta, kad iki 65 °C temperatūros distiliacijos eiga mažai priklauso nuo etanolio kiekio, o nuo 65 °C iki 130 °C temperatūros visų mišinių distiliato kiekis didesnis, nei gryno pirminio benzino. Nuo 130 °C temperatūros visų mišinių distiliato kiekis vėl tampa vienodas. Tyrimų rezultatai parodė, kad priklausomai nuo etanolio kiekio pasikeičia temperatūra prie kurios nuo virimo pradžios nudistiliuojama 50 % tūrio. Ji tampa vis žemesnė: prie pirminio benzino pridėjus 5 % tūrio etanolio – 97 °C, 10 % tūrio etanolio – 85 °C, 15 % tūrio etanolio – 72 °C.



**8 pav.** Katalizinio krekingo ir jo mišinių distiliato kiekio priklausomybė nuo temperatūros

Katalizinio krekingo benzino ir etanolio mišinių distiliacijos temperatūra pradeda kisti, išdistiliavus pirmus 5 mL mišinio (8 pav.). Nustatyta, kad benzino su etanolio distiliacijos temperatūra yra 3-20 °C mažesnė nei gryno benzino, nudistiliavus pusę mišinio. Pastebėta, kad distiliacijos pabaigoje (nuo 70 mL) visų benzino ir etanolio mišinių distiliacijos temperatūra didesnė nei gryno katalizinio krekingo benzino. Etanolio poveikis katalizinio krekingo benzinui, priklausomai nuo koncentracijos mišinyje, paliečia ne tik  $t_{50}$ , bet ir  $t_{10}$ , nes su 5 % tūrio etanolio mišinio  $t_{10}$  ir  $t_{50}$  beveik sutampa su gryno benzino  $t_{10}$  ir  $t_{50}$ , o su 10 ir 15 % tūrio etanolio mišinių  $t_{10}$  ir  $t_{50}$  beveik sutampa tarpusavyje, bet skiriasi nuo gryno katalizinio krekingo benzino.

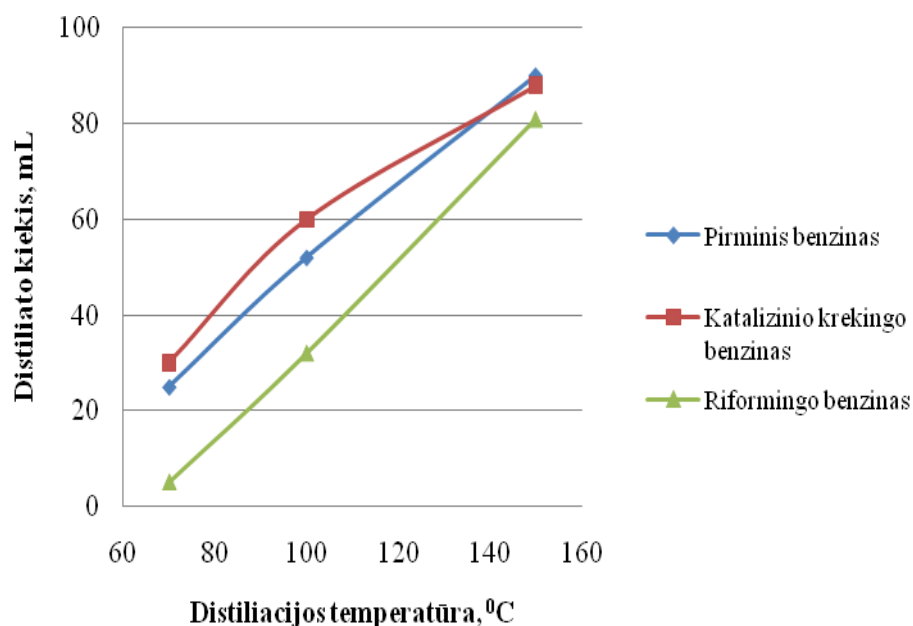
Riformingo benzino ir etanolio mišinių distiliacijos temperatūra nuo distiliacijos pradžios iki 30 mL yra mažesnė nei gryno riformingo benzino (9 pav.), šis skirtumas ypač ryškus benzino su 15 % tūrio etanolio mišiniui. Nuo 40 mL iki pat distiliacijos pabaigos tik 5 % tūrio etanolio ir benzino mišinio temperatūra yra didesnė nei gryno benzino. Etanolio poveikis katalizinio riformingo benzinui, priklausomai nuo koncentracijos mišinyje nežymiai paliečia tik  $t_{10}$ .



**9 pav.** Riformingo benzino ir jo mišinių distiliato kiekio priklausomybė nuo temperatūros

Apibendrinus gautus rezultatus matome, kad procesų benzinuose, esant skirtingiems etanolio kiekiams, mišinių distiliacijos kreivės nesutampa su grynų benzinų distiliacinėmis kreivėmis distiliacijos pradžioje: pirminio benzino 65-110 °C distiliacijos temperatūros intervale; katalizinio krekingo benzino – 60-105 °C; riformingo benzino – 65-120 °C. Dėl susidariusių azeotropų visų nagrinėtų benzinų ir etanolio mišinių garavimas vyksta esant žemesnėms temperatūroms, nei gryno benzino. Temperatūrinius intervalus apsprendžia cheminė benzinų sudėtis bei etanolio kiekiai. Maišant etanolį su angliavandeniliais susilpnėja tiek vandenilinės, tiek tarpmolekulinės jungtys, todėl padidėja susidariusio azeotrolo lakumas. Apibendrinus visus rezultatus galima teigti, kad mažiausias etanolio poveikis yra katalizinio riformingo benzinui, praturtintam aromatiniais angliavandeniliais.

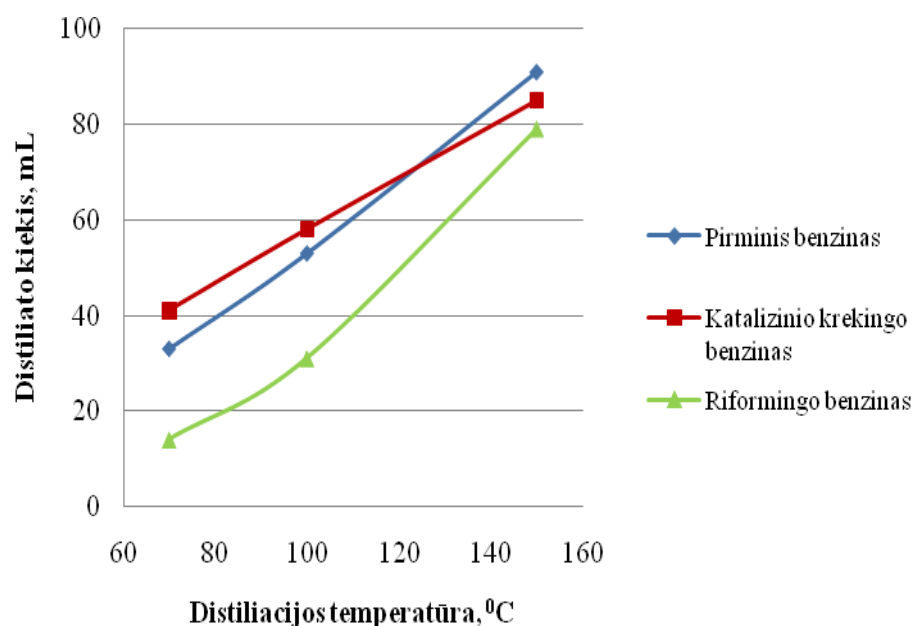
Analizuojant mišinius pagal LST EN 228:2008 standartą ir LR vartojamų naftos produktų, biodegalų ir skystojo kuro privalomųjų rodiklių kokybės reikalavimų nustatytas normas, pateiktos skirtingų procesų benzinų distiliato dalies priklausomybės nuo virimo temperatūros kreivės (10 pav.).



**10 pav.** Benzinų distiliato kiekio priklausomybė nuo temperatūros

Pastebėta, kad pirminio ir katalizinio krekingo benzinų E70, E100 ir E150 charakteristikos (t.y. išgarinto mišinio dalis esant 70 °C, 100 °C ir 150 °C temperatūroms) neviršija nustatytų normų. Riformingo benzino E70 yra 5 mL, o E100 – 32 mL, o tai žymiai mažiau nei reikalauja šis standartas (E70 – 22-50 % tūrio; E100 – 46-71 % tūrio) ir tik E150 charakteristika tenkina standarto nustatytą normą.

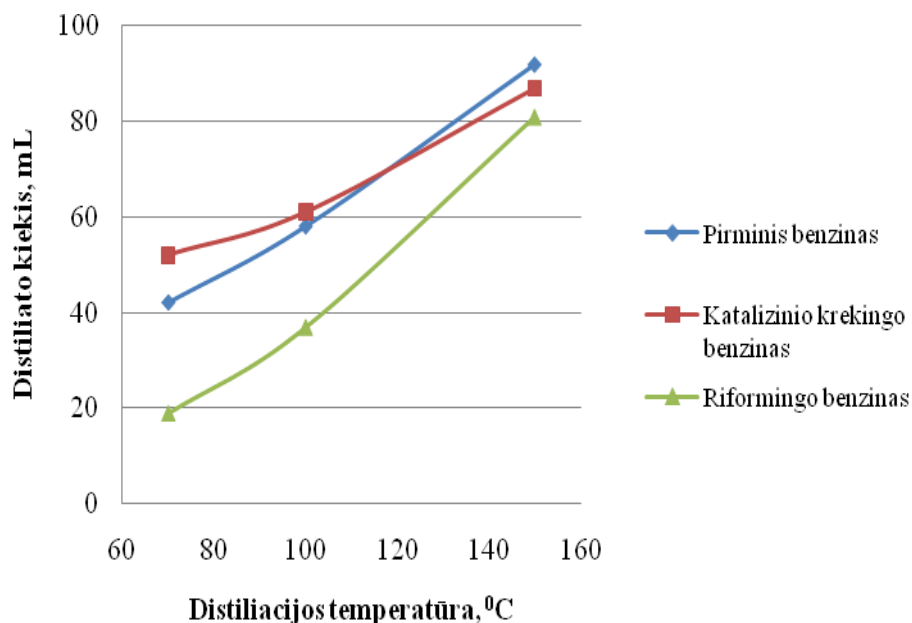
Įvairių procesų benzino su 5 % tūrio etanolio mišinių distiliato dalies priklausomybės nuo virimo temperatūros kreivės pateiktos 11 paveiksle.



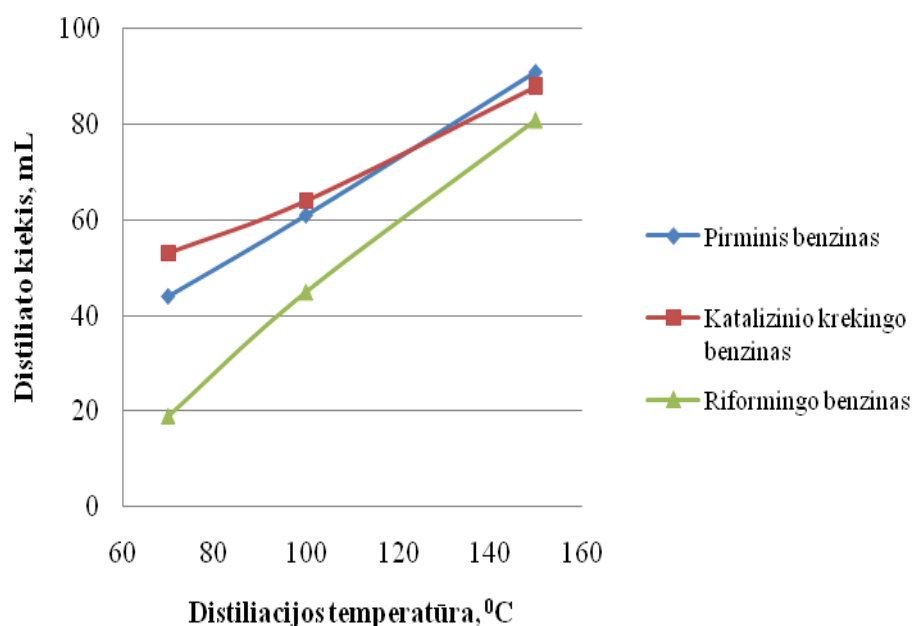
**11 pav.** Benzinų su 5 % tūrio etanolio distiliato kiekio priklausomybė nuo temperatūros

Nustatyta, kad pirminio ir katalizinio krekingo benzinų mišinių, kaip ir šių procesų grynų benzinų, E70, E100 ir E150 charakteristikos neviršija LST EN 228:2008 standarto nustatytų privalomųjų kokybės rodiklių normų, o riformingo benzino ir 5 % tūrio etanolio mišinio charakteristikos artimos riformingo benzino be etanolio charakteristikoms ir E70 rodiklis artėja prie minimalios ribos, t.y. 22 proc. tūrio.

Skirtingų procesų benzinų su 10 % ir 15 % tūrio etanolio distiliato dalies priklausomybės nuo virimo temperatūros pateikiamos 12, 13 paveiksluose.



**12 pav.** Benzinų su 10 % tūrio etanolio distiliato kiekio priklausomybė nuo temperatūros



**13 pav.** Benzinų su 15 % tūrio etanolio distiliato kiekio priklausomybė nuo temperatūros

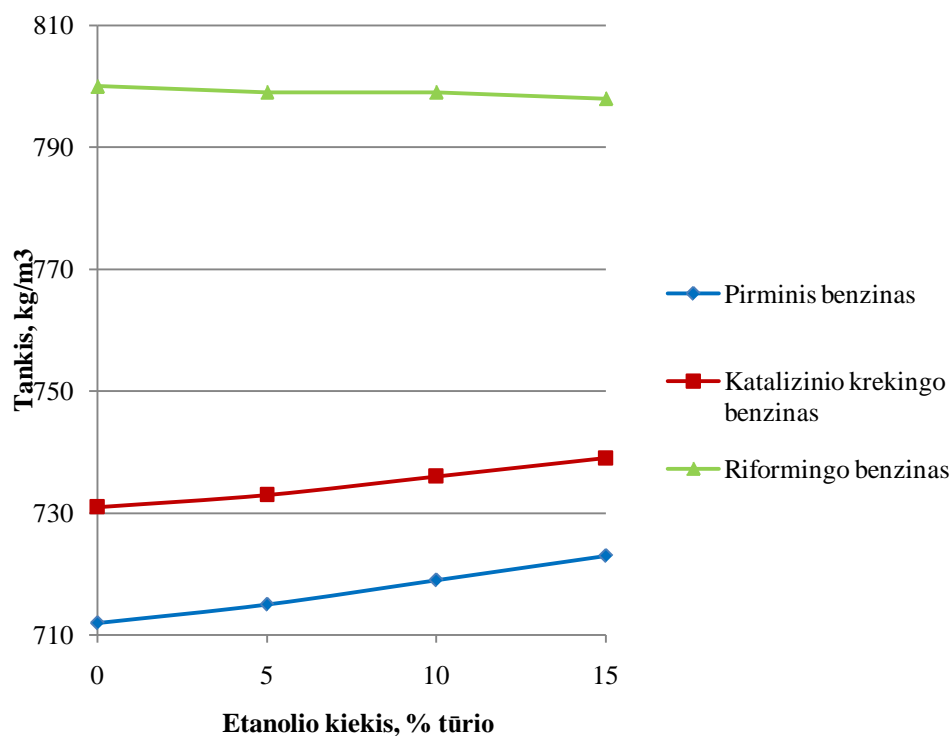
Pridėjus į benzinus 10 % tūrio etanolio (12 pav.), tik pirminio benzino išgarinto mišinio dalis atitinka LST EN 228:2008 standartą. Katalizinio krekingo benzino su etanolio mišinio dalis, esant 70 °C temperatūrai, yra 2 mL didesnė nei maksimali leidžiama standarto norma, esant šiai temperatūrai, o riformingo ir etanolio mišinio E70 charakteristika yra 3 mL mažesnė nei minimali standarto reikšmė. Riformingo ir etanolio mišinio dalis, esant 100 °C temperatūrai, yra 37 mL, o tai – 9 mL mažiau, nei leistinas minimalus išgarinto produkto kiekis, esant šiai temperatūrai.

Išgarintas riformingo ir 15 % tūrio etanolio mišinio kiekis, esant 70 °C temperatūrai, yra 3 mL mažesnis, nei standarto nustatytas minimalus kiekis, kaip ir riformingo su 10 % tūrio etanolio, o E100 yra vos 1 mL mažiau nei nustatyta (13 pav.). Katalizinio krekingo išgarinto mišinio dalis, esant 70 °C temperatūrai, viršija standarte nustatytą maksimalų išgarinto produkto kiekį 3 mL. Standarto reikalavimus tenkina tik pirminio benzino su 15 % tūrio etanolio mišinys.

Analizuojant mišinius pagal LST EN 228:2008 standartą ir LR vartojamų naftos produktų, biodegalų ir skystojo kuro privalomųjų rodiklių kokybės reikalavimų nustatytas normas, nustatyta, kad pirminio distiliato benzinuose išgarinto produkto kiekis, neviršija standarto ir privalomųjų kokybės rodiklių reikalavimais nustatytų normų. Į katalizinio krekingo benziną pridėjus 10 % tūrio ir daugiau etanolio, išgarinto produkto kiekis, esant 70 °C temperatūrai, viršija standarte nustatytą 22,0 – 50,0 proc. tūrio ribą, o riformingo benzino ir etanolio mišinių, esant 70 °C ir 100 °C temperatūrai, distiliacijos kiekis artėja prie standarte nustatytų minimalių ribų, tik kai etanolio koncentracija didesnė nei 10 % tūrio. Frakcinės distiliacijos rezultatai parodo, kad visi riformingo benzino su etanolio mišiniai neatitinka normų, bet yra tendencija, kad toks atitikimas įmanomas padidinus etanolio kiekį.

### 3.2. Procesų benzinų tankio rezultatai

Kad įvertinti skirtingų technologinių procesų benzinų tankio pasikeitimus priklausomai nuo etanolio kiekio (0, 5, 10, 15 % tūrio) buvo atlikti bandymai remiantis LST EN ISO 12185:1996 standartu „Žalia nafta ir naftos produktai. Tankio nustatymas. Vibracinis U vamzdelio metodas“. Eksperimento metu gauti rezultatai pateikiami 14 pav.



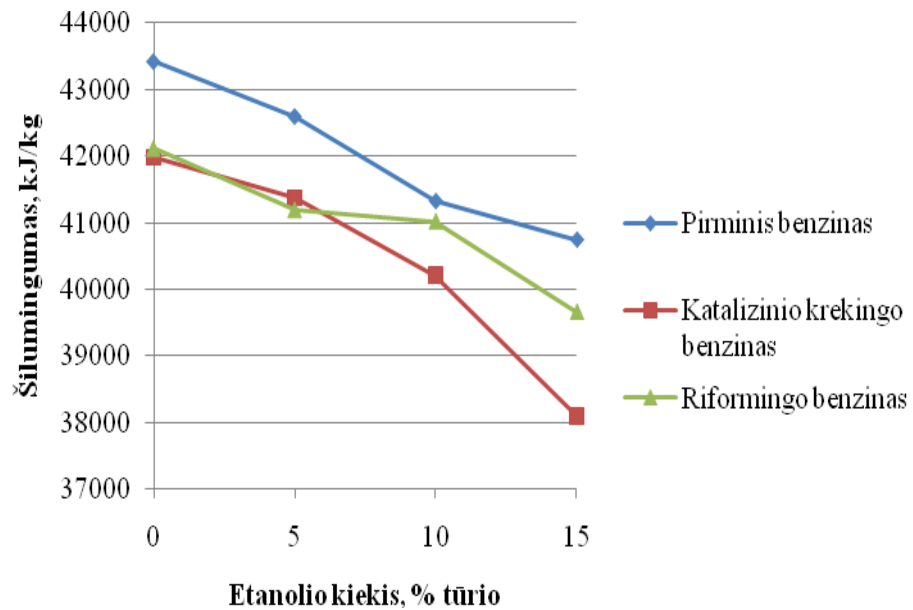
**14 pav.** Skirtingų procesų benzinų tankio priklausomybė nuo etanolio kiekio

Lyginant 14 pav. pateiktus benzinų tankio pasikeitimus pastebėta, kad pridėjus skirtingus etanolio kiekius tik riformingo benzino tankis mažėja, tačiau reikia pastebėti, kad mažėjimas yra labai nežymus, pridėjus 15 % tūrio etanolio tankis sumažėjo  $2 \text{ kg/m}^3$ , o padidinus etanolio kiekį nuo 5 % tūrio iki 10 % tūrio tankis nesikeičia (3 priedas). Pastebėta, kad didžiausią įtaką etanolio kiekio didinimas turi pirminiam benzinui, į kurį pridėjus 15 % tūrio etanolio, tankis padidėjo 11 vienetų lyginant su gryno pirminio benzino tankiu. Tai galima paaiškinti tuo, kad gryno etanolio tankis yra  $780 \text{ kg/m}^3$ , todėl maišant etanolį su pirminiu benzinu arba katalizinio krekingo benzinu, kurių tankis yra mažesnis, mišinių tankiai auga proporcingai pridėto etanolio kiekiui. Atvirkštinį procesą stebime, kai nagrinėjame riformingo benzino ir etanolio mišinių tankius.

Nevienodą tankių pasikeitimą pridėjus vienodus etanolio kiekius į mišinius apsprendžia tankių skirtumas tarp benzino ir etanolio. Kuo jis didesnis, tuo didesnį pokytį fiksuojame.

### 3.3. Procesų benzinų šilumingumo rezultatai

Kad įvertinti pirminio benzino, katalizinio krekingo ir riformingo benzinų šilumingumo pasikeitimus priklausomai nuo etanolio kiekio buvo atlikti bandymai remiantis DIN 51900-1: 2000 standartu „Kietojo ir skystojo kuro bandymai. Šiluminės vertės nustatymas naudojant kalorimetrinę bombą“. Eksperimento metu gauti rezultatai pateikiami 15 pav.



**15 pav.** Skirtingų procesų benzinų šilumingumo priklausomybė nuo etanolio kiekio

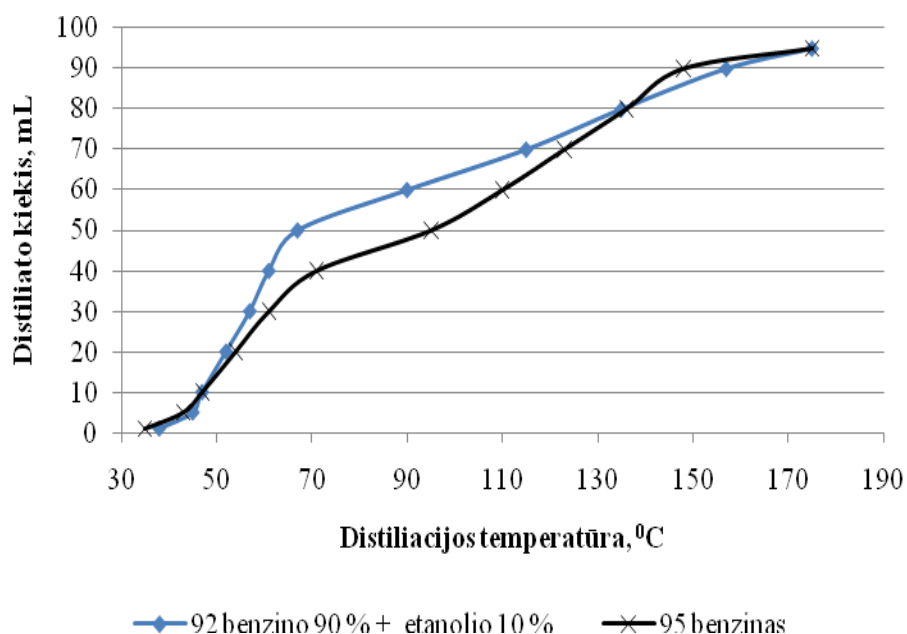
Lyginant procesų benzinų šilumingumo pokyčius pridėjus 5 % tūrio etanolio pastebėta, kad šilumingumas, lyginant su grynų benzinų be etanolio, labiausiai sumažėjo riformingo benzino (924 kJ/kg), o mažiausias pokytis buvo katalizinio krekingo benzino su 5 % tūrio etanolio (sumažėjo 605 kJ/kg). Tačiau reikia pastebėti, kad etanolio kiekio didinimas didžiausią įtaką turi katalizinio krekingo benzinui, pridėjus 15 % tūrio etanolio, mišinio šilumingumas sumažėjo 3880 kJ/kg, kai tuo tarpu riformato ir pirminio benzino šilumingumas sumažėjo atitinkamai 2461 kJ/kg ir 2678 kJ/kg (riformato nuo 42120 kJ/kg iki 39659 kJ/kg, o pirminio distiliato nuo 43418 kJ/kg iki 40740 kJ/kg). Matome, kad padidinus etanolio kiekį riformingo benzinui nuo 5 % tūrio iki 10 % tūrio šilumingumo pokyčio beveik nejaučiame ir gauta reikšmė artima pirminio benzino su 10 % tūrio etanolio. Tyrimo rezultatai parodė, kad nėra tiesinės priklausomybės tarp mišinių šilumingumo ir etanolio koncentracijos mišinyje. Etanolio koncentracijos poveikis mišinių šilumingumui, labiau priklauso nuo tiriamų benzinų frakcinės sudėties.

### 3.4. Benzinų su etanoliu mišinių distiliacija

Pagal JAV “Aplinkos apsaugos agentūrą” (EPA) nedidelius kiekius etanolio turintys mišiniai E10 (10 % etanolio, 90 % benzino) klasifikuojami kaip “iš esmės panašūs” į benzina, kurie gali būti naudojami bet kuriose benzinu varomose transporto priemonėse (Ethanol blends... 2010). 10 % etanolio priedas benzine nemažina variklio galios ir nebloginą mašinos techninių charakteristikų bei turi akivaizdų efektą oktaninio skaičiaus padidimui. Optimalus mišinys yra 10

% etanolio ir 90 % benzino (Butkus 2006, Kamran *et al.* 2009). Lietuvoje naudojamas 95 markės benzinas savo sudėtyje turi tik 5 % etanolio pagal tūrį.

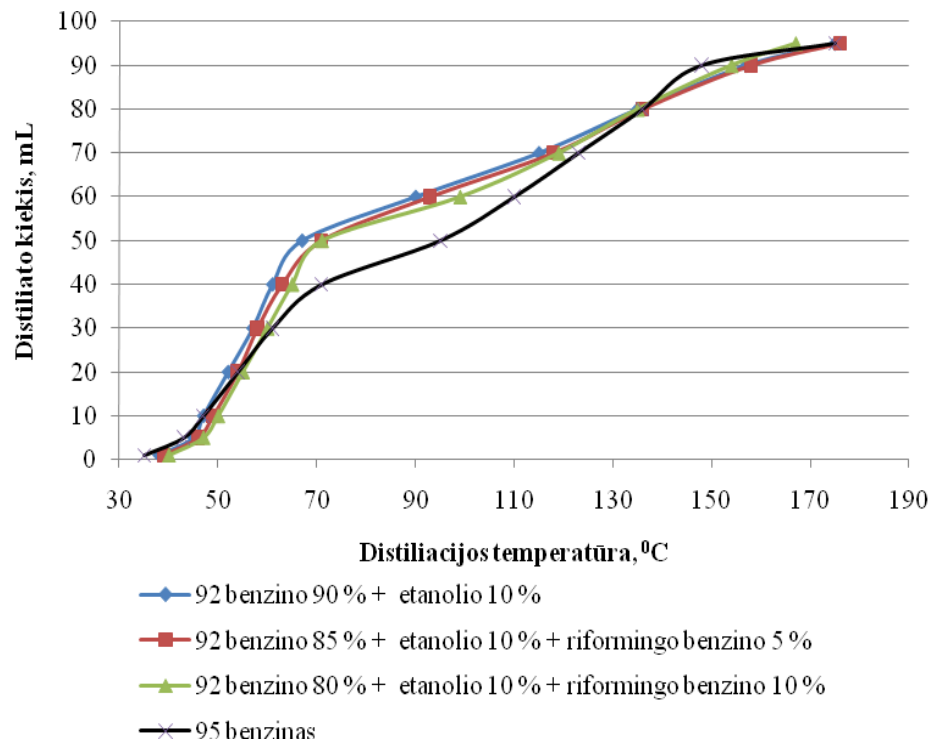
Tyrimui buvo naudotas oksigenatų neturintis 92 markės benzinas, sumaišytas su 10 tūrio procentų etanolio, nes Europos Parlamento ir Tarybos direktyvoje numatyta deguoninių junginių kiekį padidinti iki 3,7 % (maksimalus etanolio kiekis 10 % tūrio). Kontrolei pasirinktas prekinis 95 markės benzinas, savo sudėtyje turintis 4,85 tūrio procentus etanolio (16 pav.).



**16 pav.** 92 markės benzino su 10 % etanolio (v/v) ir 95 markės benzino distiliato kiekio priklausomybė nuo temperatūros

Tyrimais nustatyta, kad 92 markės benzino su 10 % tūrio etanolio mišinio ir 95 markės benzino distiliacijos eiga praktiškai sutampa iki 60 °C temperatūros, o nuo 60 °C iki 137 °C temperatūros 92 markės benzino su 10 % tūrio etanolio mišinio distiliato kiekis viršija 95 markės benzino distiliato kiekį (16 pav.). Distiliacijos pabaigoje (nuo 137 °C temperatūros) tiriamo benzino distiliato kiekis mažesnis nei prekinio benzino.

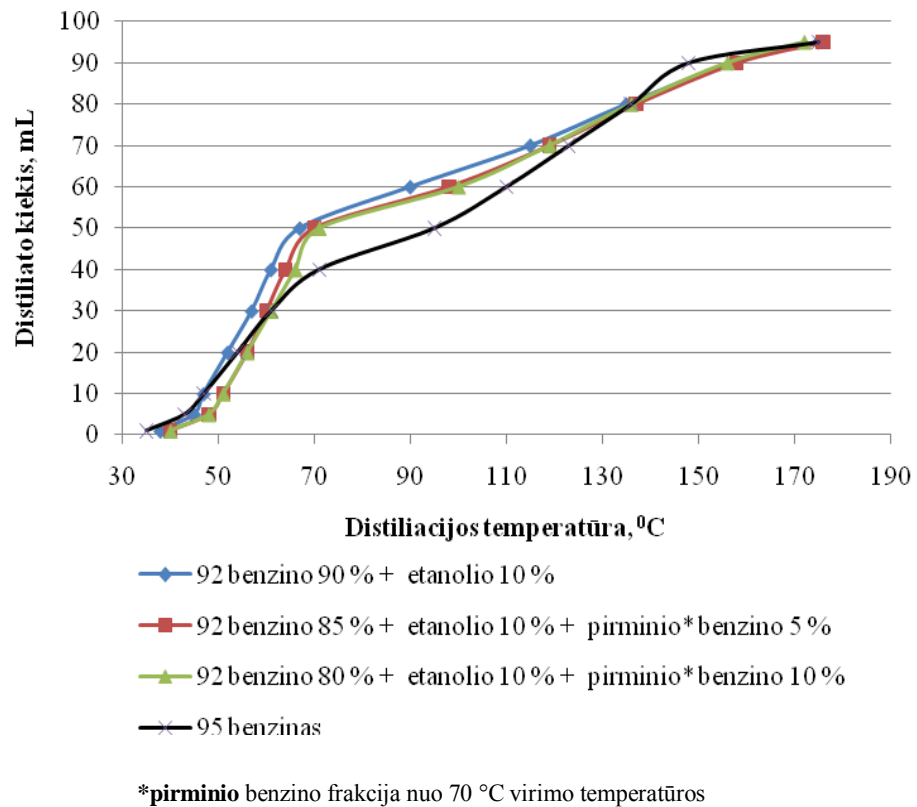
Pridėjus 10 tūrio procentų etanolio į 92 markės benziną gaunamas mišinys, kurio lakumas yra per didelis įprastiems nemodifikuotiems automobilių vidaus degimo varikliams (16 pav.), todėl buvo siekiama sumažinti mišinio lakumą: į 92 markės benzino ir 10 % tūrio etanolio mišinį buvo pridėti skirtingi kiekiai (5 ir 10 % tūrio) riformingo benzino, kurio lakumas yra mažas (9 pav.). Šių mišinių distiliacijos kreivės pateikiamos 17 paveiksle.



**17 pav.** 92 markės benzino su 10 % tūrio etanolio ir papildomu riformato kiekiu distiliato tūrio priklausomybė nuo temperatūros

17 paveiksle matyti, kad mišinio, sudaryto iš 85 tūrio procentų 92 markės benzino, 10 tūrio procentų etanolio ir 5 tūrio procentų riformingo benzino, distiliacijos kreivė pasikeitė. Naujo mišinio distiliacijos kreivė iki 70 °C temperatūros artimesnė prekinio 95 markės benzino distiliacijos kreivei, nei pradinis 92 markės benzino ir etanolio mišinys, į kurį papildomai nėra pridėta riformingo benzino. O mišinio, sudaryto iš 80 tūrio procentų 92 markės benzino, 10 tūrio procentų etanolio ir 10 tūrio procentų riformingo benzino distiliacijos kreivė yra labai artima prekinio 95 markės benzino distiliacijos kreivei iki 70 °C. Riformingo benzino distiliacijos pradžia 50 °C, o 92 markės benzino su 10 tūrio procentų etanolio distiliacijos pradžia 38 °C, todėl didinant riformingo benzino kiekį mišinyje, mažėja viso mišinio lakumas. Reikia pabrėžti, kad katalizinio riformingo benzinas turi aukštus oktaninius skaičius, todėl nemažins naujo mišinio antidetonacinių savybių.

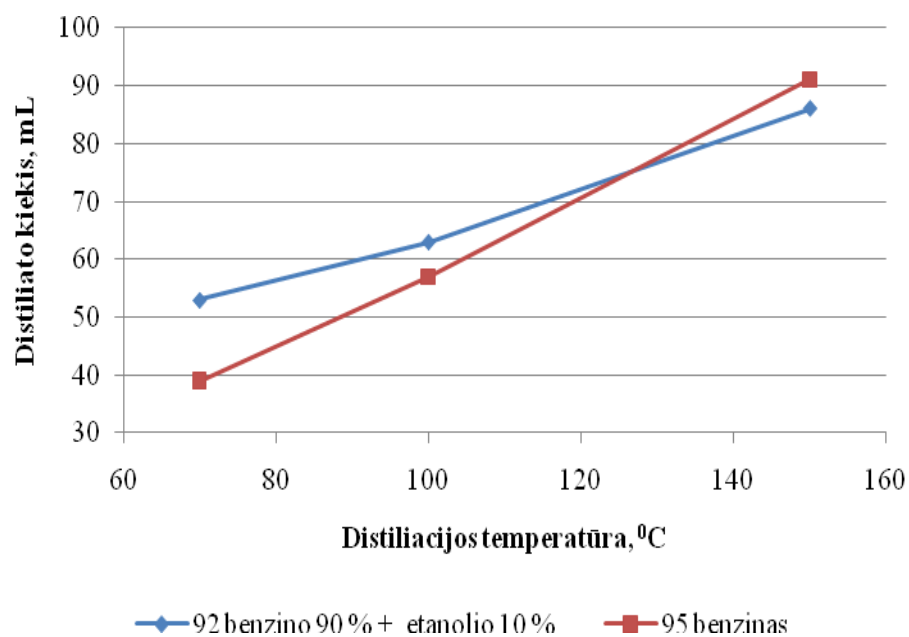
Tolesniems tyrimams tais pačiais kiekiais buvo imtas pirminis benzinas, be pradinės distiliacijos frakcijos iki 70 °C. Šių mišinių distiliacijos kreivės pateikiamos 18 paveiksle.



**18 pav.** 92 markės benzino su 10 % tūrio etanolio ir papildomu pirminio benzino\* kiekiu distiliato tūrio priklausomybė nuo temperatūros

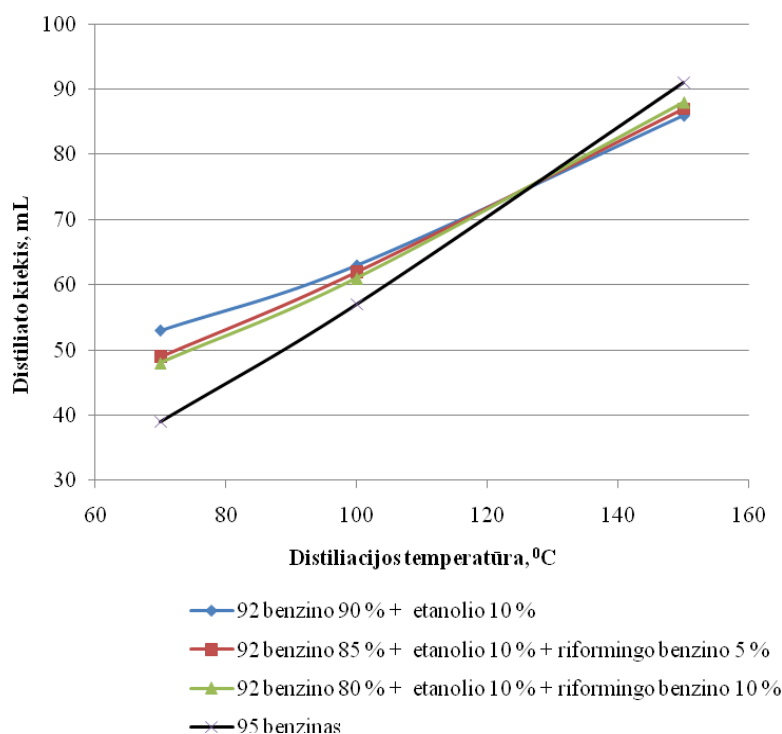
Apibendrinant 18 paveiksle pateiktus rezultatus pastebėta, kad į tiriamą 92 markės benzino su 10 tūrio procentų etanolio mišinį pridėjus skirtingą kiekį (5 tūrio procentus arba 10 tūrio procentų) pirminio benzino frakcijos, kurios virimo temperatūra yra aukštesnė nei 70 °C, gautų mišinių distiliacijos kreivės yra artimos 17 paveiksle pateiktų 92 markės benzino, etanolio ir reformato mišinių distiliacijos kreivėms.

Analizuojant mišinius pagal LST EN 228:2008 standartą ir LR vartojamų naftos produktų, biodegalų ir skystojo kuro privalomųjų rodiklių kokybės reikalavimų nustatytas normas, pateiktos skirtingų kompozicijų benzinų distiliato kiekio priklausomybės nuo virimo temperatūros kreivės (19 pav.). Tirta, ar gautas mišinys atitinka Europos Sąjungos standarto LST EN 228:2008 reikalavimus ir nustatyta, kad 92 markės benzino mišinys su 10 % tūrio etanolio esant 70 °C temperatūrai, neatitinka LST EN 228:2008 standarto, nes viršija E70 rodiklį, t.y. esant 70 °C temperatūrai išgarinto mišinio dalis yra 53 mL, o tai viršija standarto normą 3 mL. Kiti rodikliai, E100 ir E150 pagrindinės charakteristikos, t.y distiliato kiekis esant 100 °C ir 150 °C temperatūrai artimi 95 markės benzino charakteristikoms ir neviršija standarto reikalavimų.



**19 pav.** Benzinų distiliato kiekio priklausomybė nuo virimo temperatūros

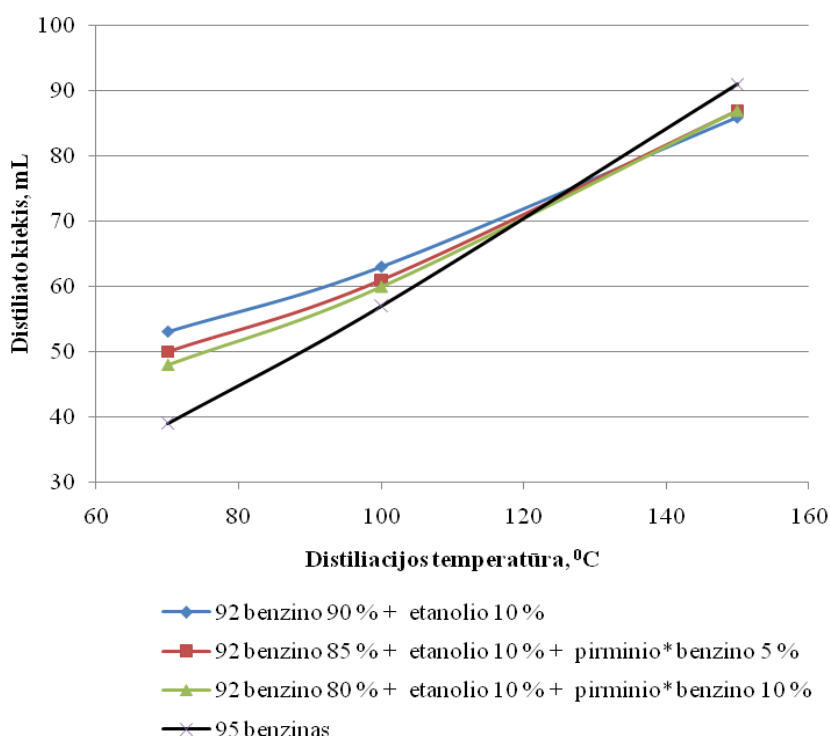
Remiantis anksčiau atliktais tyrimais, kad riformingo benzino su 10 % tūrio etanolio mišinio distiliato kiekis, esant 70 °C temperatūrai artėja prie standarte nustatytų minimalių ribų, t.y 20 mL, siekiant sumažinti lakumą į 92 markės benzino ir 10 % tūrio etanolio mišinį buvo pridėti skirtingi riformingo benzino kiekiai (20 pav.).



**20 pav.** Benzinų su riformatu distiliato kiekio priklausomybė nuo virimo temperatūros

Nustatyta, kad mišiniai, sudaryti iš 92 markės benzino, 10 tūrio procentų etanolio ir 5 arba 10 tūrio procentų riformato atitinka visus LST EN 228:2008 standarto reikalavimus, nes išgarinto produkto dalis esant 70 °C temperatūrai yra atitinkamai 48 ir 49 mL, o standarto nustatyta maksimali riba 50 mL.

Taip pat buvo analizuojamas 92 markės benzino su 10 % tūrio etanolio ir 5 % bei 10 % tūrio pirminio benzino frakcija nuo 70 °C temperatūros mišinio atitikimas standarto EN 228:2008 reikalavimus (21 pav.).

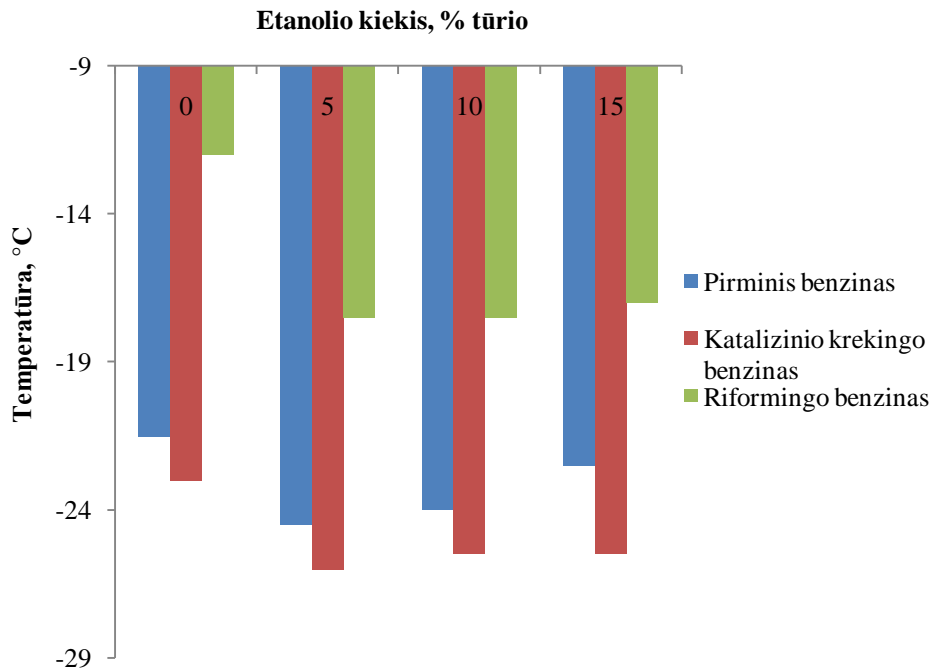


**21 pav.** Benzinų su pirminiu distiliatu distiliato kiekio priklausomybė nuo virimo temperatūros

Nustatyta, kad mišiniai, sudaryti iš 92 markės benzino, 10 tūrio procentų etanolio ir turintys 5 ir 10 tūrio procentų pirminio distiliato pilnai atitinka visus LST EN 228:2008 standarto reikalavimus (21 pav.).

### 3.5. Žemiausių aplinkos temperatūrų analizė

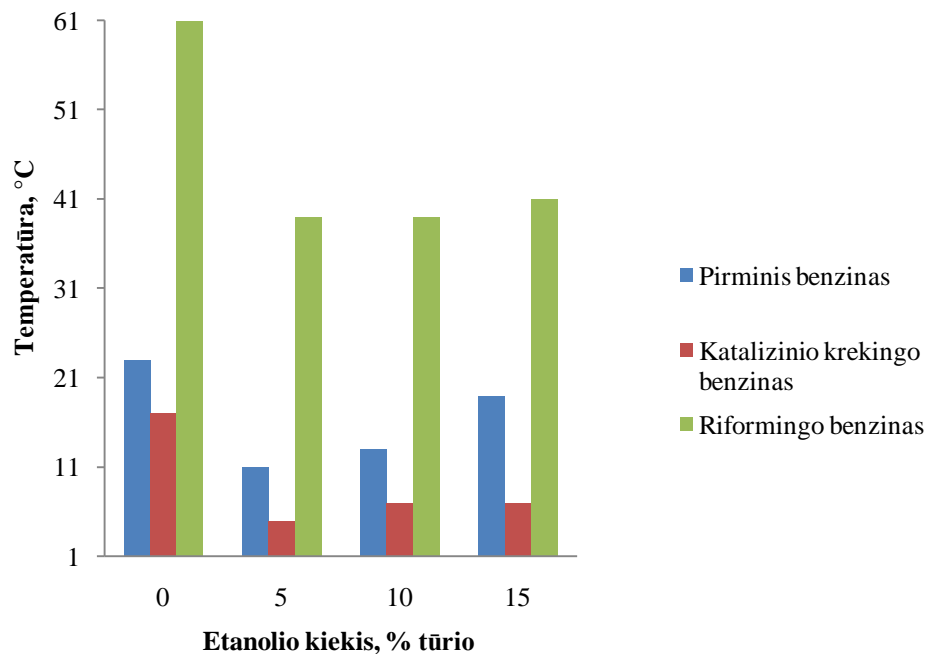
Žinant visų analizuotų mišinių 10 procentų nudistiliavimo temperatūrą  $t_{10}$  °C pagal 1 ir 2 formules buvo apskaičiuotos žemiausios temperatūros  $t_p$ , kuriose galima paleisti variklį nešildant ir  $t_g$ , kuriose jau gali susidaryti garų kamščiai. Skirtingų procesų benzinų ir etanolio mišinių eksperimento rezultatai pateikiami 22 ir 23 paveiksluose.



**22 pav.** Skirtingų procesų benzinų žemiausios aplinkos temperatūros, kurioje galima paleisti variklį nešildant, priklausomybė nuo etanolio kiekio

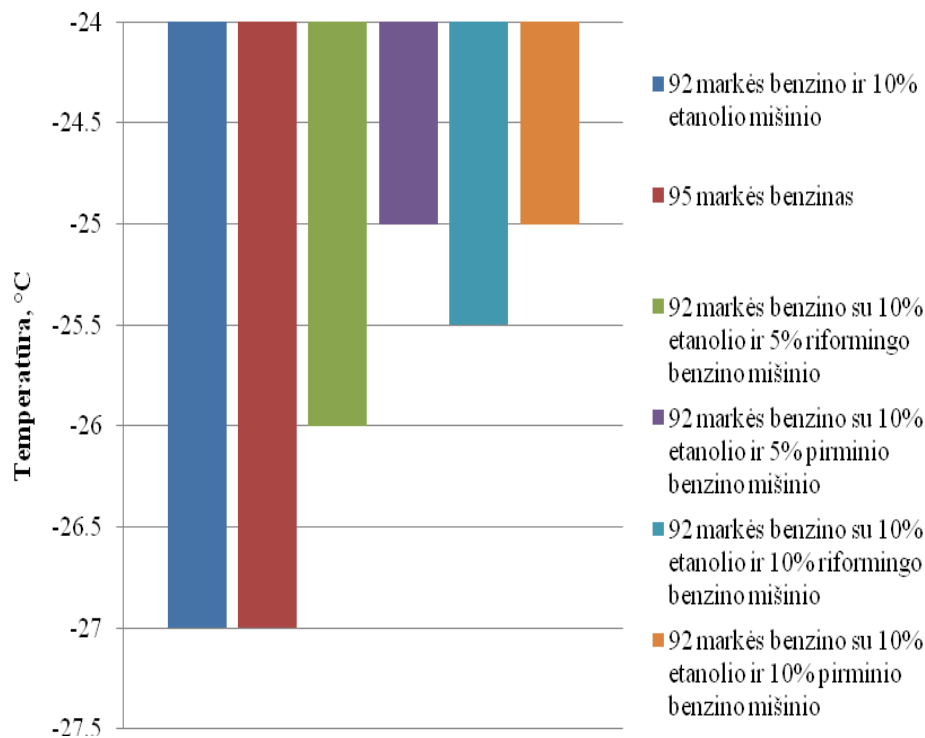
Analizuojant 22 pav. pateiktus rezultatus pastebėta, kad žemiausios aplinkos temperatūros, kuriose galima paleisti variklį nešildant yra katalizinio krekingo benzino ir etanolio mišinių, o riformingo benzino su etanolio mišinių – yra žymiai aukštesnės. Pastebėta, kad į procesų benzinus pridėjus 5 % tūrio etanolio variklį nešildant galima paleisti esant žemesnėms temperatūroms, negu naudojant benzinus be etanolio. Padidinus etanolio kiekį iki 10 % tūrio tik riformingo benzino žemiausia aplinkos temperatūra nesikeičia (tiek su 5 %, tiek su 10 % tūrio etanolio temperatūra 17,5 °C), o pirminio benzino ir katalizinio krekingo benzino temperatūra sumažėjo 0,5 °C. Padidinus etanolio kiekį iki 15 % tūrio jau katalizinio krekingo benzino temperatūra nesikeičia, o kitų nagrinėjamų procesų benzinų sumažėja (riformingo benzino 0,5 °C, o pirminio benzino 1,5 °C).

Nagrinėjant 23 pav. pateiktus duomenis matome, kad didžiausia tikimybė susidaryti garų kamščiams yra pirminio ir katalizinio krekingo benzinų su etanolio mišiniams. Pastebėta, kad į procesų benzinus pridėjus 5 % tūrio etanolio temperatūra, kurioje gali susidaryti garų kamščiai, akivaizdžiai sumažėjo lyginant su grynų procesų benzinų temperatūromis. Didžiausias sumažėjimas pastebimas riformingo benzino ir etanolio mišiniui (22 °C), o katalizinio krekingo ir pirminio benzino su 5 % tūrio etanolio temperatūra sumažėjo 12 °C. Didinant etanolio kiekį visų nagrinėjamų benzinų ir etanolio mišinių temperatūros didėja.



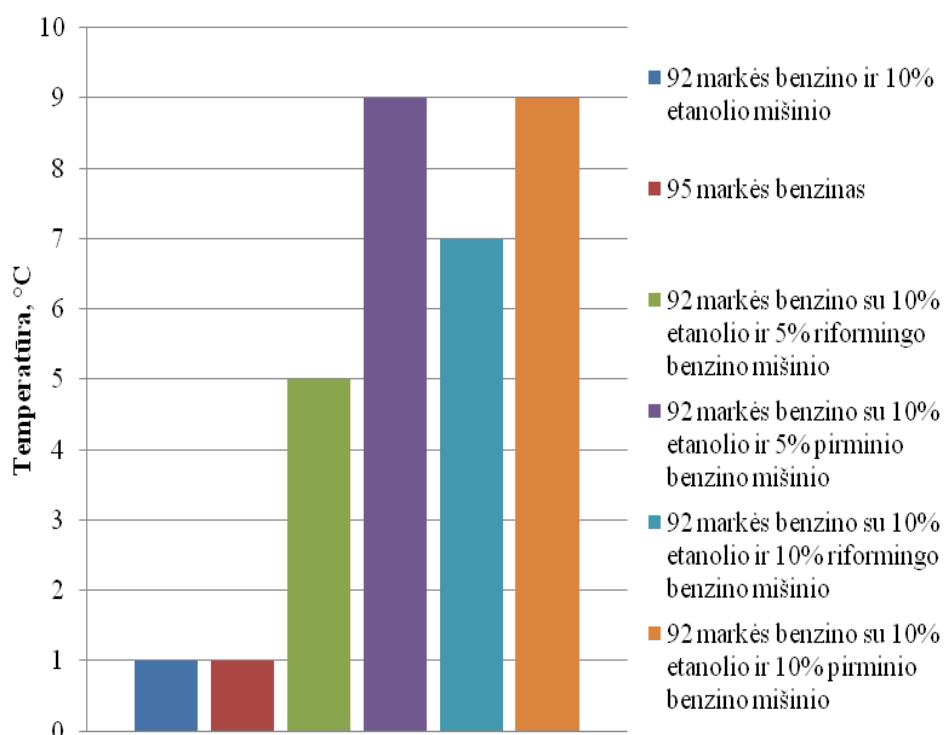
**23 pav.** Skirtingų procesų benzinų žemiausios aplinkos temperatūros, kurioje gali susidaryti garų kamščiai, priklausomybė nuo etanolio koncentracijos

Skirtingų 92 markės benzino pagrindu sudarytų mišinių su 10 % tūrio etanolio žemiausios temperatūros, kuriose galima paleisti variklį nešildant ir kuriose jau gali susidaryti garų kamščių pateikiamos 24, 25 paveiksluose.



**24 pav.** Skirtingų benzinų mišinių žemiausios aplinkos temperatūros, kuriose galima paleisti variklį nešildant

Iš 24 pav. pateiktų duomenų matome, kad 92 markės benzino su 10 % tūrio etanolio žemiausia aplinkos temperatūra, kurioje galima paleisti variklį nešildant yra - 27 °C ir lygi prekinio 95 markės benzino žemiausiai temperatūrai, o pridėjus 5 ir 10 % tūrio riformingo benzino variklį galima paleisti atitinkamai esant – 26 °C ir – 25,5 °C temperatūrai. Pastebėta, kad į 92 markės benzina su 10 % tūrio etanolio pridėjus 5 ir 10 % tūrio pirminio benzino frakcijos nuo 70 °C virimo temperatūros aplinkos temperatūra, lyginant su 92 markės benzino ir 10 % tūrio etanolio mišiniu, yra aukštesnė 2 °C, bet pirminio benzino frakcijos didinimas nuo 5 iki 10 % tūrio neturi įtakos variklio paleidimo temperatūrai, nes temperatūros pokyčio nėra.



**25 pav.** Skirtingų benzinų mišinių žemiausios aplinkos temperatūros, kuriose gali susidaryti garų kamščiai

Analizuojant 25 pav. pateiktas skirtingų benzino mišinių temperatūras, kuriose gali susidaryti garų kamščiai pastebėta, kad 92 markės benzino su 10 % tūrio etanolio ši temperatūra, kaip ir žemiausia variklio paleidimo temperatūra, yra lygi prekinio benzino temperatūrai, o papildomai pridėjus 10 % tūrio riformingo benzino arba pirminio benzino garų kamščių susidarymo temperatūra didėja ir didžiausia temperatūra pasiekama su papildoma pirminio benzino frakcija.

#### 4. IŠVADOS

1. Rezultatai, gauti atliktus temperatūrinę ir frakcinę katalizinio krekingo, pirminės distiliacijos ir riformingo procesų benzinų su 0 - 15 tūr. % etanolio distiliacijas, parodė, kad mišinių distiliacijos kreivių pokyčiai priklauso ne tik nuo etanolio kiekio, bet ir nuo tirtų benzinų cheminės sudėties. Labiausiai pasikeičia katalizinio riformingo benzino, praturtinto aromatiniais angliavandeniliais, distiliacijų kreivės. Nustatyta, kad labiausiai pasikeitė pirminio benzino tankis (padidėjo  $11 \text{ kg/m}^3$ ), o mažiausiai - riformingo benzino (sumažėjo  $2 \text{ kg/m}^3$ ). Didėjant etanolio kiekiui, visų mišinių šilumingumas mažėja. Katalizinio krekingo benzino šilumingumo pokyčiai didžiausi, o riformingo benzino mažiausi.
2. Nustatyta, kad 92 markės benzino ir 10 % tūrio etanolio mišinys, neatitinka distiliacijos reikalavimų pagal LST EN 228:2008 standartą, nes jo lakumas yra per didelis. Tyrimo rezultatai parodė, kad benzinų mišiniai, turintys 85 tūr. % 92 markės benzino, 10 tūr. % etanolio ir 5 tūr. % riformato arba pirminio benzino (frakcijos nuo  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  virimo temperatūros) jau atitinka LST EN 228:2008 standarto reikalavimus.
3. Iš distiliacijos parametrų apskaičiuotos žemiausios aplinkos temperatūros, kuriose gali susidaryti garų kamščiai ir kuriose galima paleisti variklį nešildant. Benzinų be etanolio šios temperatūros yra aukštesnės nei jų mišinių su etanolium. Tarp tirtų benzinų mišinių, sudarytų 92 markės benzino pagrindu su 10 tūr. % etanolio, žemiausios aplinkos temperatūros yra pradinio mišinio - 92 markės benzino su 10 tūr. % etanolio.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

- Aleksynas, A. 2005. Bioetanolis taupo benzina. Mano ūkis 3 [interaktyvus]. Žiūrėta 2009 m. vasario 8 d. Prieiga per internetą: <[www.manoukis.lt](http://www.manoukis.lt)>.
- Baltėnas, R.; Sologubas, L.; Sologubas, R. 1998. Automobilių degalai ir tepalai. Vilnius: TEV. 415 p.
- Barkauskas, V. J. 2007. Naftos perdirbimo technologija 1. Kaunas: Technologija. 78 p.
- Brevitt, B. 2002. Alternative Vehicle Fuels. House Of Commons Library. 66 p.
- Butanol as a Gasoline Blending Bio-component. 2007. Mobile Sources Technical Review Subcommittee [online]. Žiūrėta 2010 m. vasario 5 d. Prieiga per internetą: <[www.bp.com](http://www.bp.com)>.
- Buteliauskas, S. 2008. Automobilių sandara ir priežiūra. Kaunas: Technologija. 188 p.
- Butkus, A.; Pukalskas, S. 2006. The Research into the Influence of Ecological Petrol Additives in the Automobile Laboratory. Transport 19 (1): 24-27.
- Cardona, C. A.; Sanchez, O. J. 2007. Fuel ethanol production: Process design trends and integration opportunities. Bioresource Technology 98: 2415–2457.
- Corro, G.; Ayala, E. 2008. Bioethanol and diesel/bioethanol blends emissions abatement. Fuel 87: 3537–3542.
- Denafas, G.; Žaliamskienė, A.; Revoldas, V. 2001. Atliekų ir biomasės panaudojimo energetikos ir transporto reikmėms ekologiškumas. Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba 4 (18): 30 – 39.
- DIN 51900-1:2000 „Kietojo ir skystojo kuro bandymai. Šiluminės vertės nustatymas naudojant kalorimetrinę bombą“. Bendrieji duomenys, pagrindiniai prietaisai, pagrindiniai metodai 9 p.
- Ethanol Blends [online]. 2010. Žiūrėta 2010 m. kovo 26 d. Prieiga per internetą: <<http://www.afdc.energy.gov/afdc/ethanol/blends.html>>
- Europos Parlamento ir Tarybos Direktyva 2003/30/EB 2003 m. gegužės 8 d. dėl skatinimo naudoti biokurą ir kitą atsinaujinantį kurą transporte. Europos Sąjungos oficialus leidinys: 2009 m. gegužės 17 d. L123/42.
- Europos Parlamento ir Tarybos Direktyva 2009/30/EB, 2009 m. balandžio 23 d. dėl benzino, dyzelinių degalų (dyzelino) ir gazolių kokybės rodiklių, nustatanti šiltnamio efektą sukeliančių dujų

stebėsenos ir mažinimo mechanizmą. Europos Sąjungos oficialus leidinys: 2009 m. birželio 5 d. L140/88.

Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (EB) Nr. 1099/2008 dėl energetikos statistikos. 2008 m. spalio 22 d. Europos Sąjungos oficialusis leidinys: 2008 m. lapkričio 14 d. L 304/1.

Gapšys, A.; Dapkienė, V. 2007. Promotion of bioenergy production in the EU and Lithuania. *Agricultural and food products* 4 (38): 98 – 106.

Ghumman, A.; Vink, Ch.; Yopez, O.; Pickup, P. G. 2008. Continuous monitoring of CO<sub>2</sub> yields from electrochemical oxidation of ethanol: Catalyst, current density and temperature effects. *Power Sources* 177: 71–76.

Gimbutytė, I.; Aleksonis, A. 2008. Transporto tobulinimo galimybės miesto aplinkos gerinimui. Seminaro “Darnus mobilumas mieste” pranešimo medžiaga, įvykusio Kaune 2008 m. sausio 31 d.

Gonzalez, R.; Iglesias, M. 2008. Study of fuel oxygenates solubility in aqueous media as a function of temperature and tert-butyl alcohol concentration. *Chemosphere* 71: 2098 – 2105.

Gressel, J. 2008. Transgenics are imperative for biofuel crops. *Plant Science* 174: 246–263.

Guo, Y.; Zhong, J. 2007. Volatility of Blended Fuel of Biodiesel and Ethanol. *Energy Fuels* 21 (2): 188 -192.

Janulis, P. 2004. Biodegalų ir bioalyvų naudojimas Lietuvoje. Vilnius: Lietuvos žemės ūkio universiteto Leidybos centras. 71 p.

Janulis, P. 2007. Bioenergetikos plėtros perspektyvų analizė ir būtinos priemonės, siekiant užtikrinti mokslinių tyrimų ir technologinės plėtros bioenergetikoje koordinavimą. Kaunas: Akademija. 82 p.

Janulis, P.; Makarevičienė, V. 2000. Biodyzelinų degalų gyvavimo ciklo įvertinimas. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba* 4 (14): 27-33.

Jučas, P. 1992. Degalai ir tepalai. Vilnius: Mokslas. 256 p.

Jučas, P. 2006. Chemotologija. Kaunas: Akademija. 130 p.

Kamran, T.; Emad, R. 2009. Test run evaluation of a blend of fuel-grade ethanol and regular commercial gasoline: its effect on engine efficiency and exhaust gas composition. *Clean Technologies and Environmental Policy* 11: 385-389.

Karbauskas, G. 1999. Technologijos pagrindai I dalis. Mažeikiai: Laikmena. 112 p.

Kokybės pažymėjimas Nr. 76487\_906262. Automobilinis bešvinis 95 markės benzinas C klasė su bioetanoliu. Pažymėjimo įforminimo data: 2010 m. kovo 12 d.

Kokybės sertifikatas [interaktyvus]. 2008. Žiūrėta 2008 m. gruodžio 14 d. Prieiga per internetą: <[www.biofuture.lt](http://www.biofuture.lt)>.

Lebedevas, S.; Lebedeva, G. 2009. The problems of using alcohol biofuel mixtures in the Lithuanian transport system. *Transport* 24 (1): 58 – 65.

Levickas, T. 2007. Biodegalų naudojimas vidaus degimo varikliuose. *Transporto inžinerija* 1 sekcija: 239 – 245.

Lietuvos biomasės energetikos asociacija LITBIOMA. 2008. Lietuvos atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo skatinimo veiksmų planas 2010–2020 m. Vilnius. 215 p.

Lietuvos nacionalinės biodegalų technologinės platformos strateginės plėtros planas. Vilnius 2007 m. vasario 28 d. 28 p.

Lietuvos Respublikos 2000 m. liepos 18 d. Nr. VIII-1875 Biokuro, biodegalų ir bioalyvų įstatymas, *Valstybės žinios* 64 – 1940.

Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro, Ūkio ministro ir Susisiekimo ministro 2006 m. rugpjūčio 31 d. įsakymas Nr. D1-399/4-336/3-340 “Dėl LR vartojamų naftos produktų, biodegalų ir skystojo kuro privalomųjų kokybės rodiklių patvirtinimo“, *Valstybės žinios* 95 – 3739.

Lietuvos Respublikos Energetikos Ministerija. 2009. Atsinaujinančių išteklių energijos naudojimo 2010–2020 m. prognozių dokumentas. Vilnius. 8 p.

Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2004 m. rugpjūčio 26 d. nutarimas „Dėl biokuro gamybos ir naudojimo skatinimo 2004-2010 metais programos patvirtinimo“ *Valstybės žinios*, 133-4786.

Liubarskis, V. 2005. Biodegalų naudojimas. Raudondvaris: Milga. 50 p.

Lob, A.; Buenafe, R.; Abbas, N. M. 1998. Determination of oxygenates in gasoline by FTIR. *Fuel* 77 (15): 1861 – 1864.

LST EN 228:2008 standartas „Automobiliniai degalai. Bešvinis benzinas. Reikalavimai ir tyrimų metodai“ 11 p.

LST EN ISO 12185:1996 standartas „Žalia nafta ir naftos produktai. Tankio nustatymas. Vibracinis U vamzdelio metodas“ 13 p.

LST EN ISO 3405:2000 standartas „Naftos produktai. Distiliavimo charakteristikų nustatymas atmosferos slėgyje“ 35 p.

- Malca, J.; Freire, F. 2006. Renewability and life-cycle energy efficiency of bioethanol and bio-ethyl tertiary butyl ether (bioETBE): Assessing the implications of allocation. *Energy* 31: 3362–3380.
- Mažeika, M.; Matijošius, J. 2009. Naftos degalų ir etilo spirito mišiniai veikiančio variklio darbo rodiklių tyrimas. *Transporto inžinerija* 6 (1): 72 – 76.
- Mickevičius, V.; Miknius, L. 2009. Naftos chemija. Kaunas: Technologija. 123 p.
- Miliūnas, K. Biodegalų gamybos ir naudojimo pasaulyje bei Lietuvoje tendencijos. Lietuvos žemės ūkio universitetas [interaktyvus]. Žiūrėta 2009 m. spalio 14 d. Prieiga per internetą: <[www.lzuu.lt](http://www.lzuu.lt)>.
- Oliveira, M.; Burton, V.; Rykiel, E. Ethanol as Fuel: Energy, Carbon Dioxide Balances and Ecological Footprint. *Bioscience* 55 (7): 593 – 598.
- P.I.A.N.O Analysis by Analytical Automation Specialists, Inc. 2008. AB „ORLEN Lietuva“ tyrimo rezultatai.
- Pavon, J.; Sanchez, M.; Laespada, M.; Cordero, B. 2007. Simultaneous determination of gasoline oxygenates and benzene, toluene, ethylbenzene and xylene in water samples using headspace-programmed temperature vaporization-fast gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography* 1175: 106 – 111.
- Prasad, S.; Singh, A. 2007. Ethanol Production from Sweet Sorghum Syrup for Utilization as Automotive Fuel in India. *Energy Fuels* 21 (4): 415 - 420.
- Šeštakauskienė, B.; Karbauskas, G. 1999. Nafta ir jos sudėtis. Mažeikiai: Laikmena. 53 p.
- Song, J.; Liu, S.; Wang, J. 2009. Experiment study of oxygenates impact on n-heptane flames with tunable synchrotron vacuum UV photoionization. *Fuel* 88: 2297 – 2302.
- Spitzer, P.; Fisicaro, P.; Seitz, S.; Champion, R. 2009. pH and electrolytic conductivity as parameters to characterize bioethanol. *Accred Qual Assur* 14: 671 – 676.
- Švaresnis kuras ir transporto priemonės [interaktyvus]. 2005. Žiūrėta 2009 m. spalio 27 d. Prieiga per internetą: <[www.krea.lt](http://www.krea.lt)>.
- Taylor, G. 2008. Biofuels and the biorefinery concept. *Energy Policy* 36: 4406–4409.
- Wheals, A. E.; Basso, L. C.; Alves, D. M. 1999. Fuel ethanol after 25 years. *Trends in Biotechnology* 17(12): 482-487.
- Zabaniotou, A.; Ioannidou, O.; Skoulou, V. 2008. Rapeseed residues utilization for energy and 2nd generation biofuels. *Fuel* 87: 1492–1502.

# INVESTIGATION OF ETHANOL INFLUENCE ON GASOLINE CHARACTERISTICS

**R. Butkutė**

## Summary

The fuels mixtures with oxygenates in some cases are better as regular gasoline. Ethanol as oxygenate is very usable, because easily produced from biomass. The use of bio-based products in fuels is strategic government resolution. Social, economic and environmental requirements are related with fuel investigation now. It was found that gasoline with ethanol blends and reduces air polluting substances about 28%. Ethanol is blended with gasoline in various amounts from 3 to 85 percent by volume.

The alterations physical properties of different (continuous distillation, catalytic cracking, catalytic reforming) technological gasoline by various ethanol (5%<sub>v/v</sub>, 10%<sub>v/v</sub>, 15%<sub>v/v</sub>) concentration were researched. Experimental dates showed that distillation parameters of all mixtures are in dependence as of chemical composition of fuels as of the ethanol concentration. The density and calorific values of all mixtures were determined too.

The investigation gasoline with 10 percent ethanol by volume, confirm that mixture can be used without engine modification. The experimental results showed that mixture of 10 percent ethanol and 90 percent of 92 gasoline by volume is inadequate LST EN 228:2008 standard. It was found that complying with the requirements of normative acts of the optimal mixture composition must be composed gasoline with lower volatility. The addition of catalytic reforming gasoline or distillate fuel fraction (from 70 °C boiling temperature) to 92 gasoline with 10 percent ethanol by volume results the mixtures meet the requirements of LST EN 228:2008 standard.

# **PRIEDAI**

**1 priedas.** Distiliacijos rezultatų vidutinės reikšmės

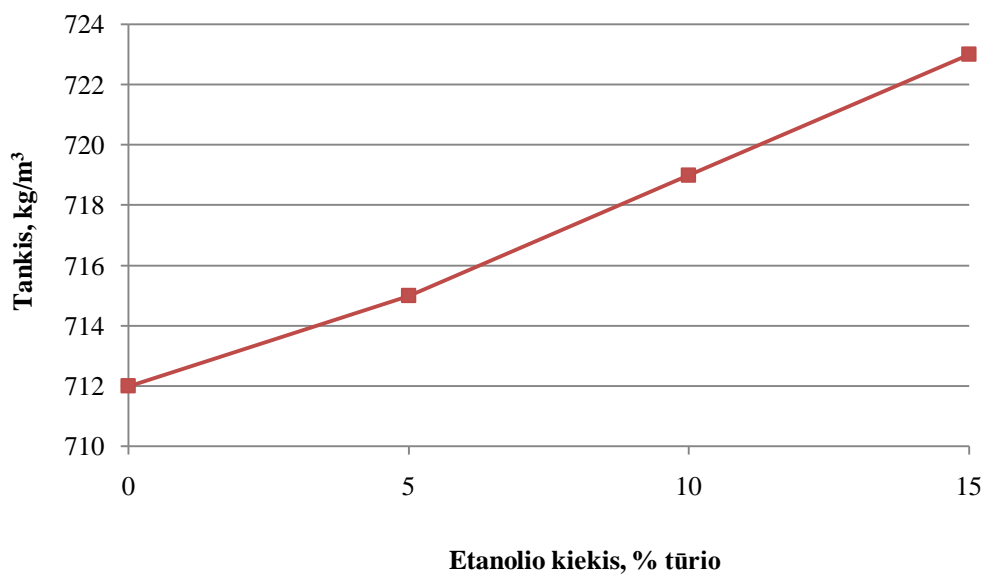
Pavyzdžio charakteristikos		Pirminis benzinai				Katalizinio krekingo benzinai				Riformingo benzinai			
Etanolio kiekis mišinyje, % tūrio		0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	15%
Pirmas lašas	Laikas, min	10	9	9	8	10	9	10	9	8	9	8	10
	Temperatūra, °C	39	39	40	41	38	39	40	40	50	52	54	55
Distiliacijos laikas, min		42	43	43	42	43	41	45	43	40	47	42	36
Temperatūra, °C	$t_5$	52	47	50	52	49	45	47	48	70	62	63	64
	$t_{10}$	58	52	53	56	55	49	50	50	77	66	66	67
	$t_{20}$	65	58	60	61	61	53	54	55	89	78	71	71
	$t_{30}$	75	64	64	65	70	59	59	60	99	99	79	74
	$t_{40}$	88	84	69	69	79	68	64	64	108	112	104	80
	$t_{50}$	98	97	85	72	86	87	68	69	118	121	118	114
	$t_{60}$	110	108	104	99	100	103	98	72	128	130	128	126
	$t_{70}$	121	119	117	118	116	120	116	115	138	140	137	136
	$t_{80}$	134	132	128	132	134	140	135	135	149	151	148	147
	$t_{90}$	150	149	147	149	156	162	158	158	164	166	161	161
	$t_{95}$	160	162	159	161	173	176	172	175	178	177	175	173
Išgarinto mišinio dalis, % tūrio	E70	25	33	42	44	30	41	52	53	5	14	19	19
	E100	52	53	58	61	60	58	61	64	32	31	37	45
	E150	90	91	92	91	88	85	87	88	81	79	81	81
Likučio tūris, mL		1,4	1,4	1,4	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,2	1,4	1,4	1,3
Distiliato tūris, mL		96	96	96	97	96	96	97	97	96	97	98	98
Distiliacijos baigmės temperatūra, (DBT), °C		162	164	160	163	174	177	175	178	181	192	184	186

Pavyzdžio charakteristikos		92 benzino 90 % + etanolio 10 %	92 benzino 85 % + etanolio 10 % + riformingo benzino 5 %	92 benzino 80 % + etanolio 10 % + riformingo benzino 10 %	92 benzino 85 % + etanolio 10 % + distiliato* benzino 5 %	92 benzino 80 % + etanolio 10 % + distiliato* benzino 10 %	95 benzinas
Pirmas lašas	Laikas, min	10	9	9	10	10	9
	Temperatūra, °C	38	39	40	40	40	35
Distiliacijos laikas, min		41	39	42	42	43	44
Temperatūra, °C	$t_5$	45	46	47	48	48	43
	$t_{10}$	47	49	50	51	51	47
	$t_{20}$	52	54	55	56	56	54
	$t_{30}$	57	58	60	60	61	61
	$t_{40}$	61	63	65	64	66	71
	$t_{50}$	67	71	71	70	71	95
	$t_{60}$	90	93	99	98	100	110
	$t_{70}$	115	118	119	119	119	123
	$t_{80}$	135	136	135	137	136	136
	$t_{90}$	157	158	154	158	156	148
Išgarinto mišinio dalis, % tūrio	E70	53	48	49	50	48	39
	E100	63	62	61	61	60	57
	E150	86	87	88	87	87	91
Distiliato tūris, mL		96	96	97	96	97	96
Distiliacijos baigmės temperatūra, (DBT), °C		176	179	180	181	179	178

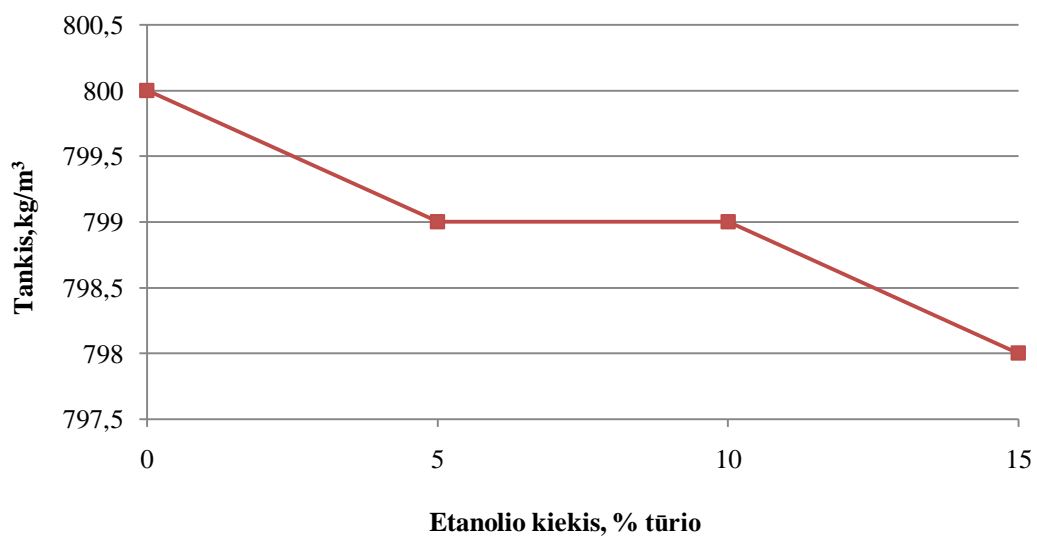
2 priedas. Žemiausių aplinkos temperatūrų rezultatai

	<b>Aplinkos temperatūra, kurioje galima paleisti variklį nešildant, °C</b>	<b>Aplinkos temperatūra, kurioje jau gali susidaryti garų kamščiai, °C</b>
<b>Pirminio benzino</b>	-21.5	23
<b>Pirmino benzino ir 5% etanolio mišinio</b>	-24.5	11
<b>Pirmino benzino ir 10% etanolio mišinio</b>	-24	13
<b>Pirmino benzino ir 15% etanolio mišinio</b>	-22.5	19
<b>Katalizinio krekingo benzinas</b>	-23	17
<b>Katalitinio krekingo benzino ir 5% etanolio mišinio</b>	-26	5
<b>Katalitinio krekingo benzino ir 10% etanolio mišinio</b>	-25.5	7
<b>Katalitinio krekingo benzino ir 15% etanolio mišinio</b>	-25.5	7
<b>Riformingo benzinas</b>	-12	61
<b>Riformingo benzino ir 5% etanolio mišinio</b>	-17.5	39
<b>Riformingo benzino ir 10% etanolio mišinio</b>	-17.5	39
<b>Riformingo benzino ir 15% etanolio mišinio</b>	-17	41
<b>95 markės benzinas</b>	-27	1
<b>92 markės benzino ir 10% etanolio mišinio</b>	-27	1
<b>92 markės benzino su 10% etanolio ir 5% riformingo benzino mišinio</b>	-26	5
<b>92 markės benzino su 10% etanolio ir 10% riformingo benzino mišinio</b>	-25.5	7
<b>92 markės benzino su 10% etanolio ir 5% pirminio benzino mišinio</b>	-25	9
<b>92 markės benzino su 10% etanolio ir 10% pirminio benzino mišinio</b>	-25	9

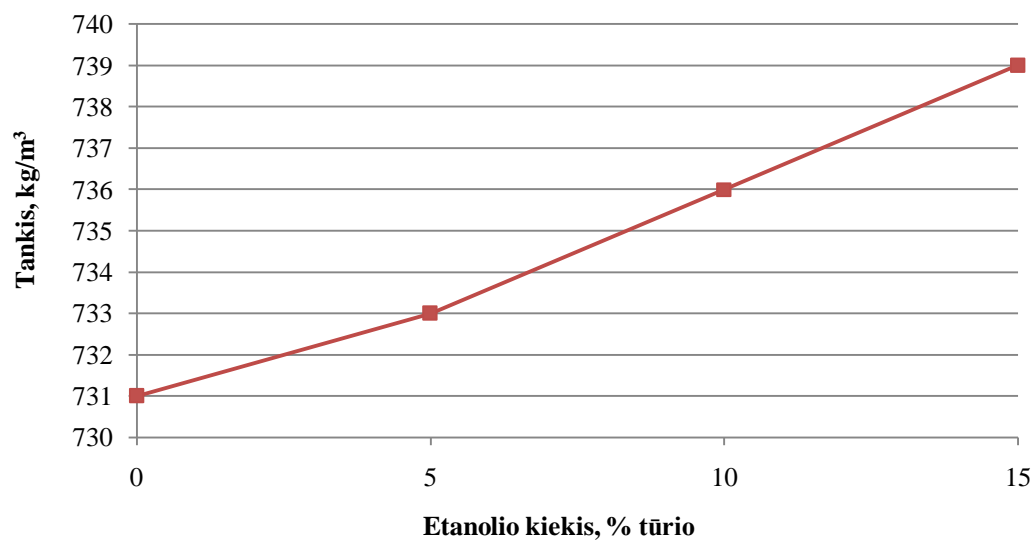
### 3 priedas. Tankio rezultatai



1 pav. Pirminio benzino tankio priklausomybė nuo etanolio koncentracijos



2 pav. Riformingo benzino tankio priklausomybė nuo etanolio koncentracijos



3 pav. Katalizinio krekingo benzino tankio priklausomybė nuo etanolio koncentracijos

**4 priedas. 92 ir 95 markės benzinių kokybės rodikliai (kokybės pažymėjimas)**

<b>Kokybės rodiklio pavadinimas</b>	<i>92 markės norma</i>	<b>92 markės faktiškai</b>	<i>95 markės norma</i>	<b>95 markės faktiškai</b>
Tiriamasis oktaninis skaičius (TOS), ne mažesnis kaip	92,0	92,2	95,0	96,7
Variklinis oktaninis skaičius (VOS), ne mažesnis kaip	82,0	83,3	85,0	85,2
Tankis, esant +15°C, kg/m <sup>3</sup>	720–775	737	720–775	746,5
Švino kiekis, mg/kg, ne didesnis kaip	5	1	5	2,5
Sieros kiekis, mg/kg, ne didesnis kaip	50,0	28,5	10,0	5,8
Oksidacinio stabilumo trukmė, min, ne mažiau kaip	360	360	360	360
Esamųjų dervų kiekis (išplautas tirpikliu), mg/100 ml, ne didesnis kaip	5	1	5	1
Vario plokštelės korozija (3 h esant 50 °C), korozijos laipsnis, ne didesnis kaip	1	1a	1	1a
Išvaizda	Švarus ir skaidrus	Švarus ir skaidrus	Švarus ir skaidrus	Švarus ir skaidrus
Angliavandenilių kiekis, % tūrio, ne didesnis kaip				
Alkenų	21,0	9,5	18,0	12,1
Arenų (aromatinių)	35,0	28,7	35,0	29,8
Benzeno kiekis, % tūrio, ne didesnis kaip	1,0	0,55	1,00	0,25
Deguonies kiekis, % masės, ne didesnis kaip	2,7	0	2,7	2,55
Organinių junginių (oksigenatų) kiekis, % tūrio, ne didesnis kaip				
Metanolio	3,0	0	3,0	0
Etanolio	5,0	0	5,0	4,85
Izopropilo alkoholio	10,0	0	10,0	0
Izobutilo alkoholio	10,0	0	10,0	0
Tretbutilo alkoholio	7,0	0	7,0	0,05
Eterių (5 ar daugiau C atomų):	15	0	15	-
MTBE			-	4,37
ETBE			-	0
Kitų oksigenatų	10	0	10	0
Garų slėgis, (GS) kPa	50,0–80,0	69,6	50,0–80,0	66,2
Distiliacijos charakteristikos:				
Išgarinto produkto kiekis esant 70°C, E70, % tūrio	22,0–50,0	35,8	22,0–50,0	40,7
Išgarinto produkto kiekis esant 100°C, E100, % tūrio	46,0–71,0	57,3	46,0–71,0	59,2
Išgarinto produkto kiekis esant 150°C, E150, % tūrio, ne mažesnis kaip	75,0	86,7	75,0	93,3
Distiliacijos baigmės temperatūra, (DBT), °C, ne aukštesnė kaip	210	196	210	180
Distiliacijos likutis, % tūrio, ne didesnis kaip	2	1	2	1
Lakumo indeksas, ne didesnis kaip	-	-	1050	983