



ISSN 1392-8244

AGROINŽINERIJA IR ENERGETIKA

Nr. 24. 2019

VDU Žemės ūkio
inžinerijos fakulteto
mokslo populiarinimo
žurnalas



ISSN 1392-8244 (spausdintas)

**Vytauto Didžiojo universiteto
Žemės ūkio akademija**

Agroinžinerija ir energetika

***VDU Žemės ūkio inžinerijos fakulteto mokslo
populiarinimo ir gamybos žurnalas***

Nr. 24



Kaunas, 2019

Redakcinė kolegija:

Doc. dr. Rolandas Domeika, doc. dr. Jonas Čėsna,
doc. dr. Eglė Jotautienė, doc. dr. Kęstutis Venslauskas,
doc. dr. Gediminas Pupinis

Rolandas Domeika – vyriausiasis redaktorius, tel. (8 37) 75 23 24

Jonas Čėsna – atsakingasis sekretorius, tel. (8 37) 75 23 32

Julia Kvietkauskienė – techninis redaktorius, tel. (8 37) 75 22 85

Redakcinės kolegijos adresas:

Studentų g. 15, Akademija, 53361, Kauno r.

*Straipsniai žurnale „Agroinžinerija ir energetika“ yra recenzuojami.
Už straipsnių turinį ir kalbą atsako autoriai.*

Leidinio bibliografinė informacija pateikiama Lietuvos nacionalinės Martyno Mažvydo bibliotekos Nacionalinės bibliografijos duomenų banke (NBDB).

TURINYS

<i>Aurimas Masaitis, Kęstutis Venšlauskas.</i> BIODUJŲ GAMYBOS IŠ MĖTOS STIEBŲ BIOMASĖS TYRIMAS	7
<i>Dovydas Austynas, Gediminas Pupinis.</i> TRANSPORTO PRIEMONIŲ AUTOĮVYKIŲ MODELIAVIMAS	11
<i>Karolis Miliauskas.</i> DEGALŲ ĮPURŠKIMO SLĖGIO ĮTAKA DYZELINIO VARIKLIO DARBO RODIKLIAMS	17
<i>Jurijus Syčiovas.</i> BĖGIŲ TERMITINIO SUVIRINIMO SIŪLĖS TYRIMAS	21
<i>Linas Sindaravičius, Antanas Kavolynas.</i> ELEKTROS SKIRSTOMOJO TINKLO, KURIAME INTEGRUOTOS SAULĖS ELEKTRINĖS, ELEKTROS ENERGIJOS KOKYBĖS TYRIMAS	27
<i>Martynas Mickevičius, Kęstutis Venšlauskas.</i> INTEGRUOTOS Į ELEKTROS TINKLĄ IŠMANIOSIOS SAULĖS ELEKTRINĖS TYRIMAS	32
<i>Julija Rukaitė, Darius Juknevičius, Egidijus Šarauskis, Sidona Buragienė.</i> DIRVOŽEMIO ORGANINĖS ANGLIES TYRIMAI IR ŽIEMINIŲ RAPSŲ GYVAVIMO CIKLO ANGLIES PĖDSAKO VERTINIMAS.....	37
<i>Darius Gendrėnas, Gediminas Pupinis.</i> AUTOMOBILIO PADANGOS EKSPLOATAVIMO SAVYBIŲ IR DISBALANSO ĮTAKA RATO VIBRACIJAI	43
<i>Robertas Matukaitis, Kastytis Laurinaitis.</i> TECHNINĖSE APŽIŪROSE NUSTATOMŲ LENGVŲJŲ AUTOMOBILIŲ TRŪKUMŲ ANALIZĖ	50
<i>Mantas Norbutas, Aušra Čiplienė.</i> ŽOLINIŲ AUGALŲ BIOMASĖS KOKYBĖS IŠSAUGOJIMAS ANAEROBINĖMIS SĄLYGOMIS	56
<i>Viktorija Žukaitė, Algirdas Jasinskas, Dionizas Streikus.</i> NETRADICINIŲ ŽOLINIŲ AUGALŲ GRANULIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS	61
<i>Justinas Anušauskas, Dainius Steponavičius, Valdas Kiniulis.</i> POBŪGNIŲ SKERSINĖS JUOSTOS FORMOS ĮTAKA KUKURŪZŲ BURBUOLIŲ IŠKULIAMUMUI IR GRŪDŲ SUŽALOJIMUI.....	66
<i>Andrius Stasiukynas.</i> TARPINIO ORO AUŠINIMO ĮTAKA TURBODYZELINIO VARIKLIO DARBO RODIKLIAMS.....	73

Jonas Kuzmickas, Remigijus Zinkevičius. SPECIALIŲ PLYŠINIŲ HORIZONTALAUS SRAUTO PURKŠTUKŲ, SKIRTŲ DIRVINIAMS HERBICIDAMS IŠPURKŠTI, DARBO KOKYBĖS TYRIMAI.....	79
Gytis Pašvenskas, Algirdas Jasinskas. SILOSO RUOŠIMO IR PAĖMIMO IŠ TRANŠĖJOS TECHNOLOGINIS-TECHNINIS IR PAŠARŲ KOKYBĖS ĮVERTINIMAS	82
Tautvydas Maskaliūnas, Tomas Mickevičius. AVIACINIŲ DEGALŲ JET A1 IR JŲ MIŠINIŲ SU DYZELINIAIS DEGALAIS TEPUMO SAVYBIŲ TYRIMAS	89
Karolis Perednis. DEGINIŲ RECIRKULIACIJOS ĮTAKA DYZELINIO VARIKLIO DARBO RODIKLIAMS	93
Žygimantas Morozas, Algirdas Janulevičius. AUTOMOBILIO MASĖS CENTRO ĮTAKA STABDYMO RODIKLIAMS.....	97
Raivydas Prakopimas, Egidijus Zvicevičius. ŠILUMOS GAMYBOS TECHNOLOGIJOS BLOKURO KATILINĖJE ANALIZĖ	102
Audrius Sapronas, Kastytis Laurinaitis. HIDRAULINIO AKUMULIATORIAUS DUJŲ SLĖGIO ĮTAKA HIDRAULINĖS SISTEMOS DARBO RODIKLIAMS	108
Tomas Povilas Ražanauskas, Eglė Jotautienė. GRANULIUOTŲ MĖŠLO TRĄŠŲ IŠBARSTYMO SKLAIDOS MODELIAVIMAS.....	112
Karolis Šiaulys, Algirdas Janulevičius. PADANGŲ PRIPŪTIMO SLĖGIO NEVIENODUMO ĮTAKA AUTOMOBILIO STABDYMO RODIKLIAMS.....	117
Edgaras Paščiukas. MEDIENOS PjuvenŲ BIOMETRINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAI.....	122
Tomas Krakaitis. COMMON RAIL DYZELINĖS MAITINIMO SISTEMOS PURKŠTUVŲ ATSTATYMO TECHNOLOGIJOS TINKAMUMO TYRIMAS	128
Darius Sindaravičius, Antanas Kavolynas. 10 KV SKIRSTOMŲJŲ ELEKTROS TINKLŲ RAJONO (N) ELEKTROS ENERGIJOS TIEKIMO PATIKIMUMO TYRIMAS	132
Andrius Grigas, Dainius Steponavičius, Aušra Steponavičienė. HIDROPONIKOS ĮRENGINIO TECHNOLOGINIŲ PARAMETRŲ ĮTAKA AUGINANT KVIEČIŲ ŽELMENIS	138

Gediminas Radžiūnas, Artūras Kupčinskas, Raimundas Kreivaitis. JONINIŲ SKYSČIŲ TRIBOLOGINĖS SAVYBĖS	148
Justas Tamošiūnas, Tomas Mickevičius. AVIACINIŲ JET A-1 DEGALŲ ĮTAKA DYZELINĖS „COMMON RAIL“ MAITINIMO SISTEMOS PATIKIMUMUI	159
Karolis Stankevičius, Algirdas Janulevičius. KRAUTUVŲ PADANGŲ PROTEKTORIAUS ĮGILINIMO ĮTAKA EKSPLOATACINIAMS RODIKLIAMS	164
Tadas Petraška, Aušra Čiplienė. GRIKIŲ LUKŠTŲ ĮTAKA GRANULIŲ KOKYBEI	169
Paulius Jasevičius, Edvardas Vaiciukevičius. KVIEČIŲ RŪŠIAVIMO ORO SRAUTE TYRIMAI	175
Tomas Masiulis, Kęstutis Venšlauskas. MAISTO GAMYBOS ŠALUTINIŲ PRODUKTŲ PERDIRBIMO Į BIODUJAS TYRIMAS.....	180
Nerijus Lapinskas, Eglė Jotautienė. GRANULIUOTŲ MĖŠLO TRAŠŲ IŠBARSTYMO SKLAIDOS TYRIMAS	184
Valentinas Lekavičius, Kęstutis Venšlauskas. SAULĖS ELEKTRINĖS SU MIKRO-INVERTERIU TYRIMAS	189
Laurynas Spogis, Dainius Steponavičius. TIKSLIOSIOS SĖJOS ŽEMĖLAPIŲ SUDARYMO METODIKA.....	194
Rimvydas Krocas, Gediminas Pupinis. AUTOMOBILIO STABDYMO KELIO TYRIMAS ESANT SLIDŽIAI DANGAI SU SKIRTINGO TIPO ŽIEMINĖMIS PADANGOMIS.....	201
Alvydas Šveikauskas, Kęstutis Navickas, Kęstutis Venšlauskas. PREKYBOS BIOSKAIDŽIŲ ATLIEKŲ, PERDIRBAMŲ Į BIODUJAS, ENERGETINIS POTENCIALAS	206
Lukas Kirkus, Eglė Jotautienė. JAVŲ KOMBAINO NUOŽULNIOSIOS KAMEROS GUOLIŲ TYRIMAS VIBRO ANALIZĖS METODU.....	210
Nerijus Pašvenskas, Jonas Čėsna. ŠIAUDŲ GRANULIŲ PANAUDOJIMAS SIEKiant SUMAŽINTI KENKSMINGŲ DUJŲ EMISIJAS	216
Martynas Anušauskas, Kęstutis Navickas. SMULKAUS ŪKIO BIODUJŲ JĖGAINĖS ENERGINIO POTENCIALO TYRIMAS	221

<i>Audrius Adomėlis, Valdas Kiniulis, Augustinas Bimbiris, Dainius Steponavičius.</i> KUKURŪZŲ BURBUOLĖS ELGSENA SPRAGILO SMŪGIO POVEIKYJE	226
<i>Arvydas Pauliukas, Eligijus Buzas.</i> VARIKLINĖS ALYVOS UŽTERŠTUMO TYRIMAS	235
<i>Mindaugas Kanišauskas, Kęstutis Navickas.</i> MAISTO ATLIEKŲ IR NUOTEKŲ DUMBLO MIŠINIO BIODUJŲ GAMYBOS POTENCIALAS	240
REIKALAVIMAI STRAIPSNIAMS ŽURNALE „AGROINŽINERIJA IR ENERGETIKA“	245

BIODUJŲ GAMYBOS IŠ MĖTOS STIEBŲ BIOMASĖS TYRIMAS

Aurimas Masaitis, Kęstutis Venslauskas

Įvadas

Mėtos genties augalai, atsižvelgiant į veislę, plačiai naudojami maisto, tabako, kosmetikos, farmacijos pramonėse. Didžioji dalis mėtų į rinką yra tiekiamos džiovintos arba iš jų išgaunamas eterinis aliejus. Mėtų naudingos medžiagos yra kaupiamos lapuose, todėl apdorojimo metu lapai yra atskiriami nuo stiebų ir naudojami eterinių aliejų išgavimui [1]. Nepanaudoti stiebai lieka kaip šalutinė produkcija, kurią būtų galima surinkti ir panaudoti biodujų gamybai ir taip gauti pridėtinę vertę. Viename hektare galima užauginti apie 20 tonų pipirmėčių žaliosios masės, iš kurios galima išgauti apie 250 kg eterinio aliejaus [2]. Lietuvoje auga 11 skirtingų mėtos rūšių, kurių stiebai gali užaugti iki 110 cm aukščio ir iki 8 mm storio. Stiebai, priklausomai nuo veislės, gali būti keturbriauniai, statūs arba kylantys, negausiai šakoti, pliki arba plaukuoti [3, 4, 5]. Remiantis Jungtinių Tautų maisto ir žemės ūkio organizacijos duomenimis, 2017 metais pasaulyje buvo užauginta 99768 t pipirmėčių masės, iš kurios pagaminta apie 5600 t eterinio aliejaus [6].

Tyrimo tikslas ir uždaviniai

Tyrimų tikslas – ištirti mėtos stiebų biomasės anaerobinio perdirbimo į biodujas galimybes ir nustatyti biodujų potencialą.

Uždaviniai: atlikti eksperimentinius mėtos stiebų perdirbimo į biodujas tyrimus; nustatyti biometano išeigą iš mėtos stiebų biomasės.

Tyrimų metodika

Tyrimams buvo naudoti „Imbierinės“ mėtos, pipirmėtės „Multimentha“ ir pipirmėtės „Swiss“ veislių stiebai. Susmulkintų mėtos stiebų biomasės perdirbimas į biodujas vykdytas anaerobinėje aplinkoje, biodujų reaktoriuje palaikant $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ mezofilinę temperatūrą. Tyrimai atlikti trimis pakartojimais.

Tyrimams naudotų mėtos stiebų cheminės analizės rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Mėtos stiebų cheminė sudėtis.

Tyrimų parametras	Tyrimo rezultatai		
	„Imbierinė“ mėta	Pipirmėtė „Multimentha“	Pipirmėtė „Swiss“
Sausosios medžiagos, %	28,77	31,15	32,32
Pelenų kiekis, %	6,22	5,65	5,41
Ląstelienos kiekis, %	32,69	47,62	51,57

Tyrimams atlikti buvo naudotas standas „Bioprocess controll AMPTS“. Tyrimai buvo atliekami įkraunant vienkartinės 25 g įkrovas į laboratorinius 400 ml reaktorius ir ten išlaikomi 20 parų.

Mėtos stiebų biomasės energinė vertė, gauta biodujų gamybos metu (MJ/kg) apskaičiuojama pagal šią lygtį [7]:

$$E_M = b_M \cdot e_b, \quad (1)$$

čia: b_M – biometano išeiga iš žaliavos masės vieneto, m^3/kg ;

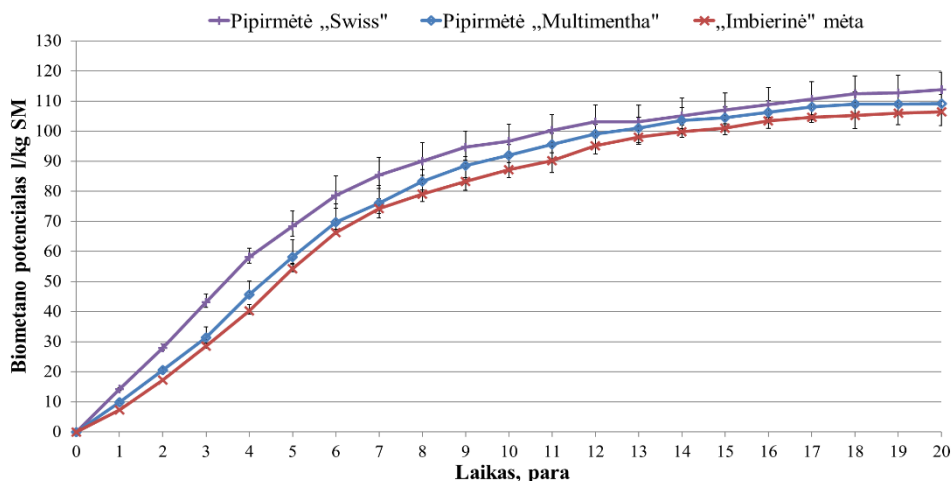
e_b – biometano energinė vertė, MJ/m^3 .

Tyrimų rezultatai

Atlikus mėtos stiebų cheminės sudėties tyrimus, nustatyta, kad sausoji medžiaga sudarė nuo 28,77 % iki 32,32 %, o pelenų kiekis nuo 5,41 % iki 6,22 %.

Mėtų stiebų biomasės anaerobinio perdirbimo metu degradacija nebuvo labai intensyvi ir truko 20 parų (1 pav.). Ištyrus trijų skirtingų veislių mėtų stiebų biomasę, pastebėta, kad per pirmąsias 13 bandymo parų buvo pagaminta apie 90 % viso biometano kiekio. Likusio tyrimo metu pagaminto biometano kiekis kilo nežymiai iki kol visiškai nusistovėjo.

Eksperimentinio tyrimo metu vidutinė biometano išeiga iš pipirmėtės „Swiss“ stiebų vieno kilogramo masės buvo 36,37 l, o iš sausosios medžiagos vidutiniškai buvo išgauta 113,83 l biometano. Tiriant pipirmėtės „Multimentha“ stiebų biomasę, gauta vidutiniškai 33,94 l biometano iš vieno kilogramo masės ir 109,10 l biometano iš sausosios medžiagos. Biometano išeiga iš „Imbierinės“ mėtos stiebų masės sudarė vidutiniškai 31,71 l/kg, o iš sausosios medžiagos 106,39 l/kg.



1 pav. Biometano išeiga iš sausosios medžiagos

Apskaičiavus stiebų biomasės energines vertes, gauta, kad pipirmėtės „Swiss“ stiebų biomasės energinė vertė yra didžiausia ir lygi 1,28 MJ/kg, pipirmėtės „Multimentha“ 1,20 MJ/kg, o „Imbierinės“ mėtos 1,12 MJ/kg.

Palyginus gautus rezultatus su kitais atliktais moksliniais tyrimais, galima teigti, kad mėtų stiebų biomasės vidutinė biometano išeiga buvo mažesnė už rykštinės soros siloso biomasę (236–260 l metano dujų iš 1 kilogramo rykštinės soros sausosios organinės medžiagos) bei panašesnė į apsauginėje kelio zonoje augančią biomasę (išgauta 145–177 l metano iš 1 kilogramo sausosios organinės medžiagos [8, 9]).

Išvados

1. Atlikus mėginių cheminę analizę nustatyta, kad „Swiss“ pipirmėtės veislės stiebais išsiskyrė didžiausiu sausųjų medžiagų (32,32 %) kiekiu bei turėjo mažiausią pelenų kiekį (5,41 %). Mažiausią sausųjų medžiagų (28,77 %) bei didžiausią pelenų kiekį (6,22 %) turėjo „Imbierinės“ mėtos veislės stiebais.
2. Atliekant biometano gamybos tyrimus, vidutiniškai išgauta 106,39 l CH₄/kgSM iš „Imbierinės“ mėtos stiebų, 109,10 l CH₄/kgSM iš „Multimentha“ pipirmėtės stiebų ir 113,83 l CH₄/kgSM iš „Swiss“ pipirmėtės stiebų.
3. Apskaičiuota, kad didžiausią energinę vertę turėjo pipirmėtės „Swiss“ stiebų biomasė (1,28 MJ/kg). Mažiausia energinė vertė nustatyta „Imbierinės“ mėtų stiebų biomasėje – 1,12 MJ/kg.

Literatūra

1. Department of agriculture, forestry and fisheries. *Peppermint production*. [Žiūrėta 2019 02 18]. Prieiga per: <<https://www.daff.gov.za/Daffweb3/Portals/0/Brochures%20and%20Production%20guidelines/Production%20Guidelines%20Peppermint.pdf>>.
2. Rita P., Animesh D.K. *An updated overview on peppermint (Mentha piperita L.)* [Žiūrėta 2019 02 18]. Prieiga per: <[https://www.semanticscholar.org/paper/an-updated-overview-on-peppermint-\(mentha-piperita-rita-animesh/0fc859135858791b0a5cb151f513d21ca442a0b1](https://www.semanticscholar.org/paper/an-updated-overview-on-peppermint-(mentha-piperita-rita-animesh/0fc859135858791b0a5cb151f513d21ca442a0b1)>.
3. Nekrošienė R., Razmuvienė L. Mėtos (*Mentha L.*) – perspektyvūs augalai želdynuose, 2017. *Miestų želdynų formavimas. Mokslo darbai* 2017 1(14) 164–169 p.
4. Lawrence B. M. *Mint, the genus Mentha* [Žiūrėta 2019 02 18]. Prieiga per: <https://www.researchgate.net/profile/Tareq_Alasadi2/post/what_is_the_important_of_mint_and_its_medicinal_value/attachment/59d623186cda7b8083a1d93f/AS%3A315668526764036%401452272650296/download/mint.pdf>.
5. Maročkienė N., Markevičienė L. Mėtų genties įvairovės biologinių savybių ir panaudojimo galimybių želdiniuose tyrimas. *Dekoratyviųjų ir sodo augalų sortimento, technologijų ir aplinkos optimizavimas Mokslo darbai*. 2015 (6) 11. ISSN 2029-1906, ISSN 2335-7282 (online), 62–69 p.
6. FAOSTAT. *Peppermint production quantity*, 2017. [Žiūrėta 2019 02 18]. Prieiga per: <<http://www.factfish.com/statistic/peppermint%2C%20production%20quantity>>.
7. Genutis A., Gulbinas A., Navickas K., Šateikis I. *Atsinaujinantys energijos šaltiniai*. Metodiniai patarimai laboratoriniams darbams, Akademija, 2008.
8. Ubis J., Navickas K., Venslauskas K., Norkevičienė E. Biodujų gamybos iš rykštinės soros siloso energinis efektyvumas. *Agroinžinerija ir energetika*, Nr. 22, 2017, 24–27 p.
9. Juškevičius E., Navickas K., Venslauskas K. Kelio apsauginėje zonoje augančios biomasės perdirbimo į biodujas efektyvumas. *Agroinžinerija ir energetika*, Nr. 22, 2017, 186–189 p.

Santrauka

Tyrimų tikslas buvo ištirti pipirmėtės „Swiss“, pipirmėtės „Multimentha“ ir „Imbierinės“ mėtos stiebų biomasės anaerobinio perdirbimo į biodujas galimybes ir nustatyti biodujų potencialą. Tyrimams atlikti buvo naudotas standas „Bioprocess controll AMPTS“. Tyrimo trukmė buvo 20 parų. Iš vieno kilogramo pipirmėtės „Swiss“ stiebų biomasės sausosios medžiagos gauta 113,83 l

biometano, iš pipirmėtės „Multimentha“ stiebų biomasės sausosios medžiagos gauta 109,10 l biometano. Biometano išeiga iš „Imbierinės“ mėtos stiebų biomasės sausosios medžiagos sudarė 106,39 l. Didžiausią biomasės energinę vertę turėjo pipirmėtės „Swiss“ stiebų biomasė – 1,28 MJ/kg.

RESEARCH OF BIOGAS PRODUCTION FROM MINT STEMS

Summary

The purpose of research was to investigate the potential of biogas production from biomass of peppermint „Swiss”, peppermint „Multimentha” and „Ginger” mint stems. Each samples of stems biomass have been tested for 20 days with „Bioprocess controll AMPTS“ stand. From one kilogram of dry matter of „Swiss” mint stems biomass 113.83 l of biomethane was extracted. The yield of biomethane from 1 kg peppermint „Multimentha” stems biomass dry matter was 109,10 l. The least methane yield from anaerobic digesters had „Ginger” mint stems, which was 106,39 l/kg of dry matter. The highest biomass energy value was found from peppermint „Swiss” stems biomass and it was 1.28 MJ/kg.

Aurimas Masaitis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas, el. paštas: masaitis.aurimas@gmail.com, tel. +370 682 28822

Kęstutis Venslauskas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr., el. paštas: Kęstutis.Venslauskas@vdu.lt, tel. +370 37 752 219

TRANSPORTO PRIEMONIŲ AUTOĮVYKIŲ MODELIAVIMAS

Dovydas Austynas, Gediminas Pupinis

Įvadas

Problemos, kurias sukelia avaringumas keliuose yra aktualūs visiems eismo dalyviams: vairuotojams bei pėstiesiems. Labai svarbu suprasti, kad eismo įvykiai trukdo eismą, daugėja mirtinų atvejų, užima vairuotojų laiką, nes eismo įvykio kordelės pildymas trunka ilgai. Gerai jei autoįvykio metu nepadaryta didelė žala žmogaus sveikatai. Eismo įvykių tyrimo metu daug laiko sugaištama siekiant tiksliai nubraižyti įvykio schemą, surašant informacinius duomenis (Mačiulytė, 2010). Daugelyje pasaulio šalių, eismo įvykiai išlieka labai aktuali problema (Strukčinskienė, Raistenskis, 2011). Todėl galima teigti, kad eismo saugumas, kaip vienas pagrindinių žmogaus mobilumo veiksnių, yra aktualus daugumoje šalių. Pasaulio sveikatos organizacijos tyrimų duomenimis galima teigti, kad žūtis eismo įvykio metu yra viena iš dešimties svarbiausių mirties priežasčių (Čėsnienė, Kašinska, 2011). Lietuvos statistikos departamento duomenimis 2017 m. šalyje buvo 1,5 mln. registruotų automobilių, 42,1 tūkst. motociklų ir mopedų. Šiuo laikotarpiu 1 tūkst. tančiui gyventojų teko 418 individualių lengvųjų automobilių. Anot Lietuvos statistikos departamento 2017 m. Lietuvoje įvyko 3059 eismo įvykiai. Šių eismo įvykių metu žuvo 191 asmuo, buvo sužeisti 3567 asmenys (Lietuvos statistikos departamentas, 2018). Veiksniai, lemiantys eismo įvykius, gali būti suskirstyti į keletą didelių grupių: kelias, automobilis, aplinka, žmogus. Mokslininkai nurodo, kad šie veiksniai dar gali būti skaidomi į mažesnius pogrupius, kas padėtų detaliau įvertinti eismo įvykiams įtakos turinčius veiksnius (Vansauskas, Bogdevičius, 2009).

Anot autorių transporto priemonė gali tapti nevaldoma ne tik tuomet, kai yra nepalankios kelio sąlygos, kai transporto priemonė yra techniškai netvarkinga, tačiau ir tuomet, kai yra atliekami staigūs manevrai (pavyzdžiui, kai siekiama išvengti kliūtis arba neįvertinamas posūkio staigumas) (Kemzūraitė ir kt., 2011). Mokslinėje literatūroje yra aptariama didelė gausa kitų veiksnių lemiančių eismo saugumą bei avaringumą. Kelio paviršiaus lygumas yra nurodomas kaip vienas iš jų. Mokslininkų teigimu, kelio provėžos yra viena iš opiausių problemų, įtakančių saugumą keliuose. Yra nustatyta, kad važiuojant keliu su provėžomis, kurio asfalto danga yra šlapia, apsnigta ar net apledėjusi, galima greitai prarast automobilio stabilumą. O tai gali įtakoti eismo įvykius su skaudžiomis pasekmėmis. Automobilio stabilumui labai svarbi kelio ir padangos sąveika (Vansauskas, Bogdevičius, 2009).

Transporto priemonės judėjimo metu yra susiduriama su didele kelio dangų įvairove, kartais gali susidaryti situacija, kai važiuojamojoje kelio dalyje yra vietų, kurių dangų sukibimo su ratais koeficientas yra skirtingas. Itin didelė dangų įvairovė būna žiemos sąlygomis. Pavyzdžiui, teiginys, jog važiuojamoji kelio dalis yra padengta sniegu, gali apibūdinti labai įvairią kelio dangos įvairovę: tai gali būti ką tik iškritęs sniegas, išvažinėtas sniegas, sniegas, padengtas ledo sluoksniu, išvažinėtas sniegas, kuris jau pabarstytas smėliu ar druska ir t. t. Atitinkamai kiekvienu

atveju ratų sukibimo koeficientas su kelio danga yra skirtingas (Kudarauskas, 2009).

Tyrimų tikslas. Nustatyti rato su keliu sukibimo įtaką automobilio stabilumui, kelio vingyje kelyje Vainutas – Žemaičių Naumiestis (maždaug 3 km atstumu nuo Vainuto miestelio).

Tyrimų uždaviniai: atlikti padangų sukibimo su keliu tyrimų literatūros analizę, ištirti eismo įvykį ir sumodeliuoti eismo įvykio schemą, transportų srautų modeliavimo programa “PC Crash”. Išanalizuoti gautus rezultatus ir pateikti išvadas.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimo objektas. Tyrimo objektu buvo pasirinktas automobilis Skoda Superb 1.9TDI ir kelio vingis, esantis kelyje Vainutas – Žemaičių Naumiestis (maždaug 3 km atstumu nuo Vainuto). Kelias šioje atkarpoje yra paženklintas kaip pavojingas kelio vingis, su greičio apribojimu iki 50 km/h. Eismo įvykio vietos schema bei eismo įvykis buvo ištirtas su modeliavimo programa ir sumodeliuota įvykio schema su „PC Crash“.

Kelio vingio duomenys: vingio ilgis – 71 m, kelio spindulys – 102 m, kelkraštis – 0,5 m. Sumodeliuota kelio vingio schema Vainutas – Žemaičių Naumiestis.



1 pav. Kelio vingis Vainutas – Žemaičių Naumiestis

Automobilio sukėlusio eismo įvykį geometrijos duomenys Skoda Superb 1.9 TDI (2 pav.):

A screenshot of the 'Vehicle data' window in the PC Crash software. The window is titled 'Vehicle data' and has several tabs: 'Rear Brake Force', 'Trailer', 'Vehicle Shape', 'Impact parameters', 'Stability control', 'Vehicle Geometry', 'Suspension Properties', and 'Occupants & Cargo'. The 'Vehicle Geometry' tab is active. The data is organized into several sections: 'Vehicle Geometry' (Skoda Superb 1.9 TDI, Weight: 1545 kg, C.G. height: 0.43 m), 'Moments of Inertia' (Yaw: 2640.5 kgm², Roll: 792.2 kgm², Pitch: 2640.5 kgm²), 'Dimensions' (No. of axles: 2, Length: 4.01 m, Width: 1.77 m, Height: 1.45 m, Front overhang: 0.962 m, Track - Axle 1: 1.52 m, Track - Axle 2: 1.52 m), and 'Other' (Type: Automobile, Distance of C.G. from front axle: 1.4 m, ABS: 0.1 sec, Wheelbase 1-2: 2.8 m).

- Ašys – 2
- Ilgis – 4,81 m
- Plotis – 1,77 m
- Aukštis – 1,45 m
- Priekinis poslinkis – 0,962 m
- Varomoji ašis – 1,52 m
- Svoris – 1545 kg
- Atstumas nuo priekinės ašies iki svorio centro – 1,4 m
- C.G aukštis (svorio centras) – 0,43 m
- ABS – 0,1 s

2 pav. Automobilio sukėlusio eismo įvykį geometrijos duomenys Skoda Superb 1.9 TDI

Tyrimas buvo atliekamas naudojant du automobilius. Kelio vingio schemoje jie žymimi:

- Mėlynas automobilis – Volvo xc90 D5;
- Raudonas automobilis – Skoda Superb 1.9TDI.

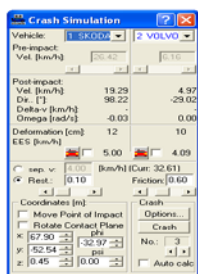
Tyrimo metodai. Eismo įvykio vieta buvo iširta, nustatyti kelio atkarpos vingio duomenys, padaryta (sumodeliuota) schema buvo modeliavimo programa „PC Crash“ pagal prieš tai pateiktus kelio atkarpos duomenis. Eismo įvykyje dalyvavo du automobiliai Skoda Superb ir Volvo XC90. Abu automobiliai judėjo 102 m kelio vingio atkarpa, kurios spindulys 72 m. Šiam kelio ruožui įveikti automobilių greičiai buvo: Škoda Superb 50 km/h, o Volvo XC90 20 km/h. Iš 4 grafike pateiktų duomenų matyti, kokiais greičiais buvo įveiktas kelio vingis, kuriame maksimalus leistinas greitis 50 km/h. Iš grafikų matosi, kad automobiliams judant kelio vingyje jų esamas greitis sumažėja. Kelio vingyje Skodo Superb automobilio greitis sumažėja iki 48,5 km/h dėl atsiradusios inercinės jėgos ir padangų deformacijos.

Tyrimų rezultatai

Tyrimo eismo įvykio metu sumodeliuoti trys automobilių susidūrimai, trys kėbulo deformacijos.

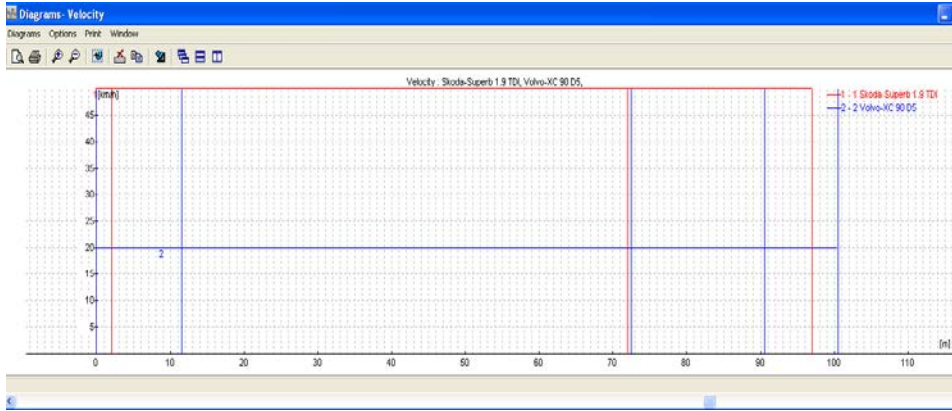
1 lentelė. Eismo įvykio susidūrimo taškas ir jo duomenys

	Škoda	Volvo
Greičiai susidūrimo metu(km/h)	50	20
Susidūrimų skaičius (tyrimo pakartojimų skaičius)	3	3
Deformacijos (cm)	12	10



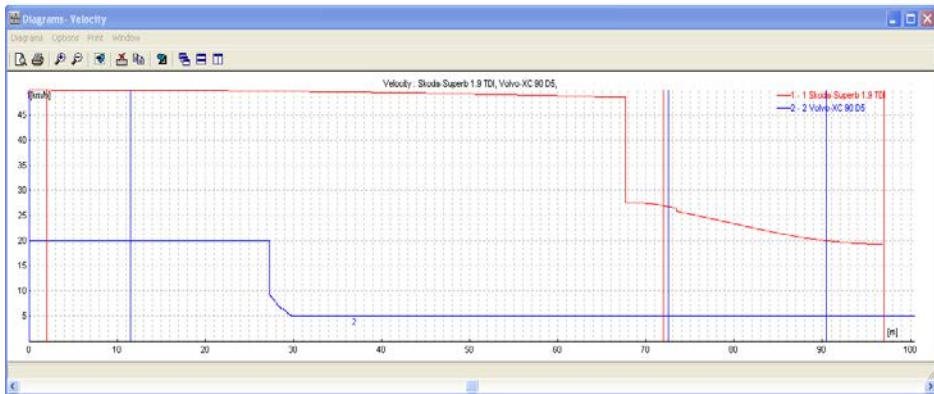
3 pav. Eismo įvykio susidūrimo taškas ir jo duomenys

Abu automobiliai judėjo 102 m kelio vingio atkarpa, kurios spindulys 72 m. Šiam kelio ruožui įveikti automobilių greičiai buvo: Škoda Superb 50 km/h, o Volvo XC90 20 km/h. Iš 4 grafike pateiktų duomenų matyti, kokiais greičiais buvo įveiktas kelio vingis, kuriame maksimalus leistinas greitis 50 km/h. Iš grafikų matosi, kad automobiliams judant kelio vingyje jų esamas greitis sumažėja. Kelio vingyje Skoda Superb automobilio greitis sumažėja iki 48,5 km/h dėl atsiradusios inercinės jėgos ir padangų deformacijos (4 pav.).



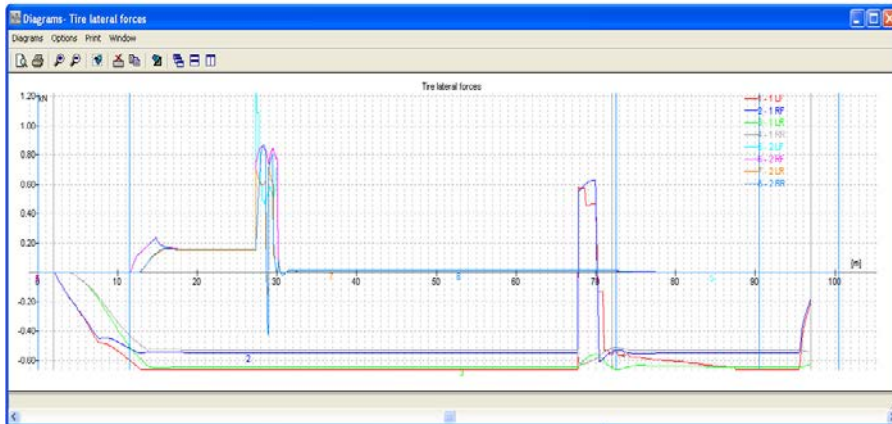
4 pav. Automobilių greičio diagramos, pirmu bandymu, kai kelio ir rato sukibimo koeficientas 0,8

Greičio pokyčiai susidūrimo metu. Iš 5 grafike pateiktų duomenų matyti, kad automobilis Škoda Superb iki susidūrimo taško nuvažiavo apie 68 m, o Volvo XC90 – vos 27 m kelio ilgio. Matomas greičio pokytis įvykio metu, kai sumažėjo abiejų transporto priemonių greičiai, ir po susidūrimo atotrunkio metu, inercijos atplėšti automobiliai nestabdomi. Šio kelio vingio leidžiamas maksimalus greitis yra 50 km/h, išsiaiškinta, kad maksimalus leistinas greitis šioje kelio atkarpoje yra nustatytas neatsižvelgiant į oro sąlygas, kelio sukibimo su ratu koeficientą (5 pav.).



5 pav. Automobilių greičio diagramos, kai kelio ir rato sukibimo koeficientas 0,4

Tyrimo metu nustatyta, kad esant geroms oro sąlygoms ir kai automobilio padangos yra geros, jų sukibimo koeficientas yra 0,8 ir nemažesnis už 0,6, šiam kelio vingiui nustatytas leidžiamas maksimalus greitis 50 km/h yra saugus. Tačiau neįvertintos pavojingos sąlygos, kai sukibimo koeficientas mažesnis už 0,6. Tokiomis sąlygomis ir nustatytu maksimaliu leidžiamu greičiu neįmanoma saugiai įveikti šio kelio vingio Vainutas–Žemaičių Naumiestis (Šilutės rajonas) (6 pav.).



6 pav. Padangas veikiančios skersinės jėgos. Skoda Superb automobilio 1LF – kairė priekis, 2RF – dešinė priekis, 3LR – kairė galas, 4RR – dešinė galas. Volvo XC90 5LF – kairė priekis, 6RF – dešinė priekis, 7LR – kairė galas, 8RR – dešinė galas

Iš 6 paveiksle pateiktų duomenų matome kaip keičiasi padangų skersinės jėgos. Veikiant statinėms ir išcentrinėms jėgoms taip pat priklausomybė nuo greičio. Išcentrinės jėgos priklauso ir nuo vairo pasukimo staigiai pasukant vairą atsiranda padangų deformacija. Įvykus susidūrimui staiga jėgos padidėja, atsiranda apkrovos, automobiliai prispaudžiami, nubloškiami, atsiranda didelės padangų deformacijos dėl išcentrinės jėgos, skersinio automobilių slydimo. Nekeičiant važiavimo krypties jos nusistovi, didesnės išcentrinė jėga ant to rato, kuris labiau apkrautas. Skoda Superb automobilio kairės pusės ratai apkrauti labiau, nes jie gauna didesnes apkrovos jėgas, įveikiamas kelio vingis sukant vairą į dešinę. Deformuojasi padangos, atsiranda šoninis automobilio slydimas. Įvykus susidūrimui grafikas rodo, kaip staiga priekinės padangos yra deformuojamos, nes įvyksta smūgis į priekinę automobilio dalį, jis nubloškiamas ir pasikeičia jo judėjimo trajektorija.

Išvados

1. Sumodeliuota eismo įvykio schema, atliekant tris bandymus su trimis sukibimo koeficientais 0.8; 0.6; 0.4. transportų srautų modeliavimo programa „PC Crash“.
2. Pirmais dviem bandymais 0.8 ir 0.6 sukibimo koeficientais, įveikimo kelio vingio galimybės su pasirinktu automobiliu Skoda Superb leistinu maksimaliu greičiu yra saugios.
3. Trečiu bandymu kai kelio ir padangos sukibimas 0,4, įveikimo kelio vingio galimybės su pasirinktu automobiliu Skoda Superb leistinu maksimaliu greičiu yra neįmanomos, nes įvyksta susidūrimas.
4. Gauti rezultatai išanalizuoti ir matoma, kad vingis saugus įveikti leistinu maksimaliu greičiu tik prie gero sukibimo 0,8.

Literatūra

1. Mčiulytė Ž. 2010. Eismo įvykių registravimo priemonės realizacija ir tyrimas. Kauno technologijos universitetas.

2. Strukčinskienė B., Raistenskis J. 2011.0-19 metų Lietuvos vaikų ir paauglių mirtingumas nuo eismo traumų per dešimtmetį pagal eismo dalyvių kategorijas. *Visuomenės sveikata. Vol. 21. Nr. 7.*
3. Čėsniėnė I., Kašinska A.. 2011. Agresyvus vairavimas: vairuotojų agresyvumo, pykčio ir savi-veiksmingumo sąsajos. *Psichologija. ISSN 1392-0359.*
4. Lietuvos statistikos departamentas. Žiūrėta: [2018 spalio 25 d.]. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/documents/10180/3329771/Transportas.pdf>
5. Vansauskas V., Bogdevičius M. 2009. Kelio provėžų įtaka automobilio stabilumui. *Mokslas: Lietuvos ateitis. Vol. 1. Iss. 6. Vilnius.*
6. Kemzūraitė K., Mikaliūnas Š., Sokolovskij E., Garbinčius G. 2011. Automobilio judėjimo posūkyje tyrimas žiemos sąlygomis. *Mechanika, medžiagų inžinerija, pramonės inžinerija ir vadyba. Mokslas: Lietuvos ateitis. Vol. 3. Iss. 6. ISSN 2029-2341.*
7. Kudarauskas N. 2009. Stabdomo automobilio stabilumo veiksnių modeliavimo teoriniai ir metodologiniai pagrindai. Transporto priemonės ir kelio sąveika. *Transporto inžinerija. Mokslas – Lietuvos ateitis. 1 tomas, Nr. 6.*

Santrauka

Problemos, kurias sukelia avaringumas keliuose yra aktualūs visiems eismo dalyviams: vairuotojams bei pėstiesiems. Labai svarbu suprasti, kad eismo įvykiai trukdo eismą, daugėja mirtinų atvejų. Eismo įvykių tyrimo metu daug laiko sugaištama siekiant tiksliai nubraižyti įvykio schemą, surašant informacinius duomenis. Daugelyje šalių, eismo įvykiai labai aktuali problema. Todėl galima teigti, kad eismo saugumas, kaip vienas pagrindinių žmogaus mobilumo veiksnių, yra aktualus daugumoje šalių.

Tyrimų tikslas: nustatyti rato su keliu sukibimo įtaką automobilio stabilumui, kelio vingyje keltyje Vainutas–Žemaičių Naumiestis (maždaug 3 km atstumu nuo Vainuto miestelio).

Pirmais dviem bandymais 0.8 ir 0.6 sukibimo koeficientais, įveikimo kelio vingio galimybės su pasirinktu automobiliu Skoda Superb leistinu maksimaliu 50km/h greičiu yra saugios. Trečiu bandymu kai kelio ir padangos sukibimas 0.4, įveikimo kelio vingio galimybės su pasirinktu automobiliu Skoda Superb leistinu maksimaliu 50km/h greičiu yra neįmanomos, nes įvyksta susidūrimas. Iširta, kad vingis saugus įveikti leistinu maksimaliu greičiu tik prie gero sukibimo 0.8.

MODELING OF TRAINING VEHICLES

Summary

The aim of the study is to determine the influence of wheel wheel adhesion on vehicle stability.

Research object and methods. The object of the study was the path bend located on the road Vainutas–Žemaičių Naumiestis (about 3 km from Vainuto). The road in this section is marked as a dangerous road bend with a speed limit of up to 50 km/h. The accident was modeled with the PC Crash simulation program for a traffic accident schema.

Results and conclusions. Cars were moving in the 102 m section of the bend, with a radius of 72 m. The speed of the car to overcome this section was: Skoda Superb 50 km/h and Volvo XC90 20 km/h. The Skoda Superb car drove about 68m before the collision point. and the Volvo XC90 is just 27 m long. Modeled traffic accident scheme with three tests with three tire adhesion coefficients 0.8; 0.6; 0.4. Transport Stream Modeling PC Crash. The results allow us to conclude that it is safe to overcome this curve at a maximum speed of 50 km/h only when the coefficient of adhesion is 0.8. The conditions for bad road adhesion to the wheel are not assessed.

Keywords: car, braking, adhesion coefficient, PC Crash, traffic accident scheme.

Dovydas Austynas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 650 13251; el. paštas: austynasdovydas@gmail.com

Gediminas Pupinis – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, doc. dr.; tel. +370 612 04014; el. paštas: gediminas.pupinis@asu.lt

DEGALŲ ĮPURŠKIMO SLĖGIO ĮTAKA DYZELINIO VARIKLIO DARBO RODIKLIAMS

Karolis Miliauskas

Įvadas

Nuolatinis dyzelinių degalų įpurškimo technikos tobulinimas leido išvystyti didesnę variklio sukimo momentą ir galią, mažinant degalų sąnaudas. Per visą dyzelinių variklių raidos laikotarpį buvo sukurta ne viena įpurškimo sistema. Pati pirma, 1927 m. sukurta, įpurškimo sistema buvo su sekcijiniu siurbliu, vėliau ši sistema buvo patobulinta, atsirado skirstomojo tipo siurblių. Laikui bėgant, atsirado naujų sistemų: siurblio–purkštuvo, siurblio–vamzdelio–purkštuvo bei elektroninė Common-rail (CR) [2].

CR degalų įpurškimo sistema su pjezoelektriniais ar elektromagnetiniais purkštuvais paspartina purkštuvo atsidadymą ir užsidarymą, o tai leidžia koreguoti įpurškimo slėgį, greitį ir pačią įpurškimo charakteristiką. CR įpurškimo sistema leidžia pagerinti dyzelinių variklių efektyvumą, sumažinti deginių emisiją, triukšmą ir degalų sąnaudas. Tai pasiekama reguliuojant įpurškimo slėgį [1].

CR sistemoje degalų įpurškimo slėgis nuo variklio greičio nepriklauso, taigi kryptingai reguliuojant įpurškimo slėgį, galima pagerinti degalų išpurškimo kokybę, garavimą. Tai atlikus galima tikėtis, kad degalai cilindre sudegs geriau ir mažiau teršalų bus išmetama į aplinką [1].

Didesnis vidutinis įpurškimo slėgis pagreitina degalų tiekimą į degimo kamerą, tai užtikrina geresnę degalų išpurškimą ir sutrumpina savaiminio užsiliepsnojimo trukmę. Mokslininkų pastebėta, kad padidinus įpurškimo slėgį, esant intensyviai sūkuriavimui, pagerėja degalų ir oro maišymasis ir degiojo mišinio formavimasis [1].

Tyrimo tikslas ir uždaviniai

Ištirti degalų įpurškimo slėgio įtaką dyzelinio variklio darbo ir deginių emisijos rodikliams.

Uždaviniai:

- Paruošti bandymų įrangą ir tyrimų metodiką;
- Atlikti stendinius variklio bandymus, keičiant pagrindinio įpurškimo slėgį;
- Atlikti rezultatų analizę.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimas buvo atliktas Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijoje, variklių laboratorijoje. Tyrimas buvo atliekamas su FIAT 1,9 JTD varikliu kuris turi CR (Common rail) Boch, įpurškimo sistemą, kurios maksimalus įpurškimo slėgis yra 140 MPa.

Tyrimui atlikti buvo naudojama inžinerinė programinė įranga „LabVIEW“, kurios pagalba galima kurti sistemų valdymo ir duomenų registravimo bei apdorojimo programas.

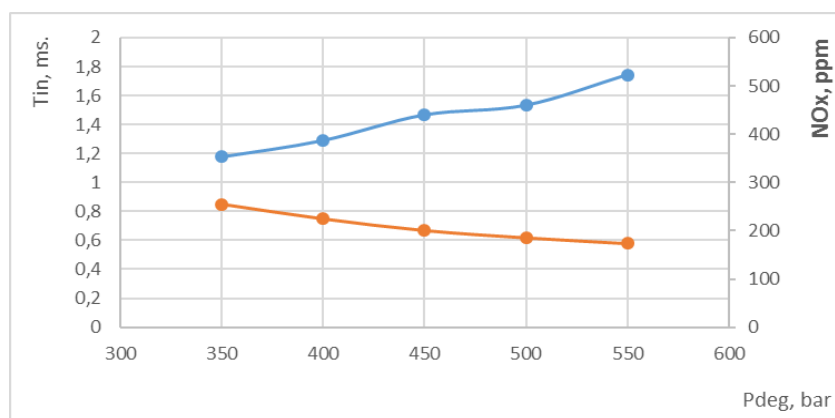
Tyrimo metu variklio darbo ir emisijos rodikliai buvo matuoti keičiant įpurškiamų degalų slėgį. Slėgis buvo didinamas nuo 35 MPa iki 55 MPa ir, išlaikant pastovią apkrovą ir pastovų sūkių dažnį, buvo registruojami šie parametrai:

- Variklio sūkliai;
- Degalų sąnaudos;
- Deginių emisija (O_2 , CO , CO_2 , NO , NO_2 , CH , NO_x);
- Dūmingumas.

Rezultatai

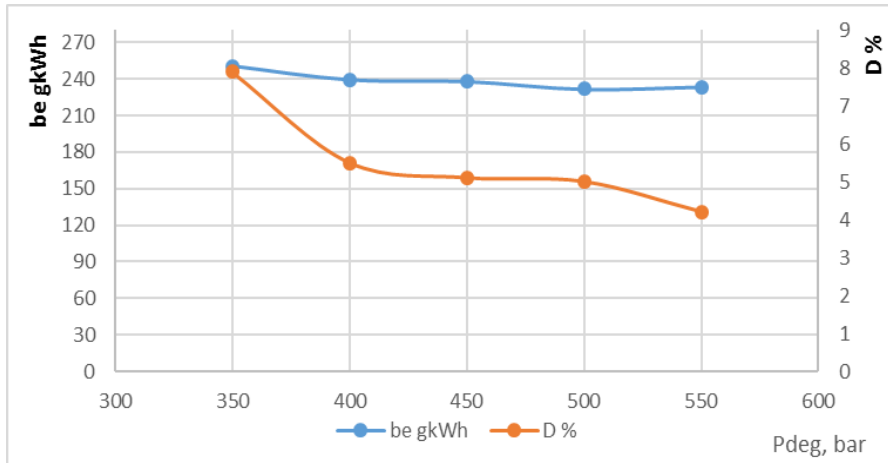
Atlikus tyrimą ir surinkus visus reikiamus rezultatus, buvo sudaryti grafikai, kurie rodo, kaip kinta variklio darbo ir deginių emisijos parametrai.

Didinant įpurškimo slėgį įpurškimo laikas trumpėja nuo 0,85 ms iki 0,58 ms. Greitesnis degalų išpurškimas užtikrina geresnį degalų išpurškimą ir sutrumpina savaiminio užsiliepsnojimo trukmę (1 pav.).



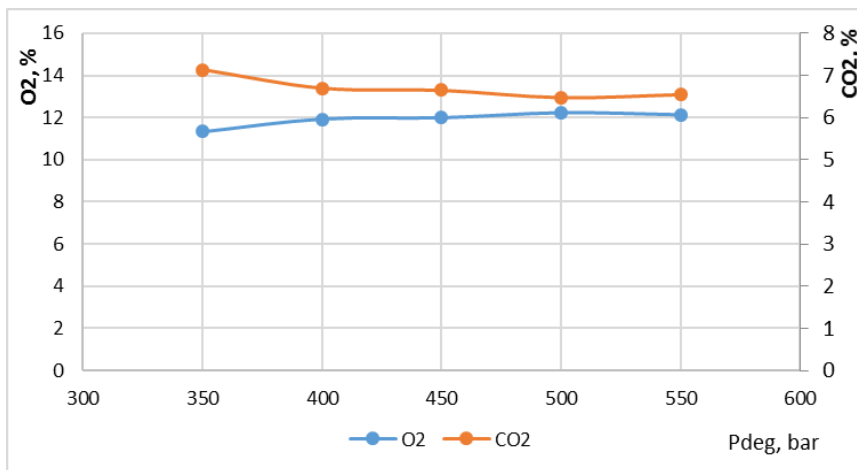
1 pav. Įpurškimo slėgio įtaka įpurškimo trukmei ir azoto oksidų (NO_x) koncentracijai deginiuose

Didėjant įpurškimo slėgiui, iš 1 pav. matyti, jog NO_x didėja. Tai nutinka dėl smulkesnių degalų lašelių išskaidymo, užtikrinančių didesnę paviršiaus plotą ir leidžiančių degalams geriau susimaišyti su oru, o tai pagerina ir patį degimą.



2 pav. Įpurškimo slėgio įtaka efektyviosioms lyginamosioms degalų sąnaudoms ir deginių dūmingumui

Kaip matome iš 2 pav. didinant degalų įpurškimo slėgį nuo 35 MPa iki 50 MPa mažėja efektyviosios degalų sąnaudos ir dūmingumas. Tai lemia, jog, esant didesniam įpurškimo slėgiui, sumažėja kietųjų dalelių kiekinės koncentracijos. Taip nutinka todėl, kad, dėl paankstinto įpurškimo laiko, degalų lašeliai iki prasidedant degimui maišosi ilgiau. Tačiau slėgį didinant iki 55 MPa, efektyviosios degalų sąnaudos pradeda didėti.



3 pav. Įpurškimo slėgio įtaka O₂ ir CO₂ koncentracijai deginiuose

3 pav. matoma, kaip deguonies kiekis išmetamosiose dujose didėja iki 50 MPa slėgio, o didinant slėgį pradeda mažėti. Anglies dioksidas reaguoja atvirkščiai, didinant slėgį iki 50 MPa jis mažėja, tačiau dar padidinus pradeda didėti.

Išvados

1. Dėl smulkesnių degalų lašelių išskaidymo, užtikrinančių didesnę paviršiaus plotą ir leidžiančių degalams geriau susimaišyti su oru, didėja azoto oksido (NO_x) kiekis išmetamosiose dujose nuo 353 ppm iki 523 ppm.
2. Dėl padidinto įpurškimo slėgio degalų lašeliai iki prasidedant degimui maišosi ilgiau, todėl dūmingumas mažėja nuo 7,9 % iki 4,2 %.
3. Didinant įpurškimo slėgį efektyviosios degalų sąnaudos ir dūmingumas mažėja, tačiau aplinkai kenksmingų dujų kiekis didėja.

Literatūra

1. Mickevičius, T. Dyzelino ir biodegalų mišinių savybių įtaka „common rail“ sistemos įpurškimo procesui: daktaro disertacija. Akademija, Kauno r.
2. Smolnikovas M., Viselga G., Viselgaitė G., Jasinskas A. 2015. Diesel engine with different kind of injection systems exhaust gas analysis. *Mokslas – Lietuvos ateitis: Vilniaus Gedimino Technikos Universiteto žurnalas*, nr. 7(5), p. 594–595.

Santrauka

Straipsnyje pateikiami tyrimo rezultatai kaip kinta variklio darbo ir deginių emisijos parametrai. Grafiškai pavaizduota įpurškimo trukmės priklausomybė nuo įpurškimo slėgio, dėkingumo priklausomybė nuo degalų įpurškimo slėgio, efektyviųjų kuro sąnaudų priklausomybė nuo degalų įpurškimo slėgio ir NO_x priklausomybė nuo degalų įpurškimo slėgio.

Tyrimas buvo atliktas Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos laboratorijoje. Buvo keičiamas degalų įpurškimo slėgis nuo 35 MPa, iki 55 MPa. FIAT 1,9 JTD tipo varikliui naudojant inžinerinę programinę įrangą „LabVIEW“ kurios pagalba keitėme degalų įpurškimo slėgį.

INFLUENCE OF FUEL INJECTION PRESSURE ON WORK INDICATORS OF DIESEL ENGINE

Summary

The paper presents the results of the study on how the parameters of engine work and combustion emissions change. Graphically illustrated injection duration dependence on injection pressure, dependence on fuel injection pressure, dependence of fuel efficiency on fuel injection pressure and NO_x depend on fuel injection pressure.

The study was carried out at Vytautas Magnus University Agricultural Academy laboratory. The fuel injection pressure was changed from 35 MPa to 55 MPa. FIAT 1.9 JTD-type engine using LabVIEW engineering software to change fuel injection pressure.

Karolis Miliauskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas, +370 652 26966, el. paštas karolissmiliauskas@gmail.com

BĖGIŲ TERMITINIO SUVIRINIMO SIŪLĖS TYRIMAS

Jurijus Syčiovas

Įvadas

Vieni iš pagrindinių kelio konstrukcijos elementų naudojamu geležinkelyje yra bėgiai ir iešmai. Bėgių ir iešmų elementų sujungimui į vientisą paviršių paprastai yra taikomos tvarslės, bet tokiu būdu sujungus bėgius tarp jų lieka tarpelis. Važiuojant riedmenų ratams per šį tarpelį nuo vieno bėgio ant kito, bėgių galus veikia padidinta apkrova (smūgiai), dėl ko išryškėja gamykliniai defektai ir atsiranda įvairūs pažeidimai (toliau – defektai). Dėl atsiradusių defektų, bėgius ir iešmų elementus reikia keisti arba remontuoti [1, 5].

Siekiant padidinti bėgių ir iešmų elementų eksploatacijos laiką, galima juos suvirinti. Patikimiausias ir ekonomiškiausias bėgių suvirinimo būdas yra elektrokontaktinis suvirinimas stacionaro sąlygomis. Tačiau būna atvejų, kai reikia tarpusavyje suvirinti bėgių ar iešmų elementus mažais kiekiais, lauko sąlygomis. Elektrokontaktiniu būdu atlikti suvirinimus mažais kiekiais ekonomiškai nuostolinga arba neįmanoma. Tokiu atveju gali būti taikomas aliuminoterminis (angl. *Alumithermic welding of rail*) bėgių suvirinimas (toliau – termitinis bėgių suvirinimas) [1, 5].

Siekiant užtikrinti kokybišką suvirinimą yra parengtos Termitinio suvirinimo instrukcijos, remiantis Vokietijos firmos „ELEKTROTHERMIT“ technologiją termitiniu būdu suvirintų vienodo ir skirtingo profilio naujų ir naudotų bėgių bei iešmų elementų suvirinimo reikalavimais ir jų naudojimo kelyje sąlygomis, bei Europos Sąjungos, OSŽD, Lietuvos Respublikos, Vokietijos geležinkelių termitinio suvirinimo atlikimo normatyviniais dokumentais, naudojamų medžiagų ir įrangos gamyklos – gamintojos rekomendacijomis [1].

Suvirinant, bėgių siūlėse dėl mechaninio poveikio, aukštos temperatūros ir kitų priežasčių, defektų atsiradimo galimybė yra 2–8 kartus didesnė nei kitose bėgio dalyse, bet tai vis vien apie 10 kartų mažiau nei naudojant sujungimams tvarsles. Siekiant aptikti defektus, galinčius sukelti pavojų saugiam traukinių eismui, bėgių suvirinimo zoną (toliau – suvirinta sandūra) būtina periodiškai tikrinti ultragarsiniais defektoskopais [2].

Diagnostikos departamento veiklos tikslas – užtikrinti geležinkelių infrastruktūros kelių, įrenginių ir riedmenų techninės būklės stebėseną bei geležinkelių infrastruktūros kelių, įrenginių ir riedmenų patikrų, tyrimų ir ekspertizių atlikimą ir kontrolę. [3]

Tyrimų tikslas: nustatyti skirtingo dažnio ultragarso bangos efektyvumą suvirintos termitinės bėgių sandūros tikrinimo metu.

Tyrimų uždavinys: atlikti suvirintos bėgių sandūros tikrinimą ultragarsiniu defektoskopu, naudojant skirtingo dažnio ultragarsinius PEK keitiklius.

Tyrimų metodai ir sąlygos

Tyrimai atlikti 2018 metais AB „Lietuvos geležinkeliai“ Diagnostikos departamento Bėgių neardomųjų bandymų laboratorijoje Vilniuje.

Bėgių termitinis suvirinimas atliekamas tarpinio liejimo metodu, kai vykstant anglinio legiravimo reakcijai iš termitinio mišinio gaunama geležis ir didelis šilumos kiekis. Mišinio sudėtis: *geležies oksidas + aliuminis* → *geležis + aliuminio oksidas + šiluma*. [1]

Bėgiai (R-65 tipo) suvirinami termitiniu būdu vadovaujantis Vokietijos firmos „ELEKTROTHERMIT“ technologija, naudojant jos įrangą, termito suvirinimo porciją (toliau – termitas) bei ugniai atsparias suvirinimo siūlės formavimo medžiagas.

Suvirintų sandūrų tikrinimas atliekamas ultragarsiniais bandymais, vadovaujantis „Bėgių neardomųjų bandymų atlikimo reglamentu“ ir „Suvirintų bėgių sandūrų tikrinimo instrukcija“, naudojant specialius ultragarsinius defektoskopus RDM – 33C ir prizminius pjezoelektrinius keitiklius (PEK), skirtus bėgių suvirintų sandūrų tikrinimui (45° ir 70°) prieš tai juos suderinus, nustatant jų jautrumą ant etaloninio pavyzdžio CO-3P ir paskui pridodant paieškos jautrumo lygį, 45° – 24 dB, 70° – 16 dB.

Įsitikinus, kad suvirinta bėgių sandūra be defektų tiek bėgyje, tiek suvirinimo siūlėje pagrindinėse jų zonose (galvutėje, kakliuke ir pado sparne) suformuojami dirbtini defektai (pragręžiant 4,5 mm skersmens ir 15–30 mm ilgio kiaurymės).

Tikrinant bėgio galvutės zoną, 45° keitikliais matuoti pradeda ne arčiau kaip 250 mm iki defekto pradžios ir baigiama 25 mm atstumu už defekto. Toliau tyrimas kartojamas jau su 70° PEK keitikliu, atstumu ne mažesniu kaip 200 mm iki defekto pradžios ir baigiant – 25 mm už jo. Tikrinant naudojamas skirtingas dažnis (2.0, 2.5 ir 4.0 MHz) [1, 4].

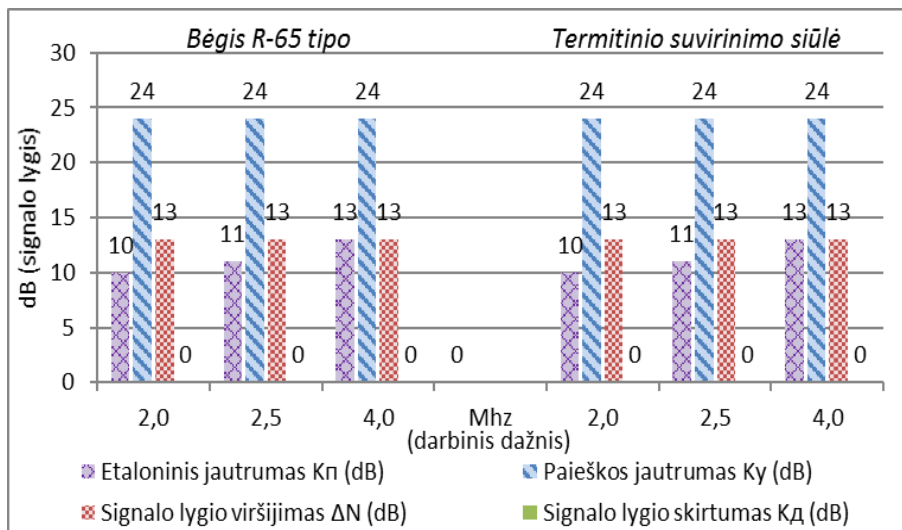
Taikant analogiška tikrinimo metodiką ir dažnius atliekamas kakliuko zonos defektavimas su 45° PEK keitikliais skersiniu–išilginiu keitiklio judėjimu.

Bėgio pado sparnų paviršiaus skanavimas atliekamas 70° PEK keitikliais, keitiklio judėjimas atliekamas išilgai bėgio, bet jau 140 mm atstumu iki defekto [1, 4].

Tyrimų rezultatai ir analizė

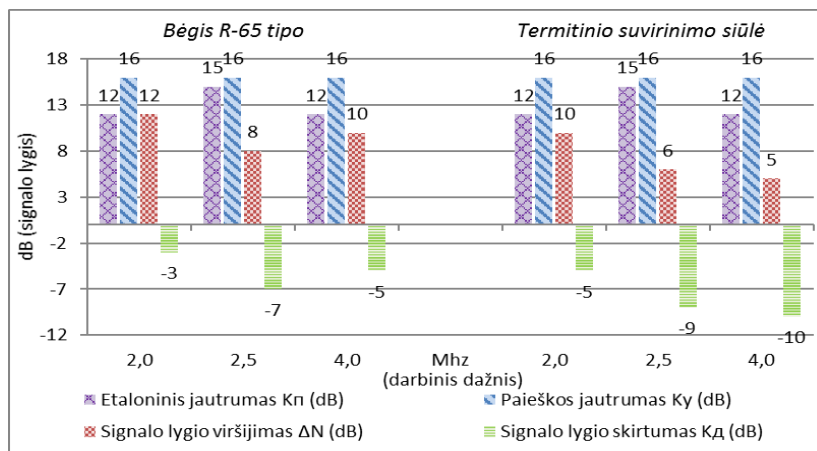
Atlikus bėgių jungties elementų (bėgių galvutės, kakliuko ir pado sparne) defektoskopiją, gauti rezultatai buvo grupuojami pagal defektoskopo parametrus (etaloninį ir paieškos jautrumus, signalo lygio sudirbimo ribos viršijimą, signalo lygio skirtumą) ir analizuojami.

Skirtumų tarp rezultatų gautų tikrinant suvirinimo siūlę ir bėgio metalą bėgio galvutės zonoje 45° keitikliais, nepastebėta, kitaip tariant ultragarso grįžtamosios bangos intensyvumas išliko vienodas, tiek bėgio metale, tiek termitinio suvirinimo siūlės metale (1 pav.) Visų dažnių keitikliai galvutės zonoje parodė vienodą 13 dB signalo lygio amplitudę.



1 pav. Signalo lygio priklausomybė nuo darbinio dažnio, kai galvutės zona tikrinama 45° PEK ieškikliais

70° PEK keitiklių rezultatai galvutės zonoje parodė, kad lyginant bėgio metalą su termitinio suvirinimo zona, pastarojoje vyksta grįžamosios ultragarso bangos slopimas iki 2 dB. Tačiau pastebėta, kad naudojant 2.0 MHz dažnį buvo pasiektas stipriausias grįžamos bangos stiprumo lygis iš visų, siekiantis 10 dB (2 pav.).

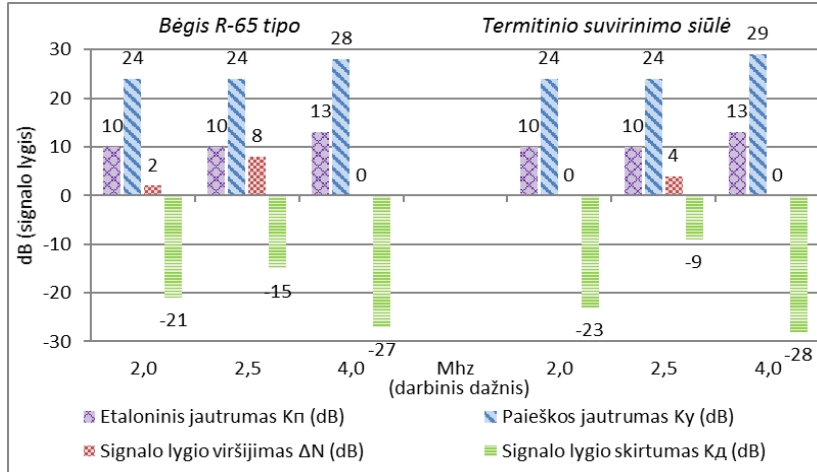


2 pav. Signalo lygio priklausomybė nuo darbinio dažnio, kai galvutės zona tikrinama 70° PEK ieškikliais

Tolimesnis tikrinimas prizminiais 45° keitikliais su skirtingų dažnių, atliekamas jau bėgio kakliuko zonoje.

Šios zonos defektoskopijos metu gauti rezultatai (3 pav.) parodė, kad stipriausias grįžamos bangos intensyvumas (signalo lygio viršijimas) yra naudojant 2,5 MHz dažnio keitiklį, tačiau termitinio suvirinimo siūlėje ši grįžtama banga taip

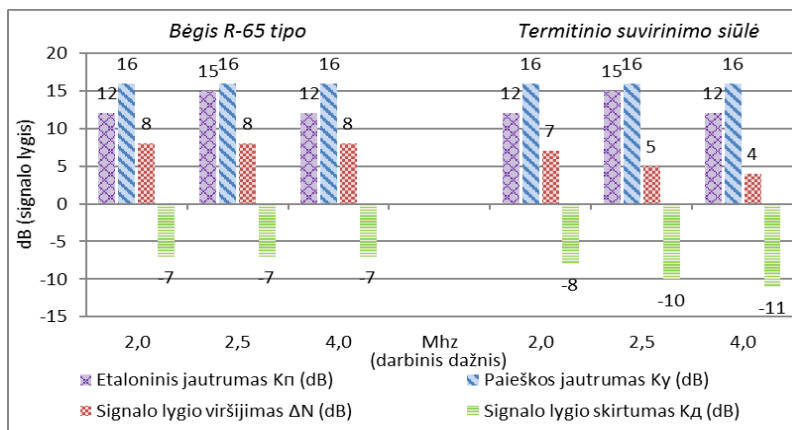
pat slopsta. Lyginant bėgio metalą su siūle, grįžtamos bangos intensyvumas krinta nuo 8 dB iki 4 dB. Tuo tarpų tikrinant gaminį su 4,0 MHz dažnių, tikrinimo jautrumą reikėjo sustiprinti papildomai 5 dB, kad defektas būtų aptiktas.



3 pav. Signalo lygio priklausomybė nuo darbinio dažnio, kai kakliuko zona tikrinama 45° PEK ieškikliais

Ne mažai svarbi vieta yra ir bėgių pado sparnų zona, ji atlieka pagrindinę atramos ir jėgų paskirstymo funkciją, o termitiniame suvirinime tai gali būti viena iš pagrindinių įtrūkio formavimosi ar net lūžio priežasčių, jai ten išsivysto defektas.

Pagal gautus rezultatus (4 pav.), tikrinant bėgio pado sparno metalą su 70° keitikliais, tarp skirtingų dažnių nebuvo pastebėta grįžtamos bangos intensyvumo skirtumo, signalo lygio viršijimas visais atvejais išliko vienodas ir siekė 8 dB lygį.



4 pav. Signalo lygio priklausomybė nuo darbinio dažnio, kai pado sparnų zona tikrinama 70° PEK ieškikliais

Tuo tarpu, termitinio suvirinimo siūlėje, atlikus analogišką defektoskopiją, didžiausias grįžtamos bangos intensyvumas išliko taikant 2,0 MHz dažnį, signalas nuo defekto siekė 7dB lygį. Taikant kitus dažnius, signalo lygio viršijimas buvo sumažėjęs iki 4 dB lygio taikant 4,0 MHz dažnį ir truputi mažiau sumažėjęs, iki 5 dB taikant 2,5 MHz dažnį tikrinimui.

Išvados

1. Požymiu, jog yra aptiktas defektas, laikomas defektoskopo ekrane atsiradęs aido signalas, kurio amplitudė viršija indikacijos lygį. Grįžtamos ultragarso bangos nuo defekto slopinimas (kakliuko zonoje iki 5 dB, pado sparno zonoje iki 4 dB) termitiniame suvirinime, gali lemti jog ultragarso bangos intensyvumas nuo defekto bus per mažas, kad būtų pasiektas indikacijos lygis defektoskopo ekrane, ko pasėkoje defektas esantis termitiniame suvirinime bus neaptiktas.
2. Tikrinant defektoskopu termitinio suvirinimo siūlę su 70° PEK keitikliais, didžiausias grįžtamos ultragarso bangos intensyvumas nuo defekto gautas buvo taikant 2,0 MHz dažnį (galvutės zonoje indikacijos lygis siekė 10 dB, o pado sparnų zonoje 7 dB). Didesnis indikacijos lygis nuo defekto pagerina sąlygas defekto parametras nustatyti ir įvertinti jo pavojingumą.

Literatūra

1. 114/K Bėgių termitinio suvirinimo taisyklės. Patvirtintas LG generalinio direktoriaus 2014 m. gruodžio 18 d. įsakymu Nr. Į-1157. Vilnius: UAB „Gelspa“, p. 9–44.
2. 219/K Suvirintų bėgių ultragarsinių bandymų, naudojant defektoskopus RDM-3, RDM-33, instrukcija. Patvirtinta LG generalinio direktoriaus 2006 m. kovo 2 d. įsakymu Nr. Į-73. Vilnius: UAB „Gelspa“, p. 24–108.
3. AB „Lietuvos geležinkeliai“, geležinkelių infrastruktūros direkcija. Interaktyvi svetainė. Prieiga per internetą: < <https://mano.litrail.lt/pages/13?ref=sidebar> >.
4. Ультразвуковой контроль рельсов, сваренных алюмино-термитным способом. Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу с 2 по 5 ноября 2004 г., г. Варшава 2004. p. 3–22
5. 142/K Bėgių neardomųjų bandymų atlikimo reglamentas. Patvirtintas LG generalinio direktoriaus 2007 m. liepos 15 d. įsakymu Nr. Į-456. Vilnius: UAB „Gelspa“, p. 41–133.

Santrauka

Straipsnyje pateikiama suvirintos termitinės bėgių sandūros siūlės tyrimas, atliekant jos defektavimą ir taikant skirtingo dažnio prizminius keitiklius.

Tyrimas buvo atliktas panaudojant „ELEKTROTHERMIT“ technologiją R-65 tipo bėgiams suvirinti, taip suformuojant termitinę siūlę. Pagrindinėse termitinio suvirinimo siūlės ir bėgio zonose (galvutėje, kakliuke ir pado sparne) toliau buvo padaryti dirbtiniai defektai.

Naudojant neardomųjų bandymų technologijas bėgis ir termitinio suvirinimo siūlė buvo tikrinama ultragarsiniu defektoskopu panaudojant 45° ir 70° įvedimo PEK keitiklius. Kad palyginti defektų parametrus suvirinimo siūlėje ir bėgyje tikrinant skirtingais dažniais buvo pasirinkta naudoti standartini 2.5 MHz dažnį, mažesni 2.0 MHz dažnį ir didesni 4.0 MHz ultragarso dažnį.

Palyginami skirtingų bėgio ir termitinio suvirinimo siūlės zonų defektavimą taikant skirtingą dažnį, nustatyta, kad termitinis suvirinimas tikrinant ultragarsiniais defektoskopais turi savybę slopinti grįžtamos ultragarso bangos intensyvumą, ko pasėkoje sumažėja ir signalo lygio viršijimas defektoskopo ekrane. Tačiau taikant mažesnį 2.0 MHz dažnį galima gauti didesnę indikacijos lygis nuo defekto, dėl ko yra geresnės galimybės nustatyti defekto parametrus.

RESEARCH OF RAIL THERMAL WELDING STITCH

Summary

The article presents a study of ultrasonic testing for thermal rail joint weld, using different frequency prism transducers.

The study was conducted by using ELEKTROTHERMIT technology to weld R-65 type rails, thus forming a thermite stitch. Then in the main areas of the thermite weld and rail (such as head, neck, and base zones), artificial defects were made.

Using non-destructive testing technology, the rail and the thermite weld were checked with an ultrasonic defectoscope using 45 ° and 70 ° piezoelectric converters. In order to compare the defect parameters at different frequencies during rail and welding inspection, a standard 2.5 MHz frequency, a lower frequency of 2.0 MHz and a higher frequency of 4.0 MHz were used.

Results for defects of different rail and thermite weld zones at different frequencies are compared, and conclusion was made that welding has the ability to suppress the intensity of the reversible ultrasound wave, which results in a reduction in signal level over the defect screen. However, with a lower frequency of 2.0 MHz, it is possible to get a higher level of indication from the defect, which makes it easier to get parameters of defect.

Jurijus Syčiovas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas; tel. +370 683 10949, el. paštas: j.syčiovas@gmail.com

ELEKTROS SKIRSTOMOJO TINKLO, KURIAME INTEGRUOTOS SAULĖS ELEKTRINĖS, ELEKTROS ENERGIJOS KOKYBĖS TYRIMAS

Linas Sindaravičius, Antanas Kavolynas

Įvadas

Lietuvoje 2019 metais veikia apie 3290 saulės elektrinių, kurių bendra įrengtoji galia siekia apie 96 MW, šie skaičiai metų eigoje keisis, nes daugėja saulės elektrinių iki 10 kW įrengtų su dvipuse apskaita. Daugiausia Lietuvoje veikiančių saulės elektrinių yra nedidelės galios iki 30 kW ir mažiau ir yra integruotos į skirstomuosius tinklus. Brangstant elektros energijai, saulės elektrinių iki 10 kW prijungimas prie skirstomųjų elektros tinklų šiuo metu darosi labai aktuali tema. Lietuvoje vis plačiau yra statomos ir prijungiamos saulės elektrinės iki 10 kW, kurios įrengiamos ant privačių namų stogų.

Įrengiant didelį saulės elektrinių kiekį, gaminama energija kelia problemų dėl tiekimo saugumo. Be to, didelė elektrinių dalis integruojamos į žemos įtampos tinklus, kyla tokių problemų kaip įtampos kokybė, perkrova, efektyvumas [3, 4].

Tipiška elektros skirstymo sistema pasižymi pasyvia charakteristika, susijusi su galios srautais (t. y. vienkryptis galios srautas iš pastotės vartotojui). Tačiau įtraukiant saulės elektrines, šis elgesys gali pasikeisti, ir gali būti paveiktos su energijos kokybe susijusios charakteristikos, pvz., įtampos dydis, bendras harmoninis iškraipymas ir kiti parametrai [1]. Harmoninis iškraipymas yra rimta galios kokybės problema, kuri gali kilti dėl galios keitiklių, konvertuojančių nuolatinės srovės įtampą į kintamos srovės įtampą. Gaminami harmonikai gali sukelti lygiagretų ir serijinį rezonansą, perkaitimą kondensatorių baterijose ir transformatoriuose, taip pat netinkamą apsauginių įtaisų veikimą, kuris gali sumažinti elektros sistemų patikimumą [2].

Tarp įvairių literatūroje siūlomų technologijų, kaip sumažinti įtampos kilimą, pagrindinės idėjos yra dvi: vietinio vartojimo padidėjimas ir saulės elektrinių galios sumažinimas. Vietinį vartojimą galima reguliuoti įvedant apkrovos valdymą arba komponentus, pvz., saugojimo sistemas. Kadangi saulės elektrinių galios sumažinimas nėra palankus laisvos energijos praradimo metodas, diskusija yra orientuota į pirmąjį variantą [5].

Siame darbe buvo tiriama 0,4 kV įtampos skirstomojo tinklo linija, kurioje prijungta 30 kW galios ir 4 kW galios saulės elektrinė ir 6 elektros energijos vartotojai, kurių maksimali skaičiuojamoji galia siekia 48 kW.

Tyrimų tikslas

Išanalizuoti skirstomojo elektros tinklo, kuriame prijungtos saulės elektrinės, elektros energijos kokybės rodiklius.

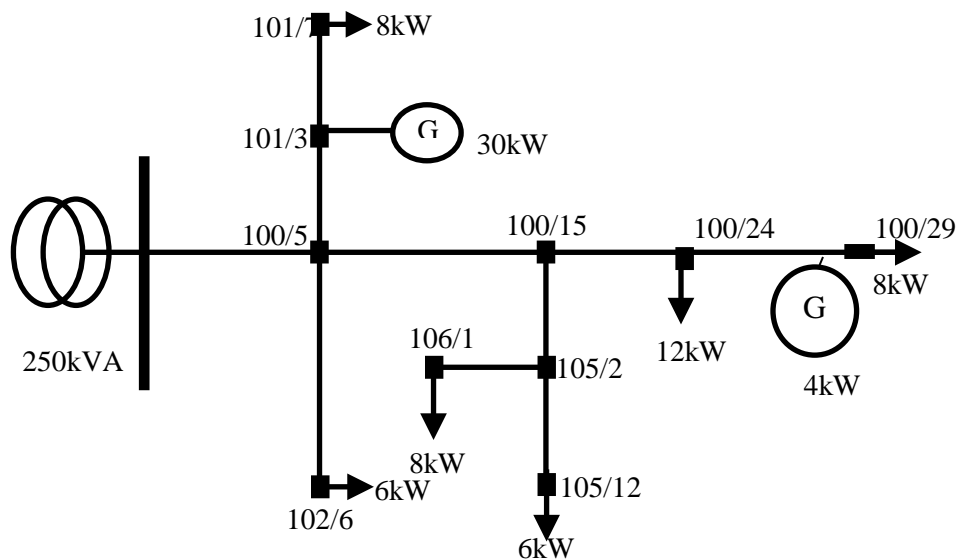
Tyrimo uždaviniai

1. Įvertinti elektros tinklo, kuriame prijungtos saulės elektrinės, įtampos nuostoliai, srovės stiprį, galią, kai veikia viena, ir kai veikia dvi elektrinės, esant skirtingoms galioms;
2. Išanalizuoti veiksnius, kurie nulemia elektros energijos kokybės parametrus.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimai atlikti 0,4 kV įtampos skirstomojo tinklo linijoje, esančioje Trakų rajone. 30 kW galios saulės elektrinė prijungta tiriamosios linijos atšakoje, o 4 kW galios saulės elektrinė prijungta linijos gale (1 pav.).

Tiriamosioje linijoje (1 pav.) yra prijungti 6 elektros energijos vartotojai, kurių bendra leistina instaliuota galia siekia 48 kW. Linija prijungta prie skirstomojo tinklo 10/0,4 kV transformatorinės, kurios galia 250 kVA. Tiriamosios linijos ilgis 1325 m, atšakų ilgis 989 m, bendras ilgis 2314 m, o aliuminio laidininkų skerspjūvis – 35–70 mm².

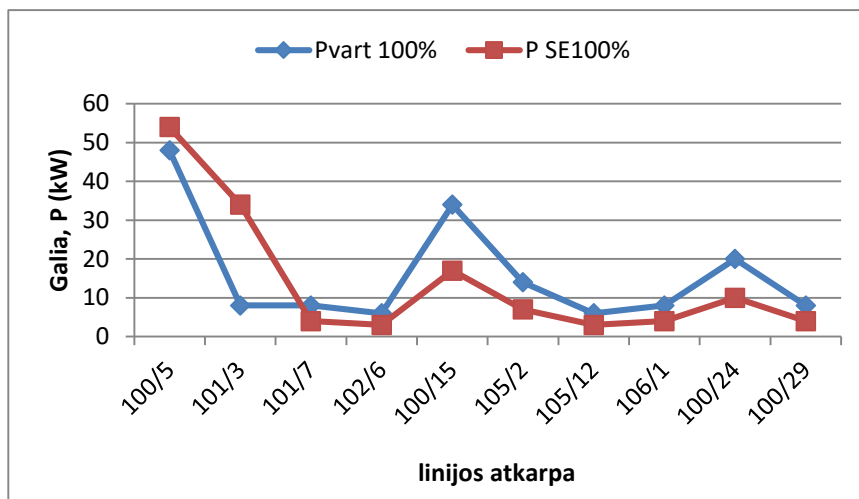


1 pav. Skirstomojo elektros tinklo 0,4 kV įtampos linijos su integruotomis saulės elektrinėmis schema

Tiriamos linijos apkrovos ir įtampos nuostoliai nustatyti modeliavimo būdu, priimant, kad linijoje prijungtų vartotojų apkrova 0 %, o saulės elektrinė generuojama galia 100 %. Kai vartotojų galia 100 %, o saulės elektrinių 0 % galia, bei kai galimai visi vartotojai įsirengę saulės elektrines. Elektros skirstomojo tinklo elektriniai parametrai nustatyti eksperimentiniu būdu. Tyrimui buvo naudotas tinklo kokybės analizatorius METREL, MI2829. Analizatoriaus matavimo ribos 50 V iki 1730 V, paklaida $\pm 0,2$ % nuo U_{nom} .

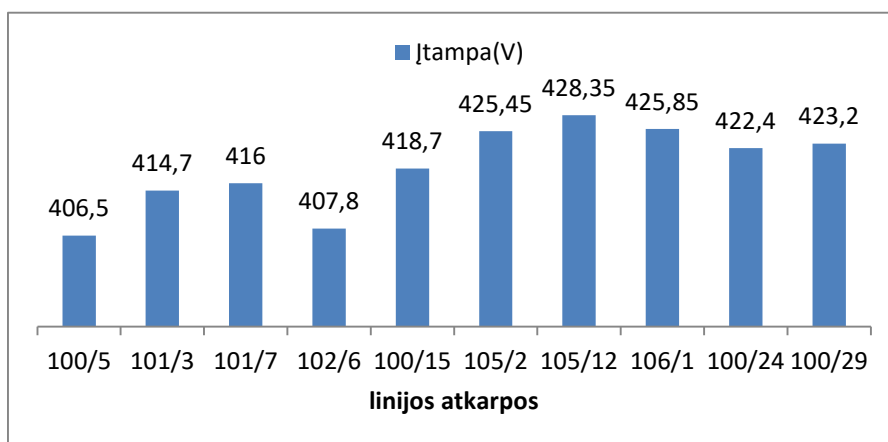
Rezultatai

Tiriamosios linijos atkarpų apkrovos, esant maksimaliai vartotojų apkrovai ir maksimaliai saulės elektrinių galiai, pasiskirsto priklausomai nuo atkarpose prijungtų vartotojų skaičiaus ir jų galios.



2 pav. Apkrova linijų atkarpose, esant maksimaliai vartotojų apkrovai ir maksimaliai saulės elektrinių galiai

Iš (2 pav.) grafiko matosi, kad kai vartotojų apkrova yra 100 % ir visi vartotojai turi įsirengia saulės elektrines, kurios generuoja 100 % galios, saulės energijos pilnai pakanka aprūpinti vartotojus elektros energija. Maksimali instaliuota vartotojų galia 48 kW, saulės elektrinių galia 54 kW, dar lieka 6 kW perteklinės galios.



3 pav. Linijų atkarpų linijinė įtampa, kai saulės elektrinės generuoja 100 %, vartotojų apkrova 0 %

Iš (3 pav.) grafiko matosi, kad įtampos dydžiai linijos atkarpose, veikiant saulės elektrinėms, pasikeičia, tai priklauso nuo saulės elektrinių galingumo ir linijos

aktyviosios varžos. Iš grafiko matosi, kad labiausiai įtampa padidėjo linijos gale 23,2 voltais, linijos pradžioje padidėjo 6,5 voltais.

Išvados

1. 0,4 kV skirstomojo elektros tinklo su integruotomis saulės elektrinėmis linijos atkarpų apkrovos pasikeičia, priklausomai nuo elektrinių generuojamos galios ir vartotojų apkrovos.
2. Įtampos nuostoliai, įtampos padidėjimai ir įtampos iškraipymai elektros tinklo linijoje su integruotomis saulės elektrinėmis sumažėja priklausomai nuo elektrinių generuojamų galių ir apkrovų pasiskirstymo linijos atkarpose.
3. Aukštesniųjų harmonikų elektriniai trikdžiai skirstomojo elektros tinklo linijoje su integruotomis saulės elektrinėmis neviršijo standarte numatytų reikšmių.
4. Saulės elektrinėms generuojant 100% atsiranda perteklinė galia.
5. Integruojant vis daugiau saulės elektrinių iki 10 kW, skistomajame 0,4 kV tinkle, tai gali sukelti įtampos padidėjimus ir kt. trikdžius, siekiant to išvengti reikia tinkamai apskaičiuoti tinklo parametrus ir atlikti tinklo rekonstrukcijos pakeitimus skirstomajame tinkle.

Literatūra

1. J Urbanetz, P Braun, R Rüter. Power quality analysis of grid-connected solar photovoltaic generators in Brazil. Energy conversion and management 2012. V. 64, pp. 8–14.
2. Farhoodnea, M., A. Mohamed, H. Shareef, and H. Zayandehroodi. An enhanced method for contribution assessment of utility and customer harmonic distortions in radial and weakly meshed distribution systems. International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 43 (2012), No.1, 222–229.
3. European energy demonstration projects (2014) European commission. Brussels, Belgium.
4. PV Island Bornholm, ForskEL (smart grid project) (2014) OpenEI, United States Department of Energy, Washington, DC, US.
5. Yang, G., Marra, F., Juamperez Goñi, M. A., Kjaer, S. B., Hashemi Toghroljerdi, S., Østergaard, J., ... Kenn H. B., F. (2015). Voltage rise mitigation for solar PV integration at LV grids: Studies from PVNET. dk. Journal of Modern Power Systems and Clean Energy, 3(3), 411–421. DOI: 10.1007/s40565-015-0132-0

Santrauka

Šiame darbe ištirti elektros tinklo kokybės rodikliai skirstomajame tinkle su integruotomis saulės elektrinėmis. Tyrimui pasirinkta 0,4 kV įtampos linija, kurioje prijungta 30 kW galios elektrinė ir 4 kW galios saulės elektrinė, 6 elektros energijos linijos vartotojais su 48 kW apkrova. Galima teigti, kad įtampos nuostoliai linijoje su integruotomis saulės elektrinėmis sumažėjo dėl sumažėjusių linijos atkarpų apkrovų. Saulės elektrinėms generuojant 100 % atsiranda perteklinė galia. Įrengiant didelį saulės elektrinių kiekį skistomajame 0,4 kV tinkle, tai gali sukelti įtampos padidėjimus ir kt. trikdžius, siekiant to išvengti reikia tinkamai apskaičiuoti tinklo parametrus ir atlikti tinklo rekonstrukcijos pakeitimus skirstomajame tinkle.

**ELECTRICITY DISTRIBUTION NETWORK IN INTEGRATED SOLAR ELECTRICAL,
ELECTRICITY QUALITY STUDY**

Summary

The main subject of current study are the quality indicators of the electricity network in a distribution network with integrated solar plants. The research is based on a 0.4 kV voltage line, to that a power plant of 30 kW and a solar power plant of 4 kW are connected, as well as 6 electric energy consumers with the load of 48 kW. The research shows the decrease of a voltage loss in the line with integrated solar plants due to loads drop in line sections. The generation by solar plants at 100 % leads to an excess power. If a large number of solar power plants is installed in a 0.4 kV distribution network, this could result in voltage increases and other disturbances. In order to avoid this, network parameters need to be properly calculated and changes in the reconstruction of a distribution network have to be carried out.

Linas Sindaravičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas, tel. +370 601 51495, el. paštas: linas1222@gmail.com

Antanas Kavolynas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos instituto doc., dr., tel. +370 687 41241, el. paštas: Antanas.Kavolynas@vdu.lt

INTEGRUOTOS Į ELEKTROS TINKLĄ IŠMANIOSIOS SAULĖS ELEKTRINĖS TYRIMAS

Martynas Mickevičius, Kęstutis Venšlauskas

Įvadas

Viena iš labiausiai plėtojamų atsinaujinančių energijos išteklių rūšių yra Saulės energetika. Fotoelementų technologijos plėtojimas, jų efektyvumo didinimas ir fotoelementų kainos mažėjimas, dėl geresnių gamybos technologijų bei didėjančios rinkos, yra didžiausi Saulės energetikos plėtojimą pastūmėję veiksniai. Be to, pagal 2021 m. įsigaliojančius Europos Sąjungos standartus, kiekviename naujos statybos name turės būti instaliuotas atsinaujinančios energijos šaltinis, kas taip pat didins Saulės energijos naudojimą [1, 2].

Žiūrint į ateities prognozes, pagal 2018 m. EurObserv'ER pateiktą statistiką, prognozuojama, jog 2020 m. bendras Europos saulės jėgainių pajėgumas sieks 133 GW_p. Pasaulio mastu, didžiausios elektros iš saulės energijos gamintojos yra Kinija, Japonija, Vokietija, JAV, Jungtinė Karalystė, Italija [3,4].

Saulės elektrinėse išgauta iš fotoelementų nuolatinė elektros srovė inverteryje konvertuojama į kintamąją elektros srovę. Saulės elektrinės yra skirstomos į izoliuotas nuo tinklo ir integruotas į elektros tinklą. Izoliuotos nuo tinklo saulės elektrinės sistema sudaryta iš fotoelementų, įkroviklio, baterijų bei inverterio ir yra visiškai priklausoma nuo saulės energinės apšvietos intensyvumo elektros energijai išgauti. Integruotos į tinklą saulės elektrinės sistema yra paprastesnė ir susideda iš fotoelementų ir inverterio. Tokia sistema yra patikimesnė už izoliuotą sistemą, nes saulės apšvietos trūkumo metu sistema gali pasiimti trūkstamą elektros energiją iš elektros tinklo. Integruotos į tinklą sistemos trūkumas – sistema negali generuoti iš fotoelementų gaunamo elektros energijos, jeigu sistemos inverteris nėra prisijungęs prie elektros tinklo su kuriuo elektrinė sinchronizuoja generuojamos kintamos srovės dažnį [1].

Pastaruosiu metu pradeda populiarėti hibridinės saulės elektrinės. Hibridinė elektrinė susideda iš fotoelementų, baterijų ir hibridinio inverterio, kuris reguliuoja sistemos elektros šaltinių (fotoelementų, baterijos, elektros tinklo) tarpusavio darbą. Hibridinė saulė elektrinė gali dirbti integruota į tinklą ir atsijungusios nuo tinklo režimuose, kas išsprendžia anksčiau minėtų sistemų trūkumus ir didina vartotojo nepriklausomybę nuo elektros tinklo. Tačiau literatūroje pasigendama informacijos apie hibridinės saulės elektrinės naudingumo rodiklius [5].

Tyrimų tikslas

Ištirti integruotąją į elektros tinklą išmaniają saulės elektrinę.

Tyrimų uždaviniai

1. Apskaičiuoti inverterio konversijos naudingumo koeficientą.

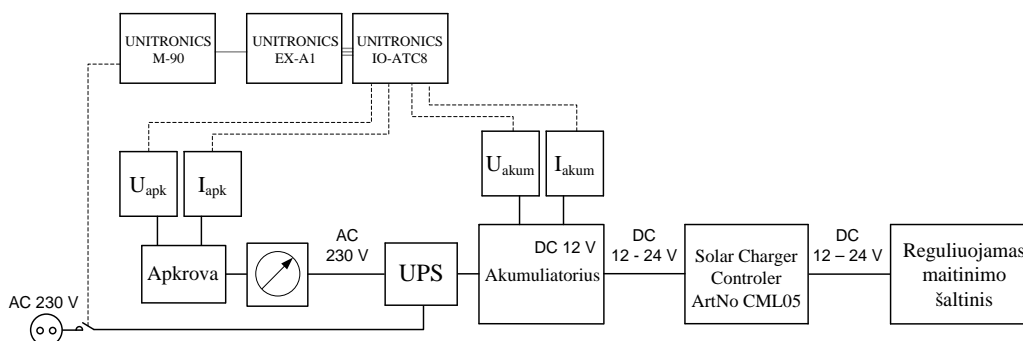
2. Nustatyti integruotos į elektros tinklą išmaniosios saulės elektrinės naudingumo koeficientą.

3. Nustatyti ir iširti sąlygas prie kurių inverteris veikia salos ir integruotas į tinklą režimuose.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimams atlikti buvo suprojektuotas ir sukonstruotas integruotos į tinklą saulės elektrinės stendas (1 pav.). Tyrimo standą sudaro: apkrova, nenutrūkstamo maitinimo šaltinis (UPS), 80 Ah 12 V akumulatorius, akumulatoriaus kroviklis „Prosolar Solar Charger Controller CML05“, reguliuojamas maitinimo šaltinis „MASTECH HY5003-2“, „UNITRONICS M-90“ valdiklis. Kaip apkrova buvo pasirinktos trys kaitinamosios lempos po 52 W. UPS buvo pasirinktas dėl jame esančio nesudėtingo inverterio. Reguliuojamas maitinimo šaltinis tyrimo stende atstojo fotoelementą ir generavo nuolatinę įtampą.

Tyrimo metu buvo naudojami srovės ir įtampos matavimo signalų keitikliai į 0–10 V standartinių signalų (Schneider RMCV60BD ir RMCA61BD). Matuota apkrovos ir akumulatoriaus įtampa, apkrovos ir akumulatoriaus srovė. Signalų keitiklių matavimo duomenys perduoti į programuojamą loginį valdiklį ir registruoti kompiuteryje, kur vėliau apdoroti.



1 pav. Supaprastinta tyrimų stendo schema. AC – kintamoji 230 V įtampa; DC – nuolatinė įtampa.

Schemos veikimo principas pagrįstas idėja, jog visa fotoelemento sugeneruota elektros energija būtų sunaudojama apkrovos reikmėms arba baterijos krovimui. Elektros energijos trūkumo atveju, valdomu jungikliu sistema prijungiama prie elektros tinklo. Perjungimas įvyksta akumulatoriaus įtampai nukritus iki 11,4 V. Akumulatoriaus įtampos sekimas ir sistemos perjungimo valdymas atliekamas „Unitronics“ valdikliu. Sistemą prijungus prie elektros tinklo, fotoelemento generuojama elektros energija krauna akumuliatorių iki 12,4 V. Akumuliatoriui pasikrovus iki 12,4 V, valdiklis sistemą atjungia nuo tinklo ir apkrovai yra vėl naudojama fotoelemento sugeneruota ir sukaupta elektros energija iš akumulatoriaus.

Inverterio konversijos naudingumo tyrimams buvo naudojamas pakrautas akumulatorius. Tyrimo pradžioje sistema buvo prijungiama prie tinklo ir įjungiamos trys lempos. Lempos buvo paliekamos šviesti 15 sekundžių. Toliau sistema

buvo atjungtama nuo tinklo ir paliekama veikti autonomiškai. Dėl ne visada idealaus akumulatoriaus pakrovimo lygio ir akumulatoriaus apkrovimo metu nukreitančios akumulatoriaus įtampos, matavimas būdavo pradedamas akumulatoriaus įtampai nukritus iki 11,99 V. Akumulatoriaus įtampai pasiekus 11,99 V sistema būdavo palikta dirbti 10 minučių. Matavimai buvo pakartoti 5 kartus. Matavimų metu nebuvo naudojama sistemos perjungimo į tinklą funkcija.

Buvo apskaičiuojama kiekvieno matavimo sunaudojama akumulatoriaus energijos ir apkrovos naudojama galia bei inverterio konversijos naudingumo koeficientas. Suvartojama akumulatoriaus ir apkrovos galia apskaičiuota pagal lygtį:

$$P = U \cdot I ; \quad (1)$$

čia: P – galia, W; U – įtampa, V; I – srovė, A.

Inverterio konversijos naudingumo koeficientas η apskaičiuota pagal lygtį:

$$\eta = \frac{P_{apk}}{P_{akum}} ; \quad (2)$$

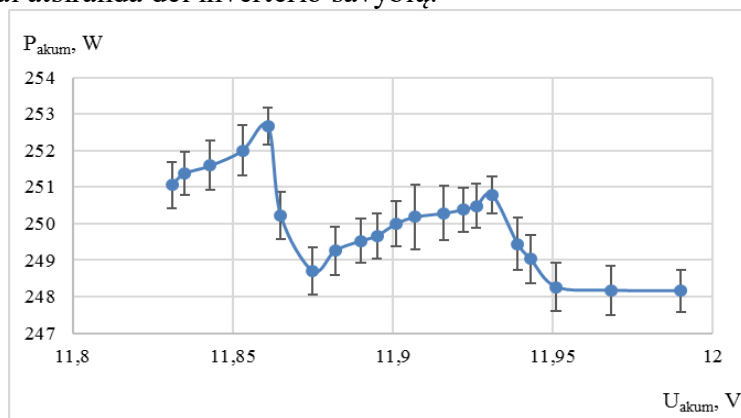
čia: P_{apk} – apkrovos galia, W; P_{akum} – akumulatoriaus galia, W.

Rezultatai

Atliktų matavimų vidutinis inverterio konversijos naudingumo koeficientas buvo apskaičiuotas naudojantis kiekvieno atlikto matavimo inverterio konversijos naudingumo koeficiento vidurkiu.

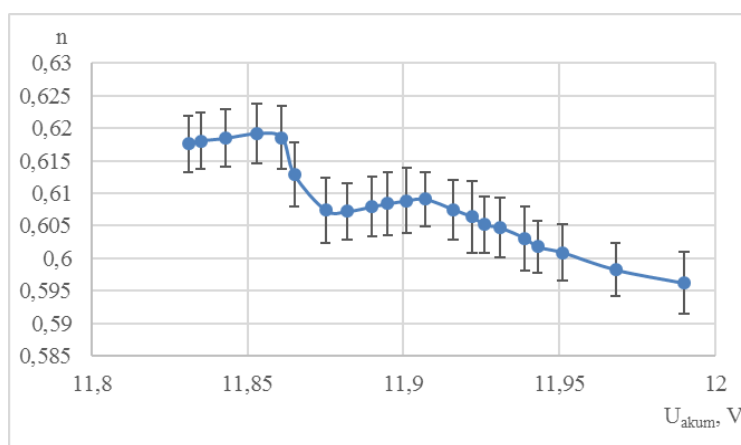
Rezultatai rodo, kad matavimų pradžioje (kai U_{akum} 11,99 V) iš akumulatoriaus imama galia nežymiai kyla nuo 248,15 W iki 248,26 W (iki 11,95 V) (2 pav.).

Toliau matomas sunaudotos akumulatoriaus galios didėjimas nuo 248,26 W iki 250,79 W atkarpoje nuo 11,95 V iki 11,93 V. Nuo 11,93 V iki 11,87 V atkarpoje galia krenta nuo 250,79 iki 248,7 W. Nuo 11,87 V iki 11,86 V iš akumulatoriaus sunaudojama galia greitai kyla nuo 248,7 W iki 252,67 W. Nuo 11,86 V iki 11,83 V sunaudojama akumulatoriaus galia krenta nuo 252,67 W iki 251,06 W. Galios šuoliai atsiranda dėl inverterio savybių.



2 pav. Inverterio sunaudojamos galios priklausomybė nuo akumulatoriaus įtampos

Grafike (3 pav.) pavaizduota inverterio naudingumo koeficiento priklausomybė nuo akumulatoriaus įtampos.



3 pav. Inverterio naudingumo koeficiento priklausomybė nuo akumulatoriaus įtampos

Inverterio konversijos naudingumo koeficientas, palyginus pradinį akumulatoriaus įtampos tašką 11,99 V ir galutinį tašką 11,83 V, didėjo nuo 0,596 iki 0,618. Inverterio konversijos naudingumo koeficientas nuo akumulatoriaus įtampos didėja netolygiai. Diagramoje matomas naudingumo didėjimas nuo 0,596 iki 0,609, atkarpoje nuo 11,99 V iki 11,91 V. Nuo 11,91 V iki 11,88 V atkarpoje matomas naudingumo mažėjimas nuo 0,609 iki 0,607. Nuo 11,88 V iki 11,85 V atkarpoje naudingumas didėja nuo 0,607 iki 0,619. Nuo 11,85 V iki 11,83 V atkarpoje naudingumas vėl mažėja nuo 0,619 iki 0,618.

Turint visų matavimų inverterio konversijos naudingumo koeficiento skaičiavimo rezultatus, buvo išvestas inverterio konversijos naudingumo koeficiento vidurkis (1 lentelė).

1 lentelė. Matavimų vidutinis konversijos naudingumo koeficientas

Matavimo Nr.	Matavimo vidutinis inverterio konversijos naudingumo koeficientas, n
1	0,599
2	0,613
3	0,61
4	0,605
5	0,615

Apskaičiuotas matavimų vidutinis inverterio konversijos naudingumo koeficientas – $\eta_{vid.inv} = 0,608$.

Išvados

1. Tyrimų metu, surinkus matavimų stendą, atlikus 5 matavimus su 156 W apkrova ir atlikus duomenų apdorojimą buvo nustatyta, jog inverterio konversijos naudingumo koeficientas yra 0,608.
2. Matavimų metu buvo pastebėta, jog krentant akumulatoriaus įtampai, inverterio konversijos naudingumas netolygiai didėjo nuo 0,596 prie 11,99 V iki 0,618 prie 11,83 V.

Literatūra

1. Mirhassani S., Ong H. C., Chong W. T., Leong K. Y. Advances and challenges in grid tied photovoltaics systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015, Vol 49, P. 121–131.
2. Energy efficiency of buildings. A nearly zero-energy future? [Žiūrėta 2019 02 19]. Prieiga per: <[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/582022/EPRS_BRI\(2016\)582022_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/582022/EPRS_BRI(2016)582022_EN.pdf)>.
3. Photovoltaic barometer 2018. [Žiūrėta 2019 02 19]. Prieiga per: <<https://www.eurobserv-er.org/photovoltaic-barometer-2018/>>.
4. Growth_of_photovoltaics. [Žiūrėta 2019 02 19]. Prieiga per: <https://en.wikipedia.org/wiki/Growth_of_photovoltaics>.
5. Mirhassani S., Ong H. C., Chong W. T., Leong K. Y. Residential micro-grid load management through artificial neural networks. *Journal of Energy Storage*. 2018, Vol 17, P. 287–298.

Santrauka

Tyrimų tikslas buvo atlikti integruotos į elektros tinklą išmaniosios saulės elektrinės tyrimą, apskaičiuoti inverterio konversijos naudingumo koeficientą ir nustatyti integruotos į elektros tinklą išmaniosios saulės elektrinės naudingumo koeficientą. Matavimai buvo atliekami 5 kartus po 10 min. apkraunant prijungtą prie akumulatoriaus inverterį 156 W aktyvine apkrova. Atlikus duomenų apdorojimą buvo pastebėta, jog inverterio konversijos naudingumo koeficientas netolygiai auga nuo 0,599 iki 0,621 krentant akumulatoriaus įtampai. Apskaičiuotas vidutinis inverterio konversijos naudingumo koeficientas yra 0,608.

INVESTIGATION OF SMART GRID TIED SOLAR SYSTEM

Summary

The purpose of research was to perform investigation of a smart grid tied solar system, compute and present results of conversion efficiency of an inverter and determine smart grid tied solar system's efficiency. Investigation comprises of an analysis of other made researches, planning and making of an investigation test bench, performing tests, computing gathered data and presentation of gathered results. Tests were performed 5 times for a 10 minutes each with a 156 W active load. After computing data it was observed that inverter's efficiency unevenly gets higher from 0.599 to 0.621 as voltage of a battery gets lower in performed tests. Calculated average inverter's conversion efficiency was 0.611.

Martynas Mickevičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas, tel. +370 682 91575; el. paštas: martynas.mickevicius9@gmail.com

Kęstutis Venslauskas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr., tel. +370 37 752219; el. paštas Kęstutis.Venslauskas@vdu.lt

DIRVOŽEMIO ORGANINĖS ANGLIES TYRIMAI IR ŽIEMINIŲ RAPSŲ GYVAVIMO CIKLO ANGLIES PĖDSAKO VERTINIMAS

Julija Rukaitė, Darius Juknevičius, Egidijus Šarauskis, Sidona Buragiene

Įvadas

Didėjantis maisto produktų poreikis skatina vis labiau intensyvinti žemdirbystę. Žemės ūkyje dažnai norima gauti kuo didesnę augalų derlių, neatsižvelgiant į dirvožemio būklę. Nualintame dirvožemyje sudėtinga tikėtis didelio augalų derliaus. Dirvožemio būklę apibūdina ne tik gaunamas augalų derlius, tačiau ir sėklų dygimo bei augalų augimo sąlygos.

Viena pagrindinių dirvožemio sudedamųjų dalių yra dirvožemio organinė anglis (DOA). DOA tai įvairiarūšių paprastų ir sudėtinių medžiagų, kurių didžiąją dalį sudaro anglis, mišinys. DOA pagrindinis šaltinis yra organiniai junginiai, produkuoti augalų fotosintezės metu ir suskaidyti dirvožemio bakterijų, taip pat gyvūninės kilmės organinės liekanos bei trąšos. DOA praradimą iš dirvožemio skatina netinkami žemės dirbimo būdai, intensyvi žemdirbystė bei besaikis tręšimas mineralinėmis trąšomis (Stewart et al., 2007).

Dirvožemio DOA yra glaudžiai susijusi su dirvožemio kietumu, poringumu, tankiu bei drėgniu. DOA padidina vandens ir maisto medžiagų pastovumą dirvožemyje bei paverčia jas labiau prieinamas augalams (Pilipavičius et al., 2008).

DOA praradimą iš dirvožemio bandoma kompensuoti mineralinėmis trąšomis, kurios prisideda prie anglies pėdsako (C_F) didėjimo. C_F – tai bendras CO_2 kiekis, išskiriamas tam tikros veiklos ciklo metu. Laisvoji anglis patekusi į aplinką prisideda prie nepageidaujamo šiltnamio efekto sukeliančių dujų kiekio (Cheng et al., 2011).

Tikslas – nustatyti dirvožemio organinės anglies koncentraciją naudojant skirtingus biologinius preparatus ir atlikti žieminių rapsų gyvavimo ciklo anglies pėdsako vertinimą.

Uždaviniai:

1. Eksperimentiniais tyrimais nustatyti dirvožemio organinės anglies koncentraciją pagal tris skirtingus dirvožemio variantus.
2. Atlikti žieminių rapsų gyvavimo ciklo anglies pėdsako vertinimą.

Tyrimų metodika

Tyrimai atlikti 2018 m. balandžio ir liepos mėnesiais, Pasvalio rajone, Šedeikonių kaime tyrimams skirtame lauke, kuriame tyrimų metu buvo auginami žieminiai rapsai „Mercedes“. Lauko plotis 180 m, o ilgis 500 m. Laukas padalintas į devynis laukelius, kurių plotis po 20 m, ilgis – 500 m. Laukeliai išdėstyti randomizuotai. Tyrimams naudoti 2 skirtingų savybių biologiniai preparatai. Tyrimai vykdyti trimis skirtingais variantais (SC), po tris pakartojimus:

SC1 – naudotas biologinis preparatas Nr. 1, sudarytas melaso pagrindu;

SC2 – naudotas biologinis preparatas Nr. 2, sudarytas įvairių mikroorganizmų pagrindu;

SC3 – kontrolė, biologinis preparatas nenaudotas.

DOA tyrimai buvo atliekami lygiagrečiai toje pačioje vietoje, kiekviename atskirame laukelyje. Matavimai balandžio ir liepos mėnesį atlikti tarp 11 ir 14 valandos. Technologija pagal kurią buvo auginami žieminiai rapsai pateikiama 1 lentelėje.

DOA kiekis skirtinguose dirvožemio variantuose buvo matuojamas mobiliąja tyrimų mašina „VerisP4000“, kabinama ant traktoriaus. Matavimo diapazonas nuo 2,5 iki 80 cm gylio. Tyrimų mašina tuo pačiu metu turi galimybę nustatyti ir dirvožemio elektrinį laidumą.

DOA koncentracija pirmą kartą buvo nustatoma pavasarį – balandžio mėnesį, prieš augalų purškimą ir tręšimą, kitą kartą po augalų nuėmimo – liepos mėnesį.

Anglies pėdsakas buvo nustatomas analitiniu būdu, atsižvelgiant į žieminių rapsų auginimo technologiją bei gautą derlių. Ma et al. (2012) anglies pėdsaką pasiūlė apskaičiuoti:

$$C_F = \frac{E_{\text{ŠESD}}}{D_p} \quad (1)$$

čia: C_F – anglies pėdsakas, kg CO_{2eq}/ha; $E_{\text{ŠESD}}$ – bendra šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisija, kg CO_{2eq}/t; D_p – augalų derlius, t/ha.

Šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisija buvo apskaičiuota įvertinant kiekvieną technologinę operaciją atskirai. ŠESD emisijų apskaičiavimui naudoti ISCC 205 pateikti perskaičiavimo koeficientai. Bendras ŠESD kiekis apskaičiuotas pagal formulę (Makarevičienė, 2017):

$$E_{\text{ŠESD}} = E_D + E_{Tr} + E_{AAP} + E_{Kt} \quad (2)$$

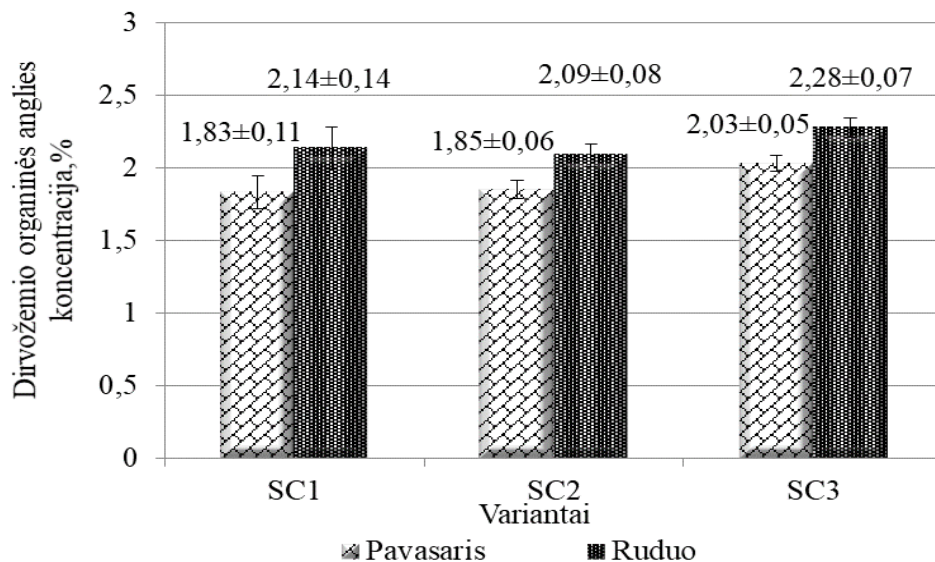
čia: $E_{\text{ŠESD}}$ – ŠESD emisijos, kg CO_{2eq}/t; E_D – ŠESD emisijos, susidarancios dėl degalų, naudojamų auginant ir nuimant augalų derlių, kg CO_{2eq}/t; E_{Tr} – ŠESD emisijos, susidarancios dėl trąšų naudojimo, kg CO_{2eq}/t; E_{AAP} – ŠESD emisijos, susidarancios dėl augalų apsaugos priemonių naudojimo, kg CO_{2eq}/t; E_{Kt} – ŠESD emisijos, susidarancios dėl kitų sąnaudų (sėklų ir pan.), kg CO_{2e}

1 lentelė. Žieminių rapsų auginimo technologija

Eil Nr.	Data	Variantai		
		SC1	SC2	SC3
1	2017 m. rugpjūčio 16 d.	Sėja (Mercedes 3 kg/ha), traktorius Case Magnum 280 + Amazone D9 Super 4 m sėjamoji, komplektuojama su Amazone KG 4 m vertikalių rotorių kultivatoriumi		
2	2017 m. rugsėjo 16 d.	Biologinis preparatas Nr. 1 dirvos gerinimui 1,0 l/ha; herbicidai Metazamix 0,8 l/ha ir Rapsan 1,5 l/ha	Biologinis preparatas Nr. 2 dirvos gerinimui 500 ml/ha; herbicidai Metazamix 0,8 l/ha ir Rapsan 1,5 l/ha	Herbicidai Metazamix 0,8 l/ha ir Rapsan 1,5 l/ha
3	2018 m. balandžio 14 d.	Biologinis preparatas Nr. 1 dirvos gerinimui 1,0 l/ha; augimo stimulatorius, įsisavinamas per lapus 300 ml/ha; trąšos KAS 250 kg/ha	Biologinis preparatas Nr. 2 dirvos gerinimui 500 ml/ha; KAS 250 kg/ha	Trąšos KAS 250 kg/ha
4	2018 m. balandžio 16 d.	Trąšos amonio sulfatas 250 kg/ha (N 21 %; NH ₄ 21 %; SO ₄ 24 %)		
5	2018 m. balandžio 22 d.	Trąšos amonio sulfatas 200 kg/ha (N 21 %; NH ₄ 21 %; SO ₄ 24 %)		
6	2018 m. balandžio 23 d.	Fungicidas Juventus 0,5 l/ha, insekticidas Fury 0,1 l/ha, trąšos karbamidas 46,2 % N 7,5 kg/ha, magnio sulfatas AGRO TOP 16 % MgO ir 32 % SO ₃ , 3,5 kg/ha, mikroelementai 1,0 l/ha, SUPLOFOL mikro Z 1,0 l/ha		
7	2018 m. gegužės 7 d.	Trąšos amonio salietra NP 200 kg/ha (N33 %; P3 %)		
8	2018 m. gegužės 20 d.	Fungicidas Amistar gold 0,75 l/ha; insekticidas Proteus 0,75 l/ha sukibimo gerintojas Silvet 0,1 l/ha		
9	2018 m. liepos 14 d.	Derliaus nuėmimas kombainu Laverda M306.		

Rezultatai

Dirvožemio organinės anglies koncentracija. DOA koncentracijos dirvožemyje atliktų tyrimų rezultatai pateikti 1 paveiksle.



1 pav. Dirvožemio organinės anglies koncentracija skirtinguose variantuose

Pradinės DOA sąlygos geriausios buvo kontroliniame SC3 variante, kuriame pavasarį DOA koncentracija buvo 2,03 %. Kituose variantuose pradinė DOA koncentracija buvo mažesnė, SC1 variante buvo 1,83 %, SC2 – 1,85 %. Rudeniniai DOA tyrimai, po derliaus nuėmimo, parodė, kad visuose variantuose DOA koncentracija padidėjo. Variantuose, kuriuose buvo naudojami biologiniai preparatai DOA padidėjo nuo 12,98 % (SC2) iki 16,94 % (SC1). Mažiausias DOA padidėjimas (12,31%) nustatytas kontroliniame variante, kuriame biologiniai preparatai nebuvo naudojami.

Žieminių rapsų gyvavimo ciklo anglies pėdsakas. Anglies pėdsakas buvo vertinamas visam žieminių rapsų gyvavimo ciklui. Žieminių rapsų derlius variantuose su biologiniais preparatais buvo 3,22 t/ha – SC1 variante ir 3,26 t/ha – SC2 variante, kontroliniame variante rapsų derlius siekė 2,9 t/ha. Apskaičiavus ŠESD emisijas, susidarantis dėl degalų naudojimo auginant ir nuimant derlių, taip pat įvertinus augalų tręšimą bei purškimą buvo gauta, kad variantuose, kuriuose buvo naudojami biologiniai preparatai emisijos buvo 150,89 kg CO_{2eq}/t (SC1) ir 149,04 kg CO_{2eq}/t (SC2), o kontroliniame variante – 167,55 kg CO_{2eq}/t. ŠESD emisijos dėl trąšų naudojimo variantuose, kuriuose buvo naudojami biologiniai preparatai siekė 910,14 kg CO_{2eq}/t (SC1) ir 898,97 kg CO_{2eq}/t (SC2), o kontroliniame variante 1010,57 kg CO_{2eq}/t. ŠESD emisijos dėl augalų apsaugos priemonių naudojimo variantuose su biologiniais preparatais buvo 18,74 kg CO_{2eq}/t (SC1) ir 18,51 kg CO_{2eq}/t (SC2), kontroliniame variante – 20,81 kg CO_{2eq}/t. ŠESD emisijos dėl sėklų variantuose su biologiniu preparatu buvo 0,68 kg CO_{2eq}/t (SC1) ir 0,67 kg CO_{2eq}/t (SC2), kontroliniame variante – 0,76 kg CO_{2eq}/t.

Atlikus anglies pėdsako vertinimą buvo gauta, kad anglies pėdsakas variantuose su biologiniu preparatu buvo 335,54 kg CO_{2eq}/ha (SC1) ir 327,36 kg CO_{2eq}/ha

(SC2), o kontroliniame variante – 413,68 kg CO_{2eq}/ha. Gauti rezultatai rodo, kad biologiniai preparatai daro teigiamą įtaką ne tik žieminių rapsų derliui, bet mažina ir aplinkos užterštumą, nes naudojant biologinius preparatus, anglies pėdsakas, o tuo pačiu ir ŠESD emisijos buvo 23,29 % (SC1) ir 26,37 % (SC2) mažesnės negu nenaudojant biologinių preparatų.

Išvados

1. „VERIS P4000“ mobilia mašina atliktais DOA koncentracijos tyrimais, nustatyta, kad kontroliniame variante, kai naudojami biologiniai preparatai, pradinės sąlygos buvo geresnės negu kituose variantuose, t. y. DOA koncentracija pavasarį buvo pati didžiausia (2,03 %). Nuėmus žieminių rapsų derlių DOA padidėjimas buvo visuose variantuose, tačiau su biologiniais preparatais šiek tiek didesnis (SC1 – 16,94 %, SC2 – 12,98 %, SC3 – 12,31 %)
2. Žieminių rapsų gyvavimo ciklo anglies pėdsako vertinimas, rodo, kad biologiniais preparatais paveiktuose variantuose anglies pėdsakas buvo mažesnis nei kontroliniame (SC1 – 335,54 kg CO_{2eq}/ha ir SC2 – 327,36 kg CO_{2eq}/ha, SC3 – 413,68 kg CO_{2eq}/ha).
3. Variantuose, kuriuose naudoti biologiniai preparatai, buvo gautas 11,03 % (SC1) ir 12,41 % (SC2) didesnis žieminių rapsų derlius nei kontroliniame variante.

Literatūra

1. Cheng, K., Pan G.X., Smith, P., Luo, T., Li, L.Q., Zhang, J.W., Zhang, X.H., Han X.J., Yan M. 2011. Carbon footprint of China's crop production-an estimation using agro statistics data over 1993-2007. *Agr. Ecosyst. Environ. Nr. 142*, p. 231–237.
2. ISCC 205 GHG Emissions calculation methodology and GHG audit. International Sustainability and Carbon Certification. https://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/workgroups/lcfsustain/ISCC_EU_205_GHG_Calculation_and_GHG_Audit_2.3_eng.pdf (žiūrėta 2019 02 11)
3. Ma B.L., Liang B.C., Biswas D.K., Morrison M.J., McLaughlin N.B., 2012. The carbon footprint of maize production as affected by nitrogen fertilizer and maizelegume rotations. *Nutr Cycl Agroecosyst, Nr. 94*, p. 15–31.
4. Makarevičienė, V. 2017. Išmetamųjų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio, išreikšto CO₂ ekvivalentu, susidarančio auginant žemės ūkio žaliavas biodegalams, nustatymas. 2017 m. galutinė ataskaita. Aleksandro Stulginskio Universitetas.
5. Pilipavičius, V.; Pupalienė, R.; Marcinkevičienė, A. 2008. *Pasėlių bendrijos ir jų tyrimai*. Mokomoji knyga.
6. Stewart, C. E.; Paustian, K.; Conant, R. T. et al. 2007. Soil carbon saturation: concept, evidence and evaluation. *Biogeochemistry*. 2007, vol. 86. p. 19–31.

Santrauka

Dirvožemio organinė anglis (DOA) yra pagrindinis dirvožemio būklės rodiklis nuo kurio priklauso ne tik dirvožemio derlingumas bei būklė, bet ir augalų derlius. Intensyvi žemdirbystė ir besaikis trąšų naudojimas skatina DOA praradimą iš dirvožemio (Stewart et al., 2007). Tyrimai atlikti naudojant 2 skirtingus biopreparatus ir kontrolinį variantą, kuriame biopreparatai nenaudoti. DOA koncentracija buvo nustatyta pavasarį prieš biopreparatų panaudojimą ir po derliaus nuėmimo. Gauti rezultatai parodė, kad tiek pavasarį, tiek rudenį didžiausia DOA koncentracija buvo kontroliniame variante (SC3): pavasarį 2,03±0,05 %, rudenį 2,28±0,07 %. Tačiau lyginant su dviem kitais

variantais, nustatyta, kad variantuose, kuriuose naudoti biopreparatai, DOA padidėjimas buvo didesnis negu kontrolėje. Žieminių rapsų gyvavimo ciklo anglies pėdsako skaičiavimai rodo, kad naudojant biopreparatus anglies pėdsakas gaunamas mažesnis negu nenaudojant. Variantuose su biopreparatais anglies pėdsakas buvo 335,54 kg CO_{2eq}/ha (SC1) ir 327,36 kg CO_{2eq}/ha (SC2), o kontrolėje – 413,68 kg CO_{2eq}/ha.

Dirvožemio organinė anglis, biopreparatai, anglies pėdsakas, CO₂, žieminiai rapsai

RESEARCH OF SOIL ORGANIC CARBON AND EVALUATION OF CARBON FOOTPRINT OF WINTER RAPE LIFE CYCLE

Summary

Soil organic carbon (DOA) is the main indicator of soil condition, on which depends not only soil fertility and condition, but also the harvest of plants. Intensive agriculture and excessive usage of fertilizers, promote the loss of DOA from the soil (Stewart et al., 2007). The researches were carried out using 2 different biopreparators and a control option - in which the biopreparators were not used. The concentration of DOA was determined in the spring, before spraying and fertilization, and after harvesting. The results showed the highest DOA concentration in both spring and autumn at SC3 (control option): 22,03±0,05 % in spring, and 2,28±0,07 % in autumn. The carbon footprint calculation of the winter rape life cycle revealed, that the usage of biopreparators caused lower carbon trace than in control option 335,54 kg CO_{2eq}/ha (SC1) and 327,36 kg CO_{2eq}/ha (SC2), SC3 – 413,68 kg CO_{2eq}/ha).

Soil organic carbon, biological preparations, carbon footprint, CO₂, winter rape.

Julija Rukaitė – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantė, tel. 865417220, el. paštas: julyterukaite31@gmail.com.

Darius Juknevičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, doktorantas, tel. 837752357, el. paštas: darius.juknevičius11@gmail.com.

Egidijus Šarauskis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, prof. dr., tel. 837752357, el. paštas: egidijus.sarauskis@vdu.lt.

Sidona Buragienė – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, mokslo darbuotoja, dr., tel. 837752357, el. paštas: sidona.buragiene@vdu.lt.

AUTOMOBILIO PADANGOS EKSPLOATAVIMO SAVYBIŲ IR DISBALANSO ĮTAKA RATO VIBRACIJAI

Darius Gendrėnas, Gediminas Pupinis

Įvadas

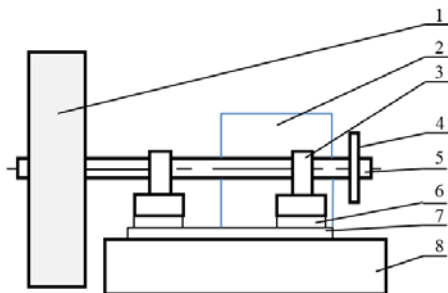
Padanga yra sudėtingas inžinerinis objektas, sudarytas iš gumos mišinio ir įvairiausių sintetinių medžiagų, sujungtų tarpusavyje karštos vulkanizacijos būdu. Gumos mišinių sudėtis, jos ingredientai, dozės ir gamybos technologijos yra kiekvieno gamintojo itin saugomos paslaptys [1]. Padanga turi savitos konstrukcijos rėmą gumos-plieno derinį po protektoriumi, kad būtų užtikrintas stabilumas [2]. Ratai – svarbi ir išskirtinio dėmesio reikalaujanti automobilio dalis. Jie išlaiko visą transporto priemonės masę, sušvelnina dėl kelio nelygumų gaunamus smūgius, suteikia galimybę efektyviai judėti norima kryptimi [3]. Padangos ir rato disbalansas siejamas su nevienodos masės pasiskirstymu, kuris įtakoja automobilio rato stabilumą. Šis netolygus masės pasiskirstymas atsiranda rato ir padangos skerspjūvio srityje. Rato judėjimo metu statinis, dinaminis ar momentinis disbalansas sukelia rato radialinės jėgos pasikeitimą, kuri iššaukia ir sukelia automobilio važiuoklės vibracijas [4]. Nesubalansuotas rotorius sukuria inercinę jėgą, kuri padidina kampinį greitį dėl ko atsiranda nepageidaujami virpesiai [5]. Norint užtikrinti tolygų ir stabilų automobilio rato sukimąsi reikia dalinai pagal leidžiamas normas šalinti arba visiškai pašalinti disbalansą.

Tyrimų tikslas. Nustatyti balansavimo paklaidos įtaką vibracijos greičio priklausomybei nuo oro slėgio padangoje ir skirtingo sukimosi greičio.

Tyrimų uždavinys. Įvertinti automobilio padangos eksploatacinių savybių ir skirtingų disbalanso paklaidų įtaką atsiradusiai vibracijai.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimui sukonstruoto stendo principinė schema pateikiama 1 paveiksle. Sukonstruoto stendo paskirtis sukti ratą skirtingais greičiais ir išmatuoti atsirandančią vibraciją naudojant papildomą vibracijos matavimo įrangą.



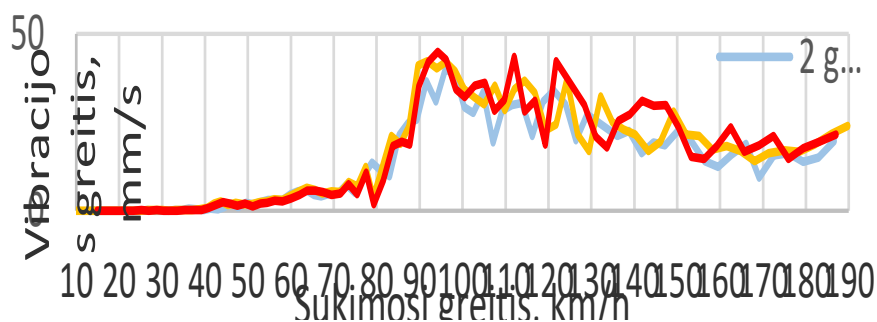
1 pav. Sukonstruoto stendo principinė schema: 1 – automobilio ratas, 2 – elektros variklis, 3 – pastatoma guoliavietė su guoliu, 4 – diržinės pavaros skriemulys, 5 – sukimosi ašis, 6 – pastatomos guoliavietės paaukštintimo poveržlės, 7 – stendo tvirtinimo plieninė plokštė, 8 – pagrindinė 5 tonų plieninė plokštė.

Sukonstruotame stende pastatomo guoliavietės korpuse, kuri yra arčiau sukamojo rato, buvo išgręžiama vertikalia kryptimi 3 mm gylio skylė ir įsriegiamas M5 sriegis. Toliau įsukamas ir priveržiamas vibracijos jutiklis. Paleidžiant „PRUFTECHNIK 2 SYS 2,001A“ vibracijos matavimo įranga buvo nustatyti bendri vibracijai matuoti reikalingi parametrai: rotoriaus (rato) svoris, 18kg; maksimalus sukimosi greitis, 1650 aps/min; vibracijos jutiklio tipas „VIB 6,147“. Sekantis eksperimentinio tyrimo etapas padangos ir ratlankio pasirinkimas. Šiam tyrimui buvo pasirinktas ir naudotas naujas plieninis šampuotas R15 6j ratlankis ir nauja 2018 metų „ANTARES GRIP 20“ 195/65 R15 žieminė padanga. Ratlankis su padanga buvo sumontuotas tik viena kartą. Sumontuotą ratą būtina subalansuoti pasirenkant atitinkamą balansavimo tikslumą ir tinkamą oro slėgį. Balansuojama buvo su lengvųjų automobilių balansavimo staklėmis „TROLL 2012“. Balansavimui buvo naudojamas 2,2 bar oro slėgis ir balansavimo paklaidos 2g, 5g ir 10g. Po balansavimo subalansuotas ratas su padanga buvo uždedamas ant stendo tvirtinimo stebulės ir kiekvienas iš 5 tvirtinimo varžtų buvo priveržiamas su dinamometriniu raktu 120 Nm jėga. Prieš pradėdant pirmąjį bandymą su 2g balansavimo paklaida kiekvienam rato sukimui buvo patikrinami oro slėgiai padangoje. Padangoje oro slėgiai buvo mažinami nuo 2,2 bar iki 1 bar (2,2; 1,9; 1,6; 1,3; 1). Antrasis ir trečiasis bandymai buvo atliekami taip pat kaip ir su 2g balansavimo paklaida tik pasirenkant kitas didesnes balansavimo paklaidas 5g ir 10g ir naudojant tuos pačius skirtingus oro slėgius. Ant stendo pritvirtintas trifazis elektros variklis per diržinę pavarą suko sukimosi ašį prie kurios buvo pritvirtinta stebulė ir prisuktas ratas. Su kiekviena balansavimo paklaida ratas ant sukimosi stendo buvo sukamas nuo ~10 km/h iki ~190 km/h. Sukimosi greitis didintas iki maksimalaus padangos leistino greičio ~190 km/h. Rato sukimosi greitis keistas keičiant elektros variklio sukimo dažnį su elektros dažnio keitiklio pagalba. Vibracijos greitis matuotas ant stendo pastatomos guoliavietės prisukto vibracijos jutiklio, taip pat sukimosi greitis buvo matuotas vibracijos jutikliu.

Visi tyrimo rezultatai gauti iš vibracijos matavimo įrangos „PRUFTECHNIK 2 SYS 2,001A“. Gauti duomenis iš vibracijos matavimo programinės įrangos buvo suvedami į Microsoft Excel 2013 programą tolimesniems rezultatams apdoroti. Microsoft Excel 2013 programoje galutinai apdoroti duomenys ir nubraižyti tyrimo rezultatų grafikai.

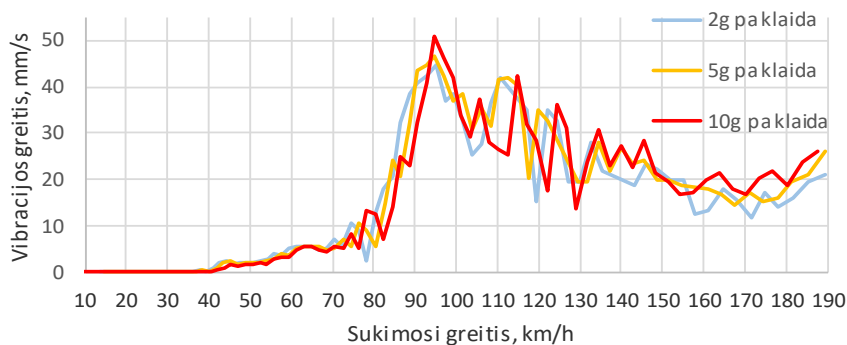
Tyrimų rezultatai

Atliktų tyrimų gautų duomenų rezultatai pateikiami grafikuose, iš kurių matomi skirtingų balansavimo paklaidų (2g, 5g ir 10g) palyginimai prie atitinkamo oro slėgio padangoje taip pat esant skirtingam sukimosi greičiui km/h.



2 pav. Vibracijos greičio priklausomybė nuo sukimosi greičio palyginimas esant 2g, 5g, ir 10g balansavimo paklaidoms prie 2,2 bar oro slėgio

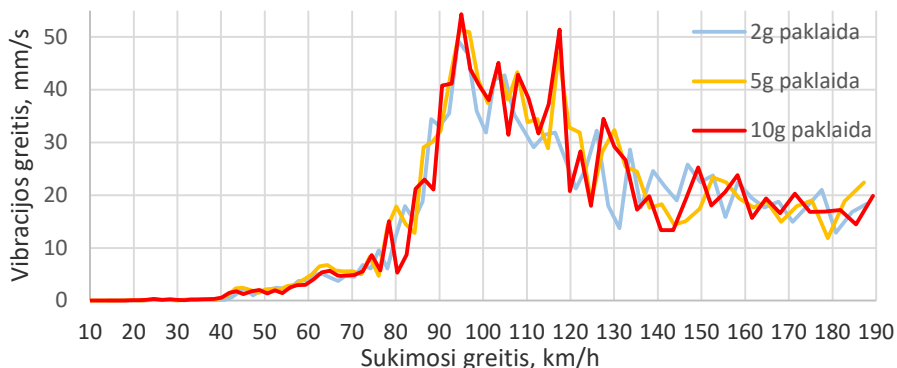
Analizuojant pirmojo bandymo 2 paveikslėlį matoma, kad esant 2,2 bar oro slėgiui padangoje ir skirtingoms balansavimo paklaidoms vibracijos greičio vertės yra skirtingos. Didžiausias vibracijos greitis 44,91 mm/s gautas su 10g balansavimo paklaida prie 94,19 km/h sukimosi greičio. Lyginant su 5g balansavimo paklaida didžiausias vibracijos greitis 41,94 mm/s prie 96,14 km/h sukimosi greičio. Lyginant su mažiausia 2g balansavimo paklaida didžiausias vibracijos greitis 39,94 mm/s prie 96,03 km/h. Bendrai palyginant didžiausią balansavimo paklaidą daugiausiai paveikė išcentrinė jėga, nes didėjant sukimosi greičiui ir esant didesniam rato ir padangos disbalansui padidėja išcentrinės jėgos dydis, dėl kurio ir padidėja nepageidaujamos vibracijos greičio vertės. Didėjant sukimosi greičiui nuo vibracijos aukščiausios vertės, sukimosi greitis 94–97 km/h toliau didėjant sukimosi greičiui vibracijos greičio reikšmės ir padidėja, ir sumažėja, tačiau toliau vibracijos greitis mažėja lyginant su aukščiausiu vibracijos greičio reikšme.



3 pav. Vibracijos greičio priklausomybė nuo sukimosi greičio palyginimas esant 2g, 5g, ir 10g balansavimo paklaidoms prie 1,9 bar oro slėgio

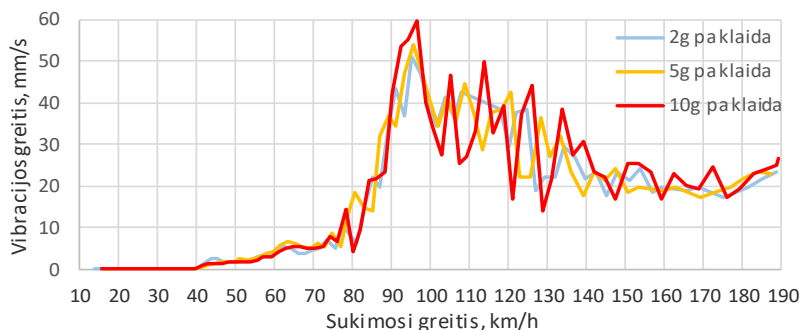
Analizuojant antro bandymo 3 paveikslėlį matoma, kad esant jau prie kitokių sąlygų, kada yra sumažintas oro slėgis 0,3 bar (nuo 2,2 bar iki 1,9 bar) pastebimas aiškus skirtumas. Lyginant tarpusavyje balansavimo paklaidas vėl didžiausia

vibracijos greičio vertė yra su 10g balansavimo paklaida. Didžiausias vibracijos greitis 50,89 mm/s prie 94,88 km/h sukimosi greičio. Lyginant su 5g balansavimo paklaida didžiausias vibracijos greitis užfiksuotas 46,48 mm/s prie tokio pat sukimosi greičio kaip ir su 10g balansavimo paklaida. Šis vienodas sukimosi greitis parodo, kad esant vienodam sukimosi greičiui, tačiau esant skirtingiems disbalansams vibracija skiriasi, dėl skirtingo išcentrinės jėgos poveikio. Lyginant 2g balansavimo paklaidos vibracijos greičio vertė yra 44,52 mm/s. Mažiausia nei lyginant su 5g ir 10g paklaidomis. Sukimosi greitis yra didesnis, tačiau nežymiai 95,11 km/h.



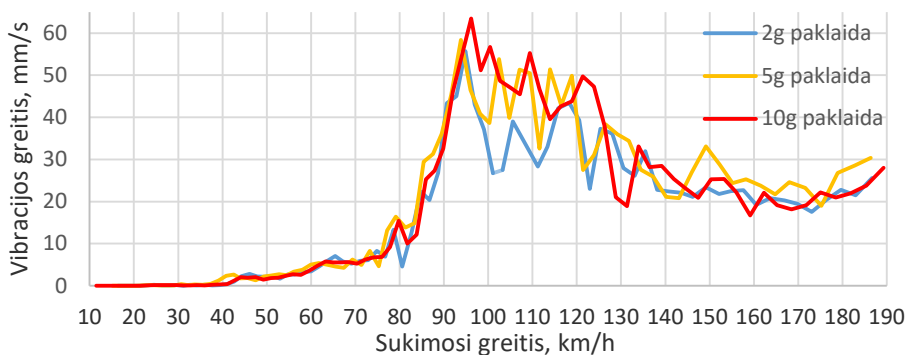
4 pav. Vibracijos greičio priklausomybė nuo sukimosi greičio palyginimas esant 2g, 5g, ir 10g balansavimo paklaidoms prie 1,6 bar oro slėgio

Analizuojant trečio bandymo 4 paveikslėlį matoma, kad slėgis mažėja palaipsniui sumažinant iki 1,6 bar padangoje. Šiame grafike matomas vis didesnis išcentrinės jėgos atsiradęs poveikis. Mažėjant oro slėgiui palaipsniui didėja vibracijos greitis ir esant kuo didesnei balansavimo paklaidai. Vėl tarpusavyje lyginant balansavimo paklaidas matoma, kad su didžiausia 10g paklaida vėl vibracijos greitis intensyviai didėja iki 54,32 mm/s prie 94, 99 km/h sukimosi greičio. Esant 5g paklaidai vibracijos greitis yra 51,35 mm/s prie 94,65 km/h sukimosi greičio. Lyginant su mažiausia 2g balansavimo paklaida vibracijos greitis yra mažiausias 49,26 mm/s prie 94,3 km/h sukimosi greičio. Slėgiui palaipsniui mažėjant palaipsniui didėja vibracijos greitis priklausomai nuo padangos savybių deformuotis besisukant.



5 pav. Vibracijos greičio priklausomybė nuo sukimosi greičio palyginimas esant 2g, 5g, ir 10g balansavimo paklaidoms prie 1,3 bar oro slėgio

Analizuojant ketvirto bandymo 5 paveikslėlį matoma, jog jau sumažėjus slėgiui iki 1,3 bar padangoje vis labiausiai didėję vibracijos greitis ir ryškėja eksploatacinės padangos savybės deformuotis besisukant. Lyginant tarpusavyje balansavimo paklaidas vėl didžiausia vibracijos greičio vertė yra su 10g balansavimo paklaida. Didžiausias vibracijos greitis 59,76 mm/s prie 96,49 km/h sukimosi greičio, mažesnės 5g paklaidos vibracijos greitis 54,10 mm/s prie 95,34 km/h sukimosi greičio, o prie mažiausios 2g paklaidos vibracijos greitis 51,12 mm/s esant 95,11 km/h sukimosi greičiui. Sukimosi greičio intervalas išlieka apytiksliai vienodas tarp 95–97 km/h, tačiau vibracijų greičiai skiriasi dėl skirtingo disbalanso.

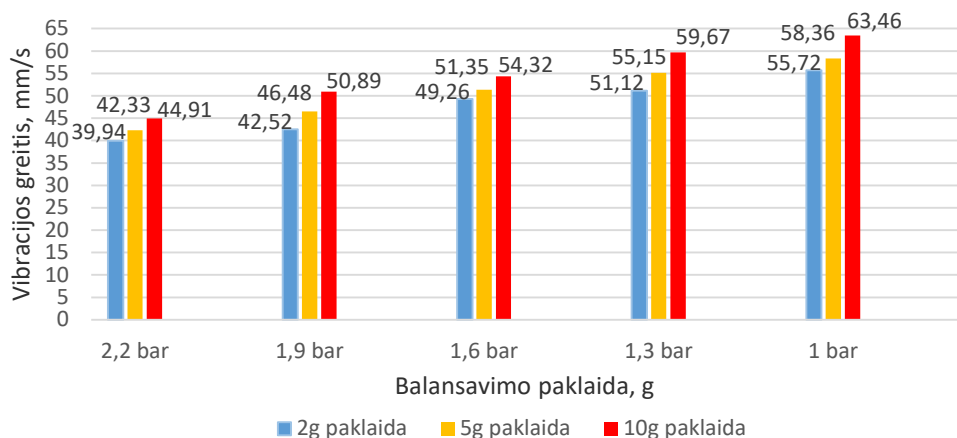


6 pav. Vibracijos greičio priklausomybė nuo sukimosi greičio palyginimas esant 2g, 5g, ir 10g balansavimo paklaidoms prie 1 bar oro slėgio

Analizuojant penkto bandymo 6 paveikslėlį matoma, kad sumažėjus slėgiui nuo pradinio 2,2 bar iki mažiausio pasirinkto 1 bar oro padangoje vibracijos greičio dydis sparčiai padidėja. Ir vėl prie didžiausios 10g balansavimo paklaidos vibracijos greičio vertė yra 63,46 mm/s prie 96,14 km/h sukimosi greičio. Prie mažesnės 5g paklaidos vibracijos greičio vertė yra 58,36 mm/s prie 93,84 km/h sukimosi greičio. O esant mažiausiai 2g paklaidai vibracijos greičio vertė yra 55,72 mm/s prie 94,88 km/h sukimosi greičio. Bendrai eksploatacinės savybės, standumas ir deformacija, taip pat išcentrinės jėgos poveikis daugiausiai išryškėja, kai balansavimo paklaida yra didžiausia, tai yra su 10g balansavimo paklaida.

Remiantis atlikto eksperimentinio tyrimo duomenimis buvo palyginimui sudaryta stulpelinė diagrama vibracijos greičio verčių priklausomybė nuo skirtingų balansavimo paklaidų ir esant skirtingiems oro slėgiams pateikiama 7 paveiksle. Pagal gautus duomenis galima daryti išvadą, kad pagal standarto ISO 1940-1:2003(E) „Pastovaus (standaus) rotorius balanso kokybės klasės“, pateiktus duomenis, kuriuose nurodyti leistini automobilio rato liekamojo disbalanso sukurto vibracijos greičio verčių normos, kurios turi būti iki 40 mm/s. Lyginant standarto duomenis su gautais atlikto tyrimo duomenimis atitinka šią leistiną standarto normą tik 2g balansavimo paklaida esant 2,2 bar oro slėgio, kada vibracijos greičio vertė yra tik 39,94 mm/s. Esant tam pačiam oro slėgiui 2,2 bar padangoje abi 5g ir 10g balansavimo paklaidos neatitinka ir viršina leistiną normą 5g paklaida ~5 % ir 10g paklaida

11 % leistinos normos. Aptariant ir kitus slėgius mažesnius už 2,2 bar, tai 1,9 bar; 1,6 bar; 1,3 ir 1 bar esant šiems slėgiams visos trys 2g, 5g ir 10g balansavimo paklaidos neatitinka leistinų normų vibracijos greičio vertės.



7 pav. Maksimalios vibracijos greičio vertės palyginimas esant skirtingoms balansavimo paklaidoms ir skirtingam oro slėgiui bar.

Išvados

1. Tarpusavyje palygintų skirtingų balansavimo paklaidų (2g, 5g, 10g), sukimosi greičio ir oro slėgio kitimas (2,2bar; 1,9bar; 1,6bar; 1,3bar; 1bar) įtakoja vibracijos greičio vertės didėjimą, didinant balansavimo paklaidą ir mažinant oro slėgį padangoje dėl didesnės išcentrinės jėgos vertės.
2. Balansuojant automobilio ratą su 2g balansavimo paklaida vibracijos greičio reikšmė yra mažiausia 39,94 mm/s, o su 10g balansavimo paklaida didžiausia 44,91 mm/s esant 2,2 bar darbiniam oro slėgiui padangoje;
3. Pagal gautus duomenis galima daryti išvadą, kad pagal standarto ISO 1940-1:2003(E) „Pastovaus (standaus) rotoriaus balanso kokybės klasės“, lentelę, kurioje nurodoma leistina norma automobilio rato liekamojo disbalanso sukurto vibracijos greičio vertė, kuri turi būti 40 mm/s atitinka šią leistiną standarto normą tik 2g balansavimo paklaida esant 2,2 bar darbiniam oro slėgiui vibracijos greičio vertė yra tik 39,94 mm/s.
4. Esant 2,2 bar oro slėgiui padangoje 5g ir 10g balansavimo paklaidos neatitinka ir viršina leistiną normą vibracijos greičio vertės. Apskaičiuota, kad 5g paklaida viršija ~5 % ir 10g paklaida viršija 11 % leistinos normos vibracijos greičio vertės.
5. Lyginant kitus naudotus slėgius mažesnius už 2,2 bar, tai 1,9 bar; 1,6 bar; 1,3 ir 1 bar esant šiems oro slėgiams visos trys 2g, 5g ir 10g balansavimo paklaidos pagal standarto ISO 1940-1:2003(E) „Pastovaus (standaus) rotoriaus balanso kokybės klasės“, lentelę, viršija leistinas vibracijos greičio vertes.

Literatūra

1. Bogdevičius M. *Transporto priemonių dinamika*: Mokomoji knyga. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius: VGTU leidyklos Technika, 2012. 155–159 p.
2. Pečeliūnas R., Sokolovskij E. *Automobilių dinamika*: Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius: VGTU leidyklos Technika, 2012. 47 p.
3. Internetinė svetainė „dagris“ ratų balansavimas. prieiga per internetą: <<http://dagris.lt/ratu-balansavimas/>>.
4. Prażnowski, K., Brol, S., & Augustynowicz, A. Identification of static unbalance wheel of passenger car carried out on a road. In *Solid State Phenomena* (Vol. 214, pp. 48–57). Trans Tech Publications, 2014.
5. Kalmegh, A., & Bhaskar, S. Dynamic Balancing of Centrifugal Pump Impeller. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2(6), 409–413, 2012.

Santrauka

Straipsnyje pateikiama lengvojo automobilio padangos eksploatacinių savybių ir išcentrinės jėgos įtaka atsiradusiai vibracijai eksperimentinio tyrimo rezultatai. Eksperimentiniui tyrimui buvo sukonstruotas rato ir padangos sukimui reikalingas standas. Naudotas naujas skardinis ratlankis ir nauja 2018 metų žieminė padanga. Panaudojant balansavimo staklių galimybes, naujas ratas su padanga buvo balansuotas pasirenkant tris leistinas 2g, 5g ir 10g balansavimo paklaidas. Palyginta skirtingų balansavimo paklaidų, oro slėgio ir sukimosi greičio įtaka atsiradusiai vibracijos greičio reikšmei įvertinti. Atlikus tyrimus buvo gauta, kad tik su 2g balansavimo paklaida esant 2,2 bar oro slėgiui sukeliama vibracijos greičio reikšmė yra leistina, o kitų paklaidų prie to pačio oro slėgio ir kitų naudotų slėgių vibracijos greičio reikšmės viršija leistinas normas. Įrodyta, kad skirtingos balansavimo paklaidos sukuria skirtingą rato ir padangos sistemos disbalansą, kuris įtakoja išcentrinės jėgos dydį, nuo kurio ir atsiranda nepageidaujami virpesiai.

INFLUENCE OF AUTOMOBILE TIRE PERFORMANCE AND IMBALANCE ON WHEEL VIBRATION

Summary

The paper presents the results of the experimental tests on the impact of the performance and centrifugal force of the car tire on the vibration. To conduct the experimental test, a wheel and tire rotation and vibration measurement stand has been designed. A new steel pressed rim and a new 2018 winter tire were used. The rim and tire were fitted once to the machine. Using the capacity of balancing machines, the new wheel with the tire was balanced by choosing three permitted 2g, 5g and 10g balancing errors. The impact of different balancing errors, air pressure and rotational speed on the vibration velocity value was compared. The test has shown that only the 2g balancing error at 2.2 bar air pressure is acceptable, while other vibration velocity values for the same air pressure and other applied pressure exceed the acceptable limits. It has been shown that different balancing errors create a different imbalance between the wheel and the tire system, which affects the magnitude of the centrifugal force causing undesirable vibrations.

Darius Gendrėnas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; el. paštas: dariusgend@gmail.com

Gediminas Pupinis – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, doc. dr., el. paštas: gediminas.pupinis@vdu.lt

TECHNINĖSE APŽIŪROSE NUSTATOMŲ LENGVŪJŲ AUTOMOBILIŲ TRŪKUMŲ ANALIZĖ

Robertas Matukaitis, Kastytis Laurinaitis

Įvadas

Viena aktualiausių eismo saugumo problemų – transporto priemonės techninė būklė. Techniškai netvarkingas automobilis kelia pavojų ir daro didelę žalą žmogaus sveikatai [4].

Norint, kad keliuose būtų saugu, būtina tikrinti transporto priemones. Lietuvos ir Europos keliuose dėl techninių gedimų įvykstančiose avarijose kasdien žūsta daugiau nei 5 žmonės. Todėl Europos Komisija priėmė naujas taisykles, kuriomis sugriežtinama tikrinimo tvarka ir ji pradedamas taikyti plačiau. Įsigalioja direktyva 2014/45 / EB ir ji pradėta taikyti nuo 2018 m. gegužės 20 d. [5].

Transporto priemonių gedimai gali tapti eismo įvykio priežastimi, be to, laiku neatlikti remonto darbai, susidėvėjusios ir senos automobilių dalys reikalauja nepalanuotai didelių išlaidų [1]. Laiku pastebėtas trūkumas, gali sumažina išlaidas. Tai skirkime laiko transporto priemonės priežiūrai. Itin dažna problema – padidėjęs laisvumas ir klibėjimas šarnyriniuose sujungimuose. Nepamirškite amžinos kovos su rūdimis – korozija gali pažeisti kėbulo konstrukciją [2].

Tyrimo tikslas – išanalizuoti M1 klasės lengvųjų automobilių techninėse apžiūrose nustatomus trūkumus. Pagal TA centrus, stotis ir kontrolierius.

Darbo uždaviniai:

Išanalizuoti M1 klasės lengvųjų automobilių dažniausiai pasitaikančius trūkumus ir jų priežastis.

Apibendrinti rastų trūkumų pasiskirstymą pagal TA centrus, stotis ir kontrolierius.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimas atliktas Lietuvos informacinės sistemos techninės apžiūros TAIS duomenimis 2015–2018 m., kuris atliekamas motorinių transporto priemonių ir jų priekabų privalomas techninės būklės patikrinimas. Analizuojami M1 klasės lengvųjų automobilių nustatomų trūkumų duomenys. Pagrindiniai techniniai duomenys pateikti 1 lent.

Per metus techninėse apžiūrose lengvųjų automobilių patikrinama apie 700 tūkstančių. Tyrimui atrinkta M1 klasės lengvieji automobiliai. Patikrinimas vykdomas motorinių transporto priemonių patikros linijoje. Statistika yra tokia, kad apie 50 % lengvųjų automobilių eksploatuojamų mūsų keliais yra techniškai netvarkingi.

Patikrinimas vykdomas motorinių transporto priemonių patikros linijoje. Nustatyti trūkumai surašomi į techninės apžiūros rezultatų kortelę (ataskaita) ir išsaugoma TAIS. Analizuojant techninės apžiūros rezultatų duomenis buvo surinkti keturių metų (2015–2018 m.) duomenys apie šiuo laikotarpiu nustatytus trūkumus.

Analizuojant minėtus duomenis buvo nustatyti dažniausiai pasitaikantys trūkumai ir kaip tie trūkumai pasiskirstę grupėse: 1) žibintų ir atšvaitų bei elektros įrangos grupėje, 2) ašių ir ratų padangų bei pakabos grupėje, 3) stabdžių sistemos, 4) vairo mechanizmo grupėje.

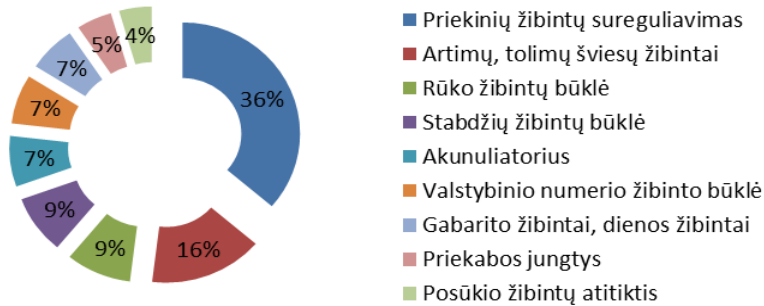
1 lentelė. M1 klasės lengvųjų automobilių rezultatai pagal metus.

Eil. Nr.	Trūkumo apibūdinimas	Automobilių su trūkumais dalis %				Trūkumo kodas ir tikrinimo pozicija
		2018 m.	2017 m.	2016 m.	2015 m.	
1	Nesureguliuoti artimųjų šviesų žibintai	12,90	13,15	13,85	14,95	4.1.2.
2	Netvarkingos pakabos lankstinės jungtys, lankstai	11,75	12,05	12,77	12,76	5.3.4.
3	Netvarkingi priekiniai žibintai	6,2	6,93	6,83	6,5	4.1.1.
4	Aptinkamas skysčių nuotėkis (variklis, pavarų dėžė)	6,0	6,9	7,39	7,92	8.3-8.4
5	Nustatomas per didelis dūmingumas	6,12	6,56	6,92	7,79	8.2.2.2.
6	Netvarkingi transporto priemonės dokumentai	5,30	5,83	5,45	6,53	0.3
7	Netvarkinga ir nesandari išmetimo sistema	5,25	5,81	5,98	6,13	6.1.2.
8	Netvarkingos vairo traukės ir svirtys	5,10	5,6	5,99	6,09	2.1.3.
9	Per mažas stovėjimo stabdžių efektyvumas	5,35	5,27	5,21	5,16	1.4.2.
10	Netvarkingas darbinių stabdžių veikimas	4,95	4,84	5,32	5,67	1.2.1.
11	Netvarkingi rūko žibintai	4,12	4,02	4,26	4,5	4.5.1.
12	Nustatomas per didelis išmetamųjų dujų kiekis	3,78	3,85	3,95	3,9	8.2.1.2
13	Netvarkingi arba nešviečia stabdymo signalo žibintai	3,50	3,78	3,81	3,64	4.3.1.
14	Netvarkingos spyruoklės ir stabilizatoriai	3,75	3,67	3,14	2,48	5.3.1.
15	Netvarkingas stovėjimo stabdžio veikimas	2,98	3,04	2,97	2,87	1.4.1.

Tyrimų rezultatai

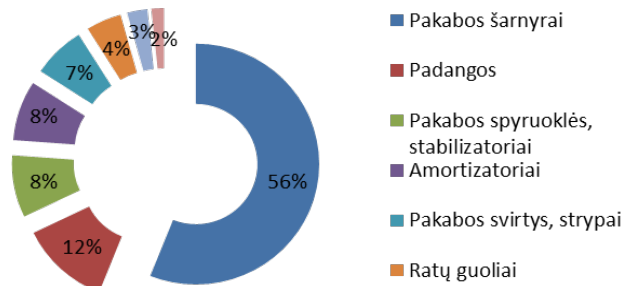
Analizuojant tyrimo rezultatus matome, kad trūkumai pagal 2015–2018 metus pasiskirstė panašiai, rezultatai pateikti 1 lent. Daugiausiai trūkumų nustatoma priekiniuose žibintuose, dažniausiai būna netinkamai sureguliuotas jų aukštis. Vertinant pagal centrus ir stotis, kur automobilių parkas naujesnis šio trūkumo nustatoma mažiau. Daugiausiai nesureguliuotų žibintų nustatoma Klaipėdos įmonėje net 20 %, mažiausiai Vilniaus įmonėje 8,5 %. Pakaboje esančių laisvumų daugiausiai nustatoma Utenos įmonėje 18,2 %, o mažiausiai Marijampolės įmonėje 9,8 %. Stabdžių sistemoje daugiausiai trūkumų nustatoma Tauragės įmonėje 7,8 %, mažiausiai Vilniaus įmonėje 3,2 %. Kėbulo konstrukcijoje trūkumų nustatoma 3,64 % visų tikrintų lengvųjų automobilių.

Iš 1 pav. matome, kad daugiausiai trūkumų automobilių žibintų, atšvaitų ir elektros įrangos tiriamuoju laikotarpiu nustatyta priekinių žibintų sureguliuavime 36 %, nešviečiantys ar pažeisti artimų ir tolimų žibintai sudaro 16 %, nešviečiantys ar pažeisti rūko ir stabdžių žibintai sudaro 9 % visų tikrintų automobilių.



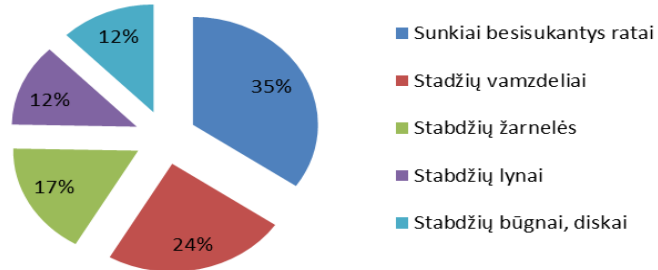
1 pav. M1 klasės lengvųjų automobilių žibintų, atšvaitų ir elektros įrangos trūkumų kiekis

2 pav. matome itin dažną trūkumą – padidėjęs laisvumas ir klibėjimas šarnyriuose sujungimuose. Automobilių ašių, ratų padangų ir pakabos elementų grupėje tiriamuoju laikotarpiu nustatyta pakabos šarnyrų klibėjimas sudaro 56 %, padangų trūkumai sudaro 12 %. Dažna avarijos priežastimi tampa netinkamų padangų naudojimas. Netvarkingos spyruoklės ir amortizatoriai sudaro 8 % visų tikrintų automobilių.



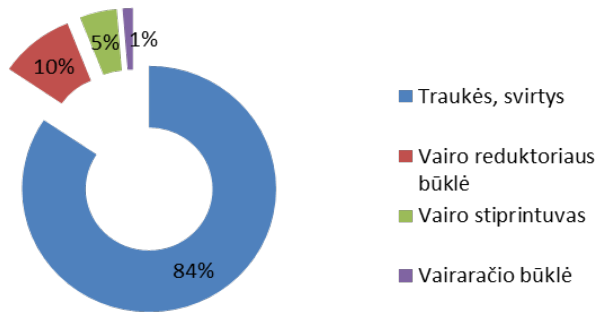
2 pav. M1 klasės lengvųjų automobilių ašių, ratų padangų ir pakabos trūkumų kiekis

Siekdami pasirūpinti savo saugumu, vairuotojai ypatingą dėmesį turėtų skirti stabdžių sistemos mechanizmams. 3 pav. matome, kad daugiausiai trūkumų tiriamuoju laikotarpiu sudaro stabdžių sistemos gedimai. To priežastimi sunkiai besisukantys ratai sudaro net 35 % (blogai veikiantys stabdžių mechanizmai). Stabdžių sistemos vamzdelių trūkumai sudaro 24 %, (vamzdeliai dažniausiai būna surūdiję ar netinkamas jų tvirtinimas). Netvarkingos stabdžių sistemos žarnelės sudaro 17 % sudaro visų tikrintų automobilių (suskindusios arba susuktos žarnelės).



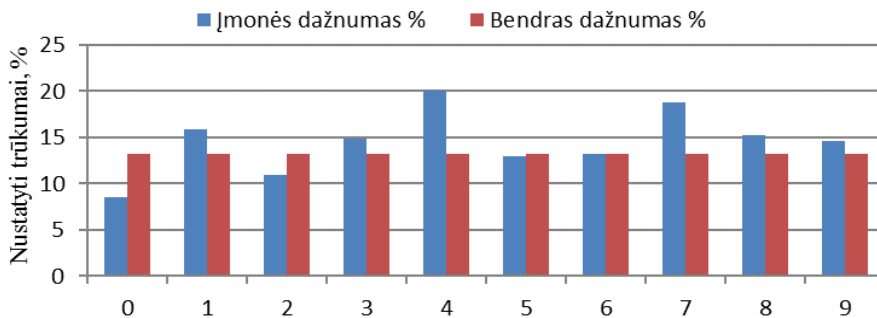
3 pav. M1 klasės lengvųjų automobilių stabdžių sistemos trūkumų kiekis

4 pav. matome, kad daugiausia 84 % trūkumų vairo mechanizmo sistemoje, tiriamuoju laikotarpiu nustatyta traukėse ir svirtyse (laisvumai šarnyruose ir guminėse įvorėse). Vairo reduktoriaus būklės trūkumai sudaro 10 %, netvarkingas vairo stiprintuvas 5 % visų tiktintų automobilių.



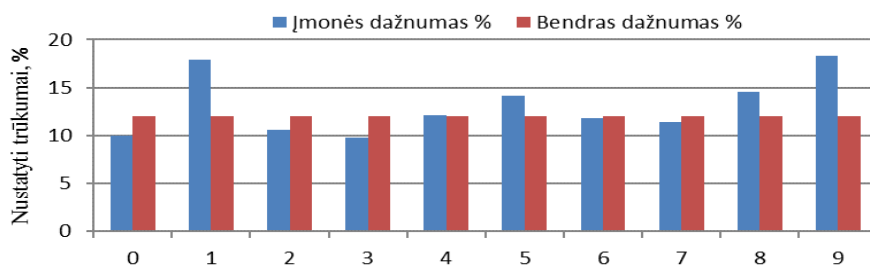
4 pav. M1 klasės lengvųjų automobilių vairo mechanizmo trūkumų kiekis

Analizuojant tyrimo duomenis pagal nesureguliuotų žibintų kiekį pagal įmones 5 pav. matome, kad daugiausiai nustatyta šio trūkumo Klaipėdos įmonėje, net 20 % visų tiktintų lengvųjų automobilių nepraeina TA dėl šio trūkumo.

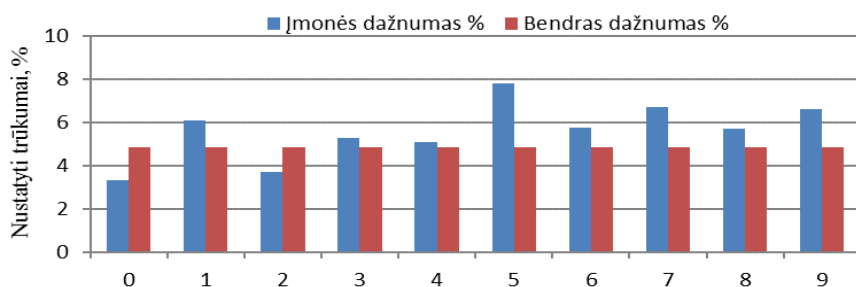


5 pav. Lengvųjų automobilių nustatytų nesureguliuotų žibintų kiekis pagal įmones: 0 – Tuvlita Vilniaus; 1 – Skirlita Alytaus; 2 – Kauno TAC; 3 – Marijampolės TAC; 4 – Transkona Klaipėdos; 5 – Tauragės TAC; 6 – Šiaulių TAC; 7 – Telšių TAC; 8 – Panevėžio TAC; 9 – Utenos – TAC įmonės

Analizuojant tyrimo duomenis pagal netvarkingos pakabos, susidėvėjusių šarnyrų trūkumus 6 pav. matome, kad daugiausiai trūkumų nustatoma Alytaus ir Utenos zonose. Tyrimo metu nustatyta, kad netvarkingos pakabos trūkumų kiekis siekia nuo 10 % iki 19 % tikrintų lengvųjų automobilių.



6 pav. Netvarkingos pakabos lankstinės jungtys, lankstai (dideliu trūkumu) vertinimas pagal įmones: 0 – Tuvlita Vilniaus; 1 – Skirlita Alytaus; 2– Kauno TAC; 3 – Marijampolės TAC; 4 – Transkona Klaipėdos; 5 – Tauragės TAC; 6 – Šiaulių TAC; 7 – Telšių TAC; 8 – Panevėžio TAC; 9 – Utenos – TAC įmonės.



7 pav. Netvarkingas darbinių stabdžių veikimas (dideliu trūkumu) vertinimas pagal įmones: 0 – Tuvlita Vilniaus; 1 – Skirlita Alytaus; 2 – Kauno TAC; 3 – Marijampolės TAC; 4 – Transkona Klaipėdos; 5 – Tauragės TAC; 6 – Šiaulių TAC; 7 – Telšių TAC; 8 – Panevėžio TAC; 9 – Utenos – TAC įmonės

Analizuojant trūkumus pagal darbinių stabdžių veikimą. Tyrimo duomenis pagal įmones, matome 7 pav., kad nustatyta daugiausiai didelių trūkumų Tauragės įmonėje 7,8 %, visų tikrintų lengvųjų automobilių nepažįsta TA dėl šio trūkumo. Automobilio stabdžiai yra turbūt pagrindinis vairuotojo saugumą užtikrinantis mechanizmas avarijos atveju. O vienas pagrindinių visos stabdžių sistemos elementų yra stabdžių skystis, kurio tinkamai neprižiūrint ir laiku nekeičiant kelyje gali atsitikti nelaimingas įvykis.

Išvados

1. Atliekant TA didžiausias trūkumų kiekis 14 % nuo visų tikrintų automobilių nustatytas netinkamai sureguliuotuose artimųjų šviesų žibintuose. Netvarkingi pakabos elementai sudaro vidutiniškai apie 13 %, netvarkingi žibintai 7,2 %, skysčio prasisunkimas iš variklio ir pavarų dėžės sudaro 7 %, o per didelis dūmingumas 6,9 % visų trūkumų.

2. Tarp centrų ir stočių nustatomi trūkumai pasiskirsto nevienodai, lyginant su vidurkiu. Tai lemia tik žmogiškasis faktorius ir didžiausia atsakomybė už nepastebėtą trūkumą, (piniginė bauda arba darbo praradimas).

Literatūra

1. Buteliauskas S. *Automobilių sandara ir priežiūra*. Vilnius, 2008.
2. Garbinčius G. *Automobilių techninė priežiūra ir remontas*: mokojoji knyga. Vilnius: Technika, 2012.
3. Pukauskas S. *Transporto priemonės*. Vilnius: Technika, 2008.
4. Tilindis V.; Mickūnaitis, V. *Automobilių techninės eksploatacijos teorijos pagrindai*. Vilnius: Technika, 2003.
5. Lietuvos techninės apžiūros [interaktyvus]. 2019. [žiūrėta 2019 m. vasario 10 d.] Prieiga per: <https://www.vta.lt/grupes/bendroji-statistika/>

Santrauka

Tyrimas buvo atliktas techninių apžiūrų įmonių 2015–2018 m. duomenimis, analizuoti M1 klasės lengvieji automobiliai, kurie kiekvieną dieną eksploatuojami keliuose. Per metus patikrinama apie 700 tūkstančių lengvųjų automobilių. 2015 metais daugiausia trūkumų nustatyta artimųjų šviesų žibintuose 15 %. Dažniausi žibintų defektai yra naudojamas netinkamas šviesos šaltinis, per silpnas šviesos srautas arba šaltinis blogai įstatytas. 2015–2016 metais pakabos laisvumų nustatoma apie 13 %. 2015 metais netvarkinga vairo traukių ir svirčių būkle sudaro 6 %. Stabdžių sistemos trūkumai sudaro apie 5% visų tikrintų automobilių.

ANALYSIS OF CAR DEFECTED AT TECHNICAL INSPECTION

Summary

The research was performed at Technical Inspection Centers using 2015–2018 data. It analysed M1 vehicles (passenger cars) which operate daily. During a year 700 thousand cars are being checked. The biggest amount of defects is found in lights, about 15%. The most common defect is inappropriate light source, the luminous flux is too weak or the light source is badly installed. In 2015-2016 chassis slack made about 13%. In 2015, 6% of untidy steering equipment and gear changer was found. Defects in vehicle braking system also make about 5%.

Robertas Matukaitis – VDU ŽŪA Ž. ū. inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. 8 677 94677; el.paštas: matukaitis@googlemail.com;

Kastytis Laurinaitis – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, lekt. dr.; tel. 8 685 79730; el.paštas: kastytis.laurinaitis@vdu.lt

ŽOLINIŲ AUGALŲ BIOMASĖS KOKYBĖS IŠSAUGOJIMAS ANAEROBINĖMIS SĄLYGOMIS

Mantas Norbutas, Aušra Čipliesnė

Įvadas

Šienainis, galvijų laikytojams yra vienas iš pagrindinių pašarų. Tvirtiniu laikotarpiu didžiąją raciono dalį sudaro šienainis [1]. Nuo pašaro kokybės priklauso ne tik pagamintos produkcijos kiekis, bet ir mėsos, pieno savybės bei sudėtis. Siekiant užtikrinti aukštą siloso kokybę labai svarbu laiku nupjauti žolę, tinkamai paruošti ir teisingai ją sandėliuoti [6].

Šienainio gamyba ir laikymas į plėvelę susuktuose ritiniuose ypač tinka nedeliuose ūkiuose, nepaisant to, kad kiekvieną ritinį yra pakankamai brangu vynioti į plėvelę [3]. Platų ritinių naudojimą sąlygoja patogus šėrimas, ritiniams kilnoti ir transportuoti nebūtina galinga technika, nereikia papildomų pastatų, kad pašaras žiemos sezonu būtų tinkamai išsilaikęs. Be to patogų transportuoti dideliais atstumais [5].

Vos tik nupjovus žolę laukuose, joje prasideda natūralus biomasės irimo procesas. Siekiant sustabdyti šį irimo procesą svarbu kuo greičiau sukurti anaerobines sąlygas, kurios reikalingos fermentacijos procesui [4]. Presuojant ritinius žolė yra stipriai suspaudžiama, taip sumažinamas žolės masėje esantis deguonies kiekis, ir suformuojamos palankios sąlygos vystytis ir daugintis pieno rūgšties bakterijoms. Šios bakterijos bedeguonėje aplinkoje klesti ir gamina pieno rūgštį, vykstantis fermentacijos procesas žolės masėje, ją paverčia šienainiu. Susiformavusi silose rūgšti terpė tampa netinkama baltymus skaidantiems mikrobams, kurie silosuojamą žolę paverstų beverte mase [2].

Šienainio kokybė ir jo maistinė vertė priklauso nuo daugelio biologinių ir technologinių veiksnių, silosuojamų augalų rūšies, jų vegetacijos fazės ir sausųjų medžiagų kiekio silosavimo metu, presuojamos masės susmulkinimo, suslėgimo bei oro sąlygų presavimo metu [4].

Paruoštą pašarą labai svarbu kuo ilgiau išlaikyti kokybišką, tačiau kiekviename ritinyje vykstantis atskiras fermentacijos procesas lemia skirtingą produkto kokybę, todėl labai svarbu žinoti produkcijos kokybės pokyčius laikymo metu [5].

Darbo tikslas

Ištirti žolinės augalinės biomasės kokybės pokyčius ritiniuose laikymo metu.

Tyrimo objektas ir metodika

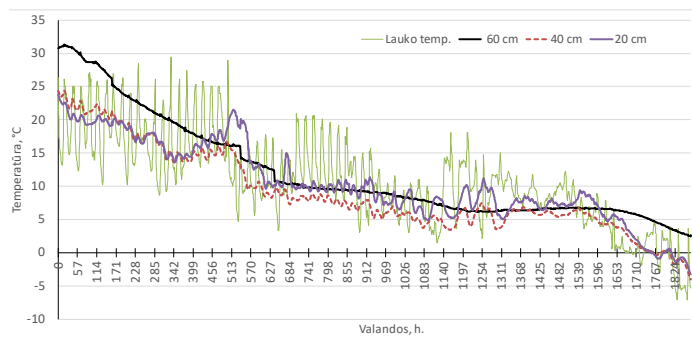
Tyrimai atlikti 2018 m. rugpjūčio – 2019 kovo mėnesiais. Silosavimo tyrimams buvo parinkta 10 ha daugiamečių žolių pieva, Kurią sudarė 20 % daugiamečių svidrė, 10 % pašariniai motiejukai, 20 % baltieji dobilai, 30 % raudonieji dobilai, 10 % tikrieji eraičinai ir 10 % pievinė miglė. Žolė buvo pjaunama plaukėjimo

tarpsnyje, kai sausų medžiagų kiekis buvo 35 proc. Nupjauta žolė buvo vytinama kol pasiektas 40–50 % sausųjų medžiagų kiekis. Žolė presuojama kintamos kameros presu, todėl ritinys pradedamas vynioti tolygiai nuo pradžios. Dėl to ritiniai gaunasi tiksliau ir tvirčiau suspausti, be to juose lieka mažiau oro, kas lemia ritinio kokybę ir tyrimų tikslumą. Ritiniai vyniojami balta šienainiui skirta plėvele, kuri yra 7 sluoksnių ir 25 μm storio. Ritinys formuojamas apvyniojant jį plėvele 24 kartus, taip užtikrinant ritinio sandarumą. Po presavimo ritiniai yra transportuojami į ūkio teritoriją, kur gražiai iškraunami ir padedami viena eile, kad būtų galima lengvai kiekvieną pasiekti. Į tris atsitiktinai pasirinktus ritinius įmontuojami temperatūros jutikliai *Ahlborn* (± 0.6 °C tikslumu, matavimo ribos -100 iki +450 °C). Sumontuoti trys jutikliai skirtinguose ritinio taškuose, pirmasis jutiklis įmontuojamas ritinio viduryje 60 cm nuo krašto, antrasis įmontuojamas 40 cm nuo krašto, trečiasis jutiklis įmontuojamas 20 cm nuo krašto. Visi jutikliai prijungiami prie skaitmeninio duomenų kaupiklio ir gauti duomenys fiksuoti kas 1 val. duomenų kaupikliu Almemd 3290. Aplinkos oro parametrai fiksuoti temperatūros ir drėgnio jutikliu *TRACER* (± 0.3 °C tikslumu, matavimo ribos -20 iki +60 °C).

Cheminiai tyrimai buvo atlikti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialo Agrocheminių tyrimų laboratorijoje. Tyrimams buvo paimti mėginiai skirtingais technologinio proceso etapais, t. y. iškart po žolės nupjovimo esant žaliai žolei, ritinių presavimo metu bei periodiškai laikymo metu iš ritinių kiekvieną laikymo mėnesį. Supresuotų ritinių laikymo metu, tyrimai daromi kas vieną mėnesį, iš viso buvo atlikti 8 tyrimai ritinio laikymo metu. Cheminiams tyrimams mėginys buvo suformuotas iš išvyniotą ritinio, kuris buvo padalintas į 8 dalis. Iš kiekvienos dalies atsitiktine tvarka paimami 20 g šienainio mėginiai, iš kurių ir buvo suformuotas vidutinis 160 g mėginys. Tyrimų metu buvo nustatytas sausųjų medžiagų kiekis (pagal standartą 711393/EEB), žaliųjų pelenų kiekis (pagal standartą 711250/EEB), žaliųjų baltymų kiekis (pagal standartą 7211991/EEB), žaliosios ląstelienos kiekis (pagal standartą 73146/EEB), bei silosuotos masės rūgštingumas (pagal standartą SVP A.O1), taip pat apskaičiuota siloso energetinė vertė.

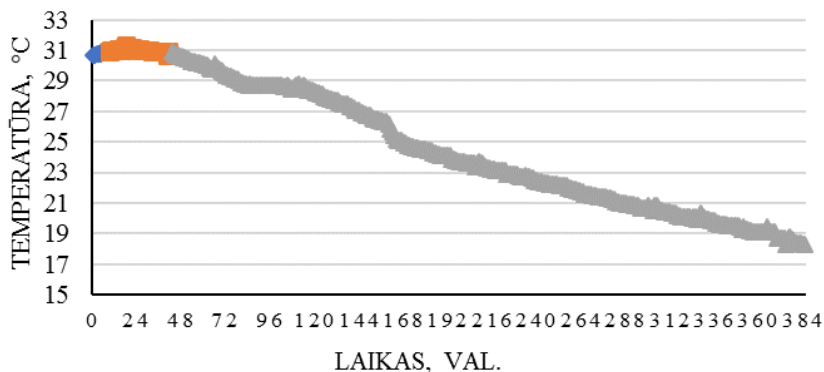
Tyrimo rezultatai

Šienainio ritinių tyrimai buvo atliekami 2018 m. rugsėjo – 2019 kovo mėnesiais. Iš grafiko matyti, kad pirmas 20 tyrimų dienų, kai vidutinė aplinkos temperatūra buvo $18,0 \pm 4,7$ °C, ritinio centre vidutinė temperatūra buvo $5,5$ °C aukštesnė negu aplinkoje ir siekė $23,5 \pm 4,6$ °C. Tačiau vidutinė šienainio temperatūra 40 ir 20 cm ritinio gylyje nuo vidutinės aplinkos temperatūros skyrėsi nežymiai ir buvo atitinkamai $18,3 \pm 3,2$ ir $17,9 \pm 2,3$ °C. Iš grafiko matyti, kad ritinio viduriniame sluoksnyje temperatūros svyravimai buvo nežymūs, lyginant su lauko temperatūra, tačiau arčiau krašto esantys sluoksniai, labiau atkartodavo lauko temperatūros pokyčius (1 pav.).



1 pav. Ritinio ir lauko temperatūros kitimas tyrimu metu

Išanalizavus ritinio temperatūros duomenis, pastebima, kad ritinio fermentacijos (rūgimo) procesas trunka apie 384 valandas. Supresavus ritinius ir įvedus jutiklius, ritinyje šienainio temperatūra 8 valandas kilo intensyviai iki 31 °C (2 pav.). Po to 33 valandas ritinyje temperatūra laikėsi pastovi 31 ± 0,12 °C. Praėjus 41 valandai nuo tyrimų pradžios šienainio temperatūra pradėjo palaipsniui kristi ir po 343 valandų, temperatūra nukrito iki 19 ± 3,7 °C ir susivienodino su lauko oro temperatūra.



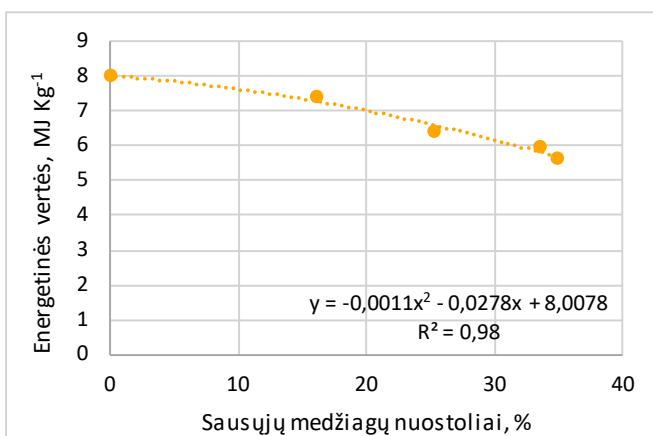
2 pav. Šienainio fermentacijos procesas

Tyrimų metu buvo ištirti 8 mėginiai. Mėginiai imti kiekvieno mėnesio pirmą dieną (rugsėjo 1 d. – kovo 1 d.), Ritinyje buvo tiriama jame esančio šienainio maistinių medžiagų pokyčiai laikymo metu. Nustatyta, kad šienainyje esančių sausųjų medžiagų kiekis nuo rugsėjo iki sausio sumažėjo iki 50,21 % (1 lentelė). Žaliųjų baltymų per visą laikymo periodą sumažėjo nuo 10,17 iki 8,52 %. Didžiausias 1,75 % žaliųjų baltymų praradimai per mėnesį buvo patirti per antrą laikymo mėnesį t. y. nuo spalio iki lapkričio.

1 lentelė. Siloso kokybės tyrimu rezultatai

Tyrimų parametras Natūralioje medžiagoje	Tyrimų rezultatai					
	2018-09-01 (Žalia žolė)	2018-09-01	2018-10-01	2018-11-01	2018-12-01	2019-01-01
Sausos medžiagos %	23,37	77,08	64,66	57,68	51,32	50,21
Žalių pelenų kiekis %	2,01	5,37	5,33	4,76	4,1	4
Žalių baltimų kiekis %	4,02	10,17	10,15	8,40	8,91	8,52
Žalios ląstelienos kiekis %	4,21	17,97	15,33	14,24	12,21	11,98
Energetinė vertė MJ/kg	2,66	7,98	7,42	6,38	5,95	5,63
pH	-	-	4,97	6,07	6,81	7,1

Tyrimų metu buvo nustatyta, kad šienainio energetinės vertės nuostolių priklausomybė nuo sausųjų medžiagų nuostolių patiriamų laikymo metu (3 pav.). Tyrimais nustatyta, kad šienainio laikymo metu didėjant sausųjų medžiagų nuostoliams, šienainio energetinė vertė mažėja pagal antro laipsnio polinomą.



3 pav. Sausųjų medžiagų nuostolių įtaka šienainio energetinės vertės sumažėjimui

Per visą šienainio laikymo laikotarpį (6 mėn.) jame esančių maistinių medžiagų kiekis sumažėjo 34,86 %, o šienainio energetinė vertė sumažėjo 1,4 karto nuo 7,98 MJ kg⁻¹ iki 5,63 MJ kg⁻¹.

Išvados

1. Tyrimo metu, nustatyta, kad ritinio fermentacijos procesas truko apie 384 dienas.
2. Nustatyta, kad šienainyje esančių sausųjų medžiagų kiekis nuo rugsėjo iki sausio sumažėjo iki 50,21 %.
3. Nustatyta, kad didžiausi 1,75 % žaliųjų baltymų praradimai per mėnesį, buvo patirti per antrą laikymo mėnesį t. y. nuo spalio iki lapkričio.

4. Nustatyta, kad šienainio laikymo metu didėjant sausųjų medžiagų nuostoliams, šienainio energetinė vertė mažėja pagal antro laipsnio polinomą.
 $Q = -0,0011 \cdot N_{sm} - 0,0278 \cdot N_{sm} + 8,0078$.

Literatūra

1. Vadovas mėšinių galvijų augintojui, Anna Jamieson, 2013. 113 p.
2. Žemės ūkio, maisto ir žuvininkystės mokslinių tyrimų ir taikomosios veiklos mttv projektas Nr. MT/11-4 Tyrimo vadovas Alvyra Šlepetienė, 2012, 30 p.
3. Mano ūkis Žolės siloso gamyba. Prof. Liudas Špokas, 2006.
4. Pašarai ir galvijų šėrimas Mokomoji knyga. Stanislovas Baranauskas, Stasys Juknevičius, Jolanta Stankevičiūtė, 2009. 65 p.
5. Subalansuotas karvių šėrimas, Vytas Gudaitis VšĮ Lietuvos žemės ūkio konsultavimo tarnyba Gyvulininkystės skyrius, 2015. 55 p.
6. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages G. Borreani, E. Tabacco, R. J. Schmidt, B. J. Holmes, and R. E. Muck, Italy 2017.

Santrauka

Šienainis, galvijų laikytojams yra vienas iš pagrindinių pašarų. Tvirtiniu laikotarpiu didžiąją raciono dalį sudaro šienainis. Nuo pašaro kokybės priklauso ne tik pagamintos produkcijos kiekis, bet ir mėsos, pieno savybės bei sudėtis. Siekiant užtikrinti aukštą siloso kokybę labai svarbu laiku nupjauti žolę, tinkamai paruošti ir teisingai jį sandėliuoti.

Darbo tikslas – Ištirti žolinės augalinės biomasės kokybės pokyčius ritiniuose laikymo metu.

Tyrimų metu buvo nustatyta, kad šienainio energetinės vertės nuostolių priklausomybė nuo sausųjų medžiagų nuostolių patiriamų laikymo metu. Tyrimais nustatyta, kad šienainio laikymo metu didėjant sausųjų medžiagų nuostoliams, šienainio energetinė vertė mažėja pagal antro laipsnio polinomą.

Per visą šienainio laikymo laikotarpį (6 mėn.) jame esančių maistinių medžiagų kiekis sumažėjo 34,86 %, o šienainio energetinė vertė sumažėjo 1,4 karto nuo 7,98 MJ kg⁻¹ iki 5,63 MJ kg⁻¹.

MAINTAINING BIOMASS QUALITY OF HERBAL PLANTS IN ANAEROBIC CONDITIONS

Summary

Hedgehog is one of the main feeds for cattle keepers. During the boom period, most of the ration consists of hay. The quality of the feed depends not only on the quantity of produce produced, but also on the characteristics and composition of the meat, milk. In order to ensure high quality silage it is very important to cut the grass in time, to prepare it properly and to store it correctly.

Work objective to investigate changes in the quality of herbaceous plant biomass in the coils during storage.

Research has shown that the loss of hay's energy value is dependent on the loss of dry matter during storage. Research has shown that the haystack's energy value decreases according to the second degree polynomial, as the dry matter loss increases with the haystack.

During the whole hay period (6 months), the amount of nutrients contained therein decreased by 34,86%, and the energy value of the hay fever decreased by 1,4 times from 7,98 MJ kg⁻¹ to 5,63 MJ kg⁻¹.

Mantas Norbutas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas, tel. 8 629 46805, el. paštas: norbutas.mantas@gmail.com

Aušra Čiplienė – VDU ŽŪA Energetikos ir Biotechnologijos inžinerijos institutas, doc. dr. tel. 8 611 20194, el. paštas: ausra.cipliene@vdu.lt

NETRADICINIŲ ŽOLINIŲ AUGALŲ GRANULIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS

Viktorija Žukaitė, Algirdas Jasinskas, Dionizas Streikus

Įvadas

Lietuvoje ir kitose šalyse sparčiai plečiama atsinaujinančioji energetika: auga hidroelektrinių, vėjo jėgainių, saulės kolektorių paklausa ir pasiūla. Sąmoningiau panaudojami biomasės ištekliai – miškų ūkio atliekos nebeišmetamos, o sumaniai naudojamos energijai gauti. Populiarija netradiciniai stambiasiebiai žoliniai augalai – pluoštinės kanapės, pluoštinės dilgėlės, rūgtys, švendrai.

Netradicinių žolinių augalų sėjimas, priežiūra, bei derliaus nurinkimas nereikalauja didelių išlaidų, specialiai tam skirtos derliaus nuėmimo technikos [1]. Pagal atliktus tyrimus, galima teigti, kad šie augalai yra prisitaikę prie mūsų šalies klimatinėms sąlygoms, su aukštu derlingumo potencialu, kuris Lietuvoje galimas iki 10 t/ha nendrėms, 8 t/ha topinambams [2,3].

Pluoštinės kanapės Lietuvoje leista auginti nuo 2014 m., tuo metu pasėlių plotai siekė 1068,39 ha, o jau 2016 m. – 2453,84 ha. Pasėlių plotų didėjimą lemia labai platūs šio augalo panaudojimo būdai, kaip biokurui, statybinė medžiaga, maisto, tekstilės pramonės [4].

Gaminant biokurą iš energetinių augalų svarbu atsižvelgti į biokuro fizines-mechanines savybes, ypač į drėgnį, nes deginant drėgną biomasę, dalis išsiskyrusios energijos bus sunaudota vandens išgarinimui. Dėl šios priežasties didelis dėmesys skiriamas kuro drėgnio nustatymams, bei drėgnio įtaka kitoms fizinėms-mechaninėms savybėms [5]. Norint sužinoti, ar žolinių augalų granulės gali pakeisti standartines medienos granulės, atliekami šių augalų šilumingumo, peleningumo ir kitų savybių tyrimai.

Tyrimo tikslas. Nustatyti netradicinių žolinių augalų granulėms fizines-mechanines ir šilumines savybes ir įvertinti jų tinkamumą biokurui.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimams atlikti buvo pasirinktos šių augalų granulės: pluoštinių dilgėlių, švendrų, rūgčių, pluoštinių kanapių „Epsilon 68“ bei „Bialobzeskie“. Tyrimai atlikti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institute ir Lietuvos Energetikos institute.

Fizikinės-mechaninės granulėms savybės buvo nustatytos naudojant universitete esančią įrangą ir patvirtintą tyrimų metodiką.

Granulių drėgnio matavimams atlikti buvo naudojama džiovavimo spinta ir matavimo indeliai. Indeliai su įvairaus drėgnio ir rūšių granulėmis pasveriami ir džiovinami specialioje džiovykloje 24 valandas 105 °C temperatūroje, arba džiovinant sausą biomasę – kol nusistovės mėginio masė [6]. Bandytas kartojamas 3 kartus, ir atlikus tyrimą pagal gautus duomenis apskaičiuojamas granulėms vidutinis drėgnis su paklaida.

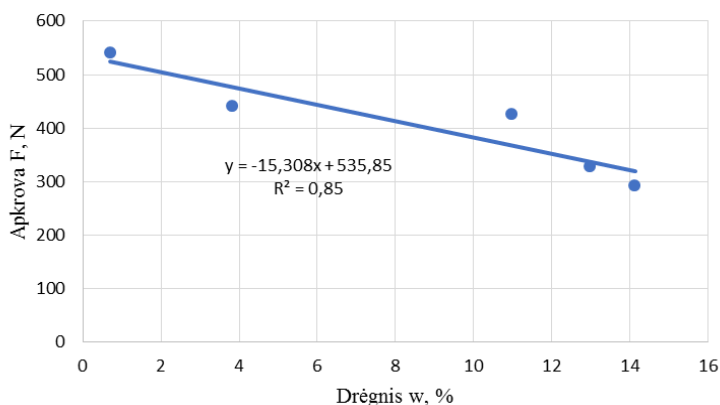
Granulių tankis nustatytas jas matuojant ir sveriant, o įvertinus granulių drėgnį, paskaičiuojamas ir jų tankis sausomis medžiagomis (s.m.). Granulių stiprumas (atsparumas gniuždymui) nustatytas atliekant bandymus su fizikinių-mechaninių savybių tyrimo įrenginiu „Instron 5960“. Paruoštos bandymui granulės dedamos horizontaliai ant nejudančio pagrindo ir veikiamos vertikalia apkrova iki jų lūžimo momento. Bandymo duomenys automatiškai fiksuojami kompiuteryje, o juos apdorojus aptariami tyrimų rezultatai ir formuluojamos išvados. Bandymas kartotas po 5 kartus su kiekvienos rūšies įvairaus drėgnio granulėmis. Atlikus tyrimus paskaičiuoti duomenų vidurkiaiai ir analizuota granulių tankio ir atsparumas gniuždymui priklausomybė nuo granulės drėgnio.

Granulių šiluminės savybės (šilumingumas) ir peleningumas nustatytos pagal standartinę metodiką [7]. Šie tyrimai atlikti Lietuvos Energetikos institute Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijoje pagal ISO 18125:2017 standartą.

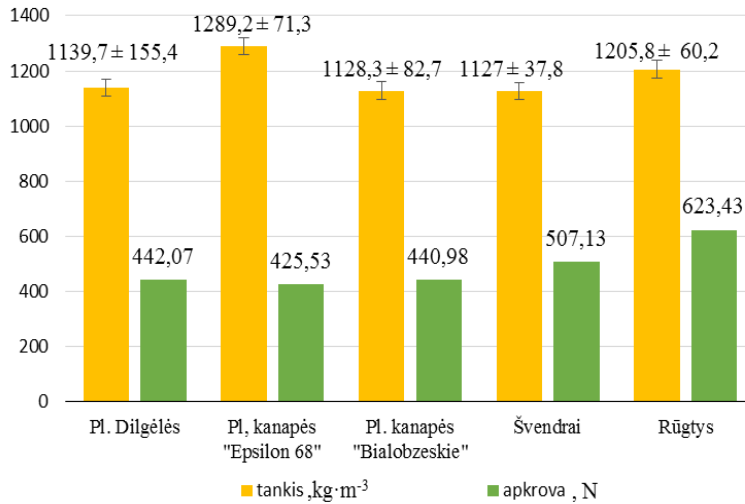
Tyrimų rezultatai

Atlikus tyrimus, apdoroti gauti duomenys. Pastebėta, kad granulių atsparumas gniuždymui mažėja, kai didėja granulės drėgnis (1 pav.). Analogiškos tendencijos nustatytos ir ištyrus kitų rūšių pluoštinių augalų granules.

Ištyrus $10,0 \pm 2,0$ % drėgnio granules buvo nustatyta, kad didžiausio tankio buvo pluoštinių kanapių „Epsilon 68“ granulės – $1289,2 \pm 71,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, o mažiausiu tankiu pasižymėjo nendrių granulės – $1127 \pm 37,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, (2 pav.). Tačiau visų tirtų augalų granulės buvo didesnio kaip $1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ tankio ir tenkino granuliuotam biokurui keliamus reikalavimus. Analizuojant 2 pav. grafike pateiktus duomenis matyti, kad atspariausios gniuždymui buvo rūgčių granulės – 623,43 N, o mažiausiai atsparios buvo pluoštinių kanapių „Epsilon 68“ granulės – 425,53 N, nors šių granulių tankis ir buvo didžiausias.

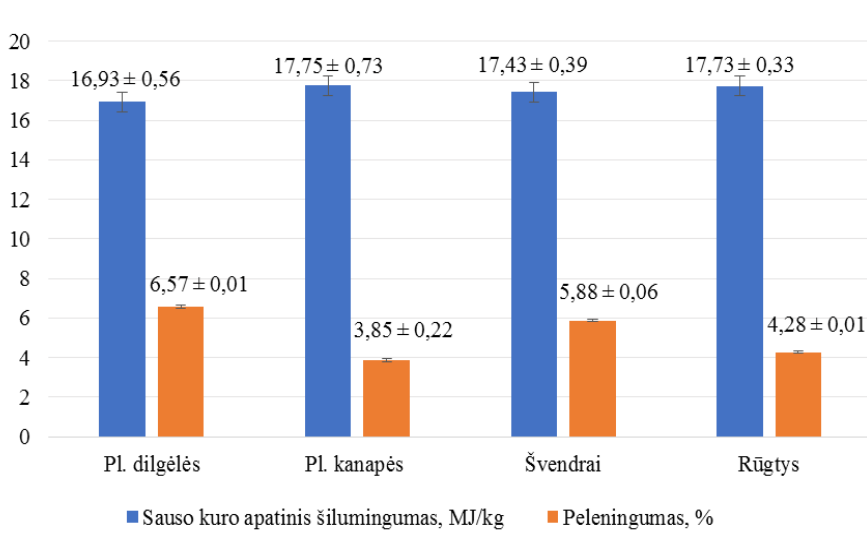


1 pav. Pluoštinių kanapių „Epsilon 68“ granulių atsparumo gniuždymui priklausomybė nuo granulių drėgnio



2 pav. Netradicinių žolinių augalų granulių tankis ir atsparumas gniuždymui (granulių drėgnis $10,0 \pm 2,0 \%$)

Granulių kuro šilumingumas yra vienas svarbiausių rodiklių, aprašančių kuro energetinę vertę. Kuo didesnis kuro šilumingumas, tuo mažiau kuro reikės sunaudoti šildymui. Visų tirtų augalų granulių sauso kuro apatinis šilumingumas skyrėsi nežymiai, nustatytos jo reikšmės buvo labai panašios: pluoštinės kanapės – 17,75 MJ/kg (pateiktos pluoštinių kanapių „Epsilon 68“ ir „Bialobzeskie“ vidutinės reikšmės), rūgtys – 17,73 MJ/kg, švendrai – 17,43 MJ/kg ir pluoštinės dilgėlės – 16,93 MJ/kg (3 pav.).



3 pav. Granulių šilumingumo ir peleningumo tyrimo rezultatai

Peleningumo rodiklis, kaip iš šilumingumo, yra svarbus kuro kokybei. Kuo daugiau pelenų, tuo prastesnis kuras ir kyla didesnės problemos su jų utilizavimu. Didžiausias pelenų kiekis gaunamas deginant pluoštinių dilgėlių granulėse – 6,57 %, o mažiausias pelenų kiekis susidaro deginant pluoštinių kanapių granules – 3,85 % (3 pav.).

Išvados

1. Atlikti stambiasiebių žolinių ir pluoštinių augalų granuliu tyrimai parodė, kad didėjant granuliu drėgmeniui mažėja jų tankis. Granulių tankis gautas pakankamai aukštas ($994,0\text{--}1289,2\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$), jis tenkina granuliuotam biokurui keliamus reikalavimus.
2. Ištyrus $10 \pm 2\%$ drėglio biokuro granuliu tankį buvo nustatyta, kad pluoštinių kanapių „Epsilon 68“ granulės buvo didžiausio tankio – $1289,2 \pm 71,3\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, o mažiausiu tankiu pasižymėjo nendrių granulės – $1127 \pm 37,8\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.
3. Įvertinus granuliu stiprumą (atsparumą gniuždymui) buvo nustatyta, kad granuliu drėgmeniui esant $10,0\pm 0,1\%$, didžiausia kritinė atsparumo gniuždymui jėga buvo sleigiant rūgčių granules – 623,43 N, o mažiausiai atsparios buvo pluoštinių kanapių „Epsilon 68“ granulės – 425,53 N.
4. Ištyrus netradicinių žolinių augalų granuliu šiluminės savybes matyti, kad paruoštas biokuras pakankamai kaloringas, nes jo šilumingumas artimas šiaudų bei anksčiau tirtų sumedėjusių augalų šilumingumui: pluoštinės kanapės – $17,75\text{ MJ kg}^{-1}$, rūgty – $17,73\text{ MJ kg}^{-1}$, švendrai – $17,43\text{ MJ kg}^{-1}$ ir pluoštinės dilgėlės – $16,93\text{ MJ kg}^{-1}$. Šie rodikliai tenkina augalinės kilmės granuliu šilumingumo standartus.

Literatūra

1. Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo Alytaus regiono Druskininkų savivaldybės teritorijoje galimybių studija. Pranešimas, 2013. [žiūrėta 2019-02-18] Prieiga per internetą: <<http://www.lietuvosregionai.lt/lt/9/news/alytaus-regiono-naujienos/parengtos-alytaus-regiono-atsinaujinanciu-energijos-istekliu-panaudojimo-ir-turizmo-pletros-galimybiu-studiju-aplinkos-analizes-338.html>>.
2. Šateikis I. Potential of plant biomass cultivation and use for solid fuels and priority of research the present problems. *Žemės ūkio inžinerija, Mokslo darbai*, 2006, 38.3: 5-21.
3. Maročkienė N. Topinambo (*Heliantus tuberosus* L.) morfologinių rodiklių ir gumbų produktyvumo įvertinimas. Mokslo darbai. *Sodininkystė ir daržininkystė*, 2007, 26.1: 102-107.
4. Lietuvos žemės ūkio ministerija. Pluoštinės kanapės Lietuvoje – vis populiarsnės. 2017. [žiūrėta 2019-02-18] Prieiga per internetą: <<https://zum.lrv.lt/lt/naujienos/pluostines-kanapes-lietuvoje-vis-populiarsnes>>.
5. Šlepikas, O., Čereška A. Biokuro džiovinimo proceso efektyvumo tyrimai. *Science: Future of Lithuania*, 2013, 5–6.
6. Streikus D., Jasinskas A., Arak M., Jotautienė E., Mioldažys R., Čekanauskas S., Jankauskienė Z. Investigations of fibre plants preparation and utilization of solid biofuels. *Agronomy research*, 2016, 14(1): 259–268.
7. ISO, E. N. 18125. Solid Biofuels – Determination of Calorific Value, 2017.

Santrauka

Iškastinio kuro išteklių kasmet sparčiai mažėja, o šio kuro sunaudojimas lemia aplinkos taršą ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos padidėjimą. Dėl šios priežasties atsinaujinantys energijos šaltiniai, pvz., sumedėję ir žoliniai augalai, taip pat tiekiami ir naudojami energijos rinkoje. Straipsnyje pateikti atliktų netradicinių žolinių augalų tyrimų rezultatai, kuriuose įvertintos ir aptartos fizikinės-mechaninės granuliu savybės – tankis, atsparumas gniuždymui. Lietuvos energetikos institute (LEI) buvo įvertintos granuliu šiluminės savybės, tokios kaip šilumingumas, ir nustatytas pelenų kiekis.

INVESTIGATION OF NON-TRADITIONAL HERBACEOUS PLANTS BIOFUEL PROPERTIES

Summary

Fossil fuel resources are rapidly decreasing every year, and the consumption of this fuel leads to the environmental pollution and the increase in greenhouse gas emissions. For this reason, renewable energy sources, such as woody and herbaceous plants, are also supplied to the energy market. The investigations of non-traditional herbaceous plants were carried out, in which the physical-mechanical parameters of granules, such as density and compression resistance were evaluated. In the Lithuanian Energy Institute (LEI) the parameters of the granules thermal properties, such as calorific value, and ash content were evaluated.

Viktorija Žukaitė – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantė; tel. +370 60627612, el. paštas: viktorijazuk@gmail.com

Algirdas Jasinskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, prof., v. m. darbuotojas, dr.; tel. +370 612 04 002, el. p. algirdas.jasinskas@vdu.lt

Dionizas Streikus – VDU ŽŪA, Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, doktorantas; tel. +370 609 05628, el.paštas: dionizasstreikus@gmail.com

POBŪGNIO SKERSINĖS JUOSTOS FORMOS ĮTAKA KUKURŪZŲ BURBUOLIŲ IŠKULIAMUMUI IR GRŪDŲ SUŽALOJIMUI

Justinas Anušauskas, Dainius Steponavičius, Valdas Kiniulis

Įvadas

Kukurūzai yra vieni iš plačiausiai auginamų žemės ūkio augalų pasaulyje. Jų plotai užima apie 180 mln. ha, 2016 m. nuimtas 973 mln. t. derlius (World Agricultural Production, 2018). Nors grūdams Lietuvoje kukurūzai pradėti auginti tik 1995 metais. Jų plotai Lietuvoje pastarąjį dešimtmetį sparčiai didėja. Vieno hektaro plote galima išauginti nuo 6 iki 11 tonų grūdų (Germanas, 2008).

Vieni iš svarbiausių iš kūlimo aparato konstrukcinių parametrų, kuliant kukurūzų burbuoles, yra pobūgnio skersinių juostų forma, aukštis, skaičius ir jų padėtis būgno atžvilgiu bei paties pobūgnio aktyvus separacijos plotas (Norris & Wall, 1986; Miu, 2015). Kūlimo procese pobūgnio skersinės juostos tarnauja kaip atramos į kurias remiasi burbuolės, gaudamos spragilų smūgius (Pužauskas, 2018). Dabartiniuose kombainuose javams nuimti naudojami pobūgniai, kurių skersinių juostų forma yra stačiakampė, o kukurūzams – užapvalinta. Atlikus šių juostų palyginamuosius teorinius tyrimus nustatyta, kad pobūgnio skersinės juostos reakcijos į grūdą jėgos ir grūdo reakcijos į grūdą jėgos skaitinės vertės, esant nuožulnaus darbinio paviršiaus pobūgnio skersinėms juostoms, yra didesnės. Todėl esant minėtos formos pobūgnio skersinėms juostoms, burbuolėje esantys grūdai yra spragilo labiau spaudžiami (Pužauskas *et al.*, 2017). Pastaroji išvada buvo patvirtinta eksperimentiniais tyrimais (Anušauskas *et al.*, 2017), kuriuose nustatyta, jog ir kūlimo procesas su nuožulnaus darbinio paviršiaus juostomis yra efektyvesnis nei naudojant užapvalintą darbinio paviršiaus juostas. Beje, šiuose tyrimuose nebuvo vertintas labai svarbus kūlimo proceso rodiklis – grūdų sužalojimas.

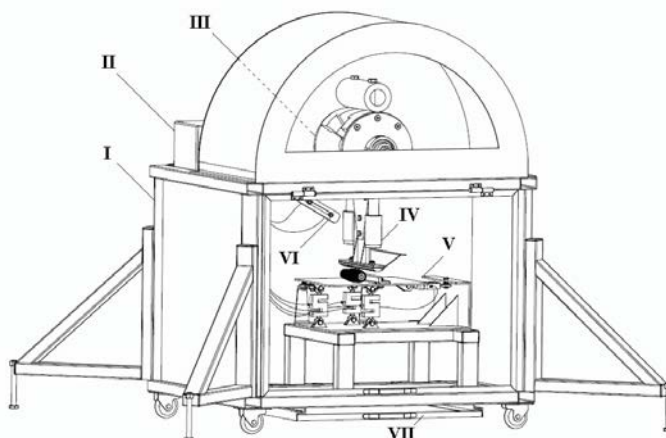
Mokslininkai atlikę tyrimus, literatūros šaltiniuose paskelbė visa eilę tyrimų, kuriuose pateikti kūlimo būgno sukimosi dažnio, tarpo tarp būgno spragilų ir pobūgnio, tiekiamo burbuolių srauto ir jų drėgnio įtakos kokybiniam bei kiekybiniam kukurūzų burbuolių kūlimo ir grūdų separacijos procesų parametrų, rezultatai (Petkevichius *et al.*, 2008; Poničan *et al.*, 2009). Tačiau eksperimentinių tyrimų, įvertinančių pobūgnio ir jo skersinių juostų formos įtaką kukurūzų grūdų sužalojimui, stinga.

Mokslinė hipotezė. Naudojant nuožulnaus darbinio paviršiaus skersinę juostą, kukurūzų burbuolės kūlimo proceso metu grūdai yra mažiau žalojami, nei naudojant įprastinę užapvalintą skersinę juostą.

Tyrimo tikslas: Pagrįsti pobūgnio skersinių juostų formą, kuri būtų tinkama kukurūzų burbuolių kūlimui.

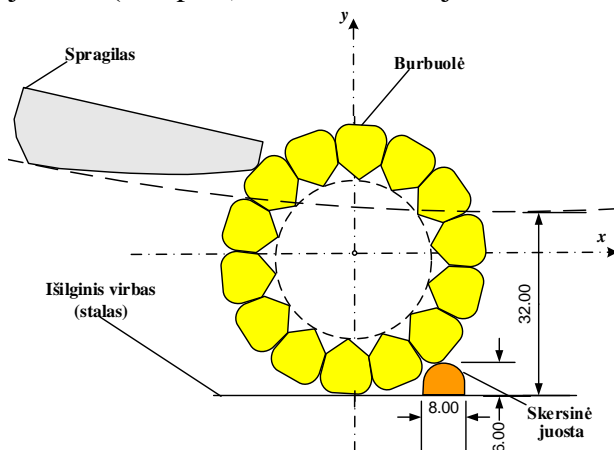
Tyrimų objektas ir metodika

Eksperimentiniai tyrimai atlikti 2018 metais Žemės ūkio mašinų technologinių procesų tyrimų laboratorijoje stacionariu tangentiniu kūlimo stendu (1 pav.). Jis skirtas tirti javų kombainuose vykstantį kukurūzų burbuolių kūlimo procesą bei racionalizuoti kūlimo aparatų konstrukcijos elementus, sprendžiant grūdų sužalojimo mažinimo klausimus. Stendu galima nustatyti iškultų, neiškultų ir sužalotų grūdų dalį po vieno spragilo smūgio kukurūzų burbuolei bei tangentinę ir normalinę jėgas veikiant burbuolę smūgiu (Adomėlis *et al.*, 2017).

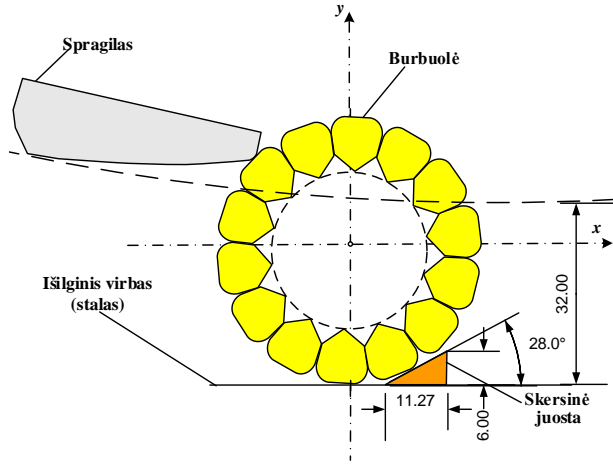


1 pav. Kukurūzų burbuolių kūlimo proceso tyrimo stendo bendras vaizdas [Anušauskas *et al.*, 2017]: I – rėmas, II – jutiklių signalų konvertavimo ir stiprinimo blokas, III – elektros variklis su mova, IV – kūlimo būgno segmentas su spragilo padėties keitimo mechanizmu, V – stalas su pobūgnio skersine juosta ir keturiais jėgų matavimo jutikliais; VI – besisukančio kūlimo būgno segmento padėties nustatymo sistema; VII – kūlenų surinkimo sekcija

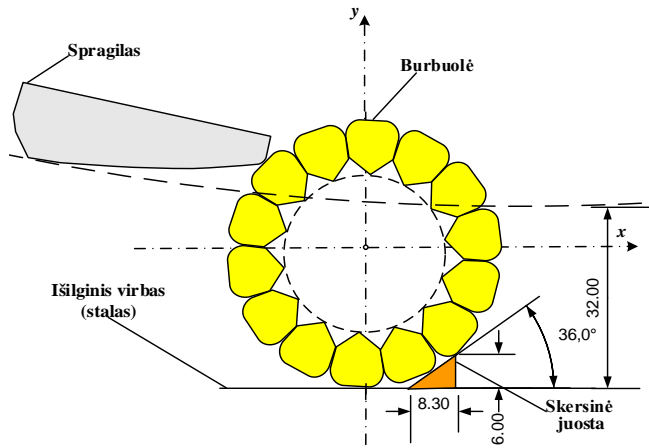
Tyrimams buvo suprojektuotos ir pagamintos keturios skirtingų formų, 6 mm aukščio skersinės juostos (2–5 pav.), kurios montuojamos stende (1 pav.).



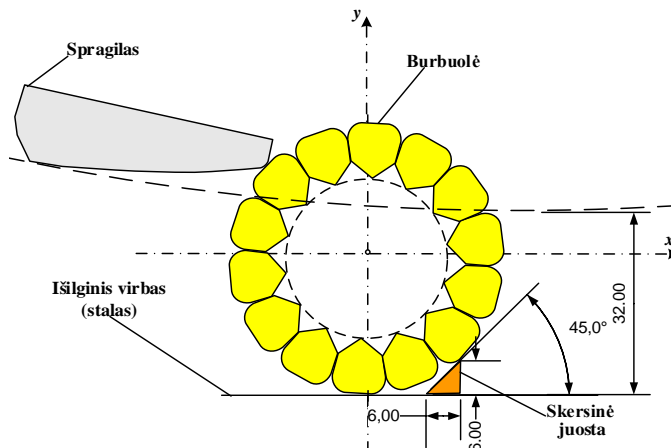
2 pav. Kukurūzų burbuolių kūlimo proceso schema su užapvalinta juosta



3 pav. Kukurūzų burbuolių kūlimo proceso schema su įstriža 28° juosta



4 pav. Kukurūzų burbuolių kūlimo proceso schema su įstriža 36° juosta



5 pav. Kukurūzų burbuolių kūlimo proceso schema su įstriža 45° juosta

Prieš pradėdant tyrimus, buvo nustatytas tarpas tarp kūlimo būgno spragilo ir burbuolės apačios (stalo paviršiaus) – 32 mm. Tuomet tarpas tarp kūlimo būgno spragilo ir pobūgnio skersinės juostos viršaus siekė 26 mm. Būgno spragilo linijinis greitis ($15,0 \text{ m s}^{-1}$) buvo nustatytas įtampos dažnio keitikliu *Delta VFD-C2000 SERIES*. Šis spragilo greitis atitiko 0,8 m skersmens kūlimo būgno 359 min^{-1} sukimosi dažnį.

Kūlimo stende kultos atrinktos, panašių matmenų, kietosios brandos sausos kukurūzų *Casey* veislės burbuolės (1 lentelė), kurių masė siekė $205,6 \pm 5,3 \text{ g}$, ilgis – $167,6 \pm 2,9 \text{ mm}$, o didžiausias skersmuo – $50,2 \pm 0,4 \text{ mm}$.

1 lentelė. Kukurūzų burbuolių dalių drėgnis, %

Grūdų	Šerdžių	Šluotelių	Kotų	Lapų
$18,17 \pm 0,25$	$30,59 \pm 2,39$	$13,91 \pm 1,05$	$58,22 \pm 2,80$	$17,69 \pm 4,11$

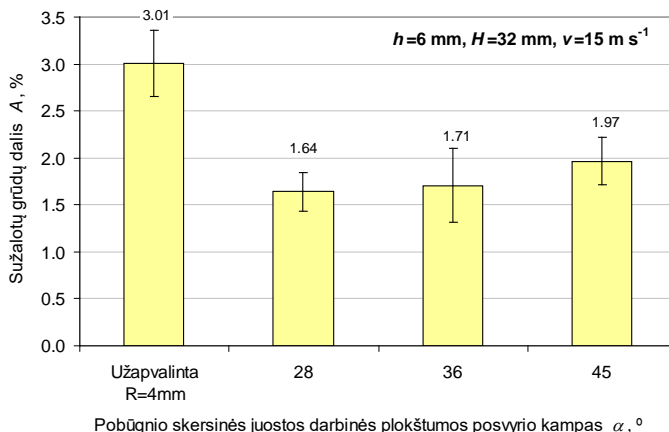
Grūdų iškūlimui nustatyti iš stendo kūlenų surinkimo sekcijos VII (1 pav.), po kiekvieno bandymo, buvo surenkamos visos kūlenos. Iš jų atskiriami iškulti grūdai. Be to, nuo šerdžių rankiniu būdu buvo atskiriami neiškulti grūdai. Pasvėrus iškultus ir neiškultus grūdus, buvo apskaičiuotos iškultų ir sužalotų grūdų dalys (procentais).

Tyrimai kartoti po 10 kartų, t. y. kiekvienam tyrimui panaudota po 10 burbuolių. Matavimų duomenys įvertinti apskaičiuavus duomenų vidurkio pasikliauties intervalą esant 95 % tikimybei.

Rezultatai

Optimalūs burbuolių kūlimo proceso parametrai yra tuomet, kai kuo daugiau grūdų, spragilo smūgio metu, yra atskiriama nuo šerdies jos nesuardant bei kuo mažesnė jų dalis yra sužalojama. Todėl tyrimuose, siekiant pagrįsti racionalią pobūgnio skersinės juostos darbinio paviršiaus formą, nustatant veikiančias jėgas, turėtų būti įvertintos ir minėtos prielaidos (Pužauskas, 2018).

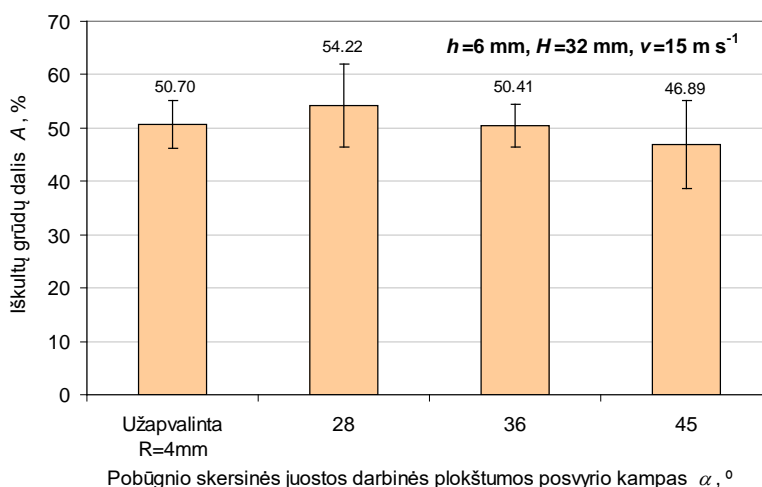
Šiame darbe atliktas spragilo vieno smūgio įtakos grūdų iškūlimui ir sužalojimui, kuliant kukurūzų burbuoles, tyrimas. Atlikus tyrimus nustatyta, kad skersinės juostos forma turi reikšmingos įtakos grūdų sužalojimui atskiriant juos nuo burbuolės šerdies (6 pav.). Geriausi rezultatai gauti naudojant 28° įstrižo darbinio paviršiaus juostą, kurios plotis siekė 11,3 mm, o nuožulnaus darbinio paviršiaus plotis – 12,8 mm (3 pav.). Tuomet sužalotų grūdų dalis, lyginant su standartine užapvalinta juosta (2 pav.), sumažėjo 45,5 %, t. y. būgno spragilo vieno smūgio metu sužalotų grūdų dalis sumažėjo nuo $3,01 \pm 0,35\%$ iki $1,64 \pm 0,21\%$. Šiek tiek didesnė grūdų dalis ($1,71 \pm 0,40\%$) sužalojama naudojant 36° įstrižo darbinio paviršiaus juostą, kurios plotis siekė 8,3 mm, o nuožulnaus darbinio paviršiaus plotis – 10,2 mm (3 pav.).



6 pav. Pobūgnio skersinės juostos darbinio paviršiaus formos įtaka kukurūzų grūdų sužalojimui, kai skersinės juostos aukštis $h=6$ mm, atstumas nuo spragilo iki burbulės apačios (stalo paviršiaus) $H=32$ mm

Tiriant juostą, kurios darbinio paviršiaus įstrižumo kampas siekia $\alpha = 45^\circ$, jos plotis – 6,0 mm, o nuožulniosios dalies plotis – 8,5 mm (5 pav.), sužalotų grūdų dalis sumažėjo nuo $3,01 \pm 4,53$ % iki $1,97 \pm 0,26$ %, t. y. apie 35 %, lyginant su standartine užapvalinta juosta (6 pav.).

Apibendrinant šiuos tyrimus galima teigti, kad grūdų sužalojimui įtakos turi juostos darbinio paviršiaus forma. Grūdų sužalojimą galima sumažinti javų kombaino pobūgnyje įprastas užapvalinto darbinio paviršiaus skersines juostas pakeitus į tokias, kurių paviršius yra nuožulnus. Tyrimų rezultatai parodė, kad minėtų juostų paviršiaus nuožulos kampas ir jos plotis, kuris sąlygoja burbulės kontakto plotą ir, tikėtina, smūgio tolygumą bei burbulės pasukimą, taip pat turi įtakos grūdų sužalojimui.



7 pav. Pobūgnio skersinės juostos darbinio paviršiaus formos įtaka iškultų kukurūzų grūdų daliai

Atliekant grūdų sužalojimo tyrimus tuo pačiu metu buvo analizuojamas ir grūdų iškūlimas kukurūzų burbuolei suteikus vieną spragilo smūgį. Lyginant apskaičiuotus iškultų grūdų aritmetinius vidurkius, galima pastebėti, kad spragilo vieno smūgio metu daugiausiai grūdų ($54,22 \pm 7,73$ %) iškuliama naudojant 28° , o mažiausiai ($46,89 \pm 8,34$ %) – naudojant įstrižą 45° posvyrio kampo įstrižo darbinio paviršiaus skersinę juostą (7 pav.). Tačiau apskaičiavus aritmetinių vidurkių pasikliauties intervalus, kurie įvertina tyrimo duomenų sklaidą, galima teigti, kad esminio skirtumo tarp visų keturių tirtų pobūgnio skersinių juostų nėra. Remiantis gautais duomenimis, galime teigti, kad skersinės juostos forma neturi reikšmingos įtakos grūdų iškuliamumui iš burbuolės, spragilo vieno smūgio poveikyje.

Vertinant šio tyrimo rezultatus reikia atkreipti dėmesį į tai, kad kultos labai sausos burbuolės, nes 2018 m. rudens meteorologinės sąlygos sąlygojo sausus orus. Todėl kukurūzai auginti grūdams Lietuvoje subrendo labai anksti pasiekę neįprastai mažą atskirų burbuolės dalių drėgnį (1 lentelė). Įprasta, kad drėgnesnio klimato šalyse, taip pat ir Pabaltijo šalyse, kukurūzų burbuolės nuimamos spalio mėnesio antroje pusėje, o kartais – tik po pirmųjų šalnų, kai grūduose sausosios medžiagos dažnai nesiekia nei 65 proc. (Špokas *et al.*, 2013). Taigi, kuliant didesnio drėgnio burbuolės rezultatai gali skirtis.

Išvados

1. Vienu 15 m s^{-1} greičiu judančio spragilo kukurūzų burbuolei smūgiu mažiausiai grūdų sužalojama naudojant 28° posvyrio kampo nuožulnaus darbinio paviršiaus skersinę juostą. Tuomet sužalotų grūdų dalis, lyginant su standartine užapvalinta juosta, sumažėja apie 45 %.
2. Kuliant sausas kukurūzų burbuoles grūdų sužalojimą galima sumažinti (nesumazinant grūdų separacijos nuo burbuolės šerdies) javų kombaino pobūgnyje įprastas užapvalinto darbinio paviršiaus skersines juostas pakeitus į tokias, kurių paviršius yra nuožulnus.

Literatūra

1. Adomėlis, A., Steponavičius, D., Andriušis, A., Kiniulis, V., Bimbiris, A. 2017. Kukurūzų burbuolę veikiančios jėgos spragilo smūgio poveikyje. *Agroinžinerija ir energetika: ASU ŽŪIF ir Lietuvos ž. ū. inžinierių sąjungos mokslo ir gamybos žurnalas*. Nr. 22, p. 76–81.
2. Anušauskas, J., Steponavičius, D., Pužauskas, E., Bimbiris, A. 2017. Pobūgnio skersinės juostos formos įtaka kukurūzų grūdų iškūlimui spragilo smūgio poveikyje. *Agroinžinerija ir energetika: ASU ŽŪIF ir Lietuvos ž. ū. inžinierių sąjungos mokslo ir gamybos žurnalas*. Nr. 22, p. 81–85.
3. Germanas, L. 2008. Kukurūzų auginimo technologijos ir auginimo technika. *Mano ūkis*. Nr. 1, p. 59–64.
4. Miu, P. I. 2015. Cereal threshing and separating processes: threshing units. In: Miu P (ed.) *Theory, modelling, and design*. CRC Press, p. 189–260.
5. Norris, E. R., Wall, G. L. 1986. Effect of concave design factors on cylinder-concave performance in corn. *Canadian agricultural engineering*. Nr. 28(2), p. 97–99.
6. Petkevičius, S., Špokas, L., Steponavičius, D. 2008. Substantiation of technological parameters of wet maize ear threshing. *Agronomy Research*. Vol.6 (Special issue), p. 271–280.

7. Poničan, J., Angelovič, M., Jech, J., Žitňák, M., Findura, P. 2009. The effect of the design concept of combine harvester threshing mechanism on the maize crop threshing quality. *Contemporary Agricultural Engineering. Nr. 35(4)*, p. 268–274.
8. Pužauskas, E. 2018. *Kuliamų kukurūzų burbuolių judėjimo pobūgnio paviršiumi ir grūdų separacijos procesų analizė*. Daktaro disertacija. Kaunas. 100 p.
9. Pužauskas, E., Steponavičius, D., Jotautienė, E., Petkevičius, S., Kemzūraitė, A. 2016. Substantiation of concave crossbars shape for corn ears threshing. *Mechanika*. Vol. 22, No. 6, p. 553–561.
10. Pužauskas, E., Steponavičius, D., Kemzūraitė, A. 2017. A theoretical investigation of concave bars for corn ears threshing. *Actual Tasks on Agricultural Engineering: proceedings of the 45th international symposium on agricultural engineering*. (Ed. Igor Kovačev). 21–24 February 2017, Opatija, Croatia. Vol. 45, p. 173–182.
11. Špokas, L.; Steponavičius, D.; Butkus, V.; Kiniulis, V. 2013. Substantiation of the rational technological parameters for threshing high-moisture corn ears. In: Maziliauskas A. (ed) *Proc 4th Int. Conf. Rural Development 6(3)*. Akademija, Lithuania, pp. 139–146.
12. World Agricultural Production. 2018. Foreign Agricultural Service, FAS, USDA [online]. Circular Series WAP 3-18. March 2018 [accessed 10 February 2019]. Available from Internet: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>

Santrauka

Eksperimentiniai tyrimai atlikti 2018 metais Žemės ūkio mašinų technologinių procesų tyrimų laboratorijoje naudojantis stacionariu tangentiniu kūlimo stendu, kurio kūlimo būgno skersmuo yra 0,8 m. Pasirengiant tyrimams, buvo nustatytas 32 mm tarpas tarp kūlimo būgno spragilo ir burbuolės apačios (stalo paviršiaus). Būgno spragilo linijinis greitis ($15,0 \text{ m s}^{-1}$) buvo nustatytas įtampos dažnio keitikliu. Tyrimai atlikti su keturiomis skirtingų formų (6 mm aukščio) skersinėmis juostomis, kurios montuojamos stende. Tyrimų rezultatai parodė, kad skersinės juostos darbinio paviršiaus forma sąlygoja kukurūzų grūdų sužalojimą. Kuliant sausas kukurūzų burbuoles grūdų sužalojimą galima sumažinti (nesumažinant grūdų separacijos nuo burbuolės šerdies) javų kombaino pobūgnyje įprastas užapvalinto darbinio paviršiaus skersines juostas pakeitus į tokias, kurių paviršius yra nuožulnus (28° posvyrio kampo).

THE INFLUENCE OF CONCAVE CROSSBAR DESIGN ON CORN EAR SHELLING EFFICIENCY AND GRAIN DAMAGE

Summary

The experimental research was conducted in 2018 at the Laboratory for Analysis of Technological Processes of Agricultural Machinery using a stationary tangential single-cylinder threshing unit with one rasp bar and the cylinder diameter of 0.8 m. The crossbars of four different designs (6 mm height) were manufactured for the research. The clearance between the threshing cylinder rasp bar and bottom of concave crossbar (bottom of corn ear) was 32 mm. The linear speed of rasp bar (15 m s^{-1}) was set by a variable frequency drive. The studies of corn ears threshing have shown that the shape of the concave cross bars surface have a significant influence on the grain damage while grain detachment from the cobs remains similar. For dry corn ear threshing it would be reasonable to use the concave equipped with oblique cross bars (surface angle 28°).

Justinas Anušauskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 621 58 763, el. paštas: justinasanusauskas@gmail.com

Dainius Steponavičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, prof., dr.; tel. +370 674 27 721, el. paštas: Dainius.Steponavicius@vdu.lt

Valdas Kiniulis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, doktorantas; tel. +370 616 05 470, el. paštas: Valdas.Kiniulis@gmail.com

TARPINIO ORO AUŠINIMO ĮTAKA TURBODYZELINIO VARIKLIO DARBO RODIKLIAMS

Andrius Stasiukynas

Įvadas

Turbopripūtimas – suspausto oro padavimas į įsiurbimo kolektorių – tai pats efektyviausias variklio galios didinimo būdų. Kadangi dalis energijos, kuri paprastame variklyje išmetama per išmetimo sistemą, naudojama turbokompresoriui sukurti, degalų sąnaudos, lyginant su tokios pat galios, tačiau didesnio tūrio paprastu varikliu, sumažėja. Dėl mažesnio darbinio tūrio mažesni ir trinties bei šilumos nuostoliai [1, 3].

Dėl unikalios technologijos, turbokompresorinio variklio lyginamoji masė (kg/kW) ženkliai mažesnė palyginti su įprastu varikliu. Atitinkamai turbokompresorinio variklio gabaritai mažesni už paprasto tokios pat galios variklio. Pripučiamo turbokompresoriumi variklio sukimo momento charakteristika taip pat palankesnė. Dėl didelio sukimo momento augimo krentant sūkiams, maksimali galia išlieka ir esant sūkiams mažesniems nei nominalūs. Šiandien – tai ekonomiškų ir mažai teršiančių aplinką variklių konstravimo pagrindas. Turbokompresoriniai varikliai naudojami visur, kur reikalinga degalų ekonomija. Sunkvežimiu, lokomotyvų, laivų, stacionariniai, pramoniniai varikliai – praktiškai visi turi įdiegtus turbokompresorius [4, 5].

Tarpinis suslėgto oro aušintuvas – tai radiatorius, kurio paskirtis aušinti turbokompresoriuje suslėgtą orą prieš šiam patenkant į cilindrus, siekiant sumažinti detonacijos galimybę, padidinti variklio galią, mažinti degalų sąnaudas, gerinti emisijos rodiklius. Senesnieji turbo varikliai jo neturi, tačiau šiuo metu jis montuojamas kaip serijinė įranga [2].

Tyrimo tikslas ir uždaviniai

Tyrimo tikslas – ištirti tarpinio oro aušinimo įtaką turbobodyzelinio variklio darbo ir deginių emisijos rodikliams.

Uždaviniai – atlikti bandymus esant 2000 min^{-1} ir 2500 min^{-1} sūkių dažniui naudojant ir nenaudojant tarpinio oro aušintuvo, apskaičiuoti reikiamas reikšmes ir remiantis rezultatais palyginti tarpinio oro aušintuvo įtaką variklio darbo bei deginių emisijoms.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimas buvo atliktas ŽŪIF Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos instituto variklių bandymų laboratorijoje. Tyrimo metu buvo naudojamas FIAT 1,9l darbinio tūrio variklis, gamykliškai turintis turbopripūtimą bei tarpinį oro aušintuvą.

Deginių emisijai bei dūmingumui matuoti naudotas deginių analizatorius TESTO 350 XL ir dūmingumo analizatorius BOSCH. TESTO 350 XL gali matuoti

CO, NO, CO₂, NO_x, NO₂ deginių kiekį ir saugoti iki 250 000 duomenų. Matavimų ribos – 0–10 000 ppm.

Deginių temperatūrai ir įsiurbiamo oro temperatūrai nustatyti naudoti temperatūros jutikliai.

Pripūtimo slėgiui, oro masei bei degalų sąnaudoms nustatyti naudotas diagnostikos įrenginys BOSCH KTS 540 su kompiuteriu, turinčiu ESITRONIC programinę įrangą.

Atliekant tyrimus, variklis buvo apkrautas naudojant apkrovos stendą ir didinant apkrovą nuo 50 Nm iki 210 Nm, sudarytos apkrovos charakteristikos esant 2000 min⁻¹ ir 2500 min⁻¹ sūkių dažniui.

Atliekant bandymus, buvo matuojamas dūmingumas bei anglies monoksido (CO) ir azoto oksido (NO_x) deginių emisijos reikšmės. Taip pat buvo matuotas pripūtimo slėgis, pripučiamo į variklį oro masė, deginių ir įsiurbiamo oro temperatūros.

Rezultatai

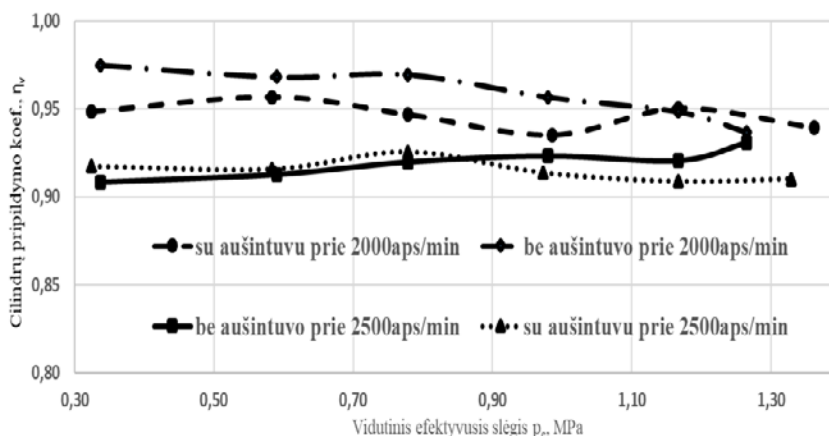
Įsiurbimo proceso kokybę įvertinama cilindų pripildymo koeficientu.

Cilindų pripildymo koeficiento formulė:

$$\eta_v = \frac{G_0}{G_t}, \quad (1)$$

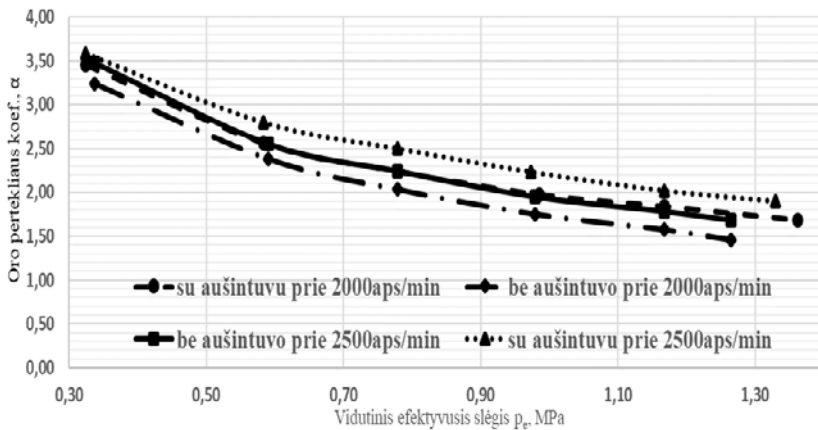
čia G_0 – faktinės variklio oro sąnaudos, kg/h;

G_t – teorinės variklio oro sąnaudos, kg/h.



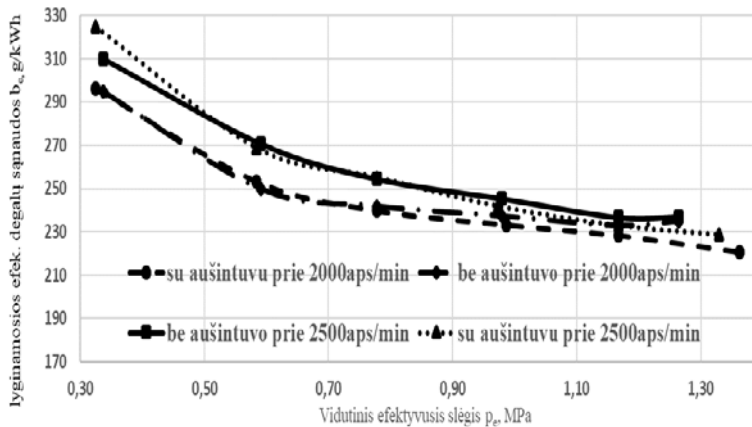
1 pav. Tarpinio oro aušinimo įtaka cilindų pripildymo koeficientui

1 paveiksle matyti, kad naudojant tarpinį oro aušintuvą, cilindų pripildymo koeficientas esant maksimaliam efektyviajam slėgiui ir 2500 min⁻¹ sūkių dažniui mažesnis 2 %, nes 15 % didėja įsiurbiamo oro masė. Nenaudojant tarpinio oro aušintuvo ir esant 2000 min⁻¹ sūkių dažniui bei didėjant efektyviajam slėgiui, cilindų pripildymo koeficientas didesnis 1 %.



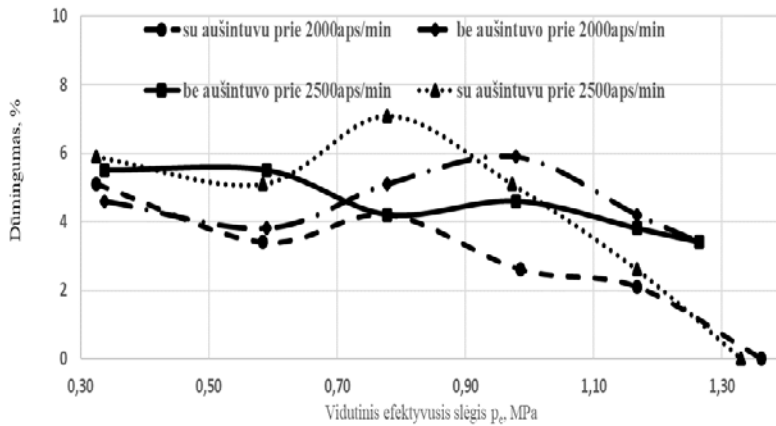
2 pav. Tarpinio oro aušinimo įtaka oro pertekliaus koeficientui

2 paveiksle matyti, kad naudojant tarpinį oro aušintuvą, esant 2000 min^{-1} ir 2500 min^{-1} sūkių dažniui bei didėjant efektyviajam slėgiui nuo mažiausios iki didžiausios reikšmės, oro pertekliaus koeficientas išlieka didesnis 10 %, lyginant su varikliu be tarpinio oro aušintuvo. Lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos rodo, kiek degalų sunaudojama vienam variklio efektyviojo darbo vienetui gauti. 3 paveiksle matyti, jog naudojant tarpinį oro aušinimą, lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos yra mažesnės 5 %, esant 2000 min^{-1} ir 2500 min^{-1} sūkių dažniui ir didėjant vidutiniam efektyviajam slėgiui, lyginant su varikliu be tarpinio oro aušintuvo.



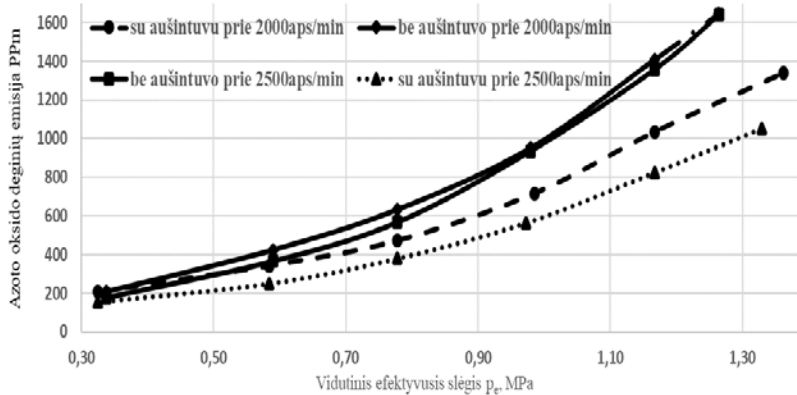
3 pav. Tarpinio oro aušinimo įtaka lyginamosioms efektyviosioms degalų sąnaudoms

Naudojant tarpinį oro aušintuvą, deginių dūmingumo rodikliai taip pat gerėja. 4 paveiksle matyti, jog naudojant tarpinį oro aušintuvą, esant 2000 min^{-1} ir 2500 min^{-1} sūkių dažniui bei esant 1,25 MPa vidutiniam efektyviajam slėgiui, deginių dūmingumas mažesnis 2%.

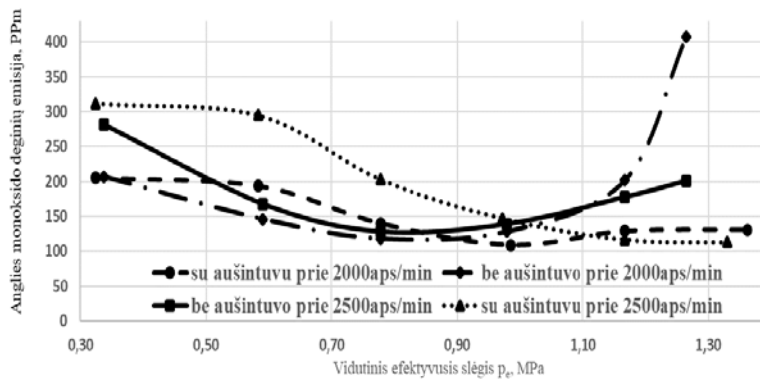


4 pav. Tarpinio oro aušinimo dūmingumui

Naudojant aušintuvą mažėja kenksmingų teršalų – azoto oksido (NO_x) emisija – prie maksimalios apkrovos bei esant 2500 min^{-1} sūkių dažniui, emisija mažesnė apie 30 %.



5 pav. Tarpinio oro aušinimo įtaka azoto oksido deginių emisija



6 pav. Tarpinio oro aušinimo įtaka anglies monoksido deginių emisijai

6 paveiksle matyti, jog naudojant aušintuvą, gerėja CO emisijos rodikliai. Naudojant aušintuvą prie 2000 min⁻¹ sūkių dažnio ir esant efektyviajam slėgiui 1,27 MPa, CO emisija mažesnė net 3 kartus. Naudojant aušintuvą, esant 2500 min⁻¹ sūkių dažniui bei efektyviajam slėgiui 1,27 MPa, CO emisija mažesnė beveik du kartus.

Išvados

1. Naudojant tarpinį oro aušintuvą cilindrų pripildymo koeficientas esant maksimaliam efektyviajam slėgiui ir 2500 min⁻¹ sūkių dažniui mažesnis 2 %, nors į cilindrus tiekiamo oro masė padidėjo 15 %. Nenaudojant tarpinio oro aušintuvo ir esant 2000 min⁻¹ sūkių dažniui bei didėjant efektyviajam slėgiui, cilindrų pripildymo koeficientas didesnis 1 %.
2. Naudojant tarpinį oro aušintuvą, esant 2000 min⁻¹ ir 2500 min⁻¹ sūkių dažniui bei didėjant efektyviajam slėgiui nuo mažiausios iki didžiausios reikšmės, oro pertekliaus koeficientas išlieka didesnis 10 %.
3. Naudojant tarpinį oro aušinimą, lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos yra mažesnės 5 %, esant 2000 min⁻¹ ir 2500 min⁻¹ sūkių dažniui ir didėjant vidutiniam efektyviajam slėgiui
4. Naudojant tarpinį oro aušintuvą azoto oksidų deginių emisija esant maksimaliai apkrovai mažesnė apie 30 % esant 2000 min⁻¹ ir 2500 min⁻¹ sūkių dažniui, lyginant su variklio be tarpinio oro aušintuvo.
5. Naudojant tarpinį oro aušintuvą, esant 2000 min⁻¹ ir 2500 min⁻¹ sūkių dažniui bei esant 1,25 MPa vidutiniam efektyviajam slėgiui, dūmingumas mažesnis 2 %.
6. Naudojant aušintuvą, gerėja CO emisijos rodikliai. Naudojant aušintuvą prie 2000 min⁻¹ sūkių dažnio ir esant efektyviajam slėgiui 1,27 MPa CO emisija mažesnė net 3 kartus.

Literatūra

- [1] Mohd Muqem, Dr. Mukhtar Ahmad, Dr. A.F. Sherwani, *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering* (IOSR-JMCE) e-ISSN: 2278-1684, p-ISSN: 2320-334X, Volume 12, Issue 4 Ver. III (Jul. - Aug. 2015) Turbocharging of Diesel Engine for Improving Performance and Exhaust Emissions: A Review.
- [2] Dr. sc. Naser B. Lajqi, Dr. sc. Bashkim I. Baxhaku Mr. sc. Shpetim B. Lajqi, *13th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2009*, Hammamet, Tunisia, October 2009 Effect of intercooler on turbocharged diesel engine performance.
- [3] Eyub CANLI, Selcuk DARICI, Muammer OZGOREN, *International Scientific Conference* 19–20 November 2010, Gabrovo intercooler effect on conventional supercharging systems.
- [4] M.Y.A. Mifdal, M.H.Nuraida, O. Norzalina, A.H. Shamil, *International Journal of Engineering Science Invention* ISSN (Online): 2319 – 6734, ISSN (Print): 2319 – 6726 www.ijesi.org ||Volume 4 Issue 1 || January 2015 || PP.49-56 Turbo Intertcooler Cooling System.
- [5] Abdullah Uzun, *Scientific Research and Essays* Vol. 5 (23), pp. 3781-3793, 4 December, 2010 Available online at <http://www.academicjournals.org/SRE> ISSN 1992-2248 ©2010 Academic

Journals The effects of intercooling on performance of a turbocharged diesel engine's specific fuel consumption with neural network.

Santrauka

Tarpinis oro aušintuvas – radiatorius, kurio paskirtis aušinti turbokompresoriuje suslėgtą orą prieš šiam patenkant į cilindrus, siekiant padidinti variklio galią, mažinti degalų sąnaudas bei gerinti deginių emisijos rodiklius.

Pagrindinis tyrimo tikslas – eksperimentiniu būdu nustatyti aušintuvo naudą arba nenaudą variklio darbo rodikliams, degalų sąnaudoms, emisijos rodikliams.

Atliktus tyrimą, apskaičiavus reikiamas reikšmes, rezultatai rodo, jog naudojant aušintuvą oro pertekliaus koeficientas didesnis apie 10 %, degalų sąnaudos mažesnės apie 5 %, emisijos rodikliai bei dūmingumas mažesni, lyginant su varikliu be tarpinio oro aušintuvo.

INFLUENCE OF INTERCOOLER OF TURBODIESEL ENGINE WORK INDICATORS

Summary

Intercooler – radiator, which purpose to cool an air in turbocharger before it's get to cylinders, to increase engine power, decrease fuel consumption and improve emission.

Main aim of the research is to determine benefits or not benefits of intercooler of engine work indicators, fuel consumption and emission indicators.

After research, results show that using intercooler, the factor of excess air is higher by 10%, fuel consumption lower by 5%, emission indicators and smoke are lower comparing with the engine without intercooler.

Andrius Stasiukynas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas, tel. 8 622 84707, el. paštas: adisadis94@gmail.com

SPECIALIŲ PLYŠINIŲ HORIZONTALAUS SRAUTO PURKŠTUKŲ, SKIRTŲ DIRVINIAMS HERBICIDAMS IŠPURKŠTI, DARBO KOKYBĖS TYRIMAI

Jonas Kuzmickas, Remigijus Zinkevičius

Įvadas

Naujausias, dirviniams herbicidams išpurkšti, skirtas produktas yra specialūs plyšiniai plokščiasraučiai purkštukai *Lechler PRE-130-05*, skysčio lašelius paskleidžiantys horizontaliu srautu [1].

Sagitov R. ir Zinkevičius R. nustatė, kad specialiais plyšiniais horizontalaus srauto purkštukais *Lechler PRE 130-05* išpurškiamo skysčio skersinio pasiskirstymo tolygumas priklauso nuo darbinio slėgio ir purškimo aukščio. Teorinis dviem purkštukais *Lechler PRE 130-05* iš 0,5 m aukščio išpurškiamo skysčio skersinio pasiskirstymo variacijos koeficientas buvo nuo 4 (2 bar) iki 6 proc. (3 ir 4 bar) [2].

Hassen, Nigar ir kitų mokslininkų tyrimai rodo, kad plyšiniais plokščiasraučiais purkštukais išpurškiamo skysčio skersinio pasiskirstymo variacijos koeficientas priklauso nuo purkštukų tipo, jų purškimo kampo ir darbinio slėgio. Mažėjant plyšinių plokščiasraučių purkštukų purškimo kampui, išpurškiamo skysčio skersinio pasiskirstymo variacijos koeficientas didėja, o didinant darbinį slėgį – mažėja. Apipurškiamo ruožo plotį labiau įtakoja purkštukų purškimo kampas [3, 4].

Tyrimais nustatyta, kad didinant purškimo aukštį, padidėja apipurškiamas plotas, kas teigiamai įtakoja skysčio pasiskirstymo tolygumą. Vienas iš svarbiausių parametru apibudinančių skysčio skersinio pasiskirstymo tolygumą yra variacijos koeficientas [5].

Tyrimų tikslas ir uždaviniai

Tyrimų tikslas – nustatyti darbinio slėgio įtaką plyšiniais horizontalaus srauto purkštukais purškiamų dirvinių herbicidų skersinio paskleidimo tolygumui.

Pagrindiniai uždaviniai: pateikti informacijos šaltinių apžvalgą, ištirti darbinio slėgio įtaką dirvinių herbicidų skersinio paskleidimo tolygumui, purškiant dviem plyšiniais horizontalaus srauto purkštukais.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimų objektas – plyšiniai horizontalaus srauto purkštukai *Lechler PRE 130-05* (1 pav., a).

Stendas išpurkšto skysčio skersiniam pasiskirstymui nustatyti susideda iš pavaros, siurblio, maišiklio, skysčio rezervuaro, valdymo pulto, skysčio tiekimo žarnų, filtrų, skirstomojo vamzdžio, purkštukų, lovelių ir skysčio surinkimo indelių (1 pav., b).

Nustatant skersinį pasiskirstymą vanduo dviem plyšiniais horizontalaus srauto purkštukais *Lechler PRE 130-05* buvo purškiamas ant rankinio paternatoriaus *Lurmark*, kurio lovelių plotis 50 mm, aukštis – 60 mm, o ilgis – 0,5 m.



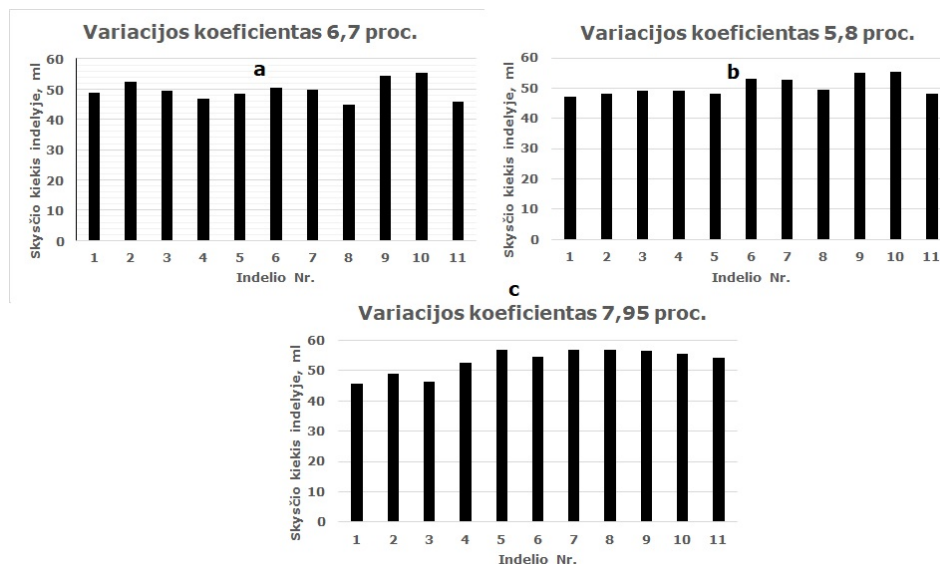
1 pav. Tyrimų objektas (a) ir laboratorinis stendas (b)

Bendras stendo plotis – 3,0 metro. Loveliais skystis tekėjo į 100 ml talpos surinkimo indelius, kurie sugraduoti kas 1,0 ml. Skysčio tūrio matavimo paklaida $\pm 1,0$ ml. Purškiant buvo nustatomas gamintojo nurodytas optimalus darbinis slėgis (1, 2 ir 3 4 bar). Purškimo aukštis buvo 0,50 m.

Naudoti palyginimo ir loginės analizės metodai.

Rezultatai

Vertinant ant sijos sumontuotų purkštukų darbo kokybę, svarbiausias rodiklis yra išpurškiamo skysčio skersinio pasiskirstymo variacijos koeficientas. Atlikti tyrimai rodo, kad dviem hidrauliniams plyšiniams horizontalaus srauto purkštukais *Lechler PRE 130-05* purškiant iš 0,5 m aukščio skysčio skersinio pasiskirstymo variacijos koeficientas yra nedidelis. Priklausomai nuo darbinio slėgio (1–3 bar) šis koeficientas kito nuo 5,8 proc. iki 7,9 proc. (2 pav.).



2 pav. Skysčio tūrio stendo indeliuose pasiskirstymas tarp dviejų plyšinių horizontalaus srauto purkštukų *PRE 130-05*: a – darbinis slėgis 1 bar, b – darbinis slėgis 2 bar, c – darbinis slėgis 3 bar

Tolygiausiai skystis buvo išpurškiamas esant 2 bar darbiniam slėgiui. Tuomet skysčio tūrio stendo indeliuose variacijos koeficientas buvo tik 5,8 proc.

Išvados

1. Skysčio skersinio pasiskirstymo variacijos koeficientas tarp dviejų hidraulinių horizontalaus srauto purkštukų *Lechler PRE 130-05* priklauso nuo darbinio slėgio. Kai purškimo aukštis 0,50 m, o darbinis slėgis 2 bar, išpurkšto skysčio skersinio pasiskirstymo variacijos koeficientas buvo tik 5,8 proc.
2. Didžiausias skysčio skersinio pasiskirstymo variacijos koeficientas (7,95 proc.) buvo esant 3 bar darbiniam slėgiui.

Literatūra

1. Lechler. 2018. Agrardüsen und Zubehör. Katalog L 2018 DE, S. 72.
2. Sagitov, R., Zinkevičius, R. Investigation on the Working Quality of Flat Spray Nozzles for the Application of Soil Herbicides. *Agroinžinerija ir energetika*, Nr. 20, 2015, ISSN 1392-8244, p. 91–94.
3. Hassen, N., Sidik, N. and Sheriff, J. Effect of nozzle type, angle and pressure on spray volumetric distribution of broadcasting and banding application. *Journal of Mechanical Engineering Research*, Vol. 5(4), April 2013, ISSN 2141-2383, pp. 76–81.
4. Nigar Y, Ekrem A, Ali M, Huseyin Y, Nebile D, Tunahan E, Ebru K. Effect of different pesticide application methods on spray deposits, residues and biological efficacy on strawberries. *African Journal Agriculture Research*. 2011, 6(4), pp. 660–670.
5. Крупка, А. М. Совершенствование процесса распределения жидких удобрений штанговыми опрыскивателями: На примере гумата калия торфяного жидкого: диссертация кандидата технических наук: Зерноград, 2005. 177 с.

INVESTIGATION ON THE WORKING QUALITY OF FLAT SPRAY NOZZLES FOR THE APPLICATION OF SOIL HERBICIDES

Summary

Pre-emergence flat spray nozzle *Lechler PRE-130-05* with horizontal jet formation is the novel product for spraying soil herbicides. Studies showed that the coefficient of variation of flat sprayers depend on the type of nozzles and spray angle, as well as the working pressure by width of the spray liquid.

At the spray height of 0.5 m, the coefficient of variation of the transverse distribution of the fluid is varied from 5,8% (pressure is 2 bar) to 7,9% (pressure is 3 bar).

Pre-emergence flat spray nozzle, pressure, height, quality of spreading.

Jonas Kuzmickas. VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas, tel. 8 630 46634, el. paštas: joshkee300@gmail.com

Remigijus Zinkevičius. VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto doc. dr., tel. 8 698 18126, el. paštas: Remigijus.Zinkevicius@vdu.lt

SILOSO RUOŠIMO IR PAĖMIMO IŠ TRANŠĖJOS TECHNOLOGINIS-TECHNINIS IR PAŠARŲ KOKYBĖS ĮVERTINIMAS

Gytis Pašvenskas, Algirdas Jasinskas

Įvadas

Silosas – raugintas žaliasis sultingasis pašaras, kuris gali būti gaminamas iš įvairių augalų: kukurūzų, kultūrinių pievų ir ganyklų, dobilų, motiejukų, rapsų, vikių, avižų ir kt. Jis užkondensuojamas organinėmis rūgštimis, iš kurių svarbiausia yra pieno rūgštis. Pieno rūgštis apsaugo pašarą nuo gedimo. Šiame pašare išsilaiko beveik visos augalo savybės. Geros kokybės silosas gali išsilaikyti kelerius metus, todėl jis yra vienas iš geriausių pašarų žiemos laikotarpiu.

Silosos cheminę sudėtį, jo pašarinę vertę lemia augalai, iš kurių jis gaminamas, augalų vegetacijos tarpsnis pjovimo metu, vytinimo trukmė, masės fermentacija ir kt. Fermentacijos sėkmę nustato siloso kokybės pagrindiniai rodikliai: žalių baltymų, žalios ląstelienos, pH, pieno ir sviesto rūgšties kiekiai, cukraus, amoniakinio azoto kiekis ir kt. [1].

Vieni svarbiausių pašarinių augalų, iš kurių gaminamas silosas, yra kukurūzai. Jie smulkinami specialiais smulkintuvais [2]. Kukurūzai gerai ir greitai fermentuojasi, todėl silosuojant papildomų priedų naudoti nereikia. Svarbu per trumpą laiką užpildyti siloso talpą (tranšėją, plastiko kaupą), masę tinkamai suslėgti, sandariai uždengti plėvele ir ją prispausti [3]. Ruošiant kukurūzų silosą, iš 1 ha gaunama tiek pašarinės energijos, kiek negaunama iš jokio kito pašarinio augalo, skirto galvijams šerti [4].

Ūkiuose pagamintų pašarų kokybė yra pagrindinis ūkio pelningumo rodiklis, ypač kai silosas sudaro daugiau nei 50 % karvių paros normos raciono. Deja, dažnas ūkis patiria didelių nuostolių dėl silosavimo metu padarytų klaidų. Todėl labai svarbu naudoti tinkamą techniką, stebėti ir kontroliuoti visus siloso ruošimo etapus, bei jo iškrovimą iš saugyklų [5, 6].

Neteisingai paimant pašarus iš saugyklų gali prasidėti antrinė fermentacija. Priklausomai nuo kiekviename ūkyje naudojamų pašarų ruošimo bei laikymo sąlygų, reikia priimti individualius sprendimus, įvairių silosotų pašarų iškrovimui. Tam atlikti naudojami skirtingo tipo įrenginiai [7].

Tyrimo tikslas. Atlikti siloso ruošimo ir paėmimo iš tranšėjos technologinių-techninių įvertinimą ir nustatyti paruošto siloso iškrovimo ir išdalinimo fermoje kokybę.

Tyrimų objektas ir metodika

Eksperimentiniai tyrimai atliekami 2018–2019 metais mišriame Gedimino Pašvensko ūkyje. Fermoje laikomi 125 galvijai, kuriems ruošiamas šienainis ir kukurūzų silosas. Tyrimų metu tiriamas kukurūzų silosas, kuris laikomas tranšėjinėje

saugykloje. Kukurūzai pjaunami ir smulkinami savaeigiu smulkintuvu „John Deere 8700“ su „375 Plus“ 10 eilių pjaunamąja.

Tyrimams naudojami to paties lauko, vienodose sąlygose augę augalai. Nustatomos nupjautų ir susmulkintų kukurūzų biometrinės charakteristikos: matmenys, masė, drėgnis, derlius ir pjaustinio frakcinė sudėtis. Vieni rodikliai yra matuojami tiesiogiai, kiti – apskaičiuojami.

Kukurūzų mėginių drėgnis nustatomas chemijos laboratorijoje pagal standartinę metodiką [8]. Kukurūzų pjaustinio kokybei (frakcinei sudėčiai) įvertinti naudojama ES šalyse naudojama tyrimų metodika [8]. Pjaustinio frakcinė sudėtis nustatoma naudojant 400 mm skersmens sietų komplektą, kur vienas ant kito sudėti sietai su kvadratinėmis skylutėmis (eilės tvarka nuo viršutinio sieto): 63 mm, 45 mm, 16 mm, 8 mm, 3,15 mm ir 1 mm ilgio (pateikti kvadrato kraštinės ilgio matmenys). Paimtas 0,5 kg masės kukurūzų pjaustinio ėminys sijojamas specialiu sietų kratytuvu Haver EML Digital plus, sietų komplektas horizontalioje plokštumoje vibruojamas 1 minutę. Ant sietų likusi masė pasveriamą ir apskaičiuojama kiekvienos frakcijos ėminio dalis (%) bei matavimų vidurkis su pasikliautinąja vidutine kvadratine paklaida [9].

Pašarų smulkintuvo grūdų traiškymo sistema įvertinama pagal kukurūzų grūdų sužalojimą. Iš susmulkintos kukurūzų masės paimama 10 grūdų, jie vizualiai apžiūrimi ir išskirstomi į tris grupes: pilnai sutraiškyti, sužaloti ir nepažeisti. Kiekvienas bandymas kartojamas 20 kartų. Apskaičiuojamas kiekvienos grūdų grupės vidurkis su pasikliautina vidutine kvadratine paklaida.

Paruošus silosą ir atidarius tranšėją nustatomas tankis bei drėgnis. Paruošto kukurūzų siloso tankiui apskaičiuoti paimami 5 mėginiai: iš tranšėjos kraštų ir vidurio. Mėginys imamas 1,0–1,1 m aukštyje nuo tranšėjos dugno. Specialiu peiliu arba pjūkle atpjaunami pasirinkto dydžio stačiakampiai siloso mėginiai. Apskaičiuojamas stačiakampio tūris. Indas su mėginiu pasveriamas. Apskaičiuojamas vidutinis siloso tankis ir drėgnis su jų duomenų kitimo pasikliautiniu intervalu.

Siloso iškrovimo palyginamieji bandymai atliekami naudojant ratinį traktorių „Case IH Maxxum 110“ su sumontuotu frontaliniu krautuvu „Quicke Q56“. Prie šio traktoriaus prijungiami trys skirtingų tipų siloso iškrovimo įrenginiai: UAB „Laumetris“ pagamintos mėšlo-siloso šakės su prispaudimu, kaušinio tipo siloso atkirtėjas „Quicke SiloCut 150 SE“ ir blokinių siloso iškrautuvų „BVL van Lengerich 110E“.

Bandymų metu atliekamas siloso paėmimo darbų chronometražas: privažiavimas prie siloso, įrenginio atidarymas ar uždarymas, siloso atkirtimas ar atpjovimas, privažiavimas prie dalytuvo ar ėdžių ir išpylimas. Laikas matuojamas chronometru 1,0 s tikslumu. Siloso iškrovimo ciklograma sudaroma atlikus 5 bandymus.

Tiriamos įrenginiu paimto kukurūzų siloso mėginio charakteristikos. Išmatuojame paimto siloso mėginio matmenis. Matuojama matavimo juosta (rodmenų tikslumas 1 mm). Apskaičiuojamas mėginio tūris. Paimto siloso masė išpilama į mobilią pašarų maišytuvo-dalytuvo „Kverneland Siloking Duo 14“ 14 m³ talpos bun-

kerį, kuriame ji pasveriami elektroninėmis svarstyklėmis, 1 kg tikslumu. Apskaičiuojamas įrenginiu paimto kukurūzų siloso mėginio tankis.

Siloso paėmimo įrenginiai palieka skirtingus likusio tranšėjoje pašaro monolito nelygumus. Vieni jų labai išardo, išdrasko ir išpurena pašarą. Tada pašaras greitai genda, jo kokybė blogėja. Siloso pjūvis turi būti lygus, neišpešiotas, masės struktūra nesuardyta [10].

Bandymų metu likusio tranšėjoje pašaro paviršiuje, 10 skirtingų vietų matuojame nelygumus. Matuojama matavimo juosta (rodmenų tikslumas 1 mm) nuo lygaus, neišdraskyto paviršiaus. Apskaičiuojamas kiekvieno ėminio vidutinis nelygumas su jo sklaidos pasikliautiniu intervalu.

Siloso išdalavimo tolygumo tyrimai atliekami naudojant jau minėtą pašarų dalytuvą. Paėmus pašarą įrenginiu iš tranšėjos, dalytuvo bunkeris užkraunamas mase (1600-1700 kg) ir išdalinamas galvijams fermoje. Pasveriami išdalinto siloso masė iš 5 skirtingų šėrimo tako vietų (atstumas kas 5 m). Kiekvienas bandymas kartojamas 5 kartus. Apskaičiuojamas ėminių vidurkis su pasikliautinąja vidutine kvadratine paklaida.

Tyrimų rezultatai

Prieš pradėdant smulkinti kukurūzų augalus, nustatyti jų biometriniai rodikliai. Laboratorijoje buvo išmatuota kukurūzų burbuolių: masė $264 \pm 41,64$ g, ilgis $188 \pm 11,65$ mm ir plotis $47,28 \pm 5,87$ mm. Taip pat nustatyti kukurūzų stiebų biometriniai rodikliai. Išmatuota pilno stiebo masė $189,2 \pm 70,61$ g ir ilgis $2127,8 \pm 314,59$ mm, skersmuo 0,1 m atstume nuo dirvos paviršiaus $21,7 \pm 3,43$ mm ir stiebo tankis $0,56 \pm 0,11$ kg·m⁻³. Nustatytas susmulkintų kukurūzų drėgnis buvo $66,12 \pm 7,3$ %, tai yra sausųjų medžiagų vidurkis siekia 33,88 %. Rezultatai rodo, jog kukurūzų pjaustinio drėgnis yra tinkamas silosavimui (geriausia silosuoti masę, kurios drėgnis 65–70 %) [11].

Kukurūzų teorinis derlius ($t \cdot ha^{-1}$) buvo nustatytas prieš pat jų smulkinimą. Apskaičiuotas vidutinis žaliosios masės derlius lygus $41,33 \pm 7,61$ $t \cdot ha^{-1}$, neatskaičius nuostolių dėl pjovimo aukščio pokyčio ir nenupjautų augalų. Kukurūzų nupjovimo vidutinis aukštis lygus $27,92 \pm 1,85$ cm. Kukurūzų žaliosios masės praktinis derlius buvo apskaičiuotas ir lygus $31,8$ $t \cdot ha^{-1}$, tai yra 23,07 % mažesnis už teorinį. Sausųjų medžiagų derlius siekia $10,77$ $t \cdot ha^{-1}$.

Atlikus kukurūzų pjaustinio frakcinės sudėties tyrimus buvo nustatyta, kad daugiausiai ($55,33 \pm 8,19$ %) kukurūzų pjaustinyje yra dalelių, kurių ilgis 8–16 mm, o mažiausiai ($1,73 \pm 0,19$ %) 0-1 mm dydžio dalelių. Susmulkintų kukurūzų pjaustinyje atitinka siloso gamybos reikalavimus, nes net 82,6 % susmulkintos masės dalelių ilgis yra 3,15–16 mm. Pagal reikalavimus teorinis pjaustinio ilgis turi būti 5–8 mm [12].

Įvertinta ir pašarų smulkintuvo grūdų traiškymo sistema. Visi kukurūzų grūdai turi būti sutraiškyti arba sužaloti. Ištyrus 200 grūdų nustatyta, jog $71,5 \pm 5,53$ % iš jų pilnai sutraiškyti, $27,5 \pm 5,23$ % sužaloti ir $1 \pm 1,44$ % nepažeisti.

Atliktas kukurūzų silosavimo technologijos atskirų technologinių operacijų chronometražas (1 lentelė). Kukurūzų tranšėja užpildyta 219,4 tonomis žalios masės ir uždengta tą pačią dieną.

1 lentelė. Kukurūzų silosavimo technologijos atskirų technologinių operacijų chronometražo duomenys

Technologinės operacijos, jų trukmė, val.				
Kukurūzų smulkinimas	Silosuojamos masės lyginimas ir slėgimas	Silosuojamos masės slėgimas baigus smulkinimą	Tranšėjos uždengimas	Visas gamybos ciklas
3	2,5	2	2	9,5

Paruošto kukurūzų siloso tankis yra $699,89 \pm 19,04 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ arba $230,55 \pm 6,27 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ s.m. ir atitinka rekomenduojamą suslėgimo tankį – ne mažiau $200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ s.m. Laboratorijoje iširtas ir apskaičiuotas kukurūzų siloso drėgnis su jo duomenų kitimo pasikliautinoju intervalu yra $67,07 \pm 1,07 \%$.

Atliktas siloso iškrovimo iš tranšėjos operacijų chronometražas pateiktas 2 lentelėje.

2 lentelė. Siloso iškrovimo operacijų chronometražas

Siloso iškrovimo operacijos, jų trukmė, s						
Įrenginys	Privažiavimas prie siloso	Įrenginio atidarymas / uždarymas	Siloso paėmimas / apjovimas	Privažiavimas prie dalytuvo / ėdžių	Siloso išvertimas	Visas iškrovimo ciklas
Šakės su prispaudimu	8-12	3-5	7-9	12-15	1-2	31-43
Kaušinio tipo	8-12	11-13	14-21	13-16	1-2	47-64
Blokais atpjaunantis	9-13	-	58-64	10-13	2-3	79-93

Visas iškrovimo ciklas trumpiausiai truko naudojant šakas – 31–43 s, o ilgiausiai blokais atpjaunantį įrenginį – 79–93 s. Privažiavimo prie siloso trukmė priklauso nuo to kokioje tranšėjos vietoje imamas silosas. Kuo didesnis ir sunkesnis siloso mėginys imamas, tuo ilgiau užtrunka kol įrenginys jį atkerta arba atpjauna.

Tyrimų metu iširtos įrenginiais paimtų kukurūzų siloso mėginių charakteristikos, kurios pateikiamos 3 lentelėje.

3 lentelė. Siloso iškrovimo įrenginiais paimtų kukurūzų siloso mėginių charakteristikos

Įrenginys	Masė, kg	Tūris, m ³	Tankis, kg/m ³
Šakės su prispaudimu	556 ± 28,89	0,8 ± 0,04	696,78 ± 2,69 229,52 ± 0,89 s.m.
Kaušinio tipo	567,8 ± 77,04	0,88 ± 0,08	644,73 ± 25,65 212,38 ± 8,45 s.m.
Blokais atpjaunantis	521,87 ± 26,2	0,75 ± 0,03	699,49 ± 5,93 230,41 ± 1,95 s.m.

Naudojant kaušinio tipo įrenginį iš tranšėjos galima paimti didžiausios masės ėminį – 567,8 ± 77,04 kg, nes jo gabaritiniai matmenys didžiausi. Tačiau didžiausio tankio kukurūzų siloso ėminys – 230,41 ± 1,95 s.m. kg/m³ gaunamas naudojant blokais atpjaunantį įrenginį, nes blokas yra atpjaunamas ir nedeformuojamas, o tankis išlieka panašus kaip tranšėje esančio siloso.

Atlikus bandymus su iškrautuvais, nustatyti netolygumai likusio tranšėje pašaro paviršiuje nuo lygaus, neišdraskyto paviršiaus bei pašaro išdalinimo fermos šėrimo take (4 lentelė).

4 lentelė. Netolygumai pašaro paviršiuje ir išdalinus silosą fermoje naudojant skirtingus iškrovimo įrenginius

Įrenginys	Netolygumai	
	Pašaro paviršiuje, mm	Fermos šėrimo take, kg
Šakės su prispaudimu	4,31 ± 0,89	32,72 ± 0,48
Kaušinio tipo	3,17 ± 0,75	31,92 ± 1,05
Blokais atpjaunantis	1,45 ± 0,14	-

Didžiausius netolygumus pašaro paviršiuje – 4,31 ± 0,89 mm palieka iškrovimo šakės, o mažiausius – 1,45 ± 0,14 mm blokais atpjaunantis siloso iškrautuvas. Pašaro išdalinimas fermos šėrimo take buvo gana tolygus ir atskirų galvijų šėrimo zonose svyravo nuo 31,92 ± 1,05 iki 32,72 ± 0,48 kg. Tai rodo, kad siloso iškrovimo įrenginys pašaro išdalinimo kokybei didelės įtakos neturi. Blokais atpjaunančiu įrenginiu atpjautą siloso mėginį tiesiogiai pakrauti į mobilių pašarų dalytuvą galiybės nėra, todėl šie bandymai nebuvo atlikti.

Išvados

1. Nustatyti vidutiniai kukurūzų žaliosios masės teorinis ir praktinis derliai. Teorinis derlius lygus 41,33 ± 7,61 t·ha⁻¹, o praktinis – 31,8 t·ha⁻¹, tai yra 23,07 % mažesnis nei teorinis.
2. Susmulkintų kukurūzų pjaustinys atitinka siloso gamybos reikalavimus, nes net 82,6 % susmulkintos masės dalelių ilgis yra 3,15–16 mm. Pagal reikalavimus teorinis pjaustinio ilgis turi būti 5-8 mm. Kukurūzų pjaustinio drėgnis taip pat tinkamas silosavimui (kukurūzų masę geriausia silosuoti, kai drėgnis 65–70 %) ir lygus 66,12 ± 7,3 %.

3. Kukurūzų siloso gamyba truko 9,5 val. Paruošto siloso tankis yra $699,89 \pm 19,04 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ arba $230,55 \pm 6,27 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ s.m. ir atitinka rekomenduojamą suslėgimo tankį – ne mažiau $200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ s.m.
4. Atlikus bandymus su iškrovimo įrenginiais nustatyta, kad greičiausiai silosas iškraunamas naudojant šakes – 31–43 s, kaušinio tipo įrenginys gali paimti didžiausios masės ėminį – $567,8 \pm 77,04 \text{ kg}$, tačiau didžiausias tankis siloso ėminyje – $230,41 \pm 1,95 \text{ s.m. kg/m}^3$ yra naudojant blokais atpjaunantį įrenginį. Taip pat šis iškrautuvas palieka mažiausius netolygumus pašaro paviršiuje – $1,45 \pm 0,14 \text{ mm}$.
5. Pašaro išdalinimas fermos šėrimo take buvo gana tolygus ir atskirų galvijų šėrimo zonose svyravo nuo $31,92 \pm 1,05$ iki $32,72 \pm 0,48 \text{ kg}$. Tai rodo, kad siloso iškrovimo įrenginys pašaro išdalinimo kokybei didelės įtakos neturi.

Literatūra

1. Baranauskas, S.; Juknevičius, S.; Stankevičiūtė, J. *Pašarai ir galvijų šėrimas*: mokojoji knyga, 2009. [interaktyvus]. Akademija (Kauno r.): Aleksandro Stulginskio universiteto Leidybos centras, [žiūrėta 2019-02-02]. Prieiga per internetą: <http://asu.lt/wp-content/uploads/2015/02/mokomoji_knyga.pdf>.
2. Gudaitis A. Auginti kukurūzus pašarui – visapusiškai naudinga, 2016. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-02-02]. Prieiga per internetą: <<http://www.agroakademija.lt/Straipsniai/StraipPerziura?StraipsnisID=1223&TemaID=2>>.
3. Sirvydis J. *Žolinių pašarų gamyba*: monografija. Raudondvaris: Lietuvos žemės ūkio inžinerijos institutas. 2001. 186 p.
4. Samalionienė R. Išvenkime klaidų gamindami kukurūzų silosą, 2017. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-02-02]. Prieiga per internetą: <<http://www.agroakademija.lt/Straipsniai/StraipPerziura?StraipsnisID=8861&TemaID=2>>.
5. Zigmantienė I. Silosavimo ypatumai, 2017. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-02-02]. Prieiga per internetą: <<http://www.agroakademija.lt/Straipsniai/StraipPerziura?StraipsnisID=10850&TemaID=2>>.
6. Bacenetti J., Fusib A., The environmental burdens of maize silage production: Influence of different ensiling techniques. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 204. 2015. P. 88–98.
7. Alan G. Kaiser, John W. Piltz, Helen M. Burns, Neil W. Griffiths TopFodder: Successful silage. NSW Agriculture and Dairy Research and Development Corporation. Australia, 2003. 420 p.
8. Jasinskas, A.; Zvicevičius, E. *Stambiastiebių augalų biomasės paruošimas energijos gamybai*: Laboratorinių darbų metodiniai patarimai. Akademija, Kauno r. 2008.
9. Tučkutė, L.; Streikus, D.; Jasinskas, A.; Pedišius, N., Vonžodas, T. Švendrų paruošimo ir naudojimo deginimui tyrimas bei kenksmingų medžiagų emisijų nustatymas. *Žmogaus ir gamtos sauga*. 2018. P 42–46.
10. Sirvydis, J. *Siloso gamintojo žinynas*. Raudondvaris, 2004, 89 p.
11. Bartkevičiūtė, Z. Kukurūzų siloso kokybę lemiantys veiksniai, 2007. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-02-03]. Prieiga per internetą: <<http://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2007/08/kukuruzu-siloso-kokybe-lemiantys-veiksniai>>.
12. Špokas, L. Kukurūzų siloso gamybos technologija, 2010. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019-02-03]. Prieiga per internetą: <<http://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2010/10/kukuruzu-siloso-gamybos-technologija>>.

Santrauka

Silosas – raugintas žaliasis sultingasis pašaras, kuriame išsilaiko beveik visos augalo savybės. Silosas gali būti gaminamas iš įvairių augalų. Vieni svarbiausių pašarinių augalų, iš kurių gaminamas silosas, yra kukurūzai. Jų pjovimui ir smulkinimui reikalingi specialūs smulkintuvai. Silosas talpinamas tranšėjinėse saugyklose, plastiko kaupuose arba žarnose. Geros kokybės silosas gali išsilaikyti kelerius metus, todėl jis yra vienas iš geriausių pašarų žiemos laikotarpiu. Neteisingai paimant pašarus iš saugyklų gali prasidėti antrinė fermentacija. Siloso iškrovimui naudojami skirtingo tipo įrenginiai. Tyrime nagrinėjami kukurūzų augalai, iš jų ruošiamo siloso kokybė bei pats silosavimo procesas. Atliekami bandymai su trimis skirtingais siloso paėmimo įrenginiais bei mobiliu pašarų maišytuvu-dalytuvu.

TECHNOLOGICAL-TECHNICAL AND FEEDING QUALITY ASSESSMENT OF SILAGE PREPARATION AND UNLOADING FROM TRENCH

Summary

Silage is a fermented green juicy feed that retains almost all the properties of the plant. Silage can be made from different plants. Some of the most important feed crops from which silage is made are maize. Special chippers are needed for cutting and chopping them. The silos are stored in trenches, plastic trunks or hoses. Good quality silage can last for several years, making it one of the best feeds in winter. Incorrect picking of feed from storage may result in secondary fermentation. Different types of equipment are used for silo unloading. The study examines corn plants, the quality of their silage and the process of silage making. Tests are performed with three different silo unloaders and a mobile feed mixer.

Key words: silage, maize, trench, silage unloading, mobile feed mixer.

Gytis Pašvenskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 670 66418, el. paštas: gytis.pasvenskas@gmail.com

Algirdas Jasinskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, prof. dr., v. m. darbuotojas; tel. +370 612 04002, el. paštas: algirdas.jasinskas@vdu.lt

AVIACINIŲ DEGALŲ JET A1 IR JŲ MIŠINIŲ SU DYZELINIAIS DEGALAIS TEPUMO SAVYBIŲ TYRIMAS

Tautvydas Maskaliūnas, Tomas Mickevičius

Įvadas

Mineralinių degalų (pvz., naftos) išteklių pasaulyje sparčiai mažėja ir šiuo metu ypač svarbūs tyrimai, kurių rezultatai leistų efektyviau panaudoti mineralinius (neatsinaujinančių šaltinių) degalus ir didintų iš atsinaujinančių šaltinių pagamintų alternatyvių degalų naudojimą. Transportas ir jo išmetamos dujos turi didelį poveikį oro kokybei bei žmonių sveikatai. Didėjant transporto poreikiui ir kiekiui, didėja vidaus degimo variklių išmetamų degimo produktų, kurie teršia aplinką ir skatina atmosferos šiltnamio reiškinį. Transporto ir žemės ūkio sektoriai yra vieni didžiausių iškastinio kuro vartotojų bei labiausiai prisidedančių prie aplinkos taršos [1].

Dyzeliniai degalai šiuo metu yra vieni populiariausių motorinių degalų rūšių. Per paskutinius du dešimtmečius dyzelinių degalų vartojimas nuolat augo. Šių dyzelinių degalų padidėjusį vartojimą galima paaiškinti tuo, kad dyzeliniai varikliai dirba efektyviau, santykinai naudoja mažiau degalų variklio efektyviosios galios vienetui pagaminti.

Daugelio mokslininkų tyrimų rezultatai parodė potencialias variklio darbo, panaudojant reaktyvinius degalus, galimybes be didelių variklio darbo proceso ir efektyvumo rodiklių pokyčių [2]. Tačiau lieka ne visiškai ištirtas reaktyvinių degalų, pasižyminčių mažesniu tankiu, klampa ir blogesnėmis tepumo savybėmis, palyginti su įprastiniais dyzeliniais degalais, ilgalaikis poveikis degalų įpurškimo sistemos elementams.

Tyrimų tikslas ir uždaviniai

Tyrimų tikslas – ištirti naudojamų degalų sudėties įtaką tepumo savybėms.

Eksperimentinių tyrimų uždaviniai:

1. Atlikti eksperimentinius tepumo savybių tyrimus naudojant JET A1 degalus ir jų mišinius su dyzeliniais degalais.
2. Atlikti JET A1 degalų ir jų mišinius su dyzeliniais degalais tribologinius tyrimus.

Tyrimų objektas ir metodika

Eksperimentiniai tyrimai atlikti Vytauto Didžiojo universiteto žemės ūkio akademijoje, žemės ūkio inžinerijos fakultete, jėgos ir transporto mašinų inžinerijos instituto tribologijos bandymų laboratorijoje.

Tyrimai buvo atlikti su HFFR aukšto dažnio slankiojamo judesio stendu. Degalų tepumas buvo nustatomas pagal nudilimo pėdsaką susidarantį ant švytuojančio rutuliuko dėl kontakto su stacionariai įtvirtinta plokšte, panardinta į degalus.

Bandymas atliktas pagal tarptautinį standartą ISO 12156 [3,4]. Bandymo metu degalų temperatūra buvo 30 °C.

Rutuliukų nudilimo pėdsakų vaizdai buvo gauti naudojant optinį mikroskopą „Nikon Elipse MA100“. Tiriant buvo atliekami mažiausiai 3 pakartojimai. Gautų eksperimentinių duomenų apdorojimui naudota Exel 2016 programa iš standartinio MS Office paketo.

Tyrimo buvo panaudoti 5 degalų mišiniai, kurių sudėtis yra tokia:

1. 100 % dyzeliniai degalai (DD).
2. 75 % dyzeliniai degalai ir 25 % aviaciniai degalai (JET 25).
3. 50 % dyzeliniai degalai ir 50 % aviaciniai degalai (JET 50).
4. 25 % dyzeliniai degalai ir 75 % aviaciniai degalai (JET 75).
5. 100 % aviaciniai degalai (JET A-1).

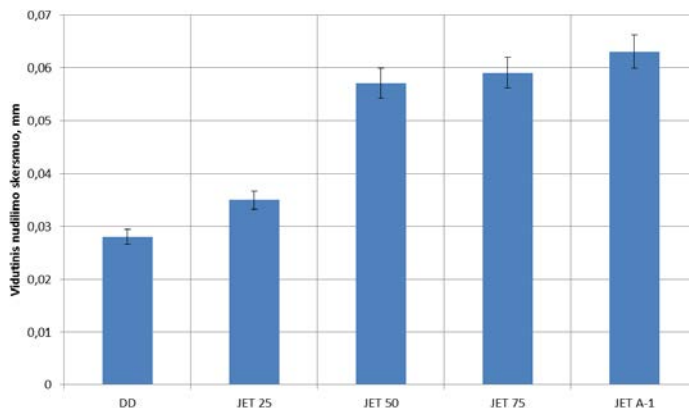
Žibalas – distiliuotas iš naftos ar skalūnų naftos, yra pagrindinė sudedamoji dalis daugelyje reaktyvinių degalų.

Reaktyviniai degalai – tai specialios paskirties, mišraus kuro, frakcionuoti iš distiliuotos žalios naftos. Jet A1 – tai žibalo tipo turbininiai aviaciniai degalai, naudojami ant žemės esančių karinių skraidymo aparatų dujų turbininiams varikliams.

Tyrimų rezultatai

Po atliktų bandymų nustatyta, kad didžiausias nudilimo skersmuo 0,6 mm gautas naudojant aviacinius JET A-1 degalus (1 pav.). Mažiausias nudilimo skersmuo 0,28 mm užfiksuotas naudojant grynus dyzelinius degalus. Panaudojus degalų mišinį JET 50, nudilimo skersmuo buvo 0,58 mm.

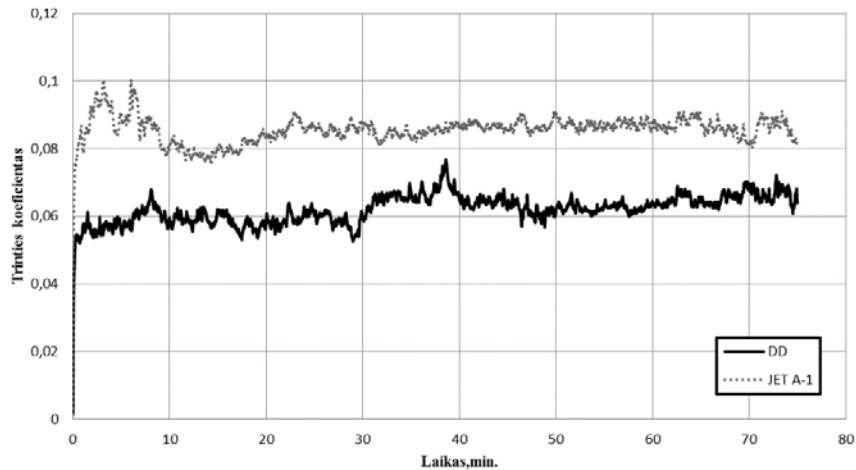
Trinties momentų kitimo bandymų grafikai yra pateikti (2 pav.). Iš šių grafikų matome, kad stabiliausias ir mažiausiai kintantis trinties momentas yra dyzelinių degalų atveju.



1 pav. Rutuliukų vidutiniai nudilimo skersmenys naudojant skirtingos sudėties degalus

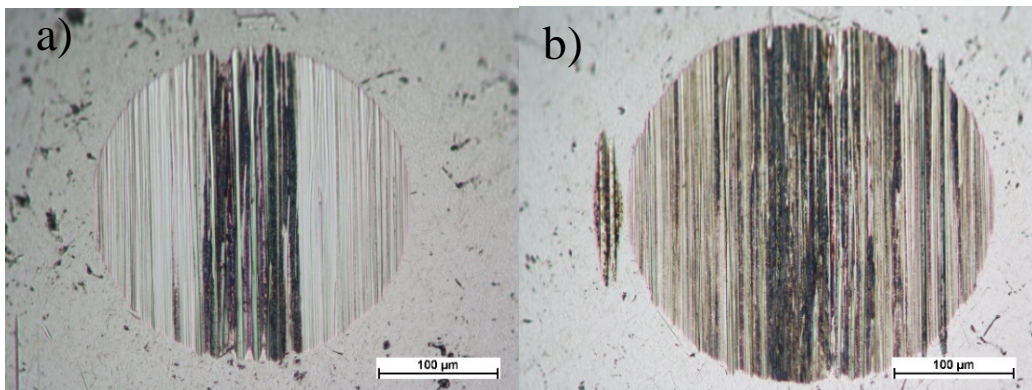
Naudojant grynus aviacinius degalus ties 8 ..9 minute gautas 0,1 trinties koeficientas, bandymo eigoje trinties koeficientas sumažėdavo nuo 0,08 iki 0,09.

Mažiausias trinties koeficientas užfiksuotas ties 30 minute naudojant dyzelinius degalus (2 pav.).



2 pav. Trinties momentų kitimo grafikai dyzelinių degalų ir aviacinių Jet A-1 degalų, esant 2 N apkrovai

Naudojant optinį mikroskopą buvo išanalizuoti rutuliukų paviršių nudilimai (3 pav.). Buvo pastebėti skirtingi nudilimų vaizdai. Akivaizdus skirtumas matomas lyginant skirtingais degalais tepamas trinties poras.



3 pav. Dilimo pėdsakų vaizdai: a) dyzelinių degalų b) aviacinių Jet A-1 degalų,

Iš gautų vaizdų matyti, kad naudojant dyzelinius degalus nudilimų paviršius gautas mažesnis, nei naudojant aviacinius degalus.

Išvados

1. Didžiausias vidutinis trinties momentas buvo gautas naudojant JET A-1 degalus, o mažiausias naudojant dyzelinius degalus.

2. Atlikus tyrimus didžiausias vidutinis nudilimo skersmuo gautas 0,6 mm naudojant grynus JET A1 degalus, mažiausias 0,28 mm dyzelinių degalų atveju.
3. Išanalizavus gautus rutuliukų paviršių nudilimus, buvo pastebėta, kad naudojant dyzelinius degalus nudilimų paviršius gautas mažesnis, nei naudojant aviacinius degalus.
4. Vertinant tepamąsias savybes pagal dilusių paviršių vaizdus matyti, kad naudojant aviacinius degalus, dilimo pėdsakas didėja ir susidarę režiiai liudija apie blogėjančias tepumo savybes.

Literatūra

1. Vilutienė V., Labeckas G., Slavinskas S. Alternatyvių degalų panaudojimas dyzeliniame variklyje. *Journal of Management*. 2013, Vol. 12, P.12.
2. Europos Komisija. Baltoji knyga. 2011. Bendros Europos transporto erdvės kūrimo planas. Konkurencingos efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos transporto sistemos kūrimas. Briuselis: 28–31
3. Karner, D., & Eisenmenger-Sittner, C. 2010. Tribological characterisation and surface analysis of diesel lubricated sliding contacts.
4. Hu, J., Du, Z., Li, C., & Min, E. 2005. Study on the lubrication properties of biodiesel as fuel lubricity enhancers. *Fuel*, 84(12-13), 1601–1606.

Santrauka

Straipsnyje pateikiami aviacinių degalų JET A1 ir jų mišinių su dyzeliniais degalais D25JET75, D50JET50, D75JET25 tepumo savybių tyrimo rezultatai. Tyrimai atlikti naudojant HFFR aukšto dažnio slankiojamo judesio standą. Degalų tepumas buvo nustatomas pagal nudilimo pėdsaką susidarantį ant švytuojančio rutuliuko dėl kontakto su stacionariai įtvirtinta plokšte, pazardinta į degalus. Bandymas atliktas pagal tarptautinį standartą ISO 12156.

Analizuojant gautus rezultatus galima nustatyti, kad didžiausias nudilimo skersmuo 0,6 mm gautas naudojant aviacinius degalus, mažiausias nudilimo skersmuo 0,28 mm užfiksuotas naudojant grynus dyzelinius degalus.

INVESTIGATION OF LUBRICATING PROPERTIES OF AVIATION FUEL JET A1 AND THEIR MIXTURES WITH DIESEL FUEL

Summary

The article presents the experimental test results reflecting the impact of the diesel fuel, neat (100%) aviation Jet A-1 fuel, and their respective 25, 50, 75 (by volume) blends on the lubricity properties.

The tests were carried out using the HFFR High-Frequency Reciprocating Rig. The lubricity of the fuel was determined on the basis of the wear trace on the swinging ball due to contact with the stationary plate immersed in the fuel. The test was performed according to the international standard ISO 12156.

Analysing the results, it can be determined that the maximum average wear scar diameter of 0.6 mm is obtained by using aviation Jet A-1 fuel, the lowest average wear scar diameter is 0.28 mm with diesel fuel.

Tautvydas Maskaliūnas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas;
tel. +370 654 14594, el. paštas: tautvismask@gmail.com
Tomas Mickevičius – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, lekt., dr.;
tel. 8 37 752 285, el. paštas: tomas.mickevicius1@vdu.lt

DEGINIŲ RECIRKULIACIJOS ĮTAKA DYZELINIO VARIKLIO DARBO RODIKLIAMS

Karolis Perednis

Įvadas

Šiandien transportas yra vienas iš pagrindinių veiksnių, kuris sąlygoja oro kokybę. Didėjant automobilių skaičiui, atitinkamai vis labiau teršiama ir atmosfera. Automobilių, kuriuose nėra įtaisyti neutralizatoriai, išmetamų teršalų praktiškai nėra įmanoma sugaudyti, todėl visos šios kenksmingos medžiagos patenka į aplinką.

Degimo proceso metu variklyje susidaro keletas kenksmingų ir nekenksmingų degimo produktų. Nekenksmingi – vandens garai ir anglies dioksidas (CO_2). Vandens garai yra visiškai nepavojingi, o CO_2 emisija turi neigiamą reikšmę aplinkai. Anglies dioksidas, kaip manoma, yra pagrindinė pasaulinio atšilimo priežastis ir todėl, jo emisija turi būti sumažinta. Du labiausiai problematiški dyzelinio variklio emisijos produktai yra azoto oksidai (NO_x) ir kietosios dalelės (PM). Vienas iš didžiausių NO šaltinių – transporto sektorius, kuriame dyzelinu varomos priemonės sudaro pagrindą [3]. Azoto oksidai susidaro esant aukštai temperatūrai (2000 °K), degimo proceso metu oksiduojantis ore esančiam azotui N_2 [1]. NO_x yra žalingi plaučiams, kai jų vietinė koncentracija tampa labai didelė (140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), prisideda prie rūgštaus lietaus formavimosi, formuoja smogą kombinacijoje su angliavandeniliais.

Efektyvi NO_x mažinimo priemonė yra deginių recirkuliacijos sistema (EGR) [2]. Ši sistema gražina dalį deginių iš variklio išmetimo kolektoriaus į įsiurbimo kolektorių, taip praskiedžiant šviežią įsiurbtą orą deginiais. Dėl didesnės deginių savitosios šilumos sumažėja maksimali degimo temperatūra. Be to, dalį įsiurbiamo oro pakeičiant deginiais sumažėja deguonies koncentracija degimo kameroje. Abu šie veiksniai – maksimalios degimo temperatūros ir deguonies koncentracijos sumažėjimas – mažina azoto oksidų susidarymą degimo metu, tačiau per didelis gražinamų deginių kiekis gali padidinti kietųjų dalelių emisiją.

Tyrimo tikslas – ištirti deginių recirkuliacijos įtaką dyzelinio variklio darbo ir deginių emisijos rodikliams.

Tyrimo uždaviniai:

1. Sukurti tyrimui atlikti tinkamą metodiką;
2. Atlikti variklio bandymus keičiant į įsiurbimo sistemą gražinamų deginių kiekį ir išanalizuoti jų įtaką variklio darbo ir deginių emisijos rodikliams.

Tyrimo objektas. Tyrimui buvo naudotas dyzelinis Fiat 1,9 JTD (85 kW) variklis su tiesioginiu degalų įpurškimu, aukšto slėgio EGR sistema, turbokompresoriniu pripūtimu bei elektronine valdymo sistema (EVS).

Tyrimo metodika

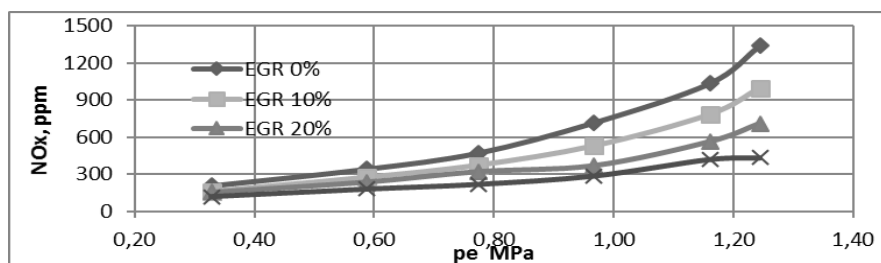
Bandymų metu buvo naudoti mineraliniai vasariniai dyzeliniai degalai. Tyrimai buvo atlikti Aleksandro Stulginskio universiteto jėgos ir transporto mašinų inžinerijos instituto variklių bandymo laboratorijoje naudojant apkrovos stendą

KS 56-4. Variklio deginių analizei naudotas Testo 350 xl deginių analizatorius, galintis matuoti O₂; CO₂; CO; NO; NO₂; NO_x; CH koncentracijas deginiuose. Deginių dūmingumui matuoti buvo naudotas Bosch RTT 110 dūmomatis. Elektriniam Fiat 55215029 EGR vožtuvui valdyti buvo panaudotas impulso pločio moduliatorius. Įvairūs variklio parametrai buvo stebimi Bosch KTS 540 diagnostiniu prietaisu.

Prieš pradėdant bandymus variklis buvo pašildytas iki darbinės 90 °C temperatūros. Buvo gautos variklio apkrovos charakteristikos esant 2000 min⁻¹ ir 2500 min⁻¹ sūkių dažniams. Apkrova buvo keičiama nuo 50 Nm iki 210 Nm. Gražinamų deginių kiekis buvo keičiamas 10 % žingsniu nuo 0 % iki 30 %.

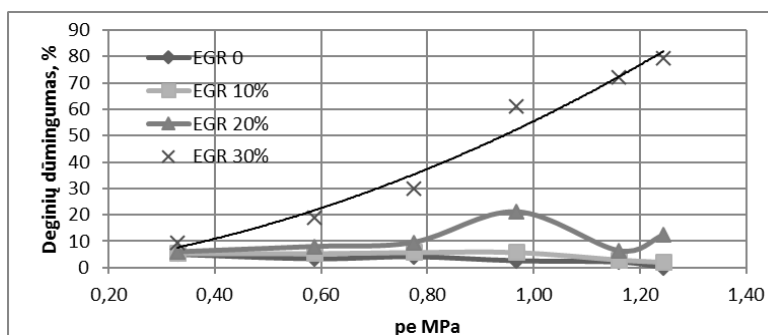
Tyrimo rezultatai

Kaip matyti iš 1 pav. pateiktų grafikų, NO_x emisija didėja, didėjant vidutiniam efektyviajam slėgiui pe. Deginių recirkuliacijos sistema (EGR) pastebimai įtakoja azoto oksidų emisiją. Variklio alkūniniui velenui sukantis 2000 min⁻¹ dažniu ir esant maksimaliai apkrovai, NO_x koncentracija deginiuose sumažėjo net 3,06 karto, esant 30 % deginių recirkuliacijai. Varikliui sukantis 2500 min⁻¹ dažniu, EGR sistemos efektyvumas buvo mažesnis. NO_x sumažėjimas šiuo atveju buvo tik 2,03 karto, esant tai pačiai maksimaliai apkrovai.



1 pav. Deginių recirkuliacijos įtaka NO_x koncentracijai deginiuose, esant 2000 min⁻¹ variklio alkūninio veleno sūkiams

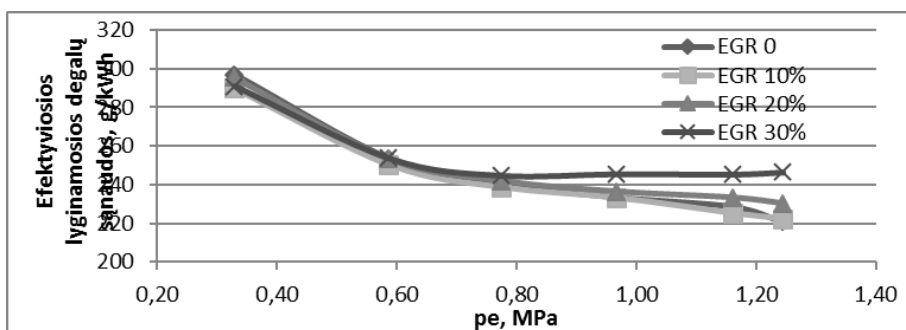
EGR sistema ženkliai sumažino NO_x kiekį deginiuose, nes dėl sumažėjusios deguonies koncentracijos degimo procese, sumažėjo degimo temperatūra, bet buvo pastebėtas ir neigiamas efektas. Tai yra gana ženkliai padidėjęs dūmingumas.



2 pav. Deginių recirkuliacijos įtaka deginių dūmingumui, esant 2000 min⁻¹ variklio alkūninio veleno sūkiams.

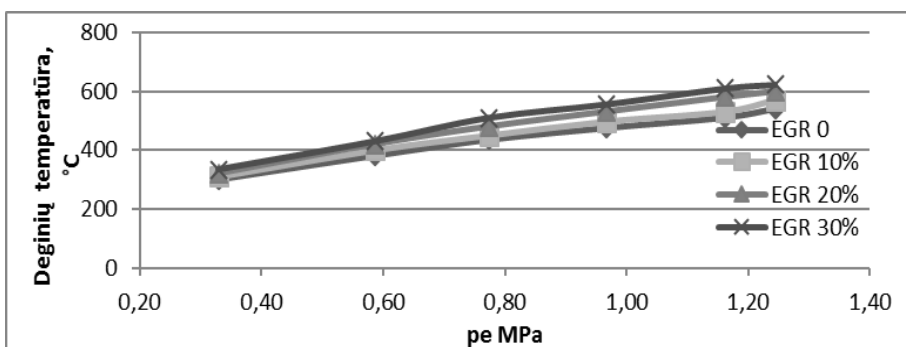
Variklio alkūniniui velenui sukantis 2000 min^{-1} režimu ir esant $1,245 \text{ MPa}$ vidutiniam efektyviajam slėgiui pastebėtas dūmingumo padidėjimas nuo 0% iki $79,5 \%$. Kiek mažesnis dūmingumo padidėjimas pastebėtas variklio sūkiams esant 2500 min^{-1} . Tada buvo pastebėtas nuo 0% iki $32,1 \%$ padidėjimas esant $1,245 \text{ MPa}$ vidutiniam efektyviajam slėgiui. Tačiau deginių dūmingumas pastebimai didėjo tik recirkuliacijai viršijus 20% .

Deginių recirkuliacijos sistema taip pat įtakoja ir degalų sąnaudas. Esant nedidelei variklio apkrovai didelio skirtumo degalų sunaudojime nėra, tačiau variklio apkrovai pradėdant didėti, didėja ir degalų sunaudojimas. Šį reiškinį įtakoja šviežio deguonies trūkumas variklio cilindruose, dėl kurio variklyje blogėja degalų degimo procesas. Variklio alkūniniui veleno sūkiams esant $2000/\text{min}^{-1}$ ir esant $1,24 \text{ MPa}$ vidutiniam efektyviajam slėgiui ir 30% deginių recirkuliacijai, pastebėtas lyginamųjų efektyviųjų degalų sąnaudų padidėjimas nuo 220 g/kWh iki 246 g/kWh . Kai grąžinamų į įsiurbimą deginių kiekis neviršijo 20% , lyginamosios degalų sąnaudos padidėjo tik $3,6 \%$, o 10% recirkuliacija praktiškai neturėjo įtakos degalų sąnaudoms.



3 pav. Deginių recirkuliacijos įtaka lyginamosioms efektyviosioms degalų sąnaudoms, esant 2000 min^{-1} variklio alkūninio veleno sūkiams.

Atliekant bandymus buvo pastebėta ir deginių temperatūros padidėjimas veikiant deginių recirkuliacijos sistemai. Deginių temperatūra didėjo proporcingai didėjant deginių recirkuliacijai ir didėjant variklio apkrovai. Didžiausia deginių temperatūra esant 2000 min^{-1} variklio alkūninio veleno sūkiams buvo $623 \text{ }^\circ\text{C}$, esant $1,24 \text{ MPa}$ vidutiniam efektyviajam slėgiui ir 30% deginių recirkuliacijai.



4 pav. Deginių recirkuliacijos įtaka deginių temperatūrai, esant 2000 min^{-1} variklio alkūninio veleno sūkiams.

Išvados

1. Deginių recirkuliacija efektyviai mažina NO_x koncentraciją deginiuose. Šis efektyvumas proporcingai didėja, didėjant variklio apkrovai. Variklio alkūniniui velenui sukantis esant 2000 min^{-1} greičiu ir esant 1,24 MPa vidutiniam efektyviajam slėgiui pastebėta net 3,06 karto sumažėjusi NO_x koncentracija deginiuose, padidinus deginių recirkuliaciją nuo 0 iki 30 %.
2. Iki 20 % deginių recirkuliacija deginių dūmingumui ir degalų sąnaudoms turėjo minimalią įtaką. Deginių recirkuliaciją padidinus iki 30 %, esant 2000 min^{-1} sukčių dažniui bei 1,24 MPa vidutiniam efektyviajam slėgiui, deginių dūmingumas padidėjo iki 79,5 %, o lyginamosios degalų sąnaudos padidėjo 11,8 %.
3. Dėl ženkliai didėjančio deginių dūmingumo bei didėjančių degalų sąnaudų esant didelei variklio apkrovai, kai vidutinis efektyvusis slėgis siekia 1,24 MPa, didesnė kaip 30 % deginių recirkuliacija nėra tikslinga, nors ir efektyviai mažina NO_x emisiją.

Literatūra

1. Reifart S. EGR-Systems for Diesel Engines. *KTH industrial engineering and management*. 2010.
2. Hussain J., Palaniradja K., Alagumurthi N., Manimaran R. Effect of Exhaust Gas Recirculation (EGR) on Performance and Emission characteristics of a Three Cylinder Direct Injection Compression Ignition Engine. *Alexandria Engineering Journal*, 2012, 51: 241–247.
3. Žaglinskis J., Daukšys V., Raplis P., Meleika M. Deginių recirkuliacijos sistemos įtaka dyzelinu ir B30 mišiniu dirbančio variklio darbo rodikliams. *Proceedings of the 18th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania*. 2015.

Santrauka

Straipsnyje pateikta deginių recirkuliacijos sistemos įtaka FIAT 1,9 JTD dyzelinio variklio darbo rodikliams. Bandymų metu variklis dirbo įprastais mineraliniais dyzeliniais degalais. Variklis buvo apkrautas apkrovos stendu ir naudojantis įvairiais elektroniniais prietaisais buvo stebimi variklio parametrai. Bandymų metu buvo pastebėta net 3,06 karto sumažėjusi NO_x koncentracija deginiuose, padidinus deginių recirkuliaciją nuo 0 % iki 30 %. Tačiau taip buvo gautas šalutinis neigiamas efektas – padidėjęs dūmingumas iki 79,5 %. Tai pat deginių recirkuliacija padidino lyginamąsias efektyviausias degalų sąnaudas iki 26 g/kWh ir deginių temperatūrą.

EFFECT OF EXHAUST GAS RECIRCULATION IN DIESEL ENGINE PERFORMANCE

Summary

The article presents the influence of the exhaust gas recirculation system on the performance of the FIAT 1.9 JTD diesel engine. During the tests, the engine worked on mineral diesel fuel. The engine was loaded on a load bench and engine parameters were monitored using various electronic devices. 3,06 times reduction in NO_x was observed by increasing the exhaust gas recirculation from 0% to 30% while doing the tests. However, the negative side effect was increased smoke to 79,5%, effective fuel consumption to 26 g/kWh and exhaust gas temperature.

Karolis Perednis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas, tel. +370 641 34760; el. paštas: karolis5150@gmail.com.

AUTOMOBILIO MASĖS CENTRO ĮTAKA STABDYMO RODIKLIAMS

Žygmantas Morozas, Algirdas Janulevičius

Įvadas

Automobilių eksploatacijoje pasireiškia nežymūs automobilio masės centro padėties kitimas, kuris turi nemažą įtaką jo eksploatacinėms savybėms, ypač stabdymo rodikliams [1]. Važiavimo metu sukeliama virpesiai ir svyravimai apsunkina automobilio valdymą [2]. Automobilio masės centro padėties pokyčiai keičia stabdymo rodiklius [3]. Važiuojant keliais dažnai yra neišvengiamas automobilio staigus stabdymas. Tokiu atveju labai svarbu užtikrinti kuo mažesnę stabdymo kelią, kad automobilis nepradėtų slysti ir būtų lengvai valdomas.

Stabdymo metu, stabdymo jėgos priklauso nuo kibumo koeficiento tarp padangos ir kelio paviršiaus [4]. Kibumo koeficientas priklauso nuo padangų deformacijos, o padangų deformacija priklauso nuo vertikalios apkrovos ir pripūtimo slėgio [5].

Stabdymo metu dėl inercijos jėgos galinių ratų vertikalios apkrovos dalis pereina į priekinius ratus. To pasakoje priekinių ratų vertikalioji apkrova didėja, o galinių ratų vertikalioji apkrova mažėja [6]. Priekinių ir galinių ratų vertikalioji apkrova persiskirstymui reikšmingą įtaką turi automobilio masės centro padėtis [6].

Svarbu, kad stabdant būtų kuo trumpesnis stabdymo kelias (didesnis lėtėjimas), kad automobilis neprarastų pusiausvyros ir būtų valdomas

Tyrimo tikslas. Eksperimentinių tyrimų tikslas – nustatyti, kokią įtaką turi automobilio masės centro pasikeitimas stabdymo rodikliams. Svarbu, kad stabdant būtų kuo trumpesnis stabdymo kelias (didesnis lėtėjimas), kad automobilis neprarastų pusiausvyros ir būtų valdomas

Tyrimo uždaviniai

- Atlikti automobilio stabdymo eksperimentinius tyrimus keičiant automobilio kėbulo aukštį (masės centro padėtį).
- Atlikti eksperimentinių duomenų analizę ir pateikti išvadas.

Tyrimo objektas

Automobilio Citroen C5 su hidropneumatine pakaba masės centro aukščio padėčių įtaka stabdymo rodikliams.

Tyrimo eiga

Tyrimo pasiruošimo metu buvo nustatyta bendra automobilio masė, priekinių ir galinių ratų vertikalios apkrovos. Citroen C5 automobilis turi galimybę mygtuko paspaudimu keisti kėbulo aukštį. Keičiant automobilio kėbulo aukštį, kinta masės

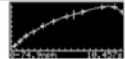
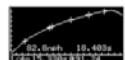
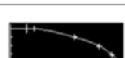

centro koordinatė. Keturioms automobilio kėbulo aukščio padėtimis eksperimentinių tyrimų metu nustatytos automobilio masės centro aukščio koordinatės.

Stabdymo bandymai buvo atliekami pagal tarptautiniame standarte nustatytą ISO 4138 nurodytą metodiką. Tyrimai buvo atliekami uždaroje aikštelėje, kad būtų užtikrintas saugumas ir išvengta bandymo netikslumo. Važiavimo greitis didinamas palaipsniui iki numatytos ribos, o važiavimo trajektorija išlaikoma vairuotojui reguliuojant ratų pasukimo kampą. Pasiekus numatytą greitį pradedamas maksimalus stabdymas.

Stabdymo bandymai atlikti keturiomis automobilio kėbulo aukščio padėtimis. Stabdymas buvo atliekamas, kai automobilis pasiekdavo 13,89; 16,67 ir 19,44 m/s greitį.

Eksperimentiniams stabdymo bandymams buvo naudojamas 2004 m. pagamintas techniškai tvarkingas automobilis „Citroen C5“. Automobilio bendroji masė su vairuotoju 1780 kg. Bandymams buvo sumontuotos vasarinės padangos „GOODYEAR“ 215/60 R16. Padangų protektoriaus gylis 5mm, slėgis 2,3 bar. Automobilio priekiniams ir galiniams ratams tenkanti masė buvo nustatyta ašies svarstyklėmis „Zemic Europe“.

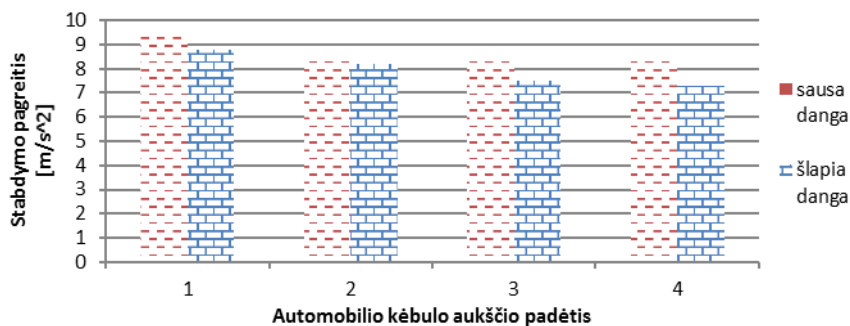
Automobilio stabdymo rodikliai (lėtėjimas, stabdymo laikas ir kelias) buvo matuojami „G TECH-PRO performance meter“ įranga (pav. 1).

	Transporto priemonės greičio grafikas per visą važiavimo laiką
	Realaus laiko atkūrimas su transporto priemonės greičiu ir etapais
	Transporto priemonės greičio ir atstumo iki sustojimo grafikas, stabdymo kelio grafikas
	Pagreičio matavimas važiavimo metu

1 pav. „G TECH-PRO performance meter“ matuojami rodikliai

Rezultatai

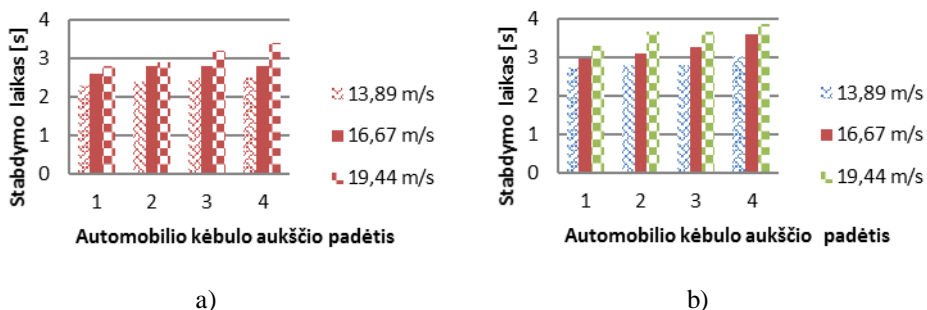
Atlikus duomenų analizę buvo palyginti stabdymo pagreičiai esant skirtingoms kelio dangoms, t. y. sausa ir šlapia asfaltuota kelio danga. Iš paveikslo (2 pav.) matyti, kad esant sausai kelio dangai vidutinis stabdymo pagreitis (visų padėčių) yra $8,625 \text{ m/s}^2$, o automobiliui judant šlapia kelio danga $7,95 \text{ m/s}^2$.



2 pav. Didžiausias stabdymo pagreitis pagal automobilio aukščio padėtis ir kelio dangą

2 paveikslėlyje matyti, kad automobilio masės centrui kylant į viršų, stabdymo pagreitis mažėja. Kai masės centras yra žemiausioje padėtyje automobilio judėjimo – 13,89 m/s, stabdymo pagreitis važiuojant sausa kelio dangą yra didžiausias 9,8 m/s², aukščiausioje padėtyje automobiliui judant tuo pačiu greičiu stabdymo pagreitis sumažėja 1 m/s². Kai automobilis juda šlapia kelio dangą ir masės centras žemiausioje padėtyje, stabdymo pagreitis – 8,8 m/s², o kai masės centras pakyla į ketvirtą padėtį, stabdymo pagreitis sumažėja iki 1,5 m/s².

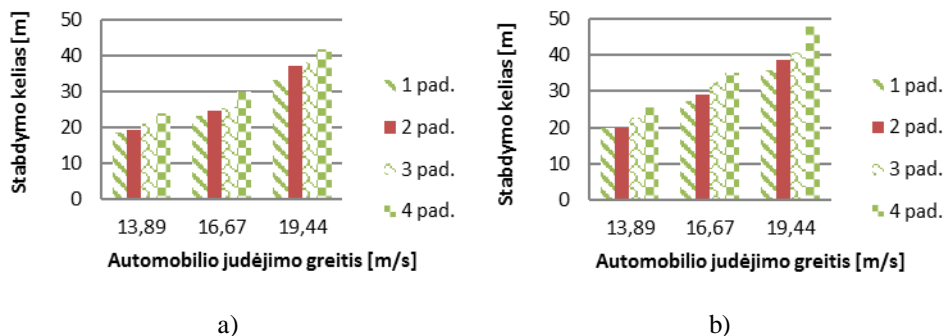
Remiantis atliktų tyrimų duomenimis buvo sudaryta stabdymo laiko priklausomybė nuo automobilio kėbulo aukščio padėties judant sausa ir šlapia asfaltuota kelio dangą (3 pav.).



3 pav. Gautų rezultatų grafinis atvaizdavimas (a) sausa kelio dangą (b) šlapia kelio dangą

Automobilio masės centrui kylant į viršų, stabdymo laikas didėja. Kai masės centras yra žemiausioje padėtyje ir automobilio judėjimo greitis – 13,89 m/s, stabdymo laikas važiuojant sausa kelio dangą yra mažiausias 2,3 s, aukščiausioje padėtyje automobiliui judant tuo pačiu greičiu stabdymo laikas padidėja 0,2 s. Važiavimo greičiui padidėjus 5,55 m/s, padidėja ir stabdymo laikas. Kai automobilio masės centras žemiausioje padėtyje – stabdymo laikas pailgėja 0,5 s. Automobiliui judant šlapia kelio dangą, o masės centras būna žemiausioje padėtyje, stabdymo laikas – 2,73 s, o kai masės centras pakyla į ketvirtą padėtį, stabdymo laikas prailgėja iki 0,32 s.

Pagal pasirinktą bandymų metodiką (ISO 4138), atliktų bandymų duomenimis, sudaryta stabdymo kelio priklausomybė nuo greičio judant sausa ir šlapia kelio danga (4 pav.).



4 pav. Stabdymo kelio priklausomybė nuo greičio judant sausa (a) ir šlapia (b) kelio danga

Automobilio masės centrui kylant į viršų, stabdymo kelias ilgėja. Kai masės centras yra žemiausioje padėtyje ir automobilio judėjimo greitis 13,89 m/s, stabdymo kelias važiuojant sausa kelio danga yra trumpiausias 18,67 m., aukščiausioje padėtyje automobiliui judant tuo pačiu greičiu stabdymo kelias pailgėja 5,44 m. Važiavimo greičiui padidėjus 5,55 m/s, padidėja ir stabdymo kelias. Automobilio masės centrui būnant žemiausioje padėtyje stabdymo kelias pailgėja 14,64 m. Transporto priemonei judant šlapia kelio danga, o masės centrui būnant žemiausioje padėtyje, stabdymo kelias 19,87 m, kai masės centras pakyla į ketvirtą padėtį, stabdymo laikas prailgėja 5,63 m.

Išvados

1. Nustatyta, kad automobilio masės centrui kylant aukštyn maksimalaus stabdymo rodikliai blogėja. Automobiliui judant sausa asfaltuoto kelio danga 13,89 m/s greičiu, masės centrui kylant į viršų, stabdymo pagreitis sumažėja 1 m/s^2 , stabdymo laikas pailgėja 0,2 s, o stabdymo kelias pailgėja 5,55 m. Važiuojant šlapia asfaltuoto kelio danga 13,89 m/s greičiu, masės centrui kylant į viršų, stabdymo pagreitis sumažėja iki $1,5 \text{ m/s}^2$, stabdymo laikas pailgėja 0,32 s, taip pat pailgėja 5,63 m stabdymo kelias.
2. Stabdymo rodiklių pokyčiui esminę reikšmę turėjo priekinių ir galinių ratų vertikalių apkrovų kitimas, priklausantis nuo automobilio masės centro aukščio padėties stabdymo metu.

Literatūra

1. Pečeliūnas R., Sokolovskij E. 2012. Automobilių dinamika. Vilnius: Technika.
2. Cho J. R., Choi J. H., Yoo W. S., Kim G. J., Woo J. S. 2006. Estimation of dry road braking distance considering frictional energy of patterned tires. *Finite Elements in Analysis and Design* 42, 1248–1257.
3. Grundström U., Nano M. Analysis of Vehicle Behavior to Find Criteria for Steering Robot Tests.
4. Heinrich G., Kluppel M. Rubber friction, tread deformation and tire traction.
5. Yong L., Shuguang Z., Lei L., Xianwu Y. and Xudong W. 2011. Characteristics analysis of lateral vibration of tire tread. *Journal of vibration and control* 17 (14) 2095–2102.
6. Lee D.J., Park Y.S. 2011. Sliding-Mode-Based parameter identification with application to tire pressure and tire road friction. *International Journal of Automotive Technology, Vol. 12, No. 4*, pp. 571–577.

Santrauka

Straipsnyje pateikta automobilio Citroen C5 stabdymo rodiklių priklausomybė nuo masės centro aukščio padėties. Tyrimai buvo atlikti keičiant automobilio kėbulo aukštį keturiuose padėtyse. Stabdymo bandymai atlikti maksimalia stabdymo jėga, automobiliui pasiekus 50, 60 ir 70 km/h greičius. Straipsnyje pateikti stabdymo rodiklių priklausomybės nuo automobilio masės centro padėties duomenys automobiliui važiuojant sausa ir šlapia asfaltuoto kelio danga.

CAR MASS CENTRE IMPACT ON THE INDICATORS OF BRAKING

Summary

The article presents data on how the indicators of breaking of Citroen C5 correlate with the height of the mass centre in the vehicle. The research was carried out by changing the vehicle body height in four different positions. Braking tests were conducted with the vehicle reaching 50, 60 and 70 km/h speeds and then braking with the maximum possible brake power. The article presents data on relation of indicators of braking and the positioning of the mass centre of the vehicle on dry and wet asphalt roads.

Žygimantas Morozas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas, tel. +37069250617, el. paštas: morozaszygimantas09@gmail.com
Algirdas Janulevičius – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, prof. dr., tel. +37061611453, el. paštas: algirdas.janulevicius@vdu.lt

ŠILUMOS GAMYBOS TECHNOLOGIJOS BIOKURO KATILINĖJE ANALIZĖ

Raivydas Prakopimas, Egidijus Zvicevičius

Ivadas

Lietuvos Respublikos Seimo 2011 m. gegužės 12 dieną priimtas LR atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas paskatino atsinaujinančios energetikos projektų plėtrą šalyje. Dauguma jų buvo susiję su centralizuotos šilumos tiekimo (CŠT) sistemos modernizavimu ir naujų biokuru kūrenamų vandens šildymo katilinių ir kogeneracinių elektrinių statyba. 2017 metais Lietuvoje šilumos tiekėjų ir nepriklausomų šilumos gamintojų įmonėse instaliuotų biokurą naudojančių šilumos gamybos įrenginių galia siekė 1600 MW. Tai lėmė, kad 2017 metais [11] Lietuvos CŠT sektoriuje iš biomasės buvo pagaminta apie 68 % šilumos, o iš gamtinių dujų – 33,4 %. Perėjimas prie daugiausia vietinės kilmės atsinaujinančio biokuro lėmė ne tik mažesnes šilumos kainas, bet taip pat garantuoja didesnę šalies energetinį saugumą ir skatina ekonomikos plėtrą.

Šiuo metu Lietuvoje ir pasaulyje daug dėmesio skiriama ne tik alternatyviems energijos ištekliams, bet taip pat jų taupymui ir tvarių technologijų diegimui. Biokuro deginimo technologijos tobulinimas yra svarbi priemonė didinant konversijos technologijų tvarumą ir mažinant aplinkos taršą. Energijos gamyba neatsiejama nuo intensyvios aplinkos taršos [7] anglies dvideginiu, kietosiomis dalelėmis ir kitais teršalais. Deginant gamtines dujas susidaro 37–54 kg/MJ anglies dvideginio, o deginant akmens anglį ir medieną – atitinkamai 87–100 kg/MJ ir 95–132 kg/MJ anglies dvideginio [2].

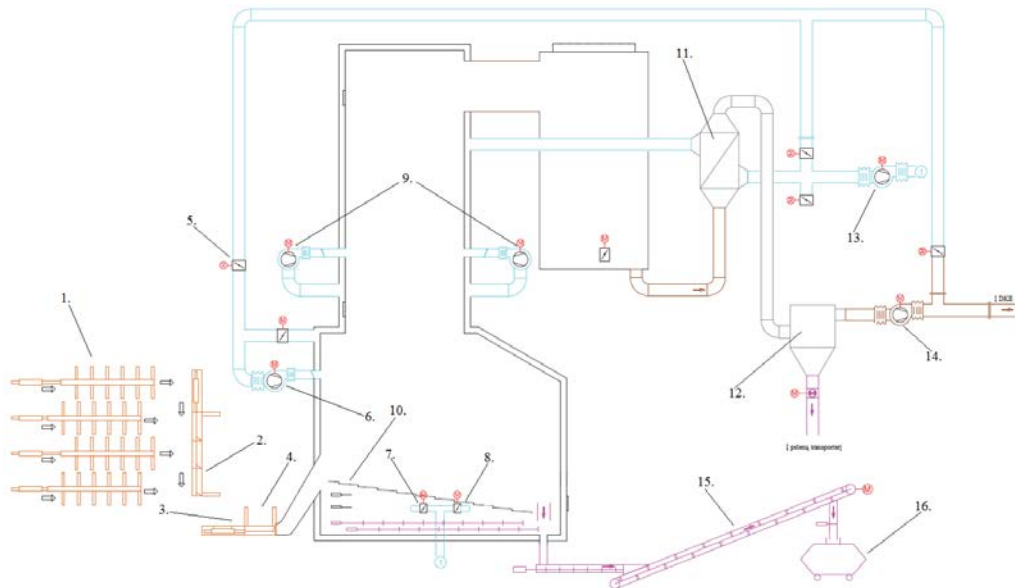
Biokuras yra sudėtingesnis kuras nei dujos ir skystas kuras. Jam būdingas didesnis (1,8 %) [5] peleningumas, nevienoda frakcinė sudėtis, didelė drėgmė, ne visuomet palanki cheminė sudėtis (didesnis sieros, chloro kiekis) [6]. Išskirtinė biokuro savybė – dažnai pasitaikantis didelis žaliavos drėgnis. Be to, daugelyje katilinių rekomenduojama deginti ne mažesnio kaip 35 % drėgnio kurą [1]. Degimo metu šiai drėgmei ir degimo proceso metu susidaranti vandeniui išgaruoti sunaudojama šiluma, kuri gali būti susigrąžinta kondensuojant vandens garus. Todėl šiuolaikinės katilinės ir elektrinės neįsivaizduojamos be ekonomiaizerių, apie kurių darbo efektyvumą ir poveikį katilinės darbo efektyvumui pasigendama platesnės informacijos.

Tikslas: atlikti biokuro katilinėje generuojamų šilumos srautų analizę ir įvertinti dūmų kondensacinio ekonomiaizerio (DKE) poveikį bendram katilinės efektyvumui.

Tyrimų objektas

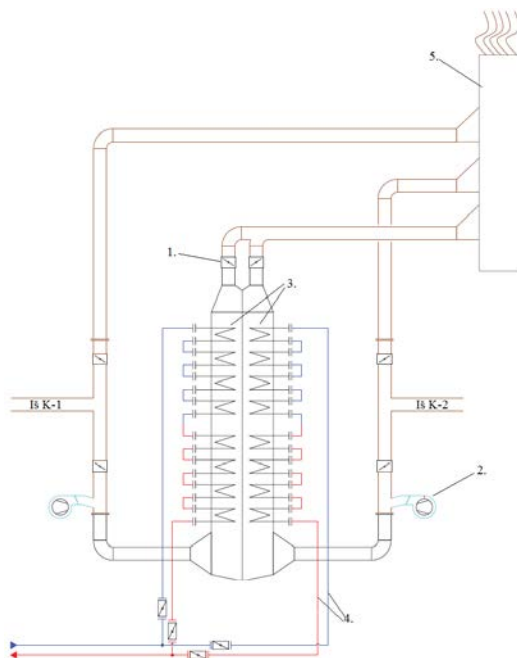
Analizuojama Vilniaus mieste 2016 metais pastatyta 25 MW šiluminės galios biokuro katilinė tiekianti šilumą į miesto centralizuoto šilumos tiekimo tinklą. Katilinėje sumontuoti du vandens šildymo katilai AGRO AVR 1000 su ardyninio tipo

pakuromis (1 pav.), kurių kiekvieno nominali galia po 10 MW, ir 5 MW dūmų kondensacinis ekonomizaizeris. Katilai nuo miesto centralizuoto šilumos tiekimo tinklo atskirti trimis plokšteliniais šilumokaičiais. Iš jų du yra naudojami, o vienas rezervinis. Termofikaciniam vandeniui šildyti ant grįžtančios CŠT grįžtamosios linijos sumontuotas dūmų kondensacinis ekonomizaizeris (2 pav.), išnaudojantis išmetamą dūmų šilumą bei juose esančių vandens garų kondensacijos šilumą.



1 pav. Katilo principinė technologinė schema (1. - judančios hidraulinės grindys, 2. – skersinis žertuvas, 3. – hidraulinis maitintuvas, 4. – tarpinis kuro bunkeris, 5. – dūmų sklendė, 6. – dūmų recirkuliacijos ventiliatorius, 7. – pirminio oro pavara džiovinimo zonai, 8. – pirminio oro pavara degimo zonai, 9. – antrinio oro ventiliatoriai, 10. – ardynas, 11 – oro pašildytuvas, 12. – multiciklonas, 13. – pirminio oro ventiliatorius, 14. – pagrindinis katilo dūmsiurbis, 15. – grandiklinis pelenų transporteris, 16. – pelenų konteineris)

Kuras į pakurą tiekiamas iš kuro sandėlio, kuris suskirstytas į dvi dalis (kiekvienam katilui po atskirą kuro sandėlį), kuriose yra galimybė laikyti skirtingos kokybės biokurą. Iš sandėlio biokuras tiekiamas transporteriais-žertuvais į skersinį transporterį. Skersinis transporteris kurą tiekia toliau į tarpinį katilo kuro sandėlį, iš kurio kuras paduodamas ant ardyno pirmosios zonos ir išdžiūvęs ant antrosios ardyno zonos, kur vyksta degimo procesas.



2 pav. Principinė dūmų kondensacinio ekonomizerio schema (1. – dūmų sklendė, 2. – dūmų sandarinimo ventiliatorius, 3. – vamzdeliniai šilumokaičiai, 4. – grįžtamas centralizuoto šildymo tinklų termofikacinis vanduo, 5. – kaminas)

Degimo procesui aprūpinti deguonimi į pakurą tiekiamas kintantis oro srautas, kuris priklauso nuo katilo apkrovos. Susidarę degimo produktai dūmsiurbiais šalinami iš pakurų per katilus lauk. Pirmiausia dūmai patenka į multiciklonus. Multiciklonuose surinktos kietosios dalelės – lengvieji pelenai – savitakos vamzdynais nukreipiami į pakurų pelenų transporterius ir jais kartu su pakurų sausais pelenais paduodami į grandiklinį transporterį. Tuo metu išvalyti dūmai per dūmsiurbio darbo ratus nukreipiami į dūmų kondensacinį ekonomizerį su 16 vamzdelinių šilumokaičių, kuriais cirkuliuoja nuo 40 °C iki 50 °C į katilinę sugrįžęs termofikacinis vanduo. Juos apiplaunantys dūmai atvėsta nuo 180 °C iki 60 °C, pasiekia rasos tašką ir kondensuojasi. Išsiskirusi šiluma panaudojama termofikaciniam vandeniui sušildyti – termofikacinio vandens temperatūra padidėja 3–6 °C.

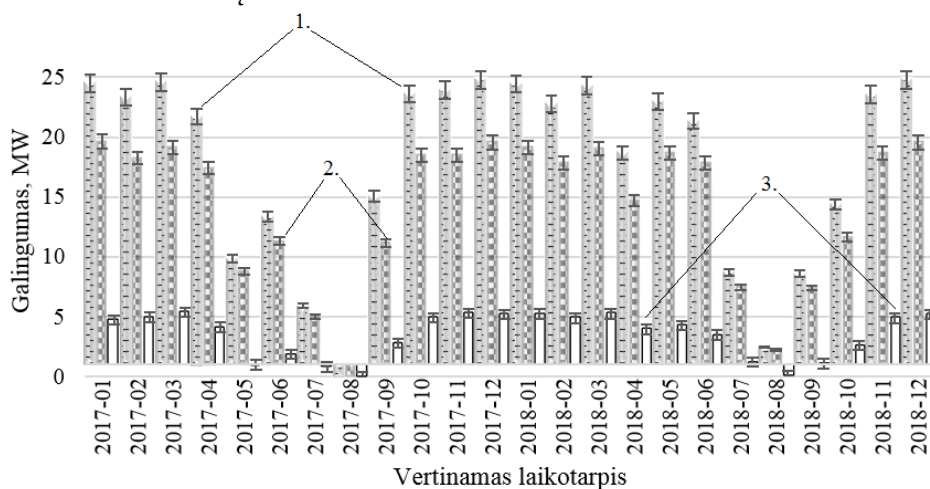
Analizuojant 2017–2018 metų biokuro katilinės technologinį procesą buvo fiksuoti vandens srautai per vandens šildymo katilus ir dūmų kondensacinį ekonomizerį. Taip pat stebėta į vandens šildymo katilus įtekančio vandens temperatūra, kuri, kad išvengti korozijos, palaikoma ne žemesnė nei 100 °C, ir iš vandens šildymo katilo ištekančio vandens temperatūra, kuri su SCADA valdymo programa palaikoma apie 124 °C [9]. Kondensacinio ekonomizerio darbui įvertinti, taip pat fiksuotas termofikacinio vandens srautas, įtekančio ir ištekančio iš DKE termofikacinio vandens ir dūmų temperatūros. Naudojant surinktus duomenis buvo apskaičiuojami momentiniai vandens šildymo katilų ir kondensacinio ekonomizerio

galingumai. Surinkti dviejų metų duomenys buvo apibendrinti ir apdoroti pasinaudojant MS Excel programa.

Tyrimų rezultatai

Analizuojamoje biokuro katilinėje laikotarpyje nuo 2017 metų sausio 1 dienos iki 2018 metų gruodžio 31 dienos buvo pagaminta 310722,6 MWh šilumos energijos, iš kurios 249841,9 MWh pagaminta vandens šildymo katiluose, o 60880 MWh – kondensaciniame ekonomizaizeryje. Šiam energijos kiekiui pagaminti buvo sudeginta 13451,78 tne biokuro, kuris susidėjo iš miško kirtimo atliekų ir smulkintos medienos (skiedros). Dominavo SM2 klasės kuras. Vidutinė deginamo kuro drėgmė buvo $42,4 \pm 6,53$ %. Atsižvelgiant į kuro kokybę ir metų laiką, kuro drėgmė kito ribose nuo 20 % iki 62 %. Atlikus stebėjimus nustatyta, kad drėgniausias kuras tiekiamas ir naudojamas lapkričio–gruodžio mėnesiais.

3 paveiksle vaizduojamas katilinės darbas – generuojami šilumos srautai skirtingais 2017–2018 metų mėnesiais.



3 pav. Biokuro katilinės vidutinė galia skirtingais 2017–2018 metų mėnesiais (1. – sum, 2. – K – 1 plus K – 2, 3. – dūmų kondensacinio ekonomizaizerio)

Biokuro katilinė daugiausiai pagamina šilumos energijos šildymo sezonu metu – nuo spalio iki balandžio mėnesio. Vidutiniškai gaminamas ir tiekiamas į Vilniaus CŠT 23,45 MW šilumos srautas. Šildymo sezonui pasibaigus, katilinės generuojamas šilumos srautas sumažėja vidutiniškai 2 kartus. Be to, šiuo laikotarpiu taip pat yra vykdomi planiniai katilinės remonto darbai, kurie verčia sustabdyti katilinės darbą. Tiek 2017 m., tiek 2018 m. rugpjūčio mėnesiais buvo vykdomi katilinės remonto darbai.

1 lentelė. Vidutiniai 2017–2018 metais biokuro katilinėje generuojami šilumos srautai ir jų pasiskirstymas

Mėnuo	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Gegužė	Birželis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis
K-1, K-2, MW	19,38	18,04	19,07	16,04	13,70	14,56	6,22	1,10	9,27	15,06	18,56	19,55
Katilų dalis, %	79,62	78,70	78,33	80,03	84,13	84,61	86,37	95,29	82,86	80,04	78,59	79,06
DKE, MW	4,96	4,88	5,28	4,00	2,58	2,65	0,98	0,05	1,92	3,75	5,06	5,18
DKE dalis	20,38	21,30	21,67	19,97	15,87	15,39	13,63	4,71	17,14	19,96	21,41	20,94
Viso	24,33	22,93	24,35	20,05	16,29	17,20	7,20	1,15	11,18	18,81	23,62	24,73
K-1 + K-2 NVK	77,53	85,46	82,30	71,83	81,94	84,08	88,28	37,65	80,48	79,55	83,73	79,71
DKE NVK	25,61	25,94	27,67	25,08	16,76	17,86	15,75	2,47	19,61	24,45	27,25	26,49

Analizuojamu laikotarpiu (2017-01–2018-12) vidutinis katilinės apkrovimas buvo 19,49 MW, iš kurių 15,65 MW pagaminta vandens šildymo katiluose, o 3,84 MW – dūmų kondensaciniame ekonomizaizeryje. Didžiausi ekonomizaizerio efektyvumai pasiekti lapkričio ir kovo mėnesiais, atitinkamai 27,67 % ir 27,25 % (1 lentelė).

Analizuojamu laikotarpiu DKE bendrą katilinės efektyvumą padidino vidutiniškai 23,20 %, t. y. iki 99,77 %. Aukščiausias katilinės efektyvumas fiksuotas 2017 metų lapkričio mėnesį – 111,06 %. Šį mėnesį taip pat buvo fiksuotas didžiausias dūmų kondensacinio ekonomizaizerio efektyvumas – 28,56 %. DKE gamino 5,27 MW šiluminį srautą. Tai viršijo nominalų (5,00 MW) ekonomizaizerio galinumą 5,4 %. Tai lėmė didesnė tiekiamo biokuro drėgmė (vidutinė $46,3 \pm 5,72$ %), aplinkos ir grįžtamo vandens žemesnės temperatūros.

Išvados

1. Analizuojamoje biokuro katilinėje laikotarpyje nuo 2017 metų sausio 1 dienos iki 2018 metų gruodžio 31 dienos buvo pagaminta 310722,6 MWh šilumos energijos, iš kurios 249841,9 MWh pagaminta vandens šildymo katiluose, o 60880 MWh – kondensaciniame ekonomizaizeryje.
2. Šiam energijos kiekiui pagaminti buvo sudeginta 13451,78 tne biokuro, kurio vidutinė drėgmė yra $42,4 \pm 6,53$ %. Lapkričio–gruodžio mėnesiais katilinėje buvo tiekiamas didžiausias drėgmės kuras – $46,3 \pm 5,72$ %.
3. Vidutinis bendras katilinės įrenginių galinumas per dvejus metus buvo 19,49 MW, iš kurių 3,86 MW buvo generuojami dūmų kondensaciniame ekonomizaizeryje.
4. Nustatyta, kad vidutinis biokuro katilinės efektyvumas analizuojamu laikotarpiu buvo 99,77 %, o aukščiausias efektyvumas – 111,06 % buvo pasiektas 2017 metų lapkričio mėnesį.
5. Didesnė tiekiamo biokuro drėgmė ($46,3 \pm 5,72$ %) ir žemesnė aplinkos bei grįžtamo vandens temperatūros lėmė, kad 2017 m. lapkričio mėn. buvo pasiektas didžiausias dūmų kondensacinio ekonomizaizerio efektyvumas (28,56 %) ir

generuojamas šilumos srautas 5,27 MW, kuris 5,4 % viršijo nominalią ekonomazerio galią.

Literatūra

1. Villu Vares, Ūlo Kask, Peeter Muiste, Tõnu Pihu, Sulev Soosaar, Biokuro naudotojo žinynas, Vilnius, 2007.
2. Kytra S. Atsinaujinantys energijos šaltiniai. Kaunas, 2006.
3. Koppejan, I. Results from Biomass combustion. I. Koppejan. SUPERGEN meeting. Birmingham, 2007. 35 p.
4. Harding, S. Biomass as a rebuming fuel: a specialized cofring applications [Text] / S. Harding, B. Adams. *Biomass and Bioenergy*. 2000. № 19.– P. 429–445.
5. Lietuvos standartas LST CEN/TS 14961-1:2010 Kietasis biokuras. Kuro techniniai reikalavimai ir klasės. 4 dalis. Nepramoninio naudojimo skiedros.
6. Pilipavičius V., Navickas K., Atsinaujinantys agrariniai išteklių ir atliekų perdirbimas.
7. Baltijos jūros regiono INTERREG III B programos projektas. Kietoji biomasė. 2010
8. UAB „Danpower Baltic Pakalniškių“ biokatilinės „AGRO AVR 10000“ katilo operatoriaus vadovas. Įrengimas, eksploatacija, techninė priežiūra, Vilnius, 2017.
9. Lins Cristine, Williamson E. Laura, Leitner Sarah, 10 Years of renewable energy progres, REN21, Paris, 2014.
10. Girts Vigantsa, Ivars Veidenbergsa, Edgars Vigantsa, Dagnija Blumberga, Cost analysis of a wood chip boiler house with a gas condenser, Riga, Latvia, 2015.
11. Stasiūnas V. Klimato kaitos švelninimas ir pritaikymas vietos lygmeniu, Raudondvaris, Lietuva, 2017.

Santrauka

Straipsnyje analizuojamas 25 MW galios biokuro katilinės, kuri pastatyta 2016 m. Vilniaus mieste, darbas. Biokuro katilinėje instaliuoti du vandens šildymo katilai po 10 MW ir vienas 5 MW nominalios galios dūmų kondensacinis ekonomazeris. Įvertinant 2017–2018 m. naudoto kuro kokybę ir aplinkos bei darbo sąlygas, buvo įvertinta katilinėje skirtingais mėnesiais katiluose ir dūmų kondensaciniame ekonomazeriulyje generuojami šilumos srautai bei naudojamų įrenginių efektyvumai. Analizuojamu laikotarpiu katilinėje buvo pagaminta 310722,6 MWh šilumos energijos, iš kurios 249841,9 MWh vandens šildymo katiluose, o 60880 MWh – dūmų kondensaciniame ekonomazeriulyje, kas sudarė 19,6 %. Efektyviausias dūmų kondensacinio ekonomazerio darbas fiksuotas lapkričio ir kovo mėnesiais (27,67 % ir 27,25 %), mažiausias – liepos mėnesiulyje (15,75 %).

ANALYSIS OF HEAT PRODUCTION TECHNOLOGY IN THE BOILER PLANT

Summary

The article analyzes the 25 MW biofuel boiler house, which was built in 2016. Work in Vilnius City. Biofuel boiler plant has two water heating boilers of 10 MW installed capacity and one 5 MW rated capacity condensing economiser. Rated 2017-2018 the quality of the fuel used and the environment and working conditions were evaluated in the boiler house at different months in the boiler and flue gas condenser generated and the efficiency of the equipment used. During the analyzed period, the boiler house produced 310722.6 MWh of heat energy, of which 249841.9 MWh in water boilers, and 60880 MWh in the flue gas condenser, which was 19.6% of all. The most effective flue gas condenser work was recorded in November and March (27.67 % and 27.25%), the lowest in July (15.75%).

Raivydas Prakopimas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 623 05533, el. paštas: r.prakopimas@gmail.com
Egidijus Zvicevičius – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos instituto doc. dr.; tel. 8 37 752 330, el. paštas: Egidijus.Zvicevičius@vdu.lt

HIDRAULINIO AKUMULIATORIAUS DUJŲ SLĖGIO ĮTAKA HIDRAULINĖS SISTEMOS DARBO RODIKLIAMS

Audrius Sapronas, Kastytis Laurinaitis

Įvadas

Hidraulinės sistemos panaudojimas tampa vis populiariesnis. Kuriama šiuolaikinė technika išsiskiria hidraulinių sistemų gausa. Vis daugiau mašinų darbo dalimis ir jų pavaroms valdyti naudojamos hidraulinės sistemos, kuriomis galima atlikti vis daugiau sudėtingesnių funkcijų bei įgyvendinti automatinį valdymą. Hidraulinės pavaros plinta visose technikos panaudojimo srityse: nuo transporto, žemės ir miškų ūkio technikos iki aviacinės bei kosminės technikos.

Didžioji darbų dalis yra mechanizuoti arba automatizuoti, todėl technika turi nuolat veikti ir būti techniškai tvarkinga. Esant hidraulinių sistemų elementų gausai, yra ir didesnė tikimybė hidrauliniams komponentams gesti. Todėl labai svarbu pirminė tiksli hidraulinių komponentų diagnostika, ypatingai tikslus komponentų darbo režimų suderinamumas bei greitas gedimų šalinimas.

Technikos gamintojai siekia parinkti optimalius įrangos techninius duomenis bei eksploatacinius parametrus esant tipinėms darbo sąlygoms. Technikos savininkas ją naudoja pagal savo darbo pobūdį, todėl darbo sąlygos skiriasi. Nustačius optimalius eksploatacinius parametrus tam tikroms darbo sąlygoms prailginamas technikos tarnavimo laikas, mažėja eksploataavimo kaštai, gerėja darbo rodikliai.

Membraniniai hidroakumulatoriai lengvesni nei stūmokliniai, mažiau inertiški (geriau slopina pulsacijas sistemoje), membraną lengviau padaryti hermetišką [1]. Tačiau membrana jautri žemoms temperatūroms, bėgant laikui ji sensta, todėl joje gali atsirasti įtrūkimų. Hidroakumulatoriai pripildomi suslėgto azoto. Paprastai hidroakumulatorius pildomas 6–8 MPa pradiniu dujų slėgiu (kai akumulatoriuje dar nėra skysčio) [1].

Vairuotojo kabiną veikia vertikalūs, skersiniai ir išilginiai švytavimai [2]. Jiems slopinti naudojamos mechaninės, hidromechaninės, pneumatinės, pusiau aktyviosios ir aktyviosios judesių slopinimo sistemos. Pigiausi ir paprasčiausi yra mechaniniai amortizatoriai, bet geriau judesius slopina hidromechaniniai ir pneumatiniai amortizatoriai. Pažangiausi yra aktyvūs ar pusiau aktyvūs amortizatoriai, kuriuos valdo automatika ir derinasi prie bendro svyravimų slopinimo, tai yra hidraulinės amortizacijos sistemos, kurios turi amortizatorius su hidro akumulatoriumi, kurie kompensuoja kratymą [3]. Geriausiai kratymą mažina vienu metu naudojamos kelios sistemos: kabinos ir sėdynių aktyvios ar pusiau aktyvios amortizacijos, tai yra hidraulinės amortizavimo sistemos, kurių darbo kokybė priklauso nuo pasirinkto pagrindinio ir hidraulinio akumulatoriaus slėgio.

Tyrimo tikslas – ištirti hidraulinio akumulatoriaus dujų slėgio įtaką hidraulinės sistemos darbo rodikliams.

Uždaviniai:

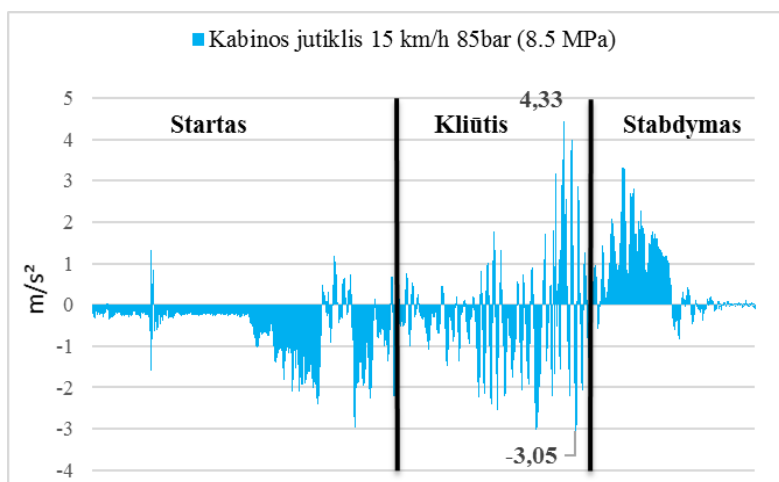
1. Nustatyti hidraulinio akumulatoriaus dujų slėgio įtaką traktoriaus amortizacijos sistemos darbui.
2. Įvertinti pagreičių kitimus esant skirtingoms eksploatacijos sąlygoms (važiavimo greičiui ir kliūtims).

Tyrimo metodika

Hidraulinio akumulatoriaus slėgio įtakos hidraulinės sistemos rodikliams tyrimams atlikti pasirinkta tipinė transporto priemonė, t. y. panaudotas vidutinio galimumo (165AG) traktorius su amortizuojančiu priekiniu tiltu. Operatoriaus, kėbulo ir priekinio tilto vietose buvo įmontuotas prietaisas matuojantis judesio pagreičius. Tyrimas buvo atliekamas keičiant slėgį hidrauliniam akumuliatoriuje. Slėgis buvo mažinamas nuo 85 iki 0 bar. Bandymas buvo atliekamas važiuojant 10 km/h, 15 km/h ir 20 km/h greičiu per tokią pačią kliūtį.

Rezultatai

Eksperimentiniu tyrimo metu buvo nustatyta, kad pasirinktomis važiavimo sąlygomis, t. y. pasirinktą pastovią kliūtį, keičiasi tiriamo objekto svyravimo pagreičiai (1 pav.). Eksperimentas buvo atliekamas taikant 24 pakartojimus.



1 pav. Pagreičio reikšmių kitimas kabinos jutiklyje važiuojant per kliūtį

Susisteminus ir išanalizavus tyrimo duomenis matome, kad traktoriui judant 10 km/h greičiu gaunamas mažiausios pagreičio reikšmės esant 45–55 bar slėgiui (1 lentelė).

1 lentelė. Pagreičio reikšmių kitimas jutikliuose keičiant dujų slėgį hidroakumuliatoriuje

Jutiklis	Slėgis, bar	Vidutinė pagreičio reikšmės (m/s ²) važiuojant		
		10 km/h	15 km/h	20 km/h
Kabinos	85	-0.185	-0.193	-0.190
Rėmo		-0.282	-0.270	-0.249
Kabinos	85 Be amortizacijos	-0.182	-0.191	-0.166
Rėmo		-0.217	-0.083	-0.134
Kabinos	75	-0.215	-0.207	-0.217
Rėmo		-0.072	-0.056	-0.092
Kabinos	65	-0.198	-0.204	-0.211
Rėmo		-0.043	-0.053	0.029
Kabinos	55	-0.200	-0.197	-0.205
Rėmo		-0.014	-0.064	-0.078
Kabinos	45	-0.178	-0.215	-0.185
Rėmo		-0.105	-0.103	-0.107
Kabinos	35	-0.155	-0.181	-0.212
Rėmo		-0.131	-0.131	-0.118
Kabinos	0	-0.234	-0.217	-0.183
Rėmo		-0.131	-0.127	-0.147

Analizuojant 1 lentelėje pateiktus duomenis, matome, kad važiuojant 15 km/h greičiu mažiausios pagreičio reikšmės gaunamas tiek jutiklyje esančiame kabinoje, tiek prie rėmo pritvirtintame jutiklyje esant 55 bar slėgiui.

Didinant greitį, t. y. važiuojant 20 km/h greičiu per kliūtis, mažiausios pagreičio reikšmės pasiekiamos kai slėgis yra 65 bar.

Iš tyrimo duomenų matome, kad važiuojant tiek 10 km/h, tiek 15 km/h ar 20 km/h greičiu gaunamos mažiausios pagreičio reikšmės, t. y. mažiausia įtaka hidraulinės sistemos darbo rodikliams juntama esant 65 bar hidraulinio akumulatoriaus dujų slėgiui.

Išvados

1. Sumažinus slėgį hidrauliniame akumuliatoriuje nuo 85 bar iki 65 bar, didžiausios pagreičių reikšmės sumažėjo 84,8 %, kai važiavimo greitis 10 km/h, 79,3 %, kai važiavimo greitis 15 km/h ir 88,4 % kai važiavimo greitis 20 km/h.
2. Bandymų metu nustatyta, kad mažiausios pagreičio reikšmės gautos kai hidrauliniame akumuliatoriuje buvo 65 bar. slėgis, artimiausias priekinės važiuoklės hidraulinės alyvos slėgiui (55 bar).
3. Hidraulinio akumulatoriaus įtaka virpesių slopinimui visiškai sumenksta, kai dujų slėgis jame pasidaro mažesnis už alyvos slėgį hidraulinėje sistemoje.

Literatūra

1. Merkys, B. 2012, Orlaivių funkcinės sistemos: mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 115 p. [3,2 aut. l. 2012-08-30]
2. Gobbi M., Mastinu G., Previati G. Farm tractors with suspended front axle: Anti-dive and anti-lift characteristics. Journal of Terramechanics. Volume 56, December 2014, Pages 157–172. [žiūrėta 2019-02-16] Prieiga per internetą: <https://kundoc.com/pdf-farm-tractors-with-suspended-front-axle-anti-dive-and-anti-lift-characteristics-.html>.
3. JCB Part plus. 2019. Service Manual. [žiūrėta 2019-01-20]. Prieiga per internetą: <https://spp.jdsportal.jcb.com/>

Santrauka

Pastaraisiais metais parduodama vis daugiau traktorių su amortizuojančia priekine ašimi. Švytavimų slopinimas padidina traktorininko darbo saugumą ir darbingumą bei prailgina traktoriaus eksploatacijos laiką. Straipsnyje nagrinėjama hidraulinio akumulatoriaus dujų slėgio įtaka hidraulinės sistemos darbo rodikliams. Hidraulinio akumulatoriaus slėgio įtakos hidraulinės sistemos rodikliams tyrimams pasirinkta tipinė transporto priemonė, t. y. panaudotas vidutinio galingumo (165AG) traktorius su amortizuojančiu priekiniu tiltu. Eksperimentas buvo atliekamas keičiant slėgį hidrauliniame akumulatoriuje. Slėgis buvo mažinamas nuo 85 iki 0 bar. Bandymas buvo atliekamas važiuojant 10 km/h, 15 km/h ir 20 km/h greičiu per pasirinktą kliūtį. Atlikus eksperimentą nustatyta, kad mažiausia įtaka eksploataciniams rodikliams, pasirinktomis sąlygomis yra kai hidraulinio akumulatoriaus slėgis 65 bar.

INFLUENCE OF HYDRAULIC ACCUMULATOR GAS PRESSURE ON HYDRAULIC SYSTEM WORK INDICATORS

Summary

In recent years, more and more tractors with a front axle have been sold. Damping increases the safety and performance of the tractor and extends the life of the tractor. The article analyzes the influence of hydraulic accumulator gas pressure on the hydraulic system performance. The influence of the pressure of the hydraulic accumulator on the characteristics of the hydraulic system is determined by the typical vehicle - medium (165AG) tractor with damping front axle. The experiment was carried out by changing the pressure in the hydraulic accumulator. The pressure was reduced from 85 to 0 bar. The tests were carried out at a speed of 10 km/h, 15 km/h and 20 km/h on the selected obstacle. The experiment has shown that the lowest impact on operating conditions under selected conditions is when the hydraulic accumulator pressure is 65 bar.

Audrius Sapronas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas; tel.: +370 641 81864, el. paštas: audrius.sapronas@gmail.com

Kastytis Laurinaitis – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos instituto lekt. dr.; tel. +370 685 79730, el. paštas: kastytis.laurinaitis@asu.lt

GRANULIUOTŲ MĖŠLO TRĄŠŲ IŠBARSTYMO SKLAIDOS MODELIAVIMAS

Tomas Povilas Ražanauskas, Eglė Jotautienė

Įvadas

Šiuo metu plačiai naudojamos įvairių gamintojų išcentrinės trąšų barstomosios trąšų granuliuotų organinių trąšų paskleidimui dirvos paviršiuje. Šių barstomųjų konstrukcija, darbiniai parametrai pagal išberiamų trąšų normą, biržės plotį, trąšų paskleidimo tolygumą pritaikyti granuliuotų sferos geometrinių charakteristikų birių dalelių išbarstymui. Netolygus trąšų barstymas turi įtakos bendram augalų derliui. Mažina trąšų naudojimo efektyvumą ir pelno maržą, padidina maistinių medžiagų nuostolius bei pavojų aplinkai (Koko&Virin, 2009).

Barstant mechanizuotai granuliuotą mėšlą, skiriasi jo aerodinaminės savybės skiriasi nuo sferinių mineralinių trąšų. Mėšlo trąšos dažniausiai būna 4–6 mm skersmens cilindro formos. Aerodinaminis pasipriešinimo koeficientas cilindro formos skiriasi apie 3 kartus nuo sferos formos trąšų. Šie veiksniai turi didelę įtaką trąšų paskleidimo netolygumui (Pocius et al, 2014, Jotautienė et al 2017).

Norint pagerinti trąšų paskleidimo tolygumą, reikia įvertinti įvairius nenumatytus veiksnius, tokius kaip: vėjas, dirvos netolygumas ir kt. Gerinti trąšų išbarstymą eksperimentiniu būdu yra brangu ir sugaištama daug laiko. Trąšų išbarstymo dinamikai tirti taikomi įvairūs teoriniai modeliai bei kompiuterinės programos. Tai leidžia tyrimus atlikti sparčiau ir taupant lėšas.

Tyrimo tikslas: sudaryti granuliuotų trąšų išbarstymo simuliacinį modelį ir ištirti granuliuotų mėšlo komposto trąšų paskleidimo tolygumą dirvoje modeliuojant.

Tyrimų metodika

Išcentrinis barstytuvo modelis buvo sumodeliuotas pagal „AMAZONE ZA-M“ trąšų barstytuvą naudojant 3D modeliavimo įrankį Pro/E, kuris yra integruotas į DEM programinę įrangą, EDEM (išplėstinis baigtinių elementų metodas).

Simuliacijai pasirinktos granuliuotos mėšlo komposto trąšų dalelės turi cilindro formą. Tyrime naudojamų granuliuotų trąšų pagrindinės savybės pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Pagrindinės granuliuotų trąšų savybės (Živatkauskas ir kt, 2016)

Rodiklis	Trąšos I	Trąšos II
Sausos medžiagos, %	88	90
Tankis, kg/m ³	700	650
C/N santykis	9	8,5
pH	6,4	7
Granulės skersmuo, mm	6±0,53	4±0,86

Sumodeliuotas barstytuvo modelis .igs formatu buvo importuotas į EDEM aplinką

Sukurtas trąšų barstytuvo DEM modelis buvo importuotas į EDEM programinės įrangos modeliavimo skaičiavimo modulį (v2.2). Svarbūs parametrai, veikiančys dalelių trajektoriją, pvz., disko kampas, disko sukimosi greitis, sklendės atidarymo dydis ir disko aukštis (atstumas tarp barstytuvo disko ir žemės), bus atrinkti, kad ištirtų skirtingas trąšų paskirstymo vienodumo parametrų vertes kinematinį ir dinaminių teorinės analizės pagrindu paskleistas daleles.

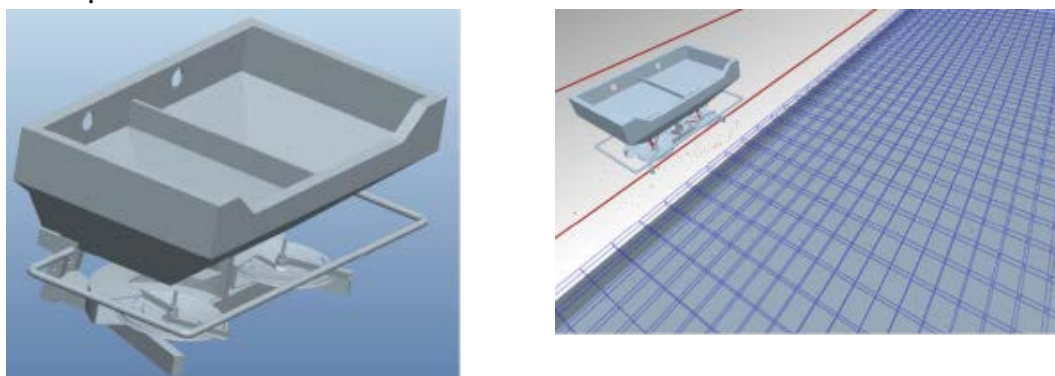
Atlikti teisingą DEM simuliaciją, reikia apsirašyti medžiagos, trinties bei aplinkos charakteristikas. Atliekama simuliacija organinių trąšų barstymui (sklaidai) nustatyti, kai barstytuvas važiuoja dirva apsirašoma trąšų granulės savybės ir trinties koeficientai su barstytuvo konstrukcija, bei dirvos savybės. Numatytasis „Hertz-Mindlin“ kontaktas modelio be slydimo, kuris yra EDEM programinėje įrangoje, bus naudojama modeliavimo analizei.

Rezultatai

Modeliavimui pasirinkti parametrai: sukimosi greitis išcentrinio barstytuvo disko – 300–900 aps min^{-1} , trąšų išleidimo srautas yra 100–500 g/s diapazone ir modeliavimo laikas 10s. Šios vertės atitinka faktinį išcentrinio barstytuvo judėjimą lauke, taip siekiant padidinti modeliavimo tikslumą.

Užsuduoti išberiamų trąšų kiekiai buvo 1000 kg ha^{-1} , paskleidimo biržės plotis 14 m. Traktoriaus važiavimo greitis 8 km/val. arba 2.2 m/s. Barstomosios aparatas pakeltas 0,9 m aukštyje. Atstumas tarp diskų 105 cm, disko skersmuo 60 cm, mentys 32 cm su nepasuktu kampu. Kita mentis 36 cm su pasuktu 5 laipsnių kampu. Disku sukimosi greitis 65 rad apie 620 aps/min. Pasvirimo kampo nėra.

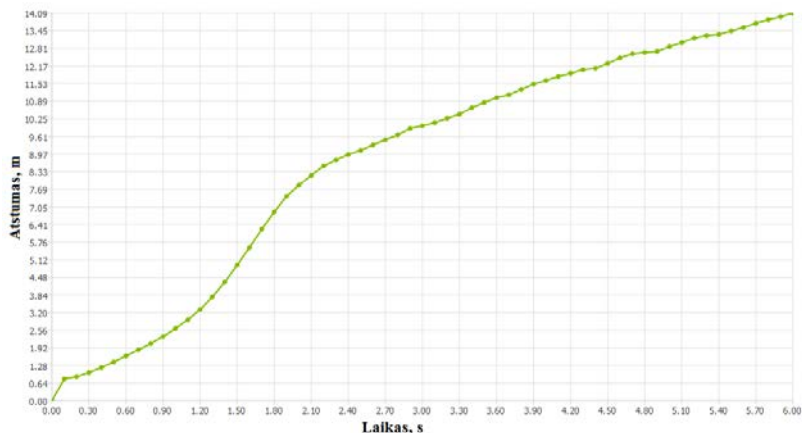
Paveiksle 1 pateikta dvidiskio barstytuvo 3D modelis ir barstytuvas sumodeliuotas barstant trąšas imituojant dirvos aplinką



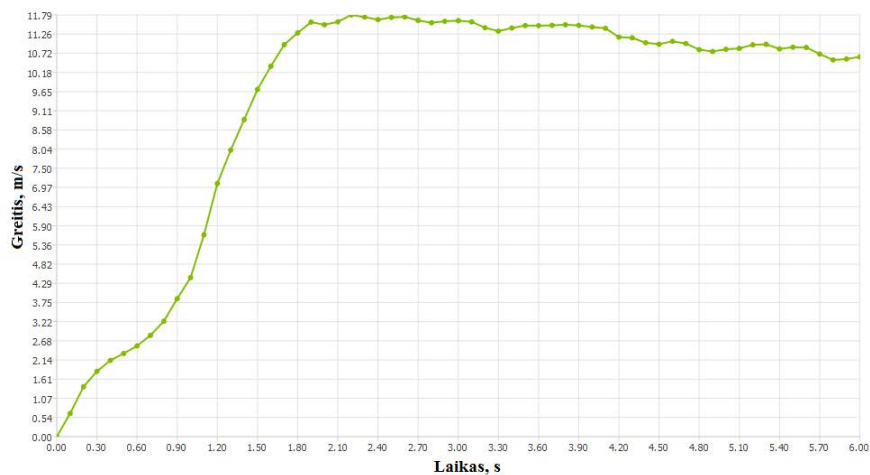
1 pav. Barstytuvo 3D modelis ir simuliacijos modelis EDEM aplinkoje

EDEM aplinkoje buvo sumodeliuota trąšų dalelės granulė, kurios savybės pateiktos 1 lentelėje. EDEM aplinkoje sukūrus barstytuvo 3D modelį ir trąšų dalelę, kuri

simuliacijoje gali būti padauginta iš n kartų, galima simuliuoti barstytuvo darbą, kai barstytuvas paskleidžia trąšas dirvoje. Naudojant sukurtą kintamo greičio trąšų barstytuvą, tyrimo metu trąšų paskirstymo tankis keičiamas daugiausia reguliuojant srauto greitį. Siekiant atlikti trąšų paskirstymo srauto įtakos išcentrinio kintamo greičio trąšų barstytuvo sklaidos charakteristikoms tyrimą, atsižvelgiant į mokslinę literatūrą (Koko & Virin, 2009). 2 paveiksle pateiktas nusviedžiamų trąšų dalelių atstumas. Po 6 s trąšų dalelės vidutiniškai nuskrieja iki 14 m atstumo.

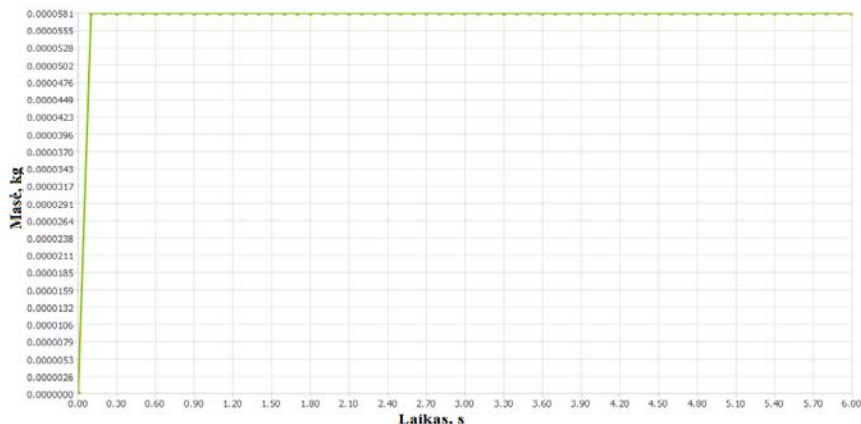


2 pav. Trąšų dalelių nuskriejamas atstumas



3 pav. Granuliuotų komposto trąšų išbarstymo greitis

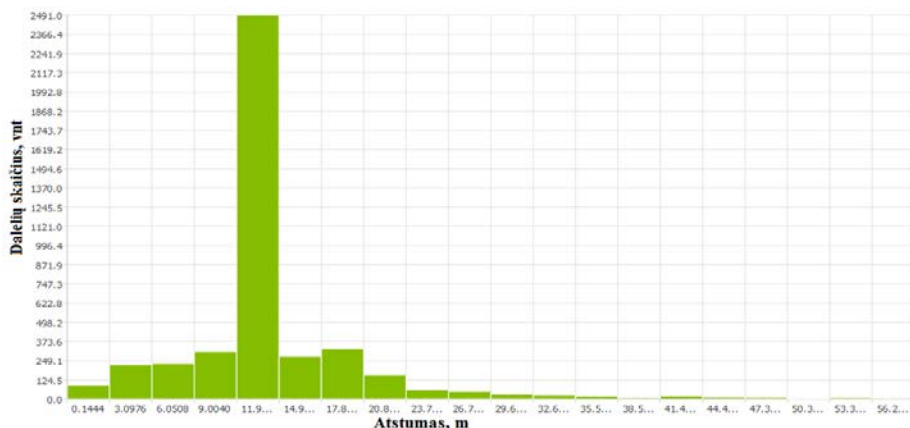
3 paveiksle parodyti modeliavimo rezultatų grafikas rodo, kad granuliuoto komposto paskleidimo greitis laikui bėgant yra pakankamai pastovus. Greitis kinta 10,52 cm/s iki 11,79 cm/s.



4 pav. Trašų dalelių išbarstoma masė

4 paveiksle parodyti modeliavimo rezultatų grafikas rodo, kad granuliuoto mėšlo komposto trašų paskleidimo masė laikui bėgant yra tolygi. Tačiau praktikoje tai užtikrinti yra sunku.

Galima pastebėti, kad trašų dalelių tankis didėja, kai padidėja trašų vartų sklaidžiamas srautas (5 pav.). Trašų dalelių pasiskirstymo laipsnis kinta pagal Gauso principą. Tyrimo rezultatai parodo, kad efektyvus barstymo plotis turi nežymią didėjimo tendenciją, nors tai nėra reikšmingi rezultatai. Panašius trašų sklaidos modeliavimo rezultatus galima rasti ir kituose mokslininkų darbuose (Koko & Virin, 2009).



5 pav. Trašų dalelių išbarstomas tolygumas

Galima daryti išvadą, kad iš esmės granuliuotų cilindro formos organinių trašų išbarstymą (paskleidimą) galima modeliuoti EDEM aplinkoje.

Išvados

1. Trašų dalelės nuskrietas atstumas priklauso nuo dalelių dydžio ir pradinio greičio, trašų rūšies, disko menčių parametru. Gauti modeliavimo rezultatai parodė, kas po 6 s trašų dalelės vidutiniškai nuskrieja iki 14 m atstumą. Dalelių greitis kito nuo 10,52 cm/s iki 11,79 cm/s, išbarstomų dalelių masė buvo pastovi laikui bėgant.

2. Sukūrus modelį, kuris atitinka realųjį trąšų barstytuvą bus tiksliausiai nustatyti tinkamiausi parametrai barstyti organinėms trąšoms, be to, bus įvertintas pasiskirstymo tolygumas, kuris padės mažinant reikalaujamų mokslinių tyrimų krūvį ir bandymo išlaidas, susijusias su laiko ir ploto naudojimu.

Literatūra

1. Jotautienė E., Bivainis V., Zokaitis K., Zinkevičienė R. 2017. Investigation on geometrical particle parameters and aerodynamic features of granular manure fertilizers. *Proceedings of Engineering for rural development: 16th international scientific conference*. Vol. 16, p. 1452–1457.
2. Koko J., and Virin T. 2009. Optimization of a fertilizer spreading process. *Mathematics and Computers in Simulation*. Vol. 79, Issue 10, p. 3099–3109.
3. LST EN 13739 – 2 : 2012 Žemės ūkio mašinos. Išcentrinės ir juostinės kietųjų trąšų barstosmosios. *Aplinkos apsauga*. 1-2 dalis. Reikalavimai, 2012.
4. Pocius A.; Jotautienė E.; Pekarskas J.; Mioldažys R.; Jasinskas A. Research of particle geometrical parameters and aerodynamic features of granular organic compost fertilizers. *Engineering for rural development : 13th international scientific conference : proceedings*, May 29-30, 2014. Jelgava, 2014. ISSN 1691-3043. Vol. 13, p. 401–406.
5. Živatkauskas M.; Jotautienė E. 2016. Organinių granuliuotų trąšų aerodinaminių savybių tyrimas. *Agroinžinerija ir energetika: ASU Žemės ūkio inžinerijos fakulteto mokslo populiarinimo ir gamybos žurnalas*. Nr. 21, p. 70–75.

Santrauka

Šiuo metu plačiai naudojamos įvairių gamintojų išcentrinės trąšų barstosmosios trąšų granuliuotų organinių trąšų paskleidimui dirvos paviršiuje. Straipsnyje sudaromas granuliuotų trąšų išbarstymo simuliacinis modelis ir ištiriamas granuliuoto mėšlo komposto trąšų paskleidimo tolygumas dirvoje. Išcentrinis barstytuvo modelis buvo sumodeliuotas pagal išcentrinę dvidiskę mineralinių trąšų barstomąją „AMAZONE ZA-M-1201“, naudojant DEM programinę įrangą. Gerinti trąšų išbarstymą eksperimentiniu būdu yra brangu ir sugaištama daug laiko. Trąšų išbarstymo dinamikai tirti taikomi įvairūs teoriniai modeliai bei kompiuterinės programos. Tai leidžia tyrimus atlikti sparčiau ir taupant lėšas.

Iš tyrimų rezultatų analizės galime teigti, kad granuliuotų cilindro formos organinių trąšų išbarstymui (paskleidimui) išcentrinės mineralinių trąšų barstosmosios gali būti naudojamos.

MODELING OF DISTRIBUTION OF GRANULATED MANUFACTURING FERTILIZERS

Summary

At present, centrifugal fertilizer spreaders of various manufacturers are widely used for spreading granular organic fertilizers on the soil surface. A simulation model of granular fertilizer spreading and granular manure compost fertilizer spreading in the soil is compiled. The centrifugal spreader model was modeled by centrifugal double fertilizer spreader AMAZONE ZA-M-1201 using DEM software. Improving the spreading of fertilizers experimentally is costly and time consuming. Various theoretical models and computer programs are used to analyze the dynamics fertilizers spreading. This allows for faster and more cost-effective research.

From the analysis of the research results, it was determined that centrifugal fertilizer spreaders can be used to disperse (spread) granular cylindrical organic fertilizers.

Povilas Tomas Ražanauskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas; tel. 862302257, el. paštas razanauskaspovilas@gmail.com
Eglė Jotautienė – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas. prof. dr.; tel. 837752204, el. paštas: Egle.Jotautiene@vdu.lt

PADANGŲ PRIPŪTIMO SLĖGIO NEVIENODUMO ĮTAKA AUTOMOBILIO STABDYMO RODIKLIAMS

Karolis Šiaulys, Algirdas Janulevičius

Įvadas

Kasmet Lietuvoje užregistruojama daug įskaitinių eismo įvykių, kuriuose būna nukentėjusių ar net žuvusių asmenų. Stabdymo režimai yra svarbūs ne tik eismo įvykių metu, bet ir automobilio eksploatavimo metu, nes padeda išvengti vibracijų, užtikrinti tinkamą amortizaciją, todėl tinkamas padangų pripūtimo slėgis yra svarbiausias veiksnys užtikrinant geras pramoninių padangų savybes ir jų eksploatacinę priežiūrą, eismo įvykių prevencijos sąlyga. Tinkamas padangų slėgis taip pat padidina degalų ekonomiją, sumažina stabdymo kelią, pagerina automobilio valdymą ir pailgina padangų tarnavimo laiką [4]. Būtina nuolat kontroliuoti padangų slėgį, nes nuo per mažo slėgio padangos labiau šyla, kas gali būti avarijos priežastimi [6], o dėl šių priežasčių padangų lėtėjimas stabdant, taip pat, kaip ir greitėjimas išibėgėjant, lemia automobilio valdomumą [2]. Taip pat labai svarbu užtikrinti kuo trumpesnę stabdymo kelią (didesnį lėtėjimą) tam, kad automobilis neprarastų pusiausvyros ir būtų užtikrintas eismo saugumas [1]. Stabdymo automobilio važiavimo tolygumas kinta padidėjus padangų slėgio svyravimų intensyvumui [5]. Dėl šių priežasčių tikslinga įvertinti, kokią įtaką turi automobilio padangų slėgio nevienodumas stabdymo rodikliams.

Tyrimų tikslas ir uždaviniai

Tyrimų tikslas: nustatyti, kokią įtaką turi oro slėgio nevienodumas padangoje išilginiam ir skersiniam automobilio lėtėjimo pagreičiui, stabdant jį didžiausia stabdymo jėga.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimams atlikti buvo pasirinktas švedų gamybos lengvasis automobilis Volvo S60, pagamintas 2005 metų, kurio variklio galia 136 kW, darbinis tūris – 2,4 l. Automobiliui buvo sumontuotos naujos vasarinės “Gremax” R16/55/205 padangos. Tyrimas atliktas 2018 metais spalio mėnesį, Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos teritorijoje. Automobilio padangų slėgio nevienodumo įtakos stabdymo rodikliams stabdant didžiausia jėga tyrimas buvo atliktas sudarius įvairius nevienodo padangų pripūtimo slėgio scenarijus. Pagrindiniai tirti nevienodo slėgio padangų pripūtimo scenarijai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Tirti padangų pripūtimo slėgių scenarijai

Scenarijaus Nr.	Padangų pripūtimo slėgiai (kPa)			
	Priekiniai ratai		Galiniai ratai	
	kairys	dešinys	kairys	dešinys
1	250	250	250	250
2	100	100	100	100
3	250	250	100	100
4	100	100	250	250
5	250	250	250	100
6	250	100	250	250
7	100	250	250	250
8	250	250	100	250

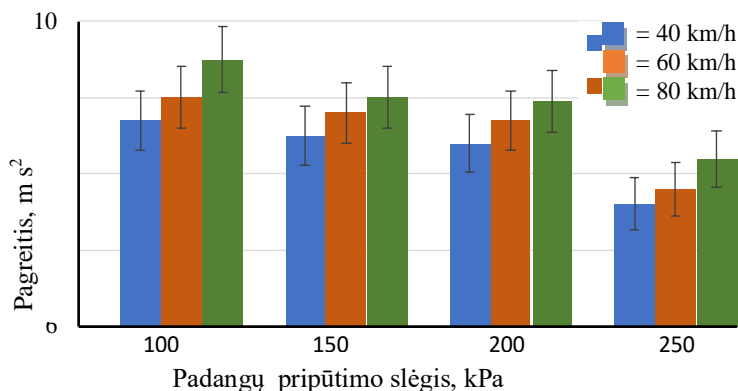
Tyrimui pasirinkto lengvojo automobilio išilginiam ir skersiniam lėtėjimo pagreičiui stabdymo metu matuoti buvo naudojamas prietaisas AccDriver 211, kurio matavimo intervalas yra $\pm 2g$ ($\pm 20 \text{ m s}^{-2}$), matavimo tikslumas – $0,04 \text{ m s}^{-2}$. Ši priemonė naudoja optinio ryšio technologiją, kuri užtikrina tikslius rezultatus bei pateikia juos kompiuteriniu formatu [7].

Stabdymo tyrimai atlikti automobiliui pasiekus nusistovėjusius važiavimo greičius: 40 km/h, 60 km/h ir 80 km/h.

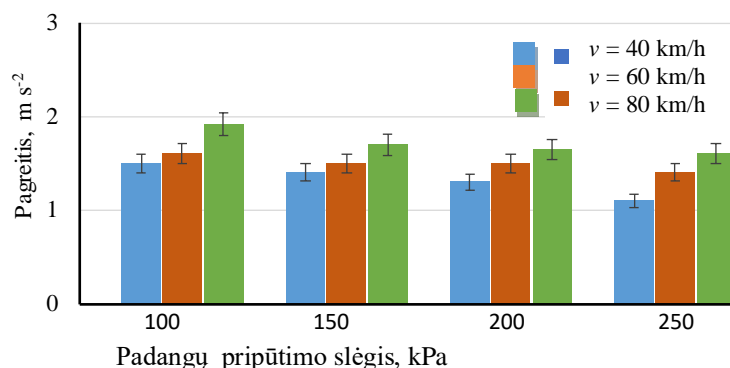
Gauti tyrimo rezultatai pateikti aritmetiniu vidurkiu su matavimo neapibrėžties atsitiktinės paklaidos dalimis (vidurkio pasikliauties intervalu), esminiu skirtumu tarp duomenų vidurkių [3].

Rezultatai

Tyrimų rezultatai iš naudotos įrangos buvo perkelti į kompiuterį ir apdoroti, nustatytas lėtėjimas ir pagreitis esant skirtingiems padangų pripūtimo slėgiams, sudaryta priklausomybė, kurioje galima matyti automobilio lėtėjimo pagreičio išilgine bei skersine kryptimis, stabdant didžiausia stabdymo jėga, kitimo dėsninumus konkrečiais atvejais, t. y. esant 100, 150, 200 ir 250 kPa pripūtimo slėgiams (1 ir 2 pav.).



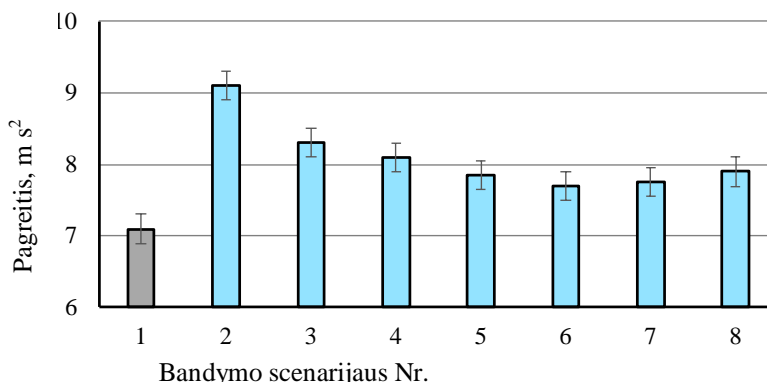
1 pav. Automobilio lėtėjimo pagreičio išilgine kryptimi, stabdant didžiausia stabdymo jėga, priklausomybė nuo oro slėgio padangose ir važiavimo greičio



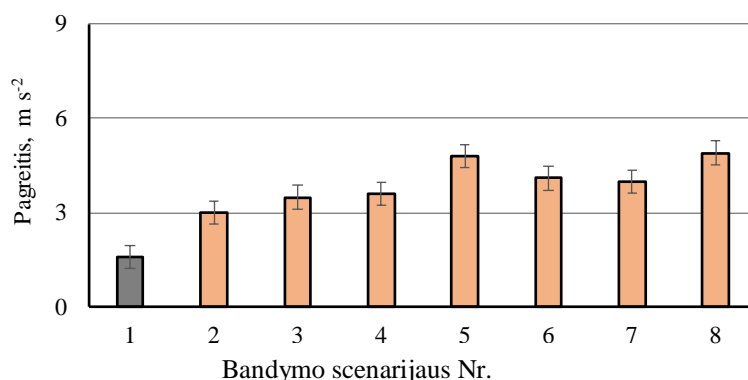
2 pav. Automobilio lėtėjimo pagreičio skersine kryptimi, stabdant didžiausia stabdymo jėga, priklausomybė nuo oro slėgio padangose ir važiavimo greičio

Pagal tyrimo metu gautus rezultatus matoma, kad esant mažesniai padangų pripūtimo slėgiui, automobilio lėtėjimo pagreitis buvo didesnis tiek išilgine tiek skersine kryptimis. Taip pat lėtėjimo pagreitis buvo didesnis, kai automobilis buvo stabdomas pasiekus didesnę važiavimo greitį. Automobilio lėtėjimo pagreitis išilgine kryptimi, stabdant didžiausia stabdymo jėga, kito tarp $7,5$ – $9,5$ $m s^{-2}$, o skersine kryptimi tarp $1,1$ – $1,9$ $m s^{-2}$.

Automobilio lėtėjimo pagreičio išilgine bei skersine kryptimis, stabdant didžiausia stabdymo jėga pasiekus 80 km/h važiavimo greitį, priklausomybė nuo padangų pripūtimo slėgių įvairių scenarijų pateikta 3 ir 4 paveiksluose.



3 pav. Automobilio lėtėjimo pagreičio išilgine kryptimi, stabdant didžiausia stabdymo jėga pasiekus 80 km/h važiavimo greitį, priklausomybė nuo padangų pripūtimo slėgių įvairių scenarijų



4 pav. Automobilio lėtėjimo pagreičio skersine kryptimi, stabdant didžiausia stabdymo jėga pasiekus 80 km/h važiavimo greitį, priklausomybė nuo padangų pripūtimo slėgių įvairių scenarijų

Tyrimų metu nustatyta, kad automobilio padangose sumažėjus oro slėgiui nuo 250 kPa pagal bet kurį scenarijų, stabdant didžiausia stabdymo jėga, automobilio stabdymo pagreitis padidėjo visais atvejais. Akcentuotina tai, kad padidėjo ir pagreičio dedamoji skersine kryptimi, kuri mažina automobilio stabilumą ir valdomumą stabdymo metu, vadinasi, neužtikrinamas automobilio stabilumas ir saugios vairavimo sąlygos. Automobilio lėtėjimo pagreitis skersine kryptimi, stabdant didžiausia stabdymo jėga pasiekus 80 km/h važiavimo greitį, priklausomai nuo padangų pripūtimo slėgių tirtų scenarijų, padidėjo nuo 1,6 iki 3,8 m s⁻².

Išvados

1. Tyrimų metu nustatyta, kad oro slėgio nevienodumas padangose turi ženklia įtaką išilginiam ir skersiniam automobilio lėtėjimo pagreičiui, stabdant jį didžiausia stabdymo jėga.
2. Automobilio lėtėjimo pagreitis skersine kryptimi, stabdant didžiausia stabdymo jėga pasiekus 80 km/h važiavimo greitį, priklausomai nuo padangų pripūtimo slėgių nevienodumų nuo 100 iki 250 kPa, padidėjo nuo 1,6 iki 3,8 m s⁻². Ši pagreičio dedamoji skersine kryptimi mažina automobilio stabilumą ir valdomumą stabdymo metu.

Literatūra

1. Pečeliūnas, R. Automobilio svyravimai ekstremalaus stabdymo metu. Daktaro disertacija. Vilnius: 2004.
2. Rutka, A. Automobilio stabilumo modeliavimas. Daktaro disertacija. Kaunas: 2002.
3. Žuraulis, V. Posūkio trajektorija slydimo režimu judančio automobilio dinaminių parametru tyrimas. Daktaro disertacija. Vilnius, 2015
4. Auryla, J. Automobilų techninių trūkumų įvertinimo analizė. [Žiūrėta 2018 12 15]. 2010. Prieiga per internetą: <https://vb.vgtu.lt/object/elaba:1786844/1786844.pdf>
5. Jankauskas, K. Matavimų paklaidos ir jų įvertinimas. Klaipėda: KU leidykla, 2000.

6. Kemzūraitė, K., Žuraulis, V., Wieckowski, D. [Žiūrėta 2018 12 11]. Padangų savybių įtaka amortizatorių efektyvumo matavimui. 2015. Prieiga per internetą: http://archiwummotoryzacji.pl/images/AM/vol64/64_KEMZURAIT_127-136_pl.pdf

Santrauka

Stabdymo režimai yra svarbūs eismo įvykių metu, nes padeda išvengti vibracijų, užtikrinti tinkamą amortizaciją, todėl tinkamas padangų pripūtimo slėgis yra svarbiausias veiksnys užtikrinant geras pramoninių padangų savybes ir jų eksploatacinę priežiūrą, eismo įvykių prevencijos sąlyga. Tyrimų metu nustatyta, kad oro slėgio nevienodumas padangose turi ženklų įtaką išilginiam ir skersiniam automobilio lėtėjimo pagreičiui, o automobilio lėtėjimo pagreitis skersine kryptimi, stabdant didžiausia stabdymo jėga, mažina automobilio stabilumą ir valdomumą stabdymo metu.

RAKTAŽODŽIAI: lengvasis automobilis, stabdymas, greitis, pagreitis, padangos, padangų slėgis, slėgio nevienodumas.

INFLUENCE OF TIRE PRESSURE IMBALANCE EFFECT ON CAR BRAKING INDICATORS

Summary

Braking mode is an important factor during a traffic accident, because it helps prevent vibrations and ensure optimal amortization. Correctly selected pressure for tires is the most important indicator to ensure their effectiveness in traffic related accidents.

This study has shown that air pressure imbalance in tires influence breaking lengthwise and sideways and the speed of an automobile breaking sideways with the most force, lowers the stability and controllability during braking.

KEYWORDS: car (light automobile), braking, speed, acceleration, tires, tire pressure, pressure imbalance.

Karolis Šiaulys – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas magistrantas; tel. +37063555359, el. paštas: kisiaulys@gmail.com

Algirdas Janulevičius – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, prof. dr., tel. +37061611453, el. paštas: algirdas.janulevicius@vdu.lt

MEDIENOS PJUVENŲ BIOMETRINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAI

Edgaras Paščiukas

Ivadas

Lietuva yra viena iš šalių, kuri gali pasigirti netik dideliu miškingumu, tačiau ir didele medžių įvairove miškuose. Statistikos duomenimis 2017 m. miško plotai Lietuvoje siekė 2189,6 tūkst. ha ir užėmė 33,5 % šalies teritorijos (Aplinkos ministerija ir Valstybinė miškų tarnyba, 2017).

Medienos pramonės ekonominė nauda Lietuvai yra labai svarbi. Medienos ir medienos gaminių gamybos sektorius, 2011 metų duomenimis, sukūrė 1,3 % visos šalies pridėtinės vertės. Lyginant su kitomis Europos Sąjungos (ES) valstybėmis, Lietuvos medienos ir medienos gaminių gamybos pramonės sukuriama pridėtinė vertė bendrojoje šalies pridėtinėje vertėje buvo viena didžiausių. Lietuvą pagal šį rodiklį lenkė tik Latvija ir Estija. Lietuvos sektoriaus indėlis į bendrą šalies pridėtinę vertę daugiau nei 4 kartus viršijo ES vidurkį (EKT, 2014).

Atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas yra vienas iš pagrindinių Lietuvos energetikos politikos tikslų, apibrėžtų Energetikos įstatyme ir Nacionalinėje energetikos strategijoje (Titova, 2016). Pastoviai didėjantis energijos poreikis, didėjančios energijos kainos, taip pat ryškėjančios aplinkosauginės problemos, šiltnamio efekto dujų emisijų kiekio didėjimas atmosferoje, skatina ieškoti alternatyvių energijos šaltinių, kurie prisidėtų prie tvaraus žaliavų naudojimo, užtikrintų teigiamą energinį potencialą bei skatintų socialinių-ekonominių problemų sprendimą (Nishiwaki ir kt., 2011; Atsu ir kt., 2016).

Lietuvoje svarbiais atsinaujinančiais energijos ištekliais iki šiol laikomi tradiciškai energetinėms reikmėms naudojami ištekliai – malkos, miško kirtimo ir medžio apdirbimo atliekos (žievė, šakos, pjuvenos, pjuvenų briketai ir kt.). Vidutinės trukmės perspektyvai šių išteklių racionalus panaudojimas energetinėms reikmėms tenkinti ir ypač reikšmingas gamtinių dujų pakeitimas biokuru centralizuoto šilumos tiekimo sektoriuje yra vienas iš neabejotinų Lietuvos energetikos prioritetų, kuriam pasiekti būtina ir toliau vystyti biokuro panaudojimą, o pjuvenos yra vienas iš perspektyvių išteklių biokuro vystymui (Ambrulevičius, 2010).

Taip kaip malkinė mediena, miško kirtimų atliekos taipogi ir pjuvenos gali būti naudojamos kaip kuras, gauti šiluminei energijai. Iš medienos pjuvenų yra gaminamos tiek granulės tiek briketai skirti įvairių tipų krosnims. Taip pat pjuvenas galima deginti ir tiesiogiai tam pritaikytose krosnyse (ne briketų ar granulių pavidalu) (Adegunloye, Asefon, 2018).

Medienos pjuvenų tyrimai ir jų panaudojimo galimybės yra aktualus mokslinių tyrimų objektas. Pjuvenų biometriniai tyrimai leidžia spręsti aktualias pjuvenų apdirbimo ir panaudojimo problemas. Pavyzdžiui, pjuvenų panaudojimo grandinėje, vienas iš aktualiausių sprendinių – jų surinkimas ir nusodinimas. Žinant pjuvenų biometrinius rodiklius galima parinkti tinkamiausius

technologinius surinkimo ir nusodinimo sprendinius, kurie užtikrins racionalų žaliavos valdymą (Burrows, 2014).

Tyrimų tikslas – ištirti ir palyginti medienos perdirbimo pramonėje susidariusių pjuvenų frakcinę sudėtį.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimai buvo atliekami VDU ŽŪA energetikos ir biotechnologijų inžinerijos instituto laboratorijoje. Tyrimams buvo pasirinkti keturi skirtingi medienos pjuvenų ir masyvų variantai:

1. MDP – medžio drožlių pjuvenos;
2. MDF – medžio dulkių plokštė;
3. Faneros pjuvenos;
4. Medžio pjuvenos.

Tirtų medienos plokščių pjuvenų drėgnis svyravo nuo 5,72 % iki 10,51 %. Didžiausio (10,51 %) drėgnio buvo faneros pjuvenos, o mažiausio (5,72 %) drėgnio buvo MDP pjuvenos. MDF pjuvenų drėgnis buvo 6,13 %, o medžio pjuvenų drėgnis siekė 6,88 %.

Siekiant palyginti pjaustant susidarancias pjuvenas buvo nustatytas jų tankis ir frakcinė sudėtis.

Tankis nustatytas subėrus atitinkamo varianto pjuvenas į cilindro formos indą, kurio tūris (V) lygus $0,00149 \text{ m}^3$. Cilindrinis indas kartu su pjuvenomis pasveriamas elektroninėmis svarstyklėmis SCALTEC SPO 62. Visi keturi pjuvenų variantai taip sveriami buvo po dešimt kartų kaskart užpildant indą iš naujo. Nustačius pjuvenų mėginių masę, tankis buvo apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

čia: ρ – pjuvenų tankis; kg/m^3 ;

m – pjuvenų masė inde, kg ;

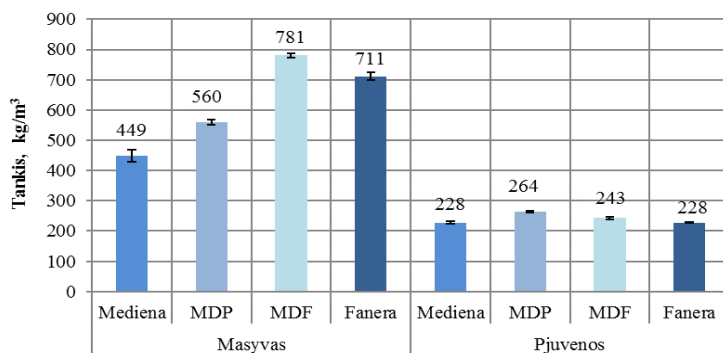
V – indo tūris, m^3 .

Tankių palyginimui tarp birių pjuvenų variantų ir nesmulkintų plokščių – masyvų, buvo nustatomas ir visų keturių variantų masyvų tankis. Masyvų tankis buvo apskaičiuojamas taip pat kaip ir birių pjuvenų – pagal formulę. Prieš apskaičiuojant tankį plokštė buvo išmatuojama ir nustatomas jos tūris (V), tuomet pasveriamas ir nustatoma jos masė (m).

Pjuvenų frakcinė sudėtis buvo nustatoma naudojant sietų komplektą, kur vienas ant kito sudėti sietai eilės tvarka, pagal juose esančių skylių skersmenis: 4,5 mm, 3,15 mm, 2,5 mm, 1,7 mm, 1mm, 0,5 mm. 0,2 kg pjuvenų bandinio masė sijojama specialiu sietų kratytuvu Haver EML Digital plus. Kratytuvo darbo parametrai: vibravimo trukmė 1 min., vibravimo intervalas 10 s, vibravimo amplitudė 1 mm. Bandymai buvo atliekami penkiais pakartojimais.

Rezultatai

Atlikus skirtingos medienos gaminių masyvų ir birių pjuvenų tankio nustatymą, buvo nustatyta, kad masyvo tankis daugiau nei du kartus yra didesnis nei to pačio varianto birių pjuvenų tankis. Masyvo ir birių pjuvenų tankių tyrimo rezultatai pateikti 1 paveiksle.

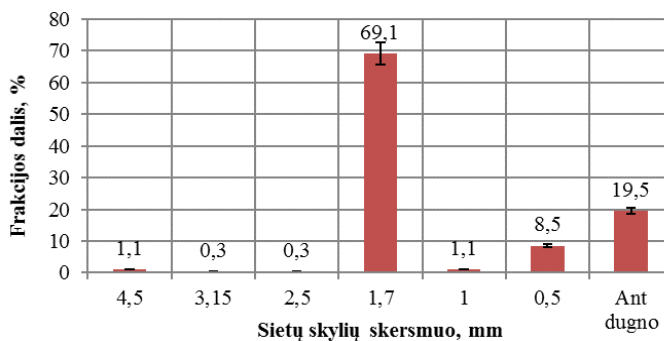


1 pav. Medienos masyvų ir birių pjuvenų tankis

Lyginant skirtingos medienos gaminių masyvus, tankiausias yra MDF (medžio dulkių plokštė) masyvus, kurio tankis siekia 781 kg/m³. Mažiausias tankis – 449 kg/m³ buvo nustatytas medienos masyvo plokštės. Faneros masyvo tankis siekė 711 kg/m³, o MDP (medžio drožlių pjuvenų plokštė) masyvo tankis buvo 560 kg/m³.

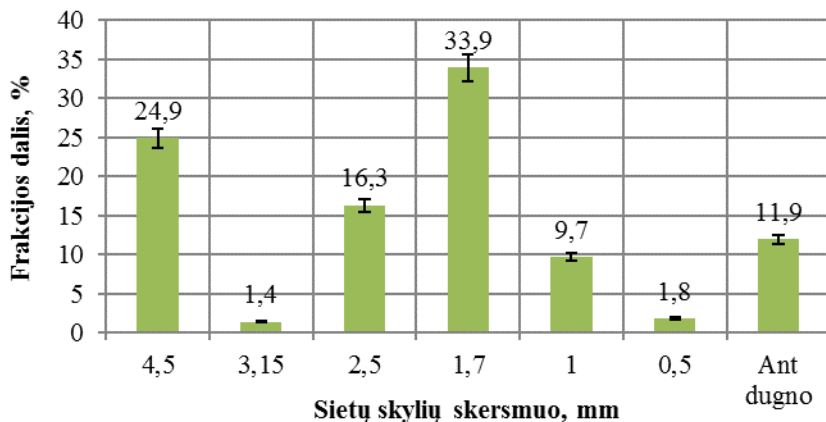
Tarp skirtingo tipo pjuvenų sampilo tankių toks didelis skirtumas nebuvo fiksuotas. Jų tankiai kito nuo 228 iki 264 kg/m³. Tirtų birių pjuvenų ėminių didžiausias 264 kg/m³ tankis buvo gautas MDP (medžio drožlių pjuvenų plokštė) variante, o mažiausias tankis 228 kg/m³ buvo gautas medienos ir faneros pjuvenų variantuose. MDF (medžio dulkių plokštė) variante tankis buvo gautas 243 kg/m³.

Atlikus keturių skirtingų variantų pjuvenų frakcinės dalies nustatymą, buvo gauti labai skirtingi rezultatai kiekvienu tirtu atveju. Pjuvenų frakcinės dalies tyrimų rezultatai pateikti 2–5 paveiksluose.



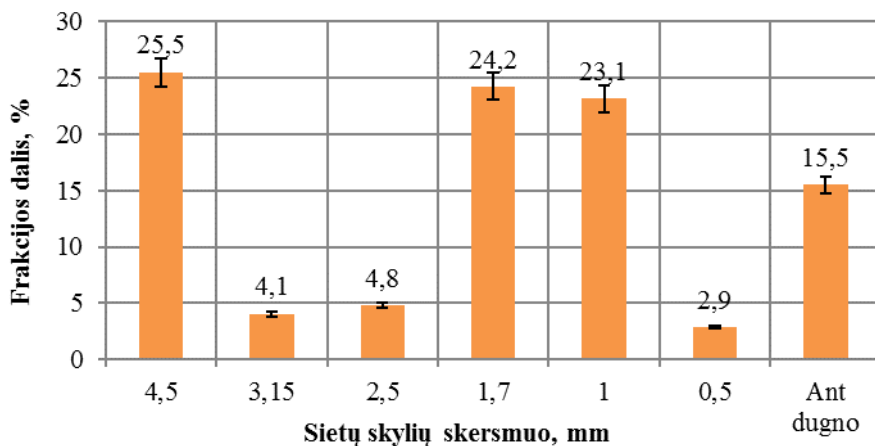
2 pav. Medžio pjuvenų frakcinė sudėtis

Medžio pjuvenų frakcinė sudėtis svyravo nuo 1,1 % iki 69,1 %. Didžiausią dalį 69,1 % pjuvenų frakcijos sudarė 1,7 mm frakcinė sudėtis, mažiausią 1,1 % sudarė 4,5 ir 1 mm frakcinė sudėtis.



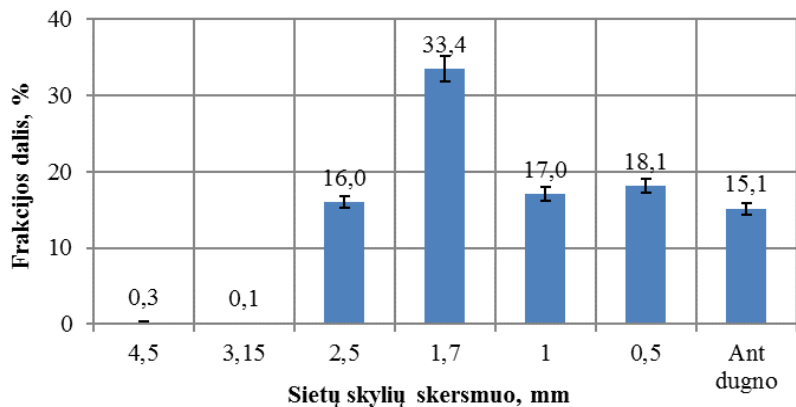
3 pav. MDF (medžio dulkių plokštė) pjuvenų frakcinė sudėtis

Atlikti tyrimai parodė, kad MDF (medžio dulkių plokštė) pjuvenų frakcinė sudėtis svyravo nuo 1,4 % iki 33,9 %. MDF (medžio dulkių plokštė) didžiausią 33,9 % frakcinę dalį sudarė 1,7 mm frakcinė sudėtis, o mažiausią 1,4 % sudarė 3,15 mm frakcinė sudėtis.



4 pav. MDP (medžio drožlių) pjuvenų frakcinė sudėtis

MPD (medžio drožlių) frakcinė sudėtis svyravo nuo 25,5 % iki 2,9 %. Didžiausia 25,5 % frakcinės dalis buvo 4,5 mm frakcinės sudėties, o mažiausia 2,9 % buvo gauta 0,5 mm frakcijos.



5 pav. Faneros pjuvenų frakcinė sudėtis

Faneros pjuvenų frakcinė sudėtis svyravo nuo 0,1 % iki 33,4 %. Didžiausia 33,4 % frakcinė sudėtis buvo gauta 1,7 mm frakcijos, o mažiausia 0,1 % frakcinė dalis 3,15 mm frakcijos.

Apibendrinus pjuvenų frakcijos dalies tyrimų rezultatus, buvo nustatyta, kad didžiausia (19,5 %) frakcijos dalis ant dugno buvo medžio pjuvenų variante. O mažiausia (11,9 %) frakcijos dalis ant dugno buvo nustatyta MDF (medžio dulkių plokštė) variante. MDP (medžio drožlių) ir faneros pjuvenų frakcijos ant dugno skyrėsi labai nežimiai (MDP frakcija siekė 15,5 %, o faneros 15,1 %).

Išvados

1. Atlikus plokščių masių tankio vertinimą, buvo gauta: tankiausias MDF (medžio dulkių plokštė) masyvas, kurio tankis siekia 781 kg/m^3 , o mažiausias tankis – 449 kg/m^3 buvo nustatytas medienos masyvo. Faneros masyvo tankis siekė 711 kg/m^3 , o MDP (medžio drožlių pjuvenų plokštės) masyvo tankis buvo 560 kg/m^3 .
2. Tirtų birių pjuvenų ėminių didžiausias 264 kg/m^3 tankis buvo gautas MDP (medžio drožlių plokštės) pjuvenų, o mažiausias tankis 228 kg/m^3 buvo gautas medienos ir faneros pjuvenų. MDF (medžio dulkių plokštės) pjuvenų tankis buvo 243 kg/m^3 .
3. Medžio pjuvenų 69,1 %, MDF (medžio dulkių plokštės) 33,9 % ir faneros 33,4 % frakcinės sudėties sudarė 1,7 mm dydžio dalelės. MDP (medžio drožlių plokštės) pjuvenų 25,5 % sudėties sudarė 4,5 mm dydžio dalelės.
4. Didžiausia (19,5 %) smulkiausia frakcijos dalis – susikaupusi ant sieto rietuvės dugno, nustatyta medžio pjuvenų sudėtyje, o mažiausia (11,9 %) – MDF (medžio dulkių plokštė) pjuvenų sudėtyje.

Literatūra

1. Aplinkos ministerija ir Valstybinė miškų tarnyba. 2017. Lietuvos miškų ūkio statistika.
2. Adegunloye D, Asefon E. 2018. Potention of *Milicia excelsa* sawdust as fermentation medium for bioethanol production: a preliminary study. Journal of fundamentals of renewable anergy

- and applications. 8(3): 3–6. [žiūrėta 2019-03-02]. Prieiga per internetą: <https://pdfs.semanticscholar.org/f06f/cd35c51a789803ee9d876fc0c8f5bf392995.pdf>
3. Ambrulevičius R. 2010. Biomasės deginimas mažos bei vidutinės galios katilinėse ir emisijų problemos. *Energetika*. 56 (2): 103–109.
 4. Atsu D., Agyemang E. O., Tsike S. A. K. 2016. Solar electricity development and policy support in Ghana. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 53: 792–800.
 5. Burrow J. F. 2014. Canadian wood framed house construction, [interaktyvus]. Canada: CMHC. [žiūrėta 2019-02-30]. Prieiga per internetą: <https://www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/pdf/61010.pdf>
 6. EKT. 2014. Medienos ir medienos gaminių sektoriaus įmonių eksporto plėtros galimybių studija NVS šalims.
 7. Nishiwaki A, Mizuguti A, Kuwabara S, Toma Y, Ishigaki G, Miyashita T, Yamada T, Matuura H, Yamaguchi S, Rayburn AL, Akashi R, Stewart JR. 2011. Discovery of natural *Miscanthus* (Poaceae) triploid plants in sympatric populations of *Miscanthus sacchariflorus* and *Miscanthus sinensis* in southern Japan. *American journal of botany*. 98(1): 154–9.
 8. Titova J. 2016. Tręšimo nuotekų dumblo kompostu įtaka energinių augalų biomasės formavimuisi ir cheminių elementų kaitai. Daktaro disertacija. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centras, Akademija. [žiūrėta 2019-03-02]. Prieiga per internetą: <https://www.lammc.lt/data/public/uploads/2016/05/JelenaTitovaDissertationFinish.pdf>

Santrauka

Medienos pramonė yra viena svarbiausių ūkio šakų Lietuvoje, kuri nuolat plėtojama, dėl gausių medienos resursų šalyje. Netik malkinė mediena, šakos, kirtimo atliekos, bet ir pjuvenos gali būti naudojamos šilumos gamybai. Tyrimų metu buvo nustatoma keturių skirtingų medienos pjuvenų tankis ir fracinė sudėtis. Atlikti tyrimai parodė, kad didžiausias (781 kg/m^3) medienos masyvo tankis buvo MDF (medžio dulkių plokštė) variante, o mažiausias tankis – 449 kg/m^3 buvo nustatytas medienos masyvo plokštės variante. Pjuvenų sampilo didžiausias (264 kg/m^3) tankis buvo gautas MDP (medžio drožlių pjuvenų plokštė) variante, o mažiausias tankis 228 kg/m^3 buvo gautas medienos ir faneros pjuvenų variantuose. Atlikti pjuvenų sampilų frakcijos tyrimai parodė, kad medžio pjuvenų (69,1 %), MDF (medžio dulkių plokštės) (33,9 %) ir faneros (33,4 %) sudėtį sudarė 1,7 mm frakcijos. MPD (medžio drožlių) (25,5 %) sudėtį sudarė 4,5 mm frakcijos.

Raktiniai žodžiai: pjuvenos, mediena, tankis, frakcijos.

ANALYSIS OF BIOMETRIC PROPERTIES OF WOOD SAWDUST

Summary

The wood industry is one of the most important branches of the economy in Lithuania, which is constantly developing due to the abundance of wood resources in the country. Not even firewood, branches, logging waste, but also sawdust can be used for heat production. The density and fractional composition of four different wood sawdust were determined during the research. The analysis showed that the largest (781 kg/m^3) solid wood density was in the MDF (wood chipboard) version and the lowest density of 449 kg/m^3 was determined in the solid wood panel version. The highest density of sawdust mound (264 kg/m^3) was obtained in the version of MDP (chipboard sawdust panel) and the lowest density of 228 kg/m^3 was obtained in wood and plywood sawdust versions. The analysis of sawdust mound fraction showed that wood sawdust (69.1%), MDF (wood dust panels, 33.9%) and plywood (33.4%) consisted of 1.7 mm fractions. MPD (wood chips) (25.5%) consisted of 4.5 mm fractions.

Keywords: sawdust, wood, density, fractions.

Edgaras Paščiukas, VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas, tel.+370 62233421, el. paštas: edgaraz89@gmail.com.

„COMMON RAIL“ DYZELINĖS MAITINIMO SISTEMOS PURKŠTUVŲ ATSTATYMO TECHNOLOGIJOS TINKAMUMO TYRIMAS

Tomas Krakaitis

Įvadas

Griežtėjant ekologiniams ir automobilių ekonomiškumo reikalavimams, automobilių gamintojai stengiasi sukurti kuo ekonomiškesnius bei ekologiškesnius automobilius. Tokius kriterijus atitinka naujausi dyzeliniai varikliai, kurie naudoja „Common Rail“ dyzelinę maitinimo sistemą (liet. bendra magistralė). Maitinimo sistema yra naudojama jau daugiau nei 20 metų. Išsivysčius elektronikos technologijoms ir vis didėjantys ekologiniai reikalavimai lėmė tai, jog daugelis automobilių ir žemės ūkio technikos gamintojų privalėjo pradėti taikyti „Common Rail“ maitinimo sistemą. „Bosch“ kompanija pirmąją serijinės gamybos „Common Rail“ sistemą pristatė 1997-aisiais metais [2]. Sistema pavadinta šiuo vardu dėl sistemoje esančio didelio slėgio degalų akumulatoriaus, kuris aprūpina visus variklio cilindrų reikiamu degalų kiekiu. Sistemoje nepriklausomai nuo variklio sūkių ar apkrovos visuomet palaikomas Elektroninio Valdymo bloko (toliau EVB, angl. ECU – Electronic Control Unit) nustatytas slėgis.

Tačiau ši sistema turi ir trūkumų. Kai kurių šios sistemos mazgų tarnavimo laikas ribotas dėl milžiniškų apkrovų (slėgis sistemoje siekia iki 2200 bar) [1], o jų remontas brangus. Be to, ji itin jautri degalų kokybei bei dėl nevykdomos sava laikės priežiūros šios maitinimo sistemos dalys, ypačingai, didelio slėgio degalų purkštuvai, tinkamai neveikia [3]. Tyrimo metu tiriamas „Bosch“ CR elektromagnetinių purkštuvų atstatymo technologijos tinkamumas.

Tyrimų tikslas ir uždaviniai

Tyrimų tikslas – ištirti elektromagnetinių BOSCH CRI1 purkštuvų atstatymo technologijos tinkamumą, kada atliekama valdymo vožtuvo lizdo restauravimo operacija.

Eksperimentinių tyrimų uždaviniai:

- Ištirti purkštuvo valdymo vožtuvo lizdo medžiagos struktūrą, pamatuoti lizdo kietumą.
- Atlikti restauruoto purkštuvo eksploatacinius tyrimus.

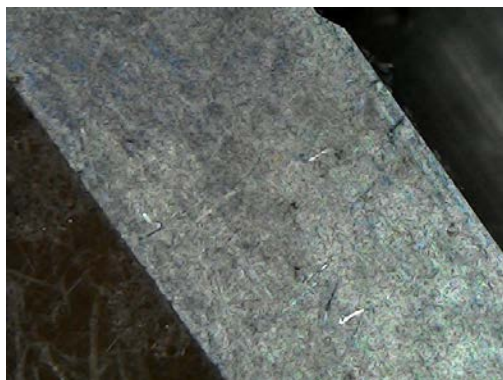
Tyrimų metodika

Eksperimentiniai tyrimai ir remonto operacijos atliktos nuosavoje dirbtuvėje esančioje Marijampolėje, Medžiotojų g. 20A ir Aleksandro Stulginskio universitete, Žemės ūkio inžinerijos fakulteto, medžiagotyros laboratorijoje. Tyrimams pasirinktas „Bosch“ gamintojo pirmos kartos CRI1 elektromagnetinis „Common Rail“ sistemos purkštuvai iš „BMW 740D“, turinčio V8 3.9l darbinio tūrio variklį, automobilio pagaminto 2000 m. Naudojant „DIESEL CENTER“ purkštuvų valdymo vožtuvų lizdų šlifavimo stakles kartu su „DONE DEAL“ „No 1“ ir „No 2“ šlifavimo

pasta, atlikta purkštuvo valdymo vožtuvo lizdo restauracija. Purkštuvo darbo parametrai, kurie atitinka testavimo planuose numatytus normatyvus, gauti keičiant purkštuvo kalibravimo tarpinių storį. Matavimai atlikti naudojant mikrometrinį indikatorius bei naudojantis „STEP 3“ purkštuvų kalibravimo programoje pateikta informacija. Purkštuvo ritės induktyvumas matuotas skaitmeniniu multimetru. Purkštuvo patikra po remonto atlikta „DIESEL – CENTER“ „CR COMPACT“ CR purkštuvų patikros stendu – simulatoriumi. Restauruotas purkštuvas po remonto įmontuotas į „BMW 740D“ 2000 m. automobilį. Tyrimo laikotarpiu eksploatuojamame automobilyje naudoti tik aukštos kokybės, ES standartus atitinkantys degalai. Automobilis eksploatuotas ilgais atstumais (Lietuva – Vokietija). Prieš eksploataciją pakeistas degalų filtras „MANN FILTER“ (Vokietija). Prieš atliekant tyrimus išplautas degalų bakas ir visa degalų sistema (didelio slėgio vamzdeliai; degalų akumuliatorius). Po 30000 km eksploatacijos purkštuvas pakartotinai tikrintas stendo pagalba ir analizuoti purkštuvo parametrai. Po 30000 km eksploatacijos pateikiamos išvados apie purkštuvo valdymo vožtuvo restauravimo technologijos patikimumą pagal patikros stendo rezultatus ir atliekant valdymo vožtuvo vizualinę patikrą mikroskopo pagalba.

Tyrimų rezultatai

Išmatavus valdymo vožtuvo medžiagos kietumą jo pjūvyje nustatyta, kad valdymo vožtuvo struktūra – vienalytė (1 pav.); vožtuvo darbinis paviršius nėra papildomai cementuotas ar įzotintas; vožtuvo kietumas visuose taškuose vienodas. Valdymo vožtuvo kietumas HV = 940 (matuota 10-yje skirtingų taškų).



1 pav. Valdymo vožtuvo lizdo pjūvis



2 pav. Restauruoto vožtuvo lizdo paviršius

2 pav. pateiktame vaizde matyti, kad valdymo vožtuvo paviršius po valdymo vožtuvo lizdo restauravimo „švarus“, lizdas tapo sandarus, grįžtamasis degalų kiekis pagal testavimo planą tapo $21 \text{ cm}^3/1000$ ciklų.

3 pav. matomas restauruoto degalų valdymo vožtuvo paviršius po 30000 km eksploatacijos. Valdymo vožtuvo lizdo paviršius vizualiai nepažeistas, grįžtamasis degalų kiekis išaugo iki $22 \text{ cm}^3/1000$ ciklų, maksimalus leidžiamas grįžtamasis degalų kiekis $51 \text{ cm}^3/1000$ ciklų.



3 pav. Valdymo vožtuvo lizdo paviršius po 30000 km eksploatacijos

Purkštuvo darbo režimų parametrai tiek po remonto, tiek ir po 30000 km eksploatacijos (1 lentelė.), atsižvelgiant į testavimo planuose nurodytas tolerancijas, išliko normos ribose.

1 lentelė. Purkštuvo darbo režimų patikros rezultatai po remonto/ po 30000km eksploatacijos

0445110028 purkštuvo patikros rezultatai						
Eil. nr.	Režimas	Impulso trukmė, μ s	Slėgis, bar	Degalų kiekio nominali reikšmė, cm^3	Rezultato nuokrypis nuo nominalios reikšmės, cm^3	Rezultatas po remonto/ po eksploatacijos, cm^3
1	LT	60	1400	35,00	$\pm 35,00$	20/20
2	DL	1000	1300	40,00	$\pm 22,00$	21/22
3	VL	1000	1300	58,5	$\pm 4,0$	58,5/59
4	EM	675	500	18,2	$\pm 3,0$	17/17,5
5	LL	725	230	2,7	$\pm 1,4$	3,3/3,2
6	VE	250	500	1,6	$\pm 1,3$	1,8/1,9

2 lentelė. Purkštuvo darbo parametų pokyčiai po 30000km eksploatacijos

Darbo režimas	LT	DL	VL	EM	LL	VE
Pokytis, %	0	4.8	1	3	3	-9,5

Lyginant purkštuvo darbo parametrus po purkštuvo remonto ir po 30000 km eksploatacijos gauti tokių rezultatų pokyčiai procentais (2 lentelė): LT-0%; DL+4.8%; VL+1%; EM+3%; LL+3%; VE – 9.5%. Remiantis 5 pav. daugiausiai po purkštuvo eksploatacijos pakito DL ir VE režimai, tačiau gauti rezultatai tenkina testavimo planuose numatytas parametų tolerancijos ribas.

Išvados

1. Valdymo vožtuvo struktūra – vienalytė, vožtuvo lizdo darbinis paviršius nėra papildomai cementuotas ar įzotintas; vožtuvo kietumas visuose taškuose vienodas – HV = 940.
2. Valdymo vožtuvo lizdo paviršius po restauravimo operacijos tapo sandarus, grįžtamasis degalų kiekis pagal testavimo planą tapo 21 $\text{cm}^3/1000$ ciklų.
3. Degalų valdymo vožtuvo paviršius po 30000 km eksploatacijos po valdymo vožtuvo lizdo restauravimo vizualiai nepažeistas, grįžtamasis degalų kiekis

išaugo iki 22 cm³/1000 ciklų, maksimalus leidžiamas grįžtamasis degalų kiekis 51 cm³/1000 ciklų.

4. Purkštuvu darbo parametrų po purkštuvu remonto ir po 30000 km eksploatacijos pokytis procentais: LT-0%; DL+4,8%; VL+1%; EM+3%; LL+3%; VE – 9,5%.
5. Purkštuvus po 30000 km eksploatacijos pagal testavimo planuose numatytus normatyvus išlaikė darbingumą, todėl purkštuvu darbingumo atstatymo technologija efektyvi.

Literatūra

1. SEOYEON, A.; JUNGKWON, P.; JONGHIL, W. 2015. An analytical FEM – based study of the drawing process of an ultra – high – pressure common – rail fuel tube. *Journal of Mechanical Science and Technology*, p. 7.
2. HILLER, W.A.W.; COOMBES, P. 2004. *Hillier's Fundamentals of Motor Vehicle Technology, Book 1. Cheltenham* : Nelson Thornes.
3. STOECK, T.; OSIPOWICZ, T. 2014. Commission of motorization and energetics in agriculture. *Teka, Vol 14. No. 3.* p. 83-88.

Santrauka

Straipsnyje pateikiami dyzelinės „Bosch“ „Common Rail“ sistemos CRI1 0445110028 elektromagnetinio purkštuvu iš „BMW 740D“ automobilio darbingumo atstatymo technologijos tyrimai, kai restauruojamas degalų valdymo vožtuvo lizdo paviršius. Atliekama purkštuvu restauracijos technologija, purkštuvu parametrai tikrinami purkštuvų patikros stendu – simulatoriumi. Po restauravimo darbų purkštuvus įmontuojamas į „BMW 740D“ automobilį ir eksploatuojamas 30000 km. Po eksploatacijos tikrinami purkštuvu darbo režimų rezultatai ir lyginami su testavimo planuose numatytais parametrais bei prieš eksploataciją gautais rezultatais. Po eksploatacijos restauruotas purkštuvu valdymo vožtuvo lizdas išliko vizualiai nepažeistas. Purkštuvu darbo parametrų po purkštuvu remonto ir po 30000 km eksploatacijos pokytis procentais : LT-0%; DL+4.8%; VL+1%; EM+3%; LL+3%; VE – 9.5%. Purkštuvus po 30000 km eksploatacijos pagal testavimo planuose numatytus normatyvus išlaikė darbingumą, todėl purkštuvu darbingumo atstatymo technologija efektyvi.

THE INVESTIGATION OF EFFECTIVENESS OF COMMON RAIL DIESEL INJECTION SYSTEM INJECTOR'S RECONDITIONING

Summary

In the article is presented diesel „Bosch“ Common Rail system's CRI1 0445110028 solenoid injector's investigation of reconditioning dismantled from „BMW 740D“ vehicle, when injector's fuel control valve seat surface is being repaired. The operation of injector's reconditioning is being performed, parameters of the injector are being tested by Common Rail injectors' test bench – simulator. After injector's reconditioning the injector is being installed into „BMW 740D“ and being operated for 30000km. After operation is finished the injector's working parameters are being tested again and compared to the correct values stated in the test plan and also compared to the results which were measured right after injector was reconditioned. After injector's operation for 30000km injector's fuel valve seat surface remained visually undamaged. Injector's working parameters values differences before and after operation for 30000km in percents : LT-0%; DL+4.8%; VL+1%; EM+3%; LL+3%; VE – 9.5%. Injector after 30000km operation according to the test plan stated values remained fully in working order, therefore injector's reconditioning technology is effective.

Tomas Krakaitis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos institutas, magistrantas;
tel. +37064180881, el. paštas: tomas.krakaitis@gmail.com

10 KV SKIRSTOMŲJŲ ELEKTROS TINKLŲ RAJONO (N) ELEKTROS ENERGIJOS TIEKIMO PATIKIMUMO TYRIMAS

Darius Sindaravičius, Antanas Kavolynas

Įvadas

Elektros energija yra išskirtinis produktas. Lietuvoje elektros energijos skirstymo funkciją vidutinės ir žemos įtapos tinklais vykdo energijos skirstymo operatorius. Skirstomaisiais tinklais vadiname tokius tinklus, prie kurių tiesiogiai gali būti prijungti vartotojai. Šių tinklų įtamos yra 0,4–10–35 kV. Elektros skirstomųjų tinklų užduotis – patikimai ir kiek galima mažesnėmis sąnaudomis aprūpinti vartotojus kokybiška elektros energija. Skirstomųjų tinklų schemas turi užtikrinti numatytą vartotojams elektros tiekimo patikimumą, tai apibrėžiamos standartais ir taisyklėmis.

Pastaruoju metu yra labai išaugę kokybės reikalavimai tiekiamos elektros energijos kokybei ir patikimumui, nes jei vartotojui elektros energija tiekama nepatikimai, jis gali patirti reikšmingų nuostolių dėl neveikiančių arba netinkamai veikiančių elektros įrenginių. Todėl vėliau gali pareikalauti iš skirstomųjų tinklų atlyginti patirta žala.

Elektros skirstomosiose tinkluose vis dar yra nevisiškai patikimų elektros linijų, transformatorių pastočių ir kitų elektros inžinerijos sistemų bei jų elementų. Taigi, norint didinti skirstomųjų elektros tinklų patikimumą, būtina nuolat sekti tinkle įvykstančius gedimus, atlikti jų analizę. Pagal turimų gedimų, sutrikimų, atjungimų duomenų statistiką galima nuspręsti, kokias linijas ir transformatorines reikia atnaujinti ar modernizuoti. Tik nuolatinė priežiūra ir elektros tinklų elementų būklės tyrimas užtikrina stabilų, ekonomišką ir patikimą elektros įrenginių darbą. Siekiant maksimalios naudos taip pat būtina laiku atlikti įrenginių techninę priežiūrą [1].

Tyrimų tikslas

Ištirti 10 kV skirstomųjų elektros tinklų vieno pasirinkto rajono įvykusius gedimus per 5 metų laikotarpį, įvertinti elektros tinklo patikimumą.

Tyrimo uždaviniai

1. Išanalizuoti skirstomųjų elektros tinklų schemas, kaip jos užtikrina patikimesnį elektros energijos tiekimą vartotojams.
2. Nustatyti 10 kV skirstomųjų elektros tinklų viename pasirinktame rajone per 5 metų laikotarpį nuo 2014 iki 2018 m. įvykusių gedimų skaičių, apžvelgti gedimų pobūdį. Įvertinti skirstomųjų elektros tinklų naujas diegiamas išmaniąsias valdymo ir stebėjimo sistemas.

Tyrimo objektas

Tyrimas atliekamas Vilniaus miesto elektros skirstomosiose elektros tinkluose, dispečerines centre. Tyrimo objektas yra vienas pasirinktas elektros skirstomųjų tinklų rajonas. Tyrimui naudojami duomenys iš AB „ESO“ informacinių sistemų: TEVIS (tinklo eksploatavimo ir valdymo sistema); informacinė sistema „Planiniai ir neplaniniai atjungimai“; nauja, šiuo metu diegiama sistema DMS (valdymo ir stebėsenos sistema); GIS (geografinė informacijos sistema) [2]. Pagal šių sistemų duomenis ir atliekami elektros tinklo patikimumo įvertinimo skaičiavimai.

Tyrimo metodika

Veibulo skirstinys. Tai vienas iš plačiausiai naudojamų skirstinių atliekant patikimumo skaičiavimus, nes juo naudojantis galima sumodeliuoti įvairius gedimų srauto atvejus: įdirbimo periodą, normalaus darbo periodą ir intensyvaus dilimo periodą. Tai priklauso nuo priimtų Veibulo skirstinio parametrų reikšmių. Varyjuojant parametrais galima apimti platų gedimų pasiskirstymo atvejų diapazoną. Kartu su logaritminiu normaliniu skirstiniu jis pakankamai gerai parodo detalių išdirbį iki suirimo, guolių išdirbį iki gedimo, elektroninių lempų gedimus, trapių medžiagų gedimo laiko pasiskirstymą [3].

Taikant šį skirstinį patikimumo parametrus apskaičiuoti, gedimų intensyvumas (gedimų greitis) turi tokią išraišką [3]:

$$\lambda(t) = \frac{m}{\theta} \left(\frac{t}{\theta} \right)^{m-1} . \quad (1)$$

čia m yra formos parametras; θ – mastelio parametras. Kai $x > 0$, tai $m > 0$ ir $\theta > 0$.

Elektros energetikos sistemos patikimumo rodikliai [4]:

Apskaičiuojame elektros sistemos patikimumo rodiklį SAIDI – sistemos vidutinis elektros nutraukimo trukmės rodiklis (nutraukimų vienam vartotojui trukmė) [4].

$$SAIDI = \frac{\sum T_{ai} N_i}{\sum N_i} \quad (2)$$

čia: T_{ai} – i-ojo mazgo vartotojų atjungimo trukmė; N_i – i-ojo mazgo vartotojų skaičius.

Papildomi rodikliai padeda nustatyti avarijos „didumą“. Apskaičiuojame elektros sistemos patikimumo rodiklį SAIFI – sistemos vidutinis elektros nutraukimo dažnio rodiklis (nutraukimų vienam vartotojui skaičius) [4].

$$SAIFI = \frac{\sum f_i N_i}{\sum N_i} \quad (3)$$

čia: f_i – i-ojo mazgo maitinimo nutraukimų skaičius; N_i – i-ojo mazgo vartotojų skaičius.

Elektros skirstomuosiuose tinkluose elektros energijos persiuntimo patikimumo nutrukimo atvejai ir jų atsiradimai skirstomi į keturias grupes: nenugalima jėga, išorinis poveikis, operatoriaus atsakomybė ir nenustatytos priežastys. Pagrindinės gedimo vietos dar smulkiau skirstomos pagal gedimo pobūdį, pvz.: gedimas kabelių linijoje, gedimos oro linijoje, gedimas transformatorinėje, gedimas perjungimo punkte ir t. t.

Tyrimo rezultatai

Tiriama skirstomųjų elektros tinklų pasirinkto rajono elektros įrenginių duomenys ir gedimų skaičiai.

1 lentelė. Skirstomųjų elektros tinklų pasirinkto rajono transformatorinių statistika

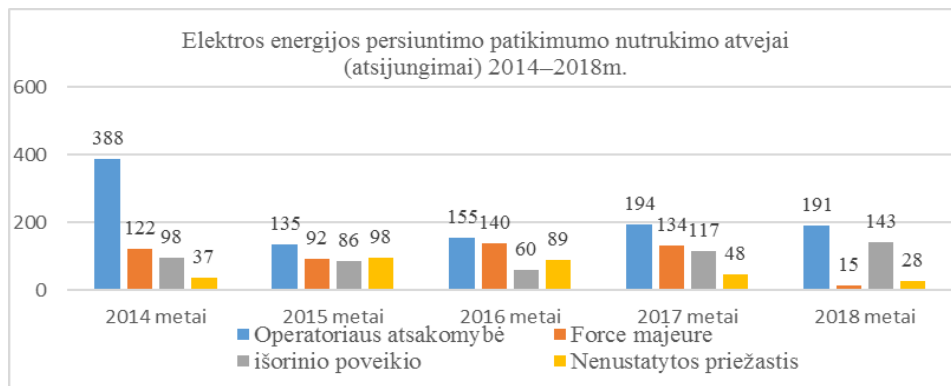
Pasirinkto skyriaus skirstomojo elektros tinklo įrenginių statistika			
10 kV transformatorinių skaičius			
MT Modulinės transformatorinės, vnt.	ST Stulpinės transformatorinės, vnt.	KT Komplektinės transformatorinės, vnt.	TR Stacionariosios transformatorinės, vnt.
749	986	425	189
			Iš viso: 2349 vnt.

2 lentelė. Tiriama elektros tinklo pasirinkto rajono 0,4–10 kV oro linijų ir kabelių bendras ilgis

Pasirinkto skyriaus skirstomojo elektros tinklo įrenginių statistika			
0,4–10 kV oro linijų ir kabelių bendras ilgis			
10 kV OL bendras trasos ilgis, km	0,4 kV OL bendras trasos ilgis, km	10 kV KL (kabelių) bendras trasos ilgis, km	0,4 kV KL (kabelių) bendras trasos ilgis, km
1369,76	1951,12	729,87	1613,46
			Iš viso: 5663,21 km

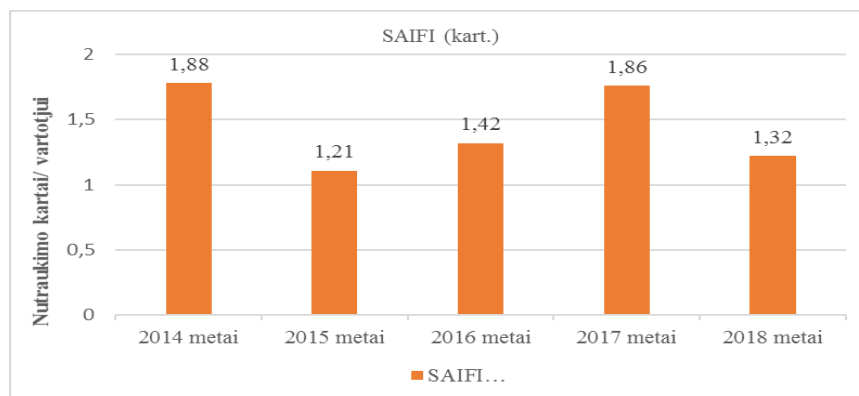
Bendras įvykusių 0,4–10 kV gedimų ir atsijungimų skaičius nuo 2014-01-01 iki 2018-12-31 yra 14 660 gedimai. Iš jų 10 kV gedimų ir atsijungimų – 2 966, arba 20,2 % visų įvykusių atjungimų ir gedimų, buvo 10 kV tinklo įrenginiuose.

Pagal pasirinkto elektros skirstomojo tinklo duomenis matome, kad pagrindinė didesnę dalį elektros tinklo sudaro oro linijos. 10 kV OL iš viso sudaro 65,2 %; 0,4 kV viso sudaro 76 %. Bendras visų pasirinkto rajono elektros tinklo skyriaus vartotojų skaičius yra 61 234 tūkst. (2018-12-31 duomenys).



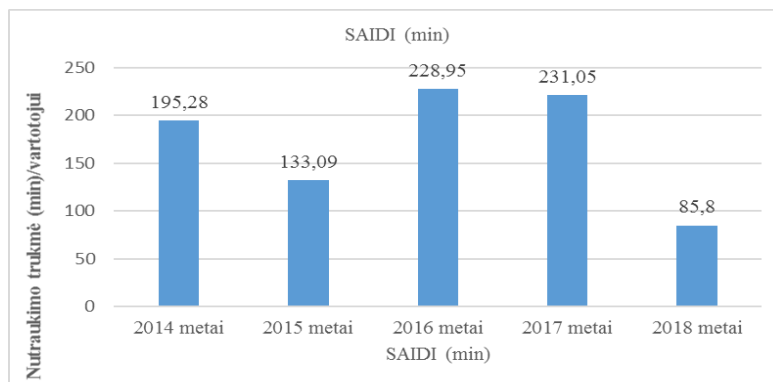
1 pav. Elektrios energijos persiuntimo patikimumo nutraukimo atvejai, atsijungimai dėl įvykusių gedimų 10 kV tiriamame elektrios tinkle nuo 2014-01-01 iki 2018-12-31

Iš pateiktų duomenų matome, kad pagrindinę gedimų priežastis yra gedimai operatoriaus atsakomybė. Nuo 2015 metų gedimų skaičius mažėja bet iki 2018 metų mažai kinta, mažėjo tik Force majeure ir nenustatytos priežastis, Force majeure mažėjimą lėmė palankios oro sąlygos ir atliekamas oro linijų keitimas į kabeliniais linijas (audros metu sumažėja linijų pažeidimų), nenustatytų priežasčių mažėjimą lemia pasikeitusi ESO vidinė tvarka, kada po atsijungimų atliekamos linijų apžiūros ir dažniausia priežastis yra nustatomos.



2 pav. Tiriama elektrios rajono elektrios tinklo 10 kV SAIFI rodiklis

SAIFI rodiklis nurodo vidutinę elektrios energijos nutraukimo dažnį vienam vartotojui, didžiausias atjungimų dažnis buvo 2014 metais 1,78 karto. Mažiausia 2018 metais 1,22 karto, viena iš priežasčių, mažesnių atsijungimų skaičių tai 2018 metais buvo gan mažas gedimų skaičius dėl Force majeure (nenugalimos jėgos) palankios oro sąlygos ir atliekamas oro linijų keitimas į kabeliniais linijas.



3 pav. Tiriama elektros rajono elektros tinklo 10 kV SAIDI rodiklis.

Didžiausias įvykusių gedimų skaičius buvo 2014 metais, iš viso 645, bet pagal SAIDI rodiklį matome, kad nutraukimo trukmė buvo ilgesnė 2016 metais, nors ir gedimų skaičius buvo mažesnis, iš viso 444. Taip pat žinome, kad 2016 metais dėl *Force majeure* įvyko didžiausias gedimų skaičius – 140, todėl galima daryti išvadą, kad dėl stichinių reiškinių įvykusių gedimų šalinimo laikai buvo ilgesni.

Išvados

- 1 Pagal gautus rezultatus matome, kad pagrindinė gedimų priežastis – operatoriaus atsakomybė, iš viso 1 063 atsijungimai, *Force majeure* (arba kitaip – nenugalima jėga) – 503 atsijungimai, išorinio poveikio – 504 atsijungimai, n nustatytos priežastys – 300 atsijungimai.
- 2 Siekiant mažinti gedimų ir atjungtų vartotojų skaičių, įrengiant naujas 10kV tinklo linijas (ir atliekant linijų rekonstrukcijas), 10kV tinkle plėtoti „žiedinės“ tipo schemas kurios taip padidina tinklo patikimumą, bei sumažina atjungimo laikus, kada vartotojai yra perjungiami nuo ne pažeisto tinklo dalies, mažinamas atjungtų vartotojų skaičius įvykusio gedimo zonoje.
- 3 Didžiausias įvykusių gedimų skaičius buvo 2014 metais, iš viso 645, bet pagal SAIDI rodiklį matome, kad nutraukimo trukmė buvo ilgesnė 2016 metais, nors ir gedimų skaičius buvo mažesnis, iš viso 444. Taip pat žinome, kad 2016 metais dėl *Force majeure* įvyko didžiausias gedimų skaičius – 140, todėl galima daryti išvadą, kad dėl stichinių reiškinių įvykusių gedimų šalinimo laikai buvo ilgesni. Taigi pagal Elektros skirstomųjų tinklų strategijos planą tai pat įrengiant naujas 10kV tinklo linijas (ir atliekant linijų rekonstrukcijas), 10 kV tinkle vystyti gamtos reiškiniams atsparų tinklą, diegti išmaniai valdomą tinklą.

Literatūra

1. Mesič M., Plavšič T.. The contribution of failure analyses to transmission network maintenance preferentials, *Engineering Failure Analysis* 262–271, 2013.
2. AB „ESO“ Informacinės sistemos „Neplaniniai atsijungimų naudotojo instrukcija“, 2013.
3. Padgurskas J. *Mašinų patikimumo ir remonto praktiniai darbai*. Kaunas „Akademija“: 1991–47 P.

4. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisijos nutarymas „Dėl elektros energijos persiuntimo patikimumo ir paslaugų kokybės reikalavimų. [Žiūrėta 2019-02-19]. Prieiga per internetą: <http://www.regula.lt>.

Santrauka

Šiame darbe nagrinėjamas 10 kV skirstomųjų elektros tinklų vieno pasirinkto rajono elektros energijos tiekimo patikimumas. Tyrimas buvo atliktas Vilniaus miesto elektros skirstomuosiuose elektros tinkluose, dispečerines centre. Tyrimui atlikti naudotasi AB „ESO“ informacinėmis sistemomis: TEVIS (tinklo eksploataavimo ir valdymo sistema); informacine sistema „Planiniai ir neplaniniai atjungimai“; šiuo metu diegiama sistema DMS (valdymo ir stebėsenos sistema); GIS (geografinė informacijos sistema).

Surinkti duomenys rodo, kad daugiausia gedimų įvyksta dėl operatoriaus kaltės, taip pat gana daug gedimų įvyksta dėl išorinių priežasčių, kaip antai: dėl pašalinių asmenų kaltės, kai, pvz., vykstant kasimo darbus pažeidžiami elektros kabeliai, pavagiami arba sugadinami elektros įrenginiai, ant oro linijų laidų užverčiami pjaunami medžiai, autoįvykio metu pažeidžiamos atramos ir t. t. Taigi, galima daryti prielaidą, kad, sumažinus gedimų dėl išorinio poveikio skaičių, galima žymiai pagerinti elektros tinklo patikimumą.

STUDY ON THE RELIABILITY OF ELECTRICITY SUPPLY OF ONE SELECTED DISTRIBUTION OF 10 KV DISTRIBUTION ELECTRIC NETWORKS

Summary

This work addresses the reliability of the electricity supply of a single selected area of the 10-kV electricity grid. The survey was carried out in Vilnius electricity distribution grids and in the dispatching centre. The data are collected from following information systems of ESO: TEVIS (Network Operation and Management System); Information system “Planiniai ir neplaniniai atjungimai”; DMS (Management and Monitoring System), the system that is currently being deployed; GIS (Geographical Information System).

The data collected indicate that most failures occur due to the fault of an operator. However, a considerable number of failures occur due to external reasons, such as: the fault of unauthorised persons, for example, when electrical cables are damaged by excavation works, by thefts of electrical equipment, by cut trees falling over the overhead power lines, by damaged to overhead line supports during road accidents, etc. It can therefore be assumed that reduction in the number of failures due to externalities would significantly improve the reliability of the electricity grid.

Darius Sindaravičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas, AB „ESO“ dispečeris, tel. +370 620 63525, el. paštas: dariussindaravicius@inbox.lt

Antanas Kavolynas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr., tel. +370 687 41241, el. paštas: Antanas.Kavolynas@vdu.lt

HIDROPONIKOS ĮRENGINIO TECHNOLOGINIŲ PARAMETRŲ ĮTAKA AUGINANT KVIEČIŲ ŽELMENIS

Andrius Grigas, Dainius Steponavičius, Aušra Steponavičienė

Įvadas

Šiuo metu sėklų daiginimas vis plačiau naudojamas ne tik sveikos mitybos produktų sukūrimui (Yang et al., 2001), bet ir gyvulių pašarų gamyboje (Sneath and McIntosh, 2003). Sėklų daiginimas vykdomas ne dirvožemyje, o hidroponikos įrenginiuose. Hidroponiniu būdu užauginti įvairių sėklų želmenys gali būti efektyviai naudojami nedidelėse fermose, gaminančiose aukštos kokybės ir vertės produktus, kai įprastinių pašarų sąnaudos yra didelės ir kai pašaro kokybės pokyčiai (pvz., mažiau krakmolo, daugiau lizino, vitaminų ir t. t.) dėl daiginimo yra naudingi gyvuliams (Sneath and McIntosh, 2003).

Daigintose sėklose sumažėja sausų medžiagų ir krakmolo kiekis, tačiau daiginimo metu pagerėja amino rūgščių sudėtis. Nustatyta, kad ilginant grūdų daiginimo trukmę didėja ne tik vitamino C bei beta karotino, bet ir kitų antioksidantų kiekis. Nustatyta, kad didžiausias antioksidantų kiekis susidaro 7 dienas daigintose sėklose, juos prieš tai mirkčius 24 valandas vandentiekio vandenyje be jokių priedų (Yang et al., 2001). Daiginamose sėklose žymiai padidėja ir bioaktyviųjų medžiagų – fermentų kiekiai (Kolodziejczyk, Michniewicz, 2004). Nustatyta, kad daigintose kviečių sėklose mineralinių medžiagų ir baltymų kiekis bei fermentų α ir β amilazių, celulazės, proteazės bei maltazės aktyvumas yra didesnis nei nedaugintuose grūduose (Kraujutienė et al., 2010). Teigiama, kad daigintos sėklos su didesniu fermentų kiekiu turi labai geras perspektyvas būti panaudojami tiek ateities maisto, tiek ir pašarų gamyboje (Guzmán-Ortiz et al., 2019). Mokslininkai teigia, kad dar būtina optimizuoti įvairių sėklų daiginimo procesą, įvertinant daiginimo sąlygas ir įrangą (Benincasa et al., 2019).

Hidroponiniu būdu daiginamų sėklų laistymui naudojami maistinių medžiagų tirpalai gali paveikti augalų augimą, išvaizdą, maistinę vertę (De Pascale et al., 2006). Atliekant pirminius kviečių daiginimo bandymus buvo gauti rezultatai, kurie verčia manyti, kad maistinių medžiagų tirpalai ne visais atvejais turi reikšmingos įtakos augalų augimui bei jų optinėms savybėms.

Mokslinė hipotezė. Hidroponiniu būdu 7 paras augintų kviečių želmenų derliui, makro- ir mikroelementų naudojimas maitinamajame tirpale reikšmingos įtakos neturi.

Tyrimo tikslas. Ištirti hidroponikos įrenginio technologinių parametrų įtaką kviečių želmenų optinių savybių ir derliaus kaitai 7 parų laikotarpyje.

Tyrimų objektas ir metodika

Eksperimentiniai tyrimai atlikti 2018–2019 metais, Žemės ūkio mašinų technologinių procesų tyrimų laboratorijoje, želmenų daiginimo hidroponiniu būdu

stende (1 pav.). Stendas pagamintas siekiant optimizuoti augalų auginimo (hidroponiniu būdu) įrangos konstrukcinius ir technologinius parametrus: auginimui skirtą apšvietimą (šviesos srautą), lentynų posvyrio kampą, maitinamojo tirpalo pH ir elektrinį laidumą (tirpale esančių makro- ir mikroelementų kiekį) ir kt.

Tyrimai atlikti esant šioms, auginimui svarbių parametrų, skaitinėms reikšmėms: temperatūrai ($21,4 \pm 0,2$ °C), santykiniam patalpos drėgmeniui ($27,02 \pm 4,4$ %), maitinamojo tirpalo tekėjimo srautui ($3,3$ l min⁻¹), LED (angl. *Light emitting diode*) apšvietimui (bangos ilgiams mėlynos spalvos – 449–459 nm, raudonos – 617–627 nm), patalpos šviestuvų liuminescencinių lempų (6500 K) ir auginimo lentynų posvyrio kampams – 3,5 %.

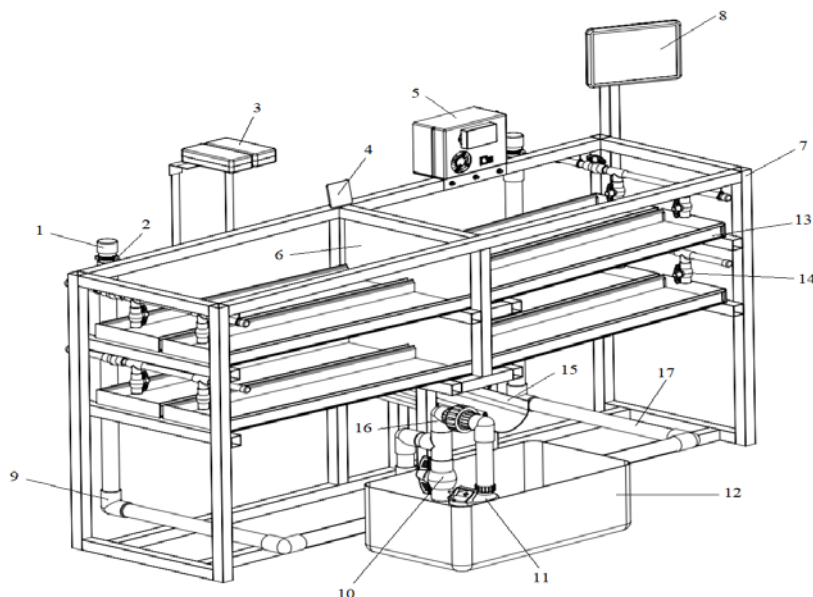
Hidroponikos įrenginys. Hidroponikos įrenginį (stendą) (1 pav.) sudaro rėmas 7, kuris pagamintas iš aliuminio profilio (40×40×2 mm). Jo konstrukcija padalinta į du skirtingus auginimo aukštus. Kiekviename aukšte įrengta po 4 auginimo lentynas 13 (1000 mm ilgio, 225 mm pločio ir 75 mm aukščio). Jos pagamintos iš plastiko. Vienos lentynos plotas yra 0,225 m², o viso įrenginio – 1,8 m². Visų stendo lentynų vienas galas buvo atviras tam, kad laistymui naudojamas tirpalas drėkintų auginamų želmenų šaknis pro jas pratekėdamas. Lentynų posvyrio kampas gali būti keičiamas nuo 1 iki 10 %. Kampas matuojamas elektroniniu gulsčiu *Bosch DNM 60L* (tikslumas $\pm 0,05^\circ$). Tyrimų atlikimo patalpoje stendas statomas virš nuotekų surinkimo trapo.

Stende sumontuoti OptRx jutikliai 3 (*Ag Leader® Technology, JAV*), kurie buvo įrengti virš vienos viršutinės auginimo lentynos. Jie skirti nustatyti želmenų optines savybes, kurios įvertinamos NDVI (angl. *Normalized difference vegetation index*) rodikliu. Augalų aprūpinimą vandeniu ir maisto medžiagomis užtikrina stende įrengta laistymo sistema, kurią sudaro siurblys 11 (NOVA UP 300MAE, našumas 166 l min⁻¹), vamzdynas, debito reguliavimo vožtuvai 10, 14 ir maitinamojo tirpalo rezervuaras 12.

Viršutiniojo aukšto lentynų apšvietimas. Viršutiniame želmenų auginimo stendo aukšte apšvietimas neįrengtas, todėl augalai buvo apšviečiami dirbtine patalpos šviesa. Įvertinus tai, kad apšvietimui naudojamos šviestuvuose esančios liuminescencinės lempos yra 6500 K temperatūros atspalvio, jos sukuria vidutiniškai $235,91 \pm 10,6$ Lx apšvietos srautą į vieną auginimo lentyną, kas atitinka $4,01 \pm 0,18$ (μmol m⁻²) s⁻¹.

Apatiniojo aukšto lentynų apšvietimas. Jame įrengtas LED apšvietimas, kurį sudarė dviejų skirtingų bangos ilgių (mėlynos ir raudonos spalvų) diodų juostelės, maitinamos 24 V įtampa iš stiprintuvo. Kiekviena LED diodų juostelė buvo 1 m ilgio. Virš kiekvienos auginimo lentynos, 0,21 m atstumu, buvo pritvirtinta po vieną raudonos ir mėlynos spalvos juostelę. Apšvietimo srautui reguliuoti buvo naudojamas TC420 valdiklis. Juo nustatomas raudonos ir mėlynos apšvietimo spalvų santykis 4:1, kurį rekomenduoja mokslininkai (Son and Oh, 2013). Tai atitinka 80 % raudonos ir 20% – mėlynos spalvos. Šis santykis išlaikomas, parinkus 449–459 nm bangos ilgio mėlynos ir 617–627 nm raudonos spalvos LED juosteles. Taigi, 449–459 nm bangos ilgių mėlyna LED juostelė sukuria vidutiniškai

197,4±23,1 ($\mu\text{mol m}^{-2}$) s⁻¹ apšvietos srautą, o 617–627 nm raudona – 47,4±2,1 ($\mu\text{mol m}^{-2}$) s⁻¹. Bendras LED apšvietimo srautas siekia 244,7±24,1 ($\mu\text{mol m}^{-2}$) s⁻¹, o bendras LED apšvietimo srovės poreikis – 9,6 A.



1 pav. Želmenų auginimo hidroponikos būdu stendo schema: 1 – akle, 2 – vamzdžio laikiklis, 3 – OptRx jutiklis, 4 – temperatūros ir drėgmės matuoklis, 5 – LED valdiklis, 6 – organinis stiklas, 7 – aliuminio profilio rėmas, 8 – OptRx jutiklio valdymo ekranas, 9 – alkūnė, 10 – bendro debito reguliavimo vožtuvas, 11 – maitinamojo tirpalo siurblys, 12 – maitinamojo tirpalo rezervuaras, 13 – auginimo lentyna, 14 – atskiros lentynos augalams skirto skysčio debito reguliavimo vožtuvas, 15 – surinkimo latakas, 16 – išardoma mova

Sėklų paruošimas prieš daiginimą ir želmenų auginimą. Tyrime buvo naudojamos *Arcadia* veislės žieminių kviečių (*Triticum aestivum*) sėklos. Kviečiai buvo auginami VDU ŽUA mokomojo ūkio laukuose. Sėklos buvo išvalytos nuo šiukšlių ir kitų pašalinių medžiagų. Prieš tyrimus buvo nustatytas sėklų daigumas, kuris siekė $97,0 \pm 4,4 \%$.

Sėklų kiekis auginimo lentynoje turi įtakos hidroponinių pašarų derliui, kuris skiriasi priklausomai nuo sėklų rūšies. Dauguma augintojų rekomenduoja daiginti 6–8 kg m⁻² sėklų (Morgan et al., 1992). Jei sėklų kiekis yra per didelis, šaknyne padidėja mikrobiologinio užterštumo tikimybė, turinti neigiamos įtakos želmenų augimui. Atsižvelgus į rekomendacijas, vienoje auginimo lentynoje buvo nutarta paskleisti po 1300 g sausų, išvalytų kviečių sėklų. Į hidroponikos įrenginio lentynas daiginimui pilamos sėklos pirmiausia turi būti išmirkytos. Jos mirkomos apie 12 valandų kambario temperatūros 21,4±0,2 °C vandentiekio vandenyje. Po mirkymo, vienoje lentynoje paskleidžiamų sėklų masė padidėjo apie 30 %, t. y. vidutiniškai 598,7±57,1 g. Prieš kiekvieną želmenų auginimo ciklą stendo lentynos,

vamzdynas ir maitinamojo tirpalo rezervuaras buvo sterilizuojami natrio hipochlorito tirpalu. Atlikus šių komponentų sterilizaciją, visa sistema gerai išplaunama švariu vandeniu siekiant išvengti dezinfekcinio tirpalo likučių. Daiginimui paruoštų grūdų sterilizacija natrio hipochlorito tirpalu nebuvo atliekama, įvertinus, kad sėklų nuėmimo metai nebuvo drėgni, todėl pelėsio susidarymo tikimybė normaliomis augimo sąlygomis yra nedidelė.

Sėklų paskleidimas lentynose ir laistymas. Išmirkytos sėklos buvo paskleidžiamos auginimui skirtose stendo lentynose. Kiekvienoje lentynoje daiginimui buvo supilama $1898,7 \pm 57,1$ g išmirkytų sėklų. Jos lentynose buvo paskleidžiamos vienodu 3,5 cm storio sluoksniu. Kiekvienoje lentynoje supiltos sėklos buvo laistomos 4 kartus per parą (9:00, 15:00, 21:00 ir 3:00 valandomis), automatiškai įsijungus stendo siurbliu. Laistoma buvo $3,3 \text{ l min}^{-1}$ srautu po 2 minutes. Laistymo tirpalas buvo surenkamas maitinamojo tirpalo talpoje pakartotiniam naudojimui.

Maitinamasis tirpalas. Jo gamybai naudojamas vandentiekio vanduo ir hidroponiniam augalų auginimui naudojamos trąšos. Kad augalas normaliai vystytųsi ir augtų turi gauti visų makro- ir mikroelementų. Hidroponiniu būdu daiginant sėklas gaminami du koncentruoti maitinamieji tirpalai A ir B.

Tirpale A (20 l vandens ištirpinta 1800 g kalcio nitrato) yra: bendrojo azoto (N) – 279 g, nitratinio azoto ($N-NO_3$) – 255,6 g, amonio nitrato ($N-NH_4$) – 23,4 g, kalcio oksido (CaO) – 468 g ir kalcio (Ca) – 334,8 g.

Tirpale B (20 l vandens ištirpinta 500 g magnio sulfato, 2700 g Universol Violet, 500 g kalio nitrato) yra: bendrojo azoto (N) kiekis – 337,5 g, nitratinio azoto ($N-NO_3$) – 194,4 g, amonio nitrato ($N-NH_4$) – 81 g, fosforo oksido (P_2O_5) – 270 g, kalio oksido (K_2O) – 1040 g, magnio oksido (MgO) – 80 g, sieros (S) – 65 g bei mikroelementų: boro (B) – 0,27 g, vario (Cu) – 0,27 g, geležies (Fe) – 2,7 g, mangano (Mn) – 1,08 g, molibdeno (Mo) – 0,027g ir cinko (Zn) – 0,27 g.

Atlikus koncentruotų maitinamųjų tirpalų gamybą, į laistymo talpą pilamos lygios dalys koncentruoto tirpalo A ir B tol, kol maitinamojo tirpalo elektrinis laidumas pasiekia $EC=1,8 \text{ mS cm}^{-1}$ reikšmę. Maisto medžiagų koncentracija lemia augalo augimo intensyvumą. Ji matuojama taikant elektrocheminius tyrimo metodus, t.y. matuojant tirpalo elektrinį laidumą (EC). Visi elektrocheminiai matavimai buvo atliekami rankiniu elektrinio laidumo nustatymo įrenginiu ADWA AD-204, kurio matavimo diapazonas $0-19,99 \text{ mS cm}^{-1}$, o paklaida neviršija 1%. Optimalus EC (angl. *Electrical conductivity*) rodiklis, daiginant javų sėklas, yra apie $1,6-1,8 \text{ mS cm}^{-1}$.

Taigi, maitinimui naudojamame pirmajame tirpale yra tokie medžiagų kiekiai: bendrojo azoto (N) – 33,89 g, nitratinio azoto ($N-NO_3$) – 24,74 g, amonio nitrato ($N-NH_4$) – 5,74 g, kalcio oksido (CaO) – 12,87 g, kalcio – 18,41 g, fosforo oksido (P_2O_5) – 14,84 g, kalio oksido (K_2O) – 57,18 g, magnio oksido (MgO) – 4,4 g, sieros – 3,57 g bei mikroelementų: boro – 0,015 g, vario – 0,015 g, geležies – 0,148 g, mangano – 0,0594 g, molibdeno – 0,00148 g ir cinko – 0,015 g.

Į tyrimuose sėklų ir augalų laistymui naudotą antrąjį maitinamąjį tirpalą (vandentiekio vandenį) koncentruoti maitinamieji tirpalai A ir B nebuvo pilami. Vandentiekio vandens elektrinis laidumas buvo $0,2 \text{ mS cm}^{-1}$.

Tyrimo vertinimo rodikliai. Kiekvienas želmenų auginimo ciklas trunka 7 paras. Derliaus nuėmimo metu fiksuoti ir pateikti šie duomenys: bendras šviežių želmenų derlius, *NDVI* rodiklis viso auginimo metu, chlorofilas a ir b bei karotinoidai.

Šviežių želmenų derlius. Viso auginimo ciklo metu, du kartus per parą (8:00 ir 20:00), buvo matuojama kiekvienos auginimo lentynos masė, žinant kiekvienos tuščios lentynos mases, apskaičiuojami derliaus prieaugiai bei masės kitimai kiekvieną auginimo dieną.

Optinių savybių kitimas (NDVI). Tyrimuose naudoti OptRx jutikliai (*Ag Leader® Technology, JAV*), kurie buvo įrengti virš vienos auginimo lentynos. Matavimai buvo atliekami ryte ir vakare (8:00 ir 20:00), du kartus per parą.

Chlorofilo a ir b bei karotinoidų nustatymas. Pigmentų nustatymo metodo esmė susijusi su pigmentų ekstraktų optinio tankio nustatymu. Parenkami reprezentatyvūs $0,208 \pm 0,024$ g mėginiai ir porcelianinėje lėkštelėje ištrinami su nedideliu kiekiu jūros smėlio. Sutrinta medžiaga užpilama 50 ml acetono ir filtruojama, perfiltruoto ekstrakto tūris matuojamas spektrofotometru *LABOMED UVD-3200* (bangų diapazonas 190–1100 nm, jautrumas – 0,5 nm, tikslumas $\pm 0,3$ nm.). Pagal gautas reikšmes apskaičiuojamos pigmentų koncentracijos ir kiekiai: chlorofilo a ir b kiekis – spektrofotometriniu metodu (LST ISO 10519:2001), karotinoidų kiekis – spektrofotometriniu metodu (LST ISO 6558-2:2001).

Tyrimo duomenų statistinis įvertinimas. Tyrimai kartoti po 3 kartus. Matavimų duomenys įvertinti apskaičiavus duomenų vidurkio pasikliauties intervalą, esant 95 % tikimybei. Esminiams skirtumams tarp tiriamų variantų duomenų vidurkių nustatyti apskaičiuota esminio skirtumo riba $R_{0,05}$. Skirtumas tarp tiriamų variantų duomenų yra esminis, jeigu jis yra lygus arba didesnis už apskaičiuotą esminio skirtumo ribą $R_{0,05}$, kuri apskaičiuojama pagal formulę (Olsson et al., 2000):

$$R_{0,05} = t_{lent.} \sqrt{MS_e \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}, \quad (1)$$

čia MS_e – skirtumo tarp duomenų vidurkių paklaida arba dispersija gaunama iš kompiuterinės programos „*MS Excel*“ skaičiavimo paketo Anova lentelių;

$t_{lent.}$ – Stjudento kriterijaus reikšmė parenkama iš lentelių atsižvelgiant į laisvės laipsnių skaičių ir tikimybės lygmenį (šiam darbe 95 %);

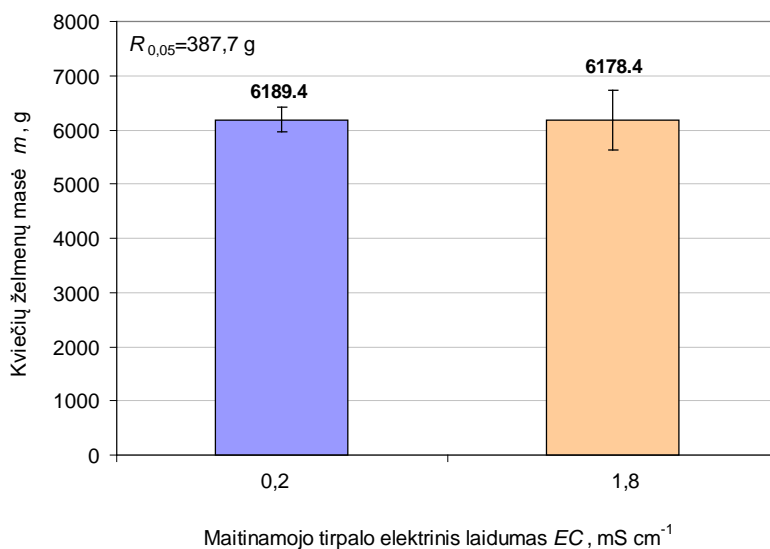
n_A, n_B – pirmojo ir antrojo variantų pakartojimų skaičius.

Skirtumai tarp variantų yra esminiai patikimi, kai jie viršija mažiausio esminio skirtumo ribą $R_{0,05}$, esant tikimybės lygmeniui 0,95.

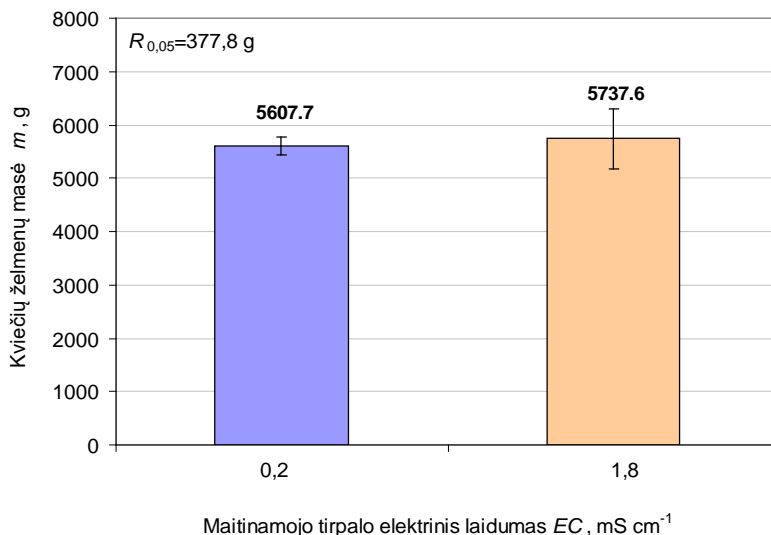
Rezultatai

Atlikus eksperimentinius tyrimus buvo patvirtinta hipotezė, kad hidroponiniu būdu 7 paras augintų kviečių želmenų derliui makro- ir mikroelementų naudojimas maitinamajame tirpale reikšmingos įtakos neturi.

Viso sėklų daiginimo ir želmenų auginimo periodo metu, laistymui naudojant vandentiekio vandenį, kurio elektrinis laidumas buvo $EC = 0,2 \text{ mS cm}^{-1}$, želmenų derlius po 7 parų auginimo siekė $6189,4 \pm 26,9 \text{ g}$, o laistymui naudojant makro- ir mikroelementais praturtintą tirpalą – $6178,4 \pm 556,3 \text{ g}$ (2 pav.). Apskaičiuotas mažiausias patikimas skirtumas siekė $387,7 \text{ g}$, todėl esminis skirtumas tarp lyginamų skaitinių reikšmių neegzistuoja. Analogiški rezultatai gauti ir sėklų daiginimo bei želmenų auginimo periodo metu naudojant LED apšvietimą (3 pav.).



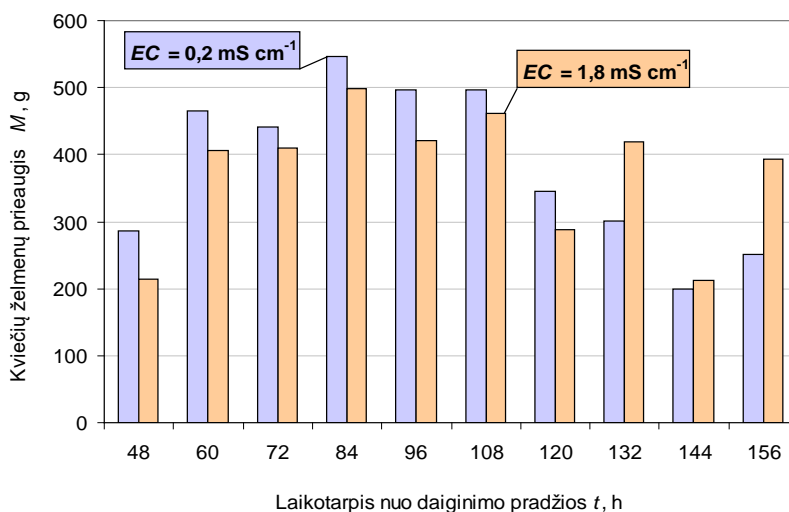
2 pav. Makro- mikroelementų įtaka kviečių želmenų derliui apšvietimui naudojant patalpos apšvietimo liuminescencines lempas



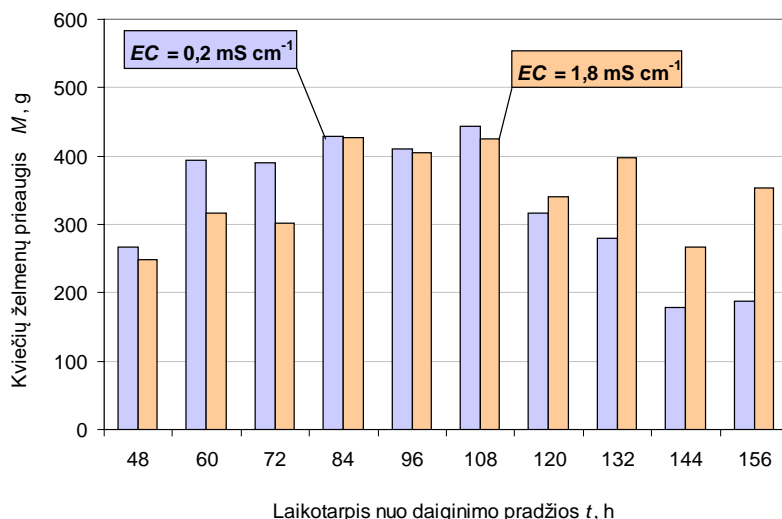
3 pav. Makro- mikroelementų įtaka kviečių želmenų derliui apšvietimui naudojant LED lempas

Išanalizavus želmenų masės prieaugio (matuojant dukart per parą) tyrimus, pastebėta, kad makro- ir mikroelementų įtaka maitinamajame tirpale želmenų derliui pradeda ryškėti tik nuo 132 auginimo valandos, t. y. 6 paros (4 ir 5 pav.).

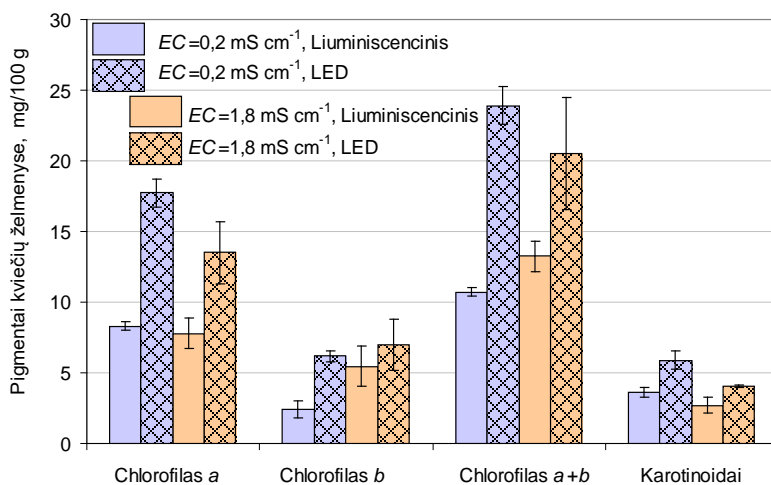
Analizuojant tyrimų rezultatus pastebėta, kad apšvietimui naudojant LED lempas kviečių želmenų derlius po 7 parų auginimo buvo apie 10 % mažesnis (3 pav.) nei naudojant patalpos apšvietimo liuminescencines lempas (2 pav.). Tačiau kviečių želmenų pigmentų kiekiai, naudojant LED lempas, buvo didesni: chlorofilo *a* ir *b* – 50 %, o karotinoidų – apie 35 % (6 pav.).



4 pav. Želmenų masės prieaugio kitimas jų apšvietimui naudojant patalpos apšvietimo liuminescencines lempas



5 pav. Želmenų masės prieaugio kitimas jų apšvietimui naudojant LED lempas



6 pav. Pigmentų kiekis želmenyse po 7 parų auginimo priklausomai nuo apšvietimo ir maitinamojo tirpalo elektrinio laidumo EC

Vertinant makro- ir mikroelementų įtaka maitinamajame tirpale, buvo nustatyta, kad 7 paras augintuose kviečių želmenyse chlorofilo *a* ir *b* kiekis buvo apie 20 % didesnis nei naudojant vandentiekio vandenį (6 pav.). Apibendrinant tyrimus galima teigti, kad kviečių želmenų auginimui 7 paras kaip maitinamasis jų tirpalas gali būti naudojamas vandentiekio vanduo be jokių priedų.

Išvados

1. Kviečių želmenų auginimo (7 paras) hidroponiniu būdu sąnaudas galima sumažinti jų laistymui naudojant vandentiekio vandenį be jokių priedų, kurio elektrinis laidumas siekia $EC = 0,2 \text{ mS cm}^{-1}$.
2. Siekiant užauginti didesnės maistinės vertės (didesnį pigmentų kiekį turinčius) kviečių želmenis tikslinga jų auginimo metu naudoti LED apšvietimą, kurio mėlynos ir raudonos spalvos šviesos bangų srautas siekia $244,7 \pm 24,1 (\mu\text{mol m}^{-2}) \text{ s}^{-1}$.

Literatūra

1. Benincasa, P., Falcinelli, B., Lutts, S., Stagnari, F., Galieni, A. 2019. Sprouted Grains: A Comprehensive Review. *Nutrients*. Nr. 11(2), p. 421–449.
2. De Pascale, S., A. Maggio, F. Orsini, and G. Barbieri. 2006. Nutrients influence on ready to eat sweet basil quality. *Acta Hort.* 718:523–530.
3. Guzmán-Ortiz, F. A., Castro-Rosas, J., Gómez-Aldapa, C. A., Mora-Escobedo, R., Rojas-León, A., Rodríguez-Marín, M. L., Falfán-Cortés, R. N., Román-Gutiérrez, A. D. 2019. Enzyme activity during germination of different cereals: A review. *Food Reviews International*, 1-24. Nr. 35(3), p. 177–200.
4. Kołodziejczyk P., Michniewicz J. 2004. The changes of some enzymes activities during germination of rye kernels. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Food science and technology*. 7 (1).
5. Kraujutienė, I., Steponavičius, D., Matusevičius, P., Steponavičienė, A. 2010. Comparative evaluation of qualitative values in germinated and ungerminated wheat grain grown in different technologies. *Annals: Food Science and Technology*. Nr. 11(1), p. 6–12.
6. LST EN ISO 10519:2001 Chlorofilo kiekio nustatymas. Spektrometrinis metodas (ISO 10519:1997)
7. LST ISO 6558-2:2002. Karotino kiekio nustatymas. 2 dalis. Įprastiniai metodai (ISO 6558-2:1992).
8. Morgan, J. V., Hunter, R. R. 1993. Limiting factors in hydroponic barley grass production. In *Proceedings of the 8th international congress on soilless culture, Hunter's Rest, South Africa, 2–9 October*, pp. 241–261.
9. Olsson U., Engstrand U., Rupšys P. 2000. *Statistiniai metodai SAS ir MINITAB*. Akademinė LŽŪU leidybos centras. 227 p.
10. Sneath, R., McIntosh, F. 2003. Review of hydroponic fodder production for beef cattle. *Department of Primary Industries: Queensland Australia*. Nr. 84, 54 p.
11. Son, K. H., Oh, M. M. 2013. Leaf shape, growth, and antioxidant phenolic compounds of two lettuce cultivars grown under various combinations of blue and red light-emitting diodes. *HortScience*, 48(8), p. 988–995.
12. Yang, TK Basu, B. Ooraikul, F. 2001. Studies on germination conditions and antioxidant contents of wheat grain. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. Nr. 52(4), p. 319–330.

Santrauka

Ekspimentiniai tyrimai atlikti 2018–2019 metais, Žemės ūkio mašinų technologinių procesų tyrimų laboratorijoje, želmenų dauginimo hidroponiniu būdu stende. Sėklų ir augalų laistymui naudoti du maitinamieji tirpalai: makro- ir mikroelementais praturtintas (jo elektrinis laidumas $EC = 1,8 \text{ mS cm}^{-1}$) ir vandentiekio vanduo ($EC = 0,2 \text{ mS cm}^{-1}$). Be to, želmenų apšvietimui buvo naudoti skirtingi du šaltiniai: patalpos šviestuvuose esančios 6500 K temperatūros atspalvio liuminiscencinės lempos, kurios sukuria vidutiniškai $235,91 \pm 10,6 \text{ Lx}$ apšvietos srautą, kas atitinka $4,01 \pm 0,18 (\mu\text{mol m}^{-2}) \text{ s}^{-1}$ ir LED apšvietimas, kurį sudaro 449–459 nm bangos ilgių mėlynos spalvos diodai sukuriantys $197,4 \pm 23,1 (\mu\text{mol m}^{-2}) \text{ s}^{-1}$ apšvietos srautą ir 617–627 nm raudonos

spalvos – $47,4 \pm 2,1$ ($\mu\text{mol m}^{-2}$) s^{-1} . Bendras LED apšvietimo srautas siekia $244,7 \pm 24,1$ ($\mu\text{mol m}^{-2}$) s^{-1} . Atlikus eksperimentinius tyrimus buvo patvirtinta hipotezė, kad hidroponiniu būdu 7 paras augintų kviečių želmenų derliui makro- ir mikroelementų naudojimas maitinamajame tirpale reikšmingos įtakos neturi. Todėl kaip maitinamasis tirpalas gali būti naudojamas vandentiekio vanduo (elektrinis laidumas siekia $EC = 0,2$ mS cm^{-1}) be jokių priedų. Išanalizavus želmenų masės prieaugio (matuojant dukart per parą) tyrimus, pastebėta, kad makro- ir mikroelementų įtaka maitinamajame tirpale želmenų derliui pradeda ryškėti tik nuo 132 auginimo valandos, t. y. 6 paros. Siekiant užauginti didesnės maistinės vertės (didesnį pigmentų kiekį turinčius) kviečių želmenis tikslinga jų auginimo metu naudoti LED apšvietimą, kurio mėlynos ir raudonos spalvos šviesos bangų srautas siekia $244,7 \pm 24,1$ ($\mu\text{mol m}^{-2}$) s^{-1} .

TECHNOLOGICAL FACTORS AFFECTING WHEAT SEEDS FODDER PRODUCTION SPROUTING HYDROPONICALLY

Summary

Experimental researches were made in 2018–2019, in the Laboratory of Technological Processes of Agricultural Machinery, using hydroponic fodder growing device. Two watering solutions were used for sprouts irrigation: enriched with macro- and microelements (electrical conductivity $EC=1.8$ mS cm^{-1}) and tap water ($EC=0.2$ mS cm^{-1}). In addition, two different sources were used to illuminate the sprouts: the 6500 K-color fluorescent lamps in the room luminaires, which produce an average light intensity of 235.91 ± 10.6 Lx , corresponding to 4.01 ± 0.18 ($\mu\text{mol m}^{-2}$) s^{-1} and LED illumination consisting of 449–459 nm blue color diodes generating 197.4 ± 23.1 ($\mu\text{mol m}^{-2}$) s^{-1} and 617–627 nm red color diodes 47.4 ± 2.1 ($\mu\text{mol m}^{-2}$) s^{-1} light intensity. The total LED light intensity is 244.7 ± 24.1 ($\mu\text{mol m}^{-2}$) s^{-1} . Experimental studies have confirmed the hypothesis that the use of macro- and micronutrients in the watering solution for hydroponic 7-day-grown wheat fodder yield is not significant. Therefore, tap water can be used as a nutrient solution ($EC=0.2$ mS cm^{-1}) without any additives. After analysing studies of the growth of the wheat fodder mass (measured twice a day), it was observed that the influence of macro- and micronutrients in the nutrient solution starts to appear only from 132 hours (6 days) of cultivation. In order to grow the wheat fodder with higher nutritional value (in this case with higher pigments content), it is expedient to use blue and red LED illumination during its cultivation with a light intensity of 244.7 ± 24.1 ($\mu\text{mol m}^{-2}$) s^{-1} .

Andrius Grigas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 690 73251, el. paštas agrigas1@gmail.com

Dainius Steponavičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, prof. dr.; tel. +370 674 27 721, el. paštas: Dainius.Steponavicius@vdu.lt

Aušra Steponavičienė – Kauno kolegijos dėstytoja; tel. +370 675 47 564, el. paštas: steponaviciene.ausra@gmail.com

JONINIŲ SKYSČIŲ TRIBOLOGINĖS SAVYBĖS

Gediminas Radžiūnas, Artūras Kupčinskas, Raimundas Kreivaitis

Įvadas

Tepimo technologijos nuolat tobulinamos, kad atitiktų naujus iššūkius arba atvertų naujas galimybes. Tiesą sakant, daugelis įrangos patobulinimų gali įvykti tik tada, kai tepalo technologijos progresuoja. Iš dalies tepalai tobulini tam, kad į aplinką būtų išmetama mažiau teršalų, tepalai būtų tvaresni, ilgėtų laikas tarp techninių aptarnavimų ir, žinoma, trinties mažinimo, dėl kurios sumažėja energijos nuostoliai [1,2]. Norint įveikti šiuos iššūkius, nauji tepalai ir patobulinti priedai turi būti nuosekliai tobulinami. Naujausias ir šiuo metu tobuliausias priedas alyvoms išsprendžiantis šias problemas yra joniniai skysčiai. Kaip alyvų priedai joniniai skysčiai pradėti tirti nuo 2001 m. Joniniai skysčiai buvo tiriami tiek kaip savarankiškos alyvos, tiek kaip alyvos priedai, siekiant sumažinti susidėvėjimą ir trintį. Joninių skysčių gamybai yra naudojami amino junginys ir organinė rūgštis. Medžiagos joninių skysčių sintezei parenkamos pagal tam tikras savybes, būdingas geras tepamąsias savybes turinčioms medžiagoms. Šiuo atveju tai hidroksi (-OH) ir karboksi (COOH) grupės, grandinės ilgis ir šakotumas. Joninių skysčių sintezėje amino junginiai bus taikomi kaip Brionstedo bazės, o organinės rūgštys – kaip Brionstedo rūgštys.

Amino junginys: šakotas aminas (t-oktilaminas). Protolitinių joninių skysčių sintezei yra naudojama cis-9-oktadeceno C18:1 (oleino r.).[3]

Sintezė atliekama termostatuojamoje trikaklėje kolboje, prie kurios prijungtas grįžtamasis šaldytuvas, termometras ir lašinamasis piltuvas. Mėginį intensyviai maišant nustatytoje temperatūroje bus lėtai lašinama rūgštis. Sintezės metu vyks rūgštis-bazės neutralizacijos reakcija ir susidaro protolitinis joninis skystis. Sintetinant joninius skysčius bus optimizuojami trys gamybos parametrai: temperatūra; laikas; rūgštis-bazės santykis. Po sintezės bus vykdomas joninio skysčio gryninimas pašalinant nesureagavusias medžiagas. Jo metu mėginys nustatyto dydžio vakuume (100 mbar) bus šildomas ir intensyviai maišomas keletą valandų.

Tyrimų tikslas – ištirti joninių skysčių kaip alyvos priedo tepamąsias savybes esant skirtingai koncentracijai.

Tyrimų uždaviniai:

1. Atlikti bazinės alyvos su skirtinga koncentracija joninio skysčio, tribologinius tyrimus.

2. Išanalizuoti eksperimentinius tyrimus ir apibendrinti tyrimų metu gautus rezultatus.

Tyrimų metodika ir objektas

Joninių skysčių gamybai yra naudojami amino junginys ir organinė rūgštis. Medžiagos joninių skysčių sintezei parenkamos pagal tam tikras savybes, būdingas geras tepamąsias savybes turinčioms medžiagoms. Šiuo atveju tai hidroksi (-OH) ir karboksi (COOH) grupės, grandinės ilgis ir šakotumas. Joninių skysčių sintezėje amino junginiai bus taikomi kaip Brionstedo bazės, o organinės rūgštys – kaip Brionstedo rūgštys. Amino junginys: šakotas aminas (t-oktilaminas). Protolitinių joninių skysčių sintezei yra naudojama cis-9-oktadeceno C18:1 (oleino r.).

Sintezė atliekama termostatuojamoje triskalėje kolboje, prie kurios prijungtas grįžtamasis šaldytuvas, termometras ir lašinamasis piltuvas. Mėginį intensyviai maišant nustatytoje temperatūroje bus lėtai lašinama rūgštis. Sintezės metu vyks rūgšties-bazės neutralizacijos reakcija ir susidaro protolitinis joninis skystis. Sintetinant joninius skysčius bus optimizuojami trys gamybos parametrai: temperatūra; laikas; rūgšties-bazės santykis. Po sintezės bus vykdomas joninio skysčio gryninimas pašalinant nesureagavusias medžiagas. Jo metu mėginys nustatyto dydžio vakuume (100 mbar) bus šildomas ir intensyviai maišomas keletą valandų

Pasiruošiant tyrimams tiriamoji medžiaga pasveriami *Kern* firmos svarstyklėmis, supilama į talpyklą kurioje yra įtvirtintas metalo diskas ant kurio bus atliekamas bandymas. Po bandymo tyrimui naudotas rutuliukas ir metalo diskas nuplaunami ultragarsinėje vonelėje *VTUSC2*. Kad išmatuoti rutuliuko nudilimo skersmenis bei padaryti nudilimo dėmių nuotraukas, naudojamas optinis mikroskopas *Nikon Eklipse MA100*. Nudilimo profilių diagramoms padaryti naudojamas profilometras.

Atliekant alyvų tribologinius tyrimus įrenginiu *Ballondisck HRFF*, duomenų registravimui naudojama: firmos Pico Technology ADC keitiklis ADC200-20, temperatūros matuoklis TC-08 ir K tipo termoporos, Scaime BEF-1 jėgos jutiklis ir signalo stiprintuvas CPJ2S. Picolog Recorder programine įranga registruota tarp trinties paviršių susidarantis trinties koeficientas, tiriamos tepamosios medžiagos bei aplinkos temperatūros. Duomenų registravimo periodiškumas – 1 sekundė (parinkta atlikus preliminarinius bandymais). Naudojant šią programą, bet kuriuo tyrimo momentu galima matyti grafinį matuojamų parametrų vaizdus. Pasibaigus bandymui, duomenys iš šios programos įkelti į Microsoft Excel programą, kur jie apdorojami statistiškai.

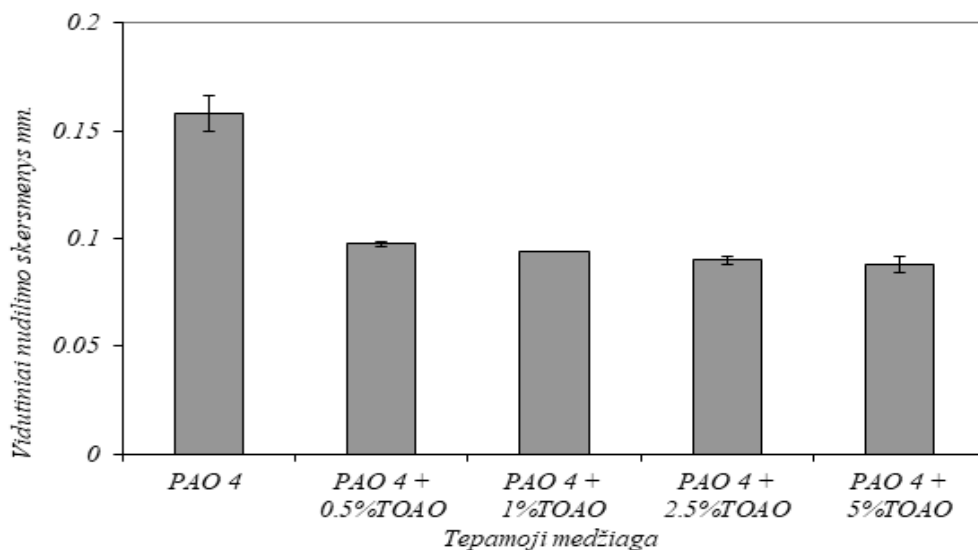
Tyrimams naudota bazinė alyva *Propiokalaminas* sutrumpintai (PAO4) ir joninis skystis *Tretaoktalaminas*, sutrumpintai (TOAO4)

Atlikti alyvų trinties ir dilimo bandymai su trinties mašina *Ballondisck HRFF*.

- a) Bazinė alyva
- b) Bazinė alyva su 0,5% koncentracijos joninio skysčio.
- c) Bazinė alyva su 1% koncentracijos joninio skysčio.
- d) Bazinė alyva su 2,5% koncentracijos joninio skysčio.
- e) Bazinė alyva su 5% koncentracijos joninio skysčio.

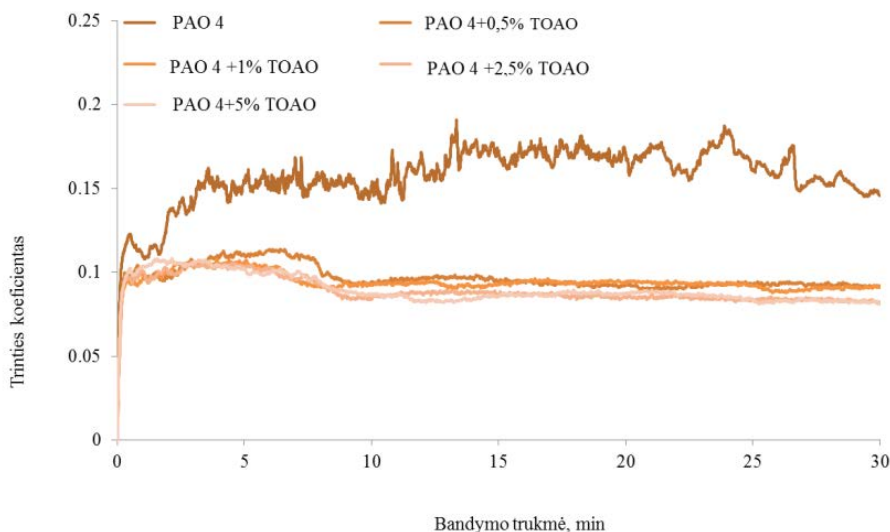
Rezultatai

Atlikus tyrimus (1 pav.) aiškiai matyti. Kad bazinė alyva nudilo 1,5 karo daugiau nei alyva turinti joninio skysčio priedo. Iš nulimo skersmenų diagramos matyti, kad didinant joninio skysčio koncentraciją bazinėje alyvoje, nudilimo skersmenys mažėja. Tačiau pasiekus 5 % joninio skysčio koncentraciją ryškių pokyčių lyginant su 2,5 % joninio skysčio koncentracija, nėra.



1 pav. Vidutiniai nudilimo skersmenys

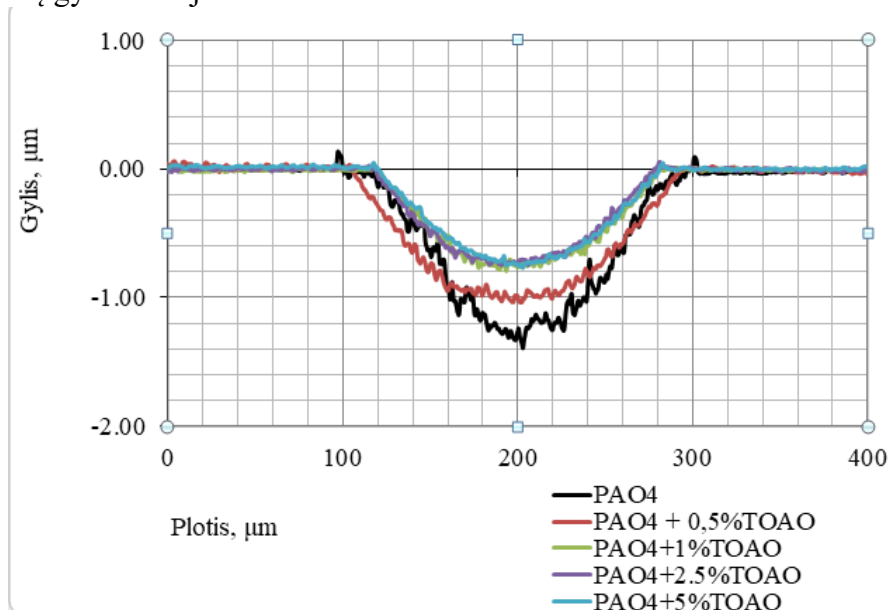
Išanalizavus trinties koeficiento grafiką (2 pav.) matyti kad bazinės alyvos trinties koeficientas yra netolygus.



2 pav. Trinties koeficiento grafikas

Nuo bandymo pradžios trinties koeficientas netolygiai didėja ir mažėja. Į bazinę alyvą įmaišius joninio skysčio trinties koeficientas stabilizuojasi ir yra mažesnis. Didinant joninio skysčio koncentraciją trinties koeficientas mažėja.

Išmatavus nudilimo režius (3 pav.) profilometru, matyti aiškūs skirtumai tarp bazinės alyvos nudilimo režių ir alyvos su skirtinga koncentracija joninio skysčio. Bazinės alyvos nudilimo režiai yra gilesni ir netaisyklingos formos priklausomai nuo joninio skysčio koncentracijos, didinant joninio skysčio koncentraciją nudilimo režių gylis mažėja.

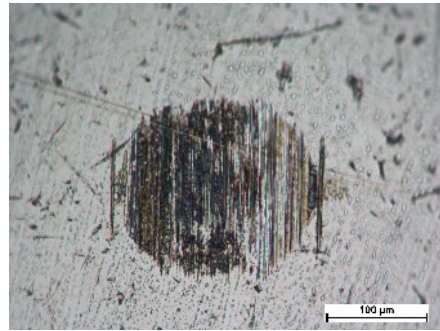


3 pav. Nudilimo režių diagrama.

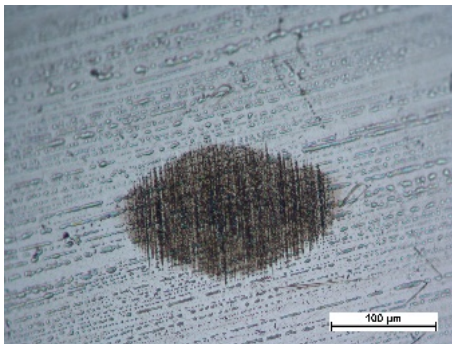
Padarius nudilimo profilių nuotraukas (4 pav.) matoma ryški priklausomybė nuo joninio skysčio koncentracijos. Didėjant joninio skysčio koncentracijai bazinėje alyvoje nudilimo dėmių režių gylis mažėja. O dėmių forma darosi taisyklingesnė.



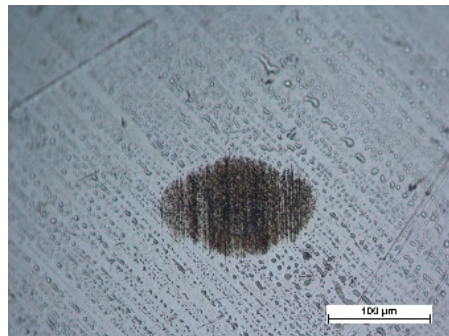
a) PAO 4



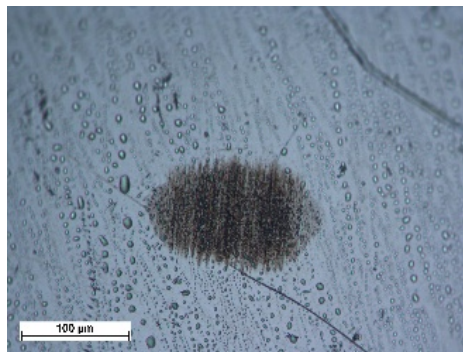
b) PAO4+0,5% TOAO



c) PAO4 + 1% TOAO



d) PAO4+2,5% TOAO



f) PAO4+5% TOAO

5.pav. Nudilimo dėmių nuotraukos.

Analizuojant išdilusius paviršius pastebėti skirtingi pėdsakų vaizdai. Kaip matyti iš nuotraukų mažiausiai nudilo alyva su didžiausia koncentracija joninio skysčio o daugiausiai bazinė alyva.

Išvados

1. Įvertinus bazinės alyvos tribologinių savybių priklausomybę nuo joninio skysčio koncentracijos, matoma, kad geresnes tribologines savybes turi alyva, kurioje yra didžiausia koncentracija joninio skysčio. Bazinė alyva nudilo 1,5 karto daugiau lyginant su alyva kurioje buvo 5 % koncentracijos joninio skysčio.
2. Išanalizavus nudilimo diagramą, bei nudilimo dėmių nuotraukas, matomi ryškūs pokyčiai. Didėjant joninio skysčio koncentracijai nudilimo skersmenys mažėja.

Literatūra

1. Street, K.W.; Morales, W.; Koch, V.R.; Valco, D.J.; Richard, R.M.; Hanks, N. 2011. Evaluation of vapor pressure and ultra-high vacuum tribological properties of ionic liquids. *Tribol. Trans.*, 54, 911–919
2. Palacio, M.; Bhushan, B. 2010. A review of ionic liquids for green molecular lubrication in nanotechnology. *Tribol. Lett.* 40, 247–268.
3. Bermúdez, M.D.; Jiménez, A.E.; Sanes, J.; Carrión, F.J. 2009. Ionic liquids as advanced lubricant fluids. *Molecules* 14, 2888–2908.
4. Minami, I. 2009. Ionic liquids in tribology. *Molecules*, 14, 2286–2305.
5. Zhou, F.; Liang, Y.; Liu, W. 2009. Ionic liquid lubricants: Designed chemistry for engineering applications. *Chem. Soc. Rev.*, 38, 2590–2599.

Santrauka

Tepimo technologijos nuolat tobulinamos, kad atitiktų naujus iššūkius arba atvertų naujas galimybes. Tiesą sakant, daugelis įrangos patobulinimų gali įvykti tik tada, kai tepalo technologijos progresuoja. Iš dalies tepalai tobulini tam, kad į aplinką būtų išmetama mažiau teršalų, tepalai būtų tvaresni, ilgėtų laikas tarp techninių aptarnavimų ir, žinoma, trinties mažinimo, dėl kurios sumažėja energijos nuostoliai. Naujausias ir šiuo metu tobuliausias priedas alyvoms išsprendžiantis šias problemas yra joniniai skysčiai. Kaip alyvų priedai joniniai skysčiai pradėti tirti nuo 2001 m. Joniniai skysčiai buvo tiriami tiek kaip savarankiškos alyvos, tiek kaip alyvos priedai, siekiant sumažinti susidėvimą ir trintį. Tyrimams naudota bazinė alyva *Propiokalaminas* sutrumpintai (PAO4) ir joninis skystis *Tretaoktalaminas*, sutrumpintai (TOAO4)

TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF IONIC LIQUIDS

Summary

Lubrication technologies are constantly being improved to meet new challenges or open up new opportunities. In fact, many enhancements to equipment can only happen when lubricant technology progresses. Partially lubricants improve to reduce pollutant emissions, make lubricants more sustainable, take longer between maintenance and, of course, reduce friction, which reduces energy losses. The latest and most advanced oil supplement for solving these problems is ionic fluids. As oil additives, ionic liquids have been investigated since 2001. Ionic liquids were tested both as self-contained oil and as oil additives to reduce wear and friction. Base oil for research Propiocalamin abbreviated (PAO4) and ionic liquid Tretaocetalamine, abbreviated (TOAO4).

Gediminas Radžiūnas – VDŪ ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas, tel. +370 645 68377, el. paštas: gediminas.radziunass@gmail.com\

Artūtas Kupčinskas – VDŪ ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, m.darbuot., dr; tel. +370 698 05964, el. paštas: arturas.kupcinskas@vdu.lt

Raimundas Kreivaitis – VDŪ ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, doc. dr; tel. +370 642 25557, el. paštas: raimundas.kreivaitis@vdu.lt

DYGLIUOTŲJŲ ŠALTALANKIŲ UOGŲ KONVEKCIŠNO DŽIOVINIMO TECHNOLOGIJOS TYRIMAS

Rimvydas Morkevičius, Egidijus Zvicevičius

Įvadas

Lietuvoje dygliuotieji šaltalankiai (*Hippophae*) dažniausiai aptinkami, nederlingose ir nerūgščiose, orui laidžiose žemėse, vandens telkinių pakrantėse, rečiau sodybose. Toks dygliuotųjų šaltalankių paplitimas dažniausiai būna savaiminis. Taip pat jie veisiami ir auginami specialiai. 2018 metais Lietuvoje deklaruoti 3401,22 ha šaltalankių uogynų (Navasaitis, 2004; NMA, 2018).

Dygliuotųjų šaltalankių uogos pasižymi tuo, kad savo sudėtyje turi daug biologiškai aktyvių medžiagų. Jų kiekis uogose priklauso nuo augimo sąlygų, kilmės, veislės ir kitų veiksnių. Uogą sudaro: 68 proc. minkštimo, 23 proc. sėklos ir 7,75 proc. odelės (Li, Beveridge, 2003). Jose gausu vitamino E, C, karotino, askorbino rūgšties, vitamino B1, B2, B6, cukraus, rūgščių, rauginių medžiagų, riebalų bei kitų biologiškai aktyvių medžiagų. Dėl askorbato oksidasės fermento, kurio nėra uogose askoborto rūgštis ne degradoja, todėl džiovintos šaltalankių uogos vis tiek turės daug vitamino C. 100g šaltalankių uogų yra apie 400mg vitamino C. (Gutzeit, D., Baleanu, 2008) Tuo pačiu šaltalankių uogose gausu drėgmės. Jų drėgnis siekia 85–87 proc. Todėl susidaro palankios sąlygos biodestrukcijos procesams – pelėsinų grybų vystymuisi ir uogų kokybės menkėjimui (Matelis, 1995; Adrianna Rafalska, 2017).

Šaltalankių uogos padengtos stora luobele. Tai apsunkina drėgmės pasišalinimą iš uogų ir jų džiovimo procesą. Siekiant suaktyvinti drėgmės difuziją praktikoje yra naudojami cheminiai, terminiai arba mechaniniai apdorojimo metodai, kurie pažeidžia arba suardo žaliavos išorinius sluoksnius ir palengvina drėgmės pasišalinimą (George, Cenkowski, Muir, 2004). Tai padidina džiovavimo proceso intensyvumą ir efektyvumą bei ruošiamos žaliavos kokybę.

Tyrimų tikslas: uogų terminio apdorojimo technologijos poveikio dygliuotųjų šaltalankių džiovavimo procesui įvertinimas.

Tyrimų objektas ir metodika

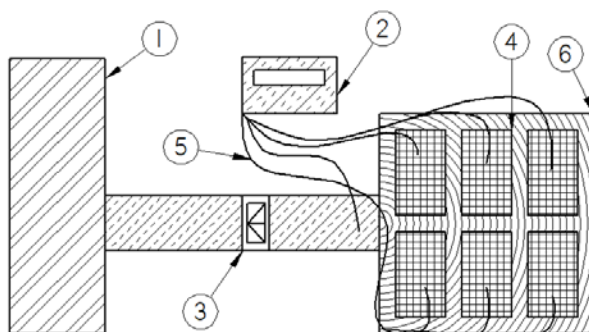
Tyrimai atlikti 2018–2019 metais Vytauto Didžiojo universiteto Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos instituto laboratorijoje. Tyrimams buvo naudojama: džiovavimo stendas su džioviklio paruošimo sistema, džiovavimo spinta MEMMERT UF450, svarstyklės SARTORIUS Miras 2, temperatūros, santykinio oro drėgnio ir oro srauto greičio matavimo ir duomenų fiksavimo prietaisų sistema ALMEMO.

Džiovavimo tyrimai atlikti dviem etapais. Pirmuoju etapu džiovintos šviežios uogos. Jos rankiniu būdu buvo atskirtos nuo šakelių ir patalpintos po 1,4 kg į šešias džiovavimo dėžutes su tinkliniu dugnu. Prieš džiovinimą dvi dėžutės su

uogomis džiovinimo spintoje paveiktos termiškai 2 valandas, kitos dvi dėžutės – 1 valandą. Likusiose dviejose dėžutėse esančios uogos džiovintos be papildomo terminio apdirbimo.

Antruoju etapu buvo džiovintos užšaldytos šaltalankių uogos. Iš laukų atvežtos šaltalankių uogos su šakelėmis pirmiausia buvo užšaldytos. Po to mechaniniu būdu jos atskirtos nuo šakelių ir paskirstytos į 6 dėžutes po 1,4 kg. Iš jų dvi dėžutės su užšaldytais uogomis 30 min. paveiktos termiškai džiovinimo spintoje, kitos dvi dėžutės su uogomis – 3 val. 30 min. intensyviai ventiliuotos 25°C temperatūros aplinkos oru kol atšilo, ir likusios dvi dėžutės su užšaldytais uogomis buvo pradėtos džiovinti iškart be papildomo paruošimo.

Džiovinimo tyrimams naudotas specialus stendas su džioviklio paruošimo sistema (1 pav.). Džiovinimo stende vienu metu patalpinamos ir ventiliuojamos šešios 290x200x40 mm ventiliuojamos dėžutės su tinkliniu dugnu.



1 pav. Principinė džiovinimo stendo schema: 1 – džioviklio paruošimo sistema, 2 – duomenų kaupiklis „Almemo 3290“, 3 – ventiliatorius, 4 – ventiliuojamos dėžutės, 5 – temperatūros ir santykinio drėgnumo matavimo jutikliai, 6 – oro srauto paskirstymo kolektorius

Temperatūrai ir santykiniam drėgnumui stebėti, buvo išdėstyti temperatūros ir santykinio oro drėgnumo matavimo jutikliai, oro srauto paskirstymo kolektoriuje, per vidurį uogų sluoksnio ir ant uogų sluoksnio. Visų tyrimų metu matavimo rezultatai periodiškai kas 5 min. kaupiami duomenų kaupiklyje „Almemo 3290“. Džiovinant taip pat fiksuota uogų masė: dėžutės su uogomis periodiškai buvo iškeliamos, pasveriamos ir gražinamos atgal. Tyrimai buvo tęsiami tol, kol džiovinamų uogų masė nustodavo kisti.

Iš gautų masės matavimo rezultatų buvo apsiskaičiuotas santykinis uogų drėgnis bet kuriuo džiovinimo metu:

$$\omega_i = 100 - \left(\frac{100 \cdot m - \omega \cdot m}{m_i} \right), \quad [1]$$

čia ω_i – džiovinamų uogų drėgnis bet kuriuo džiovinimo metu, proc.;

m_i – džiovinamų uogų ėminio masė bet kuriuo džiovinimo metu, kg;

ω – uogų drėgnis džiovinimo pradžioje, proc.;

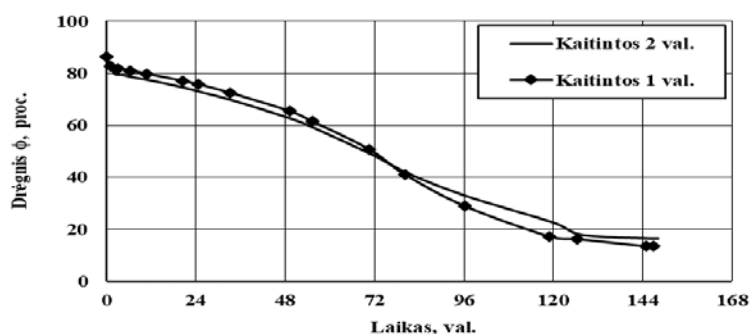
m – džiovinamų uogų ėminio masė džiovinimo pradžioje, kg.

Rezultatai

Tyrimams naudotų šaltalankių uogų pradinis vidutinis drėgnis buvo $86,4 \pm 0,37$ proc. Jis buvo nustatytas pamatiniu metodu – džiovinant uogų ėminį džiovinimo spintoje 105 ± 2 °C temperatūroje iki pastovios masės. Tuo metu džiovinimo tyrimai atlikti džiovinimo stende ventiliuojant uogas vidutiniškai $33 \pm 2,3$ °C temperatūros ir $54,9 \pm 4,6$ proc. santykinio drėgnumo oru. Taip uogos buvo džiovinamos iki žemesnio nei 18 proc. drėgnio.

Ilgiausiai džiuvo šviežios be papildomo terminio paruošimo šaltalankių uogos. Džiūvimo procesas truko 898 val. ir jų drėgnis sumažėjo iki $12,4 \pm 0,4$ proc. Be to, jau 623 val. nuo džiovinimo pradžios buvo užfiksuotas akivaizdus uogų pažeidimas vabzdžių lervomis.

2 paveiksle pateikti pirmuoju etapu džiovintų termiškai paveiktų uogų džiovinimo kreivės. Terminio apdoravimo metu uogos neteko dalies drėgmės: 2 val. termiškai apdorotos uogos prarado $6,51 \pm 0,4$ proc. drėgnio, o 1 val. termiškai apdorotos uogos – $3,75 \pm 0,3$ proc.



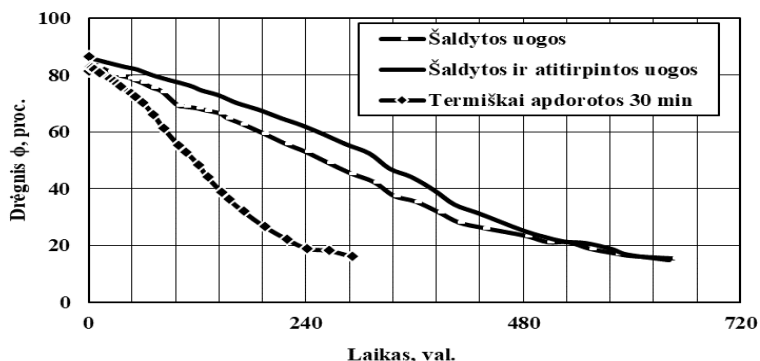
2 pav. Šviežių ir termiškai apdorotų šaltalankio uogų džiovinimo kreivės

Taigi, pradėjus ventiliuoti 2 val. termiškai apdorotų uogų pradinis drėgnis buvo mažesnis. Taip pat jų džiovinimo kreivė viso proceso metu kito tolygiau nei 1 val. termiškai apdorotų uogų. Pastarųjų uogų džiovinimo procese akivaizdžiai fiksuota intensyvesnė džiovinimo proceso antroji pusė. Po 50 valandų džiovinimo, šaltalankio uogų džiovinimas padidėjo nuo 0,55 proc. iki 0,69 proc. per valandą ir tapo intensyvesnis nei 2 valandas termiškai apdorotų uogų. Didesnis jų džiovinimo tempas išliko iki džiovinimo pabaigos, kas lėmė ir mažesnę išdžiovintų uogų galutinį drėgnį, $15,9 \pm 0,8$ proc.

Termiškai apdorotų šviežių uogų džiovinimas truko 148 val. Per tą laiką 2 val. termiškai apdorotos uogos išdžiūvo iki $15,6 \pm 1,8$ proc., o 1 val. termiškai apdorotos – iki $15,9 \pm 1,0$ proc. drėgnio.

Antruoju etapu džiovinant šaldytas uogas, jų džiovinimo trukmė pailgėjo. Greičiausiai išdžiūvo šaldytos ir papildomai 30 min. termiškai apdorotos uogos. Per 291 val. ventiliavimo $32,8 \pm 2,1$ °C temperatūros ir $55,2 \pm 3,9$ proc. santykinio

drėgnumo oru, uoų drėgnis sumažėjo nuo $82,2 \pm 0,8$ proc. iki $14,2 \pm 1,2$ proc. (3 pav.).



3 pav. Šaldytų šaltalankio uoų džiūvimo kreivės

Prieš džiovinimą aplinkos oru atšildytų ir džiovinamų be papildomo apdoravimo šaldytų uoų džiūvimo procesas užsitęsė dar ilgiau, atitinkamai iki 641 val. ir iki 646 val., o jų drėgnis sumažėjo iki $14,7 \pm 1,3$ proc. ir $15,4 \pm 1,9$ proc.

Išvados

1. Termiškai apdorotų ir ventiliuotų $33 \pm 2,3$ °C temperatūros ir $54,9 \pm 4,6$ proc. santykinio drėgnumo oru šviežių uoų džiūvimo trukmė sumažėjo 6,07 karto, t. y. nuo 898 val. iki 148 val.
2. Termiškai apdorotų ir ventiliuotų $32,8 \pm 2,1$ °C temperatūros ir $55,2 \pm 3,9$ proc. santykinio drėgnumo oru šaldytų uoų džiūvimo trukmė sumažėjo 2,22 karto, t. y. nuo 646 val. iki 291 val.
3. Preliminarus šaldytų uoų atšildymas prieš džiovinimą neturėjo esminės įtakos jų džiūvimo trukmei ir greičiui: nuo $81,2 \pm 1,3$ proc. iki $16 \pm 0,7$ proc. šaldytų be papildomo apdoravimo uoų drėgnis sumažėjo per 590 val., o šaldytų ir atitirpintų uoų – per 580 val.

Literatūra

1. Navasaitis, M. 2004. Dendrologija. Vilnius: Margi raštai.
2. NMA. 2018. Deklaruotas pasėlių plotas rajonuose. Prieiga per internetą: <https://www.nma.lt/index.php/parama/tiesiogines-ismokos/statistika/9031#res>.
3. LI, Thomas S.C., BEVERIDGE, Thomas H.J. 2003. Sea Buckthorn (*Hippophae Rhamnoides* L.): Production and Utilization. Ottawa: NRC research press.
4. Matelis, J. 1995. Retieji vaisiniai augalai. Kaunas: Spindulys.
5. Gutzeit, D., Baleanu, G., Winterhalter, P., & Jerz, G. (2008). Vitamin C content in sea buckthorn berries (*Hippophae rhamnoides* L. ssp.) and related products: a kinetic study on storage stability and the determination of processing effects. Journal of Food Science,
6. Rafalska A., Abramowicz K., Krauze M. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) as a plant for universal application *World Scientific News* 72 (2017), 123–140.
7. George S.D.St., Cenkowski S., Muir W.E. 2004. A review of drying technologies for the preservation of nutritional compounds in waxy skinned fruit. *North Central ASAE=CSAE Conference: Winnipeg, MB.*

Santrauka

Dygliuotųjų šaltalankių uogose gausu vitamino E, karotino, askorbino rūgšties, vitamino B1, B2, B6, cukraus, rūgščių, rauginių medžiagų, riebalų bei kitų biologiškai aktyvių medžiagų. Tačiau stora luobelė apsunkina uogų džiūvimo procesą, kuriam paspartinti gali būti naudojami įvairūs apdorojimo metodai. Vienas iš jų yra terminis. Taigi straipsnyje tiriamas uogų terminio apdorojimo poveikis dygliuotųjų šaltalankių džiūvimo procesui. Džiūvimo procesai tirti tiek šviežių, tiek šaldytų uogų. Pradžioje jos buvo apdorojamos termiškai, o po to džiovinamos aktyviosios ventiliacijos stende. Nustatyta, kad dygliuotųjų šaltalankių uogų terminis apdorojimas yra efektyvi priemonė džiūvimo procesui sutrumpinti, ypač šviežių uogų: šviežių uogų džiūvimo trukmė sumažėjo 6,07 karto, o šaldytų uogų – 2,22 karto.

RESEARCH OF PRICKLY SEA BUCKTHORN BERRIES CONVEYING DRYING TECHNOLOGIES

Summary

Prickly sea buckthorn berries are rich in vitamin E, carotene, ascorbic acid, vitamin B1, B2, B6, sugar, acids, tanning substances, fat and other biologically active substances. However, the thick husk complicates the drying process of the berries, various methods can be used to accelerate the process of the drying. One of the accelerating processes is thermal. So in the article studied prickly sea buckthorn for the drying process effected by thermal processing. Drying processes studied both ways, with fresh and frozen berries. At the beginning berries was effected by thermal processing, and then dried on an active ventilation bench. As a result, effecting by thermal processing prickly sea buckthorn berries is very effective way to shorten the drying process, especially fresh berries: fresh berries drying process decreased 6,07 times, frozen berries – 2,22 times.

Rimvydas Morkevičius – VDŪ ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas.
tel. 8 674 70896, el. paštas: rymvys123@gmail.com

Egidijus Zvicevičius – VDŪ ŽŪA Energetikos ir biotechnologijos inžinerijos institutas, doc. dr.
tel. 8 618 07674, el. paštas: egidijus.zvicevicius@vdu.lt

AVIACINIŲ JET A-1 DEGALŲ ĮTAKA DYZELINĖS „COMMON RAIL“ MAITINIMO SISTEMOS PATIKIMUMUI

Justas Tamošiūnas, Tomas Mickevičius

Įvadas

Didėjantis energijos poreikis, naftos atsargų mažėjimas, pasaulinių degalų kainų nestabilumas ir globalinio atšilimo problema skatina ieškoti kitų alternatyvių ir atsinaujinančių energijos šaltinių. Transporto sektorius yra vienas iš svarbiausių subjektų, lemiančių daugelio regionų ekonomikos vystymąsi, betarpiškai dalyvauja importo ir eksporto procesuose. Dėl didesnio naudingumo koeficiento ir patikimumo komercinio transporto ir traukos mašinose dažniausiai naudojami dyzeliniai varikliai [1].

Dyzeliniai varikliai projektuojami dirbti tradiciniais mineraliniais degalais, todėl juos maitinant biodegalais ar alternatyviais degalais, iškyla įvairios techninės problemos. Naudojant atsinaujinančius ar alternatyvius degalus, pakinta degalų techninės savybės: tankis ir klampa, šilumingumas, pakinta cetaninis skaičius, užšalimo temperatūra ir kt. Šie rodikliai įtakoja degalų tiekimo ir įpurškimo charakteristikas bei degiojo mišinio kokybę, kuri savo ruožtu turi įtakos dyzelinio variklio darbo efektyvumo ir ekologiniams rodikliams [2].

Dauguma tepumo savybių tyrimų atlikta su klasikinėmis dyzelinių degalų įpurškimo sistemomis arba sąlygomis, tolimomis nuo esančių įpurškimo sistemos. Todėl tikslinga atlikti dyzelino ir Jet A1 degalais veikiančios dyzelinės „Common Rail“ maitinimo sistemos patikimumo tyrimus.

Tyrimų tikslas ir uždaviniai

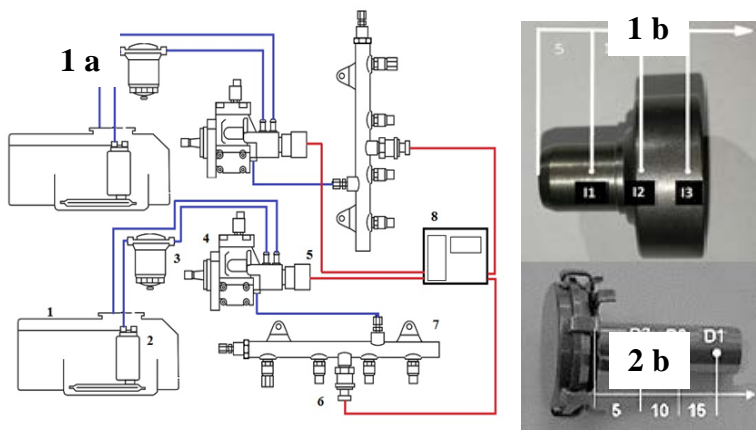
Tyrimų tikslas – ištirti JET A-1 degalų įtaką „Common Rail“ įpurškimo sistemos patikimumui.

Eksperimentinių tyrimų uždaviniai:

- Ištirti dyzelinių degalų ir aviacinių Jet A-1 degalų įtaka dyzelinės „Common Rail“ įpurškimo sistemos ilgaamžiškumui.
- Ištirti aviacinių Jet A-1 degalų įtaką „Common Rail“ didelio slėgio siurblio plunžerinių porų darbingumui.

Tyrimų metodika

Eksperimentiniai tyrimai atlikti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos instituto, degalų maitinimo sistemos bandymų laboratorijoje. Tyrimams panaudota akumuliatorinė „Common rail“ įpurškimo sistema. Tyrimo stendo principinė schema pavaizduota (1 a. pav.).



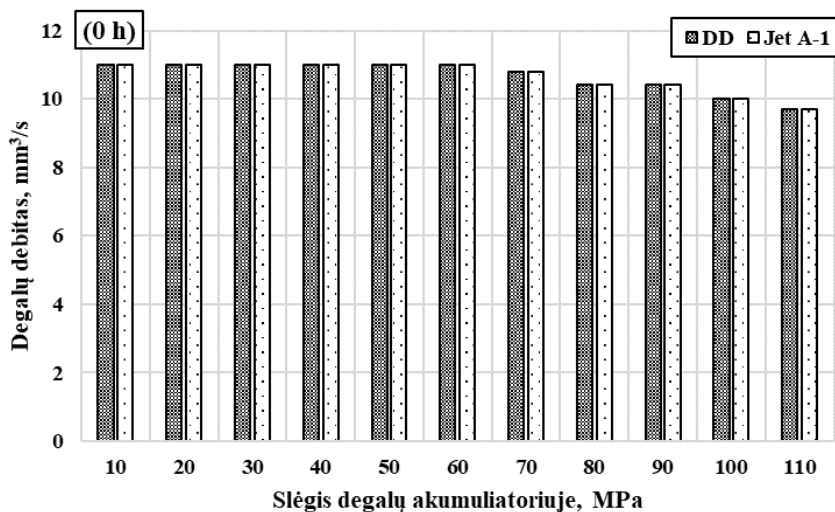
1 a. pav. Stendo principinė schema: 1 – degalų bakas; 2 – elektrinis degalų siurblys; 3 – degalų filtras; 4 – didelio slėgio siurblys; 5 – slėgio reguliavimo vožtuvas; 6 – slėgio akumuliatoriuje jutiklis; 7 – akumuliatorius; 8 – valdymo blokas. **1 b. pav.** Plunžerio įvorės paviršiaus šurkštumo tyrimo vietos; **2 b. pav.** plunžerio paviršiaus tyrimo vietos.

Elektrinis siurblys (2) esantis degalų bake (1) per degalų filtrą (3), tiekė degalus didelio slėgio siurbliui (4). Du didelio slėgio siurbliai Bosh sujungti per diržinę pavarą dirbo vienodais režimais. Siurbliai priklausomai nuo laiko, palaikydavo atitinkamai užduodamą slėgį. Elektrinio variklio sukami nenutrūkstamai veikiantys didelio slėgio siurbliai sukuria norimą įpurškimo slėgį, kurį išlaiko degalų akumuliatoriuje (7). Slėgis buvo reguliuojamas per slėgio reguliatorių (5) sujungtą su valdymo bloku (8). Slėgio akumuliatoriuje jutiklis siuntė signalą į valdymo bloką apie esamą slėgį. Eksperimentiniams tyrimams panaudoti dyzeliniai degalai (DD) ir aviaciniai Jet A1 degalai. Degalų temperatūra buvo stebima ir neviršijo 35 °C.

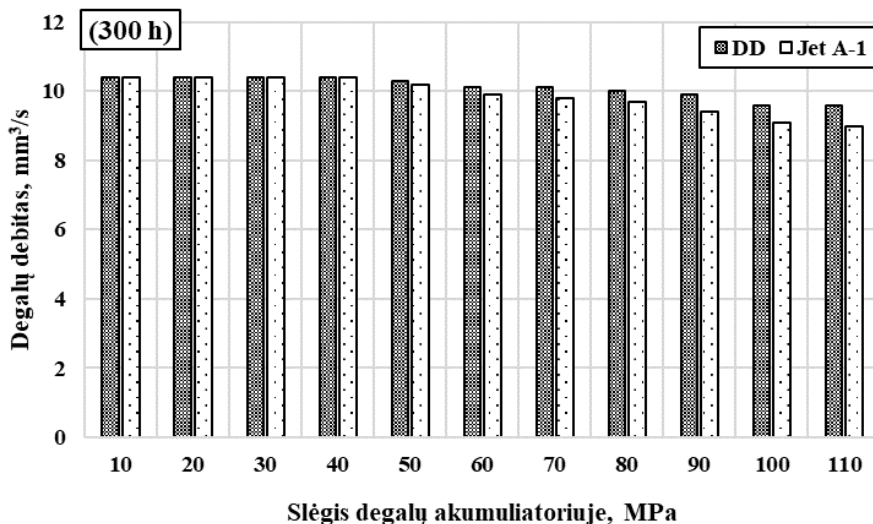
Paviršiaus šurkštumui įvertinti plunžerių ir įvorių paviršiai buvo matuoti profilometru Mahr ST 500. Plunžerių šurkštumo matavimo vietos pažymėtos atitinkamai D1, D2, D3 (1 b. pav.). Įvorių paviršiaus matavimo vietos pažymėtos atitinkamai I1, I2, I3. Tiriant buvo atliekami 3 kartojimai, po to bandiniai pasukami 180° kampu ir matavimai pakartojami. Gautų eksperimentinių duomenų apdorojimui naudota Excel 2016 programa iš standartinio MS Office paketo. Analizei pateikti plunžerinių porų Ra ir Rz šurkštumo skirtumų parametrai [3,4]. Siekiant geriau įvertinti tyrimų rezultatus, paviršiaus vaizdai analizuoti Nikon Inverted Metalurgical Microscope MA 100 mikroskopu. Fotografuojant optiniu mikroskopu naudotas 200 kartų didinimas.

Tyrimų rezultatai

3 pav. pateikta dyzelinių degalų ir aviacinių Jet A-1 degalų debito priklausomybė nuo slėgio tyrimo pradžioje (0 h).

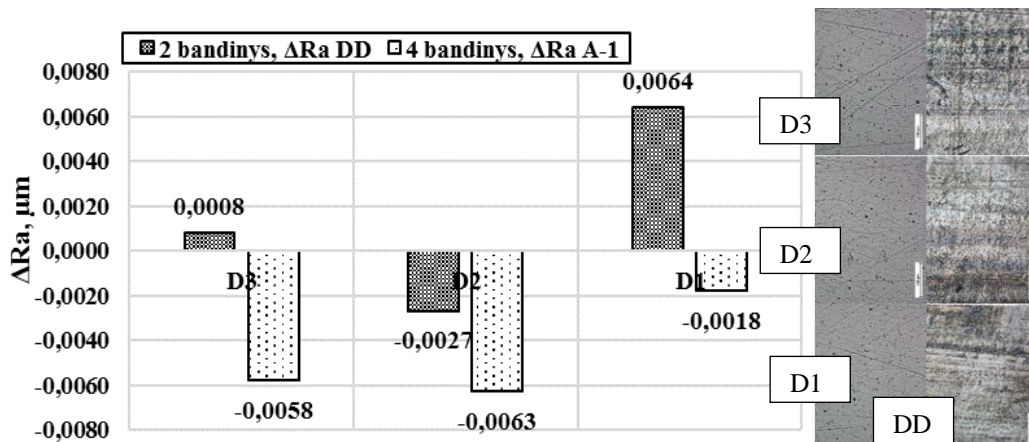


2 pav. Degalų debito priklausomybė nuo slėgio (0 h)



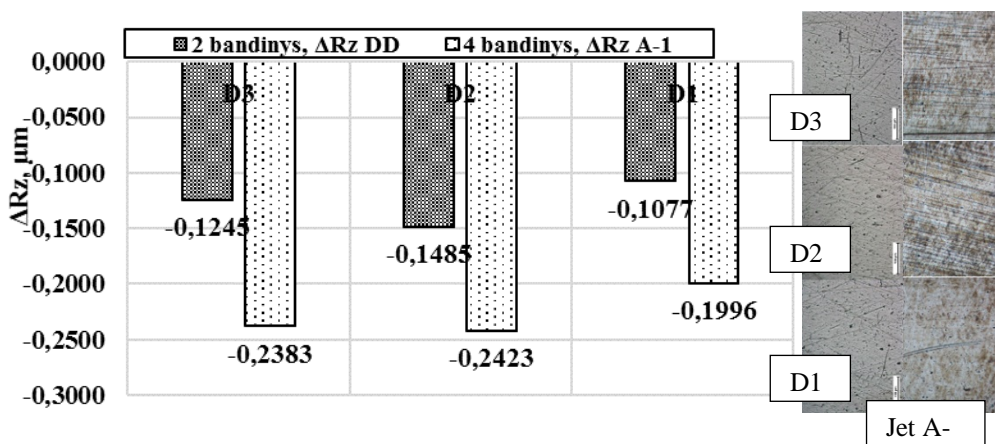
3 pav. Degalų debito priklausomybė nuo slėgio (300 h)

Kaip matyti iš gautų (3 pav.) rezultatų, Jet A1 degalai turi įtakos maitinimo sistemos darbo elementams. Siurbliui dirbant aviaciniais degalais po 300 valandų darbo, buvo pastebėtas siurblio našumo kritimas. Šis pailgėjimas esant 50 MPa buvo 1 %, o slėgį padidinus iki 110 MPa buvo lygus 6,5 %. Tuo tarpu dyzeliniais degalais dirbanti plunžerinė pora, išlaikė našumą. Iš šių rezultatų galima daryti prielaidą jog plunžerinė pora naudojant JET A1 degalus greičiau išdyla ir tampa nesandari.



4 pav. Plunžerio paviršiaus šiurkštumo parametro ΔRa reikšmės

Plunžerinė pora yra viena iš labiausiai apkrautų maitinimo sistemos elementų. Įvertinant palyginti prastas degalų tepamąsias savybes galima teigti, kad tai viena iš sunkiausių sąlygomis dirbančių trinties porų dyzeliniame vidaus degimo variklyje.



5 pav. Plunžerio paviršiaus šiurkštumo parametro ΔRz reikšmės

Kaip matyti (4 pav.) Jet A-1 degalais veikiančio siurblio plunžerių paviršių šiurkštumo parametro Ra mažėjimas buvo dvigubai didesnis, nei dyzeliniais degalais veikiančio siurblio. Paviršiaus šiurkštumo parametras Rz pamažėjo tiek dyzeliniais degalais, tiek ir aviaciniais degalais veikusio siurblio plunžerių (5 pav.). Vertinant plunžerių paviršiaus vaizdus pastebimas tam tikras skirtumas tarp naujų ir tyrime dalyvavusių paviršių.

Išvados

1. Realiomis darbo sąlygomis JET A-1 degalais veikiančio „Common Rail“ degalų įpurškimo sistemos didelio slėgio siurblio našumas, po 300 h darbo sumažėjo 6,5 % prie 110 MPa slėgio
2. Siurblio plunžerių šiurkštumo parametrų pokyčio reikšmės dyzelinių degalų atveju, buvo mažesnės visuose taškuose.

Literatūra

1. Robert Bosch GmbH Dyzelinių variklių valdymo sistemos.
2. Vilutienė, V., Labeckas, G., Slavinskas, S. 2013. Alternatyvių degalų panaudojimas dyzeliniame variklyje p. 111–116.
3. E.S Gadelmawla, M.M. Koura, T.M.A. Maksoud, I.M Elewa, H.H. Soliman Roughness parameters *Journal of Materials Processing Technology* 123, 2002. p. 133–145.
4. O. Arnas, S. Martinez, C. Mata Effect of ethanol-biodiesel-diesel blend on common rail injection system. *Fuel Processing Technology* 92, 2011. p. 2145–2153.

Santrauka

Straipsnyje pateikiami eksperimentiniai tyrimai su dyzeline „Common Rail“ degalų įpurškimo sistema. Tyrimo tikslas buvo išsiaiškinti dyzelinių degalų ir aviacinių degalų JET A1 įtaką maišinimo sistemos darbo elementams. Tyrimams panaudotos dvi įpurškimo sistemos, kurios buvo sumontuotos į įpurškimo bandymo stendą, ir dirbo kintamais režimais. Prieš pradėdant tyrimus, buvo padaryti siurblių našumo testai, stebimas plunžerinės poros paviršiaus šiurkštumas, bei analizuojamos paviršiaus nuotraukos. Tyrimas buvo vykdytas 300 valandų. Atlikus eksperimentinius bandymus buvo gauta, kad esant 110 MPa slėgiui ir panaudojus JET A1 degalus, siurblio našumas sumažėjo 6,5 %.

JET FUEL A-1 INFLUENCE ON THE DURABILITY OF FUEL SYSTEM

Summary

The article presents experimental studies with the diesel common rail fuel injection system. The aim of the study was to find out the influence of diesel fuel and aviation fuel Jet A-1 on the fuel system elements. Two injection systems were used for the tests, which were mounted on the injection test bench and operated in variable modes. Prior to the study, the pump performance tests were performed, the surface roughness of the plunger pair was monitored, and surface images were analyzed. The study was conducted for 300 hours. Experimental experiments showed that at 110 MPa pump pressure Jet A-1 fuel reduced productivity of the pump by 6,5 %.

Justas Tamošiūnas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 672 62733, el. paštas: justas0tamosiunas@gmail.com

Tomas Mickevičius – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, lekt., dr.; tel. 8 37 752 285, el. paštas: tomas.mickevicius1@vdu.lt

KRAUTUVŲ PADANGŲ PROTEKTORIAUS ĮGILINIMO ĮTAKA EKSPLOATACINIAMS RODIKLIAMS

Karolis Stankevičius, Algirdas Janulevičius

Įvadas

Šiuolaikiniai krautuvai kaip ir kitos mobilios mašinos negalėtų efektyviai veikti be padangų. Pagrindinės padangų savybės, turinčios įtakos mobilių mašinų eksploataciniams rodikliams yra šios: atraminės, sukibimo ir deformacinės [1]. Atraminės padangų savybės apibūdina jų gebėjimą išlaikyti vertikalias apkrovas ir perduoti jas į kelio paviršių. Padangos, perduodamos į kelio paviršių, mašinos sunkio ir kitas vertikalias jėgas, sumažina smūgius ir lyginamąjį slėgį [2]. Varantieji ratai padangomis sukimo momentą paverčia liečiamąja varančiąja jėga, kuri ir priverčia judėti, stumia visą mobilią mašiną. Ratui riedant reiškiasi kelio pasipriešinimas šiam judėjimui, kuris sumažina varančiąją jėgą, todėl galutinai ratą veikia horizontali kelio reakcija [3]. Ji atsiranda dėl to, kad varantysis ratas sukimba su pagrindu. Taigi, padangos privalo užtikrinti gera sukibimą su keliu, taip pat priimti visas ją veikiančias jėgas ir perduoti jas kitiems elementams [4]. Šias eksploatacines savybes padangos turi išlaikyti visą eksploatacinį periodą. Perkant naujas ar naudotas krautuvų padangas būtina atsižvelgti ne tik į jų modelį, klasę, komfortiškumą bet ir į jų patikimumą ir ilgaamžiškumą bei kainos ir kokybės santykį. Atlikta daug tyrimų, apie krautuvų padangas, tačiau nėra iki galo iširta padangų protektoriaus įgilinimo galimybė ir padangų su įgilintu protektoriumi eksploatacinių savybių pokyčius.

Tyrimų tikslas. Iširti krautuvo padangų protektoriaus atnaujinimo (įgilinant protektorius) įtaka eksploataciniams rodikliams.

Uždaviniai:

1. Nustatyti krautuvo su kroviniu ir be krovinio, priekinių ir galinių ratų ašių vertikalias apkrovas.
2. Atlikti naujų ir su įgilintu protektoriumi krautuvo padangų kibumo su sauso ir šlapio betono kelio danga tyrimus.
3. Atlikti naujų ir su įgilintu protektoriumi krautuvo padangų protektoriaus dilimo intensyvumo palyginamuosius tyrimus.

Tyrimo objektas. Naujos ir su įgilintu protektoriumi industrinės padangos Maxam MS701 ST NM.

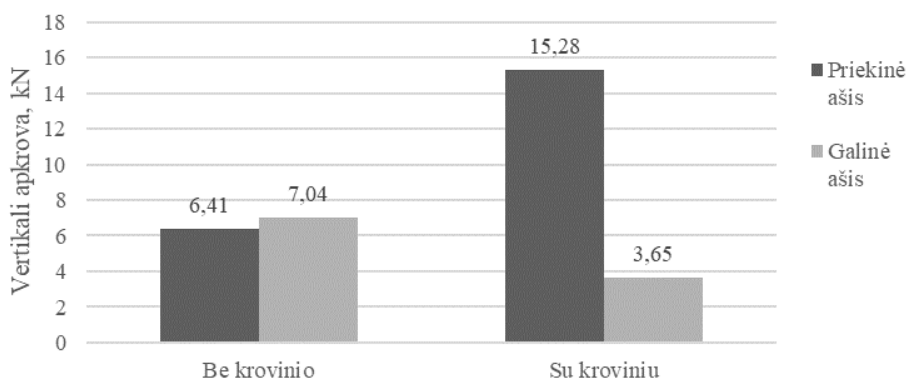
Tyrimo metodika

Tyrimai atlikti įmonės KIKA LT, UAB sandėlyje. Naujos ir su įgilintu protektoriumi (atnaujintu padangos raštu) padangos buvo sumontuotos ant vienodų krautuvų Toyota Geneo 25. Naujų padangų protektoriaus gylis 12mm, įgilintų 10mm. Abiejų padangų protektorius raštas vienodas. Krautuvo su 1000 kg kroviniu ir be krovinio, priekinių ir galinių ratų vertikalios apkrovos, buvo nustatytos su ašies

svarstyklėmis „Zemic Europe“. Naujų ir su įgilintu protektoriumi krautuvo padangų kibumo jėgos ant sauso ir šlapio betono kelio dangos buvo nustatytos tempiant krautuvą su užstabdytais ratais didesnės galios krautuvu Linde T35. Šlapia danga buvo imituojama, pastoviai pilant vandens sluoksnį ant betono dangos. Abiejų bandymų metu krautuvą trauktas 20 metrų atstumu. Sukibimo jėgos dydis su kelio danga buvo išmatuotas traukos jėgos matavimo prietaisu (dinamometru) PCE-FB Series, kuris buvo įmontuotas į tempimo vilktį. Prietaiso tikslumas 10 N, matavimo ribos iki 50 kN. Bandymai buvo kartojami po 3 kartus. Statistinis duomenų apdorojimas buvo atliktas su Microsoft Excel programa, naudojant duomenis gautus iš PCE-FB dinamometro įrenginio. 2 ir 3 paveiksluose rezultatai rodo esminį skirtumą. Padangų protektoriaus dilimo intensyvumo tyrimai buvo atlikti eksploatuojant vieną Toyota Geneo 25 krautuvą su naujomis padangomis, o kitą tokį patį krautuvą su padangomis įgilintu protektoriumi. Abu krautuvai buvo eksploatuojami panašiomis sąlygomis sandėlio viduje ir lauko teritorijoje. Kas dvi savaites buvo matuojamas padangų protektoriaus gylis ir užrašomos krautuvų išdirbtos valandos. Tyrimas buvo vykdytas 12 mėn. Iš gautų duomenų buvo apskaičiuoti tyrimų rezultatai.

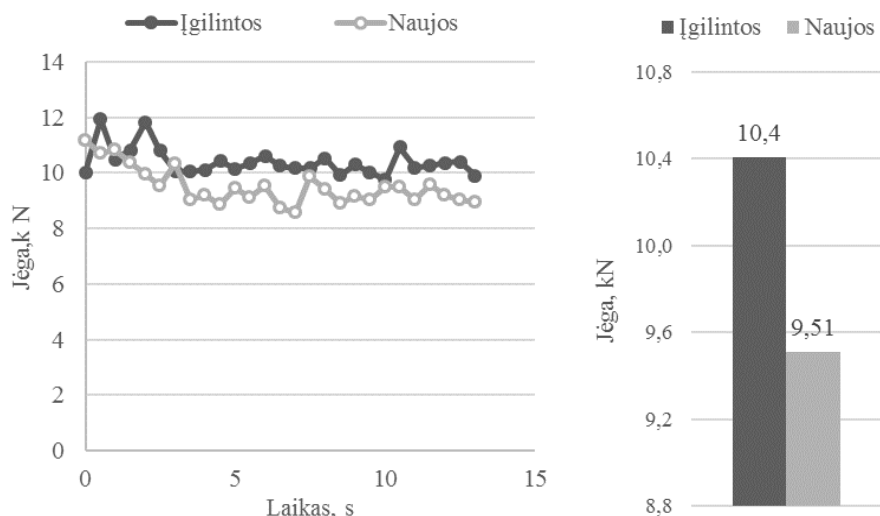
Rezultatai

Krautuvo, su 1000 kg krovinio ir be krovinio, priekinių ir galinių ratų ašių, vertikalios apkrovos pateiktos 1 paveiksle. Be papildomo svorio, tuščio krautuvo priekinės ašies vertikalė apkrova buvo 6,41 kN, galinės – 7,04 kN. Krautuvo su 1000 kg krovinio priekinės ašies vertikalė apkrova buvo 15,28 kN, o galinės ašies ratų vertikalė apkrova buvo tik 3,65 kN.



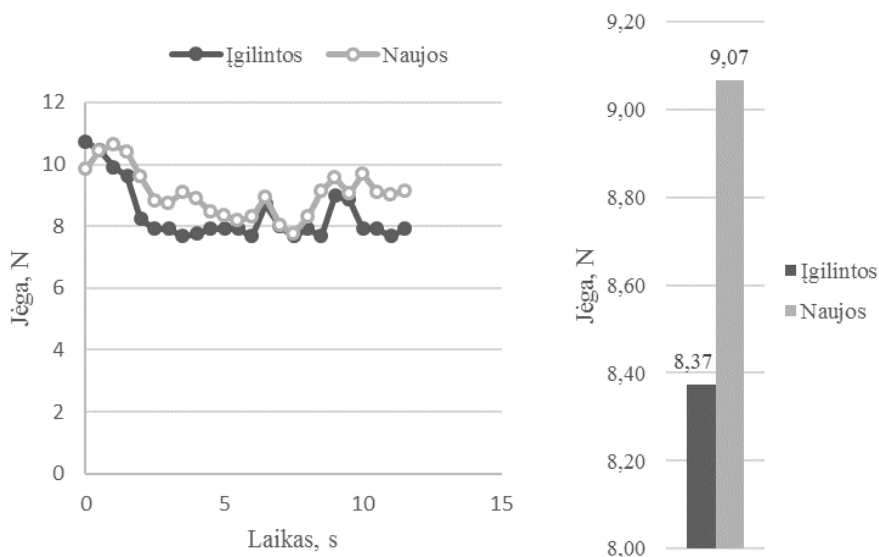
1 pav. Krautuvo priekinės ir galinės ašies vertikalios apkrovos diagrama

Krautuvą tempiant su užstabdytais ratais, ant sauso ir šlapios betono dangos, buvo išmatuotas sukibimo jėgų dydis. Krautuvo su naujomis ir su įgilintu protektoriaus padangomis, kibumo su sauso betono kelio danga tyrimų rezultatai pateikti 2 paveiksle. Įgilintos padangos ant sauso betono kelio dangos šiame bandyme išvystė 0,89 kN didesnę vidutinę sukibimo jėgą lyginant su naujomis padangomis.

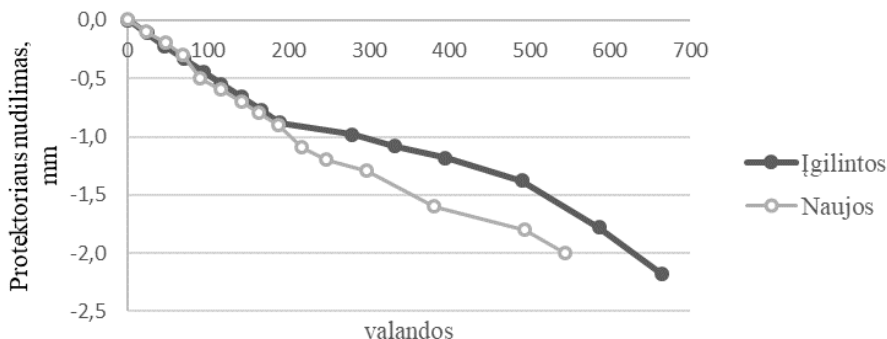


2 pav. Krautuvo su naujomis ir su įgilintu protektoriumi padangų sukibimo jėga ant sauso betono kelio dangos

Krautuvo su naujomis ir su įgilintu protektoriumi padangomis, kibumo su šlapio betono kelio danga tyrimų rezultatai pateikti 3 paveiksle. Įgilintos padangos ant šlapio betono kelio dangos išvystė 0,70 kN mažesnę vidutinę sukibimo jėgą lyginant su naujomis padangomis. Šiame bandyme naujos padangos buvo efektyvesnės 0,70 kN jėga, lyginant rezultatų vidurkius. Rezultatus pateikiu diagramoje.



3 pav. Krautuvo su naujomis ir su įgilintu protektoriumi, padangų sukibimo jėgų palyginimas ant šlapio betono kelio dangos.



4 pav. Padangų protektoriaus dilimas eksploatacijos metu, 2018–2019 m.

Naujų ir su įgilintu protektoriumi, krautuvo padangų protektoriaus dilimo intensyvumo palyginimas eksploatacijos metu. Padangų protektoriaus dilimo intensyvumo tyrimų rezultatai pateikti 4 paveiksle. Per pirmąsias 200 darbo valandų tiek naujos, tiek su įgilintu protektoriumi padangos dilo beveik vienodai, protektorius sumažėjo iki 1 mm. Po 200 darbo valandų naujos padangos pradėjo dilti labiau. Po 500 valandų eksploatacijos naujų padangų protektoriaus nudilimas buvo – 1,8 mm, o padangų su įgilintu protektoriumi – 1,4 mm.

Išvados

1. Krautuvo padangų protektoriaus įgilinimas, sukibimo jėgos dydžiui, betono kelyje didelės įtakos neturėjo. Padangų su įgilintu protektoriumi, sauso betono kelio sąlygomis, sukibimo jėga buvo 0,89 kN didesnė, o šlapio betono kelyje 0,70 kN mažesnė už krautuvo su naujomis padangomis sukibimo jėgą.
2. Eksploatacijos pradžioje (iki 200 valandų), naujų padangų ir su įgilintu protektoriumi dilimo intensyvumas buvo panašus. Toliau eksploatuojant, padangos su įgilintu protektoriumi dilo lėčiau negu, kad naujos padangos. Po 500 darbo valandų eksploatacijos, naujų padangų protektorius buvo nudilęs 1,8 mm, o įgilintų padangų – 1,4 mm.
3. Padangų įgilinimas sumažina padangų eksploatacinius kaštus, bandyme naudotų naujų padangų kaina 200 EUR/vnt., įgilinimo paslaugos kaina 25 EUR/vnt.

Literatūra

1. Marcet G., Hinc H., Merino Lopez J., Mathieu DELBOS. Method for retreading a tire casing using a heating band. 2016. <https://patentimages.storage.googleapis.com/d8/55/5a/0cac087af2f14b/US20160339660A1.pdf>
2. Morozov A. V., Bukovski P. O. Method of Constructing a 3D Friction Map for a Rubber Tire Tread Sliding Over a Rough Surface, *Journal of Friction and Wear*, 39(2):129–136, 2018.
3. Toyo tire & rubber co., LTD. Pneumatic tire. 2017. <https://patentimages.storage.googleapis.com/9c/53/82/4ab0cf11480aa4/US20170120690A1.pdf>
4. Gent A. N., Walter J. D. The pneumatic tire. Washington: US Department of Transportation, 2006.

5. Bruce Colby E., Dimitri G . Tsihlas, Cesar E . Zarak, Metodi L. Ikonimov. Transverse grooves providing venting in treads for retreaded tires. 2018.
<https://patentimages.storage.googleapis.com/ce/5a/4f/f140c8adf6133c/US10150269.pdf>

Santrauka

Tyrimo tikslas buvo nustatyti krautuvo naujų ir su įgilintu protektoriumi padangų eksploatacinių rodiklių skirtumus. Tyrimai buvo atlikti logistikos sandėlyje eksploatuojant du to paties modelio Toyota krautuvus. Eksploatuojant krautuvus, palyginti padangų protektoriaus nudilimo rodiklius, kurios padangos tipas greičiau dyla per tas pačias nuvažiuotas valandas. Nustatyta, kad krautuvo padangų protektoriaus įgilinimas sukibimo jėgos dydžiui didelės įtakos neturėjo. Padangų su įgilintu protektoriumi sauso betono kelio sąlygomis sukibimo jėga buvo 0,89 kN didesnė, o šlapio betono kelyje 0,70 kN mažesnė už krautuvo su naujomis padangomis sukibimo jėga.

IMPACT OF FORK TIRE DEPRESSION ON PERFORMANCE INDICATORS

Summary

The goal of the study was to determine the differences in performance between the new and the treaded tire. The research was carried out in a warehouse with two Toyota trucks of the same model. When operating the trucks, compare the tire tread depreciation rates, the tire type of which rises more quickly over the same driven motor hour. It was found that the tread depth of the truck tires had no significant impact on the size of the traction force. The tire tread on dry concrete has a 0,89 kN higher tensile strength and 0,70 kN less on wet concrete than the new tire.

Karolis Stankevičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas,
tel. 8 663 57888; el. paštas: k.stankevicius8@gmail.com

Algirdas Janulevičius – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas;
tel. 8 616 11453; el. paštas: algirdas.janulevicius@vdu.lt

GRIKIŲ LUKŠTŲ ĮTAKA GRANULIŲ KOKYBEI

Tadas Petraška, Aušra Čiplienė

Įvadas

Lietuvos žemės ūkis nuolatos turi prisitaikyti prie įvairių sąlygų. Besikeičiantis klimatas, Europos sąjungos normatyvos ar technologijos. Šių dienų tendencijos apima žemės ūkį ne būtinai kaip vieną (maisto) šaką apimančią veiksnį, tačiau verčia vis aktyviau dalyvauti ekologijos ir atsinaujinančios energetikos srityje. Auginama ne tik maistiniams, bet ir energetiniams tikslams. Ieškoma alternatyvių sprendimo variantų, ieškomos naujos augalų veislės, naujos našios auginimo, derliaus nuėmimo ir apdorojimo technologijos, taip siekiant maksimaliai išgauti naudą iš tam tikros augalo rūšies. Atskiriant augalo pirminį produktą, lieka šalutinis, kurio antrinis panaudojimas gali duoti ir ekonominės naudos. Dėl to, vis daugiau dėmesio skiriama kuriant beatliekės gamybos technologijas. Mokslinėje literatūroje nurodoma, kad žemės ūkio produktų likučių ir šalutinių produktų naudojimas turi didelį potencialą gauti ekonominę ir aplinkosauginę naudą [6].

Lietuvoje, plačiai auginami kviečiai, miežiai, tačiau vietose, kur žemė nėra tokia derlinga, auginami griekiai. Pagal 2017 metais deklaruotą plotą, griekiai apėmė beveik 12 procentų visų Lietuvos teritorijoje auginamų vasarinių javų plotą [1]. Griekiai pasižymi nedideliu derlingumu. Teigiama, kad grūdai susiformuoja tik viename iš dešimties žiedų [2]. Literatūroje nurodoma, kad nuo griekių lukštingumo priklauso griekių kruopų išeiga [2]. Perdirbimui tinkamų griekių išeiga turi būti ne mažesnė kaip 71–73 proc., t. y. griekių lukštai sudaro nuo 24,9 iki 31,2 proc. [2].

Griekių, kaip energetinio augalo, potencialas nėra pakankamai išvystytas. Mokslinėje literatūroje nurodoma, kad griekių lukštų aukštutinis šilumingumas, priklausomai nuo augimo sąlygų, kinta nuo 18,89–20,22 MJ kg⁻¹ [3, 5–7]. Dėl ganėtinai aukšto savo šilumingumo griekių lukštai yra tinkama medžiaga deginti, tačiau prieš deginant reikia įvertinti keletą technologinio proceso metu susidariusių problemų. Išvalius grūdus lieka lukštai, kurie yra lengvi ir skrajūs. Tokias medžiagas yra sudėtinga ir neekonomiška transportuoti, be to išskrieję lukštai sklendo ore, taip padidindami gaisro riziką patalpose. Norit to išvengti privalome naudoti presavimo (suslėgimo) technologijas. Kadangi griekių lukštai savo sudėtyje neturi rišamųjų medžiagų, juos yra ganėtinai sudėtinga sutankinti [4]. Tuo tarpu kuro durpės, kurios taip pat pasižymi pakankamai aukštu aukštutiniu šilumingumu 20,8 MJ kg⁻¹ [7], turi gana didelį lignino kiekį, kuris yra vienas iš pagrindinių rišamųjų elementų granulių gamyboje.

Darbo tikslas – nustatyti optimalų griekių lukštų ir kuro durpių santykį formuojant granules prie skirtingų suspaudimo jėgų.

Darbo metodika

Tyrimai atlikti 2018–2019 metais ASU Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institute, Biomasės paruošimo, logistikos ir kieto kuro procesų laboratorijoje. Tyrimai buvo atlikti su grikių lukštais ir kuro durpėmis.

Granuliavimo tyrimams turima žaliava, grikių lukštai ir kuro durpės, buvo susmulkinamos. Medžiagos buvo smulkinamos RETSCH SM300 malūnu, esant 3000 min^{-1} su 1 mm pralaidumo sietu. Buvo nustatyta susmulkintų medžiagų frakcinė sudėtis. Frakcinė sudėtis nustatyta naudojant Haver and Boecker vibracinį stendą. Buvo naudoti 5 skirtingo pralaidumo sietai: 3,15 mm, 1,0 mm, 0,5 mm, 0,315 mm ir 0,125 mm. 250 g medžiagos sijojama 120 sekundžių.

Susmulkintus grikių lukštus maišant su susmulkintomis kuro durpėmis buvo suformuoti 3 kg ėminiai sudaryti iš 25 %, 50 % ir 75 % grikių lukštų. Visų suformuotų mėginių žaliavos drėgnis nustatytas remiantis „LST EN 14774-1:2010“ standarto metodika. Drėgnio nustatymui iš kiekvieno mėginio prieš kiekvieną bandymą atsitiktinai buvo paimami 5 ėminiai, kurie buvo pasverti ir džiovinti kaitinimo spintoje 24 valandas $105 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroje. Po džiovinimo ėminiai vėl pasverti ir apskaičiuotas vidutinis smulkintų žaliavų drėgnis.

Sampilo tankis nustatytas naudojant 2,3 l fiksuoto tūrio talpą, kuri užpildoma sukuriant tiriamos medžiagos laisvai krentantį srautą. Nubraukus medžiagos perteklių, fiksuoto tūrio talpa pasverinama. Tyrimas kartojamas ne mažiau kaip 5 kartus. Pagal gautus duomenis apskaičiuojamas sampilo tankis.

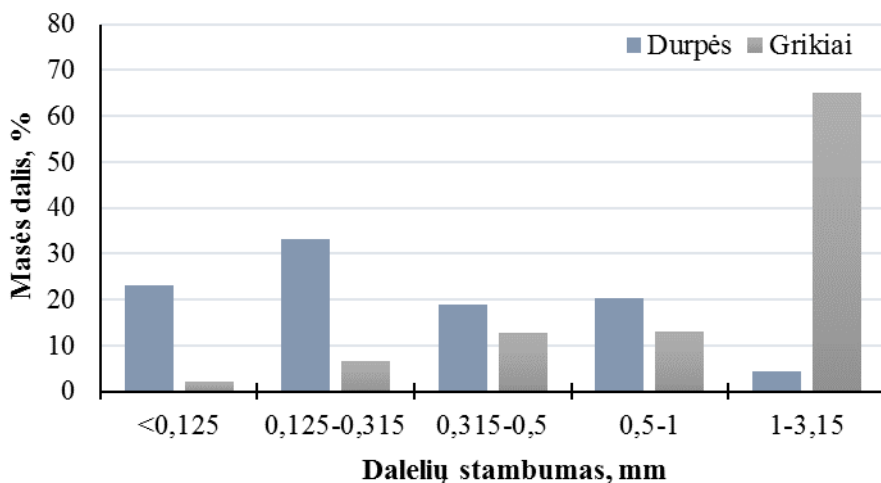
Granuliavimo tyrimams buvo naudotas hidraulinis presas ATLAS „Specac 40T“ su 20 mm skersmens presavimo matrica. Naudotos penkios spaudimo jėgos: 49, 98, 147, 196 ir 245 kN, sukuriant atitinkamai 156,1 MPa, 312 MPa, 468 MPa, 624 MPa ir 780 MPa lyginamąjį suslėgimą į sutankinamos žaliavos ėminus. Išlankymo trukmė pasirinkta 1 sekundė. Gautos granulės aukštis ir skersmuo matuoti elektriniu slankmačiu BMI (0–150 mm), galima paklaida 0,01 mm. Matuojama iš karto po suspaudimo; po 1 min; 5 min; 10 min; 20 min; 60 min; 180 min; 24 val. ir 48 val.

Tyrimų rezultatai

Tyrimai atlikti su smulkintais grikių lukštais ir smulkintomis kuro durpėmis. Tyrimams abi tiriamos medžiagos buvo smulkinamos, naudojami tie patys malimo režimai, tačiau tarp abiejų tiriamųjų medžiagų nustatyti gana ryškūs frakcinės sudėties skirtumai (1 pav.).

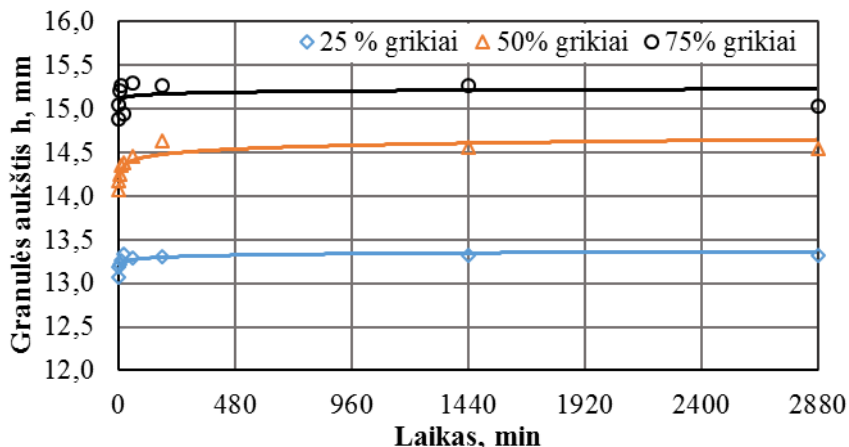
Smulkintų grikių lukštų didžiąją masės dalį 65 % sudarė 1,0 mm dydžio medžiagos dalelės. 1–0,5 mm ir 0,5–0,315 mm dalelės sudarė atitinkamai 13,17 % ir 12,90 % masės dalį. Mažiausią masės dalį 2,24 % sudarė dalelės mažesnės negu 0,125 mm. Tuo tarpu, smulkintų durpių didžiausią masės dalį sudarė smulkesnės medžiagos dalelės. Daugiausia buvo 0,315–0,125 mm ir <0,125 dalelių, kurios sudarė atitinkamai 33,18 % ir 23,04 %. Priešingai nei smulkintų grikių lukštų, dalelių, didesnių kaip 1,0 mm, buvo mažiausiai, tik 4,33 %. Toki frakcinės sudėties

pasiskirstymą galėjo lemti nemaltų durpių frakcinė sudėtis bei pačios medžiagos kietumas ir atsparumas mechaniniam poveikiui.



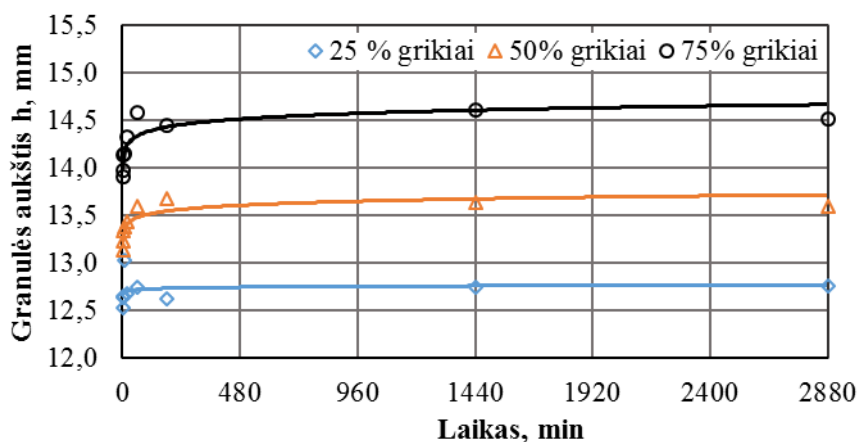
1 pav. Smulkintų griekių lukštų ir kuro durpių frakcinė sudėtis

Granuliavimo tyrimai atlikti su tiriamųjų medžiagų mišiniais, kai 25 %, 50 % ir 75 % masės dalies sudarė griekių lukštai. Priklausomai nuo naudojamos suspaudimo jėgos ir mišinio sudėties, suformuotų granulių aukštis iš karto po suspaudimo kito 12,42–14,73 mm ribose (2 ir 3 pav.). Presuojant skirtingų sudėčių mišinius tokia pačia 49 kN jėga, galime stebėti, kaip keičiasi granulės aukštis per laiką (2 pav.). Granulės, kuriose buvo daugiausiai griekių lukštų, buvo pačios aukščiausios, 15,29 mm. Žemiausios granulės buvo tos, kurių sudėtyje buvo mažiausiai (25 %) griekių lukštų. Iš karto iš presavimo matricos išimta granulė buvo 13,01 mm aukščio. Skirtumas tarp šių dviejų granulių – 2,28 mm. Toks granulių aukščių skirtumas galėjo priklausyti nuo medžiagų frakcinės sudėties t. y. kuo smulkesnės buvo medžiagos dalelės, tuo presuojant jos labiau susispaudė. Visos granulės aukščio kreivės rodo panašų granulės aukščio kitimą per laikotarpį. Granulės, išimtos iš presavimo matricos, intensyviai plečiasi per pirmas 180 min., po to staigus plėtimasis tampa nežymus ir kinta nedaug.



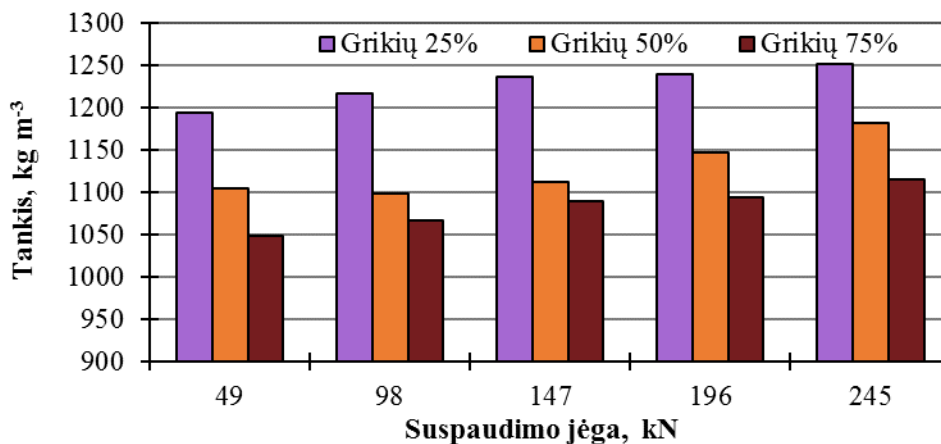
2 pav. Griekių ir kuro durpių santykio įtaka granulių aukščiui ir jų plastinei deformacijai, kai suspaudimo jėga 49 kN.

Panaši granulių pasiskirstymo tendencija matoma ir spaudžiant didžiausia 245 kN jėga (3 pav.). Kuo daugiau griekių lukštų įeina į granuliuojamos medžiagos masės sudėtį, tuo granulės aukštis didesnis. Naudojant 245 kN jėgą, granulių aukštis sumažėjo 4,48–7,54 %. Didžiausia, didesnės jėgos įtaka granulių aukščiui, nustatyta granulėms, kurių sudėtyje buvo 75 % griekių lukštų. Jų aukštis buvo 7,54 % mažesnis, lyginant su granulėmis darytomis esant 49 kN suspaudimo jėgai. Granulės, suformuotos iš mišinio, sudaryto iš 25 % griekių lukštų, po suspaudimo buvo stabiliausios. Jų aukštis per 72 val. prie 49 kN ir 245 kN padidėjo atitinkamai 2,5 ir 2,7 procentais. Tačiau, 245 kN suspaudimo jėga lėmė 4,5 procentais didesnę granulių aukščio pokytį per 72 val., granulėms suformuotoms iš mišinio, kurių sudėtyje 75 % griekių lukštų.



3 pav. Griekių ir kuro durpių santykio įtaka granulių aukščiui ir jų plastinei deformacijai, kai suspaudimo jėga 245 kN.

Nustatyta, kad granulių tankiui įtaką daro tiek suspaudimo jėga tiek mišinio sudėtis. Išryškėja aiški tendencija, kad ir kokios sudėties granulė, ją spaudžiant didesne jėga, jos tankis proporcingai didėja. 25 procentų grikių lukštų granulės tankis, spaudžiant 49 kN jėga, kuri yra mažiausia, vis tiek yra didesnis nei bet kurio kito, 50 ar 75 procentų mišinio, kai spaudžiama didžiausia 245 kN jėga ir siekia $1209,96 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$. Panašų tankį pasiekiamo 50 procentų grikių lukštų mišinį presuojant 245 kN jėga. Tokios granulės tankis siekia $1181,04 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$. Tankio skirtumas tarp šių granulių yra tik $28,92 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$.



4 pav. Suspaudimo jėgos įtaka granulių tankiui

Apibendrinant tyrimus galima teigti, kad granulių kokybė ir stabilumas labiausiai priklausė nuo grikių lukštų kiekio mišinyje, bei suspaudimo jėgos. Didžiausias granulių tankis buvo gautas, kai mišinio sudėtyje buvo tik 25 % grikių lukštų ir naudota didžiausia suspaudimo jėga. Tačiau, vertinant granulių aukščio stabilumą, stabilesnės granulės buvo suformuotos esant 49 kN suspaudimo jėgai.

Išvados

1. Nustatyta, kad spaudžiant 49 kN – 245 kN jėga, suformuotų granulių iš 5 g mišinio aukštis iškart po suspaudimo buvo 12,42 mm – 14,73 mm, o plotis 19,99–20,12 mm.
2. Nustatyta, kad granulės intensyviai plečiasi į aukštį per pirmas 180 min., po to staigus plėtimasis tampa nežymus ir kinta nedaug.
3. Stabiliausios granulės buvo suformuotos iš mišinio, kurio sudėtyje buvo 25 % grikių lukštų, jų aukštis per 72 val. prie 49 kN ir 245 kN padidėjo atitinkamai 2,5 % ir 2,7 %.
4. Nustatyta, kad granulių tankiui didžiausią įtaką turi mišinio sudėtis. Granulės, kurių sudėtyje buvo mažiausiai grikių lukštų 25 % buvo didžiausio tankio – $1227,10 \pm 24,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^3$.

Literatūra

1. Žemės ūkio informacijos ir kaimo verslo centras, statistika. [Žiūrėta 2019-02-06]. Prieiga per: <<https://www.vic.lt/ppis/statistika/>>
2. Grikių biologiniai ypatumai, Danuta Romanovskaja LŽI Vokės filialas, *Mano ūkis* 2009/09. [Žiūrėta 2019-02-06]. Prieiga per: <<http://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2009/09/grikiu-biologiniai-ypatumai/>>
3. T. Sereika, K. Buinevičius Biomass combustion research studying the impact factors of NOx formation and reduction. *Agronomy Research 15(S1)*, 2017, 1223–1231.
4. Sławomir Obidziński, Utilization of Post-Production Waste of Potato Pulp and Buckwheat Hulls in the Form of Pellets. *Pol. J. Environ. Stud. Vol. 23*, No. 4, 2014, 1391–1395.
5. Sławomir Obidziński, Jolanta Piekut, Dorota Dec. The influence of potato pulp content on the properties of pellets from buckwheat hulls. *Renewable Energy 87* (2016) 289–297.
6. D V Rastvorov, K V Osintsev, E V Toropov. Influence of burner form and pellet type on domestic pellet boiler performance. IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science 87* (2017).
7. Aivars Kakitis, Imants Nulle, Martins Ozollapins, Janis Kjakste. Assessment of combustion parameters of biomass mixtures. Jelgava, 20. 22.05.2015.

Santrauka

Granulių kokybė tiesiogiai priklauso nuo granulės sudėties, suspaudimo jėgos, drėgmės. Svarbu įvertinti kiekvieną veiksnią atskirai, siekiant parinkti teisingą ekonomiško ir efektingumo santykį. Pagrindinis tikslas yra panaudoti kuo daugiau šalutinių (antrinių) produktų, tačiau kuo mažiau technologinių procesų, kuriems taipogi reikalinga brangi technika, žaliavos ir energija. Atlikę išsamius tyrimus galime išspręsti aktualią grikių lukštų panaudojimo energetiniams tikslams, problemą. Kadangi grikių lukštai neturi rišamosios medžiagos, naudojame papildomą medžiagą, siekiami pagaminti stabilią granulę.

Raktiniai žodžiai: grikių lukštai, granuliavimas, durpės, presavimas.

INFLUENCE OF BUCKWHEAT HULLS ON PELLETS QUALITY

Summary

Pellet quality directly depends of pellet composition, pressing power, humidity. It is important to estimate every single factor of it, while trying to find a proper economy and efficiency ratio. The main objective is to use as many as possible secondary use products, while using less technologies that requires expensive machinery, stocks and energy. Only after extensive research we can resolve the problem of buckwheat hulls usage for energetic purposes. And because buckwheat hulls do not have binding material, we use additional material to make pellets stable.

Keywords: Buckwheat hulls, pelleting, peat, pressing.

Tadas Petraška – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas. tel. 8 636 44424, el. paštas: petraska.tadas@gmail.com

Aušra Čiplienė – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijos inžinerijos institutas, doc. dr., tel. 8 611 20194, el. paštas: ausra.cipliene@vdu.lt

KVIEČIŲ RŪŠIAVIMO ORO SRAUTE TYRIMAI

Paulius Jasevičius, Edvardas Vaiciukevičius

Ivadas

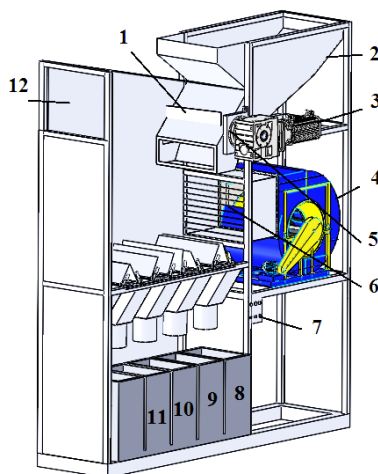
Į javų kombaino bunkerį su grūdais patenka priemaišos, kurias reikia atskirti grūdų valymo mašinomis. Grūdų valymo metu atskiriamos priemaišos, suskaldyti grūdai nuo sveikų, surūšiuojami grūdai į frakcijas. Grūdų valymu atskiriami nepakankamai subrendę grūdai, pažeisti kenksmingų mikroorganizmų ar bakterijų.

Esant nepalankioms derliaus nuėmimo sąlygoms į kombaino bunkerį patenka daugiau nei 5 % priemaišų. Grūduose esančios priemaišos didina jų drėgnį. Dažnai preliminarus grūdų valymas atliekamas pneumatiniiais grūdų separatoriais, tačiau būtina nustatyti bei pagrįsti oro srauto parametrus separacijai atlikti [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Tyrimų tikslas- ištirti kviečių sklaidą nuožulniajame oro sraute.

Tyrimų objektas ir metodika

Kviečių rūšiavimo oro sraute tyrimai atlikti suprojektuotu pneumatiniu grūdų separatoriumi (1 pav.). Tyrimams buvo naudoti Skagen veislės kviečių grūdai.



1 pav. Pneumatinis grūdų separatorius: 1 – sklendė; 2 – bunkeris; 3 – motoreduktorius; 4 – ventiliatorius; 5 – sraigtinis tiekiklis; 6 – oro srauto kreipikliai; 7 – valdymo pultas; 8 – sunkių priemaišų byrėjimo dėžutė; 9 – švariausių grūdų byrėjimo dėžutė; 10 – vidutinės vertės grūdų byrėjimo dėžutė; 11 – lengvų priemaišų byrėjimo dėžutė; 12 – labai smulkių priemaišų išpūtimo anga

Pneumatiniame separatoriuje grūdai supilami į bunkerį 2. Įjungus ventiliatorių 4, pro kreipiklius 6 tekantis oro srautas tolygiai paskirstomas kreipikliais grūdų separavimo zonoje. Bunkeryje atidaroma sklendė ir vibracinio stalo paviršiumi grūdai tolygiai byra į separavimo kamerą. Sunkiosios priemaišos patenka į

dėžutę 8. Pilnaverčiai, geriausios kokybės grūdai, tinkami sėjai krenta į 9 dėžutę, o maistiniai grūdai byra į 10 dėžutę. Smulkūs grūdai, lengvos priemaišos, bei grūdai, tinkami tik pašarui krenta į dėžutę 11. Grūduose esančios dulkės bei lukštų dalelės išpučiamos pro angą 12.

Oro srauto greičio kitimo nustatymas

Oro srauto greičio kitimas nustatytas uždarame oro sraute. Eksperimento metu aplinkos oras siurbiamas ventiliatoriumi buvo tiekiamas į uždarą separatoriaus erdvę, kurioje grūdai rūšiuojami į atskiras dėžutes.

Virš kiekvienos dėžutės oro srauto greitis buvo matuotas prietaisu GM816, kurio paklaida yra 2–3 %, penkiuose taškuose kas 200 mm intervalais nuo oro srauto kreipiklių ir kas 200 mm nuo grūdų išbyrėjimo angų.

Ištekantis pro kreipiklius oro srauto greitis buvo keičiamas nuo 6,5 iki 8,5 min⁻¹.

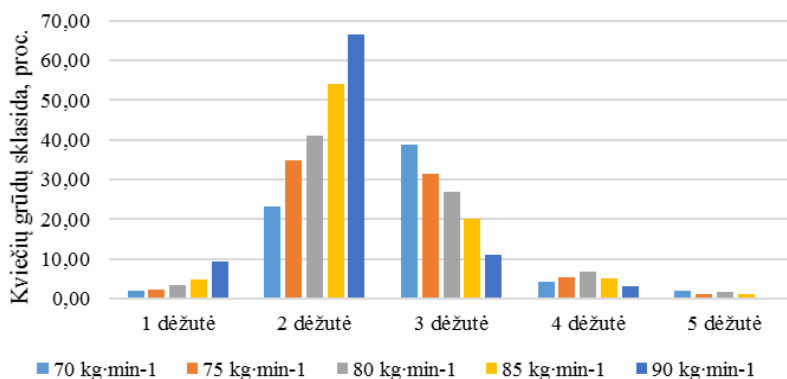
Tyrimų rezultatai

Esant 6,5 min⁻¹ oro srauto greičiui, kviečiai nebuvo tinkamai rūšiuojami. Į pirmąją dėžutę pateko daug sveikų grūdų, o į antrąją biro daug priemaišų kartu su grūdais. Oro srauto greitis buvo per mažas.

Padidinus tiekiamo oro srauto greitį iki 8,5 min⁻¹, daugiau pilnaverčių grūdų buvo nupučiama į tolimesnes dėžutes. Maksimali oro srauto greičio reikšmė buvo pasiekta – 200 mm atstumu nuo kreipiklių, 600 mm aukštyje, todėl daugiau sveikų, pilnaverčių grūdų pateko ne į antrąją, o į trečiąją ir ketvirtąją dėžutes.

Tiriant oro srauto greičio sklaidą pneumatiniame grūdų separatoriuje, buvo nustatyta, kad racionaliai buvo rūšiuojami kviečių grūdai esant 7,5 min⁻¹ oro srauto greičiui, esant 45 laipsnių kreipiklių padėties kampui.

Tiekiamų kviečių srautas buvo keistas nuo 70 iki 90 kg·min⁻¹ (2 pav.) Tyrimais nustatyta, kad esant kg·min⁻¹ kviečių srautui, apie 39 proc. grūdų pateko į trečiąją dėžutę. Pastebėta, kad tiekiant 70 kg·min⁻¹ kviečių grūdų, dėl didesnių tarpų tarp judančių oro sraute grūdų, jie buvo lengviau išpučiami į trečiąją ir ketvirtąją dėžutes.



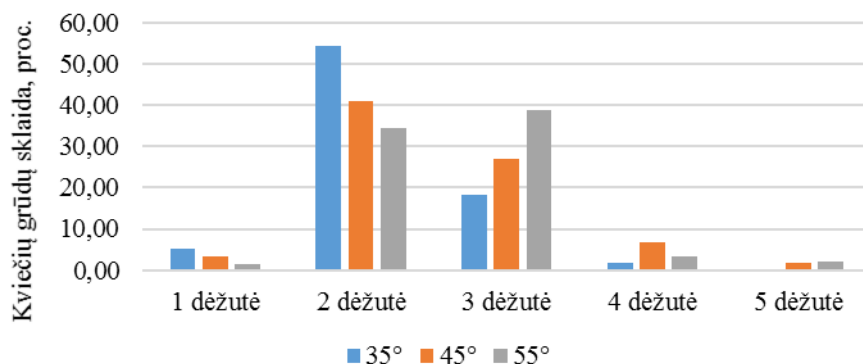
2 pav. Tiekiamų kviečių srauto įtaka grūdų sklaidai dėžutėse

Tiekiant $80 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ kviečių grūdų, į antrąją dėžutę pateko tik pilnaverčiai, geriausios kokybės grūdai. Trečioje dėžutėje buvo smulkesni ir vidutinio dydžio grūdai, o į ketvirtąją dėžutę pateko tik priemaišos ir patys smulkiausi kviečių grūdai.

Padidinus tiekiamų kviečių grūdų srautą iki $90 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ į antrąją dėžutę pateko apie 77 proc. grūdų. Oro srautas nespėjo išpūsti tokio kiekio kviečių, todėl pilnaverčiai grūdai, smulkūs grūdai ir netgi smulkios priemaišos krito į antrąją bei trečiąją dėžutes.

Galima teigti, jog $80 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ kviečių tiekimo srautas yra racionalus, buvo pasiekti patys geriausi rezultatai, grūdai buvo rūšiuojami patiriant mažiausius pilnaverčių grūdų nuostolius.

Keičiant oro srauto kreipiklių kampą, žymiai keitėsi kviečių pasiskirstymas dėžutėse (3 pav.).



3 pav. Oro srauto kreipiklių kampo įtaka kviečių sklaidai dėžutėse

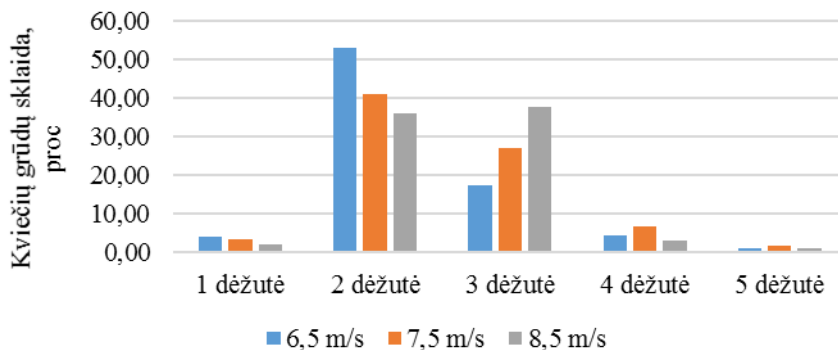
Nustačius 35° kreipiklių kampą, daugiausia grūdų pateko į antrąją dėžutę, tačiau joje rasta ir vidutinės kokybės grūdų. Į trečiąją ir ketvirtąją dėžutes smulkūs grūdai bei priemaišos beveik nepateko.

Padidinus kreipiklių kampą 45° , pilnaverčiai grūdai byrėjo į antrąją dėžutę, vidutinės kokybės grūdai – į trečiąją, smulkesni grūdai į ketvirtąją, smulkios priemaišos į penktąją.

Nustačius 55° kreipiklių kampą į trečiąją dėžutę buvo nupučiami pilnaverčiai grūdai.

Atlikus tyrimus galima teikti, kad esant kreipiklių padėties kampui 45° buvo galima daugiau išrūšiuoti kviečių grūdų lyginant su 35° ir 55° kreipiklių padėties kampais.

Nustačius tiekiamų kviečių grūdų srautą ir kreipiklių padėties kampą buvo tirta oro srauto greičio įtaka grūdų rūšiavimui (4 pav.).



4 pav. Kviečių pasiskirstymas dėžutėse, keičiant oro srauto greitį

Atliekant tyrimus buvo pastebėta, kad esant $6,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oro srauto greičiui, į pirmąją dėžutę pateko ir šiek tiek pilnaverčių grūdų. Antroje dėžutėje buvo dalis vidutinės kokybės grūdų, kurie turėtų patekti į trečiąją dėžutę. Todėl galime teigti, jog $6,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ greičiu tekantis oro srautas nėra pakankamas kviečių grūdų rūšiavimui. Padidinus oro srauto greitį iki $8,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oro srauto greitį, pilnaverčiai kviečiai byra kristi į trečiąją dėžutę.

Esant $7,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oro srauto greičiui didžioji dalis pilnaverčių grūdų patenka į antrąją dėžutę.

Išvados

1. Atlikus literatūrinę apžvalgą galima teigti, kad esant nepalankioms derliaus nuėmimo sąlygoms kartu su grūdais patekusių į kombaino bunkerį priemaišų kiekis viršija 3 %.
2. Tyrimais nustatyta, kad oro srauto greitis pneumatinio grūdų separatoriaus kameroje kito nuo 0 iki $7,43 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
3. Kviečių grūdų rūšiavimui pneumatinio separatoriaus kameroje racionalus oro srauto greitis yra $7,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, tiekiant apie $80 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ kviečių oro srauto kreipiklius rekomenduojama pakreipti 45° kampu.

Literatūra

1. Grūdinių augalų pasėliai ir derlius 2016 m. Iš *oficialios statistikos portalas*, [žiūrėta 2017-11-02]. Prieiga per internetą: <<https://osp.stat.gov.lt/informaciniai-pranesimai?articleId=4845359>>
2. Steponavičius, D.; Martinkus, M.; Jasinskas, A. 2006. *Valomosios ir džiovintos: mokojoji knyga*. Akademija, Kauno r.: Lietuvos žemės ūkio universiteto Leidybos centras.
3. Gerulaitis, V. 1994. *Žemės ūkio mašinos*. Vilnius: Valstybinis leidybos centras.
4. Grūdų valymas, [žiūrėta 2017-11-02]. Prieiga per internetą: <<http://gruzdziunalunas.lt/grudu-valymas/>>
5. Persson, S. Eigenschaften des reinigsgutes in Mahdreschern. *Landtechnische Forschung*, 1957.
6. Гортинский, В. В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. Москва: Колос, 1980.
7. Vaiciukevičius E. Burnočių ir rytinių ožiarūčių nuokulų separacijos intensyvinimo kombaino valytuve tyrimai. Daktaro disertacija. Kaunas, 2002.

8. Wacker, P., Kutzbach, H. D. Körnerfruchternte. Mährescher. *Jharbuch Agrotechnik*, 1992.
9. Jonušis, D. Grikų grūdų rūšiavimo oro sraute tyrimai. Magistrantūros studijų baigiamasis darbas. Kaunas, 2011.

Santrauka

Straipsnyje pateikti 2018 metais atlikti kviečių Skagen tyrimų rezultatai. Tyrimų metu buvo tiriama oro srauto greičio sklaida pneumatinio grūdų separatoriaus kameroje, atlikti grūdų rūšiavimo tyrimai keičiant oro srauto greitį, tiekiamų kviečių srautą, oro srauto kreipiklių padėties kampą. Tyrimais buvo nustatyta, kad racionalus oro srauto greitis kviečiams rūšiuoti nuožulniame oro sraute yra $7,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, tuomet daugiausia kviečių grūdų buvo surūšiuota į atskiras frakcijas.

GRAIN SORTING IN AIR FLOW STUDIES

Summary

The article presents the results of wheat Skagen in 2018. During the research, air flow velocity dispersion in the pneumatic grain separator chamber was investigated, grain sorting tests were performed by changing the air flow rate, the flow of wheat supplied, the angle of the air flow guides.

Studies have shown that the rational air flow rate for wheat sorting in the sloping air stream is $7,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, then the most wheat grains were sorted into separate fractions.

Paulius Jasevičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas, tel. 8 670 46310, el. paštas: paulius.jasevicius@gmail.com
Edvardas Vaiciukevičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio mašinų ir saugos institutas, tel. 8 615 93865, el. paštas: edvardas.vaiciukevicius@vdu.lt

MAISTO GAMYBOS ŠALUTINIŲ PRODUKTŲ PERDIRBIMO Į BIODUJAS TYRIMAS

Tomas Masiulis, Kęstutis Venšlauskas

Įvadas

Žemėje didėjant žmonių populiacijos skaičiui, tuo pačių didėja ir išteklių vartojimas, esant ribotiems jų resursams. Tai sukelia energijos gamybos kainos kiliamą, be to, tradicinių iškastinių žemės išteklių vartojimas prieštarauja Europos Sąjungos energetikos politikai, kurios siekis ženkliai sumažinti į orą išskiriamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas. Europos Sąjungos 2020–2030 m. klimato ir energetikos politikos strategijoje ir veiksmų plane pasiūlytuose išmetamo anglies dioksido kiekio mažinimo energetikos sektoriuje scenarijuose nurodoma, kad atsinaujinančios energijos dalis iki 2030 m. turėtų sudaryti ne mažiau kaip 30 %. Tačiau veiksmų plane taip pat teigiama, kad atsinaujinančiosios energijos augimas po 2020 m. sulėtės, jei nebus imtasi jokių kitų veiksmų [1].

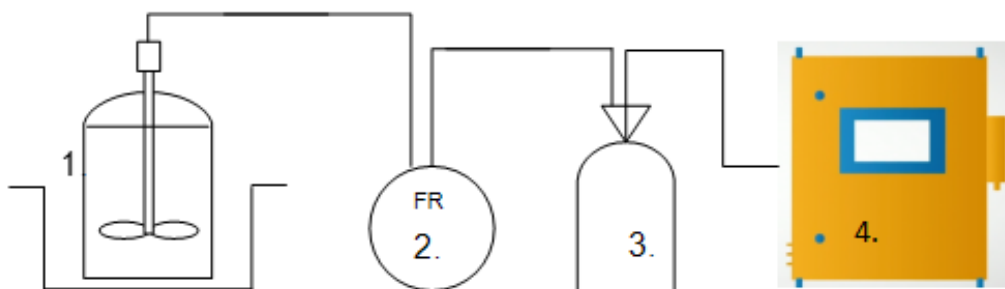
Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas taip pat gali būti puiki išeitis mažinant šalies priklausomybę nuo iškastinio kuro, tuo pačių atsiranda galimybių bent dalį gamybos šalutinių produktų, nebetinkamų perdirbimui, utilizuoti bei išgauti energiją. Dideli atliekų kiekiai susikaupia cukraus fabrikuose, mėsos kombinatuose, skerdyklose, pieno perdirbimo, spirito, krakmolo, mielių gamyklose ir pan. Nemažą energinį potencialą turi spirito žlaugtai, pieno išrūgos, alaus ir aliejaus gamybos atliekos [2]. Kaip rodo pasaulinė ir Europos Sąjungos valstybių patirtis, ekonominiu ir aplinkosaugos požiūriais efektyviausias biologiškai skaidžių atliekų tvarkymas – anaerobinis perdirbimas, išgaunant biodujas ir likutinius substratus panaudojant tręšimui. Šiuo metodu gaunama atsinaujinanti energija bei organinės trąšos leidžia spręsti ne tik aplinkosaugos, bet ir ekonomines problemas [3].

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimo tikslas: eksperimentiniu būdu įvertinti biodujų gamybos efektyvumą iš maisto gamybos šalutinių produktų.

Tyrimo uždaviniai: eksperimentiniu būdu ištirti pieno išrūgų, kviečių krakmolo ir riebalų gamybos bei perdirbimo atliekas; nustatyti biodujų išeigą, biodujų sudėtį ir energinę vertę naudojant maisto gamybos atliekas.

Eksperimentiniai tyrimai atlikti Vytauto Didžiojo Universiteto Energetikos ir biotechnologijų instituto Biodujų laboratorijoje. Tyrimams atlikti buvo naudotas standas „Bioprocess controll AMPTS“ su vertikaliais laboratoriniais mažų gabaritų biodujų reaktoriais. Reaktoriuose buvo palaikomas mezofilinis ($38\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) temperatūrinis režimas. Išsiskyrusių biodujų kiekis buvo fiksuojamas „Ritter“ tūrinio skaitikliu, o dujos buvo kaupiamos specialiuose dujų kaupimo maišuose. Pagamintos biodujos buvo analizuojamos „Awite“ biodujų analizatoriumi. Tyrimai atlikti trimis pakartojimais. Stendo schema pateikta (1 pav.).



1 pav. Laboratorinis stendas: 1 – 400 ml talpos indelis su maišykle, 2 – „Ritter“ skaitiklis fiksuojantis biodujų kiekį, 3 – specialus maišas kaupti biodujoms, 4 – Awite – dujų analizatorius.

Bandymai buvo atlikti naudojant pieno išrūgas, kviečių krakmolo gamybos atliekas ir riebalus, bei naudojant šių žaliavų mišinį. Sausųjų medžiagų procentinės dalys pateiktos 1 lentelėje.

Paskutiniu metu buvo naudotas prieš tai naudotų žaliavų mišinys santykiu 1:2:0,1. Mišinio santykis buvo pasirinktas pagal įmanomą maksimalų žaliavų srautą potencialiai biodujų jėgainei, bei pagal šiose žaliavose esančią procentinę sausųjų medžiagų dalį nuo bendrosios masės. Suformuotame mišinyje buvo 8,06 g išrūgų, 16,13 g krakmolo „C“ sirupo ir 0,81 g riebalų. Bandymo metu iš 1 kg mišinio sausųjų medžiagų buvo gauta 279,8 l biometano. Iš grafike (2 pav.) pateiktų rezultatų galime pastebėti, kad žaliavų mišinio metano išsiskyrimo potencialas sutapo su krakmolo „C“ sirupo potencialu. Galimai tai įtakojo vienoda sausųjų medžiagų dalis atliekant abu bandymus. Žaliavų mišinio mėginyje sausųjų medžiagų buvo 6,8 g, kai tuo tarpu antrajame bandyme, tiriant krakmolo „C“ sirupą, sausųjų medžiagų mėginyje buvo 6,46 g.

1 lentelė. Maisto gamybos šalutinių produktų sausųjų medžiagų kiekis, žaliavoje

Naudotos žaliavos	Sausosios medžiagos
„C“ sirupas	38,0 %
Pieno išrūgos	6,5 %
Riebalai	18,6 %

Ištirta biodujų išeiga ir metano potencialas iš žaliavų, biodujų sudėtis ir energetinė vertė remiantis Biodujų laboratorijoje taikoma metodika [4].

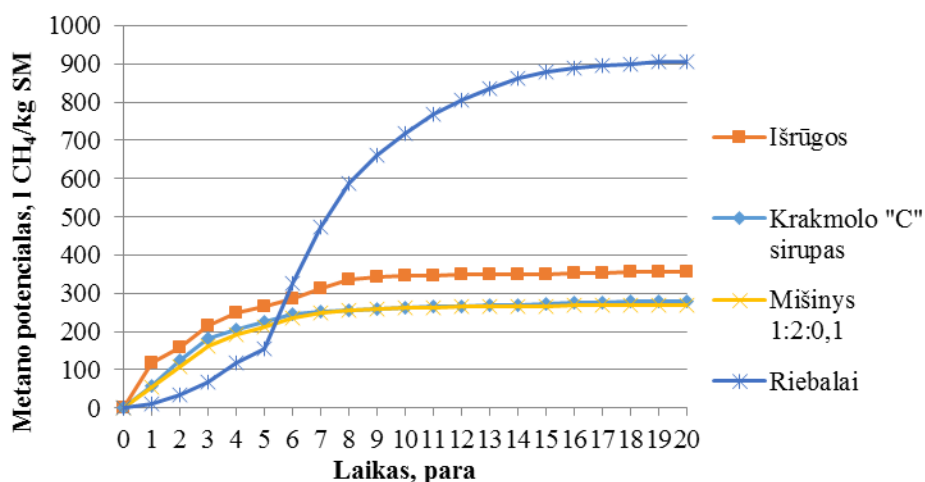
Rezultatai

Tyrimo metu buvo atlikti 4 bandymai. Atliekant pirmąjį bandymą į reaktorius buvo įkrauta tik pieno išrūgos, kurių 6,5 % masės sudarė sausosios medžiagos, į reaktorius buvo įkraunami 85 g masės mėginiai ir 315 g bakterijų substrato paimto iš veikiančios nuotekų valyklos biodujų jėgainės.

Šio bandymo metu iš 1 kg sausųjų medžiagų buvo gauta 354,6 l biometano (2 pav.). Biodujų gamyba truko 20 parų, intensyviausiai biodujų gamybą vyko pirmąsias 10 parų.

Antrajame bandyme (2 pav.) buvo tiriama kviečių krakmolo perdirbimo šalutinio produkto „C“ sirupo biometano dujų išeiga. Buvo naudota vienkartinė įkrova, su 17 g kviečių krakmolo „C“ sirupo mėginiu ir 383 g bakterijų substrato. Gautuose rezultatuose galime matyti, kad iš 1 kg sausųjų medžiagų buvo gauta 278,6 l biometano.

Trečiuoju bandymu į reaktorius buvo įkrauta 24,32 g riebalų ir 375 g bakterijų substrato. Rezultatai parodė, kad iš 1 kg riebalų sausųjų medžiagų galime tikėtis 907,2 l biometano potencialo (2 pav.).



2 pav. Metano išsiskyrimo potencialas, esant skirtingoms žaliavoms ir jų mišiniui

Surinktose biodujose išanalizuotas metano kiekis ir apskaičiuota dujų energinė vertė. Iš 2 lentelėje pateiktų rezultatų galime teigti, kad žaliavų mišinio naudojimas leistų išgauti pakankamos energinės vertės biodujas, kurios tiktų tiek tiesioginiam deginimui, tiek naudoti kogeneracinėje jėgainėje.

2 lentelė. Pagamintų biodujų charakteristikos

Žaliava	Metano CH ₄ koncentracija, %	Biodujų energetinė vertė MJ/l
Išrūgos	50,8	0,018
Krakmolo „C“ sirupas	57,1	0,020
Riebalai	70,3	0,025
Mišinys santykiu 1:2:0,1	58,8	0,021

Metano koncentracijai siekiant 58,8 %, pagamintas biodujas galima naudoti vidaus degimo varikliuose. Ganėtinai gerą metano koncentraciją sąlygoja įvairiapusiškos žaliavos, kurios biodujų gamybą vykdančioms metanogeninėms bakterijoms užtikrina iš maistinių žaliavų gaunamą cheminių elementų įvairovę.

Išvados

1. Atlikus biometano gamybos tyrimą buvo gauta 354,6 l CH₄/kg SM iš pieno išrūgų, 278,6 l CH₄/kg SM iš krakmolo „C“ sirupo ir 907,2 l CH₄/kg SM iš riebalų. Iš maisto gamybos šalutinių produktų mišinio (kai žaliavų santykis atitinkamai 1:2:0,1) išgauta 279,8 l CH₄/kg SM. Gauti rezultatai rodo, kad tikslinga maisto pramonėje susidarancius šalutinius produktus, kurie netinka tiesioginiam perdirbimui, naudoti biodujų gamybai.
2. Išanalizavus iš žaliavų mišinio pagamintas biodujas, buvo gauta 58,8 % CH₄ koncentracija, o šių biodujų energinė vertė yra 0,021 MJ/l. Pakankama metano koncentracija leidžia biodujas efektyviai panaudoti elektros ir šilumos gamybai.

Literatūra

- 1 Europos Komisija. 2030 m. klimato ir energetikos politikos strategija. Žalioji knyga. [Žiūrėta 2019-02-15]. Prieiga per internetą: < <https://publications.europa.eu/lt/publication-detail/-/publication/57c3eb71-1851-4af9-889f-b18defb53881/language-lt> >.
- 2 Navickas K. Biodujų jėgainės energetikai, ūkiui ir aplinkai. [Žiūrėta 2019-02-15]. Prieiga per internetą: <<http://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2004/09/bioduju-jegaines-energetikai-ukiui-ir-aplinkai/>>.
- 3 *Nutarimas dėl maisto pramonės įmonėse susidaranciu biologiskai skaidziu atlieku tvarkymo programos patvirtinimo*. 2008 m. Vilnius. LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖ [interaktyvus], [žiūrėta 2018-02-20] prieiga per internetą <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalActPrint/lt?jfwid=aor8dazby&documentId=TAIS.332348&category=TAD>>/
- 4 Navickas K., Župerka V., Venslauskas K. Biodujų gamyba iš organinių atliekų ir kultūrinių augalų / Šilumos energetika ir technologijos, 2004, P. 227–282.

Santrauka

Šiuo tyrimu buvo eksperimentiškai nustatytas biodujų gamybos iš maisto gamybos šalutinių produktų efektyvumas. Tyrimai atlikti laboratoriniame mažų gabaritų bioreaktorių stende „Bioprocess“, taikant vienkartinės įkrovos režimą. Reaktoriuje palaikyta pastovi mezofilinė $38 \pm 0,5$ °C temperatūra. Bandymai atlikti naudojant pieno išrūgas, kviečių krakmolo gamybos atliekas ir riebalus, bei naudojant šių žaliavų mišinį. Tyrimo rezultatai rodo, kad nusistovėjus biodujų gamybai iš maisto gamybos šalutinių produktų mišinio buvo gauta 279,8 l CH₄/kg SM biometano. Iš žaliavų mišinio pagamintose biodujose buvo 58,8 % metano koncentracija, o šių biodujų energinė vertė buvo 0,021 MJ/l.

INVESTIGATION OF FOOD PROCESSING BY-PRODUCTS INTO BIOGAS

Summary

This study experimentally identified the effectiveness of biogas production of food production by-products. Investigations were carried out in a lab-sized bioreactor “Bioprocess”, using a batch mode. A constant mesophilic temperature of 38 ± 0.5 °C was maintained in the reactor. The tests were carried out using milk whey, wheat starch waste and fat, and using a mixture of these raw materials. The results shows, that 279.8 l CH₄/kg dry matter was obtained from a mixture of food by-products. The biogas produced from the raw material mixture contained 58.8 % methane concentration and the energy value of biogas was 0.021 MJ/l.

Tomas Masiulis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 646 64014, el. paštas: tomasmasiulis94@gmail.com.

Kęstutis Venslauskas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr., el. paštas: Kęstutis.Venslauskas@vdu.lt, tel. +370 37 752219.

GRANULIUOTŲ MĖŠLO TRĄŠŲ IŠBARSTYMO SKLAIDOS TYRIMAS

Nerijus Lapinskas, Eglė Jotautienė

Įvadas

Kad trąšos būtų efektyvios, tobulinama tręšimo technika, tręšimo technologijos ir organizavimas, gerinama trąšų kokybė ir asortimentas, parenkamos optimalios normos ir santykiai, tinkamiausios trąšų formos, geriausi tręšimo būdai ir laikas. Trąšos dozuojamos atsižvelgiant į dirvožemio kilmę, jo fizines ir agrochemines savybes, atskirų žemės ūkio augalų biologines savybes, veislių ypatumus. Taip siekiama pagrindinio tikslo – didinti visų žemės ūkio augalų derlingumą ir tręšimo efektyvumą.

Netolygus trąšų barstymas turi įtakos bendram augalų derliui. Mažina trąšų naudojimo efektyvumą ir pelno maržą, padidina maistinių medžiagų nuostolius bei pavojų aplinkai (Koko ir kt. 2009).

Lietuvoje granuliuotų trąšų išbarstymas dažniausiai atliekamas diskiniiais išcentriniais barstytuvais. Jais galima barstyti ir organines granuliuotas mėšlo trąšas. Tačiau granuliuotų mėšlo trąšų aerodinaminės savybės skiriasi nuo sferinių mineralinių trąšų. Skiriasi forma, organinės trąšos dažniausiai būna 4–6 mm skersmens cilindro formos. Aerodinaminis pasipriešinimo koeficientas cilindro formos skiriasi apie 3 kartus nuo sferos formos trąšų (Pocius ir kt. 2014). Mėšlo granuliuotų tankis taip pat skiriasi. Tai labiausiai įtakojantys veiksniai aerodinamines savybes, kurios turi didelę įtaką paskleidimo netolygumui. Nevienodai paskirsčius trąšas, nevienodai auga ir bręsta žemės ūkio kultūros (Jotautienė ir kt. 2017).

Specialiai skirtų šių granuliuotų mėšlo komposto trąšų paskleidimui mašinų nėra. Nėra ir rekomendacijų, kaip šias trąšas racionaliausiai išbarstyti dirvos paviršiuje. Trąšų įrangos gamintojai atkreipia dėmesį, kad individualios trąšų išbarstymo savybės daro didelę įtaką biržės ploto ir trąšų normai. Todėl, net ir vertės, nurodytas trąšų barstomųjų įrangos gamintojų paskirstymo lentelėse, laikomos tik orientacinėmis (Aphale ir kt. 2003). Kaip granuliuotas organines trąšas racionaliausiai išbarstyti dirvos paviršiuje rekomendacijų nėra. Šiuo metu populiariausios ir plačiausiai naudojamos barstomosios, turinčios disko formos darbinės dalis: viendiskės ir dvidiskės. Šie mechanizmai leidžia reguliuoti trąšų paskleidimo plotį, atsižvelgiant į konkretaus lauko konfigūraciją ir trąšų kiekį priklausomai nuo poreikio ir normos. Visgi pagrindiniais rodikliais, charakterizuojančiais barstomosios darbą, reikia laikyti trąšų normą ir paskleidimo tolygumą. Trąšų norma tampa pagrindiniu laukiamo derlingumo rodikliu ir didele dalimi įtakoja paskleidimo tolygumą (Koko ir kt. 2009).

Norint pagerinti trąšų paskleidimo tolygumą, reikia įvertinti įvairius nenumatytus veiksnius, tokius kaip: vėjas, dirvos netolygumas, trąšų dalelių skersmens nevienodumas, skirtinga vieta, kur trąšų dalelės patenka ant skleidimo disko.

Tyrimo tikslas: ištirti organinių granuliuotų mėšlo komposto trąšų paskleidimo tolygumą dirvoje.

Tyrimų metodika

Šiuo metu plačiai naudojamos įvairių gamintojų išcentrinės trąšų barstomosios trąšų granuliuotų organinių trąšų paskleidimui dirvos paviršiuje. Šių barstomųjų konstrukcija, darbiniai parametrai pagal išberiamų trąšų normą, biržės plotį, trąšų paskleidimo tolygumą pritaikyti granuliuotų sferos geometrinių charakteristikų birių dalelių išbarstymui. Granuliuotos mėšlo komposto trąšų dalelės turi cilindro formą, skirtingas geometrines charakteristikas ir aerodinaminius parametrus negu mineralinės trąšos. Tyrime naudojamų granuliuotų trąšų pagrindinės savybės pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Pagrindinės granuliuotų trąšų savybės (Živatkauskas ir kt, 2016)

Rodiklis	Trąšos I	Trąšos II
Sausos medžiagos, %	88	90
Tankis, kg/m ³	700	650
C/N santykis	9	8,5
pH	6,4	7
Granulės skersmuo, mm	6±0,53	4±0,86

Granuliuotų organinių komposto trąšų paskleidimo, skersinio tolygumo bandymas buvo atliekamas lygaus horizontalaus paviršaus Lapinsko ūkio lauke. Bandymo metodika analogiška mineralinių trąšų paskleidimo metodikai pagal standartą LST EN 13739 – 2 : 2012 (EN 13739–2 : 2011(E)). Bandymo metu vėjo greitis buvo iki 2 m s⁻¹. Bandymas atliktas su išcentrine dvidiske mineralinių trąšų barstomąja.

Išberiamų trąšų kiekiai buvo 1000 kg ha⁻¹ ir 2000 kg ha⁻¹, paskleidimo biržės plotis 14 m. Traktoriaus važiavimo greitis 8 km/val. Trąšų barstymo netolygumui nustatyti lauke išdėstomos specialios dėžutės (Aphale ir kt. 2003). Išberiamos trąšų granulės buvo surenkamos į 0,50x0,40x0,10 m dėžutes, išdėstytas lauke. Lauko plotyje buvo išdėliotos 15 vnt. dėžučių, lauko ilgyje buvo 10 dėžučių eilių. Kiekvienoje dėžutėje susikaupęs trąšų kiekis buvo sveriamas elektroninėmis svarstyklėmis 0,1 g tikslumu.

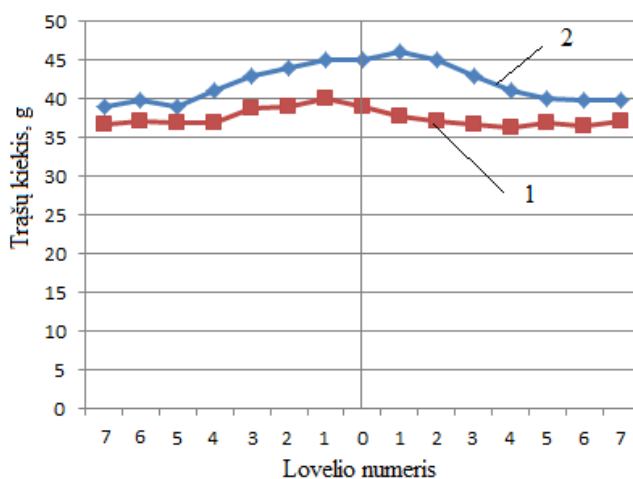
Atliekant bandymus gamybinėmis (lauko) sąlygomis, trąšų barstomosios techninių ir technologinių rodiklių reguliavimas derinant su važiavimo greičiu ir biržės pločiu buvo atliekamas (valdomas) kompiuterio programos pagalba. Remiantis kitų mokslininkų atliktais trąšų kiekio biržės pločiui skaičiavimais pastebėta, kad naudojant barstomosios kompiuterinį valdymą, kuris skirtas mineralinių trąšų paskleidimui, gaunamas nukrypimas nuo trąšų normos.

Rezultatai

Lauko bandymas atliktas 2018 m. spalio mėn. N. Lapinsko ūkyje. Bandymo plotas (30m × 14m) buvo padengtas plastikine plėvele, kadangi galima tokiu būdu lengvai pašalinti išbertas trąšas ir kartoti bandymą tame pačiame lauko plote. Diena buvo giedra, temperatūra – 10–15 °C, vėjo greitis buvo mažesnis nei 2,0 ms⁻¹, santykinis oro drėgnis – 31 %, o bandymas atliktas pagal ankstesniame skyriuje pateiktą metodiką. Bandymas buvo atliekamas su išcentrine dvidiske mineralinių trąšų barstomąja (1 pav.). Traktoriaus važiavimo greitis 8 km/val. Granuliuotų komposto trąšų išbarstymo pirmasis tyrimas buvo atliekamas, kai disko mentė 29 cm: 1–4 mm skersmens granulės, 2–6 mm granulės. Antrasis tyrimas buvo atliekamas, kai disko mentė 41 cm: 1–4 mm skersmens granulės, 2–6 mm granulės. Kiekvienas bandymas kartotas 3 kartus.



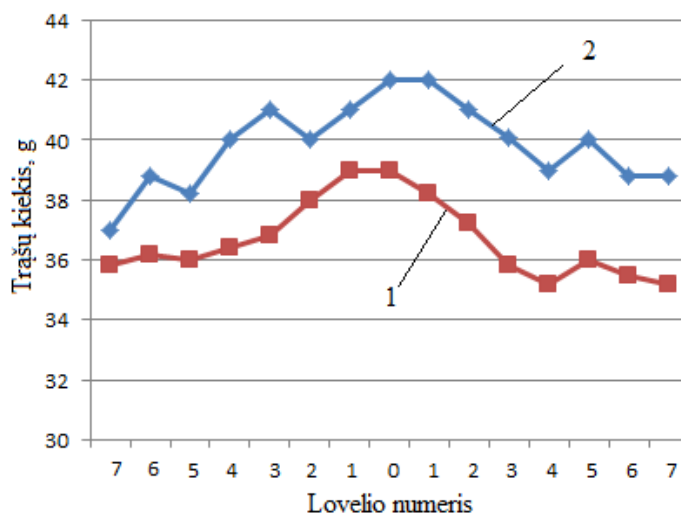
1 pav. Dėžučių išdėstymas po traktoriaus ratus, kai disko mentė 29 cm



2 pav. Granuliuotų komposto trąšų išbarstymo tyrimai, kai disko mentė 29 cm: 1 – granulės 4 mm skersmens, 2 – granulės 6 mm skersmens.

Ištirti mechaninį granuliuotų organinių komposto trąšų paskleidimą dirvožemyje yra labai svarbu. Atliekant bandymus gamybinėmis (lauko) sąlygomis, trąšų barstomosios techninių ir technologinių rodiklių reguliavimas derinant su važiavimo greičiu ir biržės pločiu buvo atliekamas (valdomas) kompiuterio programos pagalba. 2 paveiksle parodyti bandymų rezultatų grafikai rodo, kad granuliuoto komposto paskleidimas pasiskirsto tolygiai važiavimo kryptimi abiejose ašinės linijos pusėse. Sąlyginiam užsiduotam tręšimo plotui trąšų kiekis pateikiamas gramais (g), neperskaičiuojant į kg/ha. Pastebimas neženklaus trąšų kiekio (6 mm skersmens granulių) padidėjimas dešinėje pusėje. Pirmasis bandymas atliktas, kai disko skersmuo 63 cm, mentė trumpa 29 cm, disko skersmuo su mentėmis 81cm, tarp disko centru atstumas – 1,04 cm.

Antras bandymas atliktas, kai ilga mentė 41cm, kiti parametrai tokie patys kaip pirmuoju atveju.



3 pav. Granuliuotų komposto trąšų išbarstymo tyrimai, kai disko mentė 41 cm: 1–4 mm skersmens granulės, 2–6 mm skersmens granulės.

3 paveiksle parodyti bandymų rezultatų grafikai rodo, kad granuliuoto komposto trąšų paskleidimas pasiskirsto netolygiai važiavimo kryptimi abiejose ašinės linijos pusėse. Pastebimas taip pat neženklaus trąšų kiekio (6 mm skersmens granulių) sumažėjimas dešinėje pusėje, naudojant ilgesnę mentę, trąšos nusviedžiamos toliau negu su trumpesne mente. Todėl ir trąšų svoris dėžutėse yra mažesnis.

Išvados

1. Trąšų dalelės nuskrietas atstumas priklauso nuo dalelių dydžio ir disko menčių parametrų. 4 mm skersmens trąšų granulių pasiskleidimo tolygumas važiavimo kryptimi abiejose ašinės linijos pusėse buvo tolygesnis lyginant su 6 mm

skersmens granuliu trąšomis. Naudojant ilgesnė mentelę 41cm, granuliuotos trąšos nusiųdžiamos toliau negu su trumpesne mente (29 cm).

2. Lauko bandymų gauti rezultatai patvirtino, kad granuliuotų cilindro formos organinių trąšų išbarstymui (paskleidimui) gali būti naudojamos išcentrinės mineralinių trąšų barstomosios.

Literatūra

1. Aphale A., et al. 2003. Granular fertiliser particle dynamics on and off a spinner spreader. *Biosystems Engineering* Vol. 85, Issue 3, p. 319–329.
2. Jotautienė E., Bivainis V., Zokaitis K., Zinkevičienė R. 2017. Investigation on geometrical particle parameters and aerodynamic features of granular manure fertilizers. *Proceedings of Engineering for rural development: 16th international scientific conference*. Vol. 16, p. 1452–1457.
3. Koko J., and Virin T. 2009. Optimization of a fertilizer spreading process. *Mathematics and Computers in Simulation*. Vol. 79, Issue 10, p. 3099–3109.
4. LST EN 13739 – 2 : 2012 Žemės ūkio mašinos. Išcentrinės ir juostinės kietųjų trąšų barstomosios. *Aplinkos apsauga*. 1–2 dalis. Reikalavimai, 2012.
5. Pocius A.; Jotautienė E.; Pekarskas J.; Mioldažys R.; Jasinskas A. Research of particle geometrical parameters and aerodynamic features of granular organic compost fertilizers. *Engineering for rural development: 13th international scientific conference: proceedings*, May 29–30, 2014. Jelgava, 2014. ISSN 1691-3043. Vol. 13, p. 401–406.
6. Živatkauskas M.; Jotautienė E. 2016. Organinių granuliuotų trąšų aerodinaminių savybių tyrimas. *Agroinžinerija ir energetika: ASU Žemės ūkio inžinerijos fakulteto mokslo populiarinimo ir gamybos žurnalas*. Nr. 21, p. 70–75.

Santrauka

Šiuo metu plačiai naudojamos įvairių gamintojų išcentrinės trąšų barstomosios trąšų granuliuotų organinių trąšų paskleidimui dirvos paviršiuje. Straipsnyje nagrinėjamas organinių granuliuotų mėšlo komposto trąšų paskleidimo tolygumas dirvoje barstant išcentrine dvidiske mineralinių trąšų barstomąją. Eksperimentiniams išbarstymo tyrimams buvo tiriamos dvi skirtingų geometrijų savybių mėšlo granuliuotų rūšys, pasirinktos skirtingo ilgio disko mentės.

Iš tyrimų rezultatų analizės galime teigti, kad granuliuotų cilindro formos organinių trąšų išbarstymui (paskleidimui) išcentrinės mineralinių trąšų barstomosios gali būti naudojamos.

INVESTIGATION OF SPREADING OF GRANULATED MANURE FERTILIZER

Summary

At present, centrifugal fertilizer spreaders of various manufacturers are widely used for spreading granular organic fertilizers on the soil surface. The article analyzes the uniformity of the spreading of organic granulated manure compost fertilizers in soil by centrifugal double fertilizer spreader. Two types of manure pellets of different geometric characteristics were investigated for experimental spreading experiments, and blades of different lengths were chosen.

From the analysis of the research results, it was determined that centrifugal fertilizer spreaders can be used to disperse (spread) granular cylindrical organic fertilizers.

Nerijus Lapinskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas, tel. 8 673 99034, el. paštas: nerijus492@gmail.com

Eglė Jotautienė – VDU Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, prof. dr.; tel. 8 37 752 204, el. paštas: Egle.Jotautiene@vdu.lt

SAULĖS ELEKTRINĖS SU MIKRO-INVERTERIU TYRIMAS

Valentinas Lekavičius, Kęstutis Venslauskas

Įvadas

Elektros energijos poreikis vis sparčiau ir sparčiau auga nuo XIX a. pabaigos. Mažėjant tradicinių išteklių, iškastinio kuro (naftos, gamtinių dujų, akmens anglies) atsargoms, kyla didesnis poreikis atsinaujinančiųjų energijos šaltinių plėtrai. Be to, pagal Europos sąjungos nurodymą, nuo 2021 m. naujai statomi pastatai turės atitikti A++ energetinę efektyvumo klasę ir privalės turėti atsinaujinančios energijos šaltinį [1]. Elektros energijai išgauti yra ne vienas būdas, tačiau vienas iš pagrindinių ir labiausiai paplitęs elektros energijai gaminti – saulės šviesos energijos konversija į elektros energiją. Saulės energijai panaudoti yra daugybė įvairių būdų. Vienas iš jų, saulės elektrinės, kurios būna sudarytos iš kelių ar keliolikos nuosekliai sujungtų fotoelektrinių modulių, kurie generuoja aukštą įtampą turinčią nuolatinę srovę, kuri centriniame inverteryje iš nuolatinės srovės yra paverčiama į kintamąją ir gali būti panaudojama buityje arba atiduodama į elektros tinklą. Tačiau ši sistema dažniau naudojama didelėms saulės jėgainėms. Gyvenamuose namuose, kuomet statomos nedidelės saulės elektrinės, dažniau naudojami mikro-inverteriai [2, 3]. Mikro-inverteriai, tai keitikliai, kurie jungiami tiesiogiai prie vieno (kartais dviejų) fotomodulių. Taip kiekvienas komplektas (fotomodulio ir inverterio), gali veikti kaip atskira saulės elektrinė. Todėl šešėliui užstojus bent vieną modulį, nesutrunka visos sistemos darbas ir neuždengti fotomoduliai gali netrukdomai generuoti elektros energiją.

Tyrimų tikslas

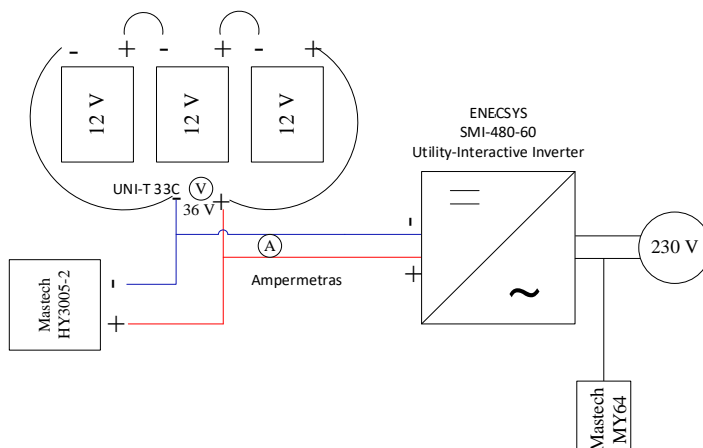
Ištirti mažos galios saulės elektrinę su mikro-inverteriu.

Tyrimų uždaviniai

1. Nustatyti saulės elektrinės su mikro-inverteriu naudingumo koeficientą.
2. Nustatyti mikro-inverterio sinchronizacijos su elektros tinklu trukmės priklausomybę nuo įėjimo įtampos parametrų.

Tyrimo objektas ir metodika

Mikro-inverterį sudaro maksimalios galios taško sekiklis (angl. *MPPT* – *maximum power point tracker*), keitiklis iš nuolatinės į kintamą srovę [1, 4, 5]. Tyrimui sumodeliuotas ir surinktas standas naudojant ENECSYS SMI-480-60 mikro-inverterį (1 pav.). Tyrimui buvo naudojami trys rūgštiniai 12 V (110 Ah, 85 Ah ir 74 Ah) akumulatoriai, maitinimo šaltinis „MASTECH HY3005-2“, akumuliatorių įtampa matuota multimetru „UNI-T33C“, nuolatinė srovė matuota ampermetru „Circutor“, multimetru „MASTECH MY64“ su srovės replėmis matuota kintamoji išėjimo srovė į tinklą.



1 pav. Supaprastinta tyrimų stendo schema. 12 V – akumuliatorių baterija; 230 V kintamos srovės tinklas; „Mastech HY3005-2“ maitinimo šaltinis; „UNI-T33C“ – multimetras; ampermetras „Circutor“; „ENECSYS SMI-480-60“ Utility-Interactive-Inverter – keitiklis iš nuolatinės į kintamą įtampą; „Mastech MY64“ – multimetras su srovės replėmis.

Maitinimo šaltinis sujungtas su akumuliatorių baterijomis, krovė akumuliatorius (43,2 V įtampa), taip leisdamas išlaikyti reikiamą įtampą. Minimali reikalinga įtampa mikro-inverterio įsijungimui yra 20 V, tačiau tam, kad veiktų maksimalios galios taško sekiklis, reikalingas įtampos diapazonas yra nuo 24 V iki 35 V, todėl buvo jungiami trys akumuliatoriai nuosekliai, taip sudarant 36–38 V įtampą. Į grandinę taip pat buvo prijungti multimetrai ir nuolatinės srovės ampermetras. Visa sugeneruota elektros energija iš akumuliatorių buvo konvertuojama ir atiduodama į elektros tinklą. Visi atlikti bandymai buvo filmuojami ir peržiūrimi stabdant vaizdą kas 10 sekundžių ir nurašomi matavimo prietaisų rodmenys.

Matavimo metu apskaičiuota įėjimo į mikro-inverterį galia ir išėjimo iš inverterio į elektros tinklą galia. Galios apskaičiuojamos pagal 1 lygtį:

$$P = U \cdot I ; \quad (1)$$

čia: P – galia, W; U – įtampa, V; I – srovė, A.

Inverterio energijos konversijos naudingumo koeficientas η apskaičiuota pagal 2 lygtį:

$$\eta = \frac{P_{apk}}{P_{akum}} ; \quad (2)$$

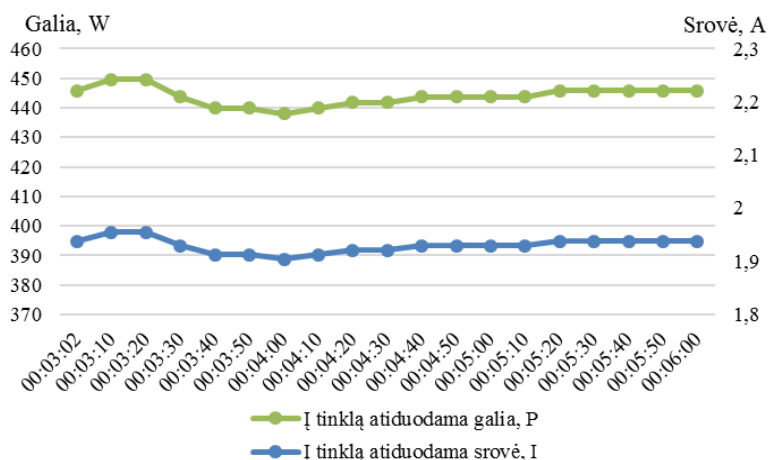
čia: P_{apk} – apkrovos galia, W; P_{akum} – akumuliatorių galia, W.

Rezultatai

Atlikus matavimus 5 kartus, buvo apskaičiuotas kiekvieno matavimo naudingumo koeficientas. Koeficientui apskaičiuoti buvo imami matavimų rezultatai nuo

mikro-inverterio įsijungimo pradžios iki jo susisynchronizavimo su elektros tinklu ir perėjimo į darbinį režimą. Apskaičiuotas matavimų vidutinis inverterio konversijos naudingumo koeficientas – $\eta_{vid.inv} = 0,823 \pm 0,031$.

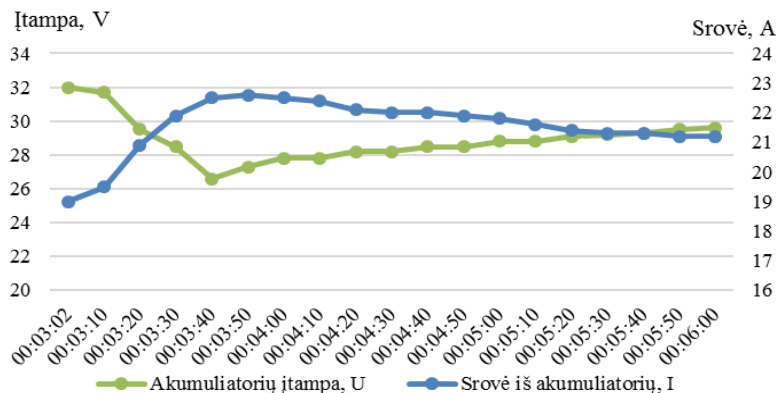
Iš grafiko (2 pav.) yra matoma, kad mikro-inverteriui, elektros energija atiduodama į tinklą yra nepastovi.



2 pav. Mikro-inverterio į tinklą atiduodama galia ir srovė

Įsijungus mikro-inverteriui, atiduodama galia yra 445,7 W, praėjus 10 sekundžių, galia išauga iki 449,6 W ir laikosi apie 10 sekundžių. Praėjus 60 sekundžių nuo mikro-inverterio įsijungimo pradžios, galia nukrinta iki 437,9 W. Synchronizuojantis mikro-inverteriui, didžiausi pokyčiai matomi per pirmąsias 90 sekundžių.

Iš grafiko (3 pav.) galima matyti maksimalios galios taško sekiklio veikimo principą, kai maksimalios galios taško sekiklis bandydamas išgauti maksimalią galią, pradeda žeminti įtampą, automatiškai didindamas srovę. Didžiausi skirtumas tarp įėjimo įtampos ir įėjimo srovės yra pirmosiomis 90.



3 pav. Inverterio iš akumulatoriaus imama srovė ir akumulatoriaus įtampa

Atlikus matavimus, buvo pastebėta, kad mikro-inverterio įsijungimo laikas yra 182 sekundės. Įsijungus mikro-inverteriui atsiranda dideli įtampos ir srovės pokyčiai (šuočiai) (3 pav.).

Mikro-inverteriui pradėjus veikti buvo 32 V įtampa ir 19 A srovė. Iš tyrimo metu atliktų matavimų, yra matoma, kad nuo 32 V, įtampa nukrinta iki 26,6 V, o tuo pat metu nuo 19 A srovė, pakyla iki 22,6 A. Taip nustatyta, kad veikiant mikro-inverterio maksimalios galios taško sekikliui, įėjimo įtampa ir srovė sinchronizuojasi tolygiai. Mikro-inverterio stabiliam darbui nusistovėti užtrunka apie 3 minutes.

Išvados

1. Vidutinis mikro-inverterio konversijos naudingumo koeficientas apskaičiuotas iš matavimų rezultatų nuo mikro-inverterio įsijungimo pradžios iki jo susinchronizavimo su elektros tinklu ir perėjimo į darbinį režimą, gautas 0,823.
2. Įjungiant mikro-inverterį ir paliekant darbo režime, gauta, kad maksimalios galios taško sekiklio įsijungimo laikas yra 182 sekundės.

Literatūra

1. Mohd, Dr. Alaa. The Evolution of PV Solar Power Architectures: A Quantitative Analysis of Micro-inverters' Performance vs. Conventional Inverters.. *Conference: The 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference, At Hamburg, Germany.* 2011.
2. Krauter S. and Bendfeld J. Cost, performance, and yield comparison of eight different micro-inverters, *IEEE 42nd Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), New Orleans, LA, 2015,* p. 1–4.
3. Krauter S., Jörg B. Update on Rankings of Conversion Efficiencies and Energy Yield of Micro-Inverters, including Inverters for two PV Modules, *Proceedings of 33rd European Photovoltaic Solar Energy Conference (EU-PVSEC2017) Amsterdam, The Netherlands 2017,* P. 1477–1481.
4. Çelik Ö., Teke A., Tan A. Overview of micro-inverters as a challenging technology in photovoltaic applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 2018, Vol: 82, P. 3191–3206.
5. Mirhassani S., Ong H. C., Chong W. T., Leong K. Y. Residential micro-grid load management through artificial neural networks. *Journal of Energy Storage.* 2018, Vol 17, P. 287–298.

Santrauka

Šiame straipsnyje aprašomas saulės elektrinės mikro-inverterio tyrimas. Tyrimo metu nustatytas mikro-inverterio konversijos naudingumo koeficientas buvo 0,823. Taip pat išmatuotos įėjimo į mikro-inverterį ir išėjimo iš mikro-inverterio į elektros tinklą, įtampos, srovės, galios. Didžiausia tyrimo metu pasiekta atiduodama į tinklą galia 449,6 W ir didžiausia išėjimo srovė 1,955 A. Nustatytas praktinis mikro-inverterio įsijungimo laikas siekia 182 sekundes. Ištirtas maksimalios galios taško sekiklio darbo režimas. Rezultatai rodo, kad veikiant maksimalios galios taško sekikliui, įėjimo įtampa ir srovė sinchronizuojasi tolygiai. Nustatytas sinchronizacijos iki mikro-inverterio stabilaus darbo laikas – 180 sekundžių.

INVESTIGATION OF SOLAR PLANT WITH MICRO-INVERTER

Summary

This article describes the research of the micro-inverter of a solar power plant. The micro-inverter conversion efficiency found during the study was 0.823. Also, the input to the micro-inverter and the output from the micro-inverter to the grid, voltages, currents were measured. The maximum power output to the grid during the study was 449.6 W and the maximum output current was 1.955 A. The determined start-up time of the micro-inverter is 182 seconds. The maximum power point tracker operation mode has been investigated. The results show that the input voltage and current are synchronized evenly when the maximum power point tracker is operating. The micro-inverter synchronous operation to stable operating state time was 182 seconds.

Valentinas Lekavičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas, el. paštas: lekaviciusv@gmail.com, tel. +370 689 65062

Kęstutis Venslauskas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr., el. paštas: Kęstutis.Venslauskas@vdu.lt, tel. +370 37 752219

TIKSLIOSIOS SĖJOS ŽEMĖLAPIŲ SUDARYMO METODIKA

Laurynas Spogis, Dainius Steponavičius

Įvadas

Mokslininkų atlikti tyrimai įrodo, kad tikslusis ūkininkavimas pasiteisina ir svarbiausia yra pelningas. Taikant tiksliojo ūkininkavimo technologiją, atskiros lauko zonos (angl. *management zone*) yra tręšiamos, kalkinamos ar sėjamos kintama trąšų, kalkių ar sėklų norma (Bullock ir kt., 1998). Vienas iš svarbiausių uždavinių, sėkmingam tiksliojo ūkininkavimo technologijos taikymui, yra tinkamas lauko suskirstymas į zonas ir joms optimalios trąšų, kalkių ar sėklų normos priskyrimas (Shanahan ir kt., 2004). Pastaraisiais metais ypač sparčiai tobulinama tiksliosios sėjos technologija (Jeschke ir kt., 2015). Kintamos sėjos normos technologijos perspektyvumą jau 1998 m. pagrindė Bullock ir kt. (1998). Sudarant tiksliosios sėjos žemėlapius, atskirų lauko zonų suskirstymui, dažniausiai taikomi šie metodai: naudojantis kelerių pastarųjų metų derlingumo žemėlapiais ir įvertinant ūkininko žinias apie lauką (Hörbe ir kt., 2013). Mokslininkai teigia, kad šiuolaikinėms kintamos sėjos normos sėjamosioms sudaromi sėjos algoritmai galėtų būti grindžiami ne tik praėjusiais keleriais metais augintų augalų derliumi, bet dirvožemio derlingumo potencialu bei lauko paviršiaus kalvotumu (Butzen ir kt., 2012). Dirvožemio produktyvumo potencialas priklauso nuo jo granulimetrinės sudėties (elektrinio laidumo) ir organinės medžiagos, kurių pagrindinės savybės yra sulaikyti dirvožemyje esantį vandenį ir maistines medžiagas (Lund, 2017). Todėl tikėtina, kad tiksliosios sėjos žemėlapių sudarymo metodiką galima patikslinti, ją papildžius dirvožemio savybių (organinių medžiagų ir elektrinio laidumo), nustatytų *Veris* MSP mašina, duomenimis.

Tyrimo tikslas. Naudojant mobilios dirvožemio tyrimų mašinos *Veris* MSP duomenis, parengti metodiką tiksliosios sėjos žemėlapių sudarymui.

Mokslinė hipotezė. Sudaryti dirvožemio organinių medžiagų pasiskirstymo ir elektrinio laidumo žemėlapiai (pagal *Veris* MSP mašinos tyrimų duomenis) gali būti naudojami dirvožemio produktyvumo ir kintamos sėjos normos žemėlapių sudarymui.

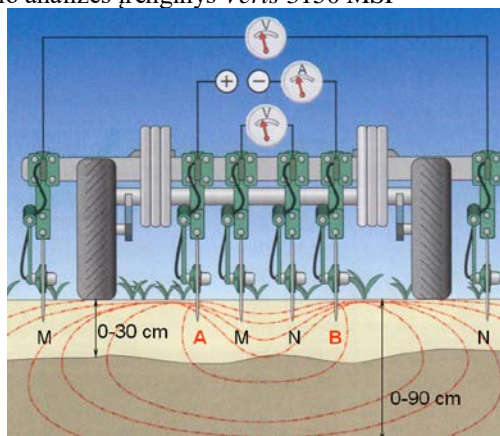
Tyrimų objektas ir metodika

Eksperimentiniai tyrimai atlikti 2018.04.21 Pasvalio rajone, Deglėnų kaime esančiame sėjai paruoštame lauke, kurio plotas 13,2 ha. Dirvožemio elektrinis laidumas nustatytas naudojant mobiliąją mašiną *Veris* 3150 MSP (JAV, *Veris Technologies* Ltd.) (1 pav.). Mašinoje įrengta navigacinė sistema, kuri fiksuoja mašinos buvimo vietą. Matavimai atlikti sluoksnyje nuo dirvožemio paviršiaus iki 30 cm gylio. Dirvožemio elektrinis laidumas matuotas netiesiogiai, t. y. išmatuota dirvožemio savitoji varža ρ ($\Omega \cdot m$), kuri perskaičiuota į elektrinį laidumą EC (mS/m).

Taikant savitosios elektrinės varžos matavimo metodą, srovės elektrodais, esančiais dirvožemio paviršiuje, į dirvožemį leidžiama elektros srovė, o potencialų matavimo elektroduose, kurie išdėstomi netoli srovės elektrodų, matuojamas potencialų skirtumas. Mobilios mašinos veikimo schema pavaizduota (2 pav.) (Telford ir kt., 1990).



1 pav. Mobilus dirvožemio analizės įrenginys Veris 3150 MSP



2 pav. Jutiklio veikimo schema: *A* ir *B* – galvaninės ar nuolatinės srovės elektrodai, *M* ir *N* – įtampos matavimo elektrodai, *I* – srovė, *U* – įtampa

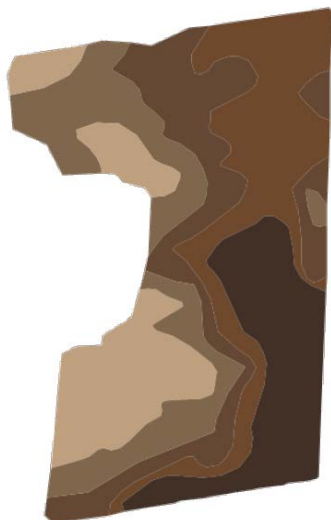
Ta pačia mašina *Veris* ir tuo pačiu važiavimu nustatytos ir dirvožemyje esančios organinės medžiagos. Jos taip pat buvo nustatomos netiesiogiai, t. y. mašinos noragėlyje įmontuotas optinis jutiklis matavo 5 cm gylyje dirvožemio atspindžio ir absorbcijos charakteristikas. Matavimo reikšmės kartu su GPS koordinatėmis buvo perduodamos į mašinos kompiuterį, kuriame sugeneruojama lauko tyrimo duomenų laikmena. Baigus lauko analizę, duomenys įkeliami į *Veris* „*FieldFusion*“ internetinę platformą [www.veristech.com]. Joje sugeneruojamas preliminarus dirvožemio organinių medžiagų žemėlapis. Vadovaujantis *Veris Technologies* rekomendacijomis, iš tyrimų lauko vietų, kuriose organinių medžiagų nustatyta daugiausiai ir mažiausiai, buvo paimta po du dirvožemio ėminius. Tikslus organinių medžiagų

nustatymas šiuose ėminiuose buvo atliktas LAMMC agrocheminių tyrimų laboratorijoje (deginimo 450 °C temperatūroje būdu). Gautas tyrimų skaitinės reikšmės (4,39 %, 3,09 %, 4,47 % ir 4,46 %) buvo įvestos į Veris „FieldFusion“ internetinę platformą. Šios reikšmės panaudotos dirvožemio organinių medžiagų matavimo reikšmių patikslinimui (kalibravimui). Įvertinus įkeltas reikšmes, platforma sugeneravo galutinį tirtu lauko organinių medžiagų žemėlapi.

Dirvožemio produktyvumo ir kintamos sėjos normos žemėlapiai sudaryti naudojant kompiuterinę programą „SMS Advanced“ JAV, AgLeader Ltd.).

Rezultatai






Atlikus eksperimentinius tyrimus, gautas dirvožemio organinės medžiagos žemėlapis (3 pav.). Šiame žemėlapyje pateiktos skaitinės reikšmės yra jau patikslintos.



3 pav. Dirvožemio organinių medžiagų dalies (%) žemėlapis

Nustatyta jog organinės medžiagos tyrimų lauke svyruoja nuo 2,87 % iki 7,14 % (1 lentelė). Padalinus lauką į 5 dalis, pagal organinių medžiagų dalį dirvožemyje, pastebėta, kad jos yra panašaus ploto.

1 lentelė. Organinių medžiagų pasiskirstymas lauko dirvožemyje

	Organinių medžiagų dalies ribos, %	Organinių medžiagų dalies vidurkis, %	Plotas, ha	Ploto dalis, %
	2,87–5,13	4,00	2,51	18,75
	5,13–5,58	5,36	2,71	20,24
	5,58–5,99	5,79	2,71	20,24
	5,99–6,31	6,15	2,99	22,33
	6,31–7,14	6,73	2,47	18,45
Bendras plotas, ha			13,39	






Nustatant organinių medžiagų kiekį dirvoje, mobilią dirvožemio tyrimų mašiną tuo pačiu metu matuotas ir jo elektrinis laidumas. Sudarytas elektrinio laidumo žemėlapis pavaizduotas 4 paveiksle.



4 pav. Dirvožemio elektrinio laidumo žemėlapis

Elektrinio laidumo reikšmė dirvožemyje kito nuo $7,92 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ iki $16,46 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ (2 lentelė). Elektrinio laidumo skaitinės reikšmės atskirose lauko zonose pateiktos 2 lentelėje.

2 lentelė. Elektrinio laidumo reikšmių pasiskirstymas

	Elektrinis laidumas, $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$	Elektrinio laidumo vidurkis, $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$	Plotas, ha	Ploto dalis, %
	7,92–10,97	9,45	2,67	19,94
	10,97–12,07	11,52	2,67	19,94
	12,07–12,59	12,33	2,55	19,04
	12,59–13,15	12,87	2,79	20,84
	13,15–16,46	14,81	2,71	20,24
Bendras plotas, ha			13,39	

Šio tyrimo idėja yra pasiūlyti tiksliosios sėjos žemėlapių sudarymo metodikos papildymą, įvertinant dirvožemio elektrinį laidumą (granulimetrinę sudėtį) ir organinių medžiagų dalį jame. Mokslininkai teigia, kad kintamos sėjos normos technologija yra perspektyvi sėjant kukurūzus tik tuose laukuose, kuriuose dirvožemio savybių skirtumai yra ženklūs (Jeschke ir kt., 2015). Iš šio darbo tyrimams pasirinkto lauko (13,6 ha) buvo paimta 50 ėminių dirvožemio savybių skirtumams nustatyti. LAMMC laboratorijoje atlikus tyrimus nustatyta, kad dirvožemio elektrinio laidumo didžiausia reikšmė buvo $27,8 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$, mažiausia – $7,41 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$, variacijos koeficientas – 24,73 %, organinių medžiagų didžiausia reikšmė buvo 6,42 %, mažiausia – 2,96 %, variacijos koeficientas – 20,23 %.






Yra žinoma, kad didesnio elektrinio laidumo dirvožemių granulimetrinė sudėtis yra smulkesnė, t. y. juose vyrauja molio dalelės. Tokie dirvožemiai paprastai yra ir produktyvesni (Corwin ir kt., 2003). Vienas iš pagrindinių dirvožemio ko-

kybės rodiklių, apibūdinančių jo derlingumą, yra organinės medžiagos, o tuo pačiu ir humuso bei anglies kiekis jose (Steward ir kt., 2007). Dirvožemio organinės medžiagos įtakoja vandens infiltracijos greitį, t. y. vandens ir maistinių medžiagų išlaikymo gebą. Nustatyta, kad 1 % organinės medžiagos dirvožemyje hektare su-
laiko apie 234 litrus vandens (Lund ir kt., 2017).

Turint dirvožemio organinių medžiagų ir elektrinio laidumo žemėlapius ir jų skaitines reikšmes galima sudaryti dirvožemio produktyvumo žemėlapi. Tam galima pasirinkti 5 zonas: nominalią zoną arba *vidutinio produktyvumo potencialo* (jos elektrinio laidumo ir organinių medžiagų skaitinės reikšmės yra artimos viso lauko vidurkiams), *didžiausio produktyvumo potencialo* (elektrinio laidumo ir organinių medžiagų skaitinės reikšmės yra apie 20 % didesnės negu viso lauko vidurkiai), *didelio produktyvumo potencialo* (elektrinio laidumo skaitinės reikšmės yra apie 20 % didesnės negu viso lauko vidurkis, o organinių medžiagų – apie 20 % mažesnės), *mažesnio produktyvumo potencialo* (organinių medžiagų skaitinės reikšmės yra apie 20 % didesnės negu viso lauko vidurkis, o elektrinio laidumo – apie 20 % mažesnės) ir *mažiausio produktyvumo potencialo* (elektrinio laidumo ir organinių medžiagų skaitinės reikšmės yra apie 20 % mažesnės negu viso lauko vidurkiai) (3 lentelė).

Įvertinus atliktų mokslinių tyrimų rezultatus, kuriuose teigiama, jog produktyviausiuose dirvožemiuose galima gauti maksimalų derlių (Woli ir kt., 2014), šiame tyrime suskirstytoms lauko zonoms galima priskirti kintamą sėjos normą. Pavyzdžiui, remiantis Jeschke ir kt. (2015) rekomendacijomis, kukurūzų sėjos norma tyrimų lauke galėtų būti keičiama nuo 76500 sėklų hektare (*mažiausio produktyvumo potencialo lauko zonoje*) iki 96300 (*didžiausio produktyvumo potencialo lauko zonoje*). Atskiroms lauko zonoms priskyrimas sėjos normas, galima sudaryti tiksliosios sėjos žemėlapi (5 pav.). Be to, sudarant tiksliosios sėjos žemėlapi reiktų įvertinti ir ke-
lerių pastarųjų metų atskirų lauko zonų derlių bei ūkininko žinias apie lauką.

3 lentelė. Tiksliosios sėjos žemėlapio duomenys

Dirvožemio zonos charakteristikos		Organinių medžiagų, %	Elektrinis laidumas (sekus) EC, mS·m ⁻¹	Visame lauke organinių medžiagų vidurkis, %	Viso lauko EC vidurkis, mS·m ⁻¹	Plotas ha	Plotas %
	Mažiausio produktyvumo potencialo	3,8 ±1,1	9,8 ±1,5	5,7	12,2	4,78	35,83
	Mažesnio produktyvumo potencialo	7,2±0,1	10,5 ±1,1			0,48	3,60
	Didelio produktyvumo potencialo	4,2 ±1,1	14,1 ±1,3			0,81	6,07
	Didžiausio produktyvumo potencialo	7,2 ±0,1	14,5 ±1,4			3,11	23,31
	Vidutinio produktyvumo potencialo	6,2 ±1,1	12,4 ±1,6			4,16	31,18
Bendras plotas, ha						13,34	



5 pav. Tiksliosios sėjos žemėlapis

Išvados

1. Panaudojant dirvožemio elektrinio laidumo ir organinių medžiagų duomenis, galima sudaryti dirvožemio produktyvumo ar tiksliosios sėjos žemėlapius.
2. Pasiūlytos tiksliosios sėjos žemėlapių sudarymo metodikos teisingumas turėtų būti patikrintas atlikus eksperimentinius kukurūzų sėjos ir derliaus nuėmimo tyrimus.

Literatūra

13. Butzen, S., Gunzenhauser, B., Shanahan, J. 2012. Putting variable-rate seeding to work on your farm. *Johnston: DuPont Pioneer*.
14. Corwin, D. L., Lesch, S. M., Shouse, P. J., Soppe, R., Ayars, J. E. 2003. Identifying soil properties that influence cotton yield using soil sampling directed by apparent soil electrical conductivity. *Agronomy Journal*. Vol.95 (2): 352–364.
15. Lund, E. 2017. Veris Technologies, *Using On-the-Go Soil Sensing to Precisely Map Key Soil Properties*.
16. Hörbe, T. D. A., Amado, T. J. C., Ferreira, A. D. O., Alba, P. J. 2013. Optimization of corn plant population according to management zones in Southern Brazil. *Precision Agriculture*, 14(4): 450–465.
17. Jeschke, M., Carter, P., Bax, P., Schon, R. 2015. Putting variable-rate seeding to work on your farm. *Crop Insights*, 25: 1–4.
18. Shanahan, J. F., Doerge, T. A., Johnson, J. J., Vigil, M. F. 2004. Feasibility of site-specific management of corn hybrids and plant densities in the great plains. *Precision Agriculture*, 5(3): 207–225.
19. Steward C. E., Paustian K., Conant R. T. 2007. Soil carbon saturation: concept, e-vidence, evaluation. *Biogeochemistry*, 86: 19–31.
20. Telford W. M., Gledart L. P., Sheriff R. E. 1990. *Applied Geophysics*. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
21. Tripolskaja, L., Marcinkonis, S. 2005. Kalkintų dirvožemių rūgštumo ir cheminiųsavybių pokyčių dėsningumai Rytų Lietuvos sąlygomis. *Žemės ūkio mokslai*, 4: 18–26.
22. Woli, K. P., Burras, C. L., Abendroth, L. J., Elmore, R. W. 2014. Optimizing corn seeding rates using a field's corn suitability rating. *Agronomy Journal*, 106(4): 1523–1532.

Santrauka

Taikant tiksliojo ūkininkavimo sistemą atliekami dirvožemio, augalų būklės ir derlingumo matavimai. Naudojantis gautais duomenimis, darbo metu, koreguojami sėjamosios technologiniai parametrai. Tokiu būdu optimizuojamas įterpiamų sėklų kiekis, didinamas derliaus potencialas ir gerinama augalų kokybė.

Eksperimentiniai dirvožemio tyrimai atlikti mobiliu *Veris MSP 3150* įrenginiu, o gauti duomenys apdoroti naudojant *Veris „FieldFusion“* internetinę platformą. Įvertinus sudarytų, dirvožemio organinių medžiagų ir elektrinio laidumo žemėlapiuose gautus duomenis, naudojant kompiuterinę programą „SMS Advanced“ JAV (AgLeader Ltd.), buvo sudarytas lauko dirvožemio derlingumo potencialo žemėlapis, kuriame išskirtos penkios zonos. Jų skirtingumą lemia dirvožemio savybių (elektrinio laidumo ir organinių medžiagų kiekio) skirtumai. Lauko zonoje, kuriose šių savybių reikšmės didesnės nei viso lauko vidurkių reikšmės, dirvožemio derlingumo potencialas yra didžiausias, o zonoje, kuriose reikšmės mažesnės, nei viso lauko vidurkiai – *mažiausias*. Remiantis mokslininkų atliktais tyrimais, suskirsčius lauką į produktyvumo zonas, kukurūzų sėjos norma tyrimų lauke galėtų būti keičiama nuo 76500 sėklų hektare (mažiausio produktyvumo potencialo lauko zonoje) iki 96300 (didžiausio produktyvumo potencialo lauko zonoje).

METHODOLOGY FOR PREPARING VARIABLE SEED RATE MAPS

Summary

The precision farming system uses soil, plant status, and fertility measurements. Using the data obtained during the work, the technological parameters of the drill are adjusted. In this way, the amount of seed to be inserted is optimized, yield potential is increased and plant quality is improved.

Experimental soil studies were performed on a mobile *Veris MSP 3150*, and the data were processed using the *Veris FieldFusion* web platform. After evaluating the data obtained from the maps of soil organic matter and electrical conductivity, a map of *Precision Seed* (soil fertility potential) was compiled using the computer program *SMS Advanced* (AgLeader Ltd.). There was singled out five different zones of soil. In the areas where the values of these properties (electrical conductivity and organic matter content) are higher than the mean value of the total field, the soil fertility potential is highest, and where the values are lower than the total field - the lowest. According to research conducted by scientists, the field seeding rate for maize could be changed from 76500 seeds per hectare (the lowest productivity potential areas) to 96300 seeds per hectare (maximum productivity in the field).

Laurynas Spogis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 628 53365, el. paštas: spogislaurynas@gmail.com

Dainius Steponavičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, prof. dr., tel. +370 674 27721, el. paštas: Dainius.Steponavicius@vdu.lt

AUTOMOBILIO STABDYMO KELIO TYRIMAS ESANT SLIDŽIAI DANGAI SU SKIRTINGO TIPO ŽIEMINĖMIS PADANGOMIS

Rimvydas Krocas, Gediminas Pupinis

Įvadas

XXI amžiaus pradžioje žmonija gilinasi į ekologijos, saugumo ir autonominio vairavimo klausimus. Automobiliai yra tobulinami, bei kuriamos naujos technologijos siekiant palengvinti vairavimo sąlygas. Tačiau išlieka vairuotojo–automobilio–kelio sistemos grandžių išsiderinimo rizika. Automobilui stabdant atsiradęs jėgų ir momentų poveikis dėl padangų stovio/tipo gali pakeisti jo judėjimo kryptį ir greitį prieš vairuotojo valią, automobilis gali pradėti slysti, nors vairuotojas ir stengsis to išvengti.

Pastaraisiais metais didžiąją žiemos dalį keliai būna padengti skysta mase dėl pastovaus kelių barstymo. Pagal Lietuvos įstatymus, nuo Lapkričio 1 iki Balandžio 1 automobiliai privalo turėti užmontuotas žieminės arba universalias padangas.

Šiame darbe analizuojamos automobilio dinaminės stabdymo charakteristikos esant slidžiai dangai naudojant žieminės ir demisezonines padangas.

Tyrimų tikslas. Nustatyti skirtingo padangų ir greičio įtaką stabdymo keliui esant slidžiai kelio dangai.

Tyrimų uždaviniai: atlikti automobilio stabdymo tyrimų literatūros analizę, iširti automobilio slydimo dinamiką ir stabdymo kelią. Išanalizuoti gautus rezultatus ir pateikti išvadas.

Literatūros analizė

Techniniu požiūriu vienas iš labiausiai naudojamų transporto priemonės valdymo būdų vengiant pavojingos arba avarinės situacijos yra stabdymas. Stabdymo metu svarbus automobilio lėtėjimo pagreitis, kurio reikšmė priklauso nuo kelio dangos, jos lygumo ir būklės. Analizuojant automobilio dinamikos uždavinius, vienas sudėtingiausių uždavinių yra padangos ir kelio sąveikos analizė [1]. Automobilio stabdymo režimas yra neatsiejama važiavimo ciklo dalis. Vengiant susidariusios pavojingos arba avarinės situacijos vienas iš automobilio valdymo būdų yra stabdymas. Stabdymo efektyvumas tiesiogiai priklauso nuo važiavimo greičio, tačiau net ir esant tam pačiam greičiui, bet skirtingoms kelio sąlygoms, stabdymo charakteristikos gali labai skirtis. Daugelis mokslininkų tyrė automobilio stabdymo kelią įvairiais aspektais, vertindami automobilio greitį, kelio dangą, stabdymą su ABS bei be jos [2, 3, 4, 5, 6], tyrė kaip padangos tipas ir kokybė daro įtaką stabdymui, aiškinosi koks yra ir kokią įtaką turi padangos kontaktas su keliu

skirtingais greičiais arba lygino kaip keičiasi lėtėjimo pagreitis ir jėga esant skirtingiems kelio dangos sukibimo koeficientams [7].

Apibendrinus įvairių autorių stabdymo tyrimų rezultatus galima teigti, jog buvo atlikta įvairių tyrimų transporto priemonių stabdymo kelio ilgiui nustatyti ir stabdymo kelio ilgis gali būti nustatytas įvairiais metodais, tyrinėjant padangos dinamiką, plotą, naudojant tyrius ar matematinius modelius. Tyrimams naudojama teorinė kelio trinties koeficiento charakteristika, kuri gali skirtis nuo realios.

Šio tyrimo sprendžiama problema siekiant patikrinti stabdymo efektyvumą esant kontroliuojamam dangos trinties koeficientui (naudojant dinaminę slydimo trasą), tikrinant automobilio pagreičių skirtumus esant skirtingam greičiui bei padangų tipui.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimo objektas. Tyrimo objektu buvo pasirinktas KIA CEED automobilis su varomuoju priekiniu tiltu. Tiriamosios dviejų tipų padangos – žieminės (W tipo) ir demisezonines padidinto pravažumo (M+S tipo) padangos. Padangų dydis 225/45 R17 kur 225 padangos plotis, matuojamas milimetrais nuo vienos iki kitos sienelės, 45 – padangos aukščio ir pločio santykis (45 %) R– radialinės padangos o 17 rato skersmuo coliais. Automobilis testuojamas naudojant asfaltuotą dinaminę zoną su nuolatine slydimo trasa. Slidi danga – vientisas paviršius, pagamintas dervos pagrindu. Tai dinaminė plokštė, kurią galima naudoti lengviesiems, krovininiams automobiliams ir autobusams tikrinti. Ant dangos pastoviai purškiamas vanduo siekiant sukurti stabilų trinties koeficientą. Tyrimo metu dangos trinties koeficientas buvo 0,2.

Automobilio stabdymo dinamika tiriama esant 40 km/h ir 50 km/h greičiams.

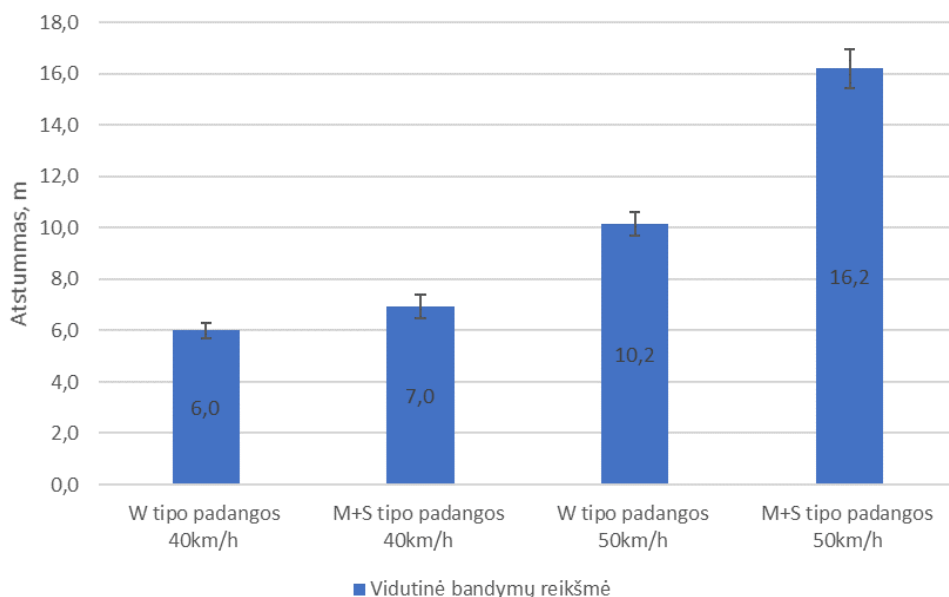
Testo metu naudojama įranga „AccDrive 211“ (1 pav.) skirta automobilio tiesiniam ir šoniniam pagreičiams matuoti. Įrangoje įmontuoti akcelerometrai bandymo metu fiksuoja tiesinio bei šoninio pagreičių duomenis. Duomenys išsaugomi į atminties kortelę saugojimui bei tolimesniam panaudojimui. Naudojant programinę įrangą išvedami tiesinio bei šoninio pagreičių grafikai bei užfiksuotos reikšmės. Svarbiausi įrenginio parametrai patekti 1 lentelėje.

1 lentelė. „AccDrive 211“ parametrai

Parametras	Reikšmė
Dydis	105x65x20mm
Pagreičio matavimo ribos	$\pm 2 \text{ g}$ ($\sim \pm 20 \text{ m/s}^2$)
Pagreičio matavimo tikslumas (esant 25 °C)	0,4 m/s ²
Masė	<100 g
Naudojimo temperatūra	-30 °C – 70 °C

Tyrimo rezultatai

Tyrimo metu matuojamos automobilio dinaminės charakteristikos bei stabdymo atstumas. Stabdymo atstumas yra panašus esant 40 km/h greičiui, slydimo atstumas skiriasi apie 20 %. Tačiau esant 50 km/h greičiui slydimo atstumas gali skirtis nuo 40 iki 90 %. Rezultatai pateikti 1 pav.

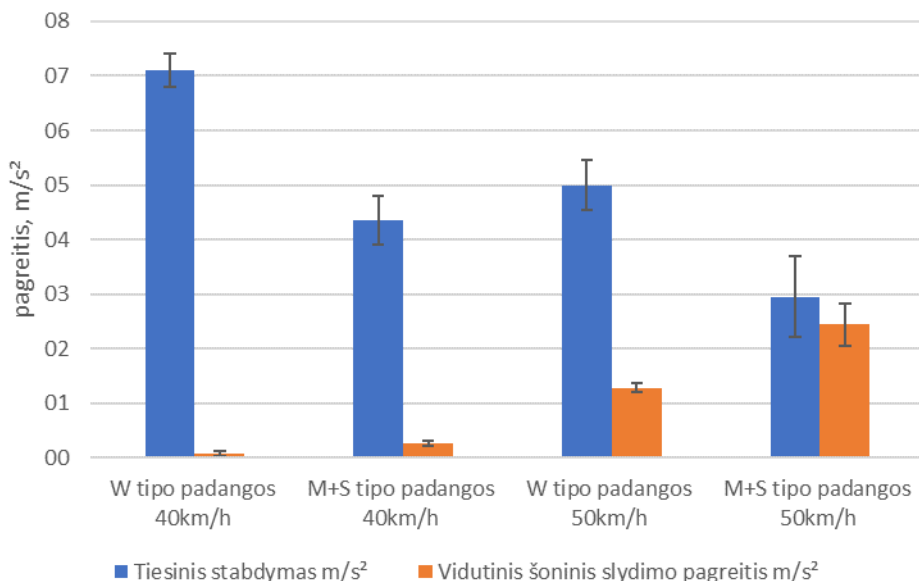


1 pav. Stabdymo kelio charakteristikos naudojant skirtingas padangas

Bandymo metu (2 lentelė M+S tipo padangos 50 km/h) važiuojant M+S tipo padangomis stebimas slydimas fiksuojamas matavimo priemone ir „AccDrive 211“ įrangos duomenyse. Rezultatai pateikti 2 pav.

2 lentelė. Vidutiniai tyrimo rezultatai

Padangos	Greitis km/h	Vidutinis stabdymo laikas ms	Vidutinis tiesinio stabdymo pagreitis m/s^2	Paklaida +/-	Vidutinis šoninis slydimo pagreitis m/s^2	Paklaida +/-
W tipo	40	1625	7,1	0,3	0,08	0,04
W tipo	50	2780	5,0	0,45	1,29	0,09
M+S tipo	40	2546	4,4	0,45	0,27	0,05
M+S tipo	50	4906	3,0	0,74	2,44	0,38



2 pav. Tiesinio stabdymo ir slydimo pagreičio rezultatai

Jo metu šoninis pagreitis dvigubai nukrypo nuo kitų panašiu greičiu atliktų bandymų metu stebėtu šoninio slydimo pagreičiu.

Išvados

1. Apibendrinus įvairių autorių stabdymo tyrimų rezultatus galima teigti, jog buvo atlikta įvairių tyrimų transporto priemonių stabdymo kelio ilgiui nustatyti ir stabdymo kelio ilgis gali būti nustatytas įvairiais metodais.
2. Šio tyrimo tikslas buvo stabdymo kelio ir dinaminių savybių tyrimas esant kontroliuojamam aiškiam trinties koeficientui, naudojant KIA CEED automobilį naudojant skirtingo tipo padangas ir matuojant stabdymo atstumą esant skirtingiems greičiams.
3. Tyrimo metu patvirtinta, kad W tipo padangos yra efektyvesnės stabdymo metu esant slidžiai kelio dangai. Stabdymo kelias ir laikas lyginant žieminės ir M+S tipo padangas skiriasi apie 2 kartus.
4. Esant 50 km/h greičiui akcelerometras fiksavo pavojingus šoninius slydimus, ypačiai esant M+S tipo padangoms. Šoninio slydimo pagreitis pasikeitus pradiniam iš 40 km/h į 50 km/h pakito 10 kartų.

Literatūra

1. Levulytė L. 2014. Automobilio padangos ir kelio dangos sąveikos įtaka automobilio lėtėjimo parametrams. *Transporto inžinerija ir vadyba*, p. 118-123
2. Sokolovskij E. 2007. Automobile braking and traction characteristics on the different road surfaces. *Transport 22(4)*, p. 275–278.

3. Bogdevičius M., Prentkovskis O. 1999. Transporto priemonės sąveika su kelio dangos paviršiumi. Tarptautinės konferencijos TRANSBALTICA-99 mokslinių pranešimų rinkinys. Vilnius: Technika, p. 209–214.
4. Ma F., Zheng T., Wang L. 2011. Research on road identification method in Anti-lock Braking System. *Procedia Engineering* 15, p. 194–198.
5. Buteliauskas S. 2008. Automobilių sandara ir priežiūra: Mokomoji knyga. Vilnius: Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija.
6. Choa J. R., Choa J. H., Yoo W. S., Kimb G. J., Woob J. S. 2006. Estimation of dry road braking distance considering frictional energy of patterned tires. *Finite Elements in Analysis and Design* 42, p. 1248–1257.
7. Du H., Li B., Li W. 2014. Comparative study of vehicle tyre-road friction coefficient estimation with a novel cost-effective method. *Vehicle System Dynamics: international journal of vehicle mechanics and mobility*, vol. 52, (8), p. 1066–1098.

Santrauka

Greitas ir efektyvus automobilio stabdymas yra viena iš esminių saugumo kelyje krypčių. Transporto priemonės stabdymas turi užtikrinti. Šiame straipsnyje analizuojamas tyrimas matuojant stabdymo laiką, kelią ir dinamines stabdymo charakteristikas naudojant skirtingo tipo padangas ir skirtingą automobilio greitį. Bandymas atliekamas kontroliuojamo trinties koeficiento kelyje su specialia dinamine plokšte. Testas parodė kad stabdymo priklausomybe nuo padangų tipo yra labai reikšminga – stabdymo kelias ir laikas išauga beveik 2 kartus. Tas pats pastebima su dinaminėmis charakteristikomis – šoninis slydimas išauga keletą kartų naudojant M+S tipo padangas, taigi vieno testo metu su šiomis padangomis automobilis pradėjo pavojingai slysti.

Raktažodžiai: *automobilis, stabdymas, stabdymo atstumas, žieminės padangos, greitis, saugumas kelyje.*

RESEARCH OF THE BRAKING DISTANCE ON SLIPPERY ROAD WITH VEHICLE USING DIFFERENT TYPE WINTER WHEEL TIRES

Summary

Fast and efficient car braking is one of the key aspects in road safety, where automobile braking must ensure fast stopping at the appearing of the obstacle. In the paper was analysed what determines the braking time and dynamic characteristics of braking depending on different type of tires and different speed. Test performed on controlled friction coefficient road – special dynamic plate road. Test shown that braking time depends on type of tires significant – braking time and distance increased approx. 2 times. Same with dynamic characteristics-side sliding increased significantly with M+S type tires and during one test even went to dangerous side sliding.

Keywords: *car, braking, braking distance, winter tires, road safety, speed.*

Rimvydas Krocas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; el. paštas: r.krocas@gmail.com; tel. +370 656 17119.

Gediminas Pupinis – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, doc. dr.; el. paštas: gediminas.pupinis@vdu.lt; tel. +370 612 04014

PREKYBOS BIOSKAIDŽIŲ ATLIEKŲ, PERDIRBAMŲ Į BIODUJAS, ENERGETINIS POTENCIALAS

Alvydas Šveikauskas, Kęstutis Navickas, Kęstutis Venslauskas

Įvadas

Bioskaidžios prekybos atliekos priklauso maisto gaminimo ir maisto produktų atliekų kategorijai, o jų tvarkymas ir perdirbimas yra reglamentuojamas įvairiais ES ir nacionaliniais teisės aktais [1, 2]. Prekybos bioskaidžių atliekų sudėtis ir kiekiai priklauso nuo pirkėjų poreikių bei prekybininkų planavimo įsigyjant atitinkamų prekių kiekius. Būna atvejų, kai į prekybos tinklus patenka netinkami vartojimui ar sugedę maisto produktai.

Europos Sąjungos šalyse dažniausiai maisto atliekos yra perdirbamos į biodujas arba kompostą, rečiau naudojama pašarų gamybai [3]. Biodujų gamyba yra laikoma efektyvesniu maisto atliekų perdirbimo būdu, nes ši technologija mažiau teršia aplinkos orą, o jos produktai naudojami energijos gamybai ir laukams tręšti [3]. Be to prekybos bioskaidžių atliekų įvairovė užtikrina stabilesnę bioreaktoriaus darbą ir didesnę išgaunamų biodujų kiekį, didesnis biodujų kiekis ir didesnis metano potencialas. Bioskaidžių atliekų naudojimas biodujų gamybai didina šalies energetinį ir ekonominį potencialą, mažina aplinkos taršą.

Tyrimų tikslas: iširti prekybos bioskaidžių atliekų, perdirbamų į biodujas, energetinį potencialą.

Tyrimo uždaviniai:

1. Iširti šalyje susidarančių bioskaidžių prekybos atliekų kiekį ir sudėtį;
2. Nustatyti biodujų išėigą iš augalinės ir gyvūninės kilmės prekybos atliekų;
3. Nustatyti prekybos bioskaidžių atliekų metinį energetinį potencialą.

Tyrimo objektas ir metodika

Eksperimentiniams tyrimams naudotos augalinės ir gyvūninės kilmės prekybos atliekos, kurios buvo susmulkintos buitiniu smulkintuvu iki 1–3 mm gabalėlių. Eksperimentiniai tyrimai buvo vykdomi Vytauto Didžiojo universiteto Biodujų laboratorijoje. Eksperimentams naudotas AMPTS II laboratorinis stendas [4], kurį sudarė 15 stiklinių 500 ml talpos bioreaktorių. Bioreaktoriai laikomi termostate, kuriame buvo palaikoma mezofilinė temperatūra (37 ± 1 °C). Reaktoriuose išsiskyriosios biodujos buvo surenkamos plastikiniuose maišuose ir vėliau išanalizuojama jų sudėtis. Tirta metano koncentracija Biogas 5000 biodujų analizatoriumi. Biodujų gamybos intensyvumas kiekviename reaktoriuje buvo registruojamas kompiuterio laikmenoje visą bandymo laikotarpį.

Metinis biodujų kiekis apskaičiuojamas pagal biodujų potencialą iš bioskaidžių atliekų ir metinį atliekų kiekį [5]:

$$B_{metinis} = b_M \cdot M_{met}, \quad (1)$$

čia: $B_{metinis}$ – metinis biodujų kiekis, m^3 ; b_M – biodujų potencialas, m^3/t ;
 M_{met} – metinis atliekų kiekis, t.

Pagal metinį biodujų kiekį apskaičiuojamas metinį energijos potencialas:

$$E_{metinis} = B_{metinis} \cdot e_b, \quad (2)$$

čia: $E_{metinis}$ – metinis energijos kiekis, MJ; $B_{metinis}$ – metinis biodujų kiekis, m^3 ;
 e_b – biodujų energetinė vertė, MJ/ m^3 .

Biodujų energetinė vertė apskaičiuojama pagal lygtį:

$$e_b = e_M \cdot C_m, \quad (3)$$

čia: e_b – biodujų energetinė vertė, MJ/ m^3 ; e_M – metano energetinė vertė, MJ/ m^3 ;
 C_m – metano koncentracija biodujose, %.

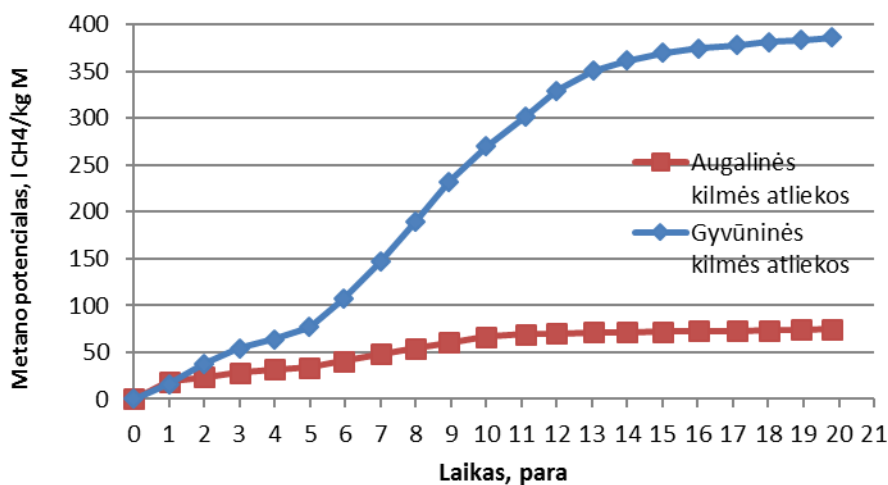
Rezultatai

Lietuvos maisto prekių tinklų parduotuvių skaičius, kurių plotas didesnis nei 400 m^2 siekia 700 vienetų. Šalies prekybos įmonėse susidarantys bioskaidžių atliekų kiekiai pastebimai didėja, nuo 9700 tonų 2015 metais iki 17000 tonų 2017 metais (1 lentelė). Augalinės kilmės (daržovių, vaisių ir pan.) atliekos dominuoja bioskaidžių atliekų sraute, nuo 86 % 2015 metais iki 73 % 2017 metais. Pastaraisiais metais gyvūninės kilmės (mėsa ir mėsos gaminiai) bioskaidžių atliekų kiekis didėjo nuo 1376 t (2015 m.) iki 4649 t (2017 m.). Atitinkamai augalinės kilmės atliekų kiekis kito nuo 8312 t iki 12408 t. Tokią prekybos bioskaidžių atliekų sudėties pasiskirstymą galėjo lemti besikeičiantys gyventojų mitybos įpročiai, jų perkamoji galia ir pan.

Eksperimentinių tyrimų metu nustatyta, kad anaerobiniu būdu perdirbant augalinės kilmės bioskaidžias prekybos atliekas, galima gauti 126,2 litrus biodujų iš 1 kilogramo atliekų su 73,0 % metano koncentracija. Perdirbant gyvūninės kilmės bioskaidžias prekybos atliekas, galima gauti 542,8 litrus biodujų iš 1 kilogramo atliekų su 75,7 % metano koncentracija. Nustatytas metano potencialas siekia 386,2 litrus metano dujų iš 1 kilogramo žaliavos perdirbant gyvūninės kilmės atliekas ir 74,6 litrus metano dujų iš 1 kilogramo medžiagos perdirbant augalinės kilmės atliekas (1 pav.).

1 lentelė. Gyvūninės ir augalinės kilmės bioskaidžių atliekų kiekiai

Atliekų pavadinimas	Atliekų kiekis, t		
	2015 m.	2016 m.	2017 m.
Gyvūninės kilmės maisto atliekos	1376	3455	4649
Augalinės kilmės maisto atliekos	8312	10516	12408
Iš viso	9688	13971	17057



1 pav. Komuliatyvioji metano dujų išeiga iš augalinės ir gyvūninės kilmės prekybos atliekų

Perdirbant 4649 tonas (pagal 2017 m. duomenis) gyvūninės kilmės maisto atliekų į biodujas, galima tikėtis apie 2,5 mln. m³ metinės biodujų gamybos. Jų energinė vertė siekia 19 mln. kWh. Perdirbant į biodujas 12,4 tūkst. tonų augalinės kilmės atliekų per metus galima išgauti apie 1,57 mln. m³ biodujų, kurių energinė vertė – 11,4 mln. kWh.

Išvados

- 1 Šalies prekybos įmonėse per metus susidaro apie 17 tūkst. tonų bioskaidžių atliekų. Iš jų apie 4,6 tūkst. tonų gyvūninės kilmės ir apie 12,4 tūkst. tonų augalinės kilmės.
- 2 Biodujų išeiga iš gyvūninės kilmės prekybos atliekų siekia 543 litrus iš 1 kg žaliavos. Gautų biodujų sudėtyje nustatyta 75,7 % metano koncentracija.
- 3 Iš 1 kg augalinės kilmės prekybos atliekų galima išgauti 126 litrus biodujų, kurių sudėtyje yra 73 % metano.
- 4 Metinis šalies prekybos atliekų, perdirbamų į biodujas, energinis potencialas siekia 30 mln. kWh.

Literatūra

1. Biological Treatment of Biowaste. European Commission, Directorate General Environment, Brussels, 2002, 22 p.
2. Biologiškai skaidžių atliekų kompostavimo, anaerobinio apdorojimo aplinkosauginiai reikalavimai. LR Aplinkos ministerija, 2016. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/33bd7680e9e711e59b76f36d7fa634f8?jfwid=p1ug7rw30>.
3. Dominic Hogg et al. Economic analysis of options for managing biodegradable municipal waste. Bristol, 2002, 202 p.
4. Automatic Methane Potential Test System. Operation and Maintenance Manual. Bioprocess Control, 2016, 95 p.
5. Comparetti, Antonio; Febo, Pierluigi; Greco, Carlo; Navickas, Kęstutis; Nekrošius, Arvydas; Orlando, Santo; Venslauskas, Kęstutis. Assessment of organic waste management methods through energy balance. *American Journal of Applied Sciences*. ISSN 1546-9239. 2014, vol. 11 (9), p. 1631–1644.

Santrauka

Šio tyrimo tikslas yra ištirti prekybos bioskaidžių atliekų, perdirbamų į biodujas, energetinį potencialą. Eksperimentas vykdytas VDU Biodujų laboratorijoje palaikant mezofilinę temperatūrą ($37\pm 1^\circ\text{C}$) ir naudojant AMPTS II standą. Iš 1 kilogramo gyvūninės kilmės atliekų išgauta 543 litrai biodujų su 75,7 % metano koncentracija, o iš augalinės kilmės atliekų – 126 litro biodujų, kurių sudėtyje buvo 73 % metano. Metinis šalies prekybos bioskaidžių prekybos atliekų, perdirbamų į biodujas, energinis potencialas siekia 30 GWh, iš jų – 19 GWh iš gyvūninės kilmės atliekų ir 11,4 GWh iš augalinės kilmės atliekų.

ENERGY POTENTIAL OF BIOGAS PRODUCTION FROM BIODEGRADABLE TRADE WASTE

Summary

The objective of this study is to examine possibilities of the biogas production from biodegradable trade waste. The experiments were performed at mesophilic conditions ($37\pm 1^\circ\text{C}$) at VDU Biogas laboratory using AMPTS II device. The biogas yield from 1 kg of animal origin raw material was 543 liters with methane concentration of 75,7% and 126 liters of biogas from vegetable waste with 73% of methane. The annual energy potential of biogas production from biodegradable trade waste reaches 30 GWh – 19 GWh from animal waste and 11,4 GWh from vegetable waste.

Alvydas Šveikauskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 616 50359, el. paštas: alvydaselvis80@gmail.com

Kęstutis Navickas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, prof. dr.; tel. +370 37 752219, el. p. Kestutis.Navickas@vdu.lt

Kęstutis Venslauskas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr., tel. +370 37 752219, Kestutis.Venslauskas@vdu.lt

JAVŲ KOMBAINO NUOŽULNIOSIOS KAMEROS GUOLIŲ TYRIMAS VIBRO ANALIZĖS METODU

Lukas Kirkus, Eglė Jotautienė

Išvadas

Kiekviena eksploatuojama mašina ar įrenginys skleidžia virpesių signalus sukeltus įvairių veiksnių: konstrukcijos netobulumo, rotorių nesubalansuotumo, trinties judančiuose grandyse, smūgių atsiradusių defektiniuose mazguose ir t.t. Dirbančių įrenginių virpesių signalai išmatuojami virpesių matavimo prietaisais, vėliau duomenys analizuojami ir tiriama atitinkamais metodais. Tokiu būdu nustatoma įrengimo ar mazgo techninė būklė.

Riedėjimo guolis yra vienas iš svarbiausių, plačiai naudojamų komponentų, įvairiuose mechanizmuose. Netikėti šio elemento gedimai gali sukelti didelius materialinius nuostolius, sustabdyti įrenginio darbą. Sulūžęs guolis dažnai išveda iš stabilios sukimosi ašies rotorių, tuomet gali prasidėti grandininė gedimų reakcija visame įrenginyje. Siekiant išvengti tokių avarių, labai svarbu nustatyti guolio defektus kuo ankstyvesnėje jų stadijoje. Būtent todėl guolių defektų diagnostikos metodai yra intensyviai tyrinėjami pastaraisiais metais. Dažniausiai javų kombainai genda nuimdami derlių laukuose. Derliaus nuėmimo metu meteorologinės sąlygos būna nepastovios, tad labai svarbu, kad kombainai dirbtų patikimai. Norint išvengti gedimų reikia iš anksto paruošti javų kombainą darbui. Tikrinti kiekvieną atskirą mazgą yra gan sudėtinga, nes norint patikrinti guolius reikia juos išardyti. Tyrimo naujumas, kad siekiant sumažinti laiko sąnaudas tikrinant javų kombaino guolių būklę buvo pasitelktas vibro analizės metodas, kurio pagalba diagnozuojama guolių techninė būklė.

Šio metodo veikimo principas toks: trinties jėga, sužadinanti aukšto dažnio atsitiktinius virpesius, yra stacionari tik nepasireiškus defektams. Nedefekčiuose guoliuose trintis mazguose vyrauja stacionari ir atsitiktinė aukšto dažnio vibracija. Jos galia pastovi laiko atžvilgiu. Pasireiškus guolių defektams, kurie iššaukia tepalo išspaudimą iš elementų kontaktų srities, keičiasi periodinės trinties jėgos ir pasireiškia smūgiai, sužadinantys aukšto dažnio virpesius. Šio tipo virpesiai taip pat gali pasireikšti jei yra naudojamas netinkamas tepalas (mažo klampumo) ir jo plėvelė lengvai praspaudžiama (Mažeika P., 2008, 29 p.).

Darbo tikslas – ištirti kombaino nuožulnios kameros guolių esamą techninę būklę neardant vientiso mazgo panaudojant vibro analizės metodą.

Darbo uždaviniai:

1. Parinkti ir pritaikyti javų kombaino nuožulnios kameros guolių būklės tyrimo metodiką.
2. Ištirti bei įvertinti javų kombaino nuožulniosios kameros riedėjimo guolių esamą būklę.
3. Išanalizuoti gautus rezultatus nustatyti vibro analizės metodo patikimumą prognozuojant guolių būklę.

Hipotezė – Javų kombaino nuožulniosios kameros guolius galima patikrinti neišardant vientiso mazgo, panaudojus vibroanalizės metodą.

Tyrimų objektas ir metodika

Kombaino nuožulnūs transporteris yra iš svarbesnių kombaino sudedamųjų dalių, kuris pjaunamosios sraigės tiekiamus javus nustumia kūlimo aparatui. Užtikrinti nuožulniojo transporterio sklandų darbą yra svarbu, nes jis ne tik, kad tiekia javus į kūlimo aparatą, bet patiria smūgius patekus akmenims į nuožulniąją kamerą. Dėl patekusių akmenų apgadinamas ar net visiškai sugadinamas nuožulnūs transporteris ir javų kombainas praranda darbingumą. Nuožulniojo transporterio priekyje, kur yra iš pjaunamosios tiekiami javai, guoliai ir slankiojantis velenas užtikrina tiekiamos masės prispaudimą ir tiekimą link kūlimo aparato. Norint pasiekti ir patikrinti nuožulniojo transporterio priekinius guolius reikia sugaišti daug laiko. Šių guolių neįmanoma patikrinti neišardžius viso nuožulniosios kameros priekio, neatjungus transporterio ir neišėmus veleno su būgnu. Dažniausiai pasitaikantys riedėjimo guolių gedimai yra, kai yra pažeidžia vidinio guolio žiedo paviršius, apgadinimas išorinis guolio žiedas ir (arba) riedėjimo elementai (Randall, 2001). Riedėjimo guoliai gali turėti abrazyvinį, erozinį arba nuovarginį dilimą (Barzdaitis ir kt. 2010; Barzdaitis ir kt., 2003). Šiai dienai labiausiai yra paplitę guolių diagnostikos metodai tai vibracinis, akustinis ir termovizinis techninės būklės nustatymas (Šnurovas, 2015).

Tyrimų objektu pasirinkta Jonh Deere firmos klavišinio kombaino nuožulniojo transporterio guoliai. Šios firmos kombainų nuožulniojo transporterio guoliai montuojami plačioje Jonh Deere kombainų gamoje.

Pagreičių gaubiančiosios metodas yra vienas iš tinkamiausių ir patikimiausių guolių pažeidimų tyrimų metodų. Guolio techninės būklės įvertinimas ir defektų diagnostika atliekama guolio harmonikų amplitudžių gaubiančiosios spektre santykių pagrindu. Gautas virpesių signalų spektras sukuriamas panaudojant tam tikrą virpesių signalą, kuris yra apibrėžtame laiko intervale. Todėl dažnių harmonikų amplitudės gaunamos ne tiksliais pagreičių reikšmėmis, o vienetais moduluoto signalo atžvilgiu.

Naudojama "Brüel & Kjør" įranga guolių virpesiams fiksuoti, kuri susideda iš PULSE programinės įrangos paketo, duomenų kaupiklio 3580 bei akselerometro 4370. Virpesių matavimas paprastai reikalauja kelių matavimo komponentų. Pagrindinis reikalingas elementas – keitiklis, mechaninį judesį paverčia elektriniu signalu, signalo stiprintuvas ir analizės sistema, kurioje yra modalinės analizės programa.

Aktyvus "Brüel & Kjør" akselerometrų elementas susideda iš pjezoelektrinių diskų arba atskirų dalių seisminės masės ir užfiksuojamos pozicijoje išdėstymas. Duomenų kaupiklis susideda iš anksto sukonfigūruotais paketais, kuriuose yra viskas, ko reikia matavimui pradėti: techninę įrangą, programinę įrangą ir palaikymą.

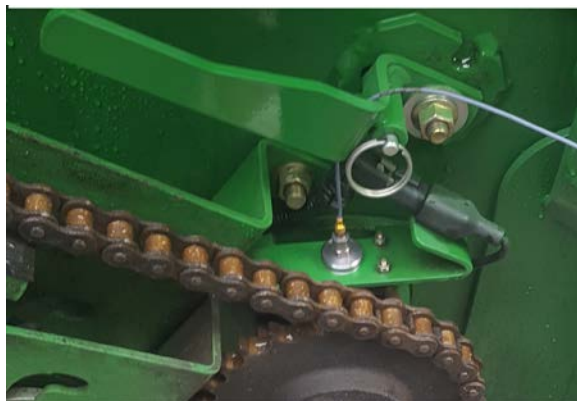
Guolių virpesių matavimui pasirinkta akselerometro montavimo vieta ant guoliavietės. Guolių virpesiai matuojami ašine kryptimi, kad nustatyti, išsamiausia informaciją apie guolio būklę. Atliekant tyrimą vibro analizės metodu tiriami guoliai yra neišardytame vientisame mazge.

Rezultatai

Tyrimai atlikti 2019 m. 06–07 mėn. Kauno rajone Sitkūnų kaime, „Dojus Agro“ įmonėje. Bandymas atliktas su kombainais Jonh Deere w540, w550 ir t660. Šie kombainai yra pradirbę skirtingą motovalandų skaičių w540 – 3590 m/h, w550 – 10 m/h (naujas kombainas), t660 – 1236 m/h. Visų šių kombainų tiriama guoliai yra tokios pačios markės. Bandymas atliktas naudojant Bruel&Kjaer įrangą (1 pav.).



1 pav. 1 – akselerometras 4370; 2 – duomenų kaupiklis 3580 Bruel&Kjaer įranga; 3 – kompiuteris su programine įranga (pulse)



2. pav. Akselerometro 4370 montavimo vieta

Atliekant eksperimentą buvo išmatuoti guolių virpesių pagreičių spektrai FFT – Sparčiosios furjė transformacijos spektrai (dažnių intervalas nuo 0–24000 Hz). Pjezoakselerometrinis virpesių pagreičio keitiklis buvo tvirtinamas prie veleno guoliavietės (2 pav.). Šis jutiklis turi magnetą, kurio pagalba yra nesunku jį pritvirtinti norimoje vietoje prie bet kokio metalinio paviršiaus.

Pagrindinis tikslas atliekant šį tyrimą yra nustatyti guolių būklę prieš jiems pasiekiant ribinę ribą ir jiems subyrant.

Atlikus matavimus guolio virpesių vertės pavaizduotos grafikais. Buvo apskaičiuoti teoriniai guolio virpesių dažniai, kai guolis buvo sukamas 400 aps/min.

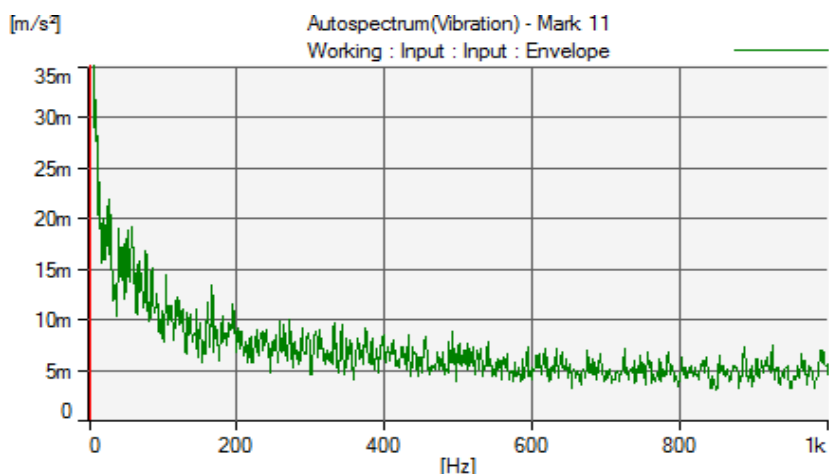
Apskaičiuoti teorinius virpesius buvo naudojami šie guolio parametrai: rutuliukų skaičius guolyje 12 – n; rutuliuko plotis 21,9 mm-BD; rutuliuku išdėstymas 79,5 mm-PD; kontakto kampas (10°) – β .

Tyrimo virpesių šaltinių identifikavimo metodika pagrįsta FFT (Sparčiosios Furjė transformacijos) spektrų analizės principais. Prieš bandymą atliekamas pjezoakslerometrino virpesių pagreičio keitiklio kalibravimas ir nustatomas dažnių diapazonas, kuriame fiksuojamas atsakas.

Apskaičiuojamas rutuliuko praėjimo per išorinio žiedo defekto dažnis (Mažeika, 2008): $f_{RPI} = 1416$ Hz.

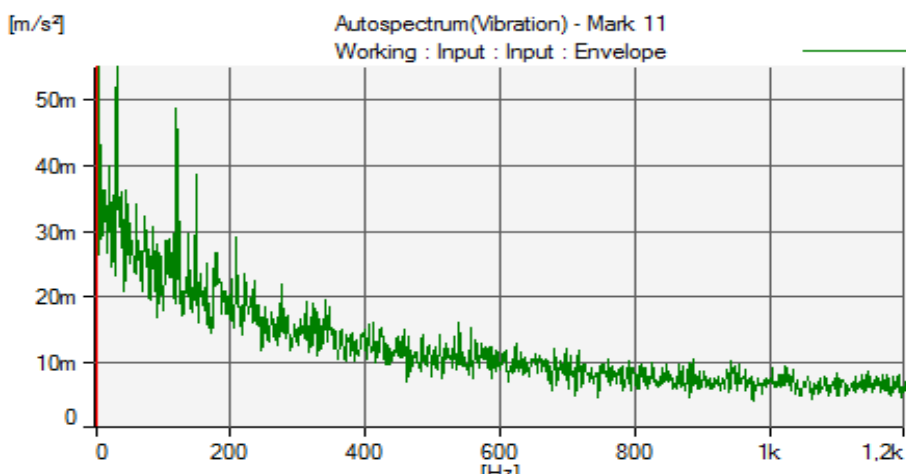
Rutuliuko praėjimo per vidinio žiedo defekto dažnis apskaičiuojamas: $f_{RPV} = 3384$ Hz.

Rutuliuko defekto dažnis apskaičiuojamas: $f_{RDD} = 236,16$ Hz.



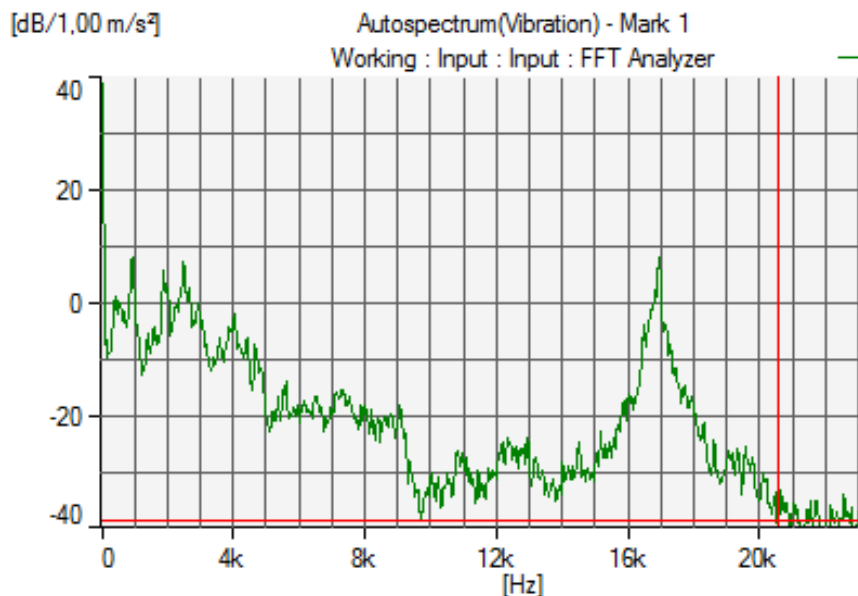
3 pav. Naujo kombaino w550 guolių autospekro grafikas

Paveiksle pateiktas guolių autospekro grafikas naujo kombaino w550. Galima pastebėti iš grafiko, kad iki 1000 Hz dažnyje apskaičiuotų defektavimo reikšmių nepastebima. Pagreičio amplitudė kinta tolygiai, tad galima teigti, kad guolis tinkamas naudoti.



4 pav. Javo kombaino t660, pradirbusio 1236 m/h, guolių autospekro grafikas

Paveiksle 4 pateiktas guolių autospektrų grafikas Javo kombaino t660 guolio tyrimas, kuris yra pradirbęs 1236 m/h. virpesių pagreičių spektras (FFT spektras) dažnių intervale 0-1200 Hz). Galima pastebėti iš grafiko, kad pagreičio amplitudė staigiai išauga 47 Hz, 120 Hz ir 150 Hz dažniuose. Kadangi tai nesutampa su mūsų apskaičiuotais defektiniais dažniais, tai gali būti pašalinių virpesių įtaka. Jei kyla abejonių dėl guolio tinkamumo naudoti, reikėtų pasitelkti kitą diagnostavimo metodą. Arba matuoti guolio darbinę temperatūrą.



5 pav. Javo kombaino w540 guolio tyrimas, kuris yra pradirbęs 3590 m/h. virpesių pagreičių spektras.

Paveiksle 6 pateiktas guolių autospektrų grafikas Javo kombaino w540 guolio tyrimas, kuris yra pradirbęs 3590 m/h. virpesių pagreičių spektras (FFT spektras) dažnių intervale 0–24000 Hz. Galima pastebėti iš grafiko, kad pagreičio amplitudė tolygiai nekinta. Pagreičio amplitudė staigiai išauga 1700 Hz dažnyje. Pagal apskaičiuotus defektinius dažnius galima teigti, kad šis guolis gali turėti išorinio žiedo defektą, vidinio žiedo defektą ir rutuliuko defektą. Rekomenduojama tokį guolį pakeisti nauju, siekiant išvengti kombaino nuožulniosios kameros darbingumo netekimo arba patikrinti papildomai kitu diagnostavimo metodu.

Išvados

1. Atlikus tyrimą nustatyta, kad taikant spektro analizės metodą galima defektuoti guolio būklę, neišardant mechanizmo mazgo. Gauti teoriniai guolio dažniai, kai kombainas dirbo pilnais apsisukimais sukasi 400 min^{-1} . Ryškūs defektai turėtų atsirasti padidėjus virpesių amplitudei, guolio rutuliukams praeinant pro išorinį guolio žiedą, kurių teorinis dažnis yra 1416 Hz, esant vidinio

žiedo defektui, kai teorinis dažnis 3384 Hz ir kai bus rutuliuko defektas, kai jo teorinis dažnis bus 236,16 Hz.

2. Eksperimentinio tyrimo atveju naujo kombaino ir kombaino išdirbusio 1236 m/h nuožulniojo transporterio guolių apskaičiuotų defektavimo verčių nepastebima iki 1000 Hz dažnyje. Pagreičio amplitudė kinta tolygiai ir guolis tinkamas naudoti. Apskaičiuoti defektiniai dažniai pasireiškė tiriamajame guolyje, kuris buvo pradirbęs 3590 m/h. Pagal apskaičiuotus defektinius dažnius šis guolis gali turėti išorinio žiedo defektą, vidinio žiedo defektą ar rutuliuko defektą. Rekomenduojama toki guolį pakeisti nauju, siekiant išvengti kombaino nuožulniosios kameros darbingumo netekimo arba papildomai patikrinti kitu diagnozavimo metodu.

Literatūra

- 1 Barzdaitis V., Didžiokas R., Mažeika P., Žebelys K., Žemaitis V. Riedėjimo guolių diagnostika: metodų vertinimas ir rezultatai. *Jūra ir aplinka*, 2003, Nr. 2 (9) p. 86–93.
- 2 4R. B. RANDALL “The Relationship Between Spectral Correlation AND Envelope Analysis in the Diagnostics of Bearing Faults and other Cyclostationary Machine Signals” *Mechanical Systems and Signal Processing* (2001), 15(5), 945–962.
- 3 Barzdaitis V., Didžiokas R., Mažeika P., Žebelys K., Žemaitis V. Riedėjimo guolių diagnostika: metodų vertinimas ir rezultatai. *Jūra ir aplinka*, 2003, Nr. 2 (9) p. 86–93.
- 4 Šnurovas A. Suklio guolių defektų pusiau natūrinio vibroakustinių signalų imitavimo sistemos prototipo sukūrimas. 2015.

Santrauka

Straipsnyje nagrinėjamas javų kombaino nuožulniojo transporterio guoliai vibro analizės metu, kai kombainas dirba maksimaliais sūkiiais. Tyrimų objektu pasirinktas Jonh Deere firmos klavišiniai kombainai. Tiriamas nuožulniojo transporterio guolis AH231479. Matavimams pasirinktas Bruel&Kjaer įranga, kuris turi akselerometra 4370, duomenų kaupiklį 3580 ir kompiuterį su programine įranga (pulse). Iš atliktų bandymų ir apskaičiuotų dažnių galima teigti, kad pagal kombaino esančių guolių virpesius galime nustatyti guolių techninę būklę neišardant mazgo.

INVESTIGATION OF BAERER CONVEYOR BEARINGS OF THE COMBINE HARVESTER BY THE VIBRATION ANALYSIS METHOD

Summary

The article examines the bearer conveyor bearings of the combine harvester by the vibration analysis method, when the combine works at maximum speed. Of the conventional Jonh Deere brand combines were chosen as the research object. Bruel & Kjaer equipment with accelerometer 4370, data carrier 3580 and computer with software (pulse) are selected for measurement. From tests performed and calculated frequencies, we can say that we can determine the technical condition of the bearings without dismantling the knots according to the vibrations of the bearings in the assembly.

Lukas Kirkus – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. 862046359, el. paštas: Lukaskirkus@gmail.com

Eglė Jotautienė – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, prof. dr.; tel. 837752204, el. paštas: Egle.Jotautiene@vdu.lt

ŠIAUDŲ GRANULIŲ PANAUDOJIMAS SIEKIANT SUMAŽINTI KENKSMINGŲ DUJŲ EMISIJAS

Nerijus Pašvenskas, Jonas Čėsna

Ivadas

Gyvulininkystės ūkiuose besikaupiantis mėšlas yra pagrindinis amoniako emisijos šaltinis. Garuodamos cheminės medžiagos patenka į atmosferą ir su krituliais sugrįžta į dirvą. Todėl norint išspręsti tokias problemas kaip klimato kaita, dirvožemio erozija, oro ir aplinkos tarša, bioįvairovės nykimas, privalome užtikrinti, kad gyvulininkystės vystymas remtųsi darnaus vystymo principais.

Patikimų priemonių aplinkos apsaugai nuo kenksmingų teršalų nėra, tačiau amoniako emisija mažėja palaidų karvių tvarte, gausiau kreikiant tvartą ir dengiant mėšlides (Prakupimaitė, 2009). Dėl gyvulininkystės poveikio mažėja bioįvairovė, skurdėja dirva, didėja vandens ir oro tarša. Svarbiausios šiltnamio efektą sukeliančios dujos išsiskiriančios iš mėšlo anaerobinio skaidymosi metu yra metanas (CH_4) bei laikymo ir naudojimo tręšimui metu išsiskiriantis diazoto monoksidas (N_2O) (Juška, 2010). Papildomos dujos, išsiskiriančios iš mėšlo, yra amoniakas (NH_3) ir azoto oksidai (NO_x), kurie turi įtakos kvapų atsiradimui ir yra netiesioginis diazoto monoksido šaltinis.

Amoniakas yra atmosferos teršalas, kuris skatina dirvožemio ir paviršinio vandens rūgštėjimą, eutrofikaciją, miškų nykimą (Pereira et al., 2010). Jis susidaro pūvant mėšlui, šlapimui ir pašarų likučiams. Nustatyta, kad iš visų azoto (N) junginių, teršiančių atmosferą, 40 % sudaro amoniakas.

Kitas svarbus amoniako išsiskyrimo šaltinis yra skysto ir kraikinio mėšlo mėšlides. Skystas mėšlas dažniausiai laikomas metaliniuose ar betoniniuose rezervuaruose, rečiau tvenkiniuose, o kraikinis – mėšlidėse. Siekiant sumažinti amoniako išsiskyrimą mėšlidėse yra dengiamos įvairiais dangalais (tiršto mėšlo, smulkintų šiaudų, medinės, plastikinės, keramzito granulės, 2–3 mm storio aliejaus sluoksnis ir kt.) arba stogo dangos. Visos dangos turi savų privalumų ir trūkumų, kuriuos reikia įvertinti renkantis kaupyklos uždengimo būdą.

Straipsnyje analizuojamas šiaudų granuliu panaudojimas srutų kaupyklos dangai. Tam pasirinktos granulės iš kviečių ir rapsų šiaudų, įvertintos granuliu fizikinės savybės, išmatuota jų įtaka amoniako emisijai.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti šiaudų granuliu fizikines savybes ir jų panaudojimo galimybes skysto mėšlo rezervuaro dangai bei įvertinti šiaudų granuliu įtaką amoniako emisijos mažinimui.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimai atlikti VDU Žemės ūkio akademijoje, Žemės ūkio inžinerijos fakultete, Termoenerginų procesų ir emisijų laboratorijoje. Kenksmingų dujų emisijų

tyrimams naudotas skystas galvijų mėšlas. Tiriamas mėšlas paimtas iš 50 vietų karvidės, kurioje mėšlas šalinamas ratiniu mini krautuvu, išstumiant jį mėšlo šalinimo taku.

Pirmiausiai buvo nustatoma, kurių šiaudų granulės tinkamiausios, paviršių dengimui. Tirtos kviečių ir rapsų šiaudų granulės. Granulės buvo merkiamos į vandenį ir stebima kaip jos plečiasi. Bandymai atlikti po 50 kartų su kiekvienos rūšies granule, merkiant kiekvieną granulę į atskirą indelį su vandeniu ir laukiant kol granulė išbrinks. Jai išbrinkus buvo išmatuojamas granulės ilgis ir skersmuo.

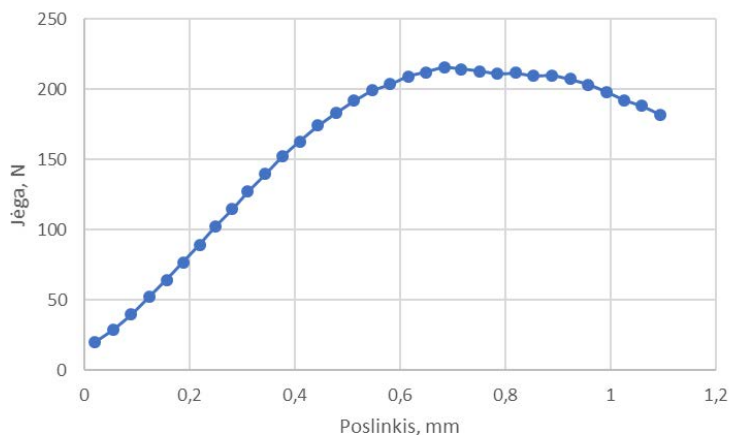
Taip pat buvo nustatomas granulių drėgnis, naudojant specialią džiovinimo spintą. Abiejų šiaudų rūšių granulės pasveriamos prieš džiovinimą ir po jo. Atlikus tyrimą ir gavus duomenis apskaičiuojamas šiaudų granulių vidutinis drėgnis su paklaida. Granulių stiprumas (atsparumas gniuždymui) matuojamas su fizikinių-mechaninių tyrimo įrenginiu „Instron 5960“. Atlikti penki pakartojimai su abiejų rūšių granulėmis. Bandymų duomenys išsaugomi kompiuteryje, vėliau jie apdorojami ir išanalizuojami. Granulių tankis nustatomas kviečių ir rapsų šiaudų granules matuojant ir sveriant.

Vėliau, palyginus granulių plėtimosi rezultatus ir tankį pasirenkama viena granulių rūšis, kuria ir dengiamas plastikinio indo, kuris užpildomas skystu mėšlu, paviršius.

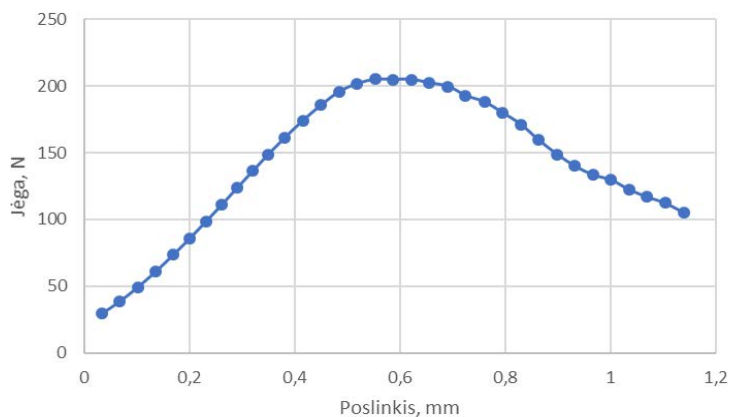
Emisijoms ir jų kitimams nustatyti, tiriamas skystasis karvių mėšlas, supiltas į atskirus plastikinius indus, pirmasis indas tyrimo metu nemaišomas ir niekaip nepaveikiamas, į antrąjį plastikinį indą po tam tikro laiko pilamos šiaudų granulės ir stebimi emisijų pasikeitimai. Matavimai atliekami kas minutę, duomenis kaupia matuoklis-analizatorius.

Tyrimo rezultatai

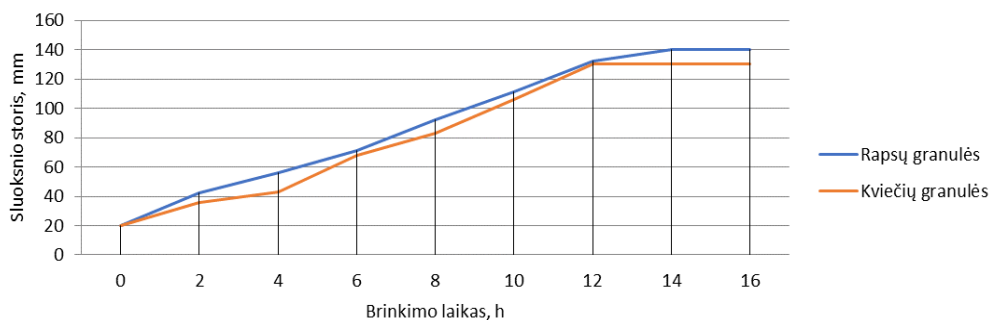
Apskaičiuotas kviečių šiaudų granulių drėgnis $12,58 \pm 0,53$, rapsų šiaudų granulių drėgnis $10,08 \pm 0,17$. Tyrimais buvo nustatyta, kad rapsų šiaudų granulių sluoksnio išsiplėtimas neatsižvelgiant į užpilamo sluoksnio storį visada didesnis nei kviečių šiaudų granulių. Vidutiniškai kviečių šiaudų granulė pailgėja 3,57 karto, skersmuo padidėja 1,45 karto. Rapsų šiaudų granulė pailgėja 3,1 karto, tačiau skersmuo padidėja 1,8 karto. Todėl rapsų šiaudų granulės bus naudojamos toliemesniems tyrimams. Nors atlikus tyrimus nustatyta, kad kviečių granulių tankis ir stiprumas yra didesnis nei rapsų šiaudų granulių.



1 pav. Kviečių šiaudų granulių stiprumo nustatymo rezultatai



2 pav. Rapsų šiaudų granulių stiprumo nustatymo rezultatai

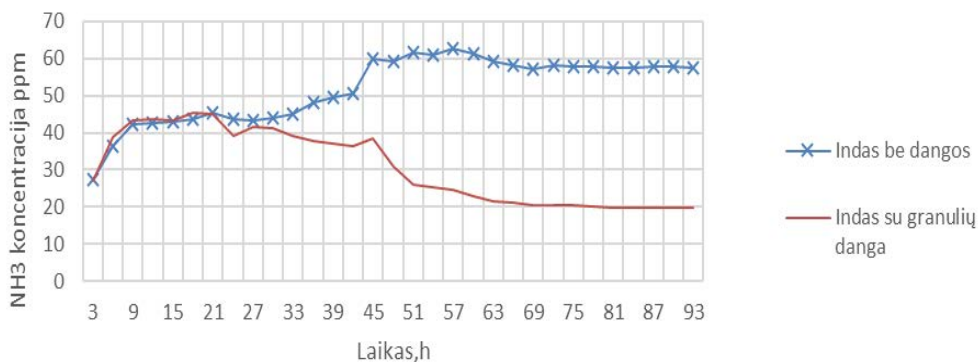


3 pav. Granulių brinkimo laikas

Toliau buvo atlikti tyrimai amoniako emisijos kitimo nustatymui, lyginant nedengtą skysto mėšlo indą su indu, kuris po 20 valandų nuo bandymo pradžios bus

užpilamas rapso šiaudų granulėmis. Po 44 valandų nuo bandymo pradžios rapso šiaudų granulės suiro.

Iš pateikiamo grafiko (4 pav.) matyti, kad pradėjus tyrimą amoniako koncentraciją ppm, abiejuose induose yra panaši ir per pirmas 20 bandymo valandų laikosi ties 45 ppm riba. Vėliau užpylus antrąjį indą granulėmis, amoniako koncentracija nežymiai sumažėja antrajame inde, tačiau praėjus 17 valandų nuo granulių užpylimo matomas jau akivaizdesnis skirtumas. Pirmajame inde amoniako koncentracija 50 ppm, o antrajame sumažėja iki 36 ppm. Bandymo pabaigoje, praėjus 93 valandoms nuo jo pradžios, inde be dangos amoniako koncentracija ppm buvo 79, o inde su rapso šiaudų granulių danga 19,7.



4 pav. Amoniako emisijų kitimas

Atlikus tyrimą buvo nustatyta, kad indas, kurio paviršius buvo dengiamas rapsų šiaudų granulėmis, emisijos sumažėja 75 %.

Atlikus pakartotinius tyrimus, gaunami panašūs duomenys, emisijų mažėjimas svyruoja nuo 72 % iki 78 %.

Išvados

1. Nustatyta, kad kviečių šiaudų granulių drėgnis $12,58 \pm 0,53$, rapsų šiaudų granulių drėgnis $10,08 \pm 0,17$.
2. Rapsų šiaudų granulių vidutinė kritinė atsparumo gniuždymui jėga buvo 204,9 N ir buvo mažesnė nei kviečių šiaudų granulių, kurių vidutinė atsparumo gniuždymui jėga buvo 215,8 N.
3. Atlikus tyrimus nustatyta, kad išbrinkęs rapsų šiaudų granulių sluoksnis visada didesnis nei kviečių šiaudų granulių sluoksnis.
4. Rapsų šiaudų granulių įtaka emisijų mažėjimui pastebima po 4 valandų nuo jų užpylimo, koncentracija kinta nuo 43,5 ppm inde be dangos iki 39 ppm inde su rapsų šiaudų granulių danga.
5. Po 93 valandų emisija stabilizuojasi ir inde dengtame rapsų šiaudų granulėmis, kenksmingų dujų emisijos sumažėja 75 % lyginant emisiją inde be dangos.

Literatūra

1. Aleknavičius P. Aplinkosaugos ir aplinkotvarkos teisė: mokomoji knyga. Kaunas: Naujasis lankas, 2008. 84 p.
2. Algis Mačiukas, 2015. Mėslo tvarkymas. [žiūrėta 2017-03-07]. Prieiga per internetą: <http://www.agrozinios.lt/portal/categories/217/1/0/1/article/12369/meslo-tvarkymas>
3. Aplinkosaugos reikalavimai mėšlui ir srutomis tvarkyti. LR žemės ūkio ministro 2011 m. liepos 14 d. įsakymu Nr. D1-367/3D-342 (LR aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministro 2011 m. rugsėjo 26 d. įsakymo Nr. D1-735/3D-700 redakcija)
4. Bleizgys R., Čėsna J. Gyvulininkystės technologijų inžinerija / Mokomoji knyga. Akademija Aleknavičius P. Aplinkosaugos ir aplinkotvarkos teisė: mokomoji knyga. Kaunas: Naujasis lankas, 2008. 84 p.
5. MENDES B, PIETERS J AND ETC. Reduction of ammonia emissions from dairy cattle cubicle houses via improved management- or design-based strategies: *A modeling approach. Science of the Total Environment* 574 (2017) 520-531.
6. Prakupimaitė I. Dujų emisijos iš mėšlo procesų tyrimai. Prieiga per internetą: <http://gs.elaba.lt/object/elaba:1869864/>. 2009. 72 p.
7. Pereira J., Misselbrook T. H., Chadwick D. R., Coutinho J., Trindade H. Ammonia emissions from naturally ventilated dairy cattle buildings and outdoor concrete yards in Portugal. *Atmospheric Environment*. 2010. Vol. 44 (28). P. 3413–3421.
8. Juška R., Juškienė V., Matulaitis V. R. Skirtingose mėšlo tvarkymo sistemose susidarančių šiltnamio efektą sukeliančių dujų (CH₄ ir N₂O) kiekio įvertinimas. Prieiga per internetą: https://zum.lrv.lt/uploads/zum/documents/files/LT_versija/Veiklos_sritys/Mokslas_mokymas_ir_konsultavimas/Moksliniu_tyrimu_ir_taikomosios_veiklos_darbu_galutines_ataskaitos/darbasLGImeslsistatask.pdf

Santrauka

Siekiant mažinti taršos iš gyvulininkystės fermų kenksmingumą aplinkai ir išvengti teršalų pernešimo iš vienos aplinkos terpės į kitą, būtina įtvirtinti integruotos taršos prevencijos ir kontrolės sistemas. Intensyviuose gyvulininkystės ūkiuose aplinkos taršos mažinimui reikėtų taikyti įvairias technologines ir administracines priemones nes šių priemonių suderinamumas leidžia išvengti pavojaus užteršti aplinką.

Darbas atliktas VDU Žemės ūkio akademijos Termoenerginį procesų ir emisijų laboratorijoje 2018 metais. Darbe analizuojamos kviečių ir rapsų šiaudų granuliu fizikines savybės ir jų panaudojimo galimybės skysto mėšlo rezervuaro dangai bei įvertinta šiaudų granuliu įtaką amoniako emisijos mažinimui. Nustatyta, kad naudojant rapsu šiaudų granules amoniako emisijos iš skysto mėšlo sumažėja 72–78 %.

USE OF STRAW PELLETS TO REDUCE HARMFUL GAS EMISSIONS

Summary

Integrated pollution prevention and control systems are necessary to reduce the environmental impact of pollution from livestock farms and to prevent the transfer of pollutants from one environment to another. In intensive livestock farms, various technological and administrative measures should be taken to reduce environmental pollution, as the compatibility of these measures avoids the risk of contamination of the environment.

The work was performed in VMU Laboratory of Thermal Energy Processes and Emissions in 2018. The paper analyzes the physical properties of wheat and rapeseed straw pellets and their application possibilities for liquid manure reservoir covering and the impact of straw granules on ammonia emission reduction. It has been found that ammonia emissions from liquid manure are reduced by 72–78% using rapeseed pellets.

Nerijus Pašvenskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas, tel. 8 647 04000, el. paštas: nerijus.pasvenskas@gmail.com

Jonas Čėsna – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr., tel. 8 37 752 332, el. paštas: jonas.cesna@vdu.lt

SMULKAUS ŪKIO BIODUJŲ JĖGAINĖS ENERGINIO POTENCIALO TYRIMAS

Martynas Anušauskas, Kęstutis Navickas

Įvadas

ES ir nacionalinėje Kaimo plėtros programoje pažymima, kad turi būti skatinama atsinaujinančios energijos gamybos iš atliekinės biomasės (ypač gyvulininkystės sektoriuje) plėtra, panaudojant pažangias technologijas, taikant mokslo žinias, vykdant kooperuotus projektus [1]. Metinis biodujų gamybos iš žemės ūkio žaliavų potencialas šalyje siekia 160 mln. m³, tačiau jis nepakankamai išnaudotas [2].

Lietuvos žemės ūkyje biodujų energetika vystoma tik stambiuose gyvulininkystės ūkiuose – kiaulių kompleksuose. Šiame darbe tiriama biodujų gamybos galimybė smulkiame mišriame ūkyje, o išgautas dujas naudoti ūkio šilumos poreikiams. 2016 metais šalyje buvo registruota apie 4000 ūkių, kurie augina nuo 20 iki 50 galvijų [3]. Maži ūkiai turi ne tik ribotus žaliavų išteklius, bet pasižymi mažais ir nepastoviais energijos poreikiais.

Šio **tyrimo tikslas**: ištirti smulkaus ūkio biodujų jėgainės, dirbančios kintančiu apkrovos režimu, energinį potencialą.

Tyrimo uždaviniai:

1. Nustatyti ūkininko sodybos šiluminės energijos poreikius;
2. Nustatyti biodujų gamybai tinkamą žaliavų potencialą ir poreikius, dirbant kintančios apkrovos režimu.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimo objektas – Alytaus rajone esantis smulkus mišrus ūkis, kuriame auginama 13 mėšinių karvių, 10 mėšinių galvijų ir 10 mėšinių galvijų prieauglio. Taip pat ūkis augina įvairias daržoves: maistines bulves ir pašarinius runkelius. Šiame darbe tiriama galimybė biodujų gamybai panaudoti ūkyje auginamų gyvulių mėšlą ir daržoves. Pagrindine žaliava laikomas gyvulių mėšlas, o energijos poreikių svyravimams kompensuoti ar mėšlo trūkumą padengti planuojama daržovių biomase. Pagamintos biodujos būtų naudojamos tik šiluminės energijos gamybai, kuri bus naudojama biodujų gamybos procesui, ūkininko sodybos šildymui, karšto vandens ruošimui ir maisto gamybai.

Prognozuojamas paros šiluminės energijos poreikis patalpų šildymui nustatytas remiantis šilumos nuostolių per atitvaras lygtimi [4]:

$$Q_{n-a} = k \cdot F \cdot (t_v - t_{i\bar{s}}) \cdot \mu, \text{ W} \quad (1)$$

čia: k – šilumos laidumo koeficientas, $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$;

F – atitvaros plotas, m²;

t_v – patalpos vidaus temperatūra, °C;

$t_{i\bar{s}}$ – vidutinė išorės temperatūra, °C;

μ – patalpos koeficientas įvertinantis atitvaros kontaktą su išore.

Vidutinės paros temperatūros nustatytos, remiantis penkerių metų Alytaus meteorologijos stoties duomenimis (2014–2018 m.). Šiluminės energijos poreikis apskaičiuotas, prie patalpų šildymo poreikių pridėjus karšto vandens gamybai, maisto ruošai ir biodujų gamybos procesui reikalingą energijos kiekį:

$$E_p = E_{\bar{s}} + E_{kv} + E_{mg} + E_{bg}, \text{ kWh} \quad (2)$$

čia: $E_{\bar{s}}$ – energijos kiekis patalpų šildymui, kWh;

E_{kv} – energijos kiekis karšto vandens ruošimui, kWh;

E_{mg} – energijos poreikis maisto gamybai, kWh;

E_{bg} – energijos poreikis biodujų gamybos procesui, kWh.

Biodujų poreikis nustatomas pagal lygtį [5]:

$$B_p = \frac{E_p}{e_b}, \quad (3)$$

čia: e_b – biodujų energetinė vertė, kWh/m³;

B_p – biodujų gamybos poreikis, m³.

Žaliavų poreikis apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$M_p = \frac{B_p}{B_z} \quad (4)$$

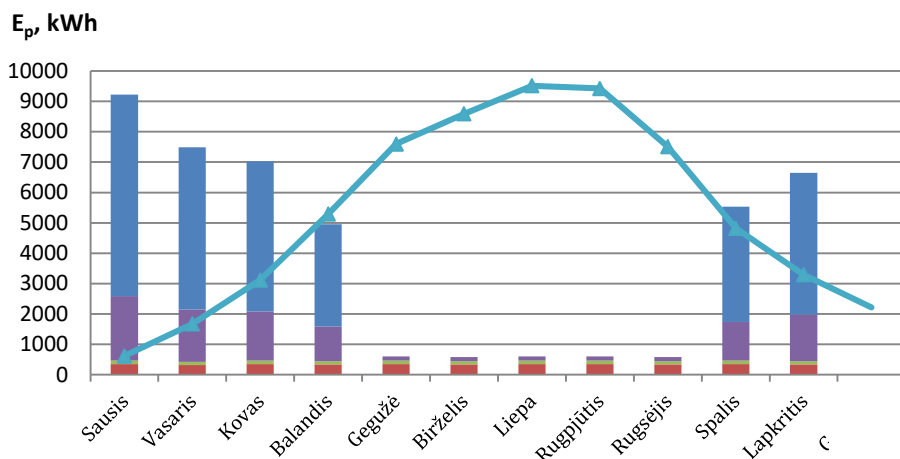
čia: B_z – biodujų išeiga iš žaliavos, m³/t;

M_p – žaliavos kiekis, t.

Rezultatai

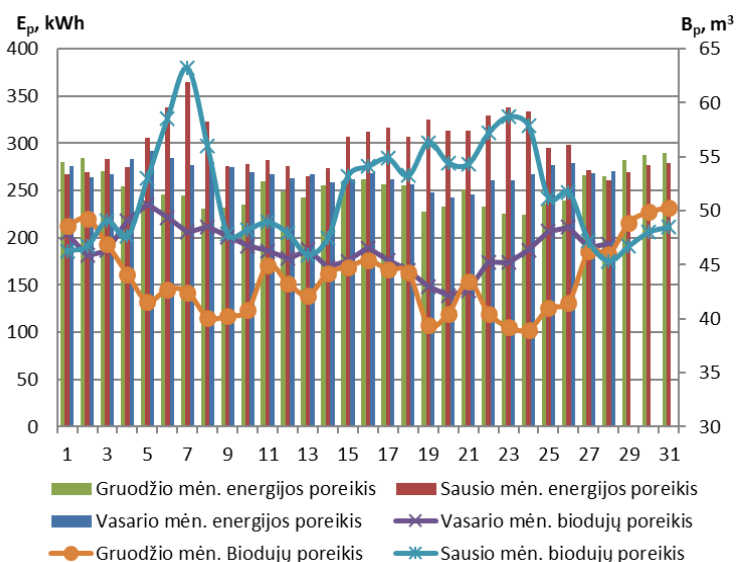
Analizuojant metinį šiluminės energijos poreikį pastebėta (1 pav.), kad didžiausias jos poreikis pasireiškia sausio mėnesį (apie 9200 kWh), o mažiausias – nuo gegužės iki rugsėjo mėnesio (apie 590 kWh). Šaltuoju metų laiku (spalio–balandžio mėn.) energijos pokyčiai nėra dideli (jie skiriasi ne daugiau kaip 2 kartus). Ženkliai energijos poreikis sumažėja šiltuoju laikotarpiu – iki 587 kWh.

Šiluminės energijos poreikis nustatytas patalpų šildymui, karšto vandens ruošimui, maisto gamybai ir biodujų gamybos proceso palaikymui. Energijos poreikis patalpų šildymui ir biodujų gamybos proceso palaikymui koreliuoja su vidutinės temperatūros pokyčiais (1 pav.).



1 pav. Šiluminės energijos poreikis

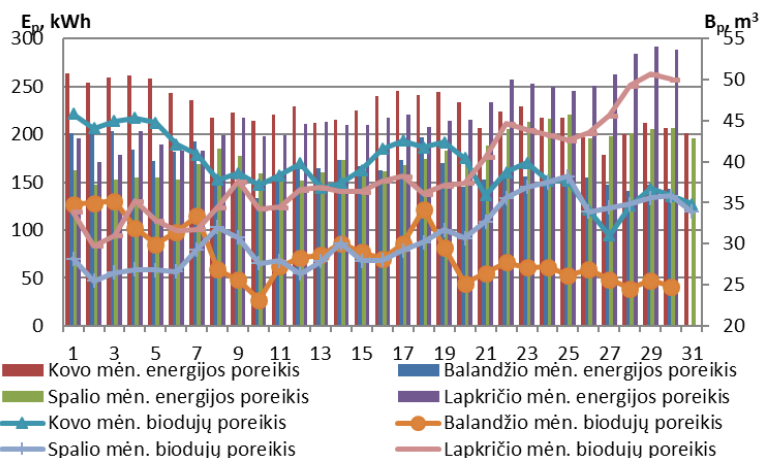
Vidutinis dienos energijos ir biudujų poreikis šildymo sezono metu pateiktas grafiškai 2 ir 3 pav. Žiemos sezono metu (sausio mėn.) energijos poreikis išauga iki 338–365 kWh, o biudujų – iki 59–63 m³. Antras poreikio šuolis prasideda sausio 14 dieną ir pasibaigia sausio 27 dieną. Vasario mėn. energijos ir biudujų poreikis yra tolygus ir kinta nedidelėse ribose 292 iki 243 kWh, o biudujų nuo 51 m³ iki 42 m³ per dieną. Gruodžio mėnesio energijos poreikio svyravimai yra didesni, tačiau, energijos poreikio skirtumas gruodžio mėnesį tarp didžiausio ir mažiausio neviršija 65 kWh, biudujų – 12 m³.



2 pav. Energijos ir biudujų poreikis žiemos mėnesiais

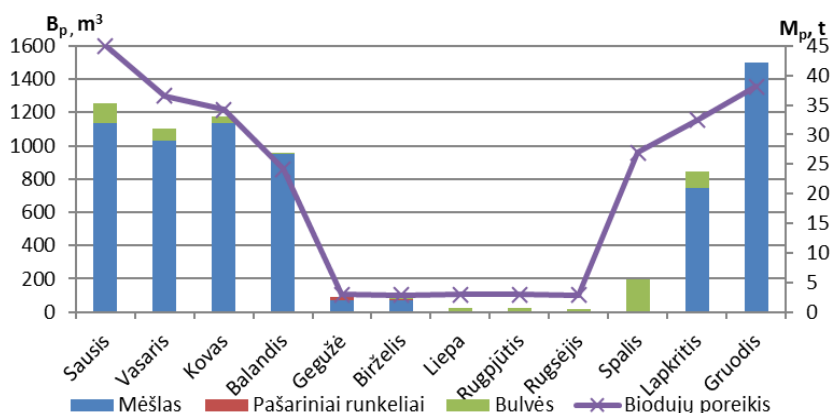
Pavasario–rudens mėnesiais didžiausias energijos ir biudujų poreikis pastebimas kovo mėn. – 7024 kWh ir 1218 m³, o mažiausias poreikis balandį –

4955 kWh, o biudujų 860 m³. Tačiau didžiausias vienos dienos energijos ir biudujų poreikis nustatytas lapkričio mėn. – 292 kWh ir 51 m³ per dieną. Galima pastebėti, kad kovo ir lapkričių mėnesiais yra laikotarpių, kai energijos ir dujų poreikis supanašėja, ir trunka 11 parų. Didelis poreikių sutapimas matomas įpusėjus balandžio ir spalio mėnesiais. Tai rodo dažnai pasikartojančius panašius biudujų kiekio poreikius ir palengvina biudujų gamybos valdymą.



3 pav. Energijos ir biudujų poreikis pavasario–rudens mėnesiais

Analizuojant metinį biudujų gamybos ir žaliavų poreikį pastebime (4 pav.), kad ūkyje susidarancio mėšlo biudujų gamybai pakanka tik dviems mėnesiams (balandžio ir gruodžio). Kitais mėnesiais teks naudoti bulves ir žaliavų mišinius – mėšlo ir bulvių arba mėšlo ir pašarinių runkelių. Liepos–rugsėjo mėn. biudujų gamybai bus naudojamos vien bulvės. Šiuo laikotarpiu galvijai yra ganomi, todėl mėšlo naudojimas yra apribotas.



4 pav. Biudujų gamyba ir žaliavų poreikis

Smulkaus ūkio šiluminės energijos poreikiams patenkinti per metus būtų sušaudoma 187 tonos gyvulių mėšlo (67 % energijos poreikių), 16,52 tonos bulvių (32 %) ir 0,79 tonos (1 %) pašarinių runkelių.

Išvados

1. Smulkaus ūkio metinis šiluminės energijos poreikis siekia 52 tūkst. kWh. Didžiausias mėnesinis energijos poreikis pastebimas sausio mėnesį – apie 9 tūkst. kWh, o mažiausias birželį ir rugsėjį – apie 600 kWh.
2. Metinis biodujų gamybos potencialas yra apie 9000 m³, iš jų sausio mėn. – 1600 m³, birželio ir rugsėjo mėn. – apie 100 m³.
3. Prognozuojami biodujų gamybos pokyčiai yra 5–60 m³/parą ribose. Nustatytas ilgiausiai trunkantis biodujų poreikis yra 5 m³/parą ir trunka 153 paras.
4. Didžiausią biodujų kiekį prognozuojama pagaminti iš galvijų mėšlo – 67 %, iš bulvių – 32 % ir 1 % iš pašarinių runkelių. Biodujų gamybai bus sunaudota 187 tonos gyvulių mėšlo, 16,52 tonos bulvių ir 0,79 tonos pašarinių runkelių.

Literatūra

1. Lietuvos kaimo plėtros 2014–2020 m. Programa, [žiūrėta:2019-02-20]. Prieiga per internetą: <https://zum.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/kaimo-pletra/lietuvos-kaimo-pletros-2014-2020-m-programa/programa-2>
2. Navickas K., Venslauskas K., Župerka V. Potential and possibilities of biogas +production from agricultural raw materials in Lithuania. *Proceedings of the International Scientific Conference: Rural Development*; 2009, Vol. 4 Issue 2, p. 365.
3. Statistikos departamento duomenys apie ūkių dydžius [žiūrėta 2019m. vasario 19 d]. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?theme=all#/>
4. Gudzinskas J., Lukoševičius V., Tuomas E., Martinaitis V. *Šilumos vartotojo vadovas*. Vilnius, 2011.
5. Genutis A., Navickas K., Stepanas A. *Kietojo biokuro ir biodujų inžinerija*. Metodiniai nurodymai laboratoriniams darbams. Akademija, 2008. 31 p.

Santrauka

Šiame darbe atliktas smulkaus ūkio biodujų jėgainės, dirbančios kintančiu apkrovos režimu, energinio potencialo tyrimas, kurio metu nustatytas ūkininko sodybos šiluminės energijos ir gamybai tinkamų žaliavų poreikis bei potencialas, dirbant kintančios apkrovos režimu. Nustatyta, kad smulkaus ūkio metinis šiluminės energijos poreikis siekia 52 tūkst. kWh, o metinis biodujų gamybos potencialas yra apie 9000 m³. Prognozuojami biodujų gamybos pokyčiai yra 5–60 m³/parą ribose, kai didžiausią biodujų kiekį prognozuojama pagaminti iš galvijų mėšlo – 67 %, iš bulvių – 32 % ir 1 % iš pašarinių runkelių.

INVESTIGATION OF ENERGY POTENTIAL FOR SMALL SCALE FARM BIOGAS PLANT

Summary

This paper presents an energy potential study for small scale biogas plant working under a changing load mode. Demand for the thermal energy of the farmstead and the potential and need of raw materials suitable for production while working under the changing load mode were estimate. It has been established that the annual heat demand of a small scale farm is 52 thousand kWh, and the annual biogas production potential is about 9000 m³. Estimated changes in biogas production are in the range from 5 to 60 m³ / day, with the highest biogas quantity projected from cattle manure – 67%, potatoes – 32% and 1% for fodder beet.

Martynas Anušauskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas, tel. +370 622 30993, el. paštas: anusauskasmartynas@gmail.com.

Kęstutis Navickas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, prof. dr., tel. 8 37 752219, el. paštas: Kestutis.Navickas@vdu.lt

KUKURŪZŲ BURBUOLĖS ELGSENA SPRAGILO SMŪGIO POVEIKYJE

Audrius Adomėlis, Valdas Kiniulis, Augustinas Bimbiris, Dainius Steponavičius

Ivadas

Paruošiant javų kombainą kukurūzų burbuolių derliui nuimti, kūlimo aparato būgno tarpspragiliai uždengiami dangalais, o pobūgnis pakeičiamas specialiu su užapvalintomis skersinėmis juostomis (Špokas *et al.*, 2013). Nustatyta, kad drėgnos burbuolės geriau iškultamos ir sužalojama mažiau grūdų, kai uždengiami tarpai tarp būgno gretimų spragilų atitinkamos formos dangalais (Kiniulis *et al.*, 2017). Be to, dangalai trukdo į būgno vidų patekti burbuolėms bei viduje kauptis augalų dalelėms ir žemėms – taip išvengiama būgno disbalanso. Išanalizavus sparčiojo filmavimo duomenis nustatyta, kad burbuolių judėjimas kūlimo aparato pobūgnio paviršiumi labiausiai priklauso nuo spragilų greičio (Petkevichius *et al.*, 2008; Stončius *et al.*, 2015; Steponavičius *et al.*, 2017). Stebint vienos burbuolės elgseną ties antrąja pobūgnio skersine juosta, t. y. po spragilo pirmojo smūgio, pastebėta, kad burbuolė, besisukdama apie savo ašį, kyla į tarpspragilio erdvę. Tarpspragilių dangalų įtaka yra ta, kad jie riboja burbuolės pakilimo aukštį (Steponavičius *et al.*, 2017). Mažesnė tarpspragilių erdvė ir tinkama dangalų paviršiaus forma nukreipia iškultus grūdus link pobūgnio, todėl jie mažiau žalojami (Kiniulis *et al.*, 2017).

Kukurūzų grūdų drėgnis ir būgno greitis yra du pagrindiniai veiksniai, sąlygojantys grūdų žalojimą kūlimo proceso metu (Špokas *et al.*, 2013; Miodragovic & Djeric, 2006; Paulsen *et al.*, 2014). Nuo kūlimo būgno sukimosi dažnio priklauso ir kukurūzų srauto slinkimo pobūgnio paviršiumi greitis, kartu ir grūdų separacijos pro pobūgnį proceso eiga (Petkevichius *et al.*, 2008). Kuliant kukurūzų burbuoles, kaip vienus iš svarbiausių kūlimo aparato konstrukcijos parametrų, galima įvardinti ir pobūgnio skersinių juostų skaičių, aukštį, plotį, darbinio paviršiaus formą ir jų padėtį būgno spragilų atžvilgiu. Be kūlimo aparato konstrukcijos parametrų, kūlimo procesui įtakos turi ir kukurūzų biometriniai rodikliai (Pužauskas, 2018).

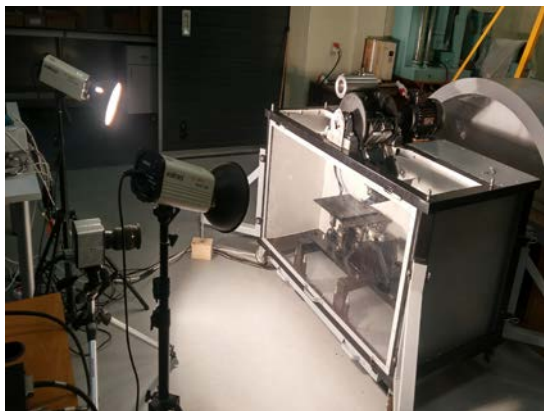
Siekiant pagrįsti racionalią tarpspragilių dangalų formą tikslinga išnagrinėti spragilo smūgio įtaką kukurūzų burbuolės elgsenai įvertinus ir pobūgnio skersinės juostos formą bei spragilo greitį. Tyrimų, įvertinančių pobūgnio skersinių juostų formas įtaką burbuolės elgsenai smūgio metu ir po jo, stinga.

Mokslinė hipotezė. Pobūgnio skersinės juostos darbinio paviršiaus forma turi įtakos kukurūzo burbuolės elgsenos parametrams smūgio metu ir po jo.

Tyrimo tikslas: Nustatyti pobūgnio skersinės juostos formos įtaką kukurūzų burbuolės elgsenai spragilo vieno smūgio poveikyje.

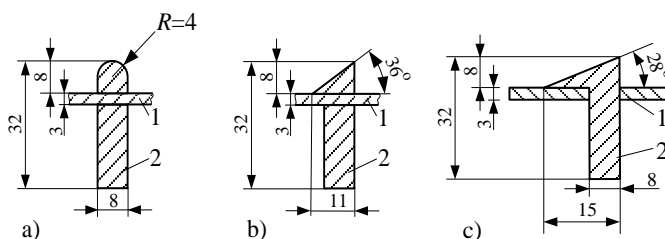
Tyrimų objektas ir metodika

Siekiant optimizuoti kukurūzų burbuolių kūlimo aparatų darbą, Žemės ūkio mašinų technologinių procesų tyrimų laboratorijoje, buvo suprojektuotas ir užpatentuotas (Lietuvos patentas Nr. LT 6492 B) stacionarus tangentinis kūlimo stendas (autoriai: D. Jovarauskas, D. Juknevičius, V. Kiniulis ir A. Andriušis), kuria-
me galima optimizuoti šiuos parametrus: pobūgnio skersinių juostų aukštį ir formą, spragilų greitį smūgio į kukurūzų burbuolę metu ir pan. (1 pav.). 2018 metais su šiuo stendu buvo atlikti eksperimentiniai tyrimai.



1 pav. Burbuolių kūlimo proceso tyrimo stendas

Tyrimams buvo suprojektuotos ir pagamintos trijų skirtingų formų skersinės juostos (2 pav.), kurios montuojamos stende (1 pav.).



2 pav. Pobūgnio skersinių juostų darbinio paviršiaus formos kukurūzų burbuolių kūlimui (Anušauskas *et al.*, 2017): 1 – išilginis virbas, 2 – skersinė juosta: a – skersinė juosta, kurios darbinis paviršius užapvalintas $R = 4$ mm, plotis 8 mm, b – nuožulnus, posvyrio kampas 36° , plotis 11 mm, nuožulos plotis 17,0 mm, c – nuožulnus, posvyrio kampas 28° , plotis 15 mm, nuožulos plotis 13,6 mm

Stende (1 pav.), prieš pradėdant tyrimus, buvo nustatytas 27 mm tarpas tarp kūlimo būgno spragilo ir pobūgnio skersinės juostos viršaus. Kadangi pobūgnio skersinės juostos aukštis buvo 8 mm, tai tarpas nuo spragilo apačios iki burbuolės apačios (pobūgnio išilginių virbų) siekė 35 mm. Kūlimo stende kultos atrinktos, panašių matmenų, kietosios brandos kukurūzų *Dorka* veislės burbuolės (1 lentelė), kurių masė siekė $203,0 \pm 5,3$ g, ilgis – $171,6 \pm 3,1$ mm, o didžiausias skersmuo – $49,1 \pm 0,3$ mm.

1 lentelė. Kukurūzų burbuolės dalių drėgnis, %

Grūdų	Šerdžių	Šluotelių	Kotų	Lapų
18,00 ± 0,01	33,20 ± 0,03	10,46 ± 0,04	61,76 ± 0,06	13,06 ± 0,01

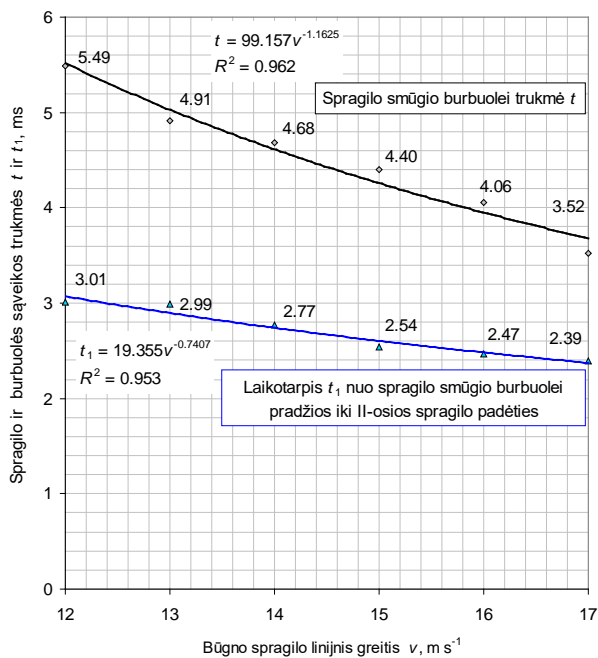
Būgno spragilo greitis nuo 12 m s^{-1} iki 17 m s^{-1} , kas 1 m s^{-1} , buvo nustatytas įtampos dažnio keitikliu *Delta VFD-C2000 SERIES*. Šie spragilo linijiniai greičiai atitiko 0,8 m skersmens kūlimo būgno sukimosi dažnius: 287 min^{-1} , 311 min^{-1} , 335 min^{-1} , 359 min^{-1} , 382 min^{-1} ir 406 min^{-1} . Atitinkamai, šiais dažniais sukant būgną su 10 spragilų tas pats spragilas burbuolei suteiktų smūgį kas: 20,9 ms, 19,3 ms, 17,9 ms, 16,7 ms, 15,7 ms ir 14,8 ms.

Burbuolės elgsena smūgio metu fiksuota sparčiojo filmavimo kamera *Photron Fastcam 1024PCI (Photron, Japonija)*, 10000 kadro per sekundę dažniu (1 pav.). Filmuojant šiuo dažniu, vieno kadro trukmė siekė 0,0001 s arba 0,1 ms. Kiekvieno kūlimo proceso bandymo metu gautos nuotraukos buvo išsaugomos kompiuteryje. Filmavimo medžiagos analize nustatyta burbuolės elgsena jai būgno spragilu suteikus vieną smūgį. Analizuojant medžiagą, fiksuota smūgio trukmė (spragilo su burbuole sąveikos laikas) ir laikas nuo spragilo kontakto su burbuole pradžios (I-oji spragilo padėtis) iki mažiausio tarpo tarp spragilo ir pobūgnio skersinės juostos viršaus (II-oji spragilo padėtis). Be to, nustatyti ir vidutiniai burbuolės kilimo laikai po spragilo smūgio į 10 mm, 20 mm ir 30 mm aukščius.

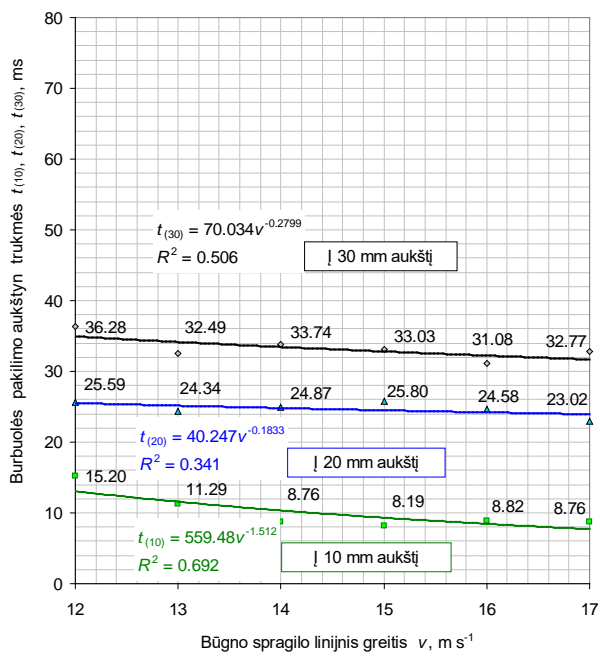
Tyrimai kartoti po 10 kartų. Siekiant nustatyti būgno spragilo ir kukurūzų burbuolės sąveikos, t. y. smūgio trukmę buvo išanalizuota po 60, o nustatant burbuolės kilimo po spragilo smūgio trukmę – po 700 kiekvieno pakartojimo kadro. Matavimų duomenys įvertinti apskaičiuojant duomenų vidurkio pasikliauties intervalą, esant 95 % tikimybei.

Rezultatai

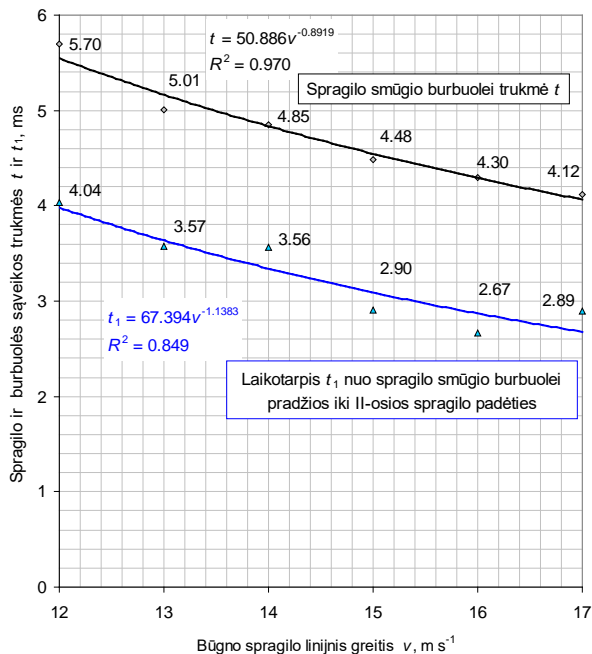
Tyrimų metu buvo nagrinėjama burbuolės elgsena spragilo smūgio metu (3, 5, 7 pav.) bei po jo (4, 6, 8 pav.).



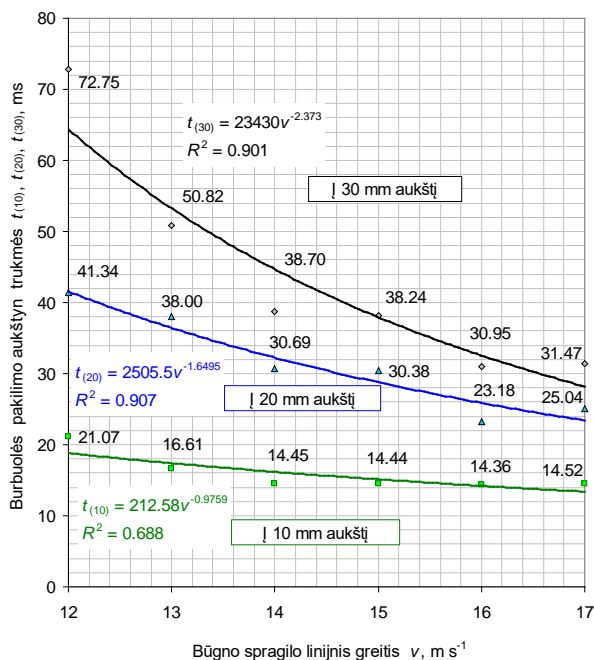
3 pav. Spragilo ir burbulės sąveikos trukmės priklausomybė nuo linijinio spragilo greičio, esant užapvalinto darbinio paviršiaus skersinei juostai



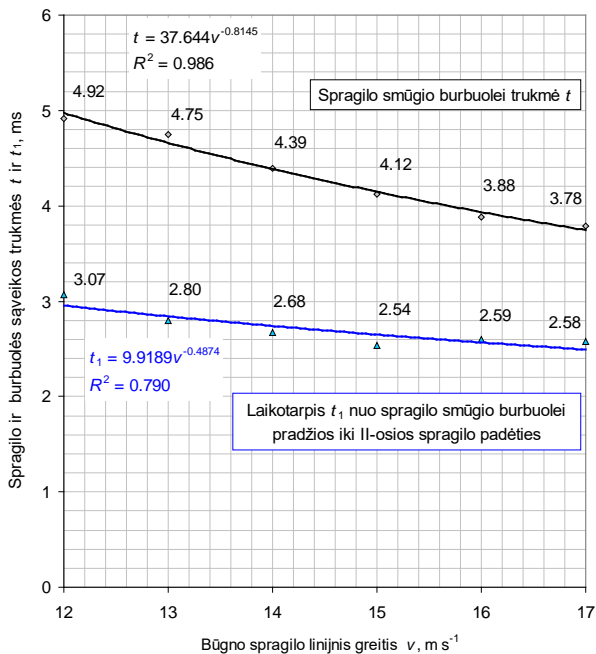
4 pav. Burbulės pakilimo po spragilo smūgio į skirtingus aukščius priklausomybė nuo spragilo linijinio greičio, esant užapvalinto darbinio paviršiaus skersinei juostai



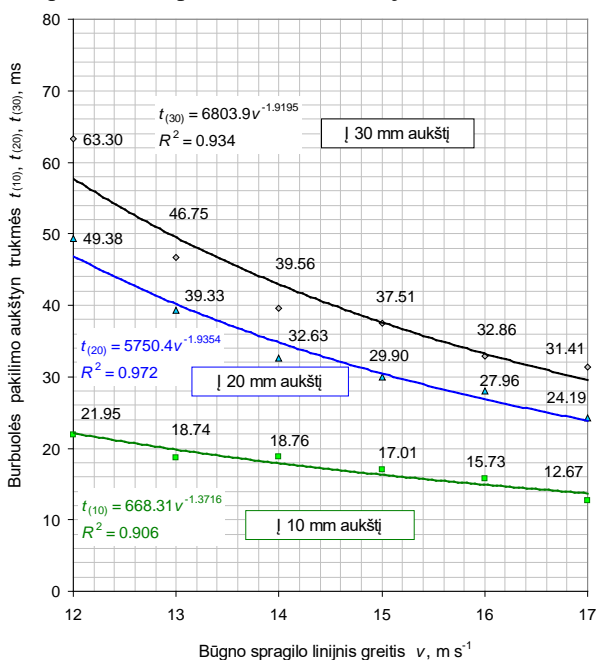
5 pav. Spragilo ir burbulės sąveikos trukmės priklausomybė nuo linijinio spragilo greičio, esant 28 laipsnių įstrižumo kampo darbinio paviršiaus skersinei juostai



6 pav. Burbulės pakilimo po spragilo smūgio į skirtingus aukščius priklausomybė nuo spragilo linijinio greičio, esant 28 laipsnių įstrižumo kampo darbinio paviršiaus skersinei juostai



7 pav. Spraglio ir burbuolės sąveikos trukmės priklausomybė nuo linijinio spraglio greičio, esant 36 laipsnių įstrižumo kampo darbinio paviršiaus skersinei juostai



8 pav. Burbuolės pakilimo po spraglio smūgio į skirtingus aukščius priklausomybė nuo spraglio linijinio greičio, esant 36 laipsnių įstrižumo kampo darbinio paviršiaus skersinei juostai

Nustatyta, kad didinant spragilo greitį trumpėja spragilo ir burbuolės sąveikos trukmė. Kitimo pobūdis nebuvo tiesinis, todėl $t=f(v)$ priklausomybės aproksimuotas laipsninėmis kreivėmis, kurių determinacijos koeficientai R^2 buvo didesni nei 0,96 (3, 5, 7 pav.).

Spragilo, kukurūzų burbuolės ir pobūgnio skersinės juostos sąveika (smūgis), didinant spragilo linijinį greitį nuo 12 iki 17 m s⁻¹, sutrumpėja: naudojant užapvalinto darbinio paviršiaus juostą nuo 5,49±0,56 s iki 3,52±0,22 s (3 pav.), įstrižo darbinio paviršiaus 28 laipsnių juostą – nuo 5,70±0,63 s iki 4,12±0,25 s (5 pav.), o 36 laipsnių kampo įstrižo darbinio paviršiaus – nuo 4,92±0,63 s iki 3,78±0,34 s (7 pav.). Apibendrinant rezultatus galima teigti, kad smūgio trukmę sąlygoja ne tik spragilo greitis, bet ir pobūgnio skersinės juostos forma. Jei lyginant užapvalinto darbinio paviršiaus skersinę juostą su 36° posvyrio kampo juosta skirtumas nebuvo žymus, tai 28° juosta sąlygojo apie 10% ilgesnius spragilo smūgius burbuolei. Be to, analizuojant filmavimo medžiagą nustatyta, kad įstrižo darbinio paviršiaus skersinės juostos, spragilo smūgio metu, sąlygoja burbuolės pasukimą 20–30° kampu apie savo ašį. Išanalizavus laikotarpius nuo spragilo kontakto su burbuole pradžios (I-oji spragilo padėtis) iki mažiausio tarpo tarp spragilo ir pobūgnio skersinės juostos viršaus (II-oji spragilo padėtis) stebėtos panašios tendencijos (3, 5, 7 pav.) kaip ir aukščiau aprašyto viso smūgio trukmės.

Priklausomai nuo būgno ir pobūgnio konstrukcijų bei nustatyto tarpo tarp būgno spragilų ir pobūgnio, didžiausias atstumas nuo pobūgnio išilginių virbų (žemiausia burbuolės padėtis) iki būgno tarpspragilio siekia 100 mm. Ankstesniais tyrimais nustatyta (Steponavičius *et al.*, 2017), kad po spragilo smūgio burbuolė kyla į viršų iki tol kol į ją atsitrenkia tarpspragilis ar spragilas. Todėl burbuolės elgsenos po spragilo smūgio analizės rezultatai galėtų būti pritaikyti optimizuojant būgno tarpspragilių formą. Tam reikia įvertinti burbuolės skersmenį, jos kilimo aukštyn greitį ir laiką bei spragilo judėjimo greitį.

Tyrimais nustatyta, kad po spragilo kontakto su burbuole jos kilimo aukštyn trukmė, didinant spragilo linijinį greitį nuo 12 iki 17 m s⁻¹, trumpėja: į 10 mm aukštį burbuolei pakilti reikia nuo 15,2±5,53 s, iki 8,76±1,74 s, naudojant užapvalinto darbinio paviršiaus juostą (4 pav.), nuo 21,7±4,59 s iki 14,52±2,47 s – 28 laipsnių įstrižo darbinio paviršiaus juostą (6 pav.) bei nuo 21,95±6,21 s iki 12,67±1,94 s – 36 laipsnių įstrižo darbinio paviršiaus juostą (8 pav.). Esant mažesniems (12–13 m s⁻¹) spragilo greičiams burbuolės kilimo greitis siekia 0,5 m s⁻¹, o didesniems (16–17 m s⁻¹) – 1 m s⁻¹.

Išvados

1. Didinant spragilo linijinį greitį, nuo 12 iki 17 m s⁻¹, laipsniškai trumpėja spragilo smūgio burbuolei trukmė nuo 5,49±0,56 s iki 3,52±0,22 s, naudojant užapvalinto darbinio paviršiaus pobūgnio skersinę juostą.
2. Smūgio trukmę sąlygoja pobūgnio skersinės juostos forma. Lyginant užapvalinto darbinio paviršiaus skersinę juostą su 36° posvyrio kampo juosta

skirtumas nebuvo žymus, o 28° juosta sąlygojo apie 10 % ilgesnius spragilo smūgius burbuolei.

3. Dėl ilgesnės spragilo smūgio kukurūzų burbuolei trukmės, naudojant 28° įstrižo darbinio paviršiaus juostą, tikėtina, jog kūlimas vyks tolygiau ir efektyviau nei naudojant užapvalinto darbinio paviršiaus skersinę juostą.
4. Po spragilo kontakto su burbuole jos kilimo aukštyn trukmė, didinant spragilo greitį nuo 12 iki 17 m s⁻¹, sutrumpėja beveik dvigubai.

Literatūra

1. Anušauskas, J., Steponavičius, D., Pužauskas, E., Bimbiris, A. 2017. Pobūgnio skersinės juostos formos įtaka kukurūzų grūdų iškūlimui spragilo smūgio poveikyje *Agroinžinerija ir energetika*: ASU ŽŪIF ir Lietuvos ž. ū. inžinierių sąjungos mokslo ir gamybos žurnalas. Nr. 22, p. 81–85.
2. Kiniulis, V., Steponavičius, D., Andriušis, A., Kemzūraitė, A., Jovarauskas, D. 2017. Corn ear threshing performance of filler-plate-covered threshing cylinders. *Mechanika*. 23(5): 714-722.
3. Miodragovic, R.; Djevic, M. 2006. Contemporary combine harvesters in corn harvesting. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*. 4(3): 199–206.
4. Paulsen, M. R.; Pinto, F. A. C.; de Sena Jr., D. G.; Zandonadi, R. S.; Ruffato, S.; Gomide Costa, A.; Ragagnin, V. A.; Danao, M.-G. C. 2014. Measurement of combine losses for corn and soybeans in Brazil. *Applied Engineering in Agriculture*. 30(6): 841–855.
5. Petkevichius, S.; Shpokas, L.; Kutzbach, H.-D. 2008. Investigation of the maize ear threshing process. *Biosystems Engineering*. 99: 532–539.
6. Pužauskas, E. 2018. *Kuliamų kukurūzų burbuolių judėjimo pobūgnio paviršiumi ir grūdų separacijos procesų analizė*. Daktaro disertacija. Kaunas. 100 p.
7. Steponavičius, D.; Kemzūraitė, A.; Kiniulis, V.; Zokaitis, K. 2017. Analysis of corn ears movement within the threshing crescent using high-speed recording method. *Journal of Measurements in Engineering*. 5(4): 240–248.
8. Stončius, V., Steponavičius, D., Pužauskas, E. 2015. Pobūgnio skersinės juostos įtaka kukurūzų burbulės elgsenai spragilo smūgio poveikyje. *Agroinžinerija ir energetika*. Kaunas–Akademija, Nr. 20, p. 82–87.
9. Špokas, L.; Steponavičius, D.; Butkus, V.; Kiniulis, V. 2013. Substantiation of the rational technological parameters for threshing high-moisture corn ears. In: Maziliauskas A (ed) *Proc 4th Int. Conf. Rural Development 6(3)*. Akademija, Lithuania, pp. 139–146.

Santrauka

Ekperimentiniai tyrimai atlikti 2018 metais Žemės ūkio mašinų technologinių procesų tyrimų laboratorijoje naudojantis stacionariu tangentiniu kūlimo stendu, kurio kūlimo būgno skersmuo yra 0,8 m. Prieš tyrimus buvo nustatytas 35 mm tarpas tarp spragilo ir burbulės apačios (stalo paviršiaus). Spragilo linijinis greitis (12,0–17,0 m s⁻¹) buvo nustatytas įtampos dažnio keitikliu. Tyrimai atlikti su trimis skirtingų formų (8 mm aukščio) pobūgnio skersinėmis juostomis, kurios montuojamos stende. Nustatyta, kad didinant spragilo greitį trumpėja spragilo ir burbulės sąveikos trukmė. Kitimo pobūdis nebuvo tiesinis, todėl $t=f(v)$ priklausomybės aproksimuotas laipsninėmis kreivėmis, kurių determinacijos koeficientai R^2 buvo didesni nei 0,96. Spragilo, kukurūzų burbulės ir pobūgnio skersinės juostos sąveika (smūgis), didinant spragilo linijinį greitį nuo 12 iki 17 m s⁻¹, sutrumpėja: naudojant užapvalinto darbinio paviršiaus juostą nuo 5,49±0,56 s iki 3,52±0,22 s, įstrižo darbinio paviršiaus 28 laipsnių juostą – nuo 5,70±0,63 s iki 4,12±0,25 s, o 36 laipsnių kampo įstrižo darbinio paviršiaus – nuo 4,92±0,63 s iki 3,78±0,34 s. Smūgio trukmę sąlygoja ne tik spragilo greitis, bet ir pobūgnio skersinės juostos forma. Jei lyginant užapvalinto darbinio paviršiaus skersinę juostą su 36° posvyrio kampo juosta skirtumas nebuvo žymus, tai 28° juosta sąlygojo apie 10 % ilgesnius spragilo smūgius burbuolei. Po spragilo kontakto su bur-

buole jos kilimo aukštyn trukmė, didinant spragilo greitį nuo 12 iki 17 m s⁻¹, sutrumpėja beveik dvigubai.

THE BEHAVIOUR OF CORN EAR DURING AND AFTER RASP BARS IMPACT

Summary

The experimental research was conducted in 2018 at the Laboratory for Analysis of Technological Processes of Agricultural Machinery using a stationary tangential single-cylinder threshing unit with one rasp bar and the cylinder diameter of 0.8 m. The clearance has been set between the rasp bar and the bottom of the ear (table surface) was 35 mm. The linear speed of rasp bar (12.0–17.0 m s⁻¹) was set by the voltage frequency converter. The crossbars to be installed into the threshing unit for the research were three different shapes. It has been found that the duration of the interaction between the rasp bar and the ear is reduced by increasing the speed of the rasp bar. The nature of the change was not linear, so the dependencies $t=f(v)$ were approximated by power curves with the determination coefficients R^2 greater than 0.96. Interaction (stroke) of rasp bar, corn ear and concave crossbar increasing the linear speed from 12 to 17 m s⁻¹, shortens: using a rounded working surface concave crossbar from 5.49±0.56 s to 3.52±0.22 s oblique working surface of 28 degrees from 5.70±0.63 s to 4.12±0.25 s, and the 36-degree oblique working surface from 4.92±0.63 s to 3.78±0.34 s. The duration of the impact is determined not only by the speed of the rasp bar, but also by the shape of the concave crossbar. The difference between the rounded working surface crossbar and the 36° angle working surface crossbar was not significant, but the 28° angle working surface crossbar caused about the 10% longer impact duration. After rasp bar contact with corn ear, its uplift time by increasing rasp bar speed from 12 to 17 m s⁻¹, shortens almost twice.

Audrius Adomėlis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 625 48 534, el. paštas: audrius2548@gmail.com

Valdas Kiniulis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, doktorantas; tel. +370 616 05 470, el. paštas: Valdas.Kiniulis@gmail.com

Augustinas Bimbiris – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 622 08660, el. paštas: augustinas.bimbiris@gmail.com

Dainius Steponavičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, prof. dr., tel. +370 674 27 721, el. paštas: Dainius.Steponavicius@vdu.lt

VARIKLINĖS ALYVOS UŽTERŠTUMO TYRIMAS

Arvydas Pauliukas, Eligijus Buzas

Ivadas

Transporto priemonės ir įranga susiduria su alyvos užteršimu, kuris gali sukelti pernelyg didelį susidėvėjimą, nepatikimą veikimą ar visišką gedimą [1]. Šiuos žalingus teršalus sudaro patenkančios dulkės, purvas, rūdys ir nusidėvėjimo bei mikrobiologinio vystymosi dalelės. Variklinė alyva užteršiama įvairiais nesusdegusių degalų, vandens, rūgščių, tepale ir kure esančių priemaišų, deginimo šalutinių produktų susidariusių variklyje junginiais, dėl kurių susidaro dumblas. Alyva iš siurblio keliauja per alyvos filtrą, kurio paskirtis – pašalinti bet kokias priemaišas, kurios gali sugadinti variklio guolius.

Tyrimų tikslas. Nustatyti atidirbusios ir papildomai centrifuguotos variklinės alyvos užterštumo pokyčius.

Tyrimų uždavinys. Išvalyti naudotą variklinę alyvą ir atlikti užterštumo prieš ir po valymo tyrimą.

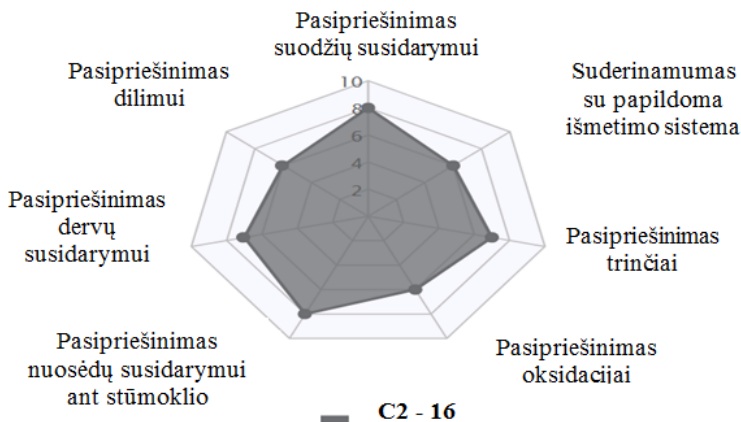
Tyrimų objektas ir metodika

Išvalytos alyvos vertinimo tyrimui atlikti buvo naudojamos skirtingos alyvos:

- variklinė alyva **0W-30**, ACEA C2, prigimtis IV klasės bazinė sintetinė alyva (API)
- variklinė alyva **5W-30**, ACEA C3, prigimtis III klasės mineralinė bazinė alyva (API)

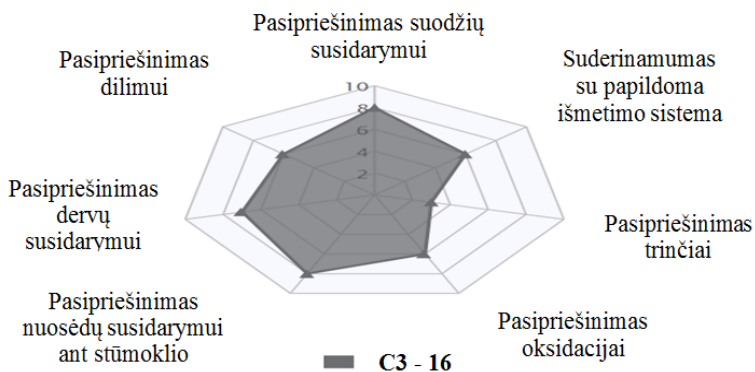
Pirmajam–trečiajam bandymui naudota alyva gaminama iš cheminiu būdu gautos bazinės sintetinės alyvos (Polialfaolefinų). Ji pasižymi dideliu klampos indeksu (>120), turi mažą lakumą, žemą stingimo temperatūrą, didelį termooksidacinį stabilumą.

Ketvirtoji ir penktoji alyvos gaminamos iš gilaus valymo bei hidropceso būdu apdorotos mineralinės bazinės alyvos, tačiau dažnai komerciniais tikslais vadinama pusiausintetine alyva. Ši alyva pasižymi dideliu stabilumu, atsparumu nuosėdų bei suodžių susidarymui, pasipriešinimu dilimui, suderinamumui su papildomomis išmetimo sistemomis, tačiau nedideliu pasipriešinimu trinčiai (2 pav.) [2, 3].



1 pav. Variklinės alyvos 0W-30, ACEA C2 specifikacija [3]

Remiantis „Lubrizol“ sudarytu alyvos vertinimu, ši alyva pasižymi dideliu trinties mažinimu (degalų taupymu), atsparumu nuosėdų bei suodžių susidarymui, atsparumu dilymui, suderinamumu su papildomais (turbokompresorius) išmetimo sistemos elementais (1 pav.) [3, 4].



2 pav. Variklinės alyvos 5W-30, ACEA C3 specifikacija [3]

Palyginę 1 ir 2 pav. matome vieną didesnę skirtumą, tai yra pasipriešinimas trinčiais.

Atliekant bandymus buvo naudojamas išcentrinio valymo filtras. Standartinis alyvos filtras nesulaiko daugumos suodžių ir kietųjų dalelių. Šiandienos varikliuose yra (vadinami) pilno srauto alyvos filtrai. Šie filtrai paprastai filtruoja didesnes negu 25 mikronų daleles. Filtravimas 25 mikronų dalelių yra tik 80 % efektyvus, tai reiškia, kad 20 % dalelių, mažesnių nei 25 mikronų dalelės nesulaikomos ir vėl gražinamos į variklio tepimo sistemą. Alyvos plėvelės storis tarp variklio komponentų yra nuo 5 iki 20 mikronų. SAE duomenimis, 4 mikronų dalelės gali sukelti iki 77 % variklio nusidėvėjimo [4]. Alyvos išcentrinis filtras gerai pašalina kietąsias daleles nuo 1 mikrono dydžio ir niekada neturi būti pakeistas. Nešvari alyva patenka į

tuščiavidurį centrinį veleną, turintį skyles aplink jo periferiją Centriniam veleno esanti nešvari alyva patenka į atskyrimo kamerą esant slėgiu nuo 3 iki 7 bar. Alyva atitekėdama per ašies skyles užpildo rotorius kamerą, o ištekėdama per antgalius išvysto rotorius sukimašį siekiantį iki 8000 aps./min. Toks sukimosi dažnis sukuria jėgą, verčiančią daleles judėti prie rotorius korpuso išorės. Sukuriama išcentrinė jėga, galinti būti daugiau negu 3 000 kartų didesnė už gravitacijos, kuri atskiria teršalus nuo alyvos. Didesnio, negu alyvos, tankio dalelės migruoja radialiai į išorę ir susikaupia aplink rotorius vidinę sienelę. Švari alyva grįžta į rezervuarą. Svarbu, kad alyva pasiektų išcentrinį filtrą optimaliomis sąlygomis. Alyva turi būti karšta, kad klampumas būtų mažiausias ir tiekama reikalingu slėgiu, tada išcentrinis filtru rotorius suktųsi greičiausiai [5, 6].

Naudojant išcentrinio valymo metodą, padidėja alyvos keitimo intervalai ir pašalinamos visos filtravimo elemento įsigijimo sąnaudos. Filtras pašalina mikronines (nuo 0,8 mikrono) nusidėvėjimo daleles išvalydamas alyvą geriau nei įprastiniai filtrai (nuo 25 mikronų).

Tyrimui atlikti buvo renkami alyvos mėginiai iš įvairių markių automobilių, kurie buvo eksploatuojami apie 15000 km. Automobiliui atvykus atlikti techninį aptarnavimą, keičiant alyvą, buvo paimama atidirbusi alyva. Bandiniai buvo sunumeruoti, paimti mėginiai ir kiekvienas bandinys buvo pilamas į išcentrinio valymo stendą. Kiekvienas bandinys buvo valomas 7 val., po to išleidžiamas į indą, leidžiama jam atvėsti ir tada imamas mėginys. Abiejų mėginių lašeliai uždedami ant mikroskopo staliuko stiklo ir žiūrint per mikroskopą MBI-6 skaičiuojamos likusios matomos dalelės.

Tyrimo rezultatai

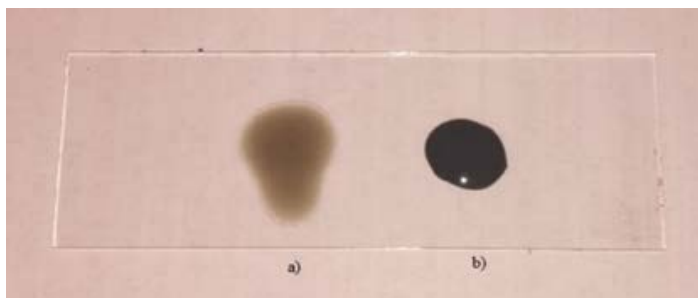
Atlikus alyvos valymus su išcentrinio valymo filtru ir po alyvos stebėjimo per persviečiamo tipo mikroskopą vaizdą padidinus 112 kartų, gauti rezultatai pateikti 1 lentelėje. Buvo išvalyti penkių skirtingų automobilių alyvos bandiniai. Visų mėginių buvo tiriami po 3 zonas ir pateikiamas vidurkis. Mėginiuose paimtuose iš nevalytų alyvų bandinių buvo matomos tik pilkos dėmės, nes alyvos yra ganėtinai tankiai užterštos ir padidinus tik 112 kartų nebuvo matomos atskiros esančios dalelės, nes viena kitą dengė.

1 lentelė. Mėginiuose esančių dalelių ir oro burbuliukų kiekis išvalytoje alyvoje

Išvalyta alyva	1 mėginys	2 mėginys	3 mėginys	4 mėginys	5 mėginys
Matomų dalelių sk.	1 – (1 mm dydžio)	-	-	3 – (1–3 mm dydžio)	7 – (3 mm dydžio)
Matomų oro burbuliukų sk.	4	-	3	1	1

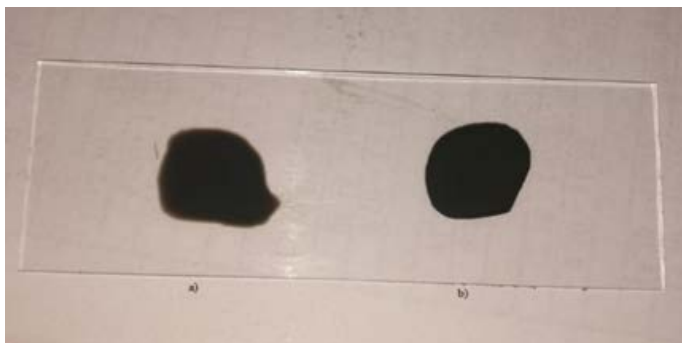
Įvertinus tirtos zonos dydį, galime teigti, kad nevalytoje alyvoje yra mažiau kaip 15 dalelių. Panaudojus rezultatus pateiktus 1 lentelėje, matome, kad išcentrinis filtras gali išvalyti alyvą 7 kartus geriau.

Visi mėginiai visi mėginiai prieš ir po valymo buvo fotografuojami. Paveikslėliuose 3 ir 4 pateikiamos sintetinių ir pusiau sintetinių, išvalytų ir nevalytų alyvų mėginių fotografijos. Nuotraukose matomas alyvos skaidrumo skirtumas. Išvalymo kokybę įtakoja alyvos rūšis ir automobilio detalių susidėvėjimas.



3 pav. Išvalytos (a) ir nevalytos (b) sintetinės alyvos mėginių vaizdai

Paveikslėlyje 3 plika akimi matomas charakteringas skirtumas sintetinių alyvų.



4 pav. Išvalytos (a) ir nevalytos (b) pusiau sintetinės alyvos mėginių vaizdai

Nuotraukose pateiktose 3 ir 4 pav. matomas alyvų skaidrumo skirtumas. Išvalymo kokybę įtakoja alyvos rūšis ir automobilio detalių susidėvėjimas.

Išvados

1. Išvalytoje alyvoje matomas skirtumas, visos stambios ir kietos dalelės pašalintos iš alyvos. Alyvoje po valymo liko tik smulkios dalelės nedidesnės nei 3 mm.
2. Išvalytų alyvų skaidrumas skiriasi nors ir visi mėginiai buvo valomi išcentrinio valymo filtru po 7 val. Skirtumui daro įtaką alyvos kokybė bei automobilių detalių susidėvėjimas.
3. Išcentrinio valymo alyva išvaloma vidutiniškai 7 kartus geriau, negu paprastu alyvos filtru, kurie šiuo metu dažniausiai montuojami automobiliuose.

4. Išcentrinio filtro naudojimas prailgina alyvos eksploatavimo laiką. Nereikia keisti alyvos filtro, nes naudojant centrinio valymo filtrą užtenka išvalyti susikaupusius nešvarumus ir galima toliau jį eksploatuoti.

Literatūra

1. Internetinė svetainė: <https://conceptfiltration.co.za/centrifugal-oil-filter/>
2. Internetinė svetainė: <https://www.machinerylubrication.com/Read/1347/centrifuge-contaminants>
3. Internetinė svetainė: Šlevinskas M. Variklinės alyvos tribologinių savybių kitimas eksploatacijos metu. Magistrantūros studijų baigiamasis darbas 2016.- ASU, 46 p.
4. Internetinė svetainė: <https://online.lubrizol.com/relperftool/pc.html>
5. Internetinė svetainė: <http://www.q-service.lt/naujienos/alyvos-filtrai-2/>
6. Stanislovas B. *Automobilių sandara ir priežiūra*. Mokomoji knyga. 2008, Generolo Jono Žemaičio Lietuvos Karo Akademija, 188 p.

ENGINE OIL CONTAMINATION RESEARCH

Summary

In this article a tribological assesement of two engine oils of different nature is presented. First one is an engine oil 0W-30 made of IV class basic synthetic oil. Second one is 5W-30 made of III class basic mineral oil. The principle of oil purification with a centrifugal cleaning filter and the principle of the operation of this filter. Clean each sample after 7 hours, it was allowed to cool in a centrifuge. After 7 hours take a portion of the sample and intervene under the microscope. The remaining solids and air bubbles was looking observed. The tests showed results showing a clear difference between the refined oil and the crude oil. The amount of remaining particles and air bubbles was low. This shows that cleaning the oil with a centrifugal filter is effective. Visual comparison of purified oil with crude oil is seen in 8pic.

Eligijus Buzas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 67341944, el. paštas: elygabuzas@gmail.com
Arvydas Pauliukas – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, lekt. dr.; tel. +370 67237504 el. paštas: arvydas.pauliukas@vdu.lt

MAISTO ATLIEKŲ IR NUOTEKŲ DUMBLO MIŠINIO BIODUJŲ GAMYBOS POTENCIALAS

Mindaugas Kanišauskas, Kęstutis Navickas

Įvadas

Atskirai surinkti maisto atliekas įpareigoja nacionaliniai teisės aktai ir Europos Sąjungos direktyvos. Lietuvos valstybinis atliekų tvarkymo planas numato, kad nuo 2019 metų visos maisto atliekos turi būti surenkamos atskirai didžiuosiuose miestuose, o Europos Sąjungos taisyklės reikalauja, kad nuo 2023 metų maisto atliekos atskirai būtų surenkamos visose urbanizuotose teritorijose [1]. Šiuo metu Lietuvos miestuose ir gyvenvietėse nedidelė dalis maisto gamybos atliekų surenkama ir kompostuojama. Gyventojų būstuose susidarančios virtuvės atliekos nesurenkamos, todėl patenka į buitines komunalines atliekas ir patenka į sąvartynus. Šiame darbe tiriama galimybė gyventojų maisto atliekas tiekti į miesto nuotekų valyklą ir gaminti biodujas.

Tyrimų tikslas: Nustatyti biodujų gamybos iš maisto atliekų iš nuotekų dumblo mišinio energinį potencialą.

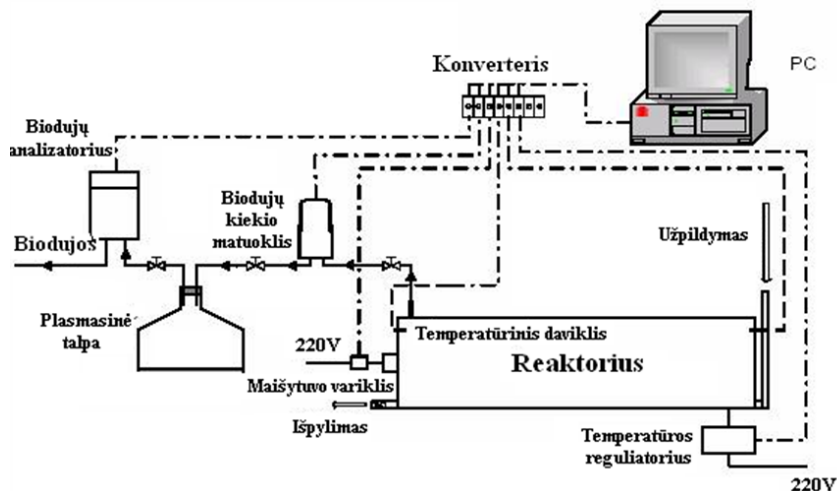
Tyrimo uždaviniai:

1. Eksperimentiniu būdu nustatyti nuotekų dumblo ir maisto atliekų mišinio biodujų išeigas ir sudėtį;
2. Nustatyti maisto atliekų kiekio mišinyje įtaką biodujų išeigai ir sudėčiai.

Tyrimo objektas ir metodika

Eksperimentiniai bandymai atlikti Vytauto Didžiojo universiteto biodujų laboratorijoje. Bandymams buvo naudojamas horizontalus reaktorius (1 pav.) su reaktoriaus parametrų matavimo bei valdymo sistema.

Reaktoriaus bendras tūris – 19 litrų, jame palaikoma mezofilinio proceso temperatūra 38,5–39,5 °C. Prieš tyrimo pradžią reaktorius užpildomas žaliu dumblu paimtu iš veikiančios nuotekų valyklos. Mišinys buvo maišomas maišyklė, pritvirtinta ant horizontalios ašies. Maišyklė sukama elektriniu varikliu, kontroliuojant maišymo intensyvumą ir trukmę. Pagamintų biodujų kiekis, matuojamos tūriniu dujų matuokliu. Gautos dujos nukreipiamos į 25 l plastikinę dujų kaupimo talpą ir kasdien analizuojama jų sudėtis analizatoriumi.



1 pav. Principinė laboratorinio anaerobinio biodujų reaktoriaus schema

Kiekvienai įkrovai nustatoma jos masė, medžiagos drėgnis, pelenų kiekis sausoje medžiagoje, apskaičiuojamas sausosios organinės medžiagos kiekis..

Biodujų išeigos iš perdirbamos biomasės masės, sausosios medžiagos ir sausosios organinės medžiagos masės vieneto b_M , b_{SM} , b_{SOM} , nustatomos pagal šias išraiškas [2]:

$$b_M = \frac{b_{dt}}{m}; \text{ Biomasės masės} \quad (1)$$

$$b_{SM} = \frac{b_{dt}}{m_{SM}}; \text{ Sausosios medžiagos} \quad (2)$$

$$b_{SOM} = \frac{b_{dt}}{m_{SOM}}; \text{ Organinės medžiagos masės vieneto} \quad (3)$$

- čia: b_{dt} – pagamintų biodujų kiekis per laikotarpį dt , l;
 m – perdirbamos biomasės masė, kg;
 m_{SM} – sausųjų medžiagų masė perdirbamoje biomasėje, kg;
 m_{SOM} – sausųjų organinių medžiagų masė perdirbamoje biomasėje, kg.

Ekspirimentinis tyrimas buvo atliekamas 28 paras ir suskirstytas į 4 etapus po 7 paras. Pasirinktų žaliavų įkrova buvo atliekama kiekvieną parą. Pirmajame etape kasdien į bioreaktorių buvo į kraunama 1 kg nuotekų dumblo. Šis kiekis pasirinktas imituojant veikiančios nuotekų valyklos apkrovas. Antrajame etape 1 kg nuotekų dumblo buvo sumaišomas su 22,9 g virtuvės atliekų. Virtuvės atliekų kiekis buvo pasirinktas priimant, kad į nuotekų valyklą pateks vienas trečdalis mieste susidarantių maisto atliekų. Antrajame etape naudotas 1 kg nuotekų dumblo ir 45,8 g virtuvės atliekų mišinys, priimant, kad į nuotekų valyklą pateks du trečdaliai mieste susidarantių maisto atliekų. Trečiajame etape į 1 kg nuotekų dumblo buvo pridėdama su 69,3 g virtuvės atliekų, priimant, kad visos mieste susidaranti maisto atliekos pateks į nuotekų valyklą ir bus panaudotos biodujų gamybai.

Šių žaliavų sudėtis pateikta 1 lentelėje [3].

1 lentelė. Tyrimui naudotų žaliavų sudėtis

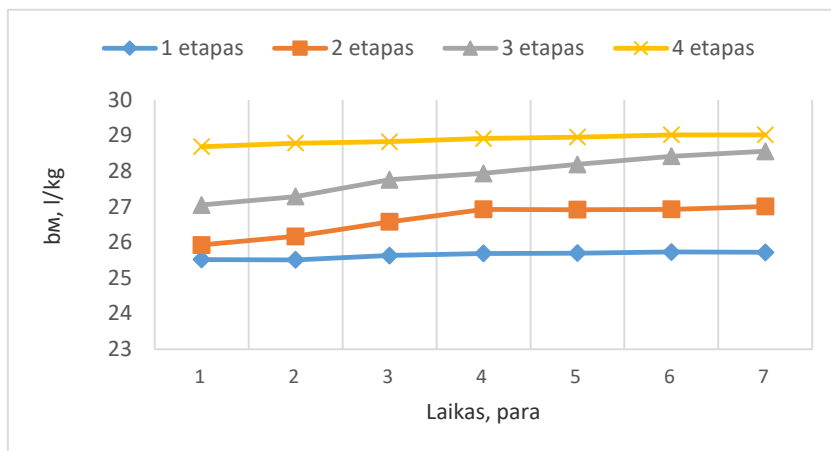
Žaliava	Tyrimų parametrų pavadinimas	Rezultatas	Tyrimo metodai
Virtuvės atliekos	Sausos medžiagos %	18,98	LST EN 12880:2002
	Organinė medžiaga %	17,13	LST EN 15169:2007
Nuotekų dumblas	Sausos medžiagos %	6,22	LST EN 12880:2002
	Organinė medžiaga %	5,10	LST EN 15169:2007
2 etapo mišinys	Sausos medžiagos %	6,51	Apskaičiuota
	Organinė medžiaga %	5,35	Apskaičiuota
3 etapo mišinys	Sausos medžiagos %	6,78	Apskaičiuota
	Organinė medžiaga %	5,58	Apskaičiuota
4 etapo mišinys	Sausos medžiagos %	7,05	Apskaičiuota
	Organinė medžiaga %	5,82	Apskaičiuota

Nustatant organinės medžiagos įkrovos masę, svėrimams naudotos elektroninės svarstyklės „BH-300“. Svėrimo nukrypimai neviršijo $\pm 0,01$ g. Sausųjų medžiagų (SM) bei sausųjų organinių medžiagų (SOM) kiekiai pateikti 1 lentelėje.

Tyrimų rezultatai

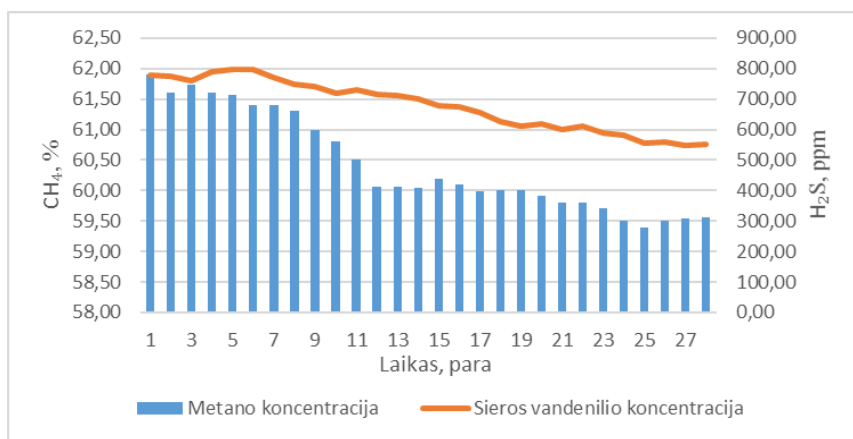
Pirmajame tyrimų etape tyrimams buvo siekiama nustatyti nuotekų dumblo biodujų išėigą. Buvo pastebėtas stabilus biodujų gavybos procesas, kurio metu gauta vidutinė biodujų išėiga siekė 25,5 l/kg žaliavos (2 pav.). Biodujų sudėtyje nustatyta 61,5 % metano koncentracija (3 pav.). Šiame etape sieros vandenilio (H₂S) koncentracija biodujose siekė 800 ppm (3 pav.).

Antrajame etape. buvo pastebėta, kad biodujų išėiga palaipsniui kilo iki 4 pa-ros, vėliau stabilizavosi, išėiga buvo 27,0 l/kg žaliavos (2 pav.). Biodujų sudėtyje nustatyta 60 % metano koncentracija (3 pav.). Šiame etape sieros vandenilio koncentracija biodujose siekė 700 ppm (3 pav.).



2 pav. Biodujų išeišgos dinamika, taikant skirtingus virtuvės atliekų ir nuotekų dumblo mišinius

Trečiajame etape nuo nustatyta, kad biodujų išeišga palaipsniui kilo visas 7 paras nuo 27,0 iki 28,5 l/kg žaliavos (2 pav.). Biodujų sudėtyje nustatyta 60 % metano koncentracija (3 pav.). Šiame etape sieros vandenilio koncentracija biodujose siekė 600 ppm (3 pav.).



3 pav. Gautų biodujų sudėties pokyčiai tyrimo metu

Paskutiniame etape pastebėta, kad biodujų išeišga palaipsniui kilo iki 5 paras, vėliau stabilizavosi ir pasiekė 29 l/kg žaliavos, tai yra 16 % daugiau negu pirmame etape (2 pav.). Biodujų sudėtyje nustatyta 59,5 % metano koncentracija, 2 % mažesnė už pirmojo etapo (3 pav.). Šiame etape sieros vandenilio koncentracija biodujose siekė 550–600 ppm ir sumažėjo 33 % lyginant su pirmuoju etapu (3 pav.).

Išvados

1. Tyrimo metu didžiausia metano (CH₄) koncentracija buvo nustatyta pirmame etape, ji siekė 61,5 %, o sieros vandenilio (H₂S) koncentracija siekė 800 ppm. Eksperimento metu nustatyta didžiausia biodujų išeišga buvo ketvirtame etape:

- 29 l/kg žaliavos. Taip pat nustatyta, kad 4-tame etape sieros vandenilio koncentracija buvo mažiausia. Lyginant ketvirtą etapą su pirmu, buvo pagaminta 16 % daugiau biodujų.
2. Po eksperimentinio tyrimo nustatyta, kad maisto atliekų ir nuotekų dumblo mišinio biodujų gamybos potencialas yra efektyvus, bei įgyvendinant nacionalinius teisės aktus viena iš alternatyvų maisto atliekas tiekti į nuotekų valyklą.

Literatūra

1. Valstybinis strateginis atliekų tvarkymo planas. [Žiūrėta 2019-02-20]. Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.164386?jfwid=1clcwotni6>>.
2. Navickas K., Župerka V., Venslauskas K. Gyvūninės kilmės šalutinių produktų anaerobinis perdirbimas į biodujas. LŽŪU. Akademija, 2007.
3. Mišrių komunalinių atliekų sudėties tyrimai ir biologiškai skaidžių atliekų vertinimas. [Žiūrėta 2019-02-15]. Prieiga per internetą: <<http://atliekos.gamta.lt/cms/index?rubricId=dd43d07e-1697-428b-9b05-2c418e5047b6>>.

Santrauka

Šiuo tyrimu buvo eksperimentiškai nustatytas biodujų gamybos iš nuotekų dumblo ir virtuvės atliekų mišinio efektyvumas. Tyrimai atlikti Vytauto Didžiojo universiteto energetikos ir biotechnologijų inžinerijos instituto biodujų laboratorijoje. Tyrimai atlikti 19 litrų vertikaliuose reaktoriuose, taikant nuolatinę žaliavų įkrovą ir palaikant mezofilinę $39\pm 0,5$ °C temperatūra. Nuotekų dumblo ir virtuvės atliekų mišinys padidino biodujų išėigą 16 %.

BIOGAS YIELD POTENTIAL FROM SEWAGE SLUDGE AND MIXTURES WITH KITCHEN WASTE

Summary

The research aim was to experimentally evaluate the efficiency of biogas production from sewage sludge and mixtures with kitchen waste. The investigations were carried in VDU Institute of Energy and Biotechnology Engineering, Biogas Laboratory. The investigation of biogas production was conducted in 19 liters vertical digester applying continuous feeding state. The reactor was maintained at a constant mesophilic 39 ± 0.5 °C temperature. The mixture of kitchen waste with sewage sludge has increased biogas yields by 16%.

Mindaugas Kanišauskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas, tel. +370 693 09988, el. paštas: kanisaukas@mindaugas@gmail.com.
Kęstutis Navickas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, prof. dr., tel. 8 37 752219, el. pastas: Kestutis.Navickas@vdu.lt

REIKALAVIMAI STRAIPSNIAM ŽURNALE „AGROINŽINERIJA IR ENERGETIKA“

1. Apimtis – 4 pilni mašinraščio puslapiai (A4). Pateikti atspausdintą ir elektroninę versijas.
2. Straipsnio struktūra: pavadinimas, autoriaus vardas ir pavardė, įvadas, tyrimų tikslas, uždaviniai, objektas ir metodika, rezultatai, išvados, literatūra, santrauka (nuo 400 iki 600 spaudos ženklų) lietuvių ir anglų kalba.
3. Reikalavimai tekstui:
 - straipsnis turi būti parengtos Microsoft Word programa, Times New Roman šriftu;
 - paraštės: iš viršaus – 3,5 cm, iš apačios – 6 cm, iš kairės – 2 cm, iš dešinės – 6 cm;
 - straipsnio pavadinimas (14 pt, Bold), didžiosiomis raidėmis;
 - autoriaus vardas ir pavardė (12 pt,) Italic;
 - tekstas 1 intervalo (single) eilėtarpiu (12 pt.);
 - literatūra, santrauka ir summary (10 pt.);
 - straipsnio pavadinimas, autorių vardai ir pavardės, skyrių pavadinimai rašomi centre vienos eilutės tarpu.
4. Iliustracijų pavadinimai rašomi 10 pt šriftu.
5. Straipsnio pabaigoje pateikiama informacija apie autorių (autorius), kurioje nurodoma: vardas, pavardė, mokslo vardas, mokslinis laipsnis, darbovietė, pareigos, telefonas, el. paštas (10 pt;).
6. Už straipsnyje pateiktas žinias atsako autoriai (spaudai pateikiamo kūrinio autorių pasirašytas garantinis raštas).
7. Darbą recenzuoja redakcinės kolegijos paskirtas recenzentas.
8. Recenzentui pateikiamas atspausdinto straipsnio 1 egzempliorius, pasirašytas autorių. Jei straipsnio autorius yra magistrantas ir jo baigiamojo darbo vadovas nėra bendraautorius, būtinas vadovo parašas, patvirtinantis suderinimą.
9. Atspausdinus straipsnį, jo santrauka lietuvių ir anglų kalbomis viešinama fakulteto internetiniame puslapyje.

LEIDINĮ MAKETAVO: Aldona Bagdonienė

2019 04 23. Tiražas 50 egz. Užsakymo Nr. K19-030
Išleido ir spausdino Vytauto Didžiojo universitetas
K. Donelaičio g. 58, LT-44248, Kaunas
www.vdu.lt | leidyba@vdu.lt