



ISSN 1392-8244 (spausdintas)

ISSN 2669-1728 (internetinis)

<https://doi.org/10.15544/2669-1728.2021.26>

AGROINŽINERIJA IR ENERGETIKA

Nr. 26. 2021

VDU ŽŪA Žemės ūkio
inžinerijos fakulteto
mokslo populiarinimo
žurnalas



ISSN 1392-8244 (spausdintas)
ISSN 2669-1728 (internetinis)
<https://doi.org/10.15544/2669-1728.2021.26>

**Vytauto Didžiojo universiteto
Žemės ūkio akademija**

Agroinžinerija ir energetika

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

Nr. 26



Kaunas, 2021

REDAKTORIŲ KOLEGIJA

Doc. dr. Rolandas Domeika, doc. dr. Jonas Čėsna, prof. 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, 53361 Akademija, 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).

© Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija, 2021

© Vytauto Didžiojo universitetas, 2021

Leidinio straipsnių recenzentai:

Prof. dr. Rolandas Bleizgys
Prof. dr. Vytenis Jankauskas
Prof. dr. Stasys Slavinskas
Prof. dr. Juozas Padgurskas
Prof. dr. Eglė Jotautienė
Prof. dr. Kęstutis Navickas
Prof. dr. Algirdas Jasinskas
Prof. dr. Algirdas Janulevičius
Doc. dr. Jonas Čėsna
Doc. dr. Rolandas Domeika
Doc. dr. Audrius Žunda
Doc. dr. Gediminas Vasiliauskas
Doc. dr. Antanas Kavolynas
Doc. dr. Egidijus Zvicevičius
Doc. dr. Remigijus Zinkevičius
Doc. dr. Sigitas Petkevičius
Doc. dr. Edvardas Vaiciukevičius
Doc. dr. Kęstutis Venslauskas
Doc. dr. Gediminas Pupinis
Lekt. dr. Arvydas Pauliukas
Lekt. dr. Tomas Mickevičius
Lekt. dr. Kristina Lekavičienė
Lekt. dr. Vilma Naujokienė
Lekt. dr. Indrė Bagdonienė
Lekt. dr. Simona Paulikienė

TURINYS

Liutauras Grigas, Stasys Slavinskas. UŽDEGIMO SISTEMOS SUTRIKIMŲ ĮTAKA VARIKLIO DEGINIŲ EMISIJAI	6
Justas Mulokas, Dainius Steponavičius. DIRVOŽEMIO ELEKTRINIO LAIDUMO MATAVIMO ĮRENGINIŲ TYRIMAI	11
Šarūnas Kraujutaitis, Kęstutis Venslauskas. SAULĖS ELEKTRINĖS SU HIBRIDINIAIS FOTOMODULIAIS TYRIMAS	17
Mindaugas Naujokas, Arvydas Pauliukas, Albinas Andriušis. IŠCENTRINIO ALYVOS VALYTUVO TYRIMAS	21
Adomas Lekavičius, Rolandas Bleizgys. AMONIAKO GARAVIMO INTENSYVUMAS IŠ GALVIJŲ MĖŠLO, PASKLEISTO ANT ĮVAIRIŲ PAVIRŠIŲ	26
Povilas Budėnas, Kęstutis Navickas. ELEKTROS ENERGIJOS KOKYBĖ SKIRSTOMAJAME 0,4 kV TINKLE SU INTEGRUOTOMIS SAULĖS ELEKTRINĖMIS	31
Andrius Pakštaitis, Algirdas Janulevičius. TRAŠŲ SANDĖLIAVIMO IR KROVIMO TYRIMAS AB „LIFOSA“	37
Tomas Jakevičius, Stasys Slavinskas. VAŽIAVIMO CIKLŲ ĮTAKA DEGALŲ SAŃNAUDOMS IR DEGINIŲ EMISIJAI	42
Remigijus Norkevičius, Dainius Steponavičius. SPRAGILO SMŪGIO VIETOS Į KUKURŪŽŲ BURBUOLĘ ĮTAKA GRŪDŲ IŠKULIAMUMUI IR SUŽALOJAMUMUI	47
Skirmantas Trečiokas, Dainius Steponavičius. POBŪGNĮ VEIKIANČIŲ DINAMINIŲ JĖGŲ TYRIMAS SPRAGILO SMŪGIO Į KUKURŪŽŲ BURBUOLĘ METU	55
Arnas Lukošius, Kęstutis Venslauskas. MAŽOS GALIOS SAVONIJAUS ROTORIAUS VĖJO JĖGAINĖS TYRIMAS	62
Adomas Česnakas, Eglė Jotautienė, Antanas Juostas. FERMENTUOTŲ ORGANINIŲ GRANULIŲ PRECIZINIO IŠBARSTYMO TYRIMAI	66
Salem Mohab Maher Mahmoud Elsayed. ENERGY EFFICIENCY OF RESIDENTIAL HEATING SYSTEMS	73
Dalius Jonuška, Antanas Kavolyna. ŠILUMOS AKUMULIAVIMAS NAUDOJANT FAZINIO VIRSMO MEDŽIAGAS	78
Ignas Daunoras, Tomas Mickevičius. BIODEGALŲ MIŠINIAIS VEIKIANČIO DYZELINIO VARIKLIO DARBO RODIKLIŲ TYRIMAS	85
Elanas Šernas, Kęstutis Venslauskas. MAŽOS GALIOS VĖJO JĖGAINĖS EFEKTYVUMO DIDINIMAS	91

Tautvydas Žibūda, Remigijus Zinkevičius. KIRTIMO ATLIEKŲ IR MALKINĖS MEDIENOS IŠTRAUKIMO TECHNOLOGINIO PROCESO PALYGINAMIEJI TYRIMAI SKIRTINGOSE AUGAVIETĖSE.....	96
Mantas Svaldenis, Egidijus Buivydas, Bronius Žalys, Kęstutis Navickas. PAUKŠČIŲ MĖŠLO IR RIEBALINIŲ ATLIEKŲ PERDIRBIMO Į BIODUJAS GALIMYBIŲ TYRIMAS	100
Mažvydas Vazgys, Egidijus Zvicevičius. PLUOŠTINIŲ KANAPIŲ (<i>CANNABIS SATIVA</i> L.) TERMINĖS DEGRADACIJOS BEDEGUONINĖJE APLINKOJE TYRIMAI ..	105
Osvaldas Jugaitis, Stasys Slavinskas. BENZINO IR BIOBUTANOLIO MIŠINIAIS VEIKIANČIO VARIKLIO DARBO RODIKLIŲ IR DEGINIŲ EMISIJOS TYRIMAS	110
Paulius Meiliūnas, Jonas Čėsna. ROBOTIZUOTOS KARVIDĖS TECHNOLOGINIŲ ĮRENGINIŲ ENERGETINIS TYRIMAS.....	115
Povilas Vidžiūnas, Arvydas Pauliukas. VARIKLIO PALEIDIMO SISTEMOS DIAGNOSTIKOS GALIMYBIŲ TYRIMAS.....	121
Aleksej Parikvaš, Algirdas Janulevičius. AUTOTRANSPORTO TRIUKŠMO LYGIO TYRIMAS KARMĖLAVOS MIESTELYJE.....	125
Vilmantas Sirvydis, Egidijus Zvicevičius. AVIŽŲ ŠIAUDŲ-GRŪDŲ MIŠINIO ŠILUMINGUMO IR PELENINGUMO TYRIMAI	131
Tomas Česnakas, Stasys Slavinskas. CILINDRŲ IŠJUNGIMO ĮTAKOS VARIKLIO DARBO RODIKLIAMS TYRIMAS	136
Vitoldas Vilčinskas, Gediminas Pupinis. SANKRYŽOS FUNKCIONALUMO TYRIMAS	143
Stasys Baronaitis, Kęstutis Venslauskas. MAŽOS GALIOS HORIZONTALIOSIOS AŠIES VĖJO JĖGAINĖS SU DIFUZORIUMI TYRIMAS	150
Emilis Jakimavičius, Kęstutis Venslauskas. MAŽOS GALIOS ELEKTROS ENERGIJOS KAUPIKLIŲ TYRIMAS	155
REIKALAVIMAI STRAIPSNIAMS ŽURNALE „AGROINŽINERIJA IR ENERGETIKA“	160

UŽDEGIMO SISTEMOS SUTRIKIMŲ ĮTAKA VARIKLIO DEGINIŲ EMISIJAI

Liutauras Grigas, Stasys Slavinskas

Įvadas

Kenksmingų medžiagų deginiuose tyrimai atliekami tikrinant naujų variklių atitikimą vyraujantiems ekologijos standartams (Euro 1–6) [1]. Griežtėjant reikalavimams, transporto priemonių išmetamų kenksmingų medžiagų kiekiams, vis didesnis dėmesys kreipiamas į tvarkingą variklio sistemų darbą, kurios, eksploatacijos metu, su laiku sutrinka. Esant tam tikriems variklio sistemų sutrikimams, kurių transporto priemonės savidiagnostikos sistema neaptinka, toksiškų išmetamųjų dujų kiekis gali padidėti iki 50 procentų [2]. Viena iš pagrindinių sistemų, galinčių įtakoti emisiją, yra uždegimo sistema, kurios paskirtis garantuoti sklandų, stabilų bei ekonomišką degimo procesą [3]. Benzininiuose vidaus degimo varikliuose degusis mišinys užsiliepsnoja nuo lankinio išlydžio iškroviklyje – žvakėje, todėl tai yra vienas pagrindinių sistemos elementų, kurio netinkamas darbas gali sukelti neigiamą poveikį aplinkai. Vienas iš pagrindinių uždegimo žvakės parametru, turinčių įtakos deginių emisijai, yra tarpelis tarp jos elektrodų. Be to patikimam degiojo mišinio uždegimui turi įtakos ir tinkamas uždegimo žvakės įstatymas į lizdą [1].

Tyrimo tikslas – ištirti benzininio variklio uždegimo sistemos sutrikimų įtaką deginių emisijai.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimas atliktas ŽŪIF Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos instituto variklių baldymo laboratorijoje. Tyrimams naudotas VW 1.8 litro darbinio tūrio variklis (1 lentelė). Uždegimo sistemos sutrikimai buvo imituojami keičiant uždegimo tarpelį tarp uždegimo žvakės elektrodų, jį mažinant nuo standartinio 0,6 mm. iki 0,3 ir 0,1 mm, atjungiant vieną iš keturių uždegimo žvakių, imituojant cilindro neveikimą, ir atitraukiant uždegimo žvakę nuo lizdo 5 mm, imituojant neteisingą jos montavimą.

1 lentelė. Variklio techniniai duomenys

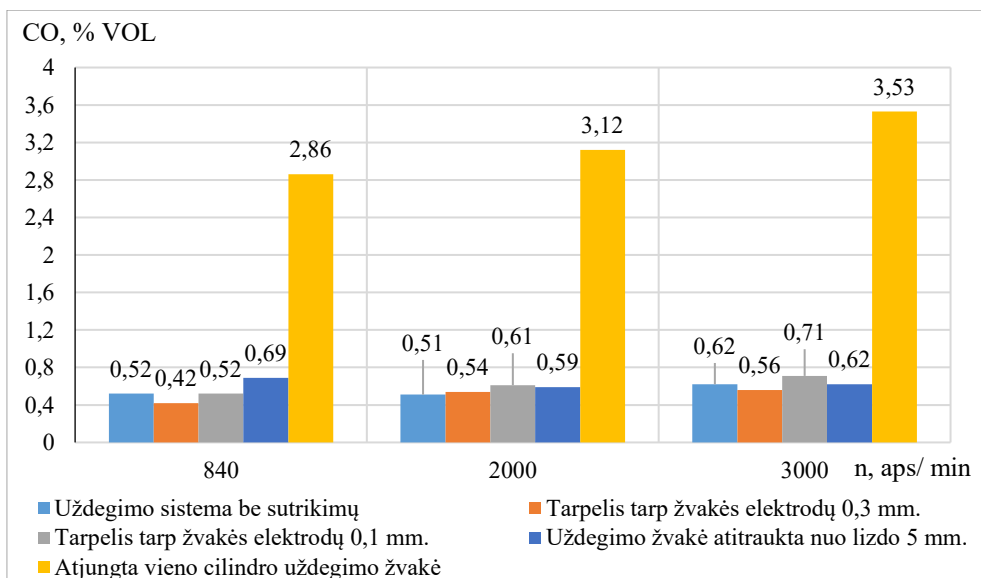
Variklio tipas	Keturtaktis, skysčiu aušinamas, tiesioginio įpurškimo, benzininis
Cilindrų skaičius, vnt.	4
Cilindro skersmuo, mm	81
Stūmoklio eiga, mm	86,4
Variklio darbinis tūris, cm ³	1781
Suspaudimo laipsnis	10,3

Variklio bandymai buvo atliekami varikliui veikiant tuščiąja eiga (840 min^{-1}) bei padidintais 2000 ir 3000 min^{-1} sūkais be apkrovos. Bandymų metu buvo matuojamos CO, CO₂, CH ir O₂ koncentracijos deginiuose, oro pertekliaus koeficientas, įpurškimo trukmė ir oro sąnaudos. Deginių emisijai matuoti naudotas „Technotest MOD.448“ deginių analizatorius, o įpurškimo trukmei bei oro sąnaudoms matuoti – „VCDS“ diagnostikos sistema.

Pradžioje atlikti matavimai varikliui veikiant su tvarkinga uždegimo sistema. Po to paėliui buvo imituojami uždegimo sistemos sutrikimai ir atliekami bandymai.

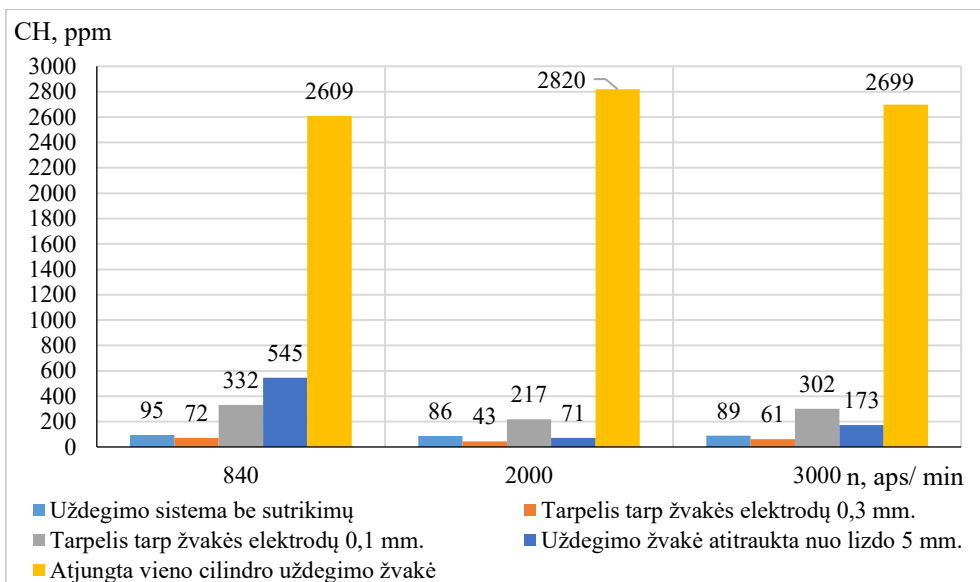
Rezultatai

Atliktų tyrimų rezultatų analizė parodė, kad visi tirti uždegimo sistemos sutrikimai turi įtakos deginių emisijai. Prie laisvos eigos sūkių, CO emisija, sumažinus tarpelį tarp uždegimo žvakės elektrodų nuo $0,6 \text{ mm.}$ iki $0,3 \text{ mm.}$, sumažėjo $19,2 \%$, sumažinus iki $0,1 \text{ mm.}$ – nekito (1 pav.). Atitraukus uždegimo žvakę nuo lizdo 5 mm. , CO emisija – padidėjo $32,1 \%$, o atjungus vieną iš keturių uždegimo žvakių – padidėjo $5,5$ karto.



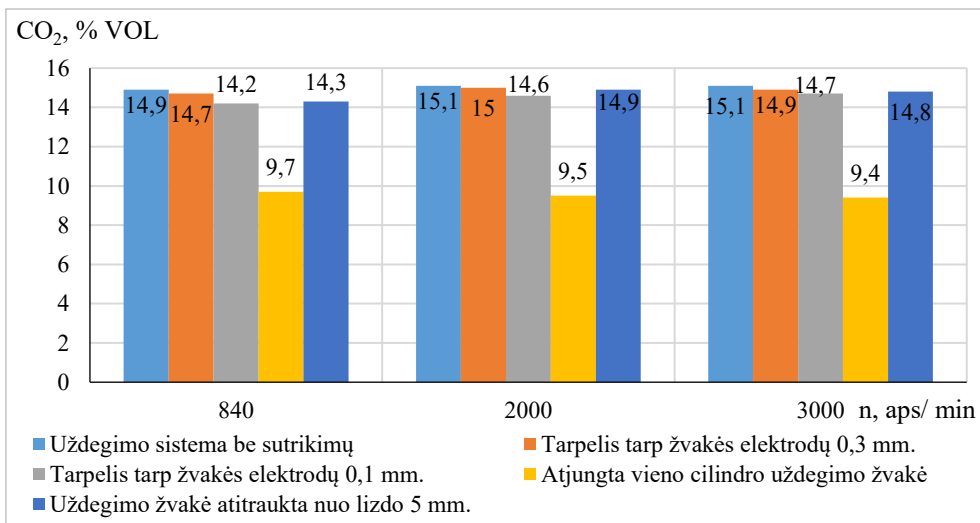
1 pav. Uždegimo sistemos sutrikimų įtaka anglies monoksido CO emisijai

Ties laisvos eigos sūkais, CH emisija, sumažinus tarpelį tarp uždegimo žvakės elektrodų iki $0,3 \text{ mm}$ sumažėjo 24% , o sumažinus iki $0,1 \text{ mm}$. padidėjo 49% (2 pav.). Atjungus vieną iš keturių uždegimo žvakių, nesudegusių angliavandenilių emisija padidėjo 27 kartus, o atitraukus uždegimo žvakę nuo lizdo 5 mm – $5,7$ karto.



2 pav. Uždegimo sistemos sutrikimų įtaka nesudegusių angliavandenilių (CH) emisijai

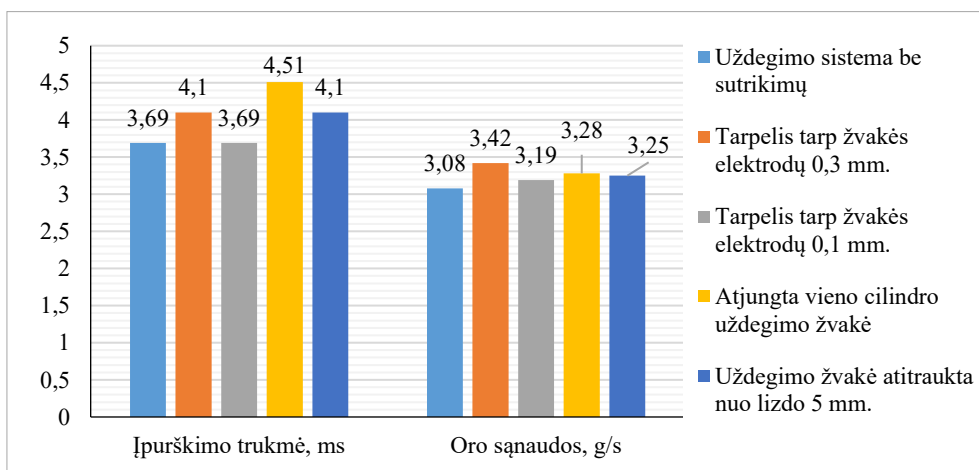
CO₂ emisija, laisvos eigos sūkiuose, sumažinus tarpelį tarp uždegimo žvakės elektrodų iki 0,3 mm., sumažėjo 0,3 %, o sumažinus iki 0,1 mm. – 1,3 % (3 pav.). Atjungus vieną iš keturių uždegimo žvakių CO₂ emisija sumažėjo 1,5 karto, o atitraukus uždegimo žvakę nuo lizdo 5 mm – 4 %.



3 pav. Uždegimo sistemos sutrikimų įtaka anglies dvideginio CO₂ emisijai

Deginiai CO ir CH susidaro dėl nepilno degiojo mišinio degimo, jų didėjimas rodo prastėjantį degimo procesą, atitinkamai jų mažėjimas – gerėjantį. Kai CO₂ yra degiojo mišinio galutinis degimo produktas, todėl jų sumažėjimas rodo prastėjantį

degimo procesą cilindruose. Rezultatai pateikti 4 pav. rodo įpurškimo trukmės ir oro sąnaudų pokyčius, gautus laisvos eigos 840 min⁻¹ sūkiuose.



4 pav. Uždegimo sistemos sutrikimų įtaka benzino įpurškimo trukmei ir oro sąnaudoms

Matoma, kad mažiausiai įtakos šiems rodikliams turėjęs sutrikimas yra tarpelio tarp žvakės elektrodų sumažinimas iki 0,1 mm. Didžiausią įtaką įpurškimo trukmei turėjo vieno cilindro uždegimo sistemos atjungimas, tikėtina, dėl deguonies O₂ išmetamosiose dujose, padidėjimo. Dėl lieso degiojo mišinio, atsakingas valdymo blokas, ilgina degalų įpurškimo trukmę. Ko pasekoje padidėja ir oro sąnaudos.

Išvados

1. Atlikus tyrimus nustatyta, kad variklio uždegimo sistemos sutrikimai turi įtakos deginių emisijai.
2. Nežymus uždegimo sistemos komponentų charakteristikų nukrypimas nuo standartinių, neigiamai veikia degimo procesą. To pasekoje, didėja deguonies O₂ kiekis deginiuose, įtakojantis degalų įpurškimo trukmę ir oro sąnaudas.
3. Didžiausią įtaką CO ir CH koncentracijų deginiuose didėjimui ir CO₂ koncentracijos mažėjimui turėjo vieno cilindro uždegimo sistemos atjungimas. CO koncentracija deginiuose padidėjo 5,5 karto, CH – 27 kartus, o CO₂ koncentracija sumažėjo 1,5 karto. Šiuos, deginių kiekių pokyčius įtakuoja degalų įpurškimo trukmės ilgėjimas, dėl lieso degiojo mišinio.
4. CO ir CH koncentracija deginiuose mažėjo, kai uždegimo žvakės elektrodų tarpelis buvo 0,3 mm. Tai rodo gerėjantį degimo procesą.

Literatūra

1. Dziubinski M., Siemionek E., Drozd A., Scirka M., Kiszczak A., Sobora K. 2019. The impact of ignition damage on the emission of toxic substances in a spark-ignition internal combustion engine. *Combustion Engines*, 179, 86–93.
2. Dziubinski, M., Adamiec, M., Siemionem, E., Drozd, A. (2018). Experimental tests of the ignition – injection system. *Materials Science and Engineering*, 421, 1–11.
3. El-Sharkawy, M., Abaskharon, M., Tawwab, A., Ezzat, T. (2019). Effect of Static Timing on the Performance and Emissions of a Spark Ignition Engine Using CNG. *Materials Science and Engineering*, 518, 1–13.

Santrauka

Straipsnyje pateikti uždegimo sistemos sutrikimų įtakos variklio emisijai tyrimų rezultatai. Bandymų metu buvo imituojami uždegimo sistemos darbo sutrikimai keičiant tarpelį tarp uždegimo žvakės elektrodų nuo 0,6 mm iki 0,3 ir 0,1 mm, atjungiant vieną iš keturių cilindrų ir atitraukiant uždegimo žvakę nuo lizdo 5 mm. Tyrimai atlikti varikliui veikiant tuščiąją eiga ir padidintais 2000 ir 3000 min⁻¹ sūkiiais be apkrovos. Bandymų metu buvo matuojama CO, CH, CO₂ ir O₂ koncentracijos deginiuose. Tyrimų rezultatai parodė, kad ir nedideli uždegimo sistemos komponentų darbo sutrikimai neigiamai veikia degimo procesą. To pasekoje, didėja deguonies O₂ kiekis deginiuose, įtakojantis degalų įpurškimo trukmę ir oro sąnaudas. Visų bandymų, kuriuose buvo imituojami uždegimo sistemos sutrikimai, metu deginių emisija kito ženkliai. CO₂ koncentracija deginiuose mažėjo visais atvejais, kai CO didėjo iki 5,5 karto, o CH net iki 27 kartų.

INFLUENCE OF IGNITION SYSTEM FAILURE ON ENGINE EXHAUST EMISSION

Summary

The paper presents the results of research on the influence of ignition system failures on engine emission of combustion products. The tests simulated malfunctions of the ignition system by changing the spark plug gap between the electrodes from 0.6 mm. to 0.3 and 0,1 mm., disconnecting one of the four cylinders, and withdrawn the spark plug from the socket by 5 mm. The tests were performed with the engine idling and at increased 2000 and 3000 min⁻¹ no-load speeds. The concentrations of CO, CO₂, and O₂ in the combustion products were measured during the tests. The results of the research showed that even minor malfunctions of the components of the ignition system have a negative effect on the combustion process. As a result, the oxygen content of O₂ in the combustion increases, which affects the fuel injection time and air consumption. Exhaust emissions varied significantly in all tests simulating ignition systems failures. The concentration of carbon dioxide CO₂ the combustion decreased in all cases, when carbon monoxide CO increased up to 5.5 times and hydrocarbons HC even up to 27 times.

Liutauras Grigas – VDU ŽUA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; el. p. grigas.liutauras@gmail.com

Stasys Slavinskas – VDU ŽUA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, prof. dr.; el. p. stasys.slavinskas@vdu.lt

DIRVOŽEMIO ELEKTRINIO LAIDUMO MATAVIMO ĮRENGINIŲ TYRIMAI

Justas Mulokas, Dainius Steponavičius

Įvadas

Pasaulyje vis dažniau besikeičiantis klimatas augalams tampa iššūkis prisitaikyti prie tam tikrų augimo sąlygų. Neretai derlius tam tikrose valstybėse būna sunaikintas arba ženkliai nukenčia. NASA mokslininkai teigė, kad, norėdami patenkinti augantį žmonių maisto poreikį, ateinančiais dešimtmečiais maisto augintojai turės ne tik atlaikyti daug įvairių klimato smūgių, bet taip pat maždaug dvigubai didinti auginamo derliaus kiekį. Ir tai ūkininkai turės padaryti sumažindami žemės ūkio veiklos keliamą žalą aplinkai. Mokslininkų teigimu pasauliui yra reikalingos naujos javų rūšys ir ženkliai pažangesnės technologijos nei dabartinės. Todėl siekiant optimizuoti auginamų žemės ūkio augalų derlius tikslinga pereiti prie tikslaus bei tvaraus ūkininkavimo. Tikslioji žemdirbystė yra surinktų iš ūkio duomenų apdorojimas ir pritaikymas ūkyje technologiškai, kas iš esmės lemia ūkio produktyvumą. Tikslusis ūkininkavimas labiausiai priklauso nuo ūkyje turimos technikos išmanumo bei esamų (surinktų) duomenų gebėjimo pritaikyti atskiroms technologijoms (Van Uffelen et al., 1997). Tikslioji žemdirbystė tai būdas leidžiantis išauginti didesnę derlių su mažesniais kaštais tvariai naudojantis dirvožemiu. Šiuo metu taikant tradicinius ūkininkavimo metodus, visas laukas yra laikomas vienodas, su vienu maisto medžiagų kiekiu. Tačiau skirtingus augalų augimo dėsningumus skirtingose lauko vietose lemia dirvožemio savybės, kurios nėra vienodos. Kol nebuvo sukurta pasaulinė vietos nustatymo sistema *GPS* (angl., *Global Positioning System*) ir derlingumo stebėsenos įranga, aprašyti augalų derlingumą ir dirvožemio pasiskirstymą bei mineralinių medžiagų kiekį atskiruose lauko plotuose buvo sudėtinga (Van Schilfgaarde, 1999). Žinoma, kad atskirų lauko plotų dirvožemio nevienodumas turi labai didelę reikšmę augalų augimui ir derliui. Todėl tiksliajai žemdirbystei yra labai svarbūs efektyvūs metodai, įgalinantys tiksliai išmatuoti fizikinių ir cheminių dirvožemio savybių svyravimus lauke.

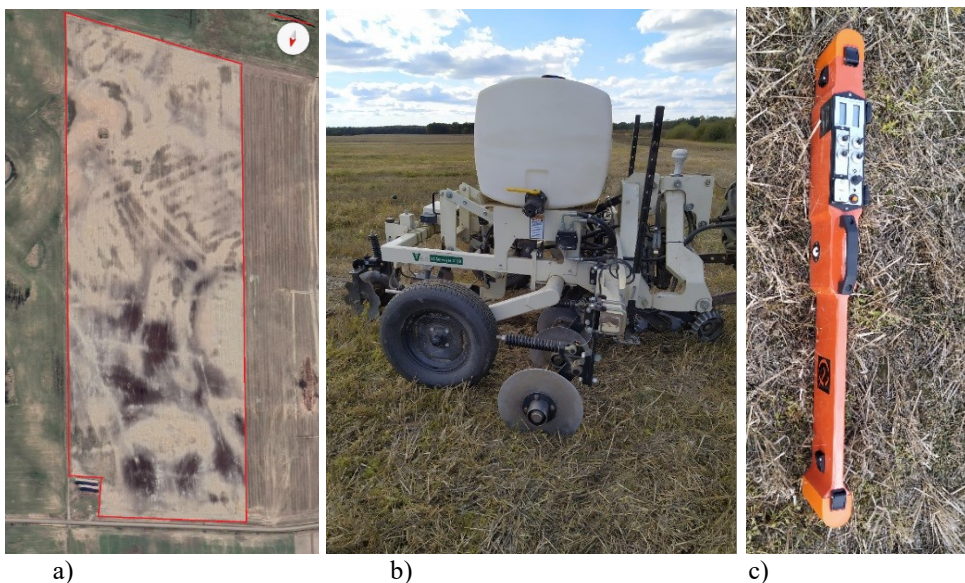
Tiksliojoje žemdirbystėje viskas prasideda nuo tyrimų, vienas iš jų dažniausiai atliekamas yra dirvožemio elektrinio laidumo EC_a (angl., *Apparent Electrical Conductivity*) matavimas (Long, 1998). Dirvos elektriniam laidumui įtakos turi fizikinių ir cheminių veiksnių visuma, įskaitant tirpių druskų, molio dalelių ir vandens kiekį dirvoje, tankį, organinių medžiagų kiekį, dirvos temperatūrą ir kt. Dirvos elektrinis laidumas yra priemonė, leidžianti išsiaiškinti dirvožemio fiziko-chemines savybes, nuo kurių priklauso augalų derlingumo dėsningumai (Corwin et al., 2003).

Tyrimo tikslas – palyginti dirvožemio elektrinio laidumo mobilių įrenginių darbo rodiklius.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimai atlikti 2020 m. rugsėjo 24 dieną Peliušų kaime (Anykščių r.) Elmos Žemės ūkio bendrovės dirbamame 30 ha ploto lauke, žieminių kviečių ražienoje (1 pav. a). Elektrinis laidumas EC_a dirvožemyje nustatytas dviem skirtingais įrenginiais. Viena iš mašinų yra mobili prie traktoriaus pakabinama Veris 3150 MSP mašina (1 pav. b). Ši mašina turi GPS įrangą, kuri nustato buvimo vietą. Mašinos darbinės dalys (diskai) darbo metu liečiasi su dirvožemiu, todėl šis matavimo būdas vadinamas kontaktiniu. Kadangi mašinoje yra įrengti 6 diskai, todėl matavimai atliekami dviejuose dirvožemio sluoksniuose (Steponavičius et al., 2017). Pirmasis sluoksnis yra nuo paviršiaus iki 30 cm gylio, antrasis – nuo paviršiaus iki 90 cm gylio.

Atlikus dirvožemio elektrinio laidumo tyrimus, kontaktinio matavimo principu veikiančia mašina Veris 3150 MSP, yra pateikiami šeši stulpeliai duomenų: pirmuose trijuose pateikiamos koordinatės (ilguma, platumą ir altitudė), sekantis stulpelis yra paviršinis dirvožemio elektrinis laidumas $EC_a v_{SCH}$ (angl., *shallow*) nuo 0 iki 30 cm gylyje. Penktame stulpelyje – giluminis dirvožemio elektrinis laidumas $EC_a v_{DP}$ (angl., *deep*) nuo 0 iki 90 cm gylyje, šeštajame – santykis tarp paviršinio ir giluminio elektrinio laidumo.



1 pav. Lauko vaizdas (a), mašina Veris 3150 MSP (b) ir EM-38 MK2 (c)

Kita mašina EM38-MK2 (1 pav. c) dirba nekontaktuodama su dirvožemiu. Ji taip pat vienu metu matuoja elektrinį laidumą dviejuose dirvožemio gylio diapazonuose: nuo 0 iki 37,5 cm ir nuo 0 iki 75 cm.

Elektrinio laidumo tyrimus atliekant nekontaktinio matavimo principu veikiančia mašina EM38-MK2 yra pateikiami penki stulpeliai duomenų: pirmuose dviejuose pateikiamos koordinatės ilguma ir platumą, sekantis stulpelis yra paviršinis

dirvožemio elektrinis laidumas EC_{aEMDP} nuo 0 iki 37,5 cm gylyje. Ketvirtas stulpelis yra giluminis dirvožemio elektrinis laidumas EC_{aEMSCH} nuo 0 iki 75 cm gylio.

Abiem mašinomis dirvožemio elektrinio laidumo tyrimai buvo atliekami kas 18 metrų, lygiagrečiai lauko technologinių vėžių. Atliekant bandymus buvo stengtasi kiek įmanoma tiksliau važiuoti, prieš tai atliktų tyrimų vietų, kad sulyginami tyrimai būtų su kuo mažesnėmis paklaidomis. Atlikus matavimus gaunami skaitmeniniai duomenys, kurie turi būti apdorojami. Eksperimentinių tyrimų rezultatai statistiškai apdorojami esant 95 % pasikliauties intervalo dydžiui.

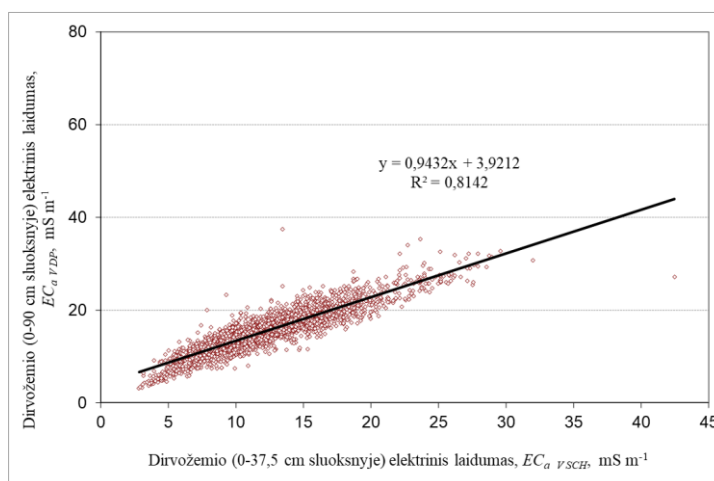
Rezultatai

Iš kontaktinio ir bekontakčio paviršinio ir giluminio matavimo būdu gaunamų dirvožemio elektrinio laidumo reikšmių yra apskaičiuojami aritmetiniai vidurkiai su jų pasikliauties intervalais (1 lentelė).

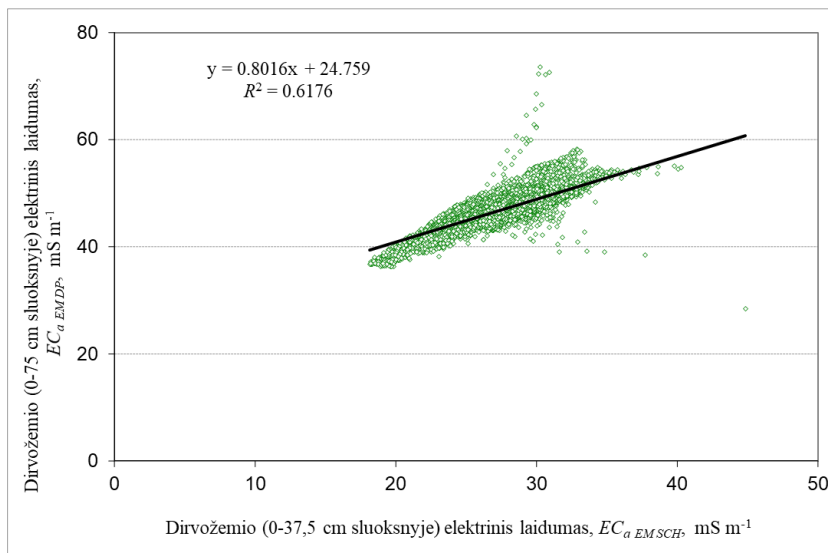
1 lentelė. Dirvožemio elektrinio laidumo ($mS\ m^{-1}$) skaitinės reikšmės

EM38-MK2		Veris 3150 MSP	
EC_{aEMSCH}	EC_{aEMDP}	$EC_{aV SCH}$	$EC_{aV DP}$
27,39±2,92	46,71±2,97	12,28±5,43	15,50±5,67

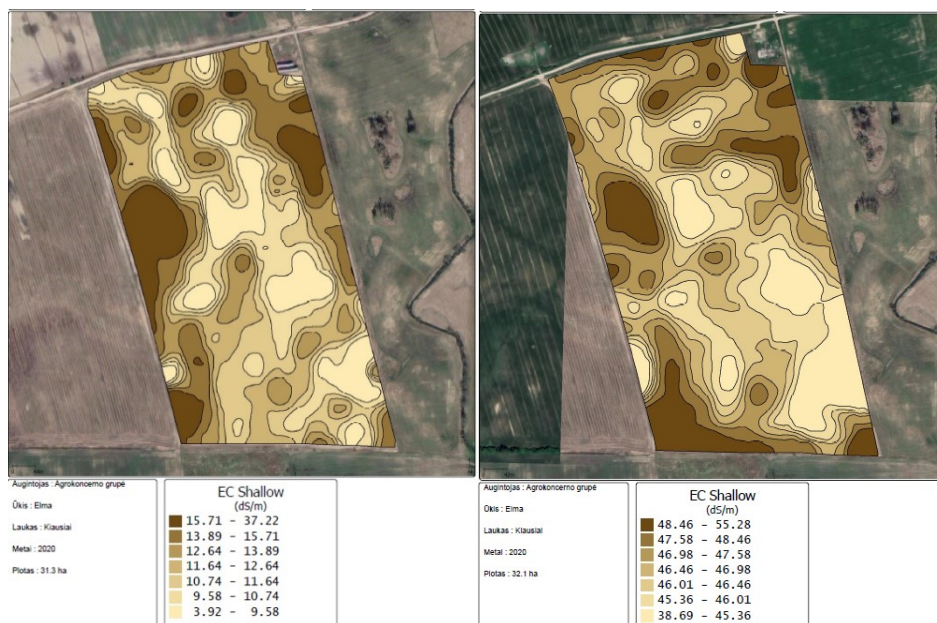
Kadangi tyrimuose naudotų įrenginių matavimo principas skiriasi, todėl ir nustatyto elektrinio laidumo skaitinės vertės panašiuose dirvožemio sluoksniuose skiriasi. Atlikus viso 30 ha lauko dirvožemio tyrimus gauta didelis kiekis tiek paviršinio, tiek ir giluminio elektrinio laidumo duomenų (maždaug po 20 tūkst.). Šiuos duomenis pavaizdavus grafiškai buvo gauta jų tarpusavio koreliacinė priklausomybė, t. y. duomenys aproksimuoti tiese. Galima pastebėti, kad abiejų mašinų dirvožemio paviršinio ir giluminio elektrinio laidumo tiesinės priklausomybės yra gana stiprios, nes jų koreliacijos koeficientai R^2 siekia 0,814 (kontaktinio matavimo būdo) ir 0,618 (nekontaktinio matavimo būdo) (2 ir 3 pav.).



2 pav. Dirvožemio paviršinio $EC_{aV SCH}$ ir giluminio $EC_{aV DP}$ elektrinio laidumo matavimų reikšmių priklausomybė (matavimai atlikti kontaktiniu būdu)



3 pav. Dirvožemio paviršinio EC_{aEMSCH} ir giluminio EC_{aEMDP} elektrinio laidumo matavimų reikšmių priklausomybė (matavimai atlikti nekontaktiniu būdu)



a)

b)

4 pav. Dirvožemio paviršinio elektrinio laidumo žemėlapiai: a – pagal kontaktinio matavimo būdo duomenis (EC_{aVSCH}); b – pagal nekontaktinio matavimo būdo duomenis (EC_{aEMSCH})

Gauti elektrinio laidumo duomenys yra atvaizduoti žemėlapyje (4 pav.). Tam pirmiausia reikia tam tikras elektrinio laidumo skaitines reikšmes priskirti tam tikrai spalvai. Taip gaunamos atskiros elektrinio laidumo zonos, kurių šiame tyrime yra 7. Tamsesni atspalviai atspindi didesnio elektrinio laidumo reikšmes, o šviesesni –

mažesnio. Žinoma, kad didesnis elektrinis laidumas yra siejamas su sunkesniu dirvožemiu, t. y. tokiu, kuriame yra daugiau molio dalelių (Rhoades et al., 1999). Lyginant abiem metodais atliktus dirvožemio elektrinio laidumo tyrimus buvo stebėtas gana ženklus skaitinių reikšmių skirtumas (1 lentelė), tačiau iš tų reikšmių gauti žemėlapiai yra labai panašūs (4 pav. a ir b). Tai reiškia, dirvožemio elektrinio laidumo tyrimus galima pakankamai tiksliai atlikti tiek kontaktiniu, tiek ir nekontaktiniu metodais.

Kadangi pagal dirvožemio elektrinį laidumą galima spręsti ir apie jo granulometrinę sudėtį, tai naudojantis sudarytais EC_{aSCH} žemėlapiais (4 pav.) galima nustatyti tikslesnes dirvožemio ėminių paėmimo zonas, t. y. vietas iš kurių paimami ėminiai maistinių medžiagų (pvz., NPK) tyrimams laboratorijoje. Sudarant minėtas zonas buvo priimta prielaida, kad viena zona neviršytų 5 ha ploto. Jei kuri nors zona gavosi ženkliai didesnė, ji buvo dalinama pusiau. Pagal atliktus NPK tyrimus yra sudaromi žemėlapiai, kuriais naudojantis galima tręšti skirtingomis trąšų normomis, o tuo pačiu ir optimizuoti augalų auginimo išlaidas.

Išvados

1. Naudojant kontaktinį matavimo būdą (mašiną) nustatytas dirvožemio paviršinio sluoksnio elektrinis laidumas siekė $12,28 \pm 5,43 \text{ mS m}^{-1}$, giluminio – $15,50 \pm 5,67 \text{ mS m}^{-1}$, o naudojant nekontaktinį, atitinkamai, $27,39 \pm 2,92 \text{ mS m}^{-1}$ ir $46,71 \pm 2,97 \text{ mS m}^{-1}$.
2. Aproximavus dirvožemio paviršinio ir giluminio elektrinio laidumo matavimų reikšmes gautos stiprios tiesinės priklausomybės su koreliacijos koeficientais: $R^2 = 0,814$ (matuota kontaktiniu būdu) ir $R^2 = 0,618$ (matuota nekontaktiniu būdu).
3. Kadangi iš abiem metodais atliktų dirvožemio elektrinio laidumo tyrimų skaitinių reikšmių gauti žemėlapiai yra labai panašūs, gauti apskaičiavimai, kad didžiausias tyrimo zonų skirtumas yra 4 procentai, todėl galima teigti, kad dirvožemio elektrinio laidumo tyrimus galima pakankamai tiksliai atlikti tiek kontaktiniu, tiek ir nekontaktiniu metodais.

Literatūra

1. Van Uffelen, C. G. R., Verhagen, J., Bouma, J. (1997). Comparison of simulated crop yield patterns for site-specific management. *Agric. Syst.*, 54, 207–222.
2. Long, D. S. (1998). Spatial autoregression modeling of site-specific wheat yield. *Geoderma*, 85, 181–197.
3. Van Schilfgaarde, J. (1999). Is precision agriculture sustainable? *American Journal of Alternative Agriculture*, 14(1), 43–46.
4. Rhoades, J. D., Chanduvi, F., Lesh, S. (1999). Soil salinity assessment. Methods and interpretation of electrical conductivity measurements. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, 57, 150.
5. Steponavičius, D., Kemzūraitė, A., Juknevičius, D., Katkauskas, A. (2017). The relationship between apparent soil electrical conductivity and particle size distribution of light-textured

soils. *Actual Tasks on Agricultural Engineering*: proceedings of the 45th international symposium on agricultural engineering. (Ed. Igor Kovačev). 21–24 February 2017, Opatija, Croatia. 45, 35–44.

Santrauka

Tyrimai atlikti 2020 m. Peliušų kaime (Anykščių raj.) dirbamame 30 ha ploto lauke, žieminių kviečių ražienoje. Elektrinis laidumas EC_a dirvožemyje nustatytas dviem skirtingais įrenginiais: Veris 3150 MSP (matavimo būdas kontaktinis) ir EM38-MK2 (matavimo būdas nekontaktinis). Matavimai atlikti dviejuose dirvožemio sluoksniuose: nuo dirvožemio paviršiaus iki 30 cm ($EC_{aV SCH}$) gylio ir nuo paviršiaus iki 90 cm ($EC_{aV DP}$) gylio (matavimo būdas kontaktinis). Matuojant nekontaktiniu būdu dirvožemio sluoksniai buvo: nuo dirvožemio paviršiaus iki 37,5 cm ($EC_{aEM SCH}$) gylio ir nuo paviršiaus iki 75 cm ($EC_{aEM DP}$) gylio. Naudojant kontaktinį matavimo būdą (mašiną) nustatytas dirvožemio paviršinio sluoksnio elektrinis laidumas siekė $12,28 \pm 5,43 \text{ mS m}^{-1}$, giluminio – $15,50 \pm 5,67 \text{ mS m}^{-1}$, o naudojant nekontaktinį, atitinkamai, $27,39 \pm 2,92 \text{ mS m}^{-1}$ ir $46,71 \pm 2,97 \text{ mS m}^{-1}$. Aproximavus dirvožemio paviršinio ir giluminio elektrinio laidumo matavimų reikšmes gautos stiprios tiesinės priklausomybės su koreliacijos koeficientais: $R^2 = 0,814$ (matuota kontaktiniu būdu) ir $R^2 = 0,618$ (matuota nekontaktiniu būdu). Kadangi iš abiem metodais atliktų dirvožemio elektrinio laidumo tyrimų skaitinių reikšmių gauti žemėlapiai yra labai panašūs, todėl galima teigti, kad dirvožemio elektrinio laidumo tyrimus galima pakankamai tiksliai atlikti tiek kontaktiniu, tiek ir nekontaktiniu metodais.

SOIL ELECTRICAL CONDUCTIVITY INVESTIGATION OF MEASURING EQUIPMENT

Summary

The research was conducted in 2020 years in Peliuškos village (Anykščiai district), in a field of 30 ha, winter wheat stubble. The electrical conductivity of EC_a in the soil was determined by two different devices: Veris 3150 MSP (measuring method contact) and EM38-MK2 (measuring method non-contact). Measurements were performed in two soil layers: from the soil surface to a depth of 30 cm ($EC_{aV SCH}$) and from the surface to a depth of 90 cm ($EC_{aV DP}$) (measurement method contact). For non-contact measurements, the soil layers were: from the soil surface to a depth of 37.5 cm ($EC_{aEM SCH}$) and from the surface to a depth of 75 cm ($EC_{aEM DP}$). Using the contact measurement method (machine) the electrical conductivity of the soil surface layer was $12.28 \pm 5.43 \text{ mS m}^{-1}$, the depth – $15.50 \pm 5.67 \text{ mS m}^{-1}$, and using non-contact, $27.39 \pm 2.92 \text{ mS m}^{-1}$ and $46.71 \pm 2.97 \text{ mS m}^{-1}$. Approximation of the values of soil surface and deep electrical conductivity measurements gave strong linear dependences with correlation coefficients: $R^2 = 0.814$ (measured by contact method) and $R^2 = 0.618$ (measured by non-contact method). Since the maps obtained from the numerical values of the soil electrical conductivity studies performed by both methods are very similar, it can be stated that the soil electrical conductivity studies can be performed with sufficient accuracy by both contact and non-contact methods.

Justas Mulokas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 658 84 856, el. p. mulokas.justas@gmail.com

Dainius Steponavičius – Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, prof. dr.; tel. +370 674 27 721, el. p. dainius.steponavicius@vdu.lt

SAULĖS ELEKTRINĖS SU HIBRIDINIAIS FOTOMODULIAIS TYRIMAS

Šarūnas Kraujutaitis, Kęstutis Venšlauskas

Įvadas

Lietuvoje saulės energijos potencialas sudaro 1,5 TWh/metus, todėl iki 2030 metų bus siekiama, kad atsinaujinančių energijos išteklių dalį, palyginus su šalies bendroju galutiniu energijos suvartojimu sudarytų 30 %, o iki 2050 net 80 % ir taptų pagrindine energija visuose sektoriuose [1]. Hibridiniai fotomoduliai sujungia dvi saulės energijos panaudojimo sistemas į vieną, tai yra vandens šildymą ir elektros gamybą [2]. Šie fotomoduliai, turėdami didesnę saulės energijos konversijos efektyvumą, greitai populiarėja atsinaujinančioje energetikoje [3]. Dėl intensyvaus modulio aušinimo, jo vidutinė metinė temperatūra gali sumažėti iki 31 % ir tuo pačiu prailginti modulio tarnavimo laiką [4], o efektyvumas gali siekti iki 80 % [5]. Galimos įvairios hibridinių modulių rūšys, kaip: Tiriamų hibridinių fotomodulių sistemos energinių charakteristikų efektyvumui nustatyti patogiu naudoti modeliavimo programinę įrangą, kuri leidžia dinamiškai projektuoti saulės šilumos, fotoelektros ar kombinuotas sistemas [6].

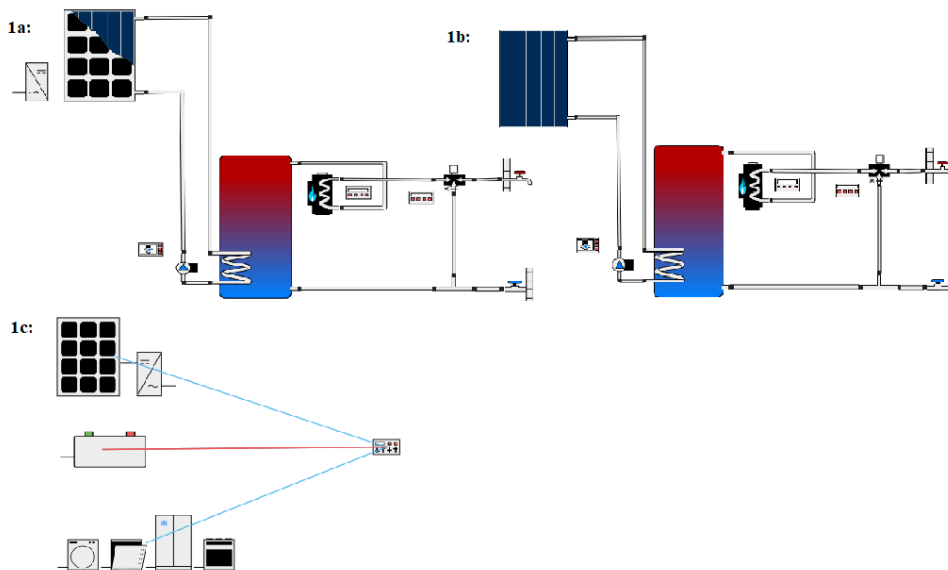
Tyrimo tikslas – ištirti saulės elektrinę su hibridiniais fotomoduliais.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti hibridinės saulės elektrinės modeliavimą naudojant programinę įrangą „Polysun“.
2. Palyginti hibridinės saulės elektrinės efektyvumą su atskiromis saulės elektros ir saulės šilumos sistemomis.

Tyrimo objektas ir metodika

Šiame tyrime energinio efektyvumo vertinimas atliekamas analizuojant vandens cirkuliacijos poveikį hibridinių saulės modulių veikimui naudojant modeliavimo programinę įrangą „Polysun“. Šia programine įranga sumodeliuotos hibridinė sistema (1a pav.) ir tokių pačių parametų atskiros sistemos, skirtos karštam vandeniui ruošti (1b pav.) ir elektros energijai gaminti (1c pav.). Schemą sudaro hibridiniai fotomoduliai, keitiklis, vandens akumuliacinė talpa, papildomas elektrinis kaitinimo elementas, cirkuliacinis siurblys, srautų pamaišymo vožtuvai, valdiklis. Pirma nustatomas reikalingas hibridinių fotomodulių skaičius, patenkinantis karšto vandens poreikius (180 l), 1a pav. ir 1b pav. buvo pasirinkta po 21 modulį kurių nominali galia 180 W, iš viso 3,6 kW, absorberio plotas 26,88 m², o 1c pav. buvo parinkti 2 moduliai kurių plotas 4 m², visų modulių pasvirimo kampas lygus 45°. 1a pav. ir 1c pav. schemose pasirinkta: vandens talpyklos po 300 l ir 25 kW galios dujinio šildymo katilai.

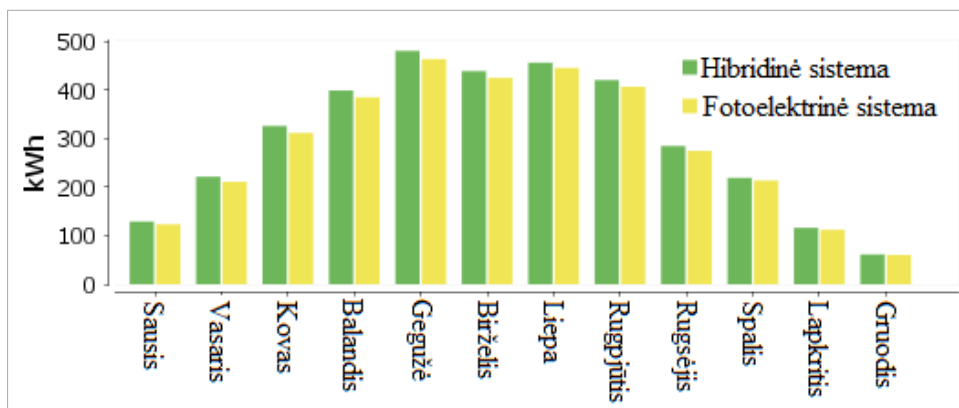


1 pav. 1a – hibridinė fotomodulių sistema, skirta gaminti elektros energijai ir buitiniam karštam vandeniui ruošti. **1b** – fotovoltinė sistema skirta buitiniam karštam vandeniui ruošti. **1c** – fotoelektrinė sistema skirta elektros energijos gamybai.

Visų sistemų modulių pasvirimo kampas buvo pasirinktas 45°.

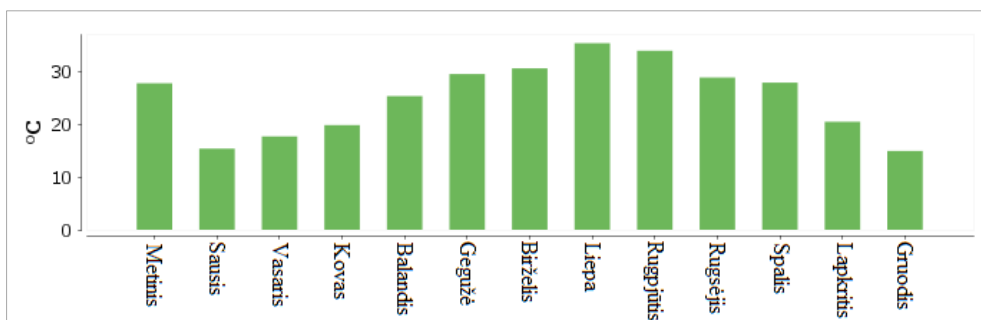
Tyrimų rezultatai

Sistemos buvo suprojektuotos patenkinti 4 asmenų šeimos poreikius, laikantis vienodų pradinių parametų. Metinis pagamintos elektros energijos kiekis hibridinėje sistemoje buvo 3555 kWh, o fotoelektrinėje sistemoje pagaminta 3434 kWh. Pagamintos elektros energijos kiekis hibridinėje sistemoje yra 3,52 % didesnis dėl modulių temperatūrų skirtumų.

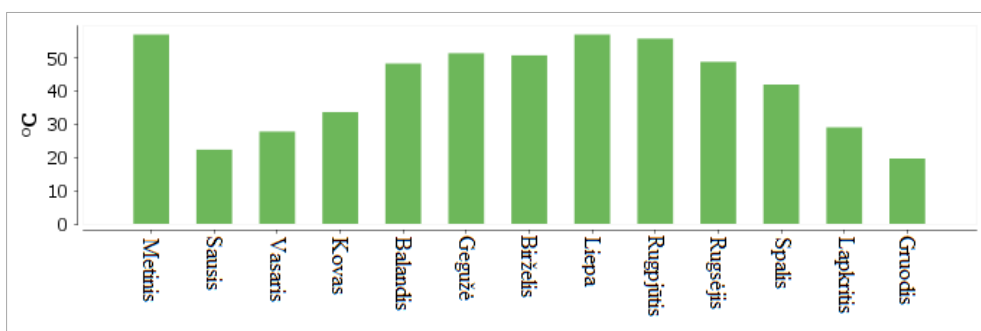


2 pav. Metinis pagamintos elektros energijos kiekis hibridinėje ir fotoelektrinėje sistemose

Hibridinėje sistemoje modulio vidutinė metinė temperatūra yra 27,9 °C (3 pav.), o fotoelektrinėje sistemoje modulio vidutinė metinė temperatūra siekia 57,1 °C (4 pav.).



3 pav. Hibridinės sistemos modulių temperatūros kaita



4 pav. Fotoelektrinės sistemos modulių temperatūros kaita

Analizuojant kitų autorių hibridinės sistemos rezultatus, matoma kad modulių temperatūra krenta iki 30 %, o pagamintos energijos kiekis didėja iki 22 % [7].

Išvados

1. Naudojantis „Polysun“ modeliavimo programine įranga palygintos hibridinė ir fotoelektrinė sistemos. Nustatyta kad hibridinė sistema per metus pagamina 3555 kWh, o fotoelektrinė – 3434 kWh elektros energijos.
2. Hibridinės sistemos modulio vidutinė metinė temperatūra siekia 27,9 °C, o fotoelektrinės sistemos modulio vidutinė metinė temperatūra siekia 57,1 °C.
3. Dėl mažesnės (47,8 %) fotomodulio temperatūros, hibridinė sistema geba 3,5 % pagaminti daugiau elektros energijos iš tokio paties aktyvaus ploto lyginant su fotoelektrine sistema.

Literatūra

1. Siekiami rezultatai Lietuvos energetikos sektoriuje. [interaktyvus] [žiūrėta 2020-02-04] Prieiga per internetą: <https://www.ena.lt/atsinaujinantys-energijos-istekliai/>
2. Įvairių saulės modulių tipų užimama rinkos dalis. [interaktyvus] [žiūrėta 2020-09-15]. Prieiga per internetą: <https://www.giminija.lt/ivairiu-saules-moduliu-tipu-uzimama-rinkos-dalis/>

3. Hibridinių fotomodulių privalumai ir trūkumai. [interaktyvus] [žiūrėta 2020-09-16]. Prieiga per internetą: <http://www.yougen.co.uk/blogentry/2833/>
4. Zhang, Penglei, et al. (2019). Design and performance simulation of a novel hybrid PV/T-air dual source heat pump system based on a three-fluid heat exchanger. *Solar Energy*, 191, 505–517.
5. Boumaaraf, Billel, et al. (2020). Performance evaluation of a locally modified PV module to a PV/T solar collector under climatic conditions of semi-arid region. *Mathematics and Computers in Simulation*, 167, 135–154.
6. Rommel, Matthias, et al. (2014). Application of unglazed PVT collectors for domestic hot water pre-heating in a development and testing system. *Energy Procedia*, 48, 638–644.
7. Cai, Junjie, et al. (2017). Performance study of a novel hybrid solar PV/T system. *Procedia Engineering*, 205, 1642–1649.

Santrauka

Tyrimo tikslas ištirti saulės elektrinę su hibridiniais fotomoduliais. Tikslui pasiekti buvo naudojama „Polysun“ modeliavimo programinė įranga, palygintos hibridinė ir fotoelektrinė sistemos. Nustatyta, kad hibridinė sistema per metus pagamina 3555 kWh, o fotoelektrinė – 3434 kWh elektros energijos. Hibridinės sistemos modulio vidutinė metinė temperatūra siekia 27,9 °C, o fotoelektrinės sistemos modulio vidutinė metinė temperatūra siekia 57,1 °C. Dėl mažesnės (47,8 %) fotomodulio temperatūros, hibridinė sistema geba pagaminti 3,5 % daugiau elektros energijos iš tokio paties aktyvaus ploto lyginant su fotoelektrine sistema.

INVESTIGATION OF A SOLAR POWER PLANT WITH HYBRID PHOTOMODULES

Summary

The aim of the study was to study a solar power plant with hybrid photovoltaic modules. To achieve the goal, Polysun modeling software was used, and hybrid and photovoltaic systems were compared. It has been established that the hybrid system produces 3555 kWh of electricity per year, and the photovoltaic system – 3434 kWh of electricity. The average annual temperature of the hybrid system module is 27.9 °C and the average annual temperature of the photovoltaic system module is 57.1 °C. Due to the lower (47.8%) photomodule temperature, the hybrid system is able to produce 3.5% more electricity from the same active area compared to the photovoltaic system.

Šarūnas Kraujutaitis – VDU ŽUA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas; tel. +370 68119278, el. p. sss.kraujutaitis@gmail.com

Kęstutis Venslauskas – VDU ŽUA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr.; tel. +370 37 752219, el. p. kestutis.venslauskas@vdu.lt

IŠCENTRINIO ALYVOS VALYTUVO TYRIMAS

Mindaugas Naujokas, Arvydas Pauliukas, Albinas Andriušis

Įvadas

Variklio alyva yra vienas svarbiausių eksploatacinių skysčių transporto priemonėse, varomų vidaus degimo varikliu. Alyvos stebėjimas ir laiku atliekamas jos keitimas nauja, gali prailginti variklio eksploatacijos laikotarpį. Tačiau vien tik alyvos keitimo gali nepakakti, kadangi variklyje nuolatos atsiranda teršalų, kurie privalo būti pašalinti, arba sulaikyti, kaip ir vyksta transporto priemonių varikliuose, alyvos filtrų. Šis variklio elementas yra svarbus, nes visi nešvarumai, kietosios dalelės kaupiasi jo medžiagoje. Filtrai dažniausiai turi apsauginį vožtuvą, kuris skirtas tam, kad jei filtras pradeda kimštis ir pro jį nebeprateka alyva, tam kad visai nenutraukti tepimo į variklio mazgus, atsidaro apsauginis vožtuvas ir praleidžia alyvą tekėti toliau, tačiau ji tampa nebefiltruojama. [1] Vis griežtesnės aplinkos apsaugos normos tapo rimtu iššūkiu dyzelinių variklių kūrėjams. Norint įgyvendinti „EURO“ normų reikalavimus, dalis atidirbusių dujų yra grąžinamos atgal į cilindrus pakartotiniam panaudojimui. To pasekoje inžinieriams pavyko sumažinti azoto oksidų (NO_x) kiekį išmetamosiose dujose, tačiau dėl to padidėjo degimo kameroje susidarančių suodžių kiekis. Jos patenka į variklio alyvą, kurios kiekis, kai kuriuose naujos kartos varikliuose yra mažesnis, nei anksčiau. Tai reiškia, kad alyva greičiau užsiteršia, ko pasekoje ją reikia keisti dažniau, tuo pačiu metu, reikalaujama, kad ilgėtų alyvos keitimo intervalai. Kaip suderinti ganėtinai prieštarigus reikalavimus? Kuo daugiau alyvoje atsiranda kietų degimo produktų dalelių, tuo didesnis abrazyvinis jų poveikis cilindrų ir stūmoklių paviršiams. Šios problemos sprendimu gali tapti alyvos filtras pagrindinėje variklio tepimo sistemos magistralėje ir išcentrinis valymo įrenginys šalutinėje magistralės atšakoje. [2] Tačiau yra mažai atlikta mokslinių tyrimų susijusių su būtent tokia sistema, kad būtų galima teigti, jog ji veiksminga. Analizuojant šaltinius, kai kurių bandymų išvadose pateikta, kad išcentriniai valymo įrenginiai tinka vidaus degimo varikliams, kurie turi daugiau nei 100–110 arklio galių. [3]

Tyrimo tikslas – atlikti išcentrinio alyvos valytuvo darbo analizę.

Tyrimo uždaviniai:

1. Sumontuoti standą alyvos valytuvo bandymams atlikti.
2. Parengti programą ir įmontuoti daviklį išcentrinio valytuvo rotoriaus greičio stebėjimui.
3. Išanalizuoti gautus išcentrinio alyvos valytuvo darbinis rodiklius.

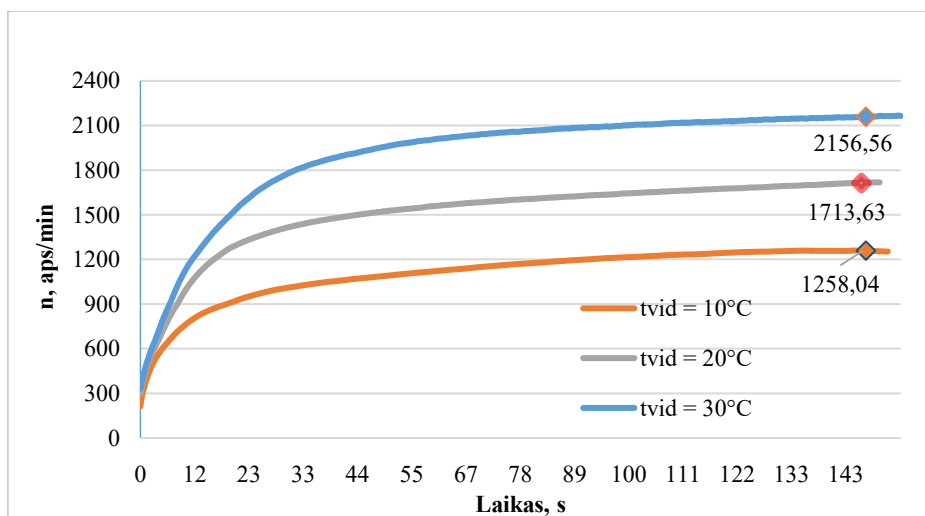
Tyrimo objektas ir bandymo atlikimo metodai

Tyrimas atliekamas stebint išcentrinio valymo įrenginio veikimą ir registruojant jo sukimosi dažnį priklausomai nuo skirtingų alyvos temperatūrų, bei palai-komo optimalaus alyvos slėgio sistemoje, kuris yra rekomenduojamas vidaus de-gimo varikliuose. Alyvos temperatūra matuojama nuotoliniu, lazeriniu termometru. Alyvos valytuvas pritvirtintas prie metalinio rėmo ir prijungtas prie alyvos pada-vimo sistemos, kurioje galima reguliuoti pratekančios alyvos slėgį.

Valymo įrenginio rotoriaus sukimo dažnis matuojamas induktyviniu jutikliu. Jutiklis su įranga, perduoda informaciją kompiuterinei programai, kuri geba tiksliai fiksuoti rotoriaus sukimosi dažnį, vykstant bandymams. Remiantis gautais duome-nimis, naudojantis kompiuterinėmis programomis nustatoma, per kiek laiko valytu-vas išibėgėja iki darbinių sūkių, prie kurių yra pasiekiamas didžiausias nešvarumų išvalymo efektyvumas, esant tam tikrai alyvos temperatūrai.

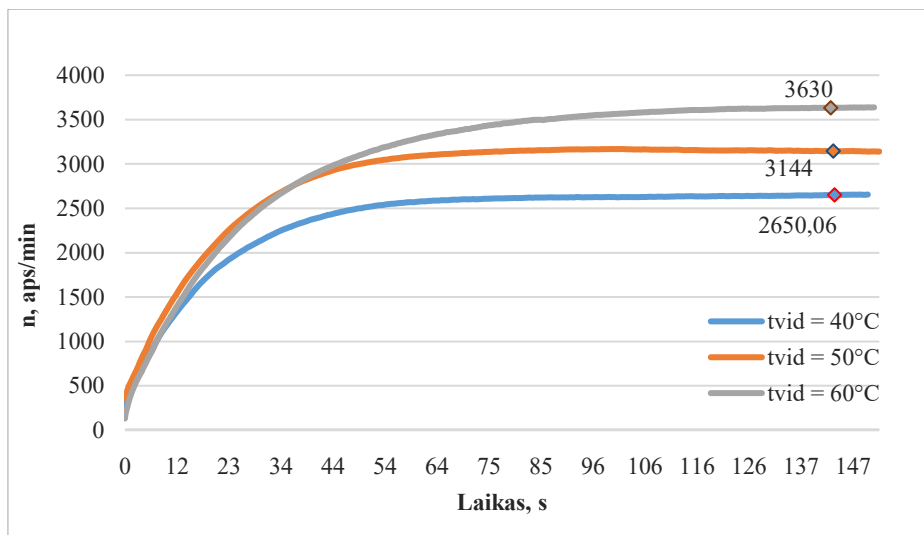
Rezultatai

Bandymai atlikti naudojant mineralinę 10W – 40 variklinę alyvą. Tyrimas pra-dėtas kai aplinkos ir alyvos temperatūra buvo 10 °C.



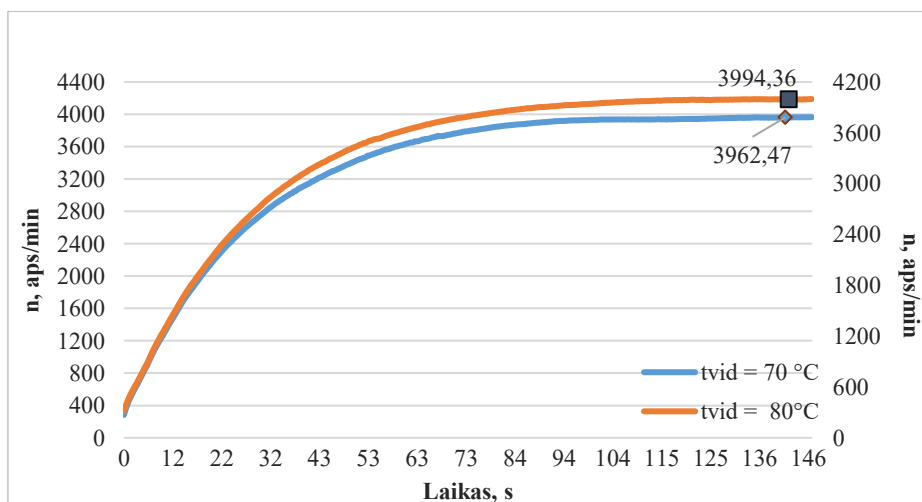
1 pav. Išcentrinio alyvos valytuvo sūkių pokytis esant žemoms alyvos temperatūroms

Remiantis 1 pav. galima pastebėti, kad didėjant alyvos temperatūrai, atitinka-mai kinta ir alyvos valytuvo įsisukimo pagreitis. Tačiau, esant žemesnei temperatū-rai, dėl alyvos klampos, valytuvo rotoriaus sūkių didėja gerokai lėčiau ir nusistovi ties 1260 min⁻¹. Atliekant bandymą, kai temperatūra yra 20 °C, išibėgėjimas yra lengvesnis ir sūkių nusistovi jau ties 1710 min⁻¹, o kai alyvos temperatūra pasiekia 30 °C, įrenginio įsisukimo greitis taip pat atitinkamai didėja greičiau, o sūkių pas-tovumas pasiekiamas prie 2160 min⁻¹.



2 pav. Išcentrinio alyvos valytuvo sūkių pokytis esant 40 °C, 50 °C ir 60 °C alyvos temperatūroms

Analizuojant 2 pav., pastebima, kad alyvos temperatūrai pasiekus 40 °C, 50 °C ir 60 °C įsibėgėjimas nuo paleidimo pradžios skiriasi nedaug, išskyrus 40 °C alyvos temperatūros bandymą, kurio metu alyvos klampa dar nėra tokia, kuomet išcentriniam valymo įrenginiui pavyksta įsibėgėti greičiau. Šio bandymo metu per 2,5 minutes, rotorius greitis siekia 2650 min⁻¹. Lyginant 50 °C ir 60 °C alyvos temperatūros bandymus, galima pastebėti, kad įsibėgėjimo pikas pasiekiamas maždaug tokiu pat metu, o valymo įrenginio sukimosi greitis siekia 3630 min⁻¹ esant 60 °C temperatūrai ir 3140 min⁻¹ esant 50 °C alyvos temperatūrai.



3 pav. Išcentrinio alyvos valytuvo sūkių pokytis esant 70 °C ir 80 °C alyvos temperatūroms

Alyvos temperatūrai pasiekus 70 °C ir 80 °C temperatūrą, pastebima, kad išcentrinio valytuvo rotorius apsisukimai pasiekia maksimalius šio valymo įrenginio sūkius, t. y. apie 3990 min⁻¹. Lyginant šių bandymų duomenis, pastebima, kad įsibėgėjimo greitis yra ganėtinai identiškasis vienas kitam, tačiau aukštesnė temperatūra vis tiek lemia didesnius valytuvo rotorius apsisukimus. Įsibėgėjimo pokytis nuo bandymo pradžios abiejų bandymų metu išlieka panašus. Intensyvus sūkių dažnio augimas pastebimas iki 80-tos bandymo sekundės, o vėliau įsibėgėjimo intensyvumas lėtėja įtariama dėl termodinaminės alyvos trinties.

Išvados

1. Alyvos temperatūrai esant 10 °C, išcentrinio valytuvo rotorius įsisukimo greitis didėja lėtai, o sūkių pastovumą pasiekia ties 1260 min⁻¹, nes alyvos klampa yra didelė.
2. Alyvos temperatūrai pasiekus 40 °C, rotorius sukasi 2650 min⁻¹ greičiu, o tai yra 44 % mažesnis sukimosi greitis nei maksimalūs šio išcentrinio alyvos valytuvo apsisukimai.
3. Esant 70 °C ir 80 °C alyvos temperatūrai, išcentrinis tepalo valytuvas pasiekia 3990 min⁻¹, kadangi sumažėja alyvos klampa.
4. Atlikus bandymus ir gautus duomenis apdorojus kompiuteriu, remiantis gautais grafikai, galima teigti, kad alyvos temperatūra turi didelę įtaką išcentrinio alyvos valymo įrenginio rotorius įsibėgėjimui, o tuo pačiu ir alyvos valymo kokybei, kadangi lėčiau pasiekiamas maksimalus rotorius sukimosi dažnis. Efektyviausiai išcentrinio valymo įrenginys veikia prie optimalios darbinės variklio alyvos temperatūros.

Literatūra

1. Balnys, R. *Vidaus degimo variklio alyvos kokybės pokyčių tyrimas eksploatacijos metu*. Magistro baigiamasis projektas.
2. Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas. Kaunas, 2017.
3. Coombs, P., Cox, I., and Samways, A. Doubling oil Drain Intervals – The Reality of Centrifugal Bypass Filtration. *International Spring Fuels and Lubricants Meeting and Exposition Dearborn*, Michigan May 4–6, 1998.
4. Pandey, R. K., and Agrawal, V. P. Design and Development of Centrifugal Oil Filter for Fine Filtration. *International Conference on Industrial Tribology* 15–18 December 2004, Mumbai, Indi.

Santrauka

Straipsnyje pateikiama alyvos klamos ir temperatūros įtaka centrifuginio alyvos valytuvo rotorius greičiui tyrimų rezultatai. Bandomų metu buvo matuojama alyvos temperatūra, alyvos slėgis ir rotorius greitis. Tyrimo rezultatai parodė, kad alyvos klampa ir temperatūra turi įtakos išcentrinio tepalo valytuvo rotorius greičiui, nes kai temperatūra yra 10 °C, rotorius pasiekia greitį iki 1258 min⁻¹ per 150 sekundžių, 1713 min⁻¹, kai alyva temperatūra yra 20 °C, 2156 min⁻¹, kai alyvos temperatūra yra 30 °C. Pavyzdžiui, kai temperatūra pakilo iki 70 °C, rotorius sūkių per minutę pasiekė 3962 ir 3994, kai alyvos temperatūra pasiekė 80 °C. Visuose bandymuose laiko intervalai buvo vienodi.

INVESTIGATION OF CENTRIFUGAL OIL CLEANER

Summary

The paper represents the results of research on the influence of oil viscosity and temperature for acceleration speed of centrifugal oil filter's impeller. During the test oil temperature, oil pressure and rotor speed were measured. The research results showed that oil viscosity and temperature has influence for centrifugal oil filter's impeller's acceleration speed because when the temperature is 10 °C the rotor increase it's speed to 1258 revolutions per minute in 150 seconds interval, 1713 revolutions per minute when oil temperature is 20 °C, 2156 revolutions per minute, when oil temperature is 30 °C. For example, when the temperature increased to 70 °C, rotor's revolutions per minute were measured 3962 and 3994 when oil temperature reached 80 °C. In all of the tests time intervals were kept the same.

Mindaugas Naujokas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas; el. p. mindoshius@gmail.com.

Arvydas Pauliukas – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, lekt. dr.; el. p. arvydas.pauliukas@vdu.lt

Albinas Andriušis – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, lekt.; el. p. albinas.andriusis@vdu.lt

AMONIAKO GARAVIMO INTENSYVUMAS IŠ GALVIJŲ MĖŠLO, PASKLEISTO ANT ĮVAIRIŲ PAVIRŠIŲ

Adomas Lekavičius, Rolandas Bleizgys

Įvadas

Amoniakio dujų (NH_3) garavimas iš tirštojo, puskyščio ir skystojo mėšlo prisideda prie aplinkos taršos, atmosferoje formuojantis azotinėms bei nitratinėms rūgštims ir ore formuojantis žmogui žalingoms amonio nitrato dalelėms. Optimalūs valdymo ir technologijų pritaikymo lauke būdai gali sumažinti teršalų išmetimą. Tikimasi, kad sumažinus laiką po mėšlo paskleidimo, sumažės į atmosferą išgaruojantis amoniako kiekis (Pedersen, 2021).

Svarbiausi koncentruotos taršos šaltiniai yra gyvulininkystės fermos.

Intensyviuose gyvulininkystės ūkiuose aplinkos taršos mažinimui reikėtų taikyti įvairias technologines ir administracines priemones (Medekšaitė ir kt., 2014). Stambėjant gyvulininkystės ūkiams sutelkiami dideli gyvulių ir mėšlo kiekiai. Būtent tai sukelia supančios aplinkos oro, dirvos ir vandens taršą (Čiuladaitė ir kt., 2017).

Lietuvos Respublika iki 2020 metų numačiusi laikytis ilgalaikės gyvulininkystės plėtros strategijos, kuria siekiama sustiprinti gyvulininkystės sektorių Lietuvoje. Gyvulininkystės plėtrai mūsų šalyje turime palankias gamtines sąlygas, bei susiformavusias gyvulių auginimo tradicijas (Eurostat..., 2015). Tačiau gyvulininkystė daro ir neigiamą poveikį aplinkai – kaupiamas mėšlas, išsiskiria įvairios kenksmingos dujos, teršiami vandenys (Skurdenienė, 2011).

Amoniakio garavimo iš mėšlo procesas yra labai sudėtingas. Šį sudėtingą procesą įtakoja tokie veiksniai kaip: oro drėgnis, temperatūra, oro greitis, mėšle esančių baltymų kiekis, mėšlo drėgmė ir pH, vandens garavimo intensyvumas iš mėšlo (Groenestein, 2019).

Tyrimų tikslas – nustatyti amoniako garavimo intensyvumą iš tirštojo galvijų mėšlo paskleisto ant įvairios dirvos.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimams naudotas šviežias mėšinių galvijų mėšlas, paimtas iš Šakių rajone, Slavikų kaime esančio ūkininko Adomo Lekavičiaus ūkio tvartų. Tvarte yra apie 50 mėšinių galvijų laikomų besaičiu būdu ant gilaus kraiko. Kiekvieną dieną pakratams sunaudojamas 1 šiaudų rulonas sveriantis apie 600 kg. Galvijai yra šeriami kukurūzo silosu, sausu šieniu, žolės silosu bei traiškytų grūdų mišiniu. Tvarte naudojama šachtinė vėdinimo sistema, mėšlas šalinamas sezoniskai, rudenį ir pavasarį. Mėšlui pašalinti naudojama mobili technika. Tyrimai buvo atliekami ant dirbamos žemės paviršiaus. Ūkio dirbamų žemių struktūra yra įvairi, nuo smėlingo dirvožemio iki molio, todėl atliekami tyrimai ant įvairių paviršių atsižvelgiant į dirvožemio struktūrą. Dujų koncentracijai tirti buvo naudojamas statinės kameros tyrimo metodas. Šis metodas

taikytinas lyginant dujų emisijos intensyvumą nuo įvairių paviršių. Ant paviršiaus įrengiama sandari kamera ir matuojamas dujų koncentracijos gradientas laiko atžvilgiu, t. y. $\Delta C/\Delta \tau$. Tada lyginamasis emisijos intensyvumas lygus:

$$E = \frac{\Delta C V_k}{\Delta \tau F_k}, \quad (1)$$

čia: V_k – kameros tūris m^3 ;
 F_k – kameros grindų plotas m^2 .

Ant paskleisto mėšlo paviršiaus uždedamas permatomas gaubtas, kurio viduje nustatytu laiku pastatomas dujų analizatorius, kuris 5 minutes nuo įjungimo fiksuoja amoniako koncentraciją kameros viduje ir po atlikto matavimo permatomas dangtis ir dujų analizatorius yra nuimami nuo paskleisto mėšlo. Tyrimui buvo naudojamas dujų analizatorius Aeroqual serija 500, prietaiso matavimo ribos: (NH_3) 0–100 ppm, žemiausia matavimo 0,2 ppm, nustatytas gamyklinis tikslumas $\pm 0,5$, matuoti aplinkos oro temperatūrai matuoklis PeakTech 5185, matavimo ribos nuo $-40\text{ }^\circ\text{C}$ iki $125\text{ }^\circ\text{C}$ ir dangos paviršiams lazerinis temperatūros matuoklis UNI-T UT301C, $-18\text{ }^\circ\text{C}$ – $550\text{ }^\circ\text{C}$.

Tyrimo rezultatai

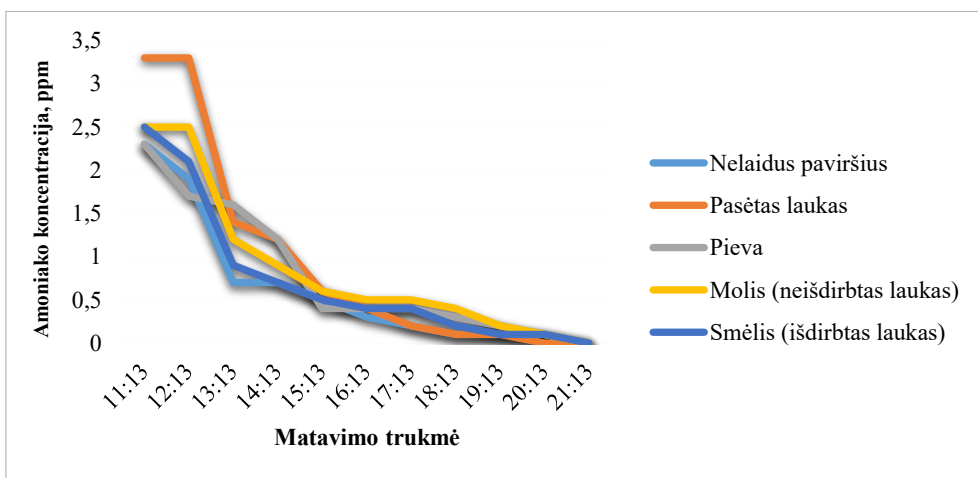
Amoniako dujų garavimo intensyvumui didžiausią įtaką daro aplinkos oro sąlygos. Tyrimais nustatyta, kad esant kuo aukštesnei oro temperatūrai, pastebimas intensyvesnis amoniako dujų garavimas. Todėl esant skirtingoms klimatinėms sąlygoms, amoniako dujų garavimo intensyvumas yra mažesnis arba didesnis.

Eksperimentiniais tyrimais nustatyta amoniako (NH_3) koncentracija statinėje kameroje laiko atžvilgiu nuo mėšlo paskleidimo ant dirvos paviršiaus. Šviežiai paskleistas tirštasis mėšlas intensyviai garuoja, kadangi po paskleidimo paviršius dar yra drėgnas ir nesusidaro pluta, kuri neleidžia garuoti dujoms.

1 lentelė. Tyrimo rezultatai paskleidus mėšlą ant dirvos paviršiaus

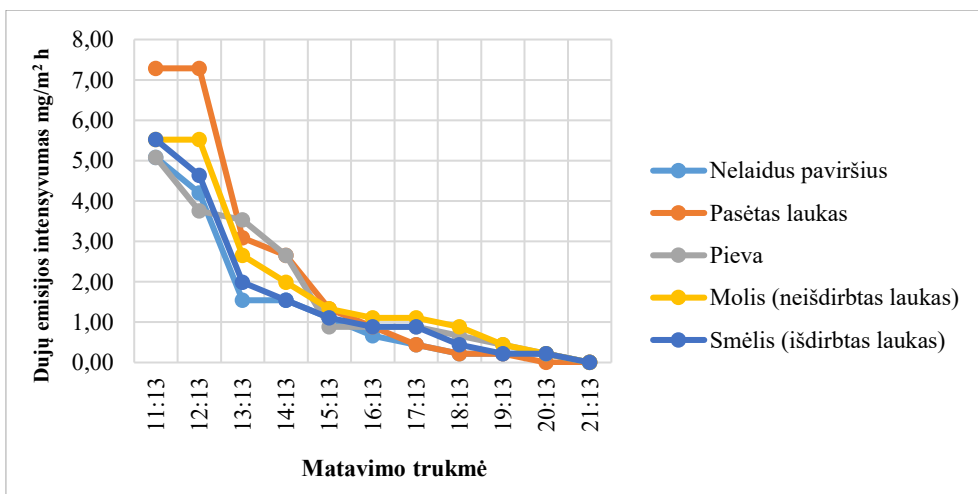
Pieva				
Lai- kas	NH_3 , ppm	Oro temperatūra, $^\circ\text{C}$	Mėšlo temperatūra, $^\circ\text{C}$	Paviršiaus temperatūra, $^\circ\text{C}$
11:38	2,3	8,1	5,8	2,4
12:38	1,7	9,3	5,9	3,8
13:38	1,6	8,6	5	2,6
14:38	1,2	8,4	3,4	2,6
15:38	0,4	8,1	2,7	2,7
16:38	0,4	7,8	2,4	2,8
17:38	0,4	7,4	2,6	2,6
18:38	0,3	6,3	2,8	2,5
19:38	0,2	6,1	2,9	2,6
20:38	0,1	6,1	2,7	2,7
21:38	0	5,5	2,7	2,6

Iš gautų rezultatų matyti, kad didžiausia amoniako dujų koncentracija 2,3 ppm buvo užfiksuota iš karto paskleidus mėšlą ant dirvos paviršiaus. Po mėšlo paskleidimo praėjus 1 valandai užfiksuotas amoniako dujų koncentracijos mažėjimas, nustatyta 1,7 ppm, praėjus 2 valandoms 1,6 ppm ir 3 valandoms po paskleidimo – 1,2 ppm. Ženklus garavimo sumažėjimas nustatytas po 4 valandų nuo paskleidimo, nustačius 0,4 ppm koncentraciją. Po 10 valandų amoniako koncentracija buvo lygi 0 ppm.



1 pav. Amoniako koncentracijos kaita kameroje, uždėtoje ant įvairios dirvos paskleidus galvijų mėšlą

Žinant dujų koncentracijos reikšmes apskaičiuojamas dujų emisijos intensyvumas, rezultatai pateikiami grafike (2 pav.).



2 pav. Amoniako emisijos intensyvumo kitimas paskleidus mėšlą ant įvairių paviršių

Atlikus matavimus ant įvairių paviršių ir palyginus gautus duomenis, nėra pastebima, kad skirtingi paviršiai turi įtakos amoniako garavimui. Visi matavimai buvo atlikti tą pačią dieną ir visiems matavimams naudotas tos pačios rūšies tirštasis mėšlas. Po mėšlo paskleidimo pirmąsias 2–3 valandas pastebimas intensyviausias garavimas, vėliau pradėdant džiūti mėšlo paviršiui, formuojasi pluta, kuri sulauko drėgmę ir mažina garavimo intensyvumą iki kol paviršius visiškai išdžiūsta ir amoniako koncentracija būna 0 ppm.

Analizuojant amoniako dujų garavimo intensyvumą didžiausią įtaką turi mėšlo paviršiuje susiformuojant pluta. Jos formavimuisi įtakos turi oro temperatūra bei mėšle esantis sausųjų medžiagų kiekis.

Išvados

1. Pagal gautus tyrimo duomenis amoniako dujos intensyviausiai garuoja pirmąsias 3 valandas po mėšlo paskleidimo ant dirvos paviršiaus. Norint sumažinti azoto nuostolius, rekomenduojama kaip įmanoma greičiau įterpti mėšlą į dirvą.
2. Nustatyta, kad esant žemai oro temperatūrai amoniako dujos nustoja garuoti po 10 valandų nuo mėšlo paskleidimo.
3. Nustatyta, kad šviežias galvijų mėšlas nepasižymi intensyviu amoniako dujų garavimu, todėl kad pakratams yra naudojami sausi šiaudai, kurie sugeria didžiąją dalį drėgmės. Todėl norint sumažinti amoniako emisiją rekomenduojama gausiai kreikti mėšlą.

Literatūra

1. Čiuladaitė, A., Čingienė, R. (2017). Skirtingų galvijų mėšlo tvarkymo sistemų įtaka oro taršai. *Žmogaus ir gamtos sauga*, 24–26.
2. Europos švaros programa. Briuselis. (2013). Prieiga per internetą: <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-18155-2013-INIT/lt/pdf>.
3. Groenestein, C. M., et al. (2019). Comparison of ammonia emissions related to nitrogen use efficiency of livestock production in Europe. *Journal of cleaner production*, 211, 1162–1170.
4. Medėkšaitė, J., Čingienė, R. (2014). Gyvulininkystės objektų sklaidžiamą taršą įtakojančių veiksnių analizė. *Žmogaus ir gamtos sauga*, 90–93.
5. Pedersen, J., Andersson, K., Feilberg, A., Delin, S., Hafner, S., & Nyord, T. (2021). Effect of exposed surface area on ammonia emissions from untreated, separated, and digested cattle manure. *Biosystems Engineering*, 202, 66–78.
6. Skurdenienė, I., Ribikauskas, V. (2011). *Klimato kaitos poveikis gyvulininkystei*. Kaunas. p. 49–50.

Santrauka

Straipsnyje analizuojama viena iš svarbiausių šiuo metu kylančių problemų žemės ūkyje, tai oro tarša. Amoniako dujos rūgština kritulius ir taip susidaro rūgštiniai lietūs, kurie žaloja visą augmeniją. Dėl šios priežasties buvo sukurta daug reikalavimų kaip tvarkyti mėšlą, mažinant kenksmingų dujų išsiskyrimą į aplinką. Tyrimo metu nustatyta, kad amoniakas iš paskleisto mėšlas intensyviausiai garuoja pirmąsias 3–4 valandas. Paskleidus tirštąjį mėšlą amoniako koncentracija gaubte buvo 2,3 ppm, po valandos 1,7 ppm, po 2 valandų 1,6 ppm. Praėjus daugiau nei 4 valandoms nuo paskleidimo, koncentracija buvo 0,4 ppm. Po 10 valandų koncentracija buvo 0 ppm.

**EVAPORATION INTENSITY OF AMMONIA FROM CATTLE MANURE SPREAD ON
VARIOUS SURFACES**

Summary

The article analyzes one of the most important current problems in agriculture, which is air pollution. Ammonia gas acidifies precipitation and thus forms acid rain, which damages the entire vegetation. For this reason, many requirements have been developed for handling manure, reducing the release of harmful gases into the environment. The study found that manure evaporates most intensively for the first 3–4 hours. After spreading the solid manure, the ammonia concentration in the hood was 2,3 ppm, after 1 hour 1,7 ppm, after 2 hours 1,6 ppm. More than 4 hours after application, the concentration was 0,4 ppm. After 10 hours, the concentration was 0 ppm.

Adomas Lekavičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel.+370 628 97390, el. p. adomas.lekavicius@gmail.com

Rolandas Bleizgys – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, prof. dr.; tel. +370 686 10900, el. p. rolandas.bleizgys@vdu.lt

ELEKTROS ENERGIJOS KOKYBĖ SKIRSTOMAJAME 0,4 kV TINKLE SU INTEGRUOTOMIS SAULĖS ELEKTRINĖMIS

Povilas Budėnas, Kęstutis Navickas

Įvadas

Šiuolaikinėje visuomenėje elektros energija yra svarbi kasdienio gyvenimo dalis. Gerėjant šiuolaikinės visuomenės gyvenimo kokybei, augant ūkiui bei ekonominei gerovei vyksta sparti technologijų plėtra, suvartojama vis daugiau elektros energijos, todėl stiprinamas ir plečiamas elektros tinklas [1].

Pasauliui gręžiantis į atsinaujinančius išteklius, kuriamos ir/arba tobulinamos elektros energijos generacijos, kaupimo technologijos, vertinamos perspektyvos sukurtos energijos prijungimui prie nacionalinių tinklų. Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos tikslas atsinaujinančių energijos išteklių srityje taip pat didinti atsinaujinančių energijos išteklių dalį Lietuvos vidaus energijos gamyboje ir galutiniame energijos suvartojimo balanse [2].

Iki 30 kW galios elektrinės paprastai jungiamos tiesiogiai į skirstomąjį tinklą. Integruojant saulės elektrinių sistemas į nacionalinius tinklus, galimi skirstymo linijų nuostolių sumažinimai, padidinamas tinklo atsparumas, mažesnės gamybos sąnaudos bei sumažina reikalavimus investuoti į naujus energijos gamybos pajėgumus [3]. Saulės energijos generacija gali įtakoti elektros tinklų nuostolius, tinklo patikimumą ir įtampos dydžius, priklausomai nuo integracijos dydžio ir prijungimo vietos. Elektros energijos kokybė turi atitikti Viešųjų elektros tinklų tiekiamos elektros energijos standartą LST EN 50160:2010 [4].

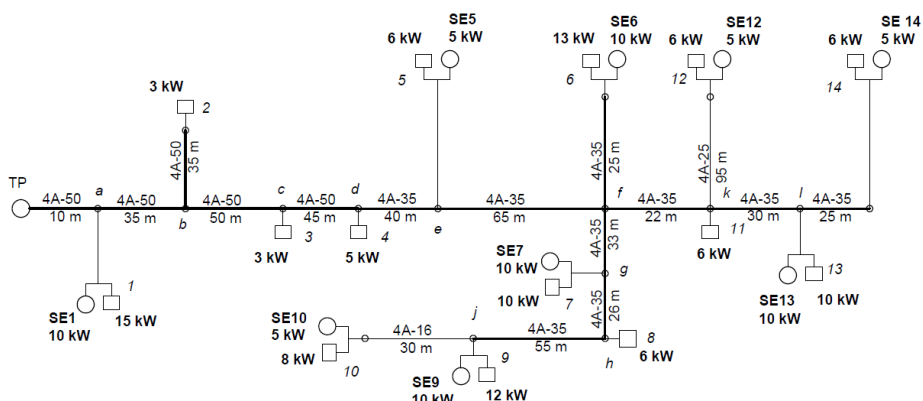
Tyrimo tikslas – įvertinti elektros energijos tiekimo kokybę 0,4 kV linijos, kurioje integruotos mažos galios saulės elektrinės.

Tyrimo uždaviniai:

1. Nustatyti 0,4 kV linijos elektros energijos apkrovų pokyčius, kintant vartotojų apkrovoms ir saulės elektrinių galiai.
2. Įvertinti įtampos nuostolių linijos atkarpose pokyčius, kintant vartotojų ir saulės elektrinių energetinėms charakteristikoms.

Tyrimo metodika

Tiriama 0,4 kV oro linija, prie kurios prijungta 14 elektros energijos vartotojų ir devynios nuo 5 iki 10 kW galios saulės elektrinės. Suminė saulės elektrinių galia 70 kW. Prijungtų vartotojų leistinosios galios kinta 3–15 kW ribose (1 pav.). Suminė aktyvioji visų vartotojų galia siekia 77 kW, o suminė pilnutinė galia – 87 kVA.



1 pav. Tiriamos linijos skaičiuojamoji schema

Oro linijai panaudoti neizoliuoti aluminiai 50, 35, 25 ir 16 mm² skerspjūvio laidai. Linija prijungta prie 100 kVA galios ir 10/0,42 kV įtampos transformatoriaus TSMA-100. Saulės elektrinės prijungtos 1, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13 ir 14 vartotojų prijungimo taškuose ir turi gaminančiojo vartotojo statusą.

Linijos atkarpų aktyviosios ir induktyviosios apkrovos (P_n ir Q_n) nustatytos sumuojant prie atkarpos prijungtų vartotojų aktyviąsias ir induktyviąsias galias (P_i ir Q_i), įvertinus vartotojų nevienalaikiškumą k_v [5]:

$$P_n = k_v \cdot \Sigma P_i,$$

$$Q_n = k_v \cdot \Sigma Q_i.$$

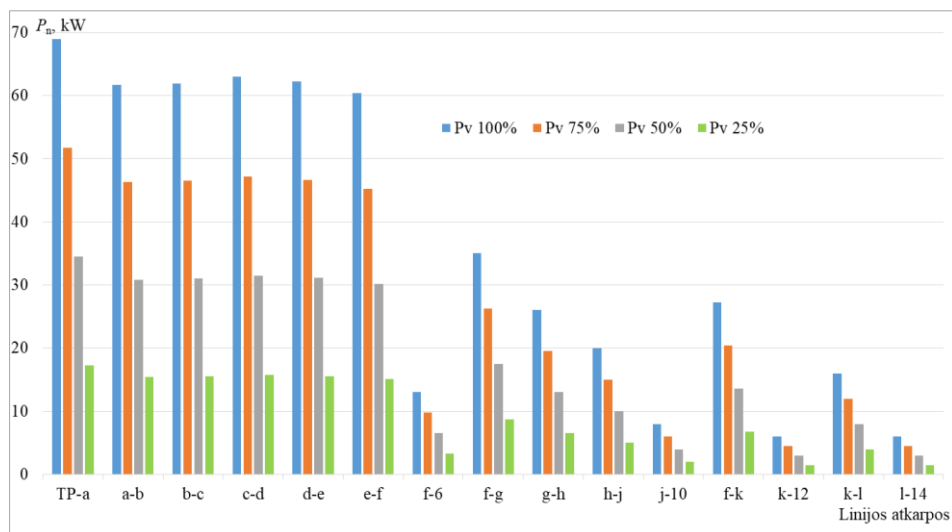
Atkarpų įtampos nuostoliai ΔU_n (V) apskaičiuoti įvertinus laidininko skerspjūvį, linijos atkarpų apkrovą ir ilgį, savitąsias linijos laidų varžas:

$$\Delta U_n = \frac{(P_n \cdot r_0 + Q_n \cdot x_0) \cdot l_n}{U_V}.$$

čia: r_0 ir x_0 – savitosios aktyviosios ir induktyviosios linijos laidų varžos, mΩ/m, l_n – linijos atkarpos ilgis, m; U_V – elektros tinklo įtampa, V.

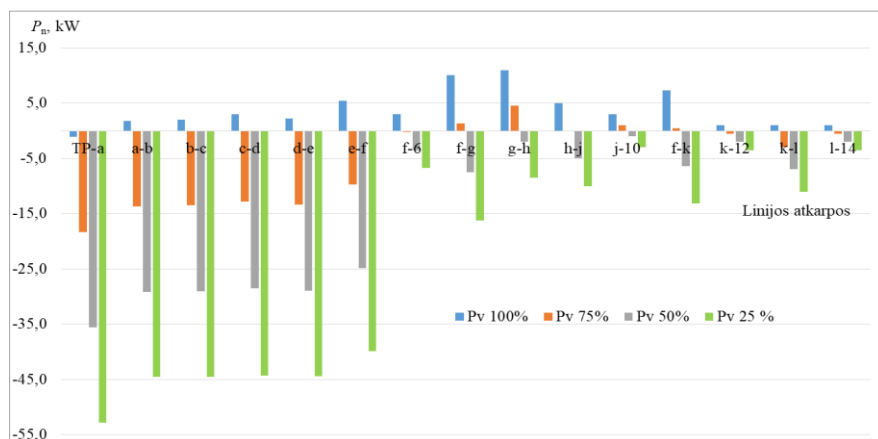
Tyrimo rezultatai

Remiantis 1 pav. pateikta schema ir joje nurodytomis vartotojų aktyviosios galios apkrovomis, buvo nustatytos linijos atkarpų apkrovos, esant keturiems vartotojų apkrovų režimams (100, 75, 50 ir 25 %). Atkarpų apkrovos nustatytos įvertinus vartotojų darbo nevienalaikiškumą. Didžiausia apkrova, neveikiant saulės elektrinei susidaro esant maksimaliai (100 %) vartotojų apkrovai atkarpoje, jungiančioje transformatorinę pastotę ir linijos tašką a (2 pav.). Kitų atkarpų apkrovos priklauso nuo jose prijungtų vartotojų galios ir kiekio. Linijų atkarpų apkrovos, kai neveikia saulės elektrinės, tiesiog proporcingos vartotojų apkrovų pokyčiams.



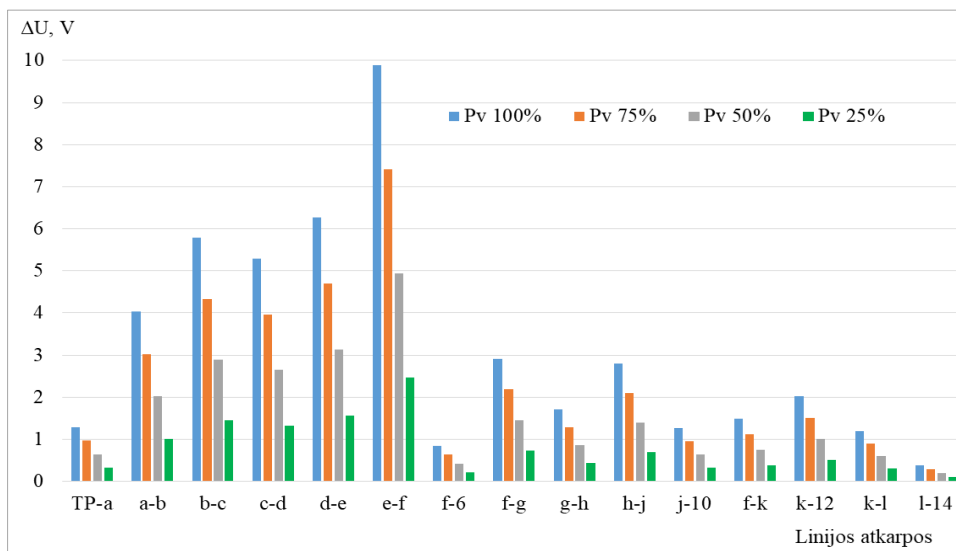
2 pav. Atkarpų apkrovos, kintant vartotojų galiai nuo 25 iki 100 % ir neveikiant saulės elektrinėms

Veikiant saulės elektrinėms maksimalia galia energijos srautai tiriamoje linijoje ženkliai pasikeitė (3 pav.). Didžiausios aktyviosios apkrovos susiformavo, esant minimaliai vartotojų galiai (25 %), tačiau jos sumažėjo atitinkamose atkarpose 23–67 %. Šiuo atveju elektros energija yra tiekama transformatorinės pastotės kryptimi. Veikiant visoms saulės elektrinėms maksimalia galia ir maksimalioms vartotojų apkrovoms, atkarpų aktyviosios apkrovos sumažėjo 58–98 %, priklausomai atkarpos vietos linijoje. Esant minimalioms vartotojų apkrovoms ir maksimalioms saulės elektrinių galioms, linijų atkarpų apkrovos padidėjo nuo 31 iki 206 %, priklausomai nuo atkarpos ir saulės elektrinės vietos linijoje.



3 pav. Atkarpų apkrovos, kintant vartotojų galiai nuo 25 iki 100 % ir veikiant saulės elektrinėms 100 % galia

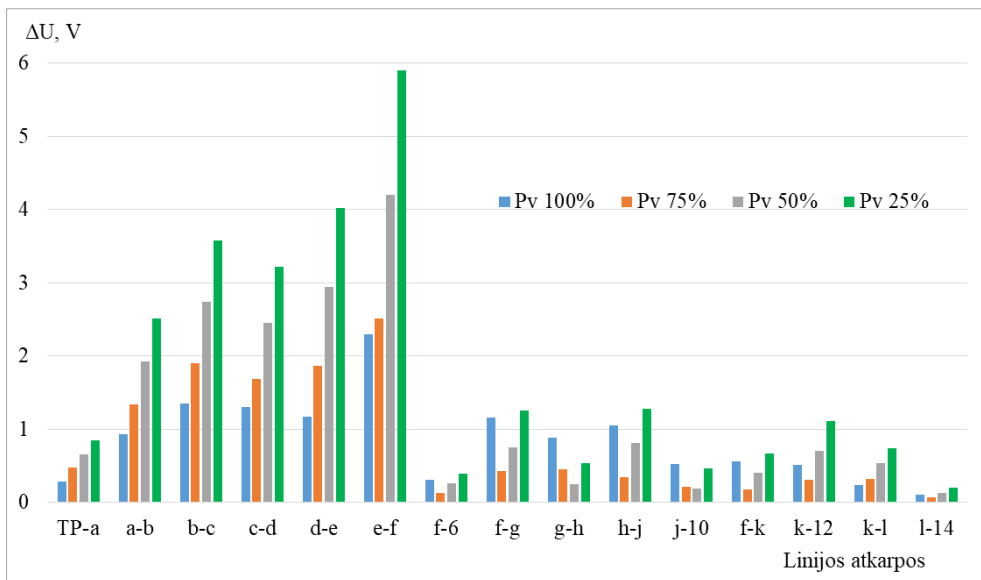
Įtampos nuostoliai atkarpose nustatyti įvertinus atkarpų aktyviasias ir reaktyviasias apkrovas, linijos atkarpų laidų aktyviasias ir reaktyviasias varžas. Reaktyviosios linijos atkarpų apkrovos apskaičiuotos įvertinus prie atkarpų prijungtų vartotojų kiekį, galios koeficientus ir reaktyviasias apkrovas. Didžiausi įtampos nuostoliai linijos atkarpose nustatyti, esant maksimalioms vartotojų apkrovoms ir neveikiant saulės elektrinėms (4 pav.), tačiau jie menkai koreliuoja su atitinkamų atkarpų aktyviųjų apkrovų pokyčiais. Įtampos nuostoliai, esant maksimalioms vartotojų apkrovoms, siekia 5, 6 ir 10 voltų, arba 1,5–2,5 % nuo standartinės linijinės įtampos.



4 pav. Įtampos nuostoliai linijos atkarpose, kintant vartotojų galiai nuo 25 iki 100 % ir neveikiant saulės elektrinėms

Veikiant saulės elektrinėms maksimalia galia įtampos nuostoliai padidėjo esant minimalioms (25 %) vartotojų apkrovoms (5 pav.). Įtampos nuostoliai šio režimo metu atskirose linijos atkarpose sumažėjo 34–68 %. Esant maksimalioms vartotojų apkrovoms (100 %) ir elektrinėms veikiant didžiausia galia, įtampos nuostoliai atskirose linijos ruožuose sumažėjo 48–81 %.

Esant minimalioms vartotojų apkrovoms (25 %) ir maksimalioms saulės elektrinių galioms, linijų atkarpų įtampos nuostoliai padidėjo nuo 126 iki 262 %.



5 pav. Įtampos nuostoliai linijos atkarpose, kintant vartotojų galiai nuo 25 iki 100 % ir veikiant saulės elektrinėms 100 % galia

Alboaouh K. ir Mohagheghi S. savo tyrime [6] taip pat nustatė, kad saulės elektrinių gaminamai galiai didėjant, vidutinės linijos nuostolių vertės mažėja, esant didesniai linijos apkrovimui. Esant nedideliui linijos apkrovimui, vidutinė nuostolių vertė padidėja, kai saulės elektrinių gaminamos galios lygis viršija 40 %.

Išvados

1. Veikiant saulės elektrinėms maksimalia galia, didžiausios aktyviosios apkrovos susiformavo, esant minimaliai vartotojų galiai. Atskirų atkarpų apkrovos šiame režime sumažėjo 23–67 %.
2. Esant maksimalioms vartotojų apkrovoms ir elektrinėms veikiant didžiausia galia, įtampos nuostoliai atskiruose linijos ruožuose sumažėjo 48–81 %.

Literatūra

1. Urbelis, A., Gasparovičius, E., Šebekienė, L. (2013). *Elektros perdavimo linijų sklaidžiamų elektromagnetinių laukų vertinimo ir valdymo modelis*. Nacionalinė visuomenės sveikatos priežiūros laboratorija. 4–5.
2. Lietuvos energetikos agentūra. (2021) [žiūrėta 2021 m. sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.ena.lt/atsinaujinantys-energijos-istekliai/>
3. Nwaigwe, K. N., Mutabilwa, P. ir kt. (2019). An overview of solar power (PV systems) integration into electricity grids. *Materials Science for Energy Technologies*, 2, 629–633.
4. Viešųjų elektros tinklų tiekiamos elektros įtampinės charakteristikos standartas LST EN 50160:2010.
5. Skaičiuojamųjų elektros apkrovų nustatymo metodika. TAR, 2014-12-29, Nr. 20807.

6. Alboaouh, K., Mohagheghi, S. (2020). Voltage, var and watt optimization for a distribution system with high PV penetration: A probabilistic study. *Electric Power Systems Research*, 180, 106159.

Santrauka

Straipsnyje tiriama elektros energijos kokybė skirstomajame 0,4 kV tinkle su integruotomis saulės elektrinėmis. Darbui pasirinkta 0,4 kV oro linija, prie kurios prijungta 14 elektros energijos vartotojų ir 9 saulės elektrinės, kurių suminė saulės galia 70 kW. Suminė aktyvioji visų vartotojų galia siekia 77 kW.

Nustatyta, kad veikiant saulės elektrinėms maksimalia galia, didžiausios aktyviosios apkrovos susiformavo, esant minimaliai vartotojų galiai. Atskirų atkarpu apkrovos šiame režime sumažėjo 23–67 %. Esant maksimalioms vartotojų apkrovoms ir elektrinėms veikiant didžiausia galia, įtampos nuostoliai atskiruose linijos ruožuose sumažėjo 48–81 %.

ELECTRICITY QUALITY IN THE 0.4 kV DISTRIBUTION GRID WITH INTEGRATED SOLAR POWER PLANTS

Summary

The article presents the energy quality in the 0.4 kV distribution grid with integrated solar power plants. 0.4 kV overhead power line was selected for this research. 14 electricity consumers and 9 solar power plants with total capacity of 70 kW are connected to the grid. The total active power of all consumers is 77 kW.

It was found that during the operation of solar power plants at maximum power, the highest active loads were formed at the minimum power of consumers. The loads of individual sections in this mode decreased by 23–67%. At maximum consumer loads and power plants operating at maximum power, voltage losses in individual sections of the line decreased by 48–81%.

Povilas Budėnas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 699 06950, el. p. p.budenas@gmail.com

Kęstutis Navickas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, prof. dr.; tel.+370 687 86826, el. p. kestutis.navickas@vdu.lt

TRAŠŲ SANDĖLIAVIMO IR KROVIMO TYRIMAS AB „LIFOSA“

Andrius Pakštaitis, Algirdas Janulevičius

Įvadas

Vienas iš pagrindinių žemės maitinimo būdų yra trąšų naudojimas. Trąšos – medžiagos, kurios įterptos į dirvą, gerina augalų augimą ir vystymąsi. Trąšų ir kitų augimą skatinančių preparatų naudojimas didesniu mastu gali pakelti dirvožemio derlingumą net iki kelių kartų. Populiariausios yra granuliuotos trąšos dėl: sandėliavimo patogumo, naudojimo efektyvumo, gero tirpumo, išbarstymo spindulio, patogaus pakrovimo laukuose ir kt.

Didžiausia fosforinių mineralinių trąšų gamykla Lietuvoje yra AB „Lifosa“. Jos gaminama produkcija laikoma palaido laikymo sandėliuose bei fasuotos didmaišiais. Atsirandant vis daugiau konkurencingų įmonių ir norint išlaikyti lyderio poziciją trąšų rinkoje, AB „Lifosa“ turi kurti naujus produktus, gaminiai turi atitikti kokybės reikalavimus, išlaikyti patrauklias kainas, įvykdyti laiku visus užsakymus. Visos įmonėje esančios sritys yra sistemos dalis. Pagrindinis efektyvios logistikos sistemos kūrimo principas yra sistemos paprastumas (Owens, Warner, 2003). Kadangi sistemą sudaro įvairūs elementai, įmonės gali susidurti su skirtingo pobūdžio problemomis, pavyzdžiui, žaliavų vėlavimas, technologinių linijų prastovos dėl įrenginių susidėvėjimo, darbuotojų trūkumas, transportavimo būdo pasirinkimo, nepakrautų transporto priemonių prastovos ir kt.

Norint sumažinti transporto priemonių prastovas atsirandančias dėl lėto krovimo, reikalingas fasuotos produkcijos sandėlio optimizavimas. Šiame darbe bus bandomos skirtingos trąšų krovimo į transporto priemones sistemos. Tinkamos sandėliavimo schemas parinkimas yra vienas iš pagrindinių mokslinėje literatūroje pateiktų sandėlio optimizavimo būdų (Karásek, 2013). Optimizuojant įmonėje naudojamą sandėliavimo schemą, galima sutrumpinti krovimo laiką.

Tikslinga išanalizuoti visus įmanomus transporto priemonių užkrovimo būdus ir nustatyti tinkamiausią. Tikėtina, kad atradus optimaliausią sandėliavimo, bei užkrovimo būdus galima panaikinti įmonėje atsiradusią prastovų problemą.

Tyrimo tikslas – nustatyti ir eksperimentiškai pagrįsti optimalų trąšų sandėliavimo ir krovimo į transporto priemones būdą.

Tyrimo uždaviniai:

1. Išanalizuoti literatūros šaltiniuose pateiktas krovimo sistemas ir sandėliavimo optimizavimo būdus.
2. Tyrimui atlikti suprojektuoti ir pagaminti autokrautuvo mobilų priedą, fasuotų trąšų krovimui.
3. Eksperimentiškai pagrįsti optimalių krovimo būdą ir sandėliavimo schemą.

Tyrimų metodika

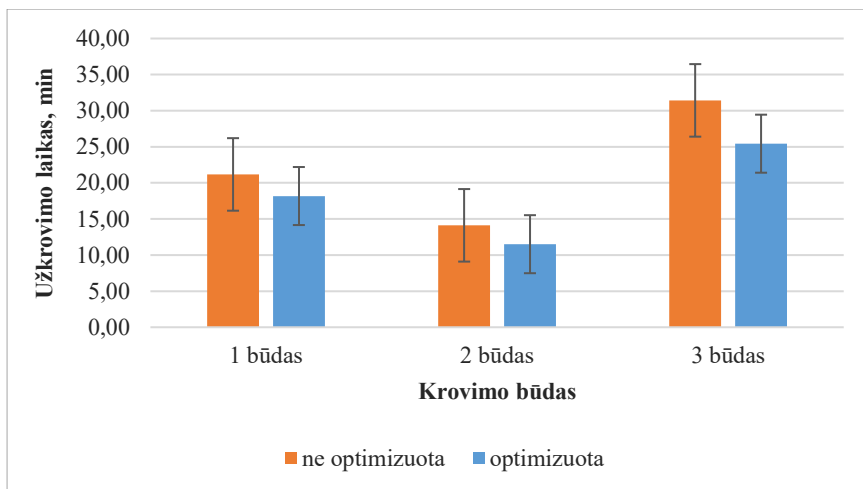
Tyrimas buvo atliktas AB „Lifosa“ fasuotų DAP (diamonio fosfato) trąšų sandėlyje, o krovimui atlikti naudojamas šakinis autokrautuvas „Toyota 8 FD F 25“. Produkcijos krovimas buvo atliekamas naudojant trimis krovimo būdais. Pirmasis krovimo būdas nenaudojant jokios papildomos įrangos, o tik apverstas autokrautuvo šakes su galuose padarytomis skylėmis varžtams. Taip paruoštas šakinis krautuvas gali vienu metu gabenti iki 2 didmaišių. Antrasis krovimo būdas naudojant suprojektuotą ir pagamintą savadarbį autokrautuvo įrenginį fasuotai produkcijai krauti. Šio įtaiso pagalba šakiniu autokrautuvu galima gabenti tris 500 kg masės didmaišius. Trečiasis krovimo būdas naudojant autokrautuvo šakių prailgintoją. Fasuotos trąšos yra kraunamos į transporto priemonių standartinio dydžio (13,62 metrų ilgio, 2,48 metrų pločio ir 2,7 metrų aukščio) puspriekabės. Norint nustatyti kokią įtaką krovimo greičiui turi sandėliavimo schemas parinkimas, buvo išbandyta šiame sandėlyje naudojama sandėliavimo schema kuri leidžia sutalpinti iki 2000 tonų fasuotos produkcijos ir viena iš mokslinėje literatūroje minimų optimizuotų sandėliavimo schemų.

Tyrimo metu laikmatis paleidžiamas krovimo pradžioje autokrautuviui pajudėjus iš pradinio taško. Atlikus 48 didmaišių krovimo operaciją laikoma krovimo pabaiga. Laikmatis sustabdomas baigus krovimą ir autokrautuviui sugrįžus į pradinį tašką. Krovimo būdui paruoštas šakinis krautuvas atlieka 10 pakartotinių operacijų. Nekeičiant krovimo būdo, o pakeitus sandėliavimo schemą operacija yra pakartojama. Gauti rezultatai surašomi Excel programoje. Iškilus nenumatytoms problemoms ir esant netiksliam laikui, tokie rezultatai nėra įtraukiami. Tokiu atveju krovimo procesas yra pakartojamas. Dažniausiai išskylančios problemos yra transportuojamos pakuotės sugadinimas. Sugadinimą lemia puspriekabėje esantys aštrūs kampai, brokuoti didmaišiai ir kt. Atsiradus įtrūkimui, didmaišis privalo būti išbrokuotas ir pakeistas.

Atlikus tyrimą, apskaičiuojami gautų rezultatų vidurkiai. Apskaičiuojama kokią įtaką autokrautuvo našumui, bei krovimo metu sugadintų pakuočių kiekiui turi krovimo būdo ir sandėliavimo schemas parinkimas. Gauti rezultatai pateikiami grafiškai.

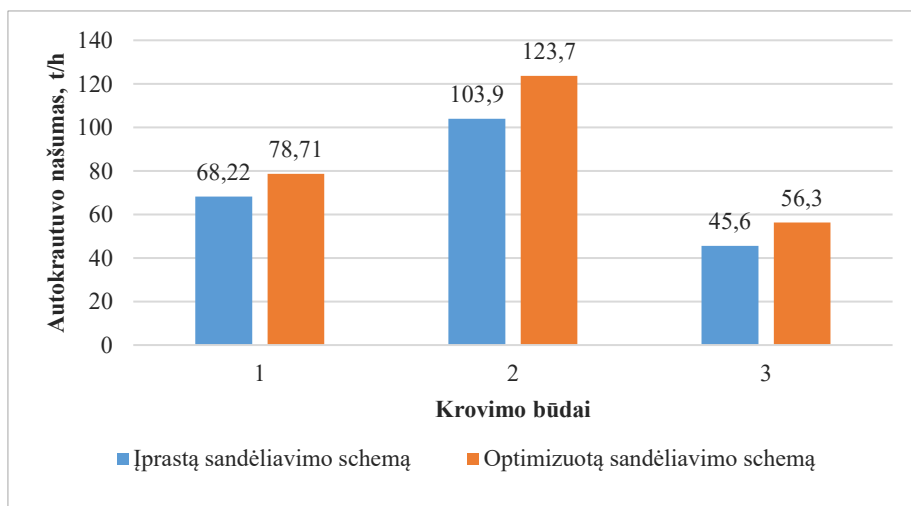
Tyrimų rezultatai

Atlikus tyrimą, kuriame buvo nustatyta kuris iš naudojamų trijų krovimo būdų yra efektyviausias ir kokią įtaką krovimo greičiui turi sandėliavimo schemas parinkimas. Iš tyrimo metu gautų rezultatų apskaičiuoti vidurkiai (\bar{y}). Atlikto tyrimo rezultatų vidurkiai pateikiami 1 paveiksle. Iš 1 pav. matyti, kad efektyviausias yra antrasis krovimo būdas, kuriame buvo naudojamas mobilus krovimo įrenginys. Šis suprojektuotas ir pagamintas įrenginys leidžia nedidinant važiavimo greičio sutrumpinti krovimo laiką. Neefektyviausias krovimo būdas yra naudojant šakių prailgintoją. Naudojant optimizuotą sandėliavimo schemą trumpinamas krovimo laikas kraunant visais krovimo būdais.



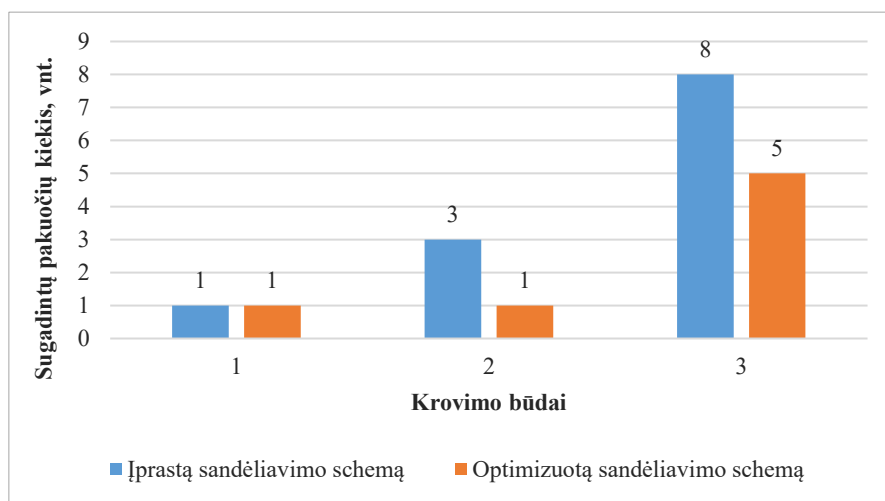
1 pav. Krovimo būdų rezultatai naudojant ne optimizuotą ir optimizuotą sandėliavimo schemas

Iš tyrimo gautų rezultatų apskaičiuojamas autokrautuvo našumas kraunant trąšas. Autokrautuvo našumo priklausomybė nuo naudojamo krovimo būdo ir sandėliavimo schemas 2 paveiksle. Iš 2 paveiksle pateiktų rezultatų galima teigti, kad autokrautuvo našumas kraunant trąšas yra didžiausias naudojant antrą krovimo būdą. Autokrautuvo su mobiliu krovimo įrenginiu našumas yra 104 t/h, o tai 36 t/h didesnis nei kraunant įmonėje naudojamu krovimo būdu. Autokrautuvo našumas kraunant trąšas yra didesnis esant optimizuotai sandėliavimo schemei nei įprastai.



2 pav. Autokrautuvo našumas kraunant trąšas: 1 krovimo būdas nenaudojant papildomos įrangos; 2 krovimo būdas naudojant mobilių krovimo įrenginį; 3 krovimo būdas naudojant autokrautuvo šakių prailgintoją

Kokią įtaką krovimo metu sugadintų pakuočių kiekiui turi krovimo būdo ir sandėliavimo schemos parinkimas pavaizduota 3 paveiksle.



3 pav. Krovimo metu sugadintos pakuotės

Iš 3 paveiksle pateiktų rezultatų galima teigti, kad kraunant pirmuoju krovimo būdu sandėliavimo schemos parinkimas neturi įtakos sugadintų pakuočių skaičiui. Naudojant 2 ir 3 krovimo būdus pakuočių sugadinama mažiau esant optimizuotai sandėliavimo schemai.

Išvados

1. Išanalizavus ir praktiškai išbandžius tris trąšų į transporto priemones krovimo būdus nustatyta, kad sparčiausias transporto priemonės pakrovimo būdas buvo antrasis, naudojant mobilų krovimo įrenginį. Kraunant fasuotą produkciją naudojant mobilų krovimo įrenginį, vidutinis krovimo laikas nuo 21 minutės 17 sekundžių sutrumpėjo iki 14 minučių ir 12 sekundžių.
2. Išbandžius literatūroje pateiktą sandėlio optimizavimo būdą patvirtinta, kad krovimo greičiui turi įtaką tinkamos sandėliavimo schemos parinkimas. Naudojant antrą krovimo būdą ir optimizuotą sandėliavimo schemą krovimo laikas sutrumpėja iki 11 minučių ir 51 sekundės.
3. Didmaišių (0,5 t) krovimui naudojant antrą krovimo būdą (mobilų krovimo įrenginį) ir optimizuotą sandėliavimo schemą autokrautuvo „TOYOTA 8 FD F 25“ vidutinis našumas 123,7 t/h.
4. Nustatyta, kad kraunant įmonėje naudojamu pirmuoju krovimo būdu, sandėliavimo schemos parinkimas neturi įtakos pakuočių sugadinimui. Naudojant antrą krovimo būdą (mobilų krovimo įrenginį) ir parinkus tinkamą sandėliavimo schemą sugadintų pakuočių kiekis sumažėjo 66 %.

Literatūra

1. Gargasas, A., Kavaliauskienė, V. (2000). Logistikos metodų naudojimo efektyvumas. Kauno technikos universitetas. *Inžinierinių sprendimų komercializacija*, 3(18), 80–86.
2. Dirvonskytė, R. (2008). *Tarptautinių bendrovių sandėlių išdėstymo politikos tyrimas*. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius: Technika, 57 p.
3. Marozas, T. (2014). *AB „Linus agro“ logistikos sistemos tobulinimas*. Aleksandro Stulginskio universitetas. Akademija: ASU Leidybos centras, 67 p.
4. Būtienė, J. (2016). *Įmonės veiklos efektyvumo didinimas tobulinant sandėlio darbą*. Kaunas: Technologija, 72 p.
5. Karásek, J. (2013). An overview of warehouse optimization. *International journal of advances in telecommunications, electrotechnics, signals and systems*, 2(3), 111–117.
6. Kumetytė, I. (2017). *Analysis and improvement of last warehousing processes*. Kaunas: Technologija, 60 p.
7. Kutkaitis, A. (2008). Prielaidos sandėliavimo efektyvumui didinti. *Lietuvos aukštųjų mokyklų vadybos ir ekonomikos jaunųjų mokslininkų konferencijų darbai*, 68.
8. Luis Suarez-Villa 2003. The E-economy and the Rise of Technocapitalism: Networks, Firms, and Transportation 4. *Growth and Change*, 34(4), 390–414. doi:10.1046/j.0017-4815.2003.00227.x
9. Duponchel, D. (2010). *L'impact de la citoyennete sur la gestion de la Supply Chain*: master 2 sciences management. Maitre de memoire monsieur Paul-Marie Edwards. Paris: Specialite Logistique, Universite Paris 1.

Santrauka

Įmonė norėdama gauti pelną privalo gaminti kokybišką produkciją už konkurencingą kainą. Galutinė produkto kaina susideda iš kainos už žaliavas, sandėliavimo kaštai, darbuotojų atlyginimai. Efektyvi logistikos sistema padeda pasiekti konkurencinį pranašumą dėl geresnio produkto prieinamumo rinkoje ir mažo produkto senėjimo. Išskiriami trys svarbius logistikos tikslus – tai kokybė, laikas ir sąnaudos. Išanalizavus įmonės silpnąsias logistikos grandis ir norint sumažinti galutinę produkto kainą optimizuojant sandėlio darbą.

Atlikus tyrimus, patvirtinta darbo pradžioje iškelta hipotezė, kad nedidinant autokrautuvo važiavimo greičio, bet parenkant tinkamą krovimo būdą trumpinamas produkcijos krovimo į transporto priemonės laikas. Suprojektuotas ir pagamintas krovimo įrenginys fasuotoms trąšoms krauti. Sudaryta ir eksperimentiškai patvirtinta optimaliausia krovimo į transporto priemonės sistema.

FERTILIZER STORAGE AND LOADING INVESTIGATION AB "LIFOSA"

Summary

In order to make a profit, a company must produce quality products at a competitive price. The final price of the product consists of the price for raw materials, storage costs, staff salaries. An efficient logistics system helps to achieve a competitive advantage due to better product availability in the market and low product aging. There are three important logistics goals: quality, time and cost.

After analyzing the company's weak logistics chain and to reduce the final price of the product by optimizing warehouse performance. The research confirmed the hypothesis raised at the beginning of the work that by not increasing the speed of the truck, but by choosing the appropriate loading method, the loading time of the products to the vehicles is shortened. A loading device for loading prepacked fertilizers has been designed and manufactured. The most optimal loading system for vehicles has been developed and experimentally confirmed.

Andrius Pakštaitis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 690 54793, el. p. a.pakstaitis@gmail.com
Algirdas Janulevičius – VDU Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos instituto doc. dr., tel. +370 616 11453, el. p. algirdas.janulevicius@vdu.lt

VAŽIAVIMO CIKLŲ ĮTAKA DEGALŲ ŠAUNAUDOMS IR DEGINIŲ EMISIJAI

Tomas Jakevičius, Stasys Slavinskas

Įvadas

Šiuo metu vis labiau domimasi važiavimo ciklais, kurie iš tikrųjų atspindi vietinius važiavimo įpročius ir kuriuos galima būtų panaudoti prognozuojant transporto priemonių degalų sąnaudas ir teršalų išmetimą. Važiavimo ciklas – tai tam tikra važiavimo greičių seka, kuri apibūdina transporto priemonės važiavimo režimą, artimiausią realioms važiavimo sąlygoms pasirinktame regione [1, 2]. Vieni iš labiausiai žinomų lengvųjų automobilių ir lengvųjų sunkvežimių taikomų važiavimo ciklų yra NEDC („New European Driving Cycle“) ir WLTC („Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycles“). Šio tipo ciklai naudojami nustatyti automobilio degalų sąnaudas ir kenksmingų deginių emisijas, sertifikavimui bei palyginimui. Automobilių gamintojai deklaruoja degalų sąnaudas, išmatuotas automobilio važiavimo patvirtinimo metu, važiuojant nustatytu važiavimo ciklu [3]. Tačiau šie važiavimo ciklai tinkamai neatspindi realaus regiono vairavimo modelio [4].

Tyrimo tikslas – atlikti Kauno miestui būdingo važiavimo ciklo tyrimą.

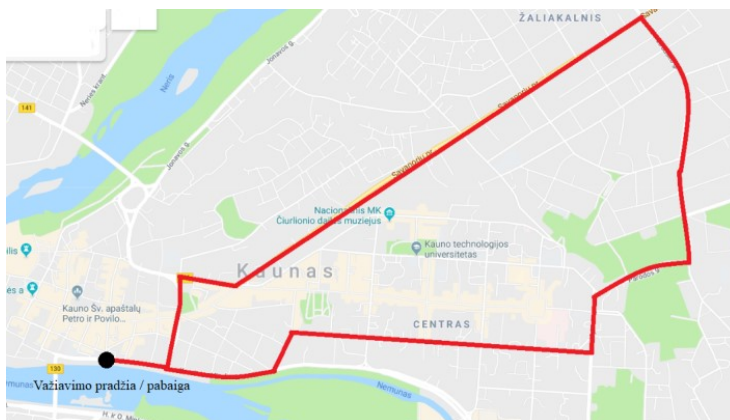
Tyrimo uždaviniai:

1. Ištirti važiavimo ciklą skirtingu paros metu.
2. Įvertinti degalų sąnaudas važiavimo ciklo metu.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimas atliktas automobiliu Opel Astra, kurio variklio darbo tūris 1,3 litro ir galia 70 kW.

Važiavimo ciklo analizei pasirinktas maršrutas, kuriame yra pakankamai intensyvus eismas, ypač pikų metu. Važiavimo maršrutas pasirinktas pagal eismo intensyvumą (1 pav.). Maršruto pradžia – Karaliaus Mindaugo prospektas prie Vytauto Didžiojo tilto. Važiavimo seka buvo: Birštono gatvė, Savanorių prospektas, K. Petrausko gatvė, Parodos gatvė, Vytauto prospektas, Kęstučio gatvė, ir I. Kanto gatvė. Iš I. Kanto gatvės grįžtama į Karaliaus Mindaugo prospektą. Važiavimai pasirinktu maršrutu buvo atliekami tris kartus per parą: važiuota ryte 7:15 h, per pietus 12:15 h ir po darbo valandų 17 h.

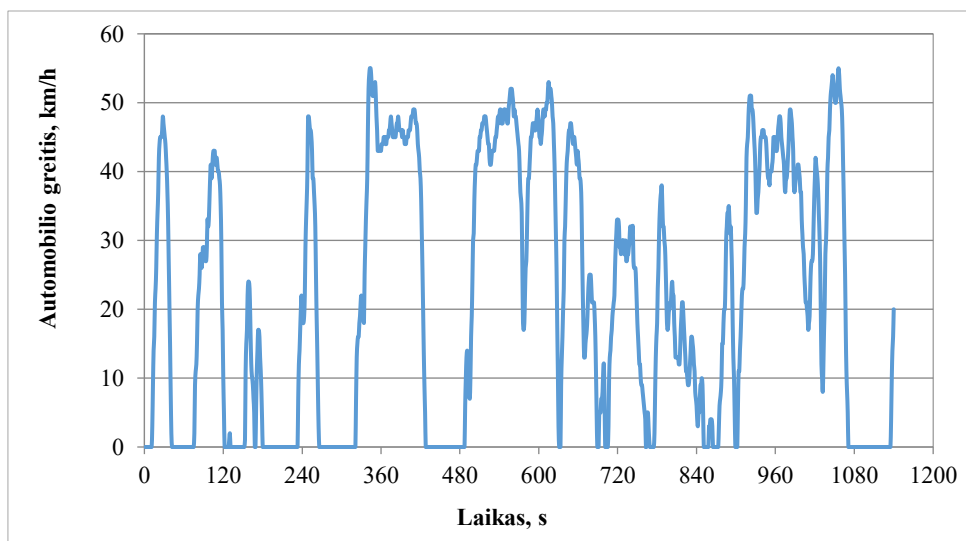


1 pav. Važiavimo maršrutas

Važiavimo parametrus registruoti buvo naudojamas OBD Log diagnostikos prietaisas, skirtas įrašyti variklio valdymo sistemos darbo parametrus. Jis prijungiamas prie automobilio OBD jungties. Tyrimų metu buvo registruojamas automobilio važiavimo greitis, variklio sūkių dažnis, variklio apkrova, variklio oro sąnaudos, akceleratoriaus pedalo padėtis. Surinktų duomenų analizei naudota Obd-log sw suite programinė įranga.

Rezultatai

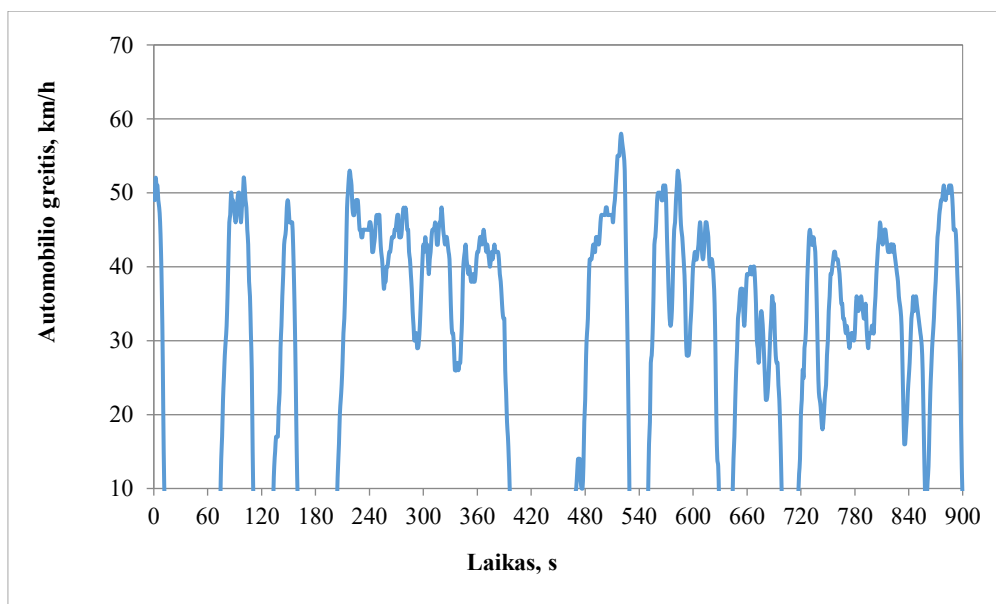
2 pav. pateikti rytinio važiavimo režimai. Važiavimas truko 19 min. ir jo metu automobilio greitis kito nuo 0 iki ~50 km/h, o variklio sūkliai kito nuo 900 min⁻¹ iki ~2500 min⁻¹.



2 pav. Automobilio judėjimo režimai rytinio važiavimo metu

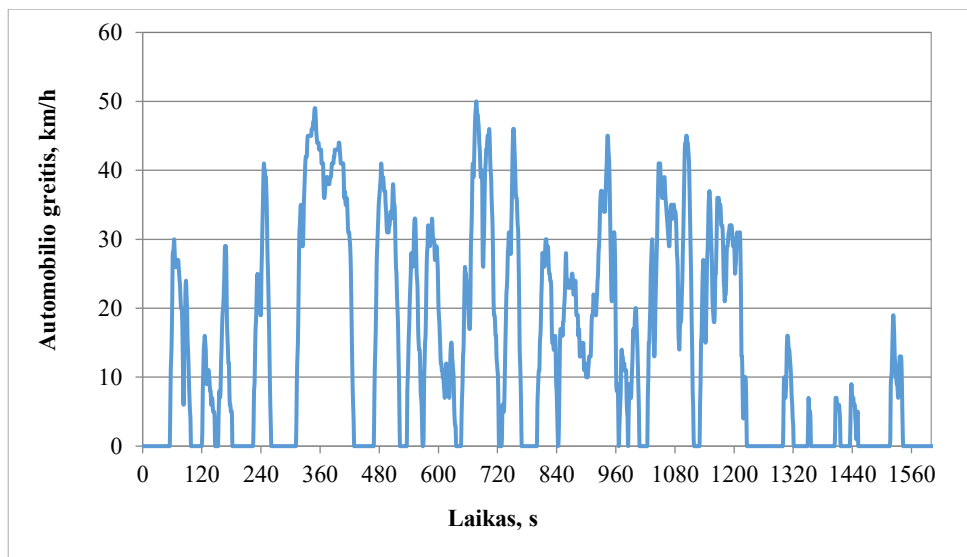
Kaip matyti iš pateiktų rezultatų, realus važiavimo ciklas ženkliai skiriasi nuo NEDC ciklo, kuris numato 800 s laikotarpyje tris pasikartojančius tolygaus įsibėgėjimo ciklus su sustojimais tarp jų. Tirtame maršrute sustojimų buvo mažiau, jie buvo nevienodos trukmės, o užregistruoti įsibėgėjimo ir stabdymo režimai daug intensyvesni. Bandymo metu ne visi stabdymo režimai baigiasi visišku automobilio sustabdymu. Šiuo atžvilgiu tyrimų metu užregistruotas važiavimo ciklas yra artimesnis WLTP ciklui, kuriame numatytas 600 s trukmės važiavimo mieste režimas yra daug dinamiškesnis su daugiau įsibėgėjimo ir stabdymo ciklų, kurių metu automobilis pilnai nesustoja.

Pietinio važiavimo metu tarp 12 h ir 13 h maršrutui įveikti prireikė 15 min., važiavimo greitis taip pat kito nuo 0 iki 50 km/h, o variklio sūkliai nuo 900 min⁻¹ iki 2200 min⁻¹. Šio važiavimo metu buvo užregistruoti 7 sustojimai ir 6 maksimalaus greičio pikai (3 pav.). Po sustojimų sekė intensyvaus įsibėgėjimo ir stabdymo režimai. Nusistovėjusio tolygaus greičio režimų nebuvo užfiksuota. Šio važiavimo režimai taip pat buvo artimesni WLTP bandymų režimams, negu NEDC režimams.



3 pav. Automobilio judėjimo režimai pietinio važiavimo metu

Automobilio judėjimo režimai vakarinio važiavimo metu pateikti 4 pav. Dėl eismo intensyvumo ilgiausiai užtruko vakarinis važiavimas tuo pačiu maršrutu. Jis truko net 26 min., t. y. 10 min. ilgiau nei pietinis važiavimas. Šio važiavimo metu buvo daugiausiai sustojimų. Šio važiavimo režimas taip pat buvo artimesnis naujai įvestam WLTP testo miesto ciklo režimams.



4 pav. Automobilio judėjimo režimai vakarinio važiavimo metu

Važiavimo režimai turėjo įtakos ir degalų sąnaudoms. Pietinio važiavimo metu degalų sąnaudos buvo gautos 13,5 % didesnės, nei rytinio važiavimo, nors važiavimo trukmė buvo trumpesnė. Vakarinis važiavimas užtruko ilgiausiai, tačiau degalų sąnaudos gautos 14,6 % mažesnės. To priežastis gali būti mažesnis vidutinis greitis.

Išvados

1. Tirtas miesto važiavimo ciklas ženkliai skiriasi nuo NEDC važiavimo tipo ciklo, greičių pikais ir dažnesniais ~ 2–5 kartų sustojimais.
2. Tyrimų metu nustatyti važiavimo režimai dėl važiavimo dinamiškumo yra artimesni WLTP testo važiavimo režimams.
3. Važiuojant tuo pačiu maršrutu, degalų sąnaudos, priklausomai nuo važiavimo režimų, svyravo ± 14 % ribose.

Literatūra

1. Luis, F. Q., Michael, G., Jose, L. H., Miguel, J. (2020). Driving cycles that reproduce driving patterns, energy consumptions and tailpipe emissions. *Transport and Environment*, 82.
2. Tong, H. Y., Hung, W. T. (2010). A framework for developing driving cycles with on-road driving data. *Transport Rev.*, 30(5), 589–615.
3. Omid, G., David, C. S., Karl, R., Francis, D. P. (2020). Real-world assessment of vehicle pollutant emissions subset by vehicle type, fuel and EURO class: New findings from the recent UK EDAR field campaigns, and implications for emissions restricted zones. *Science of The Total Environment*, 734.
4. Pavlovic, J., Ciuffo, B., Fontaras, G., Valverde, V., Marotta, A. (2018). How much difference in type-approval CO₂ emissions from passenger cars in Europe can be expected from changing to the new test procedure (NEDC vs. WLTP)? *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, 111, 136–147.

Santrauka

Automobilių degalų sąnaudoms ir deginių emisijai įvertinti ir palyginti naudojami standartizuoti važiavimo ciklai. Tačiau jie ne visada atspindi vietines važiavimo sąlygas ir vairavimo įpročius. Atlikto tyrimo tikslas buvo nustatyti Kauno miestui būdingą važiavimo ciklą. Tyrimų metu buvo atliekami trys važiavimai skirtingu paros metu pasirinktu maršrutu. Nustatyta, kad pasirinkto maršruto važiavimo režimai ženkliai skiriasi nuo NEDC tiek važiavimo greičių pikais, tiek sustojimų skaičiumi. Tyrimų metu nustatyti važiavimo režimai yra artimesni WLTP testo važiavimo režimams. Važiuojant tuo pačiu maršrutu, degalų sąnaudos, priklausomai nuo važiavimo režimų, svyravo $\pm 14\%$ ribose.

INFLUENCE OF DRIVING CYCLES ON FUEL CONSUMPTION AND COMBUSTION EMISSIONS

Summary

Cars fuel consumption and exhaust emissions are used to assess and compare the standardized driving cycle. However, they do not always reflect local driving conditions and driving habits. The aim of the study was to determine the driving cycle typical of Kaunas city. During the research, three rides were performed at different times of the day on the chosen route. It was found that the driving modes of the selected route differ significantly from the NEDC both in terms of peak speeds and number of stops. The driving modes identified during the studies are closer to the driving modes of the WLTP test. On the same route, fuel consumption varied within the range of $\pm 14\%$, depending on the driving modes.

Tomas Jakevičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; el. p. tomasjakevicius@gmail.com;
Stasys Slavinskas – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, prof. dr.; el. p. stasys.slavinskas@vdu.lt

SPRAGILO SMŪGIO VIETOS Į KUKURŪŽŲ BURBUOLĘ ĮTAKA GRŪDŲ IŠKULIAMUMUI IR SUŽALOJAMUMUI

Remigijus Norkevičius, Dainius Steponavičius

Įvadas

Kukurūzai (lot. *Zea mays*) yra aukšto derlingumo ir įvairiapusio panaudojimo augalai, todėl jie yra vieni iš dažniausiai laukuose sėjamų šiuolaikinės pasaulio žemdirbystės augalų. Pasaulinėje grūdų rinkoje kukurūzai sudaro apie 42 % visų javų kiekio (ZUR.lt, 2019). Lietuvoje kukurūzų grūdų derlius viename hektare gali siekti nuo 6 iki 11 tonų, o žaliosios masės nuo 50 iki 70 tonų (Germanas, 2008).

Siekiant užauginti aukštos kokybės kukurūzus, būtina gera sėklos kokybė. Tačiau kukurūzų grūdai kūlimo metu dažnai pažeidžiami mechaniškai. Javų kombaine po kontakto su būgno spragilu arba pobūgniu, sėklos išorėje atsiranda įmušimai, įtrūkimai ir vidiniai fiziologiniai pažeidimai. Taigi svarbu parinkti optimalius kūlimo aparato konstrukcinius parametrus (spragilų sukimosi dažnį, tarpą tarp būgno ir pobūgnio, skersinės pobūgnio juostos aukštį bei jos formą).

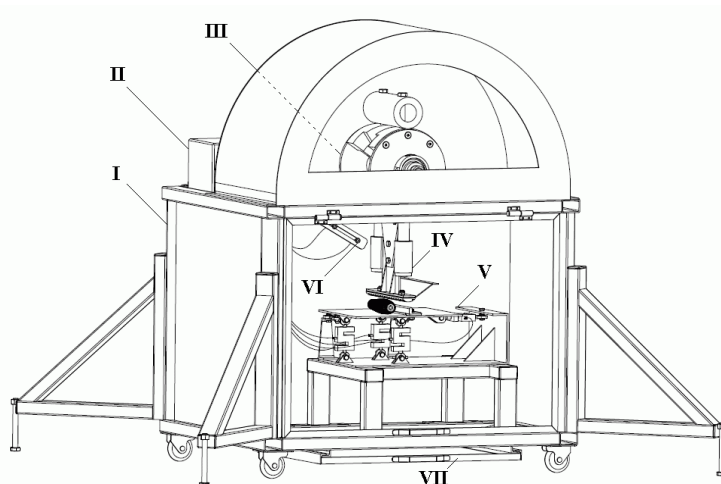
Mokslininkai siekdami tobulinti kūlimo procesą įtakojančius veiksnius, kuria tyrimų standus, kuriais atlieka bandymus. Stacionariu tangentine vienkūgniu kūlimo stendu nustatyta, kad tangentinio kūlimo aparato būgno apskritiminis greitis neturėtų viršyti 15 m s^{-1} , kadangi, didinant greitį, ženkliai padidėja kukurūzų grūdų sužalojimas (Kiniulis, 2020). To priežastis yra per didelis spragilo greitis kontakto metu su burbuole, todėl tikslinga jį sumažinti. V. Stončius ir kt. nustatė, kad vieno spragilo smūgio poveikyje atskirtų nuo burbuolės šerdies grūdų dalis yra tiesiogiai proporcinga pobūgnio skersinės juostos aukščiui. Didinant juostos aukštį, iškuliamumas didėja. Tačiau skersinės juostos aukštis neturėtų būti didesnis nei 9 mm, kadangi po to ženkliai auga sužalotų grūdų dalis ir stipriai suardoma burbuolės šerdis (Stončius et al., 2015). J. Anušauskas su tyrėjų grupe prieš tai minėto tyrimo rezultatus papildė, nustatė, kad kukurūzų grūdų atskyrimui nuo burbuolės šerdies, vieno spragilo smūgio poveikyje, įtakos turi pobūgnio skersinės juostos profilio forma, nuo kurios taip pat priklauso burbuolės kontakto plotas ir tikėtina smūgio tolygumas (Anušauskas et al., 2019).

Išanalizavus ankstesnių mokslininkų atliktus tyrimus, pastebėta, kad dauguma tyrimų pagrindžia pobūgnio skersinės juostos ir kūlimo būgno spragilo formas bei jo sukimosi greičio įtaką grūdų iškuliamumui ir sužalojimui, tačiau nėra tyrimų, kuriuose detalai būtų tiriama spragilo smūgio vietos į burbuolę, įtaka. Todėl tikslinga atlikti išsamius grūdų iškūlimo ir sužalojimo tyrimus, kuriuose būtų keičiamas tarpas tarp būgno ir pobūgnio, naudojant skirtingos formos bei aukščio skersines juostas.

Tyrimo tikslas – nustatyti tarpo tarp kūlimo būgno spragilo ir pobūgnio įtaką kukurūzų grūdų atskyrimui nuo šerdies ir jų sužalojimui.

Tyrimų objektas ir metodika

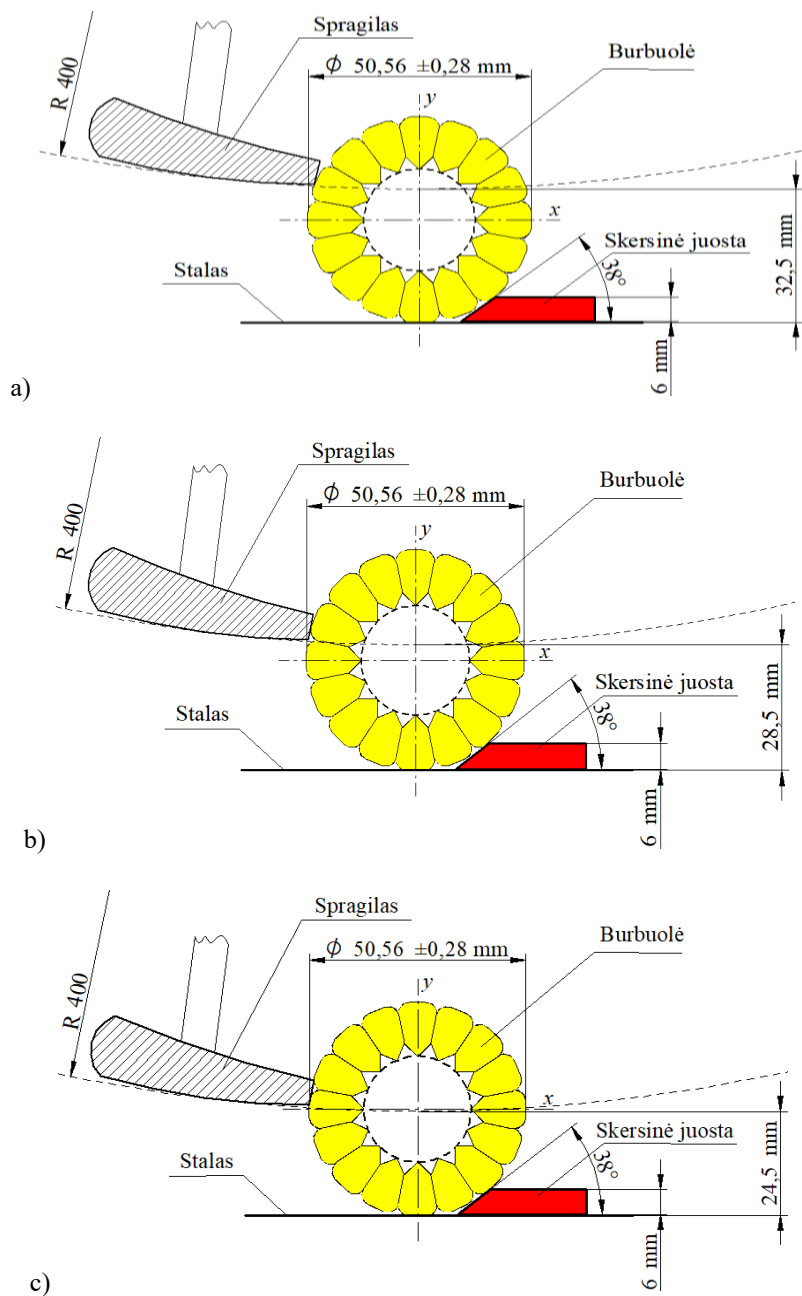
Tyrimai atlikti 2019 metais, tangentinio kūlimo aparato darbo procesą atkartojančiu stacionariu stendu (1 pav.). Stendas suteikia galimybę tirti kukurūzų burbuolių kūlimo procesą, keičiant kūlimo aparato konstrukcijos elementus. Tyrimo metu nustatyta, kokią įtaką skersinės pobūgnio juostos forma ir aukštis bei tarpas tarp būgno ir pobūgnio, turi kukurūzų grūdų atskyrimui nuo šerdies bei jų sužalojimui.



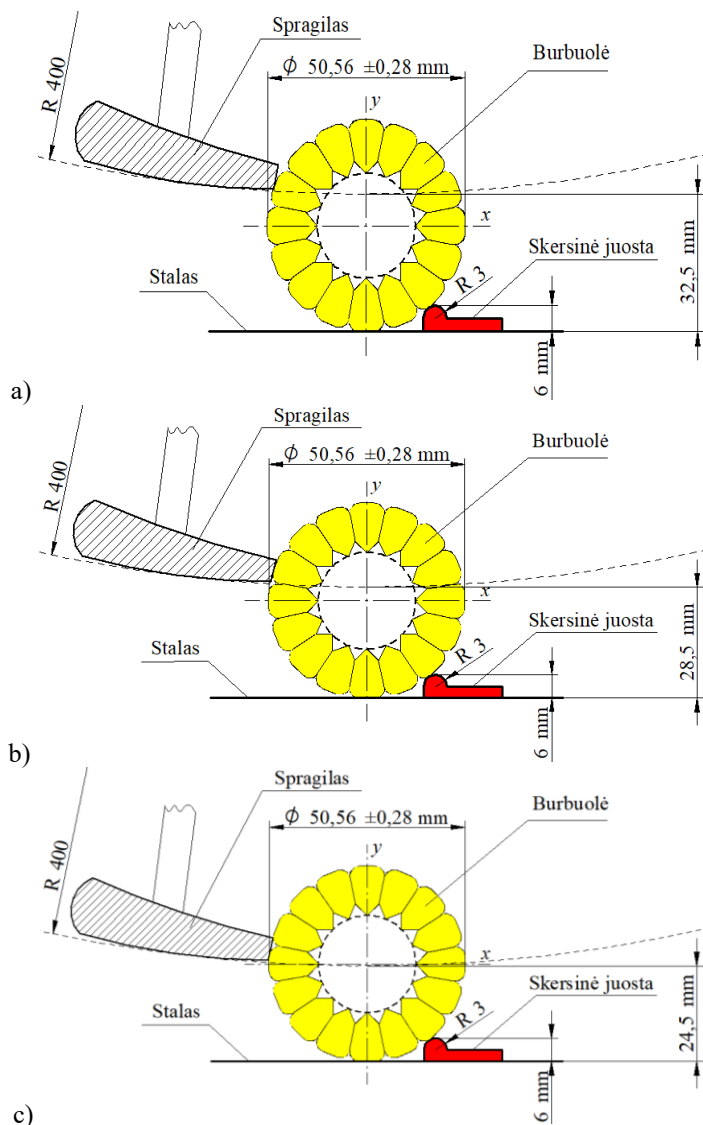
1 pav. Kukurūzų burbuolių kūlimo proceso tyrimo stendo bendras vaizdas (Anušauskas et al., 2019): I – rėmas, II – jutiklių signalų konvertavimo ir stiprinimo blokas, III – elektros variklis su mova, IV – kūlimo būgno segmentas su spragilo padėties keitimo mechanizmu, V – stalas su pobūgnio skersine juosta ir keturiais jėgų matavimo jutikliais; VI – besisukančio kūlimo būgno segmento padėties nustatymo sistema; VII – kūlenų surinkimo sekcija

Tyrimams atlikti, pagamintos dviejų skirtingų formų (nuožulnaus darbinio paviršiaus ir užapvalintos) 6 mm aukščio pobūgnio skersinės juostos (2 ir 3 pav.), kurios tvirtinamos ant stendo stalo (1 pav. V). Kiekvienu skirtingu atveju keičiamas tarpas tarp kūlimo būgno spragilo ir pobūgnio (32,5 mm; 28,5 mm ar 24,5 mm). Kiekvienas bandymas kartojamas 10 kartų, t. y. kuliama po 10 atrinktų panašaus dydžio burbuolių. Tyrimo metu pasirinktas pastovus spragilo linijinis greitis (15 m s^{-1}), tada būgno, kurio skersmuo 0,8 m, sukimosi dažnis buvo lygus 359 min^{-1} . Greičio nustatymas atliekamas įtampos dažnio keitikliu Delta *VFD-C2000 SERIES*.

Tyrimai atlikti su atrinktomis, „Pioneer P8000“ veislės kukurūzų burbulėmis, skintomis M. Cikanavičiaus ūkyje (Kaišiadorių r.). Laboratorijoje, džiovinimo spintoje BENDER BD400 nustatytas burbuolių šerdžių, grūdų, šluotelių, lapų ir kotelių drėgnis. Džiovinimas vyko $103 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroje, 24 valandas (ASAE, 1993). Prieš atliekant kūlimą stendu, kiekviena burbulė buvo sveriama, matuojamas jos ilgis ir didžiausias skersmuo, atliktas matmenų statistinis apdorojimas.



2 pav. Kukurūzų burbuolės kūlimo schema, kai naudojama nuožulnaus darbinio paviršiaus, 6 mm aukščio skersinė pobūgnio juosta: a) tarpas tarp spragilo ir stalo 32,5 mm; b) tarpas tarp spragilo ir stalo 28,5 mm; c) tarpas tarp spragimo ir stalo 24,5 mm



3 pav. Kukurūzų burbuolės kūlimo schema, kai naudojama užapvalinta, 6 mm aukščio skersinė pobūgnio juosta: a) tarpas tarp spragilo ir stalo 32,5 mm; b) tarpas tarp spragilo ir stalo 28,5 mm; c) tarpas tarp spragimo ir stalo 24,5 mm

Kukurūzų burbuolių, skintų 2019 m. spalio mėnesio antroje pusėje, biometrinių rodiklių aritmetinių vidurkių reikšmės su jų pasikliauties intervalais, pateiktos 1 lentelėje.

Iškultų ir sužalotų grūdų daliai nustatyti, po kiekvieno bandymo pakartojimo, buvo surenkamos visos kūlenos, iš jų išrinkti visi iškulti grūdai, o nuo šerdies rakininiu būdu atskirti neiškulti grūdai. Svėrimo būdu nustatyta iškultų ir neiškultų grūdų procentinė dalis. Po to atskirti sužaloti grūdai, nustatyta jų procentinė dalis.

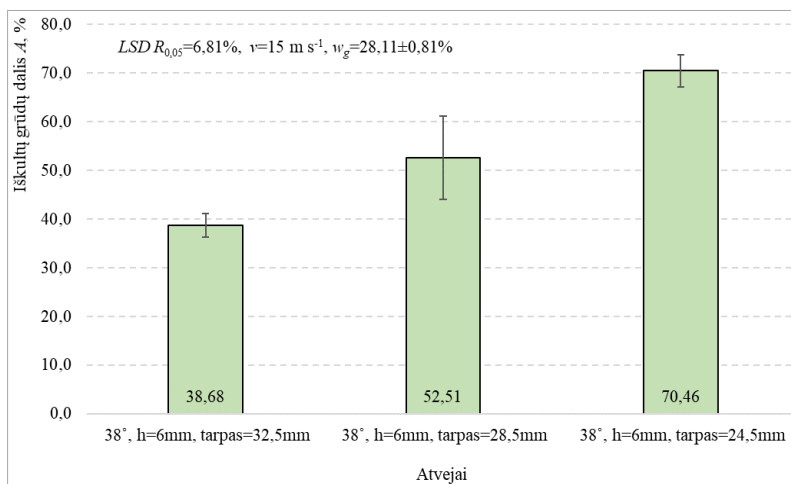
1 lentelė. Burbuolių veislės „Pioneer P8000“ biometriniai rodikliai, nustatyti 2019 metais

Burbuolių skaičius, vnt.	Masė, g	Ilgis, mm	Maksimalus skersmuo, mm	
254	263,7±4,32	202,67±1,67	50,56±0,28	
Drėgnis, %				
Lapų	Šerdžių	Šluotelių	Grūdų	Kotų
25,11±1,81	47,62±1,60	22,69±2,70	28,11±0,81	73,59±2,05

Matavimų duomenys įvertinti apskaičiavus duomenų vidurkį ir jo pasikliauties intervalą, esant 95 % tikimybei.

Rezultatai

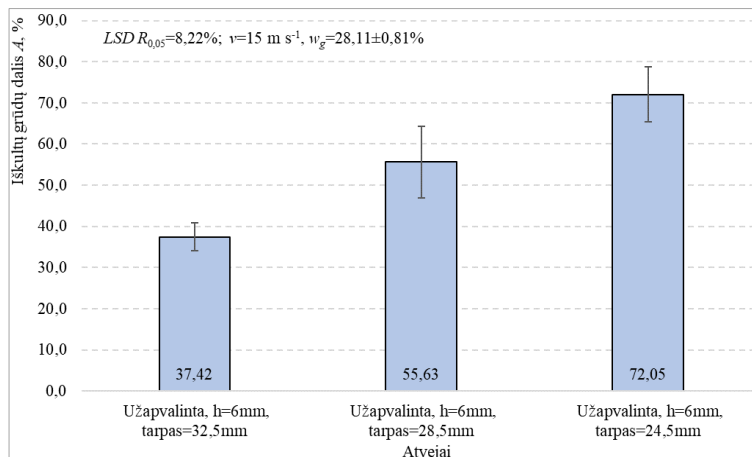
Kokybiškiausias ir našiausias kukurūzų kūlimo procesas yra tas, kurio metu pasiekiamas didžiausias iškuliamumas, minimaliai žalojant grūdus. Šiame tyrime siekta pagrįsti racionalų tarpą tarp būgno ir pobūgnio. Atlikus tyrimo rezultatų analizę, nustatyta, kad su nuožulnaus darbinio paviršiaus, 6 mm aukščio skersine pobūgnio juosta, kukurūzų grūdų iškuliamumas kinta priklausomai nuo tarpo tarp būgno ir pobūgnio: mažinant tarpą, atskirtų grūdų nuo šerdies dalis auga (4 pav.). Esant 32,5 mm tarpui, vienu spragilo smūgiu iškulta 38,68±2,46 % burbulės grūdų, o tarpą sumažinus iki 28,5 mm, iškuliamumas išaugo iki 52,51±8,54 %. Dar sumažinus tarpą iki 24,5 mm, iškuliamumas pasiekė aukščiausią reikšmę ir buvo lygus 70,46±3,29 %. Esant 95 % pasikliauties tikimybės lygiui, esminis skirtumas nustatytas tarp visų atvejų. Tarpą sumažinus 8 mm, iškuliamumas vidutiniškai išaugo 82 %.



4 pav. Tarpo tarp būgno ir pobūgnio įtaka kukurūzų grūdų iškuliamumui, naudojant nuožulnaus 38° kampo, 6 mm storio, skersinę pobūgnio juostą

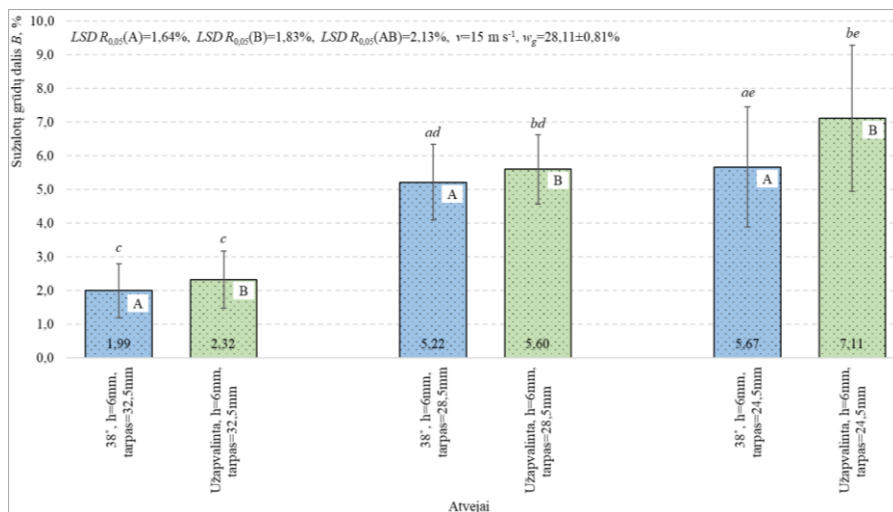
Panašūs rezultatai pastebimi ir naudojant užapvalintą, 6 mm aukščio skersinę juostą (5 pav.). Šios juostos atskirtų nuo šerdies grūdų dalis, esant 32,5 mm tarpui

buvo šiek tiek mažesnė – $37,42 \pm 3,42$ %. O esant 28,5 mm ir 24,5 mm tarpams, pasitebėtas truputį didesnis išskuliamumas, lyginant su nuožulnia juosta, ir buvo atitinkamai $55,63 \pm 8,65$ % bei $72,05 \pm 6,66$ % (5 pav.). Šiuo atveju tarpo pakeitimas nuo 32,5 mm iki 24,5 mm, kukurūzų grūdų išskuliamumą vidutiniškai padidino 93 %.



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

Analizuojant grūdų sužalojamumo rezultatus, nustatyta, kad tarpas tarp būgno ir pobūgnio turi įtakos sužalotų grūdų daliai vieno smūgio poveikyje (6 pav.). Eksperimentą atliekant su nuožulnaus darbinio paviršiaus, 6 mm aukščio skersine pobūgnio juosta, nustatyta, kad esant 32,5 mm tarpui, sužalotų grūdų dalis buvo $1,99 \pm 0,80$ %. Sumažinus tarpą iki 28,5 mm, sužalojamumas išaugo daugiau nei dvigubai ir siekė $5,22 \pm 1,12$ %. Sumažinus tarpą dar 4 mm, sužalotų grūdų dalis padidėjo iki $5,67 \pm 1,78$ %, tačiau statistiškai patikimo esminio skirtumo nenustatyta.



6 pav. Tarpo tarp būgno ir pobūgnio įtaka kukurūzų grūdų sužalojamumui, naudojant dviejų tipų pobūgnio skersines juostas

Tokios pat tendencijos pastebimos naudojant užapvalintą skersinę pobūgnio juostą (6 pav.). Didžiausias grūdų sužalojimas nustatytas esant 24,5 mm tarpui, $7,11 \pm 2,18$ %. Padidinus tarpą iki 28,5 mm, sužalojamumas sumažėjo iki $5,60 \pm 1,04$ %, tačiau tai nesudarė statistiškai patikimo skirtumo. Ženklaus skirtumas pastebimas nustačius 32,5 mm tarpą, tada sužalojimas ženkliai sumažėjo ir siekė $2,32 \pm 0,85$ %.

Tarp skirtingų skersinių juostų formų, kai abi juostos buvo 6 mm aukščio, statistiškai patikimo skirtumo nenustatyta (6 pav.). Pobūgnio tarpą sumažinus nuo 32,5 mm iki 24,5 mm, grūdų sužalojamumas esant nuožulnaus paviršiaus juostai, padidėjo 2,8 karto, o naudojant užapvalintą – apie 3 kartus.

Vertinant šio tyrimo rezultatus reikia atkreipti dėmesį į tai, kad kultos gan drėgnos burbuolės, kadangi 2019 m. rudens meteorologinės sąlygos sąlygojo drėgnus orus. Taigi, kuliant sausesnes burbuolės rezultatai, tikėtina, skirtųsi.

Išvados

1. Naudojant nuožulnaus darbinio paviršiaus (38° posvyrio kampo), 6 mm aukščio skersinę pobūgnio juostą, kukurūzų grūdų iškuliamumas kinta priklausomai nuo tarpo tarp būgno ir pobūgnio. Mažinant tarpą, atskirtų grūdų nuo šerdies dalis auga. Esant 32,5 mm tarpui, vienu spragilo smūgiu iškulta $38,68 \pm 2,46$ % burbuolėje esančių $28,11 \pm 0,81$ % drėgnio grūdų, o tarpą sumažinus iki 24,5 mm, iškuliamumas išaugo iki $70,46 \pm 3,29$ %, t. y. tarpą sumažinus 8 mm, iškuliamumas vidutiniškai išaugo 82 %. Naudojant užapvalintą skersinę juostą grūdų atskyrimas nuo šerdies esminiai nesiskyrė lyginant su nuožulnaus darbinio paviršiaus juosta.
2. Analizuojant grūdų sužalojamumo rezultatus, nustatyta, kad naudojant, nuožulnaus darbinio paviršiaus (38°), 6 mm aukščio skersinę pobūgnio juostą, ir esant 32,5 mm tarpui, sužalotų grūdų dalis buvo $1,99 \pm 0,80$ %. Sumažinus tarpą iki 28,5 mm, grūdų sužalojimas išaugo daugiau nei dvigubai ir siekė $5,22 \pm 1,12$ %. Sumažinus tarpą dar 4 mm, sužalotų grūdų dalis padidėjo iki $5,67 \pm 1,78$ %, tačiau statistiškai patikimo esminio skirtumo nenustatyta. Naudojant užapvalintą skersinę juostą, grūdų sužalojimas, mažinant tarpą tarp būgno ir pobūgnio minėtose ribose, buvo nuo 7,3 % iki 25,4 % didesnis, lyginant su nuožulnaus darbinio paviršiaus juosta.

Literatūra

1. Germanas, L. (2008). Kukurūzų auginimo technologijos ir auginimo technika. *Mano ūkis, 1*, 59–64.
2. Kiniulis, V. (2020). *Kūlimo būgno tarpspragilių dangalų racionalios formos ir jo inercijos momento pagrindimas*. Daktaro disertacijos santrauka. Kaunas, 51 p.
3. Žemės ūkio rūmai. 2019. Tarptautinė grūdų rinkos analizė. [Žiūrėta 2021-02-10]. Prieiga per internetą: <https://zur.lt/tarptautine-grudu-rinkos-analize/>

4. Anušauskas, J., Steponavičius, D., Kiniulis, V. (2019). Pobūgnio skersinės juostos formos įtaka kukurūzų burbuolių iškuliamumui ir grūdų sužalojimui. *Agroinžinerija ir energetika: VDU Žemės ūkio inžinerijos fakulteto mokslo populiarinimo žurnalas*, 24, 66–72.
5. ASAE Standard S358.2 (DEC93). Moisture Measurement. Forages.
6. Stončius, V., Steponavičius, D., Pužauskas, E. (2015). Pobūgnio skersinės juostos įtaka kukurūzų burbuolės elgsenai spragilo smūgio poveikyje. *Agroinžinerija ir energetika: ASU Žemės ūkio inžinerijos fakulteto mokslo populiarinimo ir gamybos žurnalas*, 20, 82–87.

Santrauka

Ekspirimentiniai tyrimai atlikti 2019 metais, naudojant stacionarų tangentinį kūlimo stendą, kurio kūlimo būgno skersmuo 0,8 m. Įtampos dažnio keitikliu nustatytas pastovus spragilo linijinis greitis ($15,0 \text{ m s}^{-1}$). Tyrimams atlikti, pagamintos dvejų skirtingų formų, (nuožulnaus ir užapvalinto darbinio paviršiaus) 6 mm aukščio pobūgnio skersinės juostos, kurios montuojamos stende. Kiekvieno bandymo atveju, buvo keičiamas tarpas tarp kūlimo būgno spragilo ir pobūgnio, ribose – nuo 32,5 mm iki 24,5 mm. Tyrimų rezultatai parodė, kad kuliant drėgnas kukurūzų burbuoles, grūdų sužalojimą galima sumažinti apie 15 %, (nesumažinant grūdų separacijos nuo burbuolės šerdies) javų kombaino pobūgnyje įprastas užapvalinto darbinio paviršiaus skersines juostas pakeitus į tokias, kurių darbinis paviršius yra nuožulnus (38° posvyrio kampo).

INFLUENCE OF RASP BAR POSITION AT IMPACT ON CORN EAR ON KERNEL SHELLING AND DAMAGE

Summary

The experimental research was conducted in 2019, using a stationary tangential threshing stand with a threshing cylinder diameter of 0.8 m. A constant rasp bar linear speed (15.0 m s^{-1}) was set by a voltage frequency converter. Two concave crossbars of different shapes (oblique working surface and rounded; 6 mm height) are mounted on a stand. For each research, distance between the threshing cylinder and crossbars, ranging from 32.5 mm to 24.5 mm. The results of the study showed that when threshing wet corn, kernel damage can be reduced by about 15% (without reducing kernel separation from the cob) by changing the usual rounded crossbars to those with an oblique working surface (38° angle).

Remigijus Norkevičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 601 69493, el. p. remigijus.norkevicius@gmail.com
Dainius Steponavičius – Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, prof. dr.; tel. +370 674 27721, el. p. Dainius.Steponavicius@vdu.lt

POBŪGNI VEIKIANČIŲ DINAMINIŲ JĖGŲ TYRIMAS SPRAGILO SMŪGIO Į KUKURŪZŲ BURBUOLĘ METU

Skirmantas Trečiokas, Dainius Steponavičius

Įvadas

Siekiant kokybiškai nuimti kukurūzų grūdų derlių labai svarbu yra tinkamai parinkti kūlimo elementus bei nustatyti jų darbo parametrus. Didžiausia dalis grūdų iškuliama kūlimo aparate būgno spragilams veikiant kukurūzų burbuoles, besiremiančias į pobūgnio skersines juostas. Kūlimo kokybei didžiausią įtaką turi: spragilų judėjimo greitis, tarpas tarp būgno ir pobūgnio, pobūgnio skersinių juostų išdėstymas ir jų darbinio paviršiaus forma, tiekiamos masės srautas bei grūdų drėgnis (Feiffer et al., 2005). Nemažai mokslininkų visame pasaulyje atlieka įvairius eksperimentinius tyrimus, kuriais siekia pagrįsti tinkamiausius javų kombaino parametrus kukurūzų burbuolių kūlimui. Vienuose iš naujausių tyrimų nustatyta, kad kūlimo proceso efektyvumas priklauso nuo pobūgnio skersinių juostų geometrinių formų (Pužauskas et al., 2016). Atsižvelgdami į pobūgnio juostas A. Adomėlis ir kt. 2019 metais tyrinėjo kaip jų forma darė įtaką burbuolės judėjimui po spragilo vieno smūgio. Jų tyrimų rezultatai parodė, kad lyginant užapvalinto darbinio paviršiaus ir 36° nuožulnaus paviršiaus juostą, žymaus nebuvo skirtumo. Tačiau naudojant 28° posvyrio skersinę juostą, smūgio trukmė prailginta apie 10 % (Adomėlis, 2019; Bimbiris, 2019). Kiti tyrėjai J. Anušauskas ir kt. 2019 metais tyrė kaip grūdų sužalojimas priklauso nuo pobūgnio juostos formos. Jis nustatė, kad mažiausiai žalojami grūdai kuomet spragilo judėjimo greitis yra ne didesnis nei $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Anušauskas et al., 2019). Nustatyta, kad visas burbuolės kūlimo procesas priklauso nuo pirmos spragilo ir burbuolės sąveikos (Petkevičius et al., 2012; Kiniulis, 2020). Tyrėjai atliko nemažai bandymų keisdami pobūgnio skersinės juostos formą ir kitus parametrus, tačiau nėra tyrimų, kuomet įvedamas dar vienas faktorius – būgno ir pobūgnio tarpas, nuo kurio priklauso spragilo smūgio į burbuolę vieta ir, tikėtina, grūdų iškūlimas bei sužalojimas.

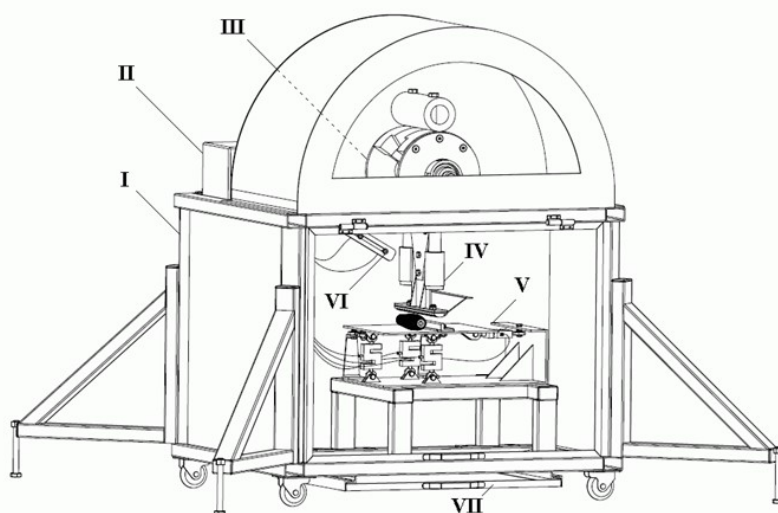
Mokslinė hipotezė. Mažinant tarpą tarp būgno ir pobūgnio, kukurūzų burbuolės kūlimo procese pobūgnį veikiančios tangentinės ir normalinės jėgos reikšmingai padidės.

Tyrimų tikslas – įvertinti tarpo tarp būgno ir pobūgnio įtaką kukurūzų burbuolės kūlimo metu pobūgnį veikiančioms jėgoms.

Tyrimų objektas ir metodika

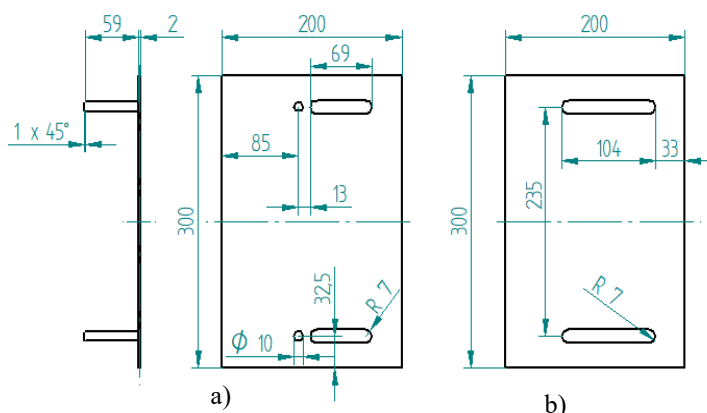
Kukurūzų burbuolių kūlimo eksperimentai atlikti 2019–2020 metais Žemės ūkio mašinų technologinių procesų tyrimų laboratorijoje. Eksperimentiniams tyrimams naudotas tangentinis kūlimo aparatas (Lietuvos patentas Nr. LT6492B)

(Kiniulis et al., 2018). Tangentiniame kūlimo stende įrengti 4 pjezorezistoriniai jėgos matavimo jutikliai: *SCAIME ZFA 1000 kg* bei *SCAIME ZFA 500 kg*, kuriais 31,33 μ s intervalu kompiuteryje registruojamos pobūgnį veikiančios atramų spaudimo ar tempimo jėgos (1 pav.). Šie jutikliai, pagal spragilo judėjimą, išdėstyti tangentine ir normaline kryptimis. Jie matuoja pobūgnio stalo atramų jėgas dvejomis kryptimis. Vieno smūgio jėgų duomenys išsaugomi naudojant kompiuterinę programą *CCTreshLab r.1.0*, kurios autorius yra A. Andriušis. Spragilo judėjimo greičio nustatytas trijų fazių įtampos dažnio keitikliu *DELTA VFD110B43A*. Spragilo linijinis greitis arba kūlimo būgno sūkliai visame tyrimų cikle buvo pastovūs. Kuomet kūlimo būgno skersmuo yra 0,8 m, o būgno sukimosi dažnis 358 min^{-1} , tai spragilo linijinis greitis 15 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

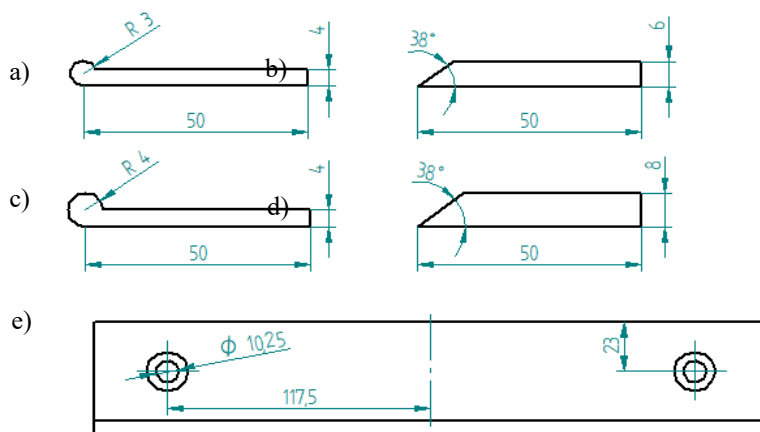


1 pav. Tangentinis kūlimo aparatas (Adomėlis et al., 2017): I – rėmas, II – jutiklių signalų konvertavimo ir stiprinimo blokas, III – elektros variklis su mova, IV – kūlimo būgno segmentas su spragilo padėties keitimo mechanizmu, V – stalas su pobūgnio skersine juosta ir keturiais jėgų matavimo jutikliais; VI – besisukančio kūlimo būgno segmento padėties nustatymo sistema; VII – kūlenų surinkimo talpa

Šio tyrimo intencija yra keisti tarpą tarp kūlimo būgno ir pobūgnio, todėl buvo pagamintos penkios 2 mm storio plieninės plokštelės (2 pav.), kuriomis galima nuo 2 iki 10 mm, pakelti stendo atraminę plokštumą (stalą) kartu su pobūgnio skersine juosta ir kukurūzų burbuole. Tyrimas neapsiriboja vien tik būgno ir pobūgnio tarpo sumažinimu, todėl kitas stende keičiamas parametras yra pobūgnio plokštelės (skersinės juostos) aukštis. Jis keičiamas atitinkamai 2, 6, 10 mm. Taip pat naudojamos dvejų briaunų tipų pobūgnio juostos: užapvalinto ir nuožulnaus (38° nuožulos) darbinio paviršiaus (3 pav.).



2 pav. Tarpo tarp būgno ir pobūgnio keitimo plokštelės. a) – 2 mm plokštelė naudojama sekančių plokštelių prispaudimui; b) – 2 mm plokštelės (5 vnt.) dedamos po pirmąją plokštele (a)



3 pav. Skersinės juostos atstojančios pobūgnio juostas. a) – 6 mm užapvalinta juosta; b) – 6 mm storio juosta su 38° nuožula; c) – 8 mm užapvalinta juosta; d) – 8 mm storio juosta su 38° nuožula; e) – plokštelių vaizdas iš viršaus kuriame išgręžtos M8 skylės

Eksperimentiniuose tyrimuose kultos pribrendusios *Pioneer P800* veislės kukurūzų burbuolės. Prieš atliekant tyrimus burbuolės buvo pasvertos ir išmatuotos. Tyrimams atrinktos tik panašaus skersmens burbuolės. Kiekvieno tyrimo metu atliekama po 10 sėkmingų pakartojimų, esant tiems patiems nustatytiems stendo parametrams. Ankstesniais mokslininkų tyrimais nustatyta, kad transporteris burbuolės orientuoja horizontaliai ir jas įridena į kūlimo aparatą, tuomet kukurūzų sužalojimai yra mažesni, negu jas tiekiant atsitiktinai (Petkevichius et al., 2008). Todėl šiame tyrime, prieš spragilo smūgį, burbuolė ant stendo stalo buvo padėta lygiagrečiai pobūgnio skersinei juostai bei spragilui (1 pav. V).

Atlikus burbuolių kūlimą iš bendros kūlenų masės atsitiktiniu būdu atskirai atrenkamos penkios sudėtinės dalys (grūdai, lapai, šerdys, šluotelės ir koteliai). Sudarytus ėminius išdžiovinus džiovinimo spintoje, nustatomas atskirų burbuolės dalių

drėgnis. Toliau gauti eksperimento rezultatai apdorojami statistiškai (esant 95 % pasikliauties tikimybei).

Rezultatai

Apdorojus burbuolių matmenų ir jų masės matavimus, gautų skaičiavimų rezultatai pateikti 1 lentelėje, o atskirų dalių drėgnio rezultatai – 2 lentelėje. Pirmojoje lentelėje matoma, kad tyrimams atrinktų burbuolių skersmens vidurkio pasikliauties intervalas yra labai siauras ($50,6 \pm 0,3$ mm), todėl galima teigti, kad kultos labai panašių matmenų burbuolės.

1 lentelė. Burbuolių ilgio, storio ir masės matavimų rezultatai

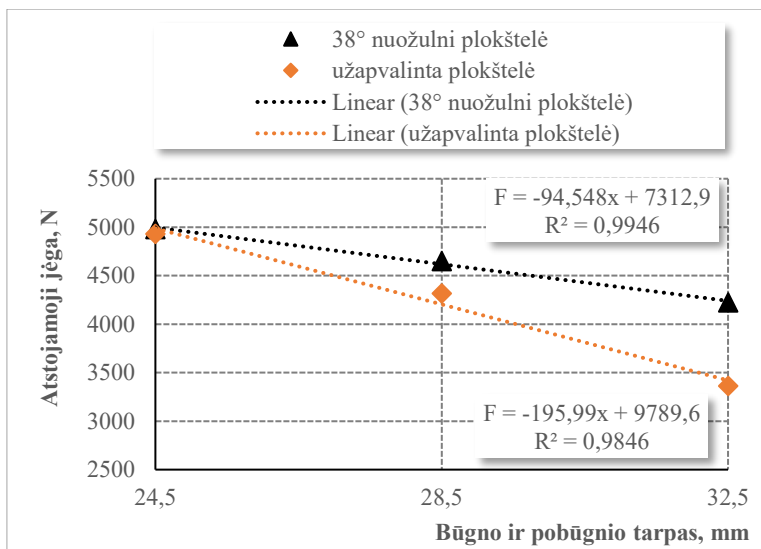
Burbuolių skaičius	254
Ilgis, mm	$202,6 \pm 1,7$
Masė, g	$263,7 \pm 4,3$
Skersmuo (max), mm	$50,6 \pm 0,3$

2 lentelė. Burbuolės dalių drėgnio matavimo tyrimo duomenys, %

Grūdai	Lapai	Kotai	Šerdys	Šluotelės
$37,16 \pm 0,79$	$49,79 \pm 6,02$	$85,97 \pm 0,87$	$54,47 \pm 3,85$	$42,87 \pm 3,88$

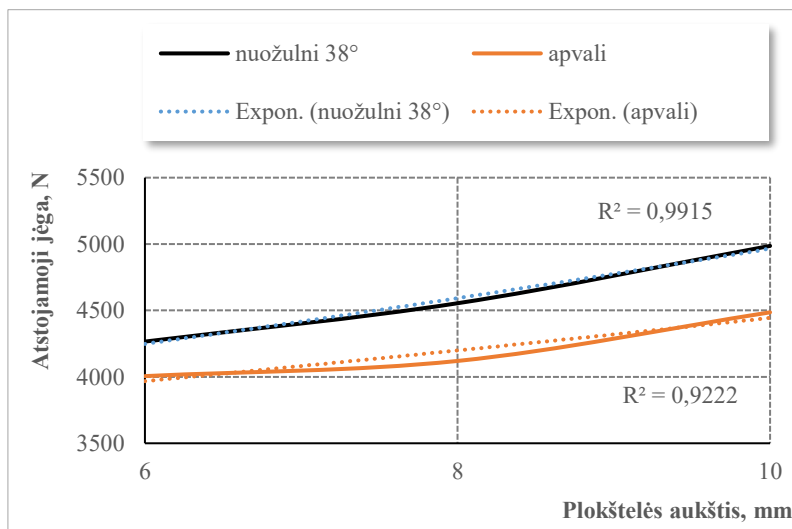
Atlikus kiekvieną atskirą spragilo smūgio kukurūzų burbuolei bandymą, gauti keturių jėgos jutiklių (trijų vertikalia kryptimi veikiančių ir vieno – horizontalia) duomenys. Tuomet sudėjus pagal Pitagoro stačiojo trikampio teoremą, iš minėtų 4 jutiklių duomenų, gaunama viena tų dinaminių jėgų atstojamoji jėga (Adomėlis, 2019).

Kuomet buvo naudojama nuožulnaus darbinio paviršiaus skersinė juosta (plokštelė), didinant tarpą tarp būgno ir pobūgnio (nuo 24,5 mm iki 32,5 mm) atstojamoji jėga mažėjo tiesiškai (4 pav.). Tuomet atstojamoji jėga sumažėjo nuo $4,98 \pm 1,10$ kN iki $4,23 \pm 0,90$ kN. Naudojant užapvalinto darbinio paviršiaus juostą, tokiose pačiose ribose sumažinus tarpą, jėga sumažėjo nuo $4,93 \pm 1,56$ kN iki $3,36 \pm 1,08$ kN. Taigi, vien pakeitus skersinę juostą su nuožulniu darbinio paviršiumi į su užapvalinto, atstojamoji jėga sumažėjo apie 20 %, kai tarpas tarp būgno ir pobūgnio buvo 32,5 mm. Šiam tarpui esant mažesniai, skirtumas tarp atstojamųjų jėgų buvo neženklus.



4 pav. Pobūgnį veikiančios atstojamosios jėgos priklausomybė nuo tarpo tarp būgno ir pobūgnio

Analizuojant jėgų priklausomybę nuo skersinės juostos aukščio (5 pav.), galima pastebėti, kad didinant aukštį, didėja ir atstojamosios jėgos. Jėgos kitimą galima aproksimuoti eksponentėmis su aukštais determinacijos koeficientais. Be to, naudojant nuožulnaus darbinio paviršiaus skersinę juostą atstojamosios jėgos yra apie 10 % didesnės.



5 pav. Pobūgnį veikiančios atstojamosios jėgos priklausomybė nuo skersinės juostos (plokštelės) aukščio

Išvados

1. Naudojant pobūgnio skersinę juostą su nuožulniu darbinio paviršiumi, pobūgnį spragilo smūgio metu veikianti atstojamoji jėga yra apie 20 % didesnė, nei naudojant užapvalinto, kai tarpas tarp būgno ir pobūgnio siekia 32,5 mm. Šiam tarpui esant mažesniai, skirtumas tarp atstojamųjų jėgų nėra ženklus.
2. Didinant pobūgnio skersinės juostos aukštį, eksponentiškai didėja ir pobūgnį spragilo smūgio metu veikianti atstojamoji jėga. Be to, naudojant nuožulnaus darbinio paviršiaus skersinę juostą atstojamosios jėgos yra apie 10 % didesnės.

Literatūra

1. Adomėlis, A. (2019). *Spragilo smūgio poveikyje kukurūzų burbuolę veikiančios jėgos*: magistrantūros studijų baigiamasis darbas. Akademija, 65 p.
2. 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*, 22, 76–81.
3. Anušauskas, J. (2019). *Pobūgnio skersinės juostos formos, kukurūzų burbulių kūlimui, pagrindimas*: magistrantūros studijų baigiamasis darbas. Akademija, 58 p.
4. Bimbiris, A. (2019). *Kukurūzų burbulės elgsena spragilo smūgio poveikyje*: magistrantūros studijų baigiamasis darbas. Akademija, 64 p.
5. Feiffer, A., Feiffer, P., Kutschenreiter, W., Rademacher, T. (2005). *Cereals harvest – clean, safe, fast*. Frankfurt: DLG Verlag.
6. Kiniulis, V., Steponavičius, D., Pužauskas, E., Andriušis, A., Jovarauskas, D., Juknevičius, D. (2018). *Kukurūzų burbulių kūlimo proceso tyrimo stendas ir proceso tyrimo vykdymo būdas*: patentas Nr. LT 6492 B.
7. Petkevichius, S., Shpokas, L., Kutzbach, H.-D. (2008). Investigation of the maize ear threshing process. *Biosystems Engineering*, 99, 532–539.
8. Petkevičius, S., Steponavičius, D., Pužauskas, E. (2012). Grain separation from pith under quasi-static radial compression of corn ear. In: *Proc 17th Int. Conf. Mechanika*, 2012. Kaunas, Lithuania, pp. 224–228.
9. Pužauskas, A., Steponavičius, D., Jotautienė, E., Petkevičius, S., Kemzūraitė, A. (2016). Substantiation of concave crossbars shape for corn ears threshing. *Mechanika*, 22(6), 553–561.

Santrauka

Kukurūzų burbulių kūlimo eksperimentai atlikti 2019–2020 metais Žemės ūkio mašinų technologinių procesų tyrimų laboratorijoje. Tyrimams naudotas tangentinis kūlimo aparatas, kuriame įrengti 4 pjezorezistoriniai jėgos matavimo jutikliai. Jais 31,33 μs intervalu registruojamos pobūgnį veikiančios jėgos. Spragilo linijinis greitis buvo 15 m·s⁻¹. Šio tyrimo metu buvo keistas tarpas tarp kūlimo būgno ir pobūgnio bei naudojamos dviejų formų skersines juostas. Kuomet buvo naudojama nuožulnaus darbinio paviršiaus skersinė juosta (plokštelė), didinant tarpą tarp būgno ir pobūgnio (nuo 24,5 mm iki 32,5 mm) atstojamoji jėga mažėjo tiesiškai. Tuomet atstojamoji jėga sumažėjo nuo 4,98±1,10 kN iki 4,23±0,90 kN. Naudojant užapvalinto darbinio paviršiaus juostą, tokiose pačiose ribose sumažinus tarpą, jėga sumažėjo nuo 4,93±1,56 kN iki 3,36±1,08 kN. Taigi, naudojant pobūgnio skersinę juostą su nuožulniu darbinio paviršiumi, pobūgnį spragilo smūgio metu veikianti atstojamoji jėga yra apie 20 % didesnė, nei naudojant užapvalinto, kai tarpas tarp būgno ir pobūgnio siekia 32,5 mm. Šiam tarpui esant mažesniai, skirtumas tarp atstojamųjų jėgų nėra ženklus. Didinant pobūgnio skersinės juostos aukštį, eksponentiškai didėja ir pobūgnį spragilo smūgio metu veikianti atstojamoji jėga. Be to, naudojant nuožulnaus darbinio paviršiaus skersinę juostą atstojamosios jėgos yra apie 10 % didesnės.

**INVESTIGATION OF THE DYNAMIC FORCES ACTING ON CONCAVE DURING THE
IMPACT OF RASP BAR TO CORN EAR**

Summary

Experiments were performed in 2019–2020 in the Laboratory of Technological Processes of Agricultural Machinery. A tangential threshing machine was used for the research in which 4 piezo-resistor force measuring sensors is equipped. The sensors record the forces acting on the drum at an interval of 31.33 μs . The linear velocity of rasp bar was 15 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. In this study, the spacing between the rasp bar and the drum was changed also two forms of transverse strips were used. When a transverse strip (plate) of a sloping work surface was used, the repulsive force decreased linearly as the gap between the rasp bar and the drum increased (from 24.5 mm to 32.5 mm). The resistive force then decreased from 4.98 ± 1.10 kN to 4.23 ± 0.90 kN. Using a strip of rounded work surface, the force was reduced from 4.93 ± 1.56 kN to 3.36 ± 1.08 kN by reducing the gap within the same range. Thus, when using a drum crossbar with a sloping working surface, the repulsive force acting on the drum during a rasp bar impact is about 20% higher than when using a rounded drum when the gap between the rasp bar and the drum is 32.5 mm. With this gap smaller, the difference between the repulsive forces is not significant. As the height of the crossbar of the drum increases, the repulsive force acting on the drum during the impact increases exponentially. In addition, when using the transverse strip of the sloping work surface, the repulsive forces are about 10% higher.

Skirmantas Trečiokas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel.+370 634 68975, el. p. treciokas.skirmantas@gmail.com

Dainius Steponavičius – Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, prof. dr.; tel. +370 674 27721, el. p. Dainius.Steponavicius@vdu.lt

MAŽOS GALIOS SAVONIJAUS ROTORIAUS VĖJO JĖGAINĖS TYRIMAS

Arnas Lukošius, Kęstutis Venšlauskas

Įvadas

Pastaruoju metu dauguma vėjo jėgainių yra horizontalios ašies tipo dėl savo greitaeigiškumo ir didesnio efektyvumo [1]. Mažosioms vėjo jėgainėms priskiriamos jėgainės, kurių vėjaračio skersmuo neviršija 10 metrų ir galia siekia iki 20 kW [2]. Nors vėjo turbinų rinkoje dominuoja didelės prie tinklo jungiamos vėjo parkų turbinos, tačiau taip pat intensyviai vystomos ir parduodamos kitos, dažniausiai mažesnės galios vėjo jėgainės, skirtos konkreitiems atvejams, įskaitant ir nepriklausomus savininkus, mikrogeneravimą ir elektros tiekimą teritorijoms, neturinčioms prieigos prie skirstomųjų tinklų. Labai mažos galios vėjo jėgainės (nuo 50 W iki 1 kW) elektra dažniausiai aprūpina jachtas, o vėjuotuose regionuose sodybas ir gyvenamuosius namus. Jos taip pat naudojamos mažai elektros reikalaujančioms višiosioms paslaugoms bei nedidelėse meteorologinių ar kitų matavimų vietose [3].

Pučiant vėjui ar esant jo gūsiams į mažos galios Savonijaus tipo vertikalius tris rotoriaus išgaubtus aerodinaminius lakštinius profilius, vėjas juda statmenai mentėms [3]. Šių vertikalių ašies vėjo jėgainių nereikia orientuoti pagal vėjo kryptį, jos veikia efektyviai pučiant net ir silpnam vėjui bei bet kokios krypties vėjui, o konstrukcija yra paprasta, ilgaamžė ir stabili, nereikalaujanti ypatingos priežiūros. Šių vėjo jėgainių yra maži išlaikymo kaštai, jos neturi veikimo apribojimų, todėl galima naudoti pučiant net ir stipriam vėjui iki 51 m/s [4].

Mokslininkų atliktas tyrimas parodė, jog naudojant trijų menčių vertikalių ašies 150 W vėjo jėgainę šalia kelio 1,5 m aukštyje, didžiausias vidutinis pasiektas vėjo gūsių greitis yra 5 m/s. Pagal tai apskaičiuota, jog toks energijos gavybos būdas padidina vėjo turbinų efektyvumą iki 34,6 % [5].

Taigi, vienas iš dar retai pasaulyje sutinkamų energijos gavybos būdų galėtų būti transporto sukeliama vėjo gūsių šalia kelio.

Tyrimo tikslas – ištirti vertikalių ašies vėjo jėgainę ir nustatyti transporto sukeltų vėjo gūsių įtaką vėjaračio apsukoms.

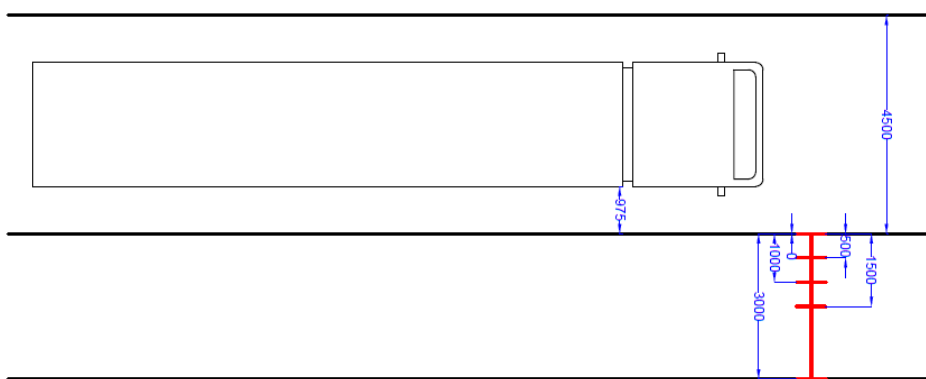
Tyrimo uždaviniai:

1. Parengti mažos galios vertikalių ašies Savonijaus rotoriaus vėjo jėgainės tyrimų standą.

2. Nustatyti tiriamosios vėjo jėgainės apsukas esant transporto sukeliama gūsiams šalia kelio.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimo objektas – 60 W galios Savonijaus vėjaračio vertikalios ašies vėjo jėgainė. Tyrimas atliktas tarptautinio „Via Baltica“ kelio ruože už įsukimo į Akademijos miestelį. Eksperimentų metu aplinkos temperatūra siekė 6 °C (saulėta su pradedruliais), vidutinis vėjo greitis – apie 3 m/s. Naudojantis reikiamomis privalomomis apsaugos priemonėmis kelio eisme, pastatytas tyrimo stendas su vėjo jėgaine ir anemometru (1 pav.). Duomenų kaupiklis su kompiuteriu pastatyti automobilyje, o iš jo nutiestas kabelis iki stendo su anemometru ir vėjo jėgaine. Matavimams naudotas kaušelinis anemometras „Thies GmbH“, duomenų kaupiklis „Ammonit“ ir tachometras „Testo 465“. Anemometro tyrimo duomenims surinkti, nustatyti atstumai nuo važiuojamosios kelio dalies iki vėjo jėgainės su anemometru, pagal kuriuos surinkti vėjo greičio duomenys kiekvieną važiavimo sekundę. Jėgainės rodikliai matuoti esant 0 m, 0,5 m, 1 m, 1,5 m, ir 3 m atstumui nuo važiuojamosios kelio dalies (1 pav.).

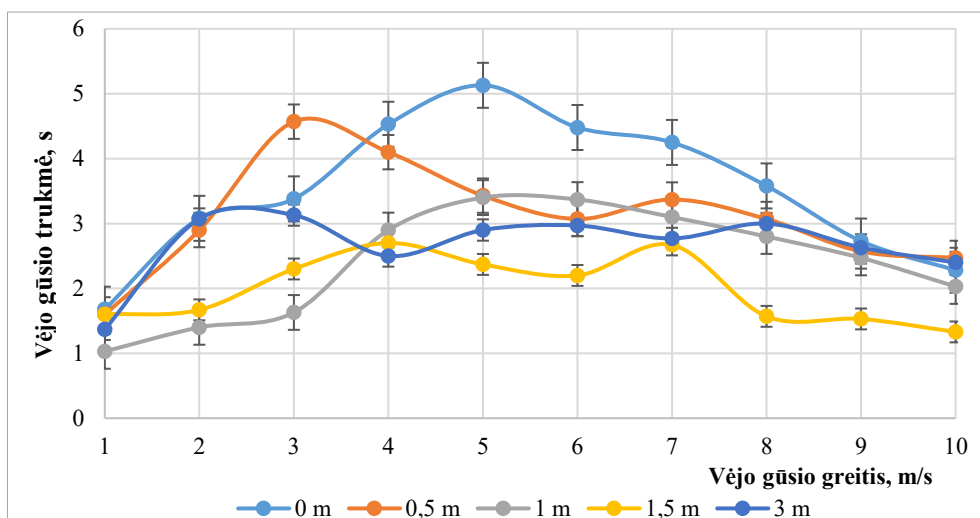


1 pav. Atliekamų tyrimų schema prie 0 m, 0,5 m, 1 m, 1,5 m, ir 3 m atstumų nuo važiuojamosios kelio dalies

Sugeneruojamos vėjo energijos kiekis labai priklauso nuo vėjo jėgainės pastatymo vietos parinkimo. Šiuo atveju, vėjo jėgainė pastatyta atviroje vietovėje šalia kelio. Pasirinktos vėjo jėgainės galia 60 W, aukštis – 0,56 m, skersmuo – 0,38 m, startinis vėjo greitis – 1,5 m/s.

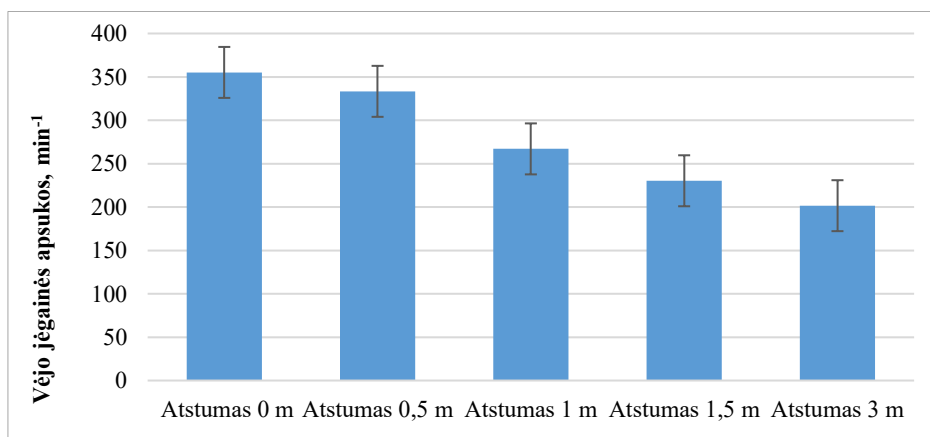
Tyrimo rezultatai

Ištyrus pro tyrimų stendą pravažiuojančių transporto priemonių (šiuo atveju vilkikų su puspriekabėmis) sukeltą vėjo gūσιο greitį, nustatyta, kad kuo mažesnis atstumas iki važiuojamosios kelio dalies, tuo vėjo gūσιο greitis yra didesnis (2 pav.). Susilpnėjimas pastebimas tik prie 1,5 m žymos, kai 3 m atstume vėjo gūσιο greitis yra didesnis.



2 pav. Vidutinė vėjo gūσιο greičio priklausomybė nuo atstumo 10 sekundžių laiko tarpe

Vėjo jėgainės apskukos mažėja didinant atstumą nuo važiuojamosios kelio dalies (3 pav.). Didžiausios vėjo jėgainės apskukos gautos prie 0 m atstumo – 355 min^{-1} , o mažiausios prie 3 m – 201 min^{-1} .



3 pav. Vėjo jėgainės vidutinė maksimalių apskukų priklausomybė nuo atstumo

Išvados

1. Tirta vėjo jėgainė įsisuka nuo pravažiuojančio sunkiasvorio transporto srauto, o vidutinis vėjo gūσιο greitis tarp mažiausio atstumo 0 m šalia važiuojamosios dalies ir 3 m atstumo skiriasi 2 m/s.
2. Tiriamos vėjo jėgainės vidutinės vėjaračio apskukos svyruoja nuo 201 ± 30 iki 355 ± 35 apsisukimų per minutę, priklausomai nuo atstumo iki važiuojamosios kelio dalies.

Literatūra

1. Ozolinčius, R. (2007). *Atsinaujinantys energijos išteklių. Mokomoji knyga*. Kaunas: VDU, 148 p.
2. Mažos vėjo jėgainės [žiūrėta 2021-02-01]. Prieiga per internetą: <<https://www.giminija.lt/visatiesa-apie-mazas-vejo-jegaines/>>.
3. Twidell, J., Weir, T. (2017). *Atsinaujinantys energijos išteklių*. Vilnius: VGTU, Technika.
4. Kytra, S. (2006). *Atsinaujinantys energijos šaltiniai. Vadovėlis aukštosiomis mokykloms*. Kaunas: Technologija.
5. Bani-hani, E. H., Sedaghat, A., AL-Shemmary, M., Hussain, A., Alshaieb, A., Kakoli, H. (2018). Feasibility of Highway Energy Harvesting using a Vertical Axis Wind Turbine. *Energy Engineering*, 115(2), 61–74.

Santrauka

Pasirinkta Savonijaus tipo 60 W galios vertikali vėjo jėgainė (trijų menčių). Tyrimo tikslas yra ištirti vertikalią ašies vėjo jėgainę ir nustatyti transporto sukeltų vėjo gūsių įtaką vėjaračio apsuksoms. Pasirinkta tyrimo vieta – tarptautinis greitkelis „Via Baltica“. Kelio ruože už Akademijos miestelio pastatytas tyrimo stendas. Jėgainės rodikliai matuoti esant 0 m, 0,5 m, 1 m, 1,5 m, ir 3 m atstumui nuo važiuojamosios dalies. Atlikus tyrimą ir skaičiavimus nustatyta, kad ši vėjo jėgainė įsisuka nuo pravažiuojančio sunkiasvorio transporto srauto, o vidutinis vėjo gūsių greitis tarp mažiausio atstumo 0 m šalia važiuojamosios dalies ir 3 m atstumo skiriasi 2 m/s. Vidutinės vėjo jėgainės rotorius apskukos svyruoja nuo 201±30 iki 355±35 apsisukimų per minutę, priklausomai nuo atstumo iki važiuojamosios kelio dalies.

RESEARCH ON LOW POWER SAVONIUS ROTOR WIND POWER PLANT

Summary

Selected Savonius type 60 W power vertical wind turbine (three blades). The goal is to investigate a vertical axis wind turbine and determine the influence of wind turbine speed caused by wind gusts from the heavy transport. The chosen spot of this research – international highway “Via Baltica”. The research stand was located in one of road sections outside the Akademia town. The power plant performance was measured at 0 m, 0.5 m, 1 m, 1.5 m, and 3 m from the carriageway. According to the research and calculations, this wind turbine starts working from passing heavy transport traffic and there is 2 m/s average wind gust speed difference between the smallest distance 0 m near carriageway and 3 m distance. The average wind turbine rotor speed ranges from 201±30 to 355±35 revolutions per minute, depending on the distance to the carriageway.

Arnas Lukošius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 633 38696, e. p. arnas.lukosius@vdu.lt
Kęstutis Venslauskas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr.; e. p. kestutis.venslauskas@vdu.lt

FERMENTUOTŲ ORGANINIŲ GRANULIŲ PRECIZINIO IŠBARSTYMO TYRIMAI

Adomas Česnakas, Eglė Jotautienė, Antanas Juostas

Įvadas

Tikintis gero derliaus, pirmiausia reikia tinkamai pasirūpinti dirva. Vienos svarbiausių derlingo dirvožemio savybių – didelis humuso ir organinių medžiagų kiekis, dirvos organizmų gausa. Įprastai, pakankamas maisto medžiagų kiekis dirvožemyje dažniausiai užtikrinamas trąšų pagalba. Tinkamas ir savalaikis organinių trąšų naudojimas gerina augalų augimą bei vystymąsi.

Trąšų efektyvumui didinti nuolatos tobulinama tręšimo technika, technologijos bei gerinama trąšų kokybė, parenkamos optimalios trąšų normos atsižvelgiant į augalų augimo tarpsnius. Trąšų norma priklauso nuo dirvožemio sudėties, fizikinių ir cheminių savybių bei jame auginamų augalų savybių. Netolygus trąšų barstymas daro įtaką kultūrinių augalų derliui: mažina trąšų naudojimo efektyvumą ir pelną, padidina maistinių medžiagų nuostolius bei kenkia aplinkai [1].

Taikant tiksliosios žemdirbystės principus dėmesys skiriamas į skirtingas lauko savybes (derlių, azoto kiekį, dirvožemio tipus ir pan.) bei taikomos skirtingos tręšimo, purškimo, sėjos bei kitas normos. Siekiama paskleisti taip azotines trąšas, kad pasiekti kaip galima tolygesnį azotinių medžiagų pasiskirstymą skirtinguose lauko plotuose. Tokiu būdu taupomos trąšos, o pasėliai gauna tik tiek maistinių medžiagų, kiek reikalinga kokybiškam augalų augimui [2].

Augalų tręšimas kintama norma gali būti atliekamas, jei traktoriuje yra sumontuota tiksliojo tręšimo įranga, kuri sudaryta iš kompiuterio, perduodančio tręšimo plano žemėlapiu informaciją į trąšų barstomąją, važiavimo greičio matuoklio ir GPS (Globali padėties nustatymo sistema) įrenginio, kuris būtinas tiksliai vietai realiu laiku nustatyti. Skirtingų derlingumų plotai tręšiami pagal poreikį. Tręšiamųjų (trąšų barstytuvai – suvienodinti) nepertraukiamo veikimo svėrimo sistema užtikrina ypač tikslų trąšų normavimą nepriklausomai nuo važiavimo greičio ir gali sutaupti nuo 5 % iki 10 % trąšų [3].

Trąšų barstytuvai nuolat tobulinami, tačiau trąšų gamintojai taip pat nestovi vietoje ir rinkai pateikia vis naujas trąšas, kurių sudėtis ir fizikinės savybės turi įtakos tinkamos normos tinkamoje vietoje paskleidimui. Šių klausimų sprendimui reikalingi detalesni moksliniai tyrimai.

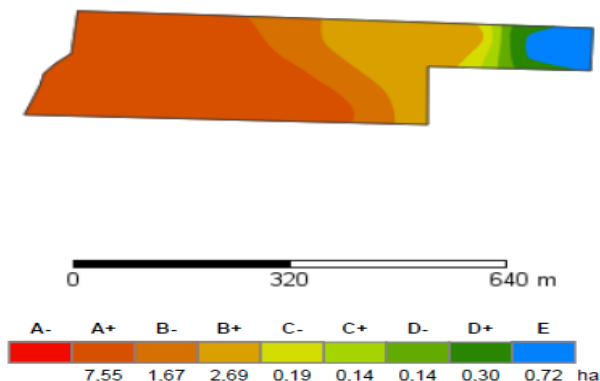
Tyrimo tikslas – lauko bandymų metu įvertinti organinių cilindro formos granuliuotų NPK trąšų precizinį paskleidimą dirvoje naudojant kintamą normą.

Tyrimų metodika

Granuliuotų ir fermentuotų organinių trąšų paskleidimo netolygumo ir persidengimo įvertinimas buvo atliekamas vadovaujantis granulės formos trąšų išbarstymo metodika standarte ASAE 341.5 06-2018 [4].

Granuliuotų organinių trąšų paskleidimo, tolygumo bandymas buvo atliekamas Adomo Česnako ūkio 13,41 ha lauke, Papiškių kaime, Šakių rajone. Bandymų lauke buvo atliktas precizinis barstymas atsižvelgiant į fosforo kiekio žemėlapi (1 pav.).

Žemėlapiui sukurti buvo panaudota „agriPORT“ programa. Nuskanavus dirvožemio elektros laidumą, nustatoma dirvos granuliuometrinė sudėtis. Pagal granuliuometrinę sudėtį programa parinko dirvožemio paėmimo taškus. Dirvožemio mėginiai buvo nusiųsti į Vokietijos dirvožemio tyrimų centrą. Gavus dirvožemio tyrimų rezultatus, naudojantis „agriPORT“ programa buvo sudarytas kintamos normos tręšimo žemėlapis. Žemėlapio nuotrauka iš palydovo 640 m aukštyje (1 pav.): C – tai fosforo optimalus kiekis, kuris vaizduojamas gelsva ir šviesiai žalia spalvomis, D ir E raidės (tamsiai žalia ir mėlyna spalvos) vaizduoja fosforo perteklių, B ir A raidės (ruda ir raudona spalvos) – fosforo trūkumą.



1 pav. 13,41 ha lauko fosforo kiekio žemėlapis

Tyrimo atlikimo metu diena buvo apsiniaukus, temperatūra – 3–4 °C, vėjo greitis buvo mažesnis nei 2,0 ms⁻¹, santykinis oro drėgnis – 92 %.

Tyrimams naudojant dvidiskę išcentrinę mineralinių trąšų barstyklę Amazone ZA-M-1001, jos darbinis plotis buvo 20 m. Atliekant bandymus lauko sąlygomis, trąšų barstomosios techninių ir technologinių parametrų reguliavimas valdomas kompiuterio „Amados+“ pagalba. Darbo pradžioje atliekama tręšiamosios svarstyklių kalibracija naudojantis valdymo kompiuteriu „AMADOS+“. Kalibracija atliekama, kad galima būtų stebėti tikslų trąšų svorį trąšų bunkeryje. Tam nustatomas trąšų byrėjimo koeficientas. Trąšos buvo skleidžiamos važiuojant 6,5 km/h greičiu. Kadangi trąšos buvo barstomos pagal sudarytą kintamos normos žemėlapi, tai tręšimo norma parinkta pagal fosforo trūkumą, nuo 650 kg/ha iki 1050 kg/ha. Trąšų

barstymo netolygumui nustatyti lauke buvo išdėstytos 11 vnt. specialių dėžučių trąšoms surinkti.

Tyrimams naudotos iš mėšlo pagamintos granuliuotos cilindro formos fermentuotos NPK 4-8-1,2 trąšos [5]. Trąšų dalelės buvo atrinktos atsitiktinai. Kadangi trąšos buvo naudotos kokybiškos, jos buvo nesusigulėję, nesušokę. Tam pirmiausia buvo vizualiai įvertinta trąšų būklė trąšadėžėje, nes trąšų būklė gali turėti poveikį trąšų išbėrimo spartos tolygumui. Granuliuotų organinių mėšlo trąšų geometriniai parametrai: trąšos skersmuo yra $5,28 \pm 0,8$ mm. Granulių ilgis vyrauja 10–17,5 mm granulės.

Trąšų norma parinkta pagal sudarytą fosforo trūkumo kintamos normos žemėlapi. Tręšimo plotis buvo 20 m. Traktoriaus važiavimo greitis barstymo metu buvo 6,5 km/h, darbinio veleno sūkių greitis buvo 450 min^{-1} .

Trąšų paskleidimo netolygumas įvertinamas surinkus paskleistas trąšas visame tręšiamosios darbinio plotoje. Tam tręšimo agregato judėjimo kryptimi statmenoje linijoje (per visą tręšiamosios darbinio plotį) lauko paviršiuje padedami loveliai, kurių išmatavimai $0,5 \times 0,4 \times 0,1$ m. Lovelių išdėstymas parodytas 2 pav.



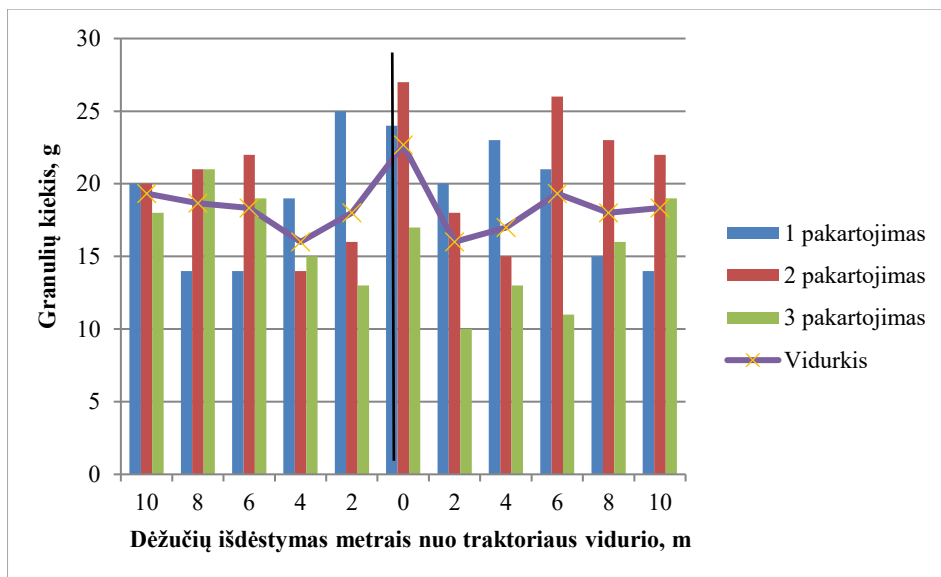
2 pav. Dėžučių išdėstymas lauke

Loveliai išdėstomi vienoje eilėje. Matavimą kartojame tris kartus. Išbarstomos trąšos, surenkamos dėžutėse. Kiekvieno dėžutėje susikaupęs trąšų kiekis buvo pasveriamas elektroninėmis svarstyklėmis $0,1$ g tikslumu ir fiksuojami/užrašomi gauti rezultatai.

Rezultatai

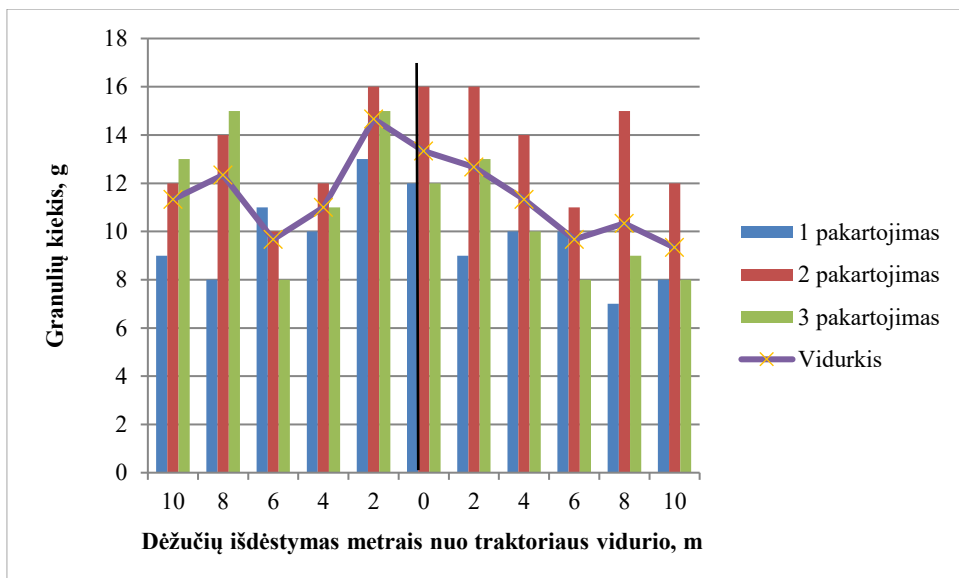
Paveiksle 3 parodytas bandymų rezultatų grafikas rodo, kad granuliuotų trąšų paskleidimas pasiskirsto gana tolygiai važiavimo kryptimi abiejose barstymo

pusėse, kai tręšimo norma 1050 kg/ha. X ašyje yra pateikta dėžučių vienetų išdėstymas: 0 ir juodos spalvos linija žymi mašinos vidurinį tašką. Į dešinę nuo 0 buvo padėti 5 vienetai lovelių, į kairę pusę – taip pat 5 vienetai lovelių. Grafike pastebimas trąšų vidutinės svorio vertės padidėjimas centrinėje dalyje 23 % (22,66 g) lyginant su vertėmis kraštinėse dėžutėse. Abiejose barstyklės pusėse organinės granuluotos trąšos pasiskleidė apie $18 \pm 0,7$ g kiekvienoje dėžutėje. Išbarstyto trąšų kiekio sumažėjimui 2–4 metre nuo barstomosios centro galėjo turėti įtakos cilindro formos granulės.



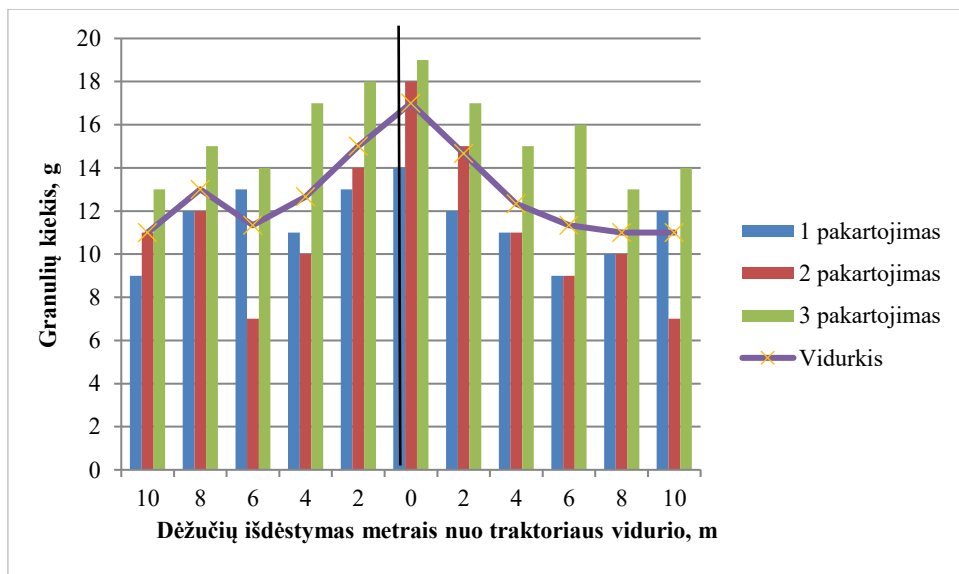
3 pav. Barstymo rezultatai, kai trąšų norma 1050 kg/ha

Bandymo rezultatai, traktoriui važiuojant 6,5 km/h greičiu su nustatyta 650 kg/ha tręšimo norma, pateikti 3 paveiksle. Mažiausias trąšų kiekis surinktas dėžutėse, kurios yra nutolusios 6 m nuo barstomosios centro. Stebimas trąšų vidutinio ir faktinio kiekio sumažėjimas dešinėje barstytuvo pusėje. Didžiausias trąšų kiekis paskleistas kairiau nuo mašinos vidurio – apie 13 %. Trąšų masė ties mašinos viduriu, buvo 16 % mažesnė už maksimalią vertę. Tokiam netolygumui galėjo turėti įtakos vėjo kryptis.



4 pav. Barstymo rezultatai, kai trąšų norma 650 kg/ha

Bandymo rezultatai, kai traktorius važiavo 6,5 km/h greičiu ir tręšimo norma 750 kg/ha, pateikti 5 paveiksle. Bandymų rezultatų grafikas rodo, kad granuliuotų organinių trąšų paskleidimas pasiskirsto gan netolygiai važiavimo kryptimi abiejose tręšimo pusėse. Didžiausias organinių trąšų kiekis išbiro centrinėje barstymo dalyje – 17 g, o į kraštus granuliuotų trąšų kiekis mažėjo.



5 pav. Barstymo rezultatai, kai trąšų norma 750 kg/ha

Trąšų netolygų pasiskirstymą galėjo įtakoti skirtingas cilindro formos granulės dydis ir susidariusi trintis tarp granuliu prie išbirimo angos.

Išvados

1. Įvertinus precizinio organinių trąšų paskleidimą dirvoje eksperimentiniais tyrimų rezultatais nustatyta, kad granuliuotų trąšų skersinis paskleidimas pasiskirsto tolygiai traktoriaus važiavimo kryptimi, kai jo judėjimo greitis 6,5 km/h, o tręšimo norma 1050 kg/ha.
2. Kai tręšimo norma buvo 750 bei 650 kg/ha, organinių trąšų skersinis paskleidimas buvo netolygus abiejose barstytuvo pusėse. Trąšų netolygumo pasiskirstymą galėjo įtakoti skirtingas cilindro formos granulės dydis ir vėjo kryptis. Be to, įtakoti galėjo ir nustatomi technologiniai parametrai.

Literatūra

1. CEMA, (2019). Precision Farming: key technologies & concepts | CEMA – European Agricultural Machinery. [žiūrėta 2021-02-14]. Prieiga per internetą: <https://www.cema-agri.org/precision-farming>.
2. Jablonskytė-Raščė, D., Maikštėnienė, S., Cesevičienė, J., Mankevičienė, A. (2012). Ekologinių trąšų ir bioaktyvatorių įtaka paprastųjų kviečių (*Triticum aestivum* L.) ir Spelta kviečių (*Triticum spelta* L.) produktyvumui bei derliaus kokybei. *Žemės ūkio mokslai*, 19(1), 1–10.
3. ASAE S341.5 (2018). Procedure for Measuring Distribution Uniformity and Calibrating Granular Broadcast Spreaders. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 1–8.
4. SULKY technika [žiūrėta 2021-01-20]. Prieiga per internetą: <http://www.sulky-burel.com/products>
5. Fermentuotos trąšos [žiūrėta 2021-01-20]. Prieiga per internetą: <https://www.linasagro.lt/agronaujienos/naujove-fermentuotos-organines-trasos-is-latvijos>

Santrauka

Šiame straipsnyje pateikiami granuliuotų fermentuotų organinių trąšų precizinio paskleidimo išcentrine trąšų barstomąja tyrimų rezultatai. Tyrimai atlikti remiantis ASAE S341.5 standartu „Paskirstymo vienodumo matavimo ir granuliu paskleidimo kalibravimo procedūra“. Tyrimams buvo naudojamos organinės fermentuotos cilindrinės formos granuliuotos trąšos.

Trąšų barstomosios techniniai ir technologiniai parametrai buvo suderinti su važiavimo greičiu ir darbinio pločiu. Barstymo greitis pasirinktas 6,5 km/h. Išbyrėjimo angos dydis buvo keičiamas pagal lauko tręšimo žemėlapi. Tyrimo rezultatai parodė, kad kai tręšimo norma, pagal fosforo kiekio trūkumą, 650 ir 750 kg/ha trąšų išbarstymas netolygus abiejose barstytuvo pusėse. Kai norma 1050 kg/ha trąšų išbarstymas trąšų skersinis paskleidimas pasiskirsto tolygiai. Apibendrinant, išcentrinės trąšų barstomosios gali būti naudojamos granuliuotoms cilindrinės formos organinėms trąšoms paskleisti kintama norma.

INVESTIGATION OF PRECISION SPREADING OF THE FERMENTED ORGANIC PELLETS

Summary

This paper provides the research results of fermented granular organic NPK fertilizers use and precision spread by centrifugal fertilizer spreading equipment. During research was following “Procedure for Measuring Distribution Uniformity and Calibrating Granular Broadcast Spreaders” ASAE S341.5 standard. For research cylindrical form size granular fertilize were used.

The adjustment of the technical and technological parameters of the fertilizer spreader was coordinated with the speed and working width when testing fertilizers. The spreading speed was selected 6.5 km/h. The size of the spout was varied according to the field fertilization map. The research results showed that when the fertilization rate according to the lack of phosphorus 650 and 750 kg/ha fertilizer application is uneven on both sides of the spreader. When the rate is 1050 kg/ha, the transverse distribution of the fertilizer is evenly distributed. In conclusion, the centrifugal fertilizer spreaders can be used for spreading granular cylindrical form organic fertilizers.

Adomas Česnakas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. 8 674 91986, el. p. adomasys@gmail.com

Eglė Jotautienė – VDU Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, prof. dr.; tel. 8 37 752204, el. p. Egle.Jotautiene@vdu.lt

Antanas Juostas – VDU Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto doc. dr.; tel. 8 37 752204, el. p. antanas.juostas@vdu.lt

ENERGY EFFICIENCY OF RESIDENTIAL HEATING SYSTEMS

Salem Mohab Maher Mahmoud Elsayed

Introduction

Residential space heating is responsible for an ample amount of total energy load; two-third of the final energy consumption in Germany's building sector is dedicated to heating and cooling. Additionally, residential space heating is fossil fuel-dependent; it relies heavily on both oil and natural gas (BMW_i, n.d.). Accordingly, space heating is primarily responsible for 83% of CO₂ emitted from the residential sector (Michelsen and Madlener, 2012). Besides, heating and cooling systems in Germany are responsible for 50% of the total final energy consumption, they also emit 40% of the total CO₂ emissions (IEA, 2020). Hence, the residential sector is adhesively connected to global warming and energy efficiency issues. Thus, the German government is aspiring to cut down the primary energy consumption usage in the residential sector; the target is to reach more than 80% of CO₂ abatement by 2050 (Michelsen and Madlener, 2012).

Evaluating a building performance is a multilateral task. Building orientation, size, human behavior, climate, etc. are criteria that prejudice the assessment. Diminishing these factors allow more concentration on the targeted goal of the research (Wang et al., 2015).

Research goal – to determine residential heating systems' efficiency.

Tasks:

1. Overview of which data is required for the calculation.
2. Categorization of the heating systems.

Methodology

This paper is conducting applied research to assess heating systems efficiency. The studied systems belong to a German company based in Hamburg, all of which are in Germany. The categorization of the systems depends on the details of the system design. For instance, is the drinking water system has circulation or not, the distribution network is inside the thermal envelope or not, boiler type, type of fuel, type of heating system, type of heat transfer unit, the control unit of the heat transfer unit. However, the available data was not sufficient to have an eagle-eye view of the systems under study. Hence, the author resorted to assuming values to substitute the lack of data, which would, in turn, allow for conducting the calculation, and the comparison described below. The paper presents 3 systems that showcase how efficient these systems are and validate our approach. as indicated. (Table 1) below displays the three systems investigated.

Table 1. Characterization of studied systems

Name	Year of construction	Area, m ²	Other characteristics
Building 1	2014	3684	All use district heating Have circulation in the drinking water system. The distributions lines are inside the thermal envelope
Building 2	2017	5140	
Building 3	2018	3760	

The evaluation of the systems relies on the expenditure factor η_{ex} value as expressed in equation 1, aiming to compare the actual value of the system to the expected value for the equivalent efficient system of the DIN V 4701-10_2001-02 standard value:

$$\eta_{ex} = \frac{Q_{pr}}{Q_{ee}}, \quad (1)$$

where: Q_{pr} – primary energy demand, kWh; Q_{ee} – end energy, kWh.

Results

The assessment of energy efficiency performance is a controversial issue because of the complexities of the systems with the presence of many fuel types. In consequence, the assessment should be unified, and be based on commonalities. Primary energy stands out among other indices because it combines two sources of fuel at a time, nevertheless, it is more concerned about the quality of the fuel type (Prek, 2019).

The primary energy factor for district heating and electricity are not thoroughly researched. District heating is supplying 9% of the EU heating. In some countries, district heating is considered an energy-efficient heating technology that assists in the dissemination of renewable energies (Latšov et al., 2017).

The figure below shows the three heating systems under study; all of them are using district heating for the drinking water system, and space heating. The values for the expenditure factor of the three systems are lower than one; the share of renewable energies is a determinant factor in this. Otherwise, the expenditure values must be more than one. Due to the limited data available, the actual expenditure factor for the three systems is likely to be assumed less than the standard value shown in figure 1. This assumption, to the author's knowledge, can be justified, taking into consideration the thermal envelope, and the whole status of the house (e.g., houses' age). This in turn, suffices for the validity of the assumption as a rough approximate. It should be noted that the thermal envelope encloses all the distribution networks. Besides, the oldest house was built in 2014.

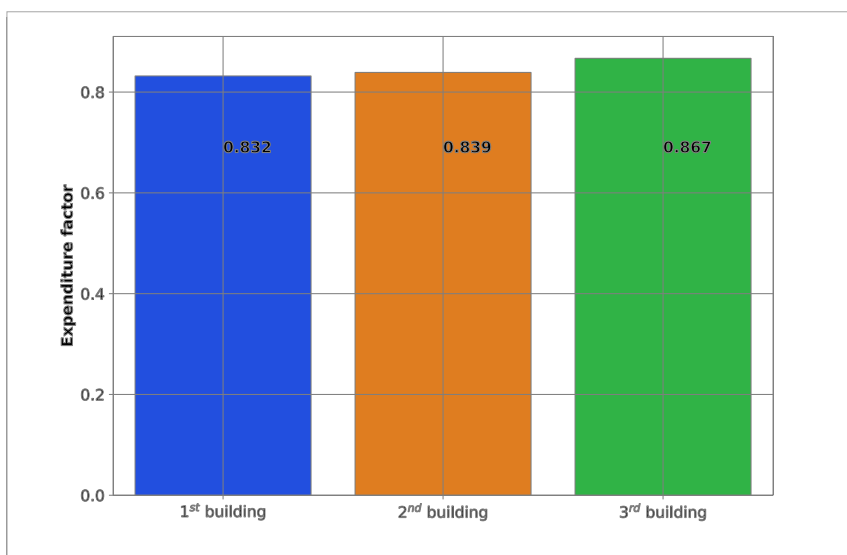


Figure 1. The expenditure factors of the three systems

For the assessment, we compare the numbers acquired from the standard shown in figure 1 to the actual numbers of the systems which are assumed to be less than the standard value. It means the three systems consume most of the primary energy injected into their systems and convert it into useful heat energy. In consequence, the three buildings run on efficient heating systems.

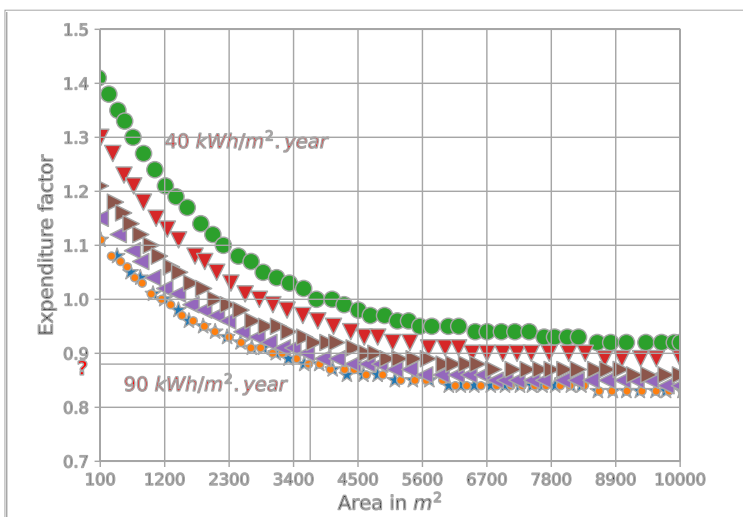


Figure 2. The expenditure factor in relation to the area of heated space, and the heat demand (DIN V 4701-10, 2003)

The expenditure factor as explained in equation 1, infer the consumption of the primary energy to the end energy (Figure 2). Hence, the closer the value to one the

better is the efficiency. Nevertheless, the systems under study are using district heating, and the percentage of renewable energy integration is a determinant factor of the expenditure factor. That justifies why the number is less than one. In all respects, the systems manifest efficient operation via the numbers calculated.

Conclusions

The expenditure factor is more than a satisfactory index for assessing the energy efficiency of heating systems. On the other hand, despite the lack of data, the assumptions made helped to get an overview of the status quo of the heating system under study. It also reflects a positive impression about the district heating system because the three systems are newly built, utilize district heating, and are energy efficient.

Literature

1. BMWi, n.d. Draft of the Integrated National Energy and Climate Plan. Federal Ministry of Economics and Technology. Accessed via: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ger_draft_necp_eng.pdf.
2. DIN V 4701-10:2003-08, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung, 2003. Beuth Verlag GmbH. <https://doi.org/10.31030/9496133>. Accessed via: <https://www.beuth.de/de/-/-/64443135>
3. IEA, (2020). Germany 2020 - Energy Policy Review. Accessed via: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/G/germany-2020-energy-policy-review.pdf?__blob=publication-File&v=4.
4. Latššov, E., Volkova, A., Siirde, A., Kurnitski, J., Thalfeldt, M. (2017). The primary energy factor for district heating networks in European Union member states. *Energy Procedia*, 116, 69–77.
5. Michelsen, C. C., Madlener, R. (2012). Homeowners' preferences for adopting innovative residential heating systems: A discrete choice analysis for Germany. *Energy Econ.*, 34, 1271–1283.
6. Prek, M. (2019). Primary Energy Factor for Electricity Mix: The Case of Slovenia. *Energy Policy*.
7. Wang, E., Shen, Z., Alp, N., Barry, N. (2015). Benchmarking energy performance of residential buildings using two-stage multifactor data envelopment analysis with the degree-day-based simple-normalization approach. *Energy Convers. Manag.*, 106, 530–542.

Summary

The paper is assessing the efficiency of heating systems of three residential buildings in Germany. The expenditure factor is used as an energy efficiency index through which the buildings were assessed. The three buildings had values below the standard value which indicates a positive impression about the building's energy performance. The study was only concerned about heat energy performance inside the buildings, electricity was not a concern of the study.

GYVENAMŪJŲ NAMŲ ŠILDYMO SISTEMŲ ENERGINIS EFEKTYVUMAS

Santrauka

Straipsnyje vertinamas trijų gyvenamųjų pastatų Vokietijoje šildymo sistemų efektyvumas. Pastatų energijos vartojimo efektyvumas įvertintas taikant energijos sąnaudų faktorių. Trijų pastatų energijos sąnaudų faktoriaus vertės buvo mažesnės už standartinę, o tai rodo teigiamą pastato energinį naudingumą. Tyrimo metu nustatytas tik šilumos energijos efektyvumas pastatuose.

Mohab Salem – Master student at Faculty of Agriculture Engineering, Vytautas Magnus University, tel. +370 62 212130, e-mail: mohab.maher.mahmoud.elsayed.salem@stud.vdu.lt

ŠILUMOS AKUMULIAVIMAS NAUDOJANT FAZINIO VIRSMO MEDŽIAGAS

Dalius Jonuška, Antanas Kavolynas

Įvadas

Šiluminė energija, priklausomai nuo sezoniškumo ar geografinės padėties, gali būti akumuliuojama šiluminės energijos paklausai subalansuoti, tarp skirtingų atsiuvinančių energijos išteklių, arba kaupti šilumą vėlesniam panaudojimui. Siekiant perkelti šilumos poreikį vėlesniam panaudojimui, naudojama latentinės šilumos kaupimo savybės. Toks šilumos kaupimas yra laikomas viena iš svarbiausių energijos akumuliacijos technologijų [2].

Latentiniai šilumos mainai vyksta žemų (45–60 °C) temperatūrų diapazone. Šiluma absorbuojama kuomet gaunamas šiluminės energijos kiekis ir medžiaga keičia savo agregatinę būseną iš kietosios į skystą, o šiluminė energija atiduodama, kai agregatinė būseną keičiasi iš skystos į kietą [1]. Viena iš kliūčių naudojant fazinio virsmo medžiagas yra mažas šiluminis laidumas, kuris pavyzdžiui parafino vaško yra ~0,21 W/m·K, o tai yra beveik 1900 kartų mažiau, nei vario šiluminis laidumas [4].

Šiluminei energijai akumuliuoti naudojama įvairūs būdai, kurie pastoviai yra tobulinami, tam kad būtų patiriami mažiausi galimi nuostoliai ir prailginamas akumuliacijos laikas. Šiame darbe siekiama pagerinti fazinio virsmo medžiagų šilumos perdavimo savybes [7], tinkamai suprojektuojant sistemas, taip kad joms būtų užtikrintas idealiausias šiluminės energijos perdavimo sąlygos.

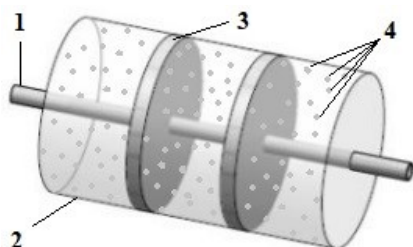
Tyrimo tikslas – Ištirti fazinio virsmo medžiagų charakteristikas ir akumuliacinę talpą naudojamą su įkapsuliuotomis fazinio virsmo medžiagomis.

Tyrimo uždaviniai:

1. Taikant analitinius metodus, išanalizuoti parafino vaško termochemines savybes.
2. Sumodeliuoti ir įvertinti latentinės šilumos akumuliacinės talpos su variniu šilumokaičiu privalumus.
3. Įvertinti fazinio virsmo medžiagų šilumos absorbciją įkrovos metu.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimo metu modeliuojamas cilindrinis šilumos kaupiklis (1 pav.). Jį sudaro varinis šilumokaitis, kurio spindulys 27 mm, storis 3 mm ir ilgis 1400 mm, o šilumokaičio plokštelės skersmuo 290 mm. Šilumokaitis patalpintas cilindro formos akumuliacinėje talpoje, kurios ilgis 1000 mm diametras 300 mm. Talpa užpildyta įkapsuliuotomis fazinio virsmo medžiagomis, kurios yra ir panardintos talpos viduje į vandenį. Akumuliacinė talpykla izoliuota šilumine izoliacija, kurios šiluminis laidumas yra ($\lambda = 0,038$ W/m K) [9].



1 pav. Modeliuojamas cilindrinis šilumos kaupiklis, kur: 1 – šilumokaičio vamzdis, pro kurį teką karštas vanduo, 2 – akumuliacinės talpos sienelė, su šilumine izoliacija, 3 – šilumokaičio plokštelė, 4 – įkapsuliuotos fazinio virsmo medžiagos

1 lenetelė. Parafino vaško termofizikinės savybės [8]

Termofizikinė savybė	Vertė
Lydimosi temperatūra T_L	53–54 °C
Šilumos talpa C_p	2 kJ/kg·K
Šiluminis laidumas k	0,2 W/(m·K)
Šiluminė talpa	200 kJ/kg
Tankis ρ	0,8 kg/l

Siekiant padidinti šilumos perdavimo plotą iš šilumnešio į fazinio virsmo medžiagą, aplink varinį vamzdelį, kuris eina išilgai talpyklos išdėstyta penkios disko formos 5mm storio plokštelės, taip kompensuodamas mažą fazinio virsmo medžiagos šiluminį laidumą [6].

Akumuliacinės talpyklos modeliavimui naudojama programinės įrangos paketas „COMSOL Multiphysics 5.5“ [5], kur parenkama dviejų dimensijų ašyse laiko priklausomybė nuo vandens srauto ir šilumos perdavimo visoje sistemoje (vanduo, varis, šiluminė izoliacija ir parafino vaškas), trumpalaikė skysčio-terminė sąveika, kuri įgalina mus išspręsti tiek netiesinę Navierio-Stokso [3] lygtį (1), tiek energijos laidumo (2) ir konvekcijos (3) lygtis vandeniui.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho v) = 0, \quad (1)$$

čia ρ – vandens tankis,
 v – greičio vektorius.

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \nabla^2 T, \quad (2)$$

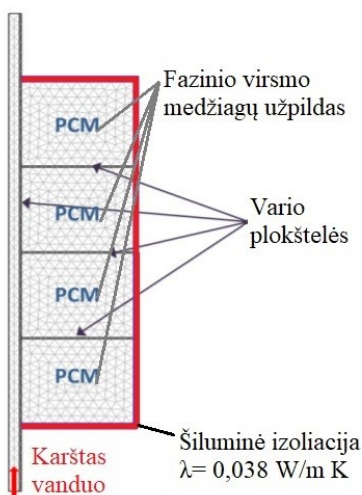
čia C_p – savitoji medžiagos šiluma;
 k – medžiagos šiluminis laidumas;
 T – temperatūra.

$$\rho C_p \frac{DT}{Dt} = k \nabla^2 T, \quad (3)$$

čia: C_p – savitoji medžiagos šiluma;
 $\frac{DT}{Dt}$ – išvestinis temperatūros vienetas;
 k – medžiagos šiluminis laidumas;
 T – temperatūra.

Antrame paveiksle (2 pav.) pavaizduota supaprastintas akumuliacinės talpos modelis, kuris sukurtas naudojant tokias pradines sąlygas:

- Pradinė visos sistemos temperatūra yra 20 °C;
- Visos išorinės sienos yra izoliuotas šilumine izoliacija, kurios laidumas $\lambda = 0,038 \text{ W/m K}$;
- Vamzdžių paviršių slydimo sąlygos neįvertinamos;
- Nėra vertinama skysčio klampa ir pasipriešinimas srautui;
- Vandens įleidimo temperatūra 65 °C ir kintantis vandens greitis vamzdžio įleidimo angoje yra 1 l / s.



2 pav. Šiluminės talpos supaprastintas modelis

Atsižvelgiant į parafino vaško fazės kitimą, temperatūrą ir didelį energijos poreikį, reikalingą parafinui ištirpti, įvedama medžiagos savitoji šiluma C_p (4). Naudojant parafino vašką, kurio šiluminė talpa yra 200 kJ/kg ir tirpsta 2 K temperatūros diapazone (nuo 326K iki 327K), savitoji parafino vaško šiluma C_p , latentinės šilumos kaupimo sistemoje išreiškiama taip [10]:

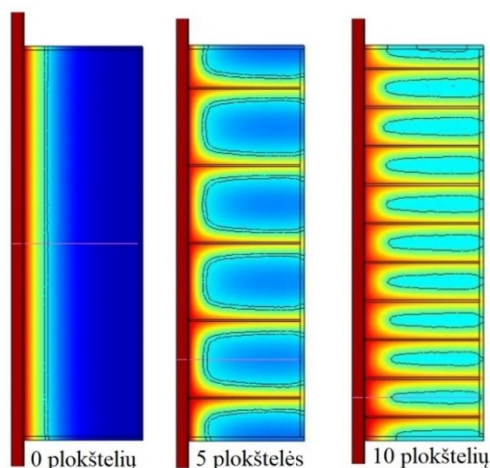
$$C_p \begin{cases} 2 \text{ kJ/kg} & T < 326 \text{ K} \\ 60,5 \text{ kJ/kg} & 326 \text{ K} < T < 327 \text{ K} \\ 2 \text{ kJ/kg} & T > 327 \text{ K} \end{cases} \quad (4)$$

Remiantis savitosios parafino vaško šilumos išraiška, latentinėje šilumos kaupimo sistemoje, užrašoma loginė lygtis (5) [8]:

$$C_p (2 + 60,5 \cdot (313 < T) - 60,5 \cdot (T > 315)) \frac{kJ}{kg}. \quad (5)$$

Tyrimo rezultatai

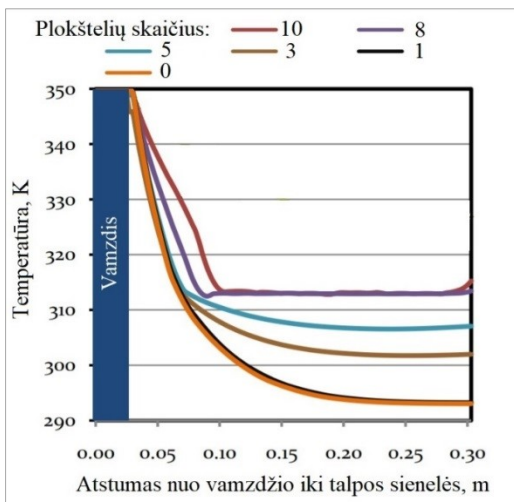
Įkrovimo proceso metu, kai temperatūra pakyla iki 325 K, prasideda fazės kitimo procesas iš kietosios į skystą, kuris reikalauja didesnio energijos kiekio. Trečiame paveiksle (3 pav.) pateiktas termovizinis grafikas, kur pavaizduota temperatūros pasiskirstymas cilindro formos kaupiklio viduje po 12 valandų pastovaus įkrovimo, kai varinis šilumokaitis esantis kaupiklio viduje sudarytas iš 0, 5, ir 10 vario plokštelių.



3 pav. Termovizinis temperatūros pasiskirstymas, gautas po 12 valandų įkrovimo, kai įėjimo greitis yra 1 l/s

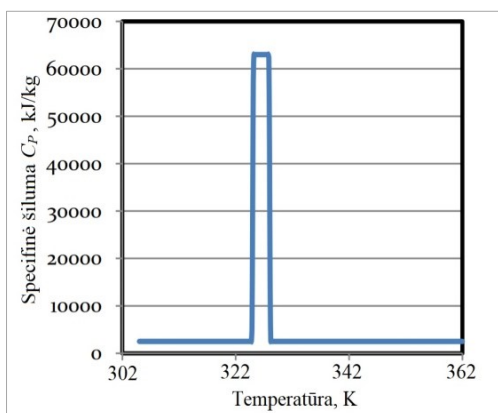
Kaip matyti iš šio termovizinio paveikslo, plokštelių skaičius turi didelę įtaką tolygiam įkrovos procesui. Naudojant penkias plokšteles padidinamas šilumos mainų plotas, todėl konvekcijos būdu perduodamas didesnis šiluminės energijos kiekis. Modeliuojant akumuliacinę talpą su dešimties plokštelių šilumokaičiu, pastebima žymiais tolygesnis įkrovos procesas, nei naudojant penkias plokšteles. Iš šio paveikslo galima pastebėti, kad lydymasis vyksta pirmiausia šalia vamzdžio, neatsižvelgiant į plokštelių skaičių.

Ketvirtame paveiksle pateikiama FVM temperatūra kaip įvairaus plokštelių skaičiaus spindulio funkcija. Temperatūra buvo matuojama energingiausiame kaupiklio skyriaus viduryje. Gautas rezultatas rodo, kad didžioji dalis šiluminės energijos absorbuojama pirmuose kaupiklio sluoksniuose arčiau vamzdžio, kuriuo teka karštas vanduo.

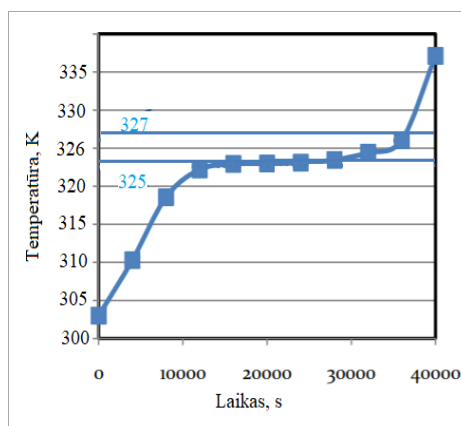


4 pav. Lydimosi temperatūros kaupiklyje FVM sluoksniuose, priklausomai nuo plokštelių skaičiaus

Įvedus parafino vaško medžiagos savitąją šilumą, 12 valandų įkrovos procesui, kai temperatūra imituojama nuo 302 K iki 362 K, gautas rezultatas parodė, kad latentinės šilumos kaupiklyje, akumuluojama specifinė šiluma siekia 64 MJ/kg (5 pav.). Fazės kitimo procesas pavaizduotas šeštame paveiksle (6 pav.), kuomet šilumokaičiu tekanti temperatūra nekinta. Rezultatas rodo, kad po 10000 sekundžių, parafino vaškas pereina į lydimosi procesą.



5 pav. Parafino vaško talpa įkrovos metu



6 pav. Lydimosi procesas žemos temperatūros akumuliacinėje talpoje

Išvados

1. Tyrimo metu eksperimentiškai nustatyta, kad nepriklausomai nuo plokštelių skaičiaus, lydymasis pirmiausia prasideda aplink vamzdį, kuriuo teka karštas vanduo. Naudojant 10 plokštelių šilumokaitį, gaunamas didžiausias kontaktinis

plotas tarp šilumokaičio ir įkapsuliuotų fazinio virsmo medžiagų mišinio su vandeniu, todėl visas talpos tūris pereina į lydymosi procesą tolygiau, nei naudojant mažiau plokštelių.

2. Sukūrus dvylikos valandų akumuliacinės talpyklos su fazinio virsmo medžiagomis įkrovos simuliacinį modelį, pastebėta kad didžioji dalis šiluminės energijos konvekcijos būdu iš pastovios temperatūros karšto vandens tekančio per šilumokaitį yra absorbuojama pirmuose sluoksniuose, palaiptai pereinant prie sekančių sluoksnių.
3. Atlikus šilumos akumuliacinio tyrimą, kurio metu įvedus savitą šilumą C_p latentinei šilumos kaupimo sistemai, modeliuojant 12 valandų įkrovos procesą, kur imituota šiluma nuo 302 K iki 362 K, gautas rezultatas parodė, kad latentinės šilumos kaupimo sistema, gali akumuliuoti iki 64 MJ/kg šiluminės energijos.

Literatūra

1. Günther, E., Hiebler, S. and Mehling, H. (2006). Determination of the Heat Storage Capacity of PCM and PCM-Objects as a Function of Temperature. *Proceedings of ECOSTOCK*.
2. Ioan Sarbu, Lexandru Dorca., (2019). Review on heat transfer analysis in thermal energy storage using latent heat storage systems and phase change materials. 34–37 p.
3. Keblikas, V. (2008). Navjė-Stokso lygčių periodiniai laiko atžvilgiu uždaviniai srityse su cilindriniais išėjimais į begalybę. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. 8–13 p.
4. Kenisarin, M., Mahkamov, K., Kahwash, F. and Makhkamova, I. (2019). Enhancing Thermal Conductivity of Paraffin Wax 53–57° C using Expanded Graphite. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 200, pp. 110026.
5. Laaouatni, A., et al. (2019). Thermal Building Control using Active Ventilated Block Integrating Phase Change Material. *Energy and Buildings*, 187, 50–63.
6. Macrelli, G., Varshneya, A. K. and Mauro, J. C. (2020). Ion Exchange in Silicate Glasses: Physics of Ion Concentration, Residual Stress, and Refractive Index Profiles. arXiv Preprint arXiv:2002.08016.
7. Mehling, H., Cabeza, L. F., Hippeli, S. and Hiebler, S. (2003). PCM-Module to Improve Hot Water Heat Stores with Stratification. *Renewable Energy*, 28(5), 699–711.
8. Phase Change Materials. *International Journal of Energy Research*, 43(1), 29–64. PCM RT-LINE Wide-ranging organic PCM for your application, [interaktyvus] [žiūrėta 2021-02-22]. Prieiga per internetą: <https://www.rubitherm.eu/en/index.php/productcategory/organische-pcm-rt>
9. Papadopoulos, A. M. (2005). State of the Art in Thermal Insulation Materials and Aims for Future Developments. *Energy and Buildings*, 37(1), 77–86.
10. Sarbu, I. and Dorca, A. (2019). Review on Heat Transfer Analysis in Thermal Energy Storage using Latent Heat Storage Systems and phase change materials. *International journal of energy research*, 43(1), 29–64.

Santrauka

Šiame darbe atliktas šilumos akumuliacinio tyrimas naudojant įkapsuliuotas fazinio virsmo medžiagas, kurio metu buvo nustatyta, kad akumuliacinėje talpykloje su variniu šilumokaičiu fazės kitimo procesas pirmiausiai prasideda nuo vamzdžio, kur teka pastovios temperatūros karštas vanduo, o esant dešimties plokštelių šilumokaičiui, talpos tūris tolygiausiai pereina į lydymąsi. Dvylikos valandų įkrovos procese, daugiausiai šiluminės energijos yra absorbuojama pirmuose sluoksniuose, kur yra karšto vandens įėjimo anga. Įvedus savitą šilumą latentinės šilumos kaupimo sistemai,

gautas rezultatas parodė, kad įkrovos proceso metu, latentinė šilumos kaupimo sistema gali akumu-
liuoti iki 65 MJ/kg šiluminės energijos.

HEAT ACCUMULATION USING PHASE CHANGING MATERIALS

Summary

In this work, a heat accumulation study using encapsulated phase conversion materials found that in a battery tank with various heat exchangers, the phase change processes first started from the pipe where the hot water flowed and to the right of the plate heat exchanger, the tank tourism smoothly transferred to the additive. In the twelve-day charging process, most of the thermal energy is absorbed in the first layers, where there is a hot water inlet. After introducing the specific heat into the latent heat storage system, the result shows that during the charging process, latent heat storage systems can be accumulated up to 65 MJ / kg of heat energy.

Dalius Jonuška – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 627 57919,
el. p. jonuskadalius@gmail.com

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

BIODEGALŲ MIŠINIAIS VEIKIANČIO DYZELINIO VARIKLIO DARBO RODIKLIŲ TYRIMAS

Ignas Daunoras, Tomas Mickevičius

Įvadas

Senkančios iškastinės naftos atsargos bei neigiami variklių degimo produktų padariniai turi įtakos ekologiškai sistemai ir tai yra globali šiuolaikinės pasaulinės energetikos problema. Atsižvelgiant į mokslininkų prognozes, kad naftos išteklių sparčiai mažėja, vis intensyviau ieškoma alternatyvių energijos šaltinių, kuriuos būtų galima panaudoti transporto sektoriuje [1].

Biokomponentų, kaip naftos degalų pakaitalų, naudojimas yra svarbi ne tik Europos Sąjungos, bet ir visų kitų valstybių energetikos politikos dalis. Daugelyje šalių plačiausiai naudojami biodegalai dyzeliniams varikliams yra biodyzelinas, t. y. augalinių aliejų metilo ar etilo esteriai [2].

Mineralinius degalus keičiant alternatyviais ar atsinaujinančiais degalais, kinta degalų fizinės ir cheminės savybės. Dėl degalų fizinių ir cheminių savybių įtakos kinta variklio darbo ir deginių emisijos rodikliai [3, 4].

Tyrimų tikslas – ištirti įvairiais biodyzelino ir butanolio degalų mišiniais maitinamo dyzelinio variklio darbo ir deginių emisijos rodiklius.

Tyrimo uždaviniai:

1. Paruošti tyrimo metodiką ir įrangą;
2. Atlikti biodyzelino ir butanolio mišiniais veikiančio variklio darbo ir deginių emisijos matavimus;
3. Apdoroti ir išanalizuoti gautus eksperimentiniu būdu tyrimo rezultatus.

Tyrimų objektas ir metodika

Eksperimentiniai tyrimai buvo atlikti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijoje, Žemės ūkio inžinerijos fakulteto, Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos instituto variklių bandymų laboratorijoje, esančiu vieno cilindro, keturtakčiu, tiesioginio įpurškimo dyzeliniu vidaus degimo varikliu „ORUVA F1L511“, kurio vardinė galia 12,8 kW, esant 3000 min^{-1} variklio sukimosi dažniui. Variklio stende sumontuota variklio apkrovos valdymo įranga ir darbo rodiklių bei emisijos matavimo prietaisai. Bandymai buvo atlikti esant pastoviems variklio sukimosi 2000 min^{-1} , keičiant variklio apkrovas.

Degimo proceso metu susiformavęs anglies viendeginis (CO), anglies dvideginis (CO₂), azoto viendeginis (NO), azoto dvideginis (NO₂) ir liekamasis deguonis (O₂) buvo matuojami deginių analizatoriumi „Testo“ XL 350. Deginių dūmingumas buvo išmatuotas deginių skaidrumo matuokliu „Bosch“ RTT 110.

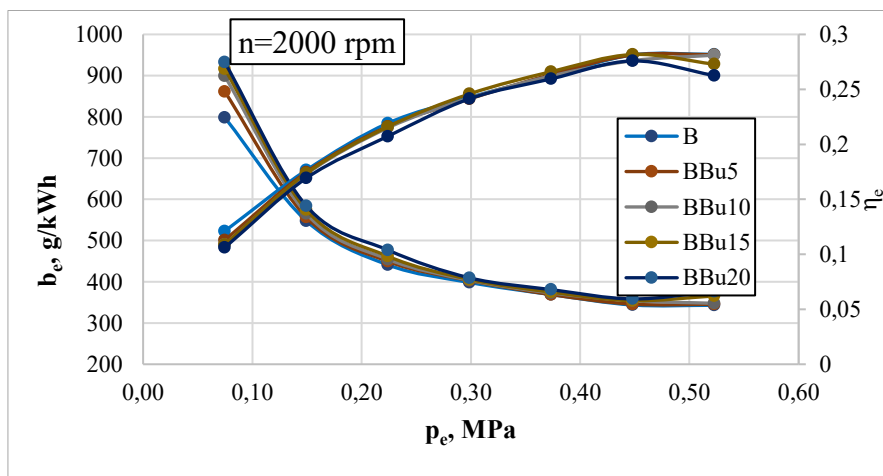
Siekiant įvertinti biodegalų ir jų mišinių įtaką variklio darbo ir deginių emisijos rodikliams buvo paruošti rapsų metilo esterio (RME) ir butanolio (Bu) mišiniai. Bandymams naudoti skirtingos sudėties degalai ir jų mišiniai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Bandymams naudoti degalai ir jų mišiniai

Degalai ir jų mišiniai	RME kiekis vol %	Butanolio kiekis vol %
B	100	0
BBu5	95	5
BBu10	90	10
BBu15	85	15
BBu20	80	20

Tyrimų rezultatai

Degimo proceso pokyčiai turi įtakos variklio darbo ekonomiškumo rodikliams: degalų sąnaudoms ir naudingumo koeficientui. Esant toms pačioms variklio darbo sąlygoms lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos (b_e), varikliui veikiant RME ir jo mišiniais su butanoliumi buvo didesnės, lyginant su variklio darbu grynu biodyzelinu (1 pav.).

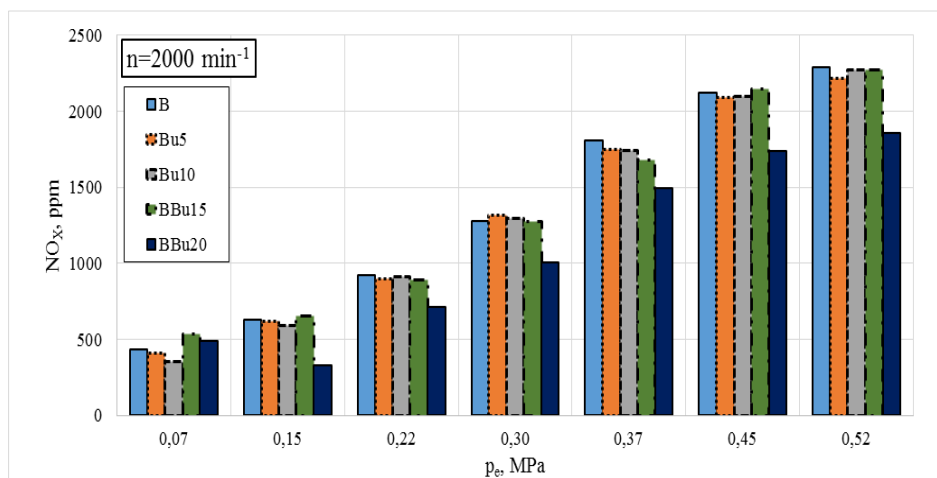


1 pav. Butanolio kiekio degaluose įtaka variklio lyginamosioms efektyviosioms degalų sąnaudoms ir naudingumo koeficientui

Esant maksimaliai variklio apkrovai, naudojant biodegalų mišinius, lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos didėja atitinkamai 0,7–9,8 %, palyginti su grynu biodyzelinu maitinamu varikliu. Padidėjusias biodegalų mišinių sąnaudas galima pagrįsti mažesniu biodegalų mišinių šilumingumu. Didžiausias variklio efektyviojo naudingumo koeficiento (η_e) sumažėjimas gautas esant mažoms variklio apkrovoms. Varikliui dirbant vidutine variklio apkrova, variklio efektyvusis naudingumo

koeficientas didžiausią reikšmę (0,243) pasiekė panaudojus gryną biodyzeliną ir buvo didesnis 1 % lyginant su Bbu20 maitinamu mišiniu.

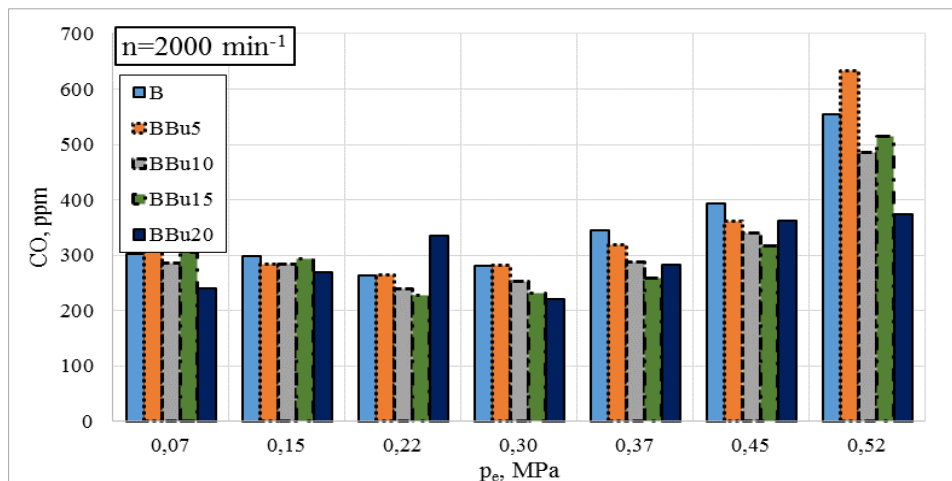
Bendroji azoto oksidų (NO_x) emisija didėjo, didėjant variklio apkrovai (2 pav.). Grafikuose matyti, kad maksimali NO_x emisijos reikšmė 2132 ppm gaunama, variklį maitinant grynu biodyzelinu.



2 pav. Butanolio kiekio degaluose įtaka azoto oksidų (NO_x) emisijai

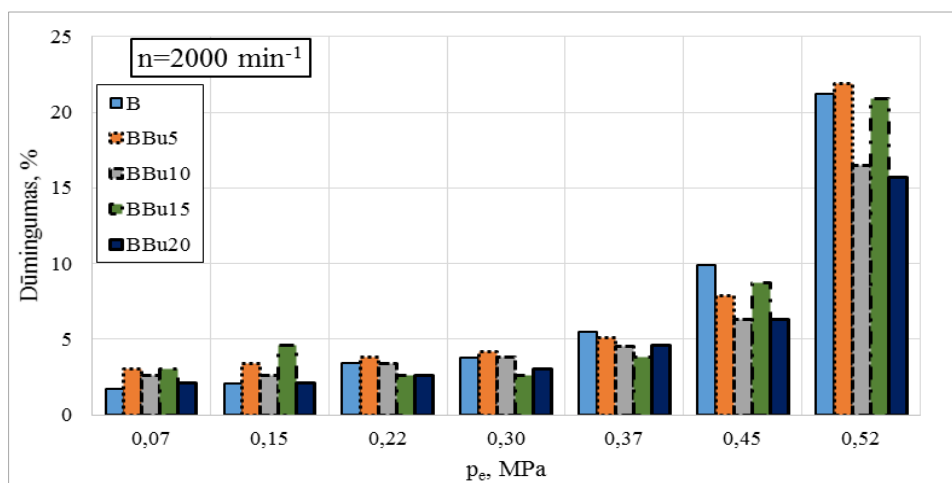
Varikliui veikiant maža apkrova, anglies viendeginio (CO) emisija, naudojant biodegalų mišinį BB20, buvo mažesnė negu naudojant gryną biodyzeliną (3 pav.). Varikliui veikiant pilna apkrova, didžiausia anglies viendeginio CO emisija, buvo gauta, variklį maitinant biodegalų mišiniu BBu5. Tame pačiame režime naudojant biodegalų mišinį BBu20, CO emisija buvo 48,4 % mažesnė negu naudojant gryną biodyzeliną.

Varikliui dirbant pilnos apkrovos režimu, biodegalų mišiniai BBu5, BBu10, BBu15 ir BBu20 bendrąją azoto oksidų emisiją mažina 3,1 %, 0,9 %, 0,5 % ir 21,6 %, atitinkamai.



3 pav. Butanolio kiekio degaluose įtaka anglies viendeginio (CO) emisijai

Biodyzelino ir biodegalų mišiniais BBu5 – BBu20 veikiančio variklio išmetamųjų deginių dūmingumas pateiktas 4 pav. Grafikuose matyti, kad didžiausią reikšmę deginių dūmingumui turėjo variklio apkrova. Varikliui veikiant maža apkrova, mažiausias deginių dūmingumas buvo gautas variklį maitinant grynu biodyzelinu.



4 pav. Butanolio kiekio degaluose įtaka variklio deginių dūmingumui

Pilnos apkrovos režime variklio deginių dūmingumas buvo sumažintas 35 % panaudojus biodegalų mišinį Bbu20.

Išvados

1. Varikliui dirbant žema 0,07 MPa apkrova, mažiausios efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos buvo gautos varikliui veikiant grynu biodyzelinu. Esant maksimaliai variklio apkrovai ($p_e = 0,52$ MPa) didžiausios (376,6 g/kW·h) lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos buvo gautos varikliui veikiant BBU20 degalų mišiniu.
2. Esant pilnai apkrovai, panaudojus biodegalų mišinį BBU20, variklio naudingo veikimo koeficientas buvo gautas 7,3 % mažesnis (0,263) palyginti su grynu biodyzelinu veikiančiu varikliu (0,282).
3. Bendroji azotų oksidų NO_x emisija buvo gauta didžiausia (2132 ppm), variklį maitinant grynu biodyzelinu ir esant maksimaliai apkrovai. Panaudojus skirtingus biodegalų mišinius BBU5, BBU10, BBU15 ir BBU20, labiausiai aplinkai ir žmogui kenksmingą NO_x emisiją pavyko sumažinti 3,1 %, 1 %, 0,5 %, ir 21,6 %, atitinkamai.
4. Didžiausia anglies viendeginio CO emisija, varikliui dirbant pilnos apkrovos režimu, buvo gauta varikliui veikiant BBU5 degalų mišiniu (633 ppm), o mažiausios panaudojus BBU20 degalų mišinį (374 ppm).
5. Varikliui dirbant mažos apkrovos režime, degalų mišiniu BBU20 veikiantis variklis dūmino 23 % mažiau palyginus su grynu biodyzelinu. Pilnos apkrovos režime variklio deginių dūmingumas buvo sumažintas 35 % panaudojus degalų mišinį BBU20.

Literatūra

1. Labeckas, G., Slavinskas, S., Mažeika, M. (2014). The effect of ethanol-diesel-biodiesel blends on combustion, performance and emissions of a direct injection diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 79, 698–720.
2. Labeckas, G., Slavinskas, S., Mickevičius, T. (2020). Performance and emissions of a diesel engine operating with renewable binary biodiesel-n-butanol biofuel blends. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, 1(14), 17–25.
3. Rakopoulos, D. C., et al. (2010). Effects of butanol–diesel fuel blends on the performance and emissions of a high-speed DI diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 51(10), 1989–1997.
4. Labeckas, G., Slavinskas, S. (2015) Combustion phenomenon, performance and emissions of a diesel engine with aviation turbine JP-8 fuel and rapeseed biodiesel blends. *Energy Conversion and Management*, 105, 216–229.

Santrauka

Straipsnyje pateikta biodyzelino – butanolio mišinių įtaka dyzelinio variklio darbui ir deginių emisijai. Tyrimams buvo panaudotas vieno cilindro, keturtaktis dyzelinis variklis „ORUVA FIL511“. Tyrimai buvo atliekami esant pastoviems variklio sūkiams $n = 2000 \text{ min}^{-1}$, keičiant variklio apkrovas. Tyrimams naudotas grynas biodyzelinas (B) ir biodegalų BBU5, BBU10, BBU15 ir BBU20 mišiniai. Bandymo metu buvo matuojamos variklio valandinės degalų sąnaudos, tūrinės oro sąnaudos, variklio sukimo momentas, deginių emisija bei dūmingumas.

Išanalizavus tyrimo metu gautus duomenis, pastebėta, kad visose apkrovos režimuose, didžiausios valandinės degalų sąnaudos buvo gautos varikliui dirbant BBU20 degalų mišiniu. Bendroji azoto oksidų NO_x emisija didėjo, didėjant variklio apkrovai. Maksimali azotų oksidų (NO_x) emisija buvo gauta varikliui veikiant grynu biodyzelinu (2132 ppm). Varikliui dirbant pilna apkrova, didžiausia anglies viendeginio (CO) emisija (663 ppm), buvo gauta varikliui veikiant BBU5 mišiniu. Varikliui dirbant mažos apkrovos režime, biodegalų BBU20 mišiniu veikiantis variklis dūmino 23 % mažiau palyginus su grynais biodyzeliniais degalais.

PERFORMANCE PARAMETERS OF THE DIESEL ENGINE OPERATING ON BIOFUEL BLENDS

Summary

The article presents the influence of biodiesel – butanol blends on diesel engine performance and exhaust emissions. A one-cylinder, four-stroke diesel engine "ORUVA F1L511" was used for the research. The tests were performed at constant engine speeds $n = 2000$ rpm with different engine loads. Pure biodiesel (B) and blends of biofuels BBU5, BBU10, BBU15 and BBU20 were used in the research. During the test, the engine's hourly fuel consumption, volumetric air consumption, engine torque, exhaust emissions and smoke were measured.

Analysis of the data obtained during the study showed that, in all load modes, the highest hourly fuel consumption was obtained when the engine was running on BBU20 fuel blend. Total NO_x emissions from nitrogen oxides increased with increasing engine load. Maximum nitrogen oxide (NO_x) emissions were obtained with the engine running on pure biodiesel (2132 ppm). At full engine load, the highest carbon monoxide (CO) emission (663 ppm) was obtained with the engine running on a BBU5 blend. When the engine was running on low load, the biofuel BBU20 blend, generated 23% less smoke, compared to pure biodiesel.

Ignas Daunoras – VDU ŽŪA Ž. ū. inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 638 00525, el. p. ignas.daunoras@vdu.lt

Tomas Mickevičius – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, lekt. dr.; tel. 8 37 752 285, el. p. tomas.mickevicius1@vdu.lt

MAŽOS GALIOS VĖJO JĖGAINĖS EFEKTYVUMO DIDINIMAS

Elanas Šernas, Kęstutis Venšlauskas

Įvadas

Vėjas laikomas patraukliu energijos šaltiniu, nes yra atsinaujinantis, švarus, socialiai pateisinamas, ekonomiškai konkurencingas ir nekenksmingas aplinkai (Oficialios statistikos portalas, 2020) Remiantis Tarptautinės energetikos agentūros duomenimis – 2020 metų pradžioje, vertinant pasaulio vėjo energetiką, vėjo jėgainių pramonė generavo 6 % elektros energijos pasauliniu mastu (Tarptautinė atsinaujinančios energetikos agentūra, 2019). Lietuvoje iš vėjo buvo sugeneruota 13 % elektros poreikio (Lietuvos vėjo elektrinių asociacija, 2020).

Ištyrus vėjo jėgainių energetinį efektyvumą, gautos išvados, kad teoriniai vėjo jėgainių charakteristikos skaičiavimai skiriasi nuo eksperimentinių tyrimų. Remiantis moksline literatūra, išanalizuota, kad vis daugiau tyrėjų eksperimentinius skaičiavimus tikslina naudojant modeliavimo programinę įrangą, kurios dėka, analizuojami rodikliai pateikiami 3D aplinkoje ir taip tiksliau matomi rezultatai (Vendan, Aravind Lovelin ir kt., 2012; Ohya, Karasudani ir kt., 2004; Ozgener, 2005).

Tyrimų tikslas – *SolidWorks Premium 2020* programine įranga ištirti mažos galios vėjo jėgainės difuzoriaus efektyvumą.

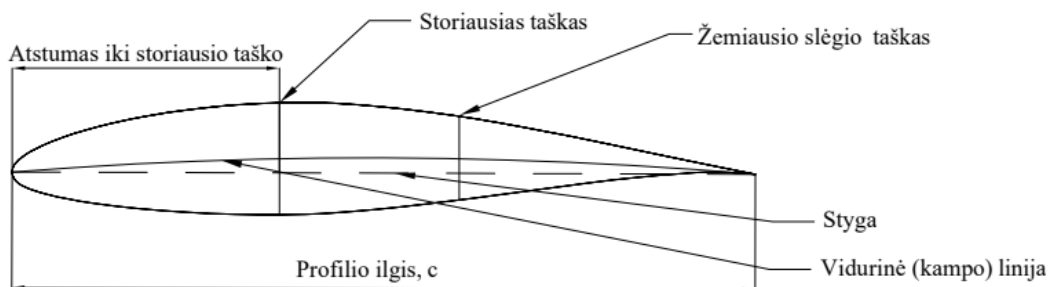
Tyrimų uždaviniai:

1. Atlikti mažos galios vėjo jėgainės difuzoriaus kompiuterinę simuliaciją, naudojant „*SolidWorks Premium 2020*“ programine įranga, gautus duomenis išanalizuoti ir pateikti rezultatus;
2. Apskaičiuoti vėjo jėgainės efektyvumo didinimo galimybes naudojant difuzorių;
3. Atlikti eksperimento lyginamą analizę su kitais moksliniais tyrimais.

Tyrimo objektas ir metodika

Vėjo jėgainės efektyvumo didinimui pasirinktas NACA 64(2)-415 sparno profilis (1 pav.). Šio nesimetrinio profilio forma apibūdinama penkių skaičių seka. NACA profilių šeimoje – penkių skaitmenų profilis reiškia, jog pro mentės profilį pratekėjęs oro srautas išlieka laminarinio tekėjimo. Pirmas skaičius reprezentuoja profilio serijinį numerį, antras skaičius žemiausio slėgio taško atstumas nuo centrinės linijos dešimtąją dalimi, trečias ir ketvirtas skaičiai reiškia, jog pasiekiamas mažas pasipriešinimo koeficientas 0,2 kuomet keliamosios jėgos koeficientas lygus

0,4, o penktas ir šeštas skaičiai – profilio storis procentais (15 %) nuo profilio stygos ilgio (Stanford University, 2019).



1 pav. NACA 64(2)-415 profilio schema

Naudojant „SolidWorks Premium 2020“ programinę įrangą, atlikta kompiuterinė simuliacija (Solidworks programinė įranga, 2020). Šios programos įrankiai, paremti baigtinių elementų metodu leidžia atlikti 3D modeliavimą, bei bet kokio tipo konstrukcijų skaičiavimus pagal turimus duomenis, parinkti objekto detalizuotą surinkimo planą, atlikti įvairius gniuždymo, tempimo, slėgimo ir kitus kompiuterinius eksperimentus. Tyrimui atlikti naudotas programos papildinys „Flow Simulation“, kuris skirtas atlikti skysčių, dujų tekėjimo pro/per objekto simuliaciją ir apskaičiuoti objektui tenkamą jėgą, medžiagos tekėjimo pokytį, turbulenciją ir kitus parametrus.

Modeliavimui sukurtas analizuojamojo difuzoriaus 3D modelis, kuriame nustatytas laminarinis oro srautas ir oro tankis parinktas remiantis vidutine metine lauko oro temperatūra, lygus $\rho = 1,250 \text{ g/l}$. Analizės metu, difuzoriaus profilis buvo vertinamas prie skirtingų atakos kampų 0° ; 3° ; 5° ; 8° ir 10° ir oro srautų greičių, kai $v = 3 \text{ m/s}$; $v = 6 \text{ m/s}$; $v = 9 \text{ m/s}$; $v = 12 \text{ m/s}$; $v = 15 \text{ m/s}$ ir $v = 18 \text{ m/s}$. Visi turimi duomenys suvesti tyrime naudojamoje programinės įrangos įvesties duomenų skiltyje, sumodeliavus pateikiami gauti simuliacijų rezultatai.

Tyrimų rezultatai

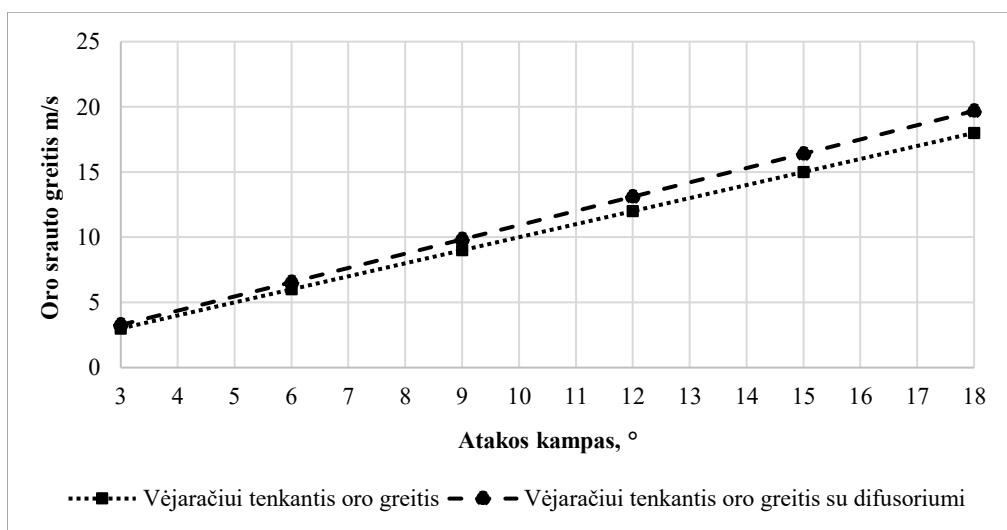
Šiame skyriuje pateikia gauti eksperimento rezultatai 24-ių bandymų metu. Atliktų simuliacijų rodikliai pateikiami 1-oje lentelėje. Remiantis eksperimentų duomenimis nustatyti vėjo greičio pokyčiai prie parinktų atakos kampų bei skirtingų vėjo greičių.

Iš 1-oje lentelėje pateiktų rezultatų matoma, kad difuzorius, kurio profilis yra NACA-64(2)-415 mažos galios vėjo jėgainei efektyviausiai veiktų, kai atakos kampas yra 3 laipsniai, prie visų analizuojamų oro srauto greičių, o mažiausias efektyvumas nustatytas prie 8 laipsnių. Apskaičiuota, kad difuzoriaus, turinčio didžiausią poveikį vėjo greičio padidėjimui, vėjo greičių skirtumas buvo 0,25–1,95 m/s (2 pav.). Rezultatai rodo, kad difuzoriaus sukeliamas efektas proporcingai didėja

kylant oro srauto greičiui. Esant vėjo greičiui nuo 3 m/s iki 18 m/s, difuzoriaus efektyvumas kito atitinkamai nuo +9,1 % iki +7,8 %.

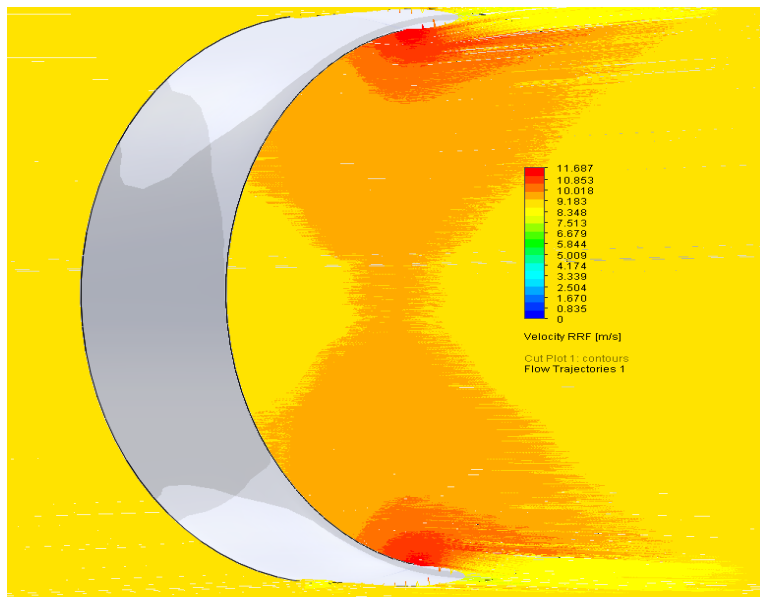
1 lentelė. Oro srauto simuliacijos rezultatai

Oro srauto greitis <i>m/s</i>	Atakos kampas				
	0 laipsnių	3 laipsniai	5 laipsniai	8 laipsniai	10 laipsnių
3	3,26	3,28	3,22	3,08	3,24
6	6,50	6,55	6,47	6,17	6,51
9	9,75	9,83	9,72	9,27	9,65
12	13,00	13,11	12,95	12,35	12,85
15	16,26	16,40	16,20	15,41	16,04
18	19,52	19,69	19,44	18,46	19,24



2 pav. Difuzoriaus sparno profilio NACA 64(2)-415 poveikis oro srauto greičio padidėjimui

Kompiuterinės analizės tyrimo rezultatai rodo, jog difuzoriaus sukeliamas efektas vėjaračių labiausiai veiktų ties jo galūnėmis (3 pav.). Toliau, artėjant centro link, efektyvumas proporcingai mažėja, tačiau išlieka iki pat centrinės vėjaračio dalies.



3 pav. Difuzoriaus profilio NACA 64(2)-415 oro srauto simuliacija kai atakos kampas – 3°

Išvados

1. Atlikus kompiuterinę simuliaciją, nustatyta, kad analizuojamas difuzorius, mažos galios vėjo jėgainei efektyviausiai veiktų, kai atakos kampas yra 3 laipsniai, prie visų analizuojamų oro srauto greičių, o mažiausias efektyvumas nustatytas prie 8 laipsnių.
2. Remiantis eksperimento duomenimis apskaičiuota, kad vėjaračio profilis NACA-64(2)-415 didina pratekamo pro jį oro srauto greitį nuo 2,53 % iki 9,36 %, taip didindamas vėjo elektrinės efektyvumą.
3. Gautus vėjaračio profilio analizės rezultatus lyginant su kitų, analizuotų, mokslinių straipsnių rezultatais, galima teigti, jog didžiausią efektą suteikia difuzoriaus ilgis, o ne forma. Svarbu atsižvelgti į tai, kad tyrimuose analizuojamas ir 4 skaitmenų NACA profilis, kuris tam tikrais atvejais efektyvesnis.

Literatūra

1. Atsinaujiantys šaltiniai. Oficialios statistikos portalas. (2020). Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt>
2. Vendan, S. P., Aravind Lovelin, S., Manibharathi, M. ir Rajkumar, C. (2012). Analysis of a Wind Turbine Blade Profile for Tapping Wind Power at the Regions of Low Wind Speed. *International Journal of Mechanical Engineering*, 2, 1–10.
3. Lietuvos vėjo elektrinių asociacija: Lietuvos statistika. (2020). Prieiga per internetą: <https://lvea.lt/statistika/lietuvos-statistika/>
4. Ohya, Y., Karasudani, T., Sakurai, A., Inoue, M. (2004). Development of a High-Performance Wind Turbine Equipped with a Brimmed Diffuser Shroud. *Trans. Japan Soc. Aero. Space Sci.*, 46, 18–24.

5. Ozgener, O. (2005). A Small Wind Turbine System (SWTS) Application And It's Performance Analysis. *Energy Conversion and Management.*, 47, 1326–1337.
6. Solidworks programinė įranga. Prieiga per internetą: <https://plm.inre.lt/solidworks>
7. Stanford University: The NACA airfoil series, (2019). Prieiga per internetą: https://web.stanford.edu/~cantwell/AA200_Course_Material/
8. Tarptautinė atsinaujinančios energetikos agentūra. Vėjo energija, (2019). Prieiga per internetą: <https://www.irena.org/wind>
9. Vējaračio profilis NACA-64(2)-415. Techniniai parametrai. Prieiga per internetą: <http://airfoil-tools.com/airfoil/details?airfoil=naca642415-il>

Santrauka

Šio tyrimo tikslas ištirti mažos galios vėjo jėgainės difuzoriaus efektyvumą. Kompiuterinės analizės metu sumodeliuotas difuzorius, skirtas mažos galios vėjo jėgainei, atlikti oro srauto greičio modeliavimui keičiant profilio atakos kampą ir oro srauto greitį. Nustatyta, jog difuzoriaus profilis NACA 64(2)-415 yra efektyviausias, kuomet nustatytas 3° atakos kampas su centrine ašimi. Difuzorius padidina oro srauto greitį apie 8–9 %.

INCREASING THE EFFICIENCY OF A LOW POWER WIND POWER PLANT

Summary

The aim of this study was to investigate the efficiency of a low-power wind turbine diffuser. During the computer analysis, a diffuser for a low-power wind power plant was modeled, and air flow velocity simulations were performed by changing the profile attack angle and air flow velocity. The diffuser profile NACA 64(2)-415 was found to be most effective when the 3° angle of attack with the central axis was set. The diffuser increases the air flow rate by about 8–9%.

Elanas Šernas – VDU ŽUA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas, tel. +370 639 89298, el. p. elanas.sernas@gmail.com

Kęstutis Venslauskas – VDU ŽUA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas; doc. dr., tel. +370 37 752219. el. p. kestutis.venslauskas@vdu.lt

KIRTIMO ATLIEKŲ IR MALKINĖS MEDIENOS IŠTRAUKIMO TECHNOLOGINIO PROCESO PALYGINAMIEJI TYRIMAI SKIRTINGOSE AUGAVIETĖSE

Tautvydas Žibūda, Remigijus Zinkevičius

Ivadas

Nustatyta, kad kirtimo atliekų pakrovimas į medvežį *Komatsu 840.4* spygliuočių plyno mašininio kirtimo biržėse užima nuo 40 % iki 54 % viso darbo ciklo laiko, o iškrovimas – nuo 13 % iki 24 %. Spygliuočių jaunuolyno ugdymo kirtime, kuriame atliekos buvo sukrautos rankiniu būdu, per vieną darbo ciklą vidutiniškai buvo ištraukiama 4,51 m³ kirtimo atliekų, o spygliuočių plyno mašininio kirtimo biržėse – nuo 3,39 m³ iki 3,41 m³ arba atitinkamai 24,8 % ir 24,4 % mažiau [1].

Skruodžio tyrimai rodo, kad miško produkcijos ištraukimo našumas priklauso nuo važavimo atstumo ir biržės dydžio [2].

Tiernan ir kiti tyrėjai, siekdami įvertinti darbo metodo poveikį medvežio našumui, išskyrė medvežio pakrovimo ir iškrovimo bei važavimo su kroviniu ir tuščiomis laikus [3].

Mizaras ir kt. nustatė, kad medkirtės-medvežio *Ponsse Buffalo Dual* vidutinis darbo našumas vežant medieną buvo 13,3 m³h⁻¹ (ištraukimo atstumas 100 m), 12,4 m³h⁻¹ (ištraukimo atstumas 350 m) ir 11,3 m³ h⁻¹ (ištraukimo atstumas 750 m). Esant 350 m ištraukimo atstumui, darbo našumas vežant 6 m ilgio rąstus buvo 20,1 m³ h⁻¹, vežant 4,8 m ilgio rąstus – 14,1 m³ h⁻¹, o vežant 2 m ilgio popiermedžius ir 3 m ilgio rąstus – 7,4 m³ h⁻¹ [4].

Lindroos ir Wästerlund tyrimai rodo, kad universalius traktorius su savikrovėmis miško priekabomis naudoti medienai ištraukti apsimoka tik tuomet, kai transportavimo atstumas yra didesnis kaip 500 m [5].

Jiroušek ir kt. nustatė, kad medvežių našumas labiausiai priklauso nuo sortimentų tūrio ir transportavimo atstumo [6].

Tyrimo tikslas – ištirti malkinės medienos ir kirtimo atliekų ištraukimo iš kirtavietės technologinį procesą skirtingose augavietėse.

Tyrimo uždaviniai:

1. Nustatyti degalų ir laiko sąnaudas kirtimo atliekoms ir malkinei medienai ištraukti skirtingose augavietėse.

2. Nustatyti malkinės medienos ir kirtimo atliekų ištraukimo technologinio proceso struktūrą skirtingose augavietėse.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimų objektas – medvežis *Ponsse Buffalo 8W*, ištraukiant kirtimo atliekas ir malkinę medieną. Tyrimai buvo vykdomi VI Valstybinių miškų urėdijos Kazlų

Rūdos regioniniame padalinyje Kalvarijos girininkijoje Ncs augavietėje plyno kirtimo ir Višakio Rūdos girininkijoje Lbl augavietėje B. Labanausko atvejinio kirtimo biržėje.

Medvežio darbo ciklo tarpniams matuoti naudotas chronometravimo metodas. Laikrodžiu, kurio tikslumas 1 s, buvo registruojama kiek laiko operatorius sugaišta važiavimui su kroviniu ir tuščiomis bei kroviniui pakrauti ir iškrauti.

Nuvažiutas atstumas matuotas medvežyje esančiu indukciniu greičio nustatymo jutikliu *Speed Sensor 4.5 – 8V*. Degalų lygio pokyčiai medvežio bake nustatyti skysčio lygio matuokliu *HEMOMATIK HFNI*. Ištrauktų kirtimo atliekų ir malkinės medienos kiekiams nustatyti naudota 20 m ilgio matavimo juosta *KOMELON KMC-900R* ir 3 m ilgio išlankstoma juosta *HYSSNA STANGEN*.

Tyrimų rezultatai

Atlikti tyrimai rodo, kad vidutinės degalų sąnaudos kirtimo atliekoms ir malkinei medienai ištraukti labai skiriasi, tačiau mažai priklauso nuo augavietės tipo.

Nustatyta, kad medvežis *Ponsse Buffalo 8W* Ncs augavietėje 193,62 m³ malkinės medienos ištraukti sunaudojo 121 l degalų. Vieno ciklo metu vidutiniškai buvo ištraukiama 17,6 m³ malkinės medienos. Vidutiniškai 1 m³ malkinės medienos ištraukti buvo sunaudota 0,63 l degalų.

Ncs augavietėje 94,5 m³ kirtimo atliekų ištraukti buvo sunaudoti 104 l degalų. Vieno ciklo metu buvo vidutiniškai ištraukiama 5,91 m³ kirtimo atliekų. Vidutiniškai 1 m³ kirtimo atliekų ištraukti buvo sunaudota 1,1 l degalų.

Lbl augavietėje 103 m³ malkinės medienos ištraukti buvo sunaudoti 63 l degalų. Vieno ciklo metu vidutiniškai ištraukta 17,2 m³ malkinės medienos. Vidutiniškai 1 m³ malkinės medienos ištraukti buvo sunaudota 0,61 l degalų.

Lbl augavietėje 146,2 m³ kirtimo atliekų ištraukti buvo sunaudotas 151 l degalų. Vieno darbo ciklo metu buvo vidutiniškai ištraukiama 5,85 m³ kirtimo atliekų. Vidutiniškai 1 m³ kirtimo atliekų ištraukti buvo sunaudota 1,03 l degalų.

Nustatyta, kad labai skiriasi ir medvežio *Ponsse Buffalo 8W* darbo laiko sąnaudos ištraukiant kirtimo atliekas ir malkinę medieną. Ncs augavietėje 1 m³ malkinės medienos ištraukti vidutiniškai buvo sugaištos 2 minutės 41 sekundė, o 1 m³ kirtimo atliekų ištraukti prireikė 4 minučių 46 sekundžių. Lbl augavietėje 1 m³ malkinės medienos ištraukti vidutiniškai prireikė 2 minučių 53 sekundžių, o 1 m³ kirtimo atliekų ištraukti – net 4 minučių 55 sekundžių.

Medvežio *Ponsse Buffalo 8W* darbo ciklo struktūra, ištraukiant kirtimo atliekas ir malkinę medieną skirtingose augavietėse buvo panaši. Ištraukiant kirtimo atliekas Ncs augavietėje, važiavimo tuščiomis laikas sudarė 186±34 s arba 11 % viso darbo ciklo laiko, krovinio pakrovimas – 1015±81 s arba 60,3 %, važiavimo su kroviniu laikas – 267±32 s 15,9 %, o krovinio iškrovimas – 216±21 s arba 12,8 % (1 lentelė).

1 lentelė. Medvežio Ponsse Buffalo 8W darbo ciklo tyrimų rezultatai

Rodiklio pavadinimas	Kirtimo atliekos		Malkinė mediena	
	Ncs augavietė	Lbl augavietė	Ncs augavietė	Lbl augavietė
Vidutinė ciklo trukmė, s (%)	1687±74 (100 %)	1723±81 (100 %)	2831±141 (100 %)	2970±207 (100 %)
Važiavimo tuščiomis trukmė, s (%)	186±34 (11,0 %)	235±39 (13,6 %)	240±54 (8,5 %)	251±85 (8,4 %)
Krovinio pakrovimo trukmė, s (%)	1015±81 (60,3 %)	1043±39 (60,5 %)	1837±134 (64,9 %)	1909±185 (64,3 %)
Važiavimo su kroviniu trukmė, s (%)	267±32 (15,9 %)	228±35 (13,2 %)	182±45 (6,4 %)	202±63 (6,8 %)
Krovinio iškrovimo trukmė, s (%)	216±21 (12,8 %)	217±12 (12,6 %)	572±21 (20,2 %)	609±17 (20,5 %)

Ištraukiant kirtimo atliekas Lbl augavietėje, važiavimo tuščiomis laikas sudarė 235±39 s arba 13,6 % viso darbo ciklo laiko, krovinio pakrovimas – 1043±39 s arba 60,5 %, važiavimo su kroviniu laikas – 228±35 s arba 13,2 %, o krovinio iškrovimas – 217±12 s arba 12,6 %.

Ištraukiant malkinę medieną Ncs augavietėje, važiavimo tuščiomis laikas sudarė 240±54 s arba 8,5 % viso darbo ciklo laiko, krovinio pakrovimas – 1837±134 s arba 64,9 %, važiavimo su kroviniu laikas – 182±45 s arba 6,4 %, o krovinio iškrovimas – 572±21 s arba 20,2 %.

Ištraukiant malkinę medieną Lbl augavietėje važiavimo tuščiomis laikas sudarė 251±85 s arba 8,4 % viso darbo ciklo laiko, krovinio pakrovimas – 1909±185 s arba 64,3 %, važiavimo su kroviniu laikas – 202±63 s arba 6,8 %, o krovinio iškrovimas – 609±17 s arba 20,5 %.

Išvados

1. Vidutinės medvežio *Ponsse Buffalo 8W* degalų sąnaudos ištraukiant kirtimo atliekas Ncs augavietėje siekė 1,1 l m⁻³, Lbl augavietėje – 1,03 l m⁻³, o ištraukiant malkinę medieną – atitinkamai 0,63 ir 0,61 l m⁻³.
2. Vidutinės laiko sąnaudos 1 m³ kirtimo atliekų iš Ncs augavietės ištraukti siekė 4 minutės 46 sekundės, o iš Lbl augavietės – 4 minutės 55 sekundės, o 1 m³ malkinės medienos ištraukti – atitinkamai 2 minutės 41 sekundė ir 2 minutės 53 sekundės.
3. Medvežio Ponsse Buffalo darbo ciklo struktūra mažai priklauso nuo augavietės tipo, nes:
 - ištraukiant malkinę medieną važiavimo tuščiomis laikas sudarė 8,5 % (Ncs augavietė) ir 8,4 % (Lbl augavietė) nuo viso ciklo trukmės, krovinio pakrovimo laikas – atitinkamai 64,9 ir 64,3 %, važiavimo su kroviniu laikas – atitinkamai 6,4 ir 6,8 %, o krovinio iškrovimo laikas – 20,2 ir 20,5 %.
 - ištraukiant kirtimo atliekas važiavimo tuščiomis laikas sudarė 11,0 % (Ncs augavietė) ir 13,6 % (Lbl augavietė), krovinio pakrovimo laikas – atitinkamai 60,3 % ir 60,5 %, važiavimo su kroviniu laikas – atitinkamai 15,9 % ir 13,2 %, o krovinio iškrovimo laikas – atitinkamai 12,8 % ir 12,6 %.

Literatūra

1. Januškevičius, V. (2016). Kirtimo atliekų pirminio transportavimo technologinio proceso tyrimai. *Agroinžinerija ir energetika: ASU Žemės ūkio inžinerijos fakulteto mokslo populiarinimo ir gamybos žurnalas*, 21, 48–51.
2. Skruodys, V. (2016). Miško kirtimo atliekų ruošos darbo našumo analizė. *Jaunasis Mokslininkas 2016* [elektroninis išteklius] : Studentų mokslinė konferencija: Miškų ir ekologijos fakulteto kuruojamų mokslinių sekcijų straipsnių rinkinys / Aleksandro Stulginskio universitetas. Akademija. 83–86.
3. Tiernan, D. ir kt. (2004). Effect of Working Conditions on Forwarder Productivity in Cut-to-length Timber Harvesting on Sensitive Forest Sites in Ireland. *Biosystems engineering*, 167–177. [žiūrėta 2019 04 20]. Prieiga per internetą: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511003002174?via%3Dihub>>
4. Mizaras, S., Sadauskienė, L, Mizaraitė, D. (2009). Medienos ruošos technologijų lyginamoji ekonominė analizė. *Žemės ūkio mokslai*, 16(1–2): 61–68.
5. Lindroos, O., Wästerlund, I. (2012). Field study of a forwarder trailer concept—lower cost and fuel consumption at long distances. In *Proceedings of the Nordic Baltic conference on forest operations—OSCAR 2012*, 25, 118.
6. Jiroušek, R., Klvač, R., & Skoupý, A. (2007). Productivity and costs of the mechanized cut-to-length wood harvesting system in clear-felling operations. *Journal of forest science*, 53(10), 476–482.

Santrauka

Vidutinės degalų sąnaudos kirtimo atliekoms ir malkinei medienai ištraukti medvežiu Ponsse Buffalo 8W labai skiriasi, tačiau mažai priklauso nuo augavietės tipo. Ištraukiant kirtimo atliekas Ncs augavietėje jos siekė 1,1 l m⁻³, Lbl augavietėje – 1,03 l m⁻³, o ištraukiant malkinę medieną – atitinkamai 0,63 ir 0,61 l m⁻³. Vidutinės laiko sąnaudos 1 m³ kirtimo atliekų iš Ncs augavietės ištraukti siekė 4 minutės 46 sekundės, o iš Lbl augavietės – 4 minutės 55 sekundės, o 1 m³ malkinės medienos ištraukti – atitinkamai 2 minutės 41 sekundė ir 2 minutės 53 sekundės. Medvežio Ponsse Buffalo 8W darbo ciklo struktūra, ištraukiant kirtimo atliekas ir malkinę medieną, mažai priklauso nuo augavietės tipo.

COMPARATIVE STUDIES ON THE PROCESS OF HARVESTING WASTE AND FIREWOOD EXTRACTION AT DIFFERENT GROWTH SITES

Summary

The average fuel consumption for felling waste and firewood to extract wood from the Ponsse Buffalo 8W forwarder varies widely, but depends little on the type of growing site. When harvesting felling waste, Ncs grew to 1.1 l m⁻³, Lbl in the growing area 1.03 l m⁻³, and for the extraction of firewood, 0.63 and 0.61 l m⁻³ respectively. The average time spent on 1 m³ of felling waste from the Ncs range was 4 minutes 46 seconds, while the Lbl rising area was 4 minutes 55 seconds and 1 m³ of wood pulled out 2 minutes 41 seconds and 2 minutes 53 seconds respectively. The structure of the work cycle wood carrier Ponsse Buffalo 8W, pulling out the felling waste and firewood, depends little on the type of growing site.

Tautvydas Žibūda – VDU, ŽŪA, Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 634 59197, el. p. tzhibuda@gmail.com.

Remigijus Zinkevičius – VDU, ŽŪA, Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, doc. dr., tel. +370 698) 18126, el. p. Remigijus.Zinkevicius@vdu.lt.

PAUKŠČIŲ MĖŠLO IR RIEBALINIŲ ATLIEKŲ PERDIRBIMO Į BIODUJAS GALIMYBIŲ TYRIMAS

Mantas Svaldenis, Egidijus Buivydas, Bronius Žalys, Kęstutis Navickas

Įvadas

Siekdindama sumažinti klimato kaitą įtakojančių emisijų didėjimą Europos Sąjunga skatina didinti atliekinių atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą energetikos sektoriuje [1]. Lietuvoje taip pat siekiama, kad 2030 metais atsinaujinančių energijos šaltinių dalis galutiniame energijos suvartojime siektų 45 % [2].

Paukščių fermose susidaro dideli kiekiai mėšlo, kurio tvarkymas ir naudojimas yra ribotas dėl specifinių cheminių ir fizinių savybių. Paukščių mėšlas turi didelį energinį potencialą, tačiau jo sudėtyje esantys baltymai anaerobinio perdirbimo metu skyla į azoto ir sieros junginius, kurie slopina anaerobinių mikroorganizmų veiklą. Be to paukščių mėšle yra maža organinės anglies koncentracija ir sunku palaikyti reikiamą anglies ir azoto balansą [3, 4]. Yra naudojamos įvairios technologijos, mažinančios žalingą azoto junginių poveikį: mėšlas skiedžiamas vandeniu, apdorojamas biopreparatais, maišomas su kitomis atliekomis [5]. Šiame darbe buvo tiriamos paukščių mėšlo ir riebalinių atliekų mišinio perdirbimo galimybės.

Tyrimų tikslas – ištirti bekraikio paukščių mėšlo ir riebalinių atliekų mišinių perdirbimo į biodujas galimybes.

Tyrimo uždaviniai:

1. Nustatyti bekraikio paukščių mėšlo ir riebalinių atliekų mišinių anaerobinio perdirbimo proceso parametrus.
2. Nustatyti bekraikio paukščių mėšlo ir riebalinių atliekų mišinių biodujų išėigą ir kokybę.

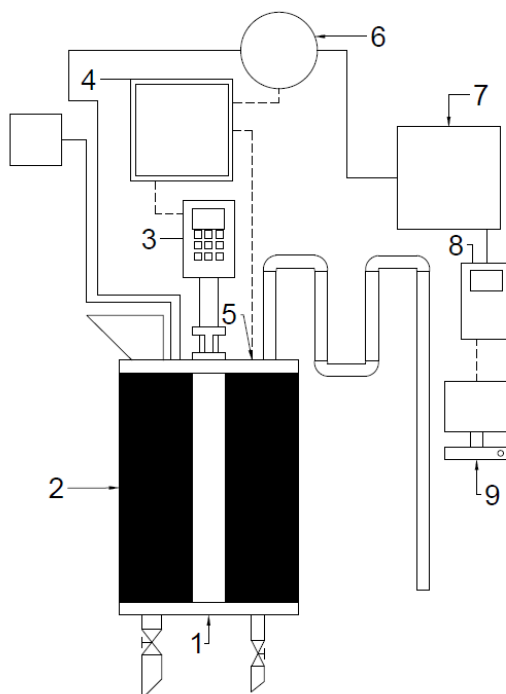
Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimams naudotas bekraikio paukščių mėšlo, vandens ir riebalų mišinys. Tyrimai atlikti keturiais etapais. Pirmajame etape naudotas atskiestas bekraikis paukščių mėšlas. Kasdienę reaktoriaus įkrovą sudarė 240,7 g vandens ir 158,7 g paukščių mėšlo. Vanduo buvo naudotas paukščių mėšlo praskiedimui, nes tiriamo bekraikio mėšlo sausųjų medžiagų koncentracija siekė 38 %. Visų tyrimų metu buvo palaikoma apie 30–34 kg/m³ hidraulinė bioreaktoriaus apkrova, kuri užtikrino efektyvų substrato maišymą ir tolygų maisto medžiagų pasiskirstymą biodujų reaktoriuje. Be to papildomai naudojamas vanduo sumažino azoto junginių inhibiciją.

Kituose etapuose atitinkamai buvo naudotos tos pačios bekraikio paukščių mėšlo ir vandens mišinio įkrovos, kurios papildytos 7 g, 14 g ir 21 g riebalų atliekomis. Riebalinių atliekų ir paukščių mėšlo mišiniai buvo formuojami pagal organinių medžiagų santykius atitinkamai: 1/6, 1/3 ir 1/2. Kontrolinės įkrovos (paukščių mėšlo ir vandens mišinio) sudarė 3,0 kg/m³ organinę reaktoriaus apkrovą. Papildant

tiriamus mišinius riebalų atliekomis buvo formuojamos atitinkamai 3,5, 4,0 ir 4,5 kg/m³ organinės apkrovos.

Eksperimentiniai tyrimai buvo atlikti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Biodujų laboratorijoje. Tyrimams naudota laboratorinio biodujų reaktoriaus sistema (1 pav.).



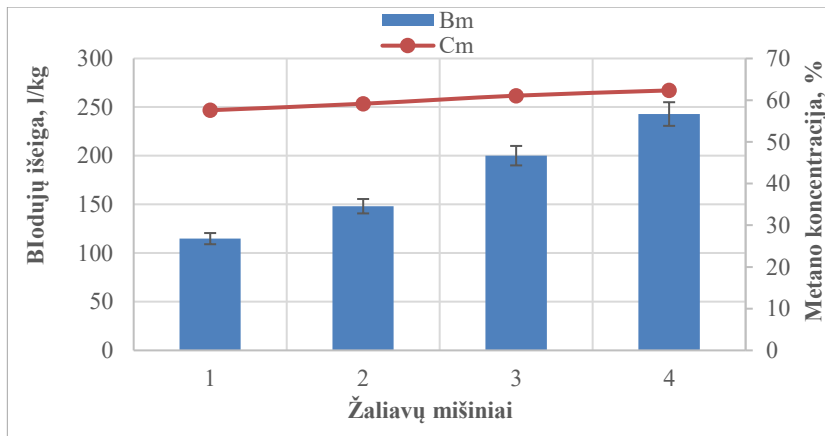
1 pav. Laboratorinio biodujų reaktoriaus schema: 1 – reaktorius, 2 – šildymo kilimėlis, 3 – maišyklės valdiklis, 4 – reaktoriaus sistemos valdiklis, 5 – temperatūros jutiklis, 6 – „Ritter“ dujų kiekio tūrinis matuoklis, 7 – biodujų talpa, 8 – biodujų analizatorius, 9 – duomenų kaupiklis

Ją sudaro 15 litrų talpos reaktorius (1) su maišykle ir jos elektroniniu valdymu (3), šildymo kilimėlis (2), sistemos valdiklis (4). Pagamintų dujų kiekiui nustatyti naudojamas tūrinis matuoklis (6). Biodujos surenkamos mėginių maiše (7) ir biodujų analizatoriumi AwiFlex (8) nustatoma metano ir sieros vandenilio koncentracijos (C_m ir C_s). Vandenilio jonų koncentracija žaliavų mišinyje (pH_{ik}) ir digestate (pH_d) matuojama kiekvienos įkrovos metu Hanna 213 matuokliu.. Duomenys kaupiami skaitmeninė laikmenoje.

Rezultatai

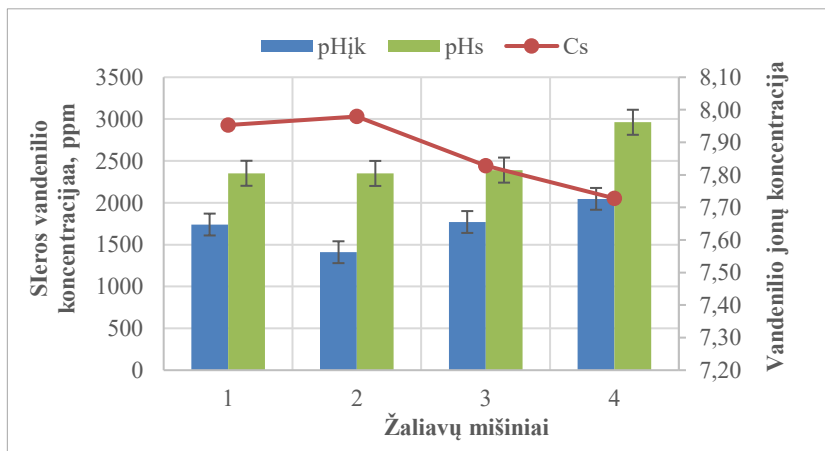
Tyrimo metu buvo nustatyta biodujų išeiga iš tiriamųjų mišinių B_m ir metano koncentracija biodujose C_m . Kontrolinio atliekų mišinio (1), sudaryto iš mėšlo ir vandens, vidutinė biodujų išeiga gauta apie 114,8±3,77 litrų iš kg biomasės mišinio (2 pav.). Šio tyrimo etapo metu išgautose biodujose nustatyta 57,6±0,59 % metano koncentracija.

Riebalinės atliekos ženkliai padidino biodujų išeią, kuri naudojant didžiausią riebalų kiekį žaliavų mišinyje pasiekė $242,9 \pm 4,01$ l/kg. Riebalinės atliekos taip pat padidino metano koncentraciją biodujose, kuri eksperimento pabaigoje siekė $62,3 \pm 0,2$ %.



2 pav. Biodujų išeišos ir metano koncentracijos priklausomybė nuo riebalų kiekio žaliavų mišinyje

Tyrimo pradžioje digestato vandenilio jonų koncentracija (pH) buvo stabili (kito nuo 7,8 iki 7,81). Padidinus riebalų koncentraciją žaliavų mišinyje paskutiniame tyrimo etape pH padidėjo iki $7,96 \pm 0,11$. Žaliavų mišinio pH kito didesnėse ribose (3 pav.). Nustatyta, kad žaliavos ir digestato pH pokyčiai buvo tiesiog proporcingi riebalų koncentracijai žaliavų mišinyje.



3 pav. Sieros vandenilio koncentracijos biodujose ir įkrovos bei digestato pH pokyčiai perdirbant skirtingus žaliavų mišinius

Vidutinė sieros vandenilio koncentracija biodujose pirmajame etape siekė $2900 \pm 5,8$ ppm. Pradėjus naudoti riebalines atliekas ji pradėjo mažėti ir tyrimo pabaigoje siekė $2053 \pm 104,2$ ppm. Tokia sieros vandenilio koncentracija yra žalinga

biodujų deginimo įrenginių konstrukcijoms ir turi būti sumažinta iki įrangos gamintojų rekomenduojamų reikšmių.

Išvados

1. Riebalines atliekas maišant su bekraikiu paukščių mėšlu buvo gautas ženklus biodujų ir metano koncentracijos prieaugis. Mišinio, kuriame 33 % sudarė riebalai ir 67 % paukščių mėšlo organinė medžiaga, biodujų išeiga padidėjo daugiau kaip du kartus, o metano koncentracija padidėjo nuo $57,6 \pm 0,59$ % iki $62,3 \pm 0,52$ %.
2. Bekraikio paukščių mėšlo ir riebalinių atliekų mišinio anaerobinio perdirbimo procesas buvo stabilus, o digestato pH kito mažose ribose, nuo 7,81 iki 7,96, ir buvo tiesiogiai susijęs su riebalų koncentracija tiriamame mišinyje.
3. Sieros vandenilio koncentracija biodujose mažėjo didinant riebalinių atliekų dalį mišinyje su bekraikiu paukščių mėšlu. Tačiau gauta sieros vandenilio koncentracija yra didesnė, negu rekomenduoja biodujas deginančių įrenginių gamintojai, todėl, įgyvendinant tokių atliekų anaerobinio perdirbimo projektus, reikia numatyti priemones ją mažinti.

Literatūra

1. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva (ES) 2018/2001. Dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją. <https://eur-lex.europa.eu>
2. Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija 2018. LR Energetikos Ministerija. (2018). https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Nacionaline%20energetines%20nepriklausomybes%20strategija_2018_LT.pdf
3. Rubežius, M., Venslauskas, K., Navickas, K., Bleizgys, R. (2020). Influence of Aerobic Pretreatment of Poultry Manure on the Biogas Production Process. *Processes*, 8, 1109.
4. Jurgutis, L., Slepetienė, A., Volungevičius, J., Amalevičiūtė-Volungė, K. (2020). Biogas production from chicken manure at different organic loading in a mesophilic full scale anaerobic digestion plant *Biomass and Bioenergy*, 141.
5. Kayhanian, M. (1999). Ammonia inhibition in high-solids biogasification: an overview and practical solutions *Environmental Technology*, 90, 355–365.

Santrauka

Šio tyrimo tikslas yra ištirti bekraikio paukščių mėšlo ir riebalinių atliekų mišinio perdirbimo į biodujas galimybes. Tyrimas buvo atliktas Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Biodujų laboratorijoje naudojant laboratorinio biodujų reaktoriaus sistemą. Tyrimas atliktas keturiais etapais, pirmame etape perdirbtas bekraikio paukščių mėšlo ir vandens mišinys, kituose etapuose naudotas pasirinktas bekraikio paukščių mėšlo ir riebalinių atliekų santykis. Padidinus riebalinių atliekų dalį įkrovos organinėje medžiagoje iki 33 % biodujų išeiga padidėjo daugiau kaip 2 kartus, o metano koncentracija 8 %. Tyrimo pabaigoje biodujų išeiga pasiekė $242,9 \pm 4,01$ litrus iš 1 kg žaliavų mišinio, o metano koncentracija – $62,3 \pm 0,2$ %. Naudojant didesnę riebalinių atliekų dalį mišinyje gauta mažesnė sieros vandenilio koncentracija ir didesnis digestato bei žaliavų pH lygis.

**INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES OF PROCESSING OF POULTRY MANURE
AND FATY WASTE INTO BIOGAS**

Summary

The aim of this study is to investigate the possibilities of processing a mixture of poultry litter and fatty waste into biogas. The research was performed in the Biogas laboratory of Vytautas Magnus University, Academy of Agriculture using the laboratory biogas reactor system. The study was carried out in four stages: in the first stage the mixture of manure and water was processed, and in the other stages the selected ratio of manure and fat waste was used. Increasing the share of fatty waste in the loading organic matter to 33% increased the biogas yield more than 2 times and the methane concentration by 8%. At the end of the study, the biogas yield reached 242.9 ± 4.01 liters per 1 kg of raw material mixture and the methane concentration was $62.3 \pm 0.2\%$. Using a higher proportion of fatty waste in the mixture resulted in a lower hydrogen sulphide concentration and a higher pH of the digestate and raw materials.

Mantas Svaldenis – VDU ŽŪA, Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas, tel. +370 662 20106, el. p. mantas.svaldenis@vdu.lt

Egidijus Buivydas – LEI Degimo procesų laboratorijos doktorantas, el. p. Egidijus.Buivydas@lei.lt

Bronius Žalys – LEI Degimo procesų laboratorijos doktorantas, el. p. Bronius.Zalys@lei.lt

Kęstutis Navickas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, prof. dr. tel. +370 37 752219, el. p. Kestutis.Navickas@vdu.lt

PLUOŠTINIŲ KANAPIŲ (*CANNABIS SATIVA* L.) TERMINĖS DEGRADACIJOS BEDEGUONINĖJE APLINKOJE TYRIMAI

Mažvydas Vazgys, Egidijus Zvicevičius

Įvadas

Kanapė (*Cannabis*) priklauso magnolijūnų genties *Cannabaceae* augalų šeimai. Išskiriamos trys pagrindinės kanapių rūšys: sėjamoji kanapė (*Cannabis sativa* L.), šiukšlyninė kanapė (*Cannabis ruderalis* Janisch) ir indinė kanapė (*Cannabis indica* Lam.). Praktikoje plačiausiai naudojama sėjamosios kanapės veislė – pluoštinė kanapė (*Cannabis sativa* L.), kuri gali būti naudojama kaip kuras bioenergetikos srityje. Viename pluoštinių kanapių pasėlio hektare užauga iki 10 t sausos augalinės biomasės. Gruzdevienė ir kt. (2014) nustatė, kad pluoštinių kanapių stiebams būdingas nedidelis peleningumas (3,7 % SM) bei maža azoto koncentracija (0,459 % SM). Taip pat, stiebuose yra didelis anglies (56,8 % SM) kiekis. Ji kaupiama polimeriniuose junginiuose: celiuliozėje, hemiceliuliozėje ir lignine. Kanapių pluošte celiuliozė sudaro apie 73–77 %, hemiceliuliozė – 7–9 %, ligninas – 2–6 % sausosios masės. Spaliuose šių junginių sukaupiama atitinkamai apie 48 %, 21–25 % ir 17–19 % sausosios masės (Burbulis, 2019). Gauti tyrimo rezultatai patvirtina, kad kanapės yra perspektyvi žaliava kieto kuro gamybai. Pedišius ir kt. (2016) nustatė, kad augalinėje biomasėje, vidutiniškai sukaupiama 46,4 % anglies. Kanapėse šis procentas viršija vidurkį (47,4 %) ir yra sukaupiamas didesnis anglies kiekis nei dramblių lazolėje (46,8 %).

Deginant biomasę bedeguoninėmis sąlygomis 300–1000 °C temperatūroje, gaunama organinė anglis. Pastaruoju metu ji dažnai naudojama žemės ūkyje kaip cheminių trąšų sudedamoji dalis, kuri pagerina pasėlių produktyvumą, maisto medžiagų įsisavinimą bei paskatina mikroorganizmų veiklą dirvožemyje (Pandit, 2018). Taip pat, organinė anglis pasižymi kalkinamuoju poveikiu, tai reiškia, kad esant rūgščiam dirvožemiui yra galimybė padidinti jo pH lygį (Ruzickova, 2020). Teigiama, kad žemoje temperatūroje (300–400 °C) pagaminta organinė anglis, dėl stabilesnės anglies struktūros yra tinkamesnė pagerinti dirvožemio savybes, reikalingais cheminiais elementais (Novak, 2009).

Tyrimų tikslas – nustatyti organinės anglies išeigą iš atskirų pluoštinių kanapių (*Cannabis sativa* L.) morfologinių dalių.

Tyrimų metodika

Tyrimai atlikti 2020 metais VDU ŽŪA Biomasės paruošimo, logistikos ir kieto kuro procesų laboratorijoje, naudojant Lietuvos agrarinių miškų mokslo centro (LAMMC) Žemdirbystės institute užaugintas ‘Felina’ veislės pluoštines kanapes. Nupjovus pluoštinių kanapių antžeminę dalį, ją pasvėrus ir išmatavus nupjauto bandomojo laukelio plotą (4 m²), atsitiktinai buvo išrinkta 40 stiebų. Tuomet nustatytas

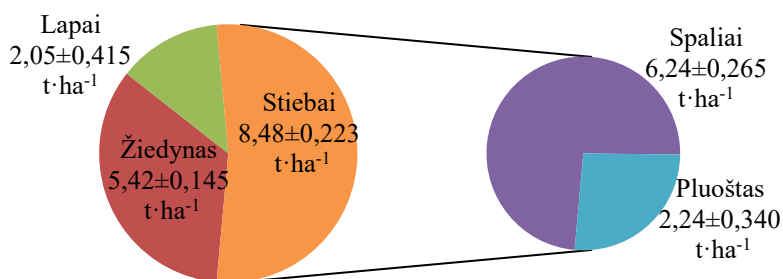
kiekvieno stiebo aukštis ir masė, atskirtos augalo morfologinės dalys: žiedynas, lapai, stiebas, o taip pat pluoštas ir spaliai. Svarstyklėmis KERN ABJ 120-4M (0,01 g tikslumu) jos visos pasvertos ir apskaičiuota jų dalis stiebo masėje (%) bei kiekis hektare ($t \cdot ha^{-1}$).

Bedegoninei deginimo aplinkai sukurti panaudota krosnis NABERTHERM RS 120/500/11 su sandariai uždaroma vamzdine kaitinimo kamera, į kurią įstatyti trys porcelianiniai indeliai su susmulkinta žaliava. Krosnyje žaliavos kaitinamos $6,5 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ greičiu iki $400 \text{ } ^\circ\text{C}$ ir tokiose sąlygose papildomai išlaikomos 2 valandas. Lakiesiems junginiams pasišalinti, deginimo kameroje buvo palaikomas $50 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ azoto dujų srautas. Prieš degimo procesą, žaliavos džiovinamos džiovinimo spintoje MEMMER UF 450 PLUS $105 \text{ } ^\circ\text{C}$ temperatūroje iki pastovios masės. Prieš džiovinimą ir po jo, indeliai su ėminiais pasveriami svarstyklėmis (0,01 g tikslumu) ir apskaičiuojamas jų drėgnis.

Pasibaigus degimo procesui, kaitinimas buvo nutraukiamas ir ėminiai atvėsinami iki aplinkos temperatūros ($20 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$). Svarstyklėmis nustatčius deginamo ėminio masę prieš tyrimą ir po jo, buvo apskaičiuojama organinės anglies išėiga.

Rezultatai

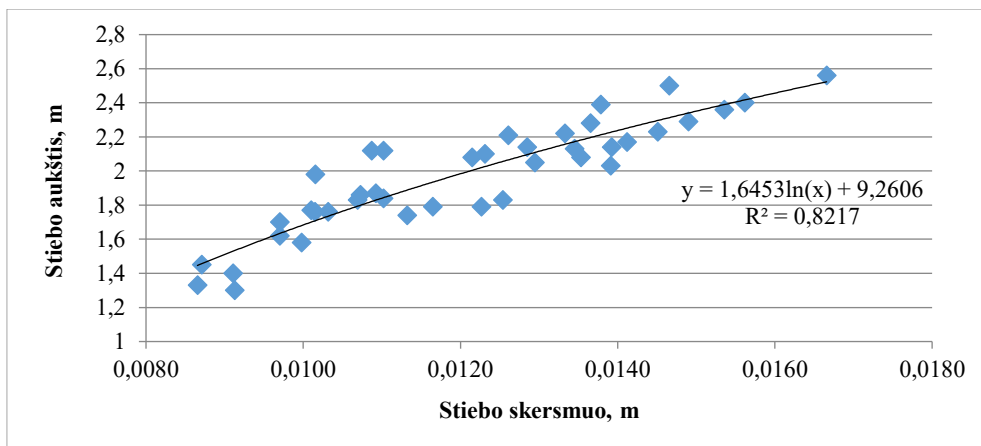
Nustatyta, kad tyrimams naudotų 'Felina' veislės pluoštinių kanapių derlingumas buvo $15,95 \text{ t}$ sausosios masės iš hektaro (1 pav.).



1 pav. Pluoštinių kanapių, morfologinių dalių derlingumai ($t \cdot ha^{-1}$)

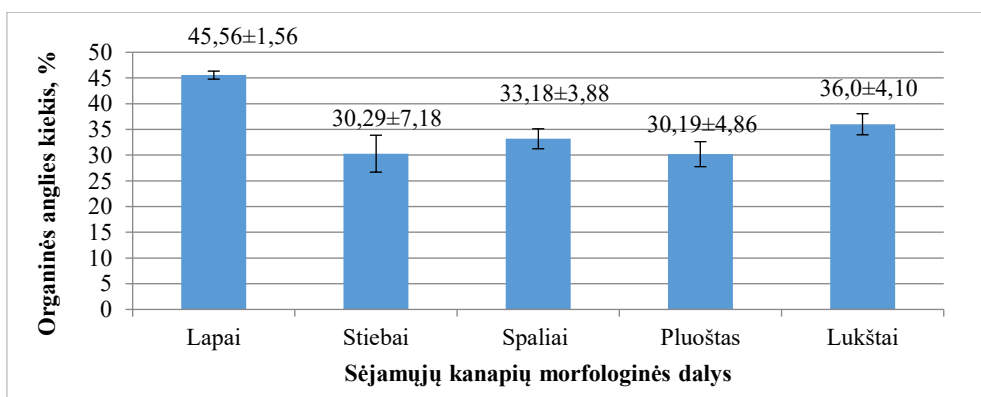
Didžiausią masės dalį (55,1 %) sudarė stiebai, o mažiausią – lapai (12,9 %). 73 % stiebų žaliavos sudarė spaliai, o 27 % – pluoštas.

Atlikus tyrimą, nustatyti 40 vnt. pluoštinių kanapių stiebų masės ir aukščiai. Stiebų masės kito nuo 10 g iki 160 g. Daugiausia stiebai pasiskirstė intervale nuo 41 g iki 60 g. Jie sudarė 27,5 % visų tirtųjų stiebų. Pagal aukštį, stiebai kito nuo 1,3 m iki 2,5 m. Daugiausia tirtųjų stiebų buvo, kurių aukščio intervalas 1,71–1,90 m ir tai sudarė 30 % visų kanapių stiebų. Mažiausiai stiebų buvo, kurių aukštis 1,3–1,50 m ir 1,51–1,70 m, ir tai sudarė tik 7,5 %. Palyginus stiebų skersmenis su aukščiais, buvo pastebėta, kad tarp jų yra logaritminė priklausomybė (2 pav.).



2 pav. Stiebų aukščio priklausomybė nuo stiebo skersmens

Organinė anglis buvo pagaminta iš 5 atskirų pluoštinių kanapių morfologinių dalių (stiebo, pluošto, lukštų, lapų ir spalių). Organinės anglies išeiga kaitinant žaliavas 400 °C temperatūroje, parodyta 3 paveiksle.



3 pav. Organinės anglies išeiga iš pluoštinių kanapių morfologinių dalių

Didžiausia organinės anglies išeiga fiksuota iš lapų 45,56 ± 1,56 %, o mažiausia – iš pluošto 30,19 ± 4,86 % ir stiebo 30,29 ± 7,18 %. Iš spalių ir lukštų pagamintos organinės anglies išeigos, atitinkamai gavosi 2,89 % ir 5,71 % didesnės nei stiebo. Tačiau palyginus su kitais augalais, pavyzdžiui svidre, sidabražole ar gluosniu, kurių organinės anglies išeigos atitinkamai yra 27,74 %, 21,39 % ir 20,64 %, galima teigti, kad iš pluoštinių kanapių, išgaunamas organinės anglies kiekis, pavyzdžiui iš lapų – du kartus didesnis (45,56 ± 1,56 %) nei paminėtų augalų (Hodgson, 2016).

Išvados

1. Nustatyta, kad daugiausia 'Felina' veislės pluoštinių kanapių augalinės biomasės sudarė 41–60 g (27,5 % visų stiebų) masės ir 1,71–1,90 m (30 % visų stiebų) aukščio stiebai.
2. Įvertinus stiebo aukščio koreliacinę priklausomybę nuo skersmens, nustatyta, kad tarp jų yra logaritminė priklausomybė.
3. Apskaičiuotas 'Felina' veislės pluoštinių kanapių ploto derlingumas, kuris yra lygus 15,95 t·ha⁻¹ sausosios masės. Daugiausia masės (55,1 %) išgaunama iš stiebų, o mažiausiai (12,9 %) iš lapų. Atitinkamai jų derlingumas yra 8,48±0,223 t·ha⁻¹ ir 2,06±0,415 t·ha⁻¹.
4. Kaitinant 'Felina' veislės pluoštinių kanapių biomasę bedeguoninėmis sąlygomis 2 valandas 400 °C temperatūroje, didžiausia organinės anglies išeiga fiksuota iš pluoštinių kanapių lapų (45,56±1,56 %), o mažiausia – iš pluoštinių kanapių pluošto (30,19±4,86 %).

Literatūra

1. Burbulis, N., Jankauskienė, Z., Blinstrubienė, A. (2019). Sėjos ir tręšimo normų poveikis sėjamosios kanapės (*Cannabis sativa* L.) produktyvumui. *Žemės ūkio mokslai*, 2, 72–82.
2. Gruzdevienė, E., Jankauskienė, Z., Butkutė, B., Duchovskis, P., Brazaitytė, A. (2014). Sėjamosios kanapės agrobiologiniai tyrimai Lietuvoje. *Naujausios rekomendacijos žemės ir miškų ūkiui*. Akademija: Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centras.
3. Hodgson, E., James, A. L., Ravella, S. R., Jonas, S. T., Perkins, W., Gallagher, J. (2016). Optimisation of slow-pyrolysis process conditions to maximise char yield and heavy metal adsorption of biochar produced from different feedstocks. *Bioresource Technology*, 214, 574–581.
4. Novak, J., Lima, I., Xing, B., Gaskin, J., Steiner, W., Das, K., Watts, D. (2009). Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. *Annals of Environmental Science*, 3, 195–206.
5. Pandit, N. R., Mulder, J., Hale, S. E., Martinsen, V., Schmidt, H. P., Cornelissen, G. (2018). Biochar improves maize growth by alleviation of nutrient stress in a moderately acidic low-input Nepalese soil. *Science of The Total Environment*, 625, 1380–1389.
6. Pedišius, N., Praspaliauskas, M., Valantinavičius, M., Vonžodas, T., Zaleskas, V., Lemanas, E., Čepauskienė, D. (2016). Biokuro savybių ir juo kūrenamų mažos bei vidutinės galios įrenginių efektyvumo ir taršos parametrų tyrimai. *Energetika*, 2, 268–281.
7. Ruzickova, J., Koval, S., Raclavska, H., Kucbel, M., Svedova, B., Raclavsky, K. (2020). A comprehensive assessment of potential hazard caused by organic compounds in biochar for agricultural use. *Journal of Hazardous Materials*, 403, 145–159.

Santrauka

Pluoštinės kanapės pasižymi sąlyginai dideliu derlingumu ir gali būti naudojamos organinės anglies gamybai. Organinė anglis išsiskiria tuo, kad pagerinamos dirvožemio savybės, mažinamas išmetamojo CO₂ kiekis į aplinką bei utilizuojami antriniai, nepanaudojami produktai.

'Felina' veislės pluoštinių kanapių stiebų masės kito nuo 10 g iki 160 g ir daugiausia (27,5 %) jų pasiskirstė intervale 41–60 g. Pagal aukštį, stiebai kito nuo 1,3 m iki 2,5 m ir daugiausia (30 %) jų fiksuota intervale 1,71–1,90 m. Taip pat, įvertintas kiekvienos morfologinės dalies derlingumas (t·ha⁻¹), kuris yra lygus 15,95 t·ha⁻¹.

Bedeguoninėmis sąlygomis išlaikant žaliavą 2 valandas 400 °C temperatūroje ir naudojant 50 l·min⁻¹ azoto dujų srautą, pagaminta organinė anglis iš kiekvienos sėjamosios kanapės morfologinės dalies. Organinės anglies išeiga kito nuo 30,19±4,86 % iki 45,56±1,56 %.

Reikšminiai žodžiai: pluoštinės kanapės, morfologinės dalys, derlingumas, pirolizė, organinė anglis.

INVESTIGATIONS OF THERMAL DEGRADATION OF FIBROUS HEMP (*CANNABIS SATIVA* L.) IN AN OXYGEN-FREE ENVIRONMENT

Summary

Fibrous hemp has a relatively high yield and may be available for biochar production. Biochar improves soil properties, reducing CO₂ emissions and by-products that you can not use anymore.

The weights of 'Felina' fibrous hemp stems ranged from 10 g to 160 g and were mostly (27.5%) distributed in the range of 41–60 g. In terms of height, the stems ranged from 1.3 m to 2.5 m and mostly (30%) range was 1.71–1.90 m. Also, the yield of each part was estimated (t·ha⁻¹). The total yield of the research area is 15.95 t·ha⁻¹.

Biochar was produced from the fibrous hemp of each morphological part under anaerobic conditions for 2 hours using a 50 l·min⁻¹ of nitrogen gas at 400 °C. The yield of biochar varied from 30.19±4.86% to 45.56±1.56%.

Keywords: fibrous hemp, morphological parts, yield, pyrolysis, biochar.

Mažvydas Vazgys – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas, tel. +370 646 86643, el. p. mazvydas.vazgys@gmail.com

Egidijus Zvicevičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr.; tel. +370 618 07674, el. p. egidijus.zvicevicius@vdu.lt

BENZINO IR BIOBUTANOLIO MIŠINIAIS VEIKIANČIO VARIKLIO DARBO RODIKLIŲ IR DEGINIŲ EMISIJOS TYRIMAS

Osvaldas Jugaitis, Stasys Slavinskas

Įvadas

Aplinkosaugos klausimai, auganti energijos paklausa, politiniai rūpesčiai ir naftos išekvojimo problema sukėlė poreikį plėtoti tvarias technologijas, pagrįstas atsinaujinančiomis žaliavomis [1]. Kasmet vis didėjantis žemės ūkio technikos, vilkikų, savaeigių mašinų ir benziniais varikliais varomų lengvųjų automobilių skaičius į atmosferą išskiria didelius kiekius žmonių ir gyvūnų sveikatai pavojingų junginių bei didina anglies dvideginio kiekį atmosferoje, kuris skatina šiltnamio efektą ir globalinį atšilimą [2]. Didelė oro tarša ir ribotos naftos atsargos kelia didžiulį susidomėjimą degalų alternatyva naftos pagrindu naudojamam kurui – biodegalais, ypač transporto sektoriui, kuriame energijos suvartojimas beveik visiškai priklauso nuo iškastinių energijos šaltinių.

Naudojant biodegalus yra tausojama aplinka, nes paprastai biodegalai daro gerokai mažesnę poveikį aplikai ir klimatui. Vieni iš tokių degalų yra biobutanolis, kuris yra ypač įdomūs atsinaujinantys biodegalais dėl savo savybių. Biobutanolis pasižymi dideliu žemutiniu šilumingumu ir oktano skaičiumi, kurie yra artimi atitinkamiems benzino rodikliams [3]. Lyginant su kitais spiritiniais degalais, jo žemutinis šilumingumas yra 31 % didesnis už etanolio ir net 76 % didesnis už metanolio. Biobutanolio liepsnos plitimo greitis yra didesnis už benzino, o tai skatina degimą [4]. Butanolis yra labiau suderinamas su benzinu ir galima naudoti mišinius su didesniu jo kiekiu. Jei etanolio be papildomų priemonių galima įmaišyti į benziną iki 10 %, tai butanolio kiekis benzine praktiškai gali būti neribojamas.

Tyrimo tikslas – ištirti biobutanolio įtaką benzininio variklio darbo efektyvumui ir deginių emisijai.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti variklio bandymus, jam veikiant benzinu ir benzino-biobutanolio mišiniais;
2. Įvertinti biobutanolio kiekio benzine įtaką variklio darbo rodikliams ir deginių emisijai.

Tyrimo objektas ir metodika

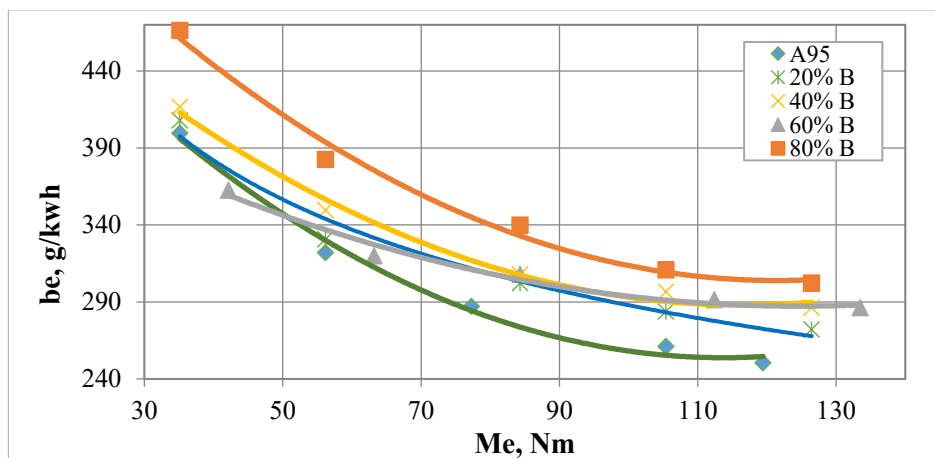
Eksperimentiniai tyrimai atlikti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio inžinerijos fakulteto Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos instituto Variklių bandymų laboratorijoje. Tyrimams atlikti buvo naudotas VW 1,8 l darbo tūrio, keturtaktis, keturių cilindrų benzininis variklis, sujungtas su hidrauliniu apkrovos stendu D-4. Variklio suspaudimo laipsnis 10,3.

Tyrimai buvo atliekami esant pastoviems variklio sūkiams $n = 2500 \text{ min}^{-1}$ didinant variklio apkrovas. Tyrimams naudotas grynas benzinas A95 ir degalų mišiniai sudaryti iš benzino ir biobutanolio: 20 % biobutanolio ir 80 % benzino, 40 % biobutanolio ir 60 % benzino, 60 % biobutanolio ir 40 % benzino, 80 % biobutanolio ir 20 % benzino.

Anglies viendeginio (CO) ir nesudegusių angliavandenilių (CH) koncentracija deginiuose matuota TechnoTest MOD.488 deginių analizatoriumis. Azoto oksidų (NOx) emisijai matuoti naudotas Testo 350 XL deginių analizatoriumis. Degalų sąnaudos matuotos sveriant elektroninėmis svarstyklėmis SK-1000 ir registruojant laiką, per kurį variklis sunaudavo 50 g degalų.

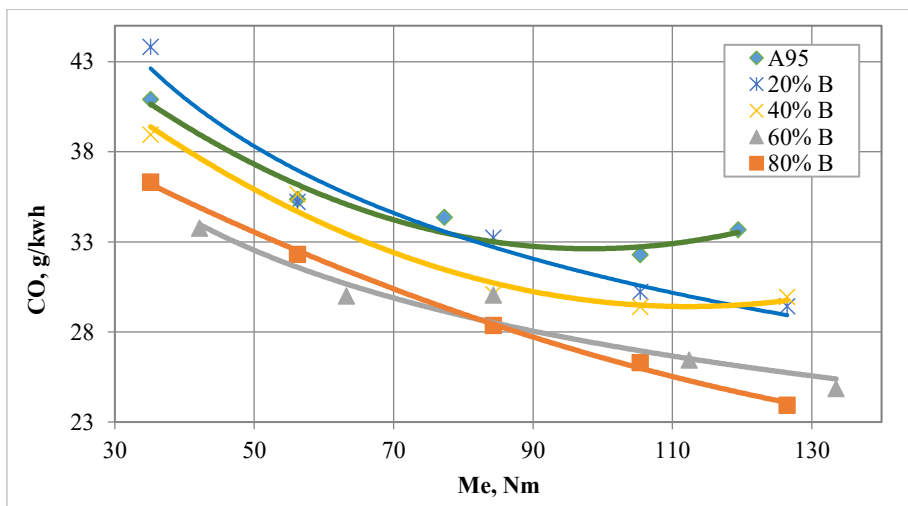
Tyrimo rezultatai

Efektyviųjų lyginamųjų degalų sąnaudų kitimas, esant skirtingiems degalų mišiniams, yra pateiktas 1 pav. Nagrinėjant paveiksle pateiktus rezultatus matome, jog didėjant variklio sukimo momentui efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos mažėjo, tačiau naudojant degalų mišinius su didėjančiu biobutanolio kiekiu lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos visais atvejais buvo didesnės, nei variklio darbui naudojant benzina. Varikliui dirbant tik benzinu sunaudojamas mažiausias kiekis degalų tiek esant mažam variklio sukimo momentui, tiek jį didinant. Didžiausios efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos gautos varikliui dirbant mišiniu, kurį sudaro 80 % biobutanolis ir 20 % benzinas. Varikliui veikiant šiuo mišiniu esant didžiausiai matuotai variklio apkrovai, efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos buvo 21 % didesnės nei varikliui veikiant benzinu.



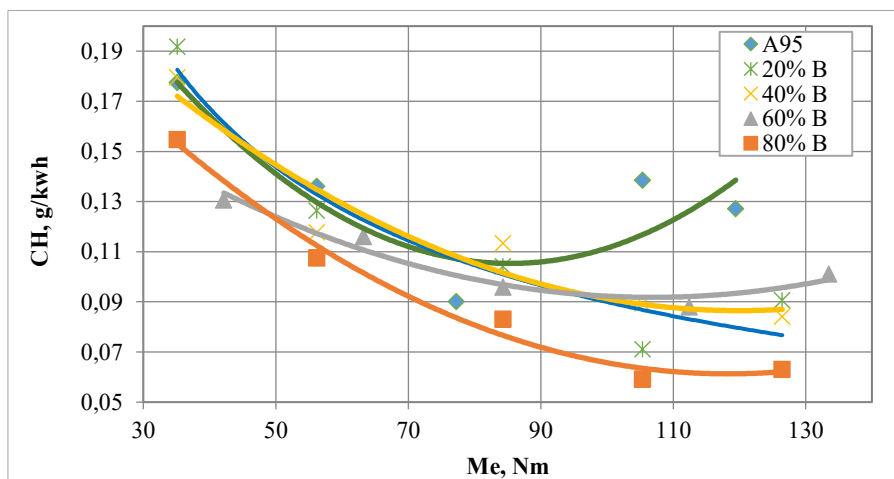
1 pav. Degalų rūšies įtaka variklio efektyviosioms lyginamosioms degalų sąnaudoms

Degalų sąnaudų padidėjimo priežastis yra ~25 % mažesnis butanolio šiluminumas, kadangi jo sudėtyje yra 21,5 % deguonies. Didėjant jo kiekiui degalų mišinyje, mažėja pastarojo šiluminumas ir atitinkamai didėja degalų sąnaudos.



2 pav. Degalų rūšies įtaka anglies monoksido (CO) emisijai

Butanolio sudėtyje esantis deguonis turi teigiamos įtakos degimo procesui. Pateikti tyrimų rezultatai 2 pav. rodo kad, anglies viendeginio (CO) emisija mažėjo, didėjant butanolio kiekiui degalų mišiniuose. Didžiausia CO emisija gauta naudojant gryną benzina, labai panašios reikšmės gautos ir naudojant 20 % butanolio-benzino mišinį. Mažiausios CO emisijos gautos butanolio kiekį mišinyje padidinus iki 60 % ir daugiau. Šiais atvejais ji buvo ~18 % mažesnė, lyginant su CO emisija varikliui veikiant A95 benzinu.

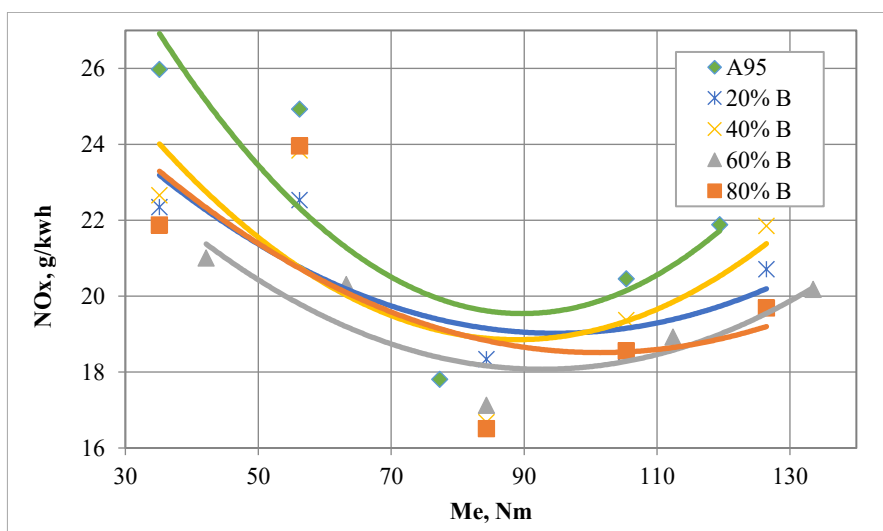


3 pav. Degalų rūšies įtaka nesudegusių angliavandenilių (CH) emisijai

Nesudegusių angliavandenilių (CH) emisija varikliui veikiant visais tirtais degalais buvo maža (3 pav.). Analizuojant pateiktus tyrimo duomenis matome jog,

esant mažam sukimo momentui, mažiausia CH emisija, gauta varikliui veikiant 80 % butanolio-benzino mišiniu, yra 15 % mažesnė, nei jam veikiant benzinu. Esant mažam ir vidutiniam sukimo momentui, butanolio kiekio didinimas iki 40 % neturėjo įtakos nesudegusių angliavandenilių emisijos. Didėjant variklio sukimo momentui, išmetamas nesudegusių angliavandenilių kiekis mažėja, tačiau tendencija išlieka ta pati. Mažiausia CH emisija taip pat yra varikliui veikiant degalų mišiniu su didžiausiu butanolio kiekiu. Ji gauta net 50 % mažesnė, nei varikliui dirbant grynu benzinu.

Butanolio priedas benzine mažino ir azoto oksidų emisiją (4 pav.). Varikliui veikiant 20 % butanolio ir 80 % benzino mišiniu, ji buvo mažesnė vidutiniškai 9 %. Tolesnis butanolio kiekio didinimas degalų mišinyje neturėjo pastebimos įtakos azoto oksidų emisijos mažėjimui.



4 pav. Degalų rūšies įtaka azoto oksidų (CH) emisijai

Azoto oksidų susidarymui didelės įtakos turi degimo temperatūra. Butanolio slaptoji garavimo šiluma yra ~88 % didesnė, negu benzino. Tai reiškia, kad įpurškiems degalams išgarinti sunaudojama daugiau įsiurbiamo oro šilumos, kas mažina degiojo mišinio cilindre temperatūrą. Atitinkamai mažėja ir degimo temperatūra. Tai, matomai, mažina ir azoto oksidų susidarymą, nepaisant didesnio deguonies kiekio degaluose.

Apibendrinant tyrimų rezultatus galima teigti, kad bioetanolio naudojimas leidžia sumažinti kenksmingų deginių, tokių kaip CO, CH ir NOx, emisiją.

Išvados

1. Dėl mažesnio žemutinio šilumingumo, lyginamąsias efektyviausias degalų sąnaudas biobutanolio priedas benzine visais atvejais didino. Esant didžiausiai

- matuotai variklio apkrovai, efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos, biobutanolio kiekį degaluose padidinus iki 80 %, lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos gautos 21 % didesnės nei varikliui veikiant A95 benzinu.
2. Anglies viendeginio (CO) emisija mažėjo, didėjant biobutanolio kiekiui mišinyje. Mažiausia CO emisija gauta naudojant degalų mišinį su didžiausiu butanolio kiekiu (80 %), ji buvo 18 % mažesnė, lyginant su emisija, gauta varikliui veikiant A95 benzinu.
 3. Nesudegusių angliavandenilių emisijai butanolio priedas benzine turėjo mažesnės įtakos. Didesnis CH sumažėjimas gautas tik varikliui veikiant didesnėmis apkrovomis ir esant didesniam butanolio kiekiui (60–80 %) degalų mišinyje.
 4. Azoto oksidų emisija, varikliui veikiant tirtais benzino-biobutanolio mišiniais, gauta vidutiniškai 9 % mažesnė, nepriklausomai nuo butanolio kiekio degalų mišinyje.

Literatūra

1. Luque, R., Herrero-Davila, L., Campelo, J. M., Clark, J. H., Hidalgo, J. M., Luna, D., ... & Romero, A. A. (2008). Biofuels: a technological perspective. *Energy & Environmental Science*, 1(5), 542–564.
2. Kukharonak, H., Ivashko, V., Pukalskas, S., Rimkus, A., & Matijošius, J. (2017). Operation of a Spark-ignition Engine on Mixtures of Petrol and N-butanol. *Procedia Engineering*, 187, 588–598.
3. Zhen, X., Wang, Y., & Liu, D. (2020). Bio-butanol as a new generation of clean alternative fuel for SI (spark ignition) and CI (compression ignition) engines. *Renewable Energy*, 147, 2494–25.
4. Liu, K. M., Li, Y. T., Yang, J., Deng, B. L., Feng, R. H., Huang, Y. J. (2018). Comprehensive study of key operating parameters on combustion characteristics of butanol-gasoline blends in a high speed SI engine. *Appl. Energy*, 212, 13–3221.

THE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSIONS ANALYSIS OF AN ENGINE FUELED WITH BIOBUTANOL-GASOLINE BLENDS

Summary

The paper presents the results of research on the influence of biobutanol on gasoline engine performance and exhaust emissions. Load characteristics with a fossil gasoline as a ‘baseline’ fuel and its 80/20 wt%, 60/40 wt%, 40/60 wt% and 20/80 wt% blends with biobutanol were taken at speeds of 2500 rpm. During the test, engine fuel consumption, engine torque and CO, CH and NO_x emissions were measured. The research results showed that when using fuel mixtures with biobutanol, the break specific fuel consumption in all cases was higher than when the engine was running on pure gasoline. Emissions of carbon monoxide (CO) and unburned hydrocarbons (CH) decreased with increasing biobutanol content in the mixture. Emissions of nitrogen oxides, when the engine was running on gasoline-biobutanol, were obtained on average by 9% less, regardless of the butanol content in the fuel mixture.

Osvaldas Jurgaitis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas; el. p. jurgaitis.osvaldas@gmail.com.

Stasys Slavinskas – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, prof. dr.; el. p. stasys.slavinskas@vdu.lt

ROBOTIZUOTOS KARVIDĖS TECHNOLOGINIŲ ĮRENGINIŲ ENERGETINIS TYRIMAS

Paulius Meiliūnas, Jonas Čėsna

Įvadas

Finansiškai jautri pieno rinka, žaliavos supirkimo kaina, naujos technologijos, verčia ūkininkus dairytis į novatoriškas ūkių kryptis, mažinti gamybos sąnaudas, kurios taip pat priklauso ir nuo elektros suvartojimo. Pasiiekus plačias karvidžių modernizavimo galimybes didelį vaidmenį gamybos sąnaudoms sudaro elektra. Laikant karves daugiausia laiko sugaištama karvidėse melžimui, tai sudaro apie pusę viso darbo laiko. Šėrimas sudaro apie 12 %, mėšlo šalinimas apie 9 % visų darbo sąnaudų.

Automatizavus melžimą ne tik sumažinamos darbo sąnaudos karvidėje, bet ir gerėja pieno kokybė, gaunamas didesnis primilžis. Robotizuotuose tvartuose karvės melžiamos vidutiniškai 2,6 karto per parą [1]. Kitų mokslininkų atlikti tyrimai parodė, kad dažnio keitiklio naudojimas melžimo technologiniuose įrenginiuose gali sumažinti vakuomo siurblio elektros energijos sąnaudas apie 60–80 % [2,3].

Robotizuotos karvidės, kurios didina žaliavos gavybos našumą, susideda iš 7-ių technologinių procesų įrenginių grupių. Visų jų pagrindinė eksploatavimo savikaina susideda iš įrenginio kainos, techninio aptarnavimo ir elektros suvartojimo.

Tyrimo tikslas – nustatyti robotizuotos karvidės atliekamiems technologiniams procesams energetines sąnaudas.

Tyrimo uždaviniai:

1. Išmatuoti visų karvidėje naudojamų technologinių įrenginių elektros suvartojimą;
2. Ekonominiu atžvilgiu palyginti elektros energijos sąnaudas su žaliavos kaina.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimo objektu pasirinkta 270 vietų robotizuota karvidė. Matuotos tokios technologinių įrenginių grupės kaip šėrimo (Lely VECTOR – instaliuota galia 11 kW, pagalbiniai įrenginiai – 14 kW), melžimo (Lely ASTRONAUT A4 – kuriai priklauso kompresorius, vakuuminis siurblys, vandens šildytuvas, automatinė melžimo sistema – bendra instaliuota galia 27 kW), keturi mėšlo valymo (Lely DISCOVERY – 4 kW) robotai, keturi elektriniai šepečiai (2,2 kW), automatinis apšvietimas (7,2 kW), pieno aušinimo įrenginys (Lely NAUTILUS – 7 kW), mėšlo šalinimo įrenginiai (LJM panardinamas mėšlo šalinimo siurblys, maišytuvas kurių bendra galia 37 kW).

Karvidėje technologiniams procesams atlikti reikalingas elektros suvartojimas buvo matuojamas 14 parų. Automatinio melžimo sistema, naudojanti „I-Flow“ (perinamosios melžimo vietos) ir „4Effect“ (melžimas ketvirčiais) technologijas buvo

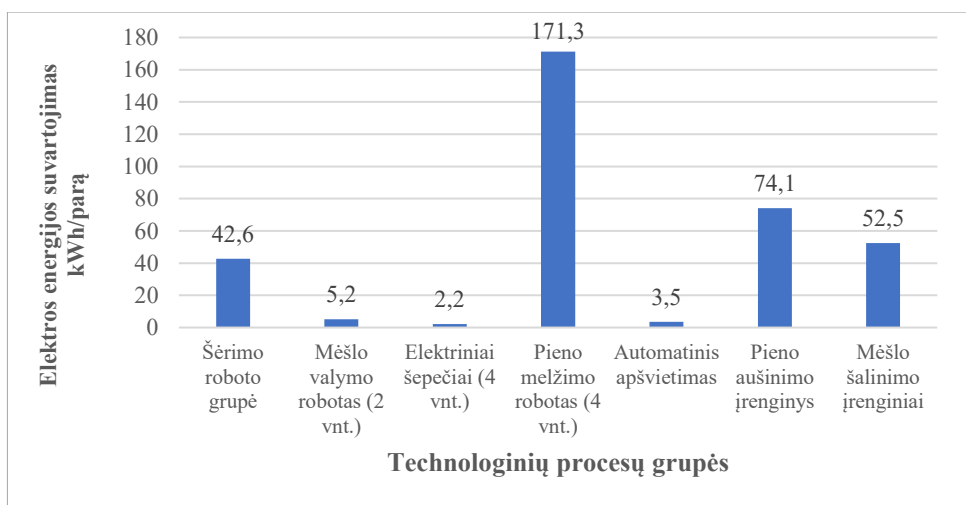
matuojama visą tyrimo laikotarpį (158 paras). Šėrimo (Lely VECTOR) robotas turintis savyje ultragarso jutiklius paroje atliko kelias funkcijas – pašarų maišymas, dalinimas, pristūmimas. Šių funkcijų pasiskirstymas paroje matomas pagal elektros suvartojimą. Elektros energijos suvartojimas buvo matuojamas GAMA300 balance G3G įrenginiu, kuris savyje turi Ethernet sietuvą ir palaiko TCP/IP protokolą.

Tyrimo metu bandos dydis nekito. Matavimai atlikti rugsėjo – vasario (+14 °C– -3,4 °C) mėnesiais dėl ko karvidėje esantys vėdinimo ventiliatoriai buvo nenaudojami, dėl per žemos oro temperatūros (oro ventiliavimas/vėsinimas veikia esant +20 laipsnių oro temperatūrai) ir jų elektros suvartojimas nėra matuotas. Apšvietimui suvartotas energijos kiekis buvo matuotas rugsėjo 14–rugsėjo 27 dienomis esant rudens lygiadieniui.

Siekiant išvengti netikslumų ir nesupainioti skirtingų matavimo rezultatų, pavyzdžiui vakuuminio siurblio arba įrangos plovimo elektros sąnaudų tyrime pritaikyta „Profi“ ir „DLG“ metodika. Joje atsižvelgiama į pavykusius/nepavykusius melžimus, melžimo procesų valdymą. Sąnaudų duomenis perskaičiuojami 1 l primelžto pieno [4]. Lely Astronaut A4 melžimo robotas tyrimo metu kiekvieną dieną fiksavo visų melžiamų karvių pieno kiekį. Gauti duomenys statistiškai apdoroti naudojantis Microsoft Excel skaičiavimo programa.

Rezultatai ir jų aptarimas

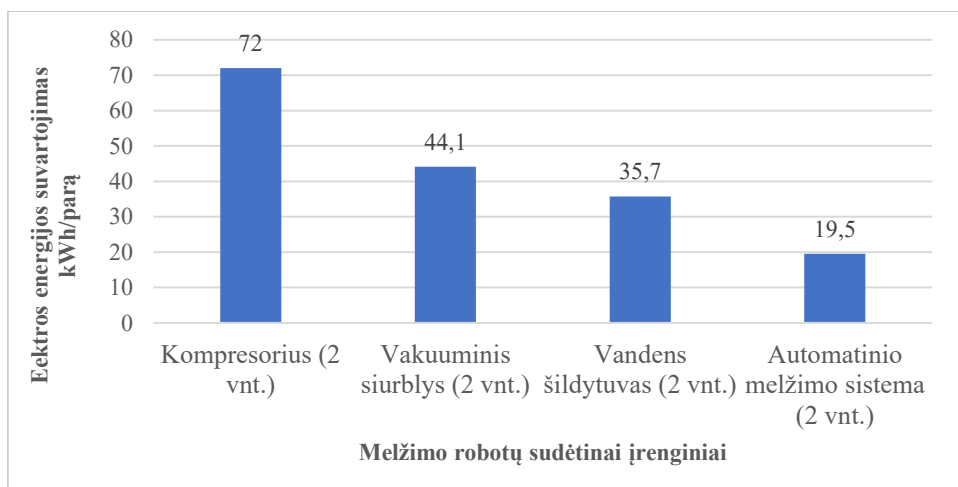
Visų karvidėje esančių robotizuotų įrenginių technologinių procesų grupių elektros suvartojimo vidurkiai pateikti 1 pav.



1 pav. Robotizuotos karvidės technologinių procesų elektros energijos suvartojimas

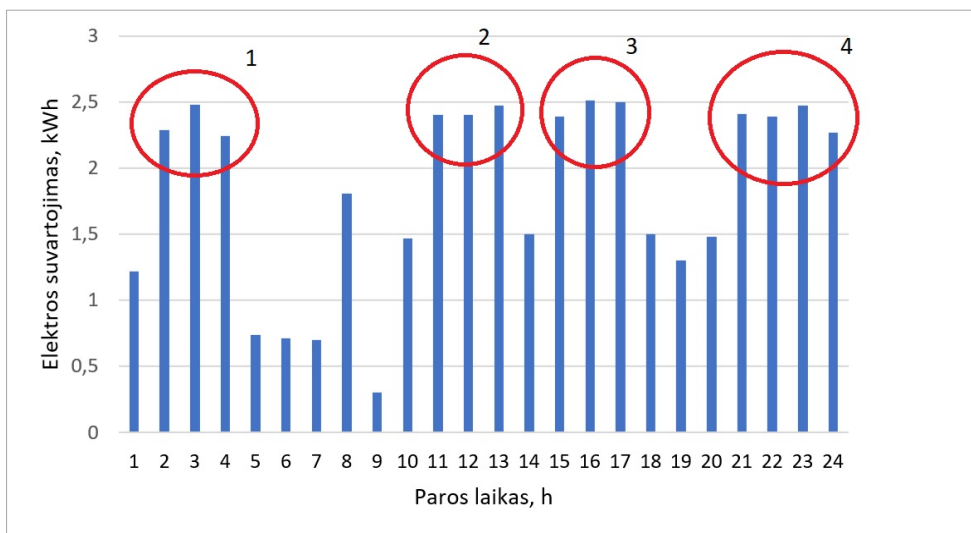
1 paveiksle pateikta informacija rodo, kad per parą net 45,6 % (171,3 kWh) elektros energijos suvartoja ūkyje esantys pieno melžimo robotai. Tai yra viena pagrindinių įrenginių grupių, kuri neatsiejama robotizuotos karvidės ūkiuose. Didelį jos elektros suvartojimą lemia jai priklausantys šalutiniai įrenginiai reikalingi melžimo

procesams vykti (2 pav.). Mėšlui šalinti naudojamas siurblys (LJM panardinamas mėšlo šalinimo siurblys DPFH) ir maišytuvas, kuris vidutiniškai per parą suvartoja 13 % (52,5 kWh). Mažesnio galingumo įrenginiai, kaip valymo robotai, elektriniai šepėčiai, apšvietimas per parą suvartoja 2,7 % (10,9 kWh) visos elektros energijos. Bendras visų technologinių įrenginių elektros suvartojimas – 351,4 kWh per parą.



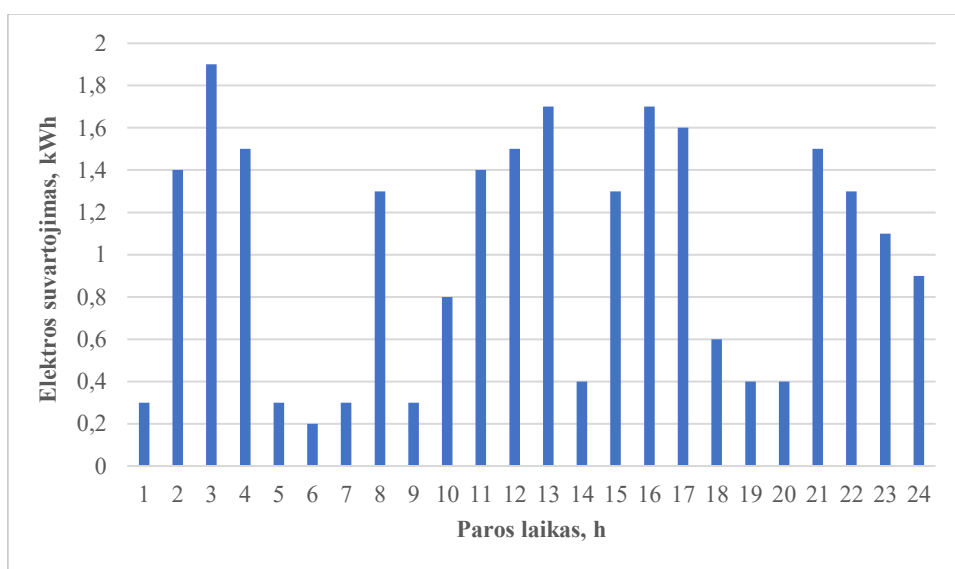
2 pav. Melžimo robotų sudėtinių įrenginių elektros energijos sąnaudos

Iš 2 paveikslo matyti, jog vakuuminis siurblys (2 vnt.) suvartoja 25,7 % (44,1 kWh) visos elektros energijos reikalingos automatiniam melžimui. Šie vakuuminiai siurbliai naudoja dažnio keitiklius, kurie ženkliai mažina elektros suvartojimą.



3 pav. Šėrimo technologinės grupės elektros energijos suvartojimas per parą

Matuotas šėrimo technologinių įrenginių elektros suvartojimas (3 pav.). Tendencingai matomi keturi šėrimai. Vienu šėrimo etapu, pilnai išdalinti pašarus visoms karvėms robotas tris kartus pasikrauna pašarus juos sumaišo ir išdalina. Pašaro ruošimo metu naudojami tiek sausosios pašarų masės elektriniai varikliai, kurie iš pašarų aikštelės pakrauna pašaro žaliavą į maišytuvą, tiek skystosios masės elektriniai siurbiai. Maišymo metu naudojama elektros energija tiesiai iš 230V elektros tinklo, bei tuo pačiu metu kraunami Li-Ion akumuliatoriai esantys pašarų maišytuve-dalytuve. Pagrindinis šios technologinės grupės įrenginys šėrimo robotas „Lely VECTOR“ suvartoja 56 % (24,1 kWh) visos tai technologijai (42,6 kWh) reikalingos elektros energijos. Net 1/3 paros laiko robotas vartoja iki 0,4 kWh, kurios metu yra įkraunami tik roboto akumuliatoriai.



4 pav. Šėrimo roboto „Lely VECTOR“ elektros energijos suvartojimas per parą

Remiantis kitais tyrimais, tokiam karvių ūkiui (250–300 karvių) sumaišyti ir išdalinti pašarus vidutiniškai per metus sunaudojama 6000 litrų dyzelino (16,7 l/parai) [5]. Toks kiekis dyzelino išskiria 43,7 kilogramus CO₂ per parą. Tuo tarpu šėrimo roboto procesams atlikti naudojama elektra išsiskirs 5,9 kilogramus CO₂ per parą [6].

Lely Astronaut A4 melžimo robotas tyrimo metu kiekvieną dieną fiksavo visų melžiamų karvių pieno kiekį. Programinė Lely įranga parodė vidutinį 8911 litrų primilžį per parą.

Robotizuotoje karvidėje vienam litrui žaliavinio pieno gauti sunaudojama 4,26 Wh elektros energijos. Pagal 2020 m. 12 mėn. žaliavinio pieno supirkimo ir elektros tarifų kainas nustatyta, jog minėtam vienam litrui pieno išgauti elektros energijos savikaina yra 0,006 Eur. Ši suma sudaro 1,89 % žaliavinio pieno supirkimo kainos.

Išvados

1. Tyrimo metu nustatyta, jog robotizuotoje karvidėje vienam litrui pieno gauti sunaudojama 4,26 Wh (0,006 Eur) elektros energijos, Tai sudaro 1,89 % už pieno žaliavą gaunamos kainos.
2. Nustatyta, kad šėrimo robotas „Lely VECTOR“ per parą suvartoja 24,1 kWh (3,14 Eur), kas yra mažiau nei gamintojo deklaruojamos elektros sąnaudos (25 kWh). Taip pat, 87 % mažina CO₂ dujų emisiją lyginant tą patį procesą atliekant naudojant dyzelinį kurą.
3. „Lely ASTRONAUT A4“ melžimo robotas, kuris tiesiogiai atsakingas už pieno primilžį per parą suvartoja 45,6 % (171,3 kWh) visos robotizuotos karvidės sunaudojamos elektros energijos.

Literatūra

1. Bleizgys, R., Čėsna, J. (2012). *Gyvulininkystės technologijų inžinerija*. Akademija, p. 33.
2. Ludinton, D., Johson, E., Kowalski, J., Magem, A., Peterson, R. 2004. *Dairy Farm Energy Efficiency Guide*. Ithaca, NY: DLTech, Inc. 114–118.
3. Sanford S., Outreach Sr. 2003. Milking System Air Consumption When Using a Variable Speed Vacuum Pump. *ASAE Paper* No. 033014, 25–26.
4. Mattachini, G., et al. (2019). Effects of Feeding Frequency on the Lying Behavior of Dairy Cows in a Loose Housing with Automatic Feeding and Milking System. *Animals* 9.4, 101.
5. Francesco, M., Tangorra, Calcante, A. (2017). *Energy consumption and technical-economic analysis of an automatic feeding system for dairy farms: results from a field test*. p. 87.
6. Todde, G., Murgia, L., Caria, M. (2018). *A Comprehensive Energy Analysis and Related Carbon Footprint of Dairy Farms, Part I: Direct Energy Requirements*. p. 74.

Santrauka

Darbo tikslas – nustatyti pilnai robotizuotos karvidės atliekamiems technologiniams procesams technologinių įrenginių energetines sąnaudas. Tyrimo metu nustatyta, jog pilnai robotizuotoje karvidėje vienam litrui pieno gauti sunaudojama 4,26 Wh (0,006 Eur) elektros energijos. Tai sudaro 1,89 % už pieno žaliavą gaunamos kainos. Tiriamuoju laikotarpiu iš bandos buvo primelžiama 8911 litrų per parą. Tyrimo metu, kurie buvo atliekami pilnai robotizuotoje karvidėje turinčioje moderniausias technologijas tokias kaip šėrimo, melžimo, mėšlo šalinimo robotus ir kt., nustatytas bendras visų technologinių įrenginių elektros suvartojimas – 351,4 kWh per parą. Dėl pasirinkto tyrimo laikotarpio ir žemos oro temperatūros karvidėje esantys 10 ventiliatorių, kurių suminė galia yra 7,5 kW nebuvo matuojami. Išmatuoti elektros suvartojimai ypatingai pabrėžia šių novatoriškų ūkio technologijų svarbą. Išlaikant aukšta technologijos tvarumą, galime išskirti šėrimo robotą, kuris per dieną suvartodamas 24,1 kWh elektros energijos ir ja visiškai pakeisdamas dyzelino naudojimą, keturis kartus per parą išdalina pašarus, tiekia šviežią pašarą ir didina karvių aktyvumą automatinėje melžimo sistemoje.

ENERGY RESEARCH OF ROBOTIC DAIRY FARM TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Summary

The goal of the research is to determine the energy consumption of technological equipment for technological processes performed by fully robotic dairy farm. During the research it was established that 4.46 Wh (0.006 Eur) is used to obtain 1 Liter of milk. Which makes up 1.83% of the wholesale price. During the study period which took place in fully robotic dairy farm with most advanced technologies such as: feeding, milking, manure removal robots, etc., the total electricity consumption of all technological was determined – 351.4 kWh per day. Due to the selected study period and the low air temperature, the 10 fans in the cowshed with a total power of 7.5 kW were not measured. Measured electricity consumption reveals the importance of innovative farm technologies. While maintaining the high sustainability of technology, we can single out the feeding robot, which consumes 24.1 kWh per day and completely replaces the use of diesel. Robot distributes feed, supplies fresh feed and increases the activity of cows in the automated milking system.

Paulius Meiliūnas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 630 86136, el. p. pmeiliunas@gmail.com

Jonas Čėsna – VDU ŽŪA, Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr.; tel. +370 686 11312, el. p. jonas.cesna@vdu.lt

VARIKLIO PALEIDIMO SISTEMOS DIAGNOSTIKOS GALIMYBIŲ TYRIMAS

Povilas Vidžiūnas, Arvydas Pauliukas

Įvadas

Informacijos šaltinių apžvalga rodo, kad beveik 40–50 % elektros variklio gedimų yra susiję su guoliais [1].

Vidutinis starterio tarnavimo laikas yra maždaug toks pat kaip vidaus degimo variklio, kuriam jis skirtas. Paleidimo sistemą reikėtų patikrinti periodiškai, ypač jei ji veikia esant didelei apkrovai kai naudojama komercinėse transporto priemonėse, dažnai užvedinėjant variklį. Taip yra dėl to, kad transporto priemonių varikliai eksploatuojami miesto ciklo eismu ir užvedinėjami maždaug 2000 kartų per metus, manant, kad metinė rida yra 15 000 km [2]. Taip pat starteris linkęs labiau dėvėtis žiemą, kai variklio alyva žymiai sutirštėja, kuri sunkina užvedimo procesą automobiliuose. To pasekoje variklio alkūninį veleną reikia šiek tiek ilgiau sukuti, nei šiltnuoju sezonu.

Starteriai paverčia elektros energiją iš akumulatoriaus į mechaninę sukimosi energiją. Starteriuose naudojami įvairūs nuolatinės srovės varikliai ir jų jungimo tipai. Šie varikliai dirba esant didelei apkrovai ir išvysto didelę galia per trumpą laiką. Dėl to starterio variklių gedimų diagnozė skiriasi nuo paprastų nuolatinės srovės variklių [2].

VDV starteriai dažnai veikia sunkiomis eksploataavimo sąlygomis tai rezultate patiriama įvairių rūšių žala, kuri apima: trumpasis jungimas, oksidacija, nusidėvėjimas ir korpuso įtrūkimai [3].

Norint išvengti arba numatyti būsimus starterių gedimus, reikia į pagalbą pasitelkti diagnostines priemones ir teisingus metodus, kad pašalinti netikėto gedimo riziką.

Tyrimo tikslas – ištirti vidaus degimo variklio starterio dėvėjimosi požymius ir įvertinti tokių požymių diagnostikos galimybes.

Tyrimo uždaviniai:

1. Parinkti eksperimento metodiką starterio tyrimui.
2. Išanalizuoti gautus starterio tyrimo rezultatus ir pateikti išvadas.

Objektai ir metodai

Tyrimo objektas – Slovėnijoje pagamintas 12 voltų nuolatinės srovės starteris „Iskra“ be reduktoriaus, kurio vardinė galia – 2,7 kW.

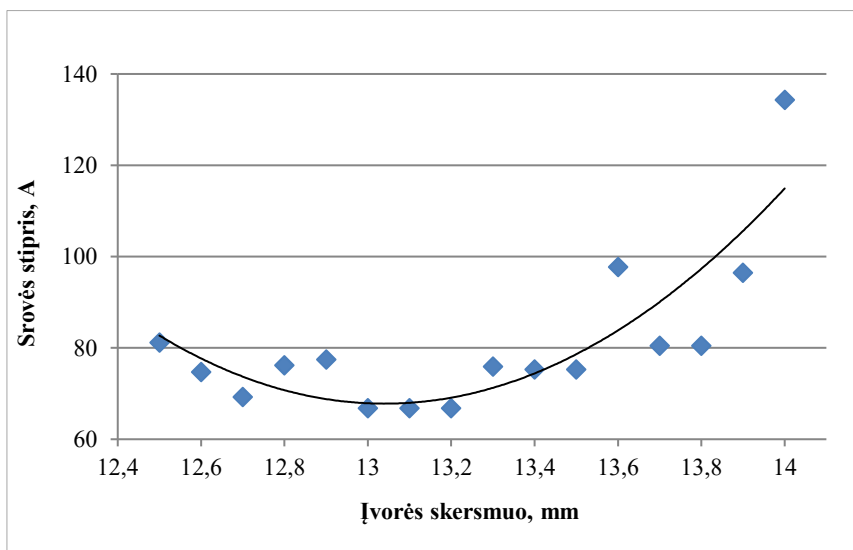
Eksperimentiniam tyrimui buvo naudotas 12 V, 110 Ah akumulatorius, kurio vardinė atidavimo srovė, sukant starteriu – 980 A. Srovės stipris matuotas srovės replėmis, o srovės stipris užfiksuojamas PicoScope Automotive osciloskopu. Osciloskopas prijungtas prie stacionaraus kompiuterio.

Tyrimas atliekamas dviem etapais. Pamatuojamas srovės stipris starteriui veikiant be apkrovos ir su apkrova. Kiekvienu atveju starteris bandomas tris kartus po dvi sekundes be apkrovimo ir tris kartus po dvi sekundes su apkrova. Atliekant tyrimą su apkrova, starteris buvo primontuotas prie vieno cilindro dyzelinio variklio „Oruva motor“, kurio vardinė galia – 12,8 kW esant 3000 sūkių per minutę.

Pamatavus starterio vartojamą srovę su ir be apkrovos, starteris išardomas ir pamatuojama krumpliaračio pusės įvorės vidinis skersmuo. Išmatavus įvorės vidinį skersmenį, atitinkamo dydžio skylės plėstuvo pagalba skersmuo padidinamas 0,1 mm. Nominalus įvorės vidinis skersmuo 12,5 mm.

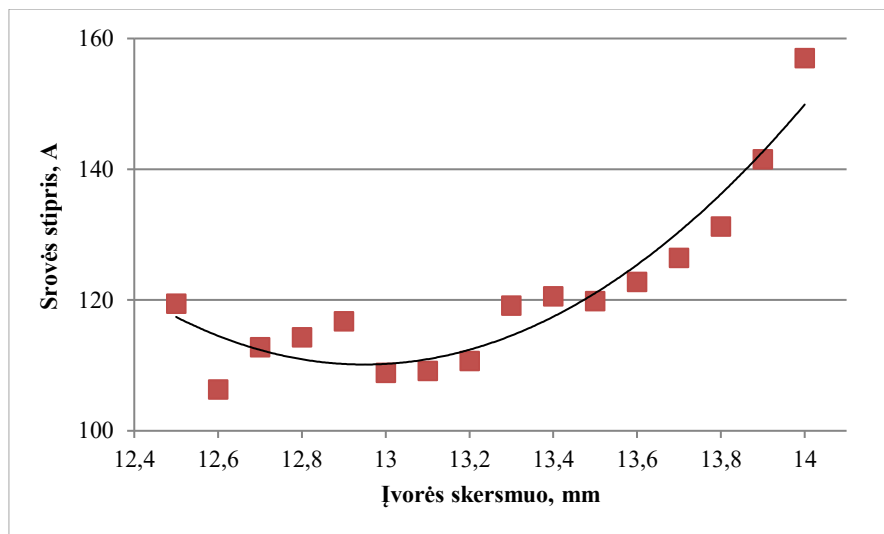
Rezultatai

Išanalizavus gautus starterio techninius duomenis nustatyta, jog didėjant starterio krumpliaračio pusės veleno įvorės vidiniam skersmeniui, t. y. įvorei dylant, keičiasi ir starterio suvartojama srovė.



1 pav. Starterio vartojamos srovės priklausomybė nuo įvorės vidinio skersmens sukant be apkrovos

Pirmame paveiksle matoma, kad nuo nominalinio, t. y. 12,5 mm, iki 13,8 mm vidinio įvorės skersmens srovės stipris keitėsi nežymiai – tarp 67 A ir 81 A. Tačiau nuo 13,8 mm iki 14 mm srovė drastiškai kyla iki 134 A. Srovės pakilimas ties 13,6 mm iki 98 A galimai rodo, kad labai didelę įtaką daro surinkimo kokybė, t. y. teisingas veleno ir įvorės ašiškumas.



2 pav. Starterio vartojamos srovės priklausomybė nuo įvorių vidinio skersmens sukant su apkrova

Antrame paveiksle matoma, kad nuo 12,5 mm, iki 13,5 mm vidinio įvorių skersmens srovės stipris keitėsi nežymiai, t. y. nuo 106 A iki 120 A. Nuo 13,5 mm iki 14 mm srovės pradeda kilti nuo 120 A iki 157 A.

Išvados

1. Gauti tyrimo duomenys rodo, kad naudota metodika leidžia nustatyti starterio būklę.
2. Išanalizavus starterio veikimo charakteristikas be apkrovos, matoma, kad nuo 12,5 mm, iki 13,2 mm starterio įvorių vidinio skersmens srovė kito silpnai – tarp 67 A ir 81 A. Nuo 13,8 mm iki 14 mm srovė stipriai kyla iki 134 A. Šis maždaug 65 % srovės pakilimas rodo, kad starterio įvorių yra išdilę ir būtinai reikia jas keisti. Pirmieji požymiai, kad įvorių pasidėvėjusios yra starterio suvartojama srovė, viršijanti ~85 A.
3. Išnagrinėjus starterio darbo režimus esant apkrovai, pastebėta, kad nuo 12,5 mm, iki 13,5 mm vidinio įvorių skersmens srovės stiprio pokytis buvo mažas – tarp 106 A ir 120 A. Tačiau nuo 13,5 mm iki 14 mm srovės pradeda kilti nuo 120 A iki 157 A, t. y. srovė padidėjo beveik 31 %. Tai nusako, kad kai srovė viršija 120A, reikia keisti starterio įvorių, nes jų nepakeitus, kyla starterio rotorius sugadinimo grėsmė, nes mažėja tarpelis tarp rotorius ir statoriaus.

Literatūra

1. Nandi, S., Toliyat, H. A., and Li, X. D. (2005). Condition monitoring and fault diagnosis of electrical motors – a review. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 20(4), 719–729.
2. Bay, O. F., Bayir, R. (2011). A Fault Diagnosis of Engine Starting System Via Starter Motors Using Fuzzy Logic Algorithm. *Gazi University Journal of Science*, 24(3), 437–449.

3. Dziubiński, M. (2018). Registration of the diagnostic signals of the starting system for selected faults. International Automotive Conference (KONMOT2018). *Materials Science and Engineering*, 421.

Santrauka

Vidutinis starterio tarnavimo laikas yra maždaug toks pat kaip variklis, prie kurio jis sumontuotas. Tačiau paleidimo sistemą reikėtų patikrinti periodiškai.

Kadangi starteriai veikia sunkiomis eksploataavimo sąlygomis ir rezultate patiriama įvairių rūšių žala, kuri apima: trumpasis jungimas, oksidacija, nusidėvėjimas ir įtrūkimai.

Tam, kad išvengtų arba numatyti būsimus starterių gedimus, reikia į pagalbą pasitelkti diagnostines priemones ir teisingus metodus, kad pašalinti netikėto gedimo riziką.

Tikslas – ištirti variklio paleidimo sistemos dėvėjimosi požymius ir įvertinti tokių požymių diagnostikos galimybes. Gauti tyrimo duomenys rodo, kad naudota metodika leidžia nustatyti starterio būklę. Išanalizavus starterio veikimo charakteristikas be apkrovos, matoma, kad nuo 12,5 mm, iki 13,2 mm starterio įvorės vidinio skersmens srovė kito silpnai – tarp 67 A ir 81 A. Nuo 13,2 mm iki 14 mm srovė pasiekia 65%. Išnagrinėjus starterio darbo režimus esant apkrovai, pastebėta, kad nuo 12,5 mm, iki 13,5 mm vidinio įvorės skersmens srovės stiprio pokytis buvo mažas – tarp 106 A ir 120 A. Tačiau nuo 13,5 mm iki 14 mm srovė pakyla beveik 31 %.

COMPARISON OF ENGINE STARTING SYSTEM DIAGNOSTIC POSSIBILITY STUDIES

Summary

The average service life of the starter motor is the same as the engine to which it is fitted. However, the start-up system needs to be checked periodically.

Because starter motors works in difficult operating conditions and as a result is subject to various types of damage, which include: short circuit, break, oxidation, wear and cracks.

In order to need or predict future onset failures, the use of diagnostic tools and the right methods when the risk of an unexpected failure is required should be facilitated.

The purpose is to investigate the signs of wear of the engine starting system and to define such diagnostic possibilities. The obtained research data show that the used methodology allows to determine the condition of the starter motor. After analyzing the operating characteristics of the starter without load, it can be seen that from 12.5 mm to 13.2 mm the current of the inner diameter of the starter sleeve changed slightly – between 67 A and 81 A. From 13.2 mm to 14 mm the current rises till about 65%. Examining the operating mode of the starter under load, it was observed that from 12.5 mm to 13.5 mm the change in the current of the inner sleeve diameter was small – between 106 A and 120 A. However, currents rises about 31% from 13.5 mm to 14 mm of inner diameter of starter sleeve.

Povilas Vidžiūnas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 629 50742, el. p. povilas.vidziunas@vdu.lt

Arvydas Pauliukas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, lekt. dr.; tel. +370 672 37504, el. p. arvydas.pauliukas@vdu.lt

AUTOTRANSPORTO TRIUKŠMO LYGIO TYRIMAS KARMĖLAVOS MIESTELYJE

Aleksej Parikvaš, Algirdas Janulevičius

Įvadas

Autotransporto triukšmas pastaraisiais metais tapo labai aktuali aplinkos taršos problema. Pagrindinis triukšmo šaltinis yra transportas. Kasmet vis didėjantis transporto srauto intensyvumas pastebimai didina triukšmo lygį. Nuo automobilių triukšmo kenčia ne tik didieji Lietuvos miestai ir miesteliai, bet ir gyvenvietės. Strateginio 2016 m. triukšmo žemėlapiu duomenimis triukšmo lygis Karmėlavos miest., 7,5 ir 22,5 m. atstumu nuo kelio A6, sudarė 65–70 ir 70–75 dBA [5].

Nustatyta, kad transporto triukšmas sukelia neigiamą poveikį žmogaus sveikatai. Triukšmo žala sveikatai neapsiriboja vien tik klausos pažeidimais. Moksliniais tyrimais įrodyta, kad akustinis triukšmas kenkia nervų, kraujotakos sistemoms, silpnina organizmo imunitetą, skatina nuovargį, nemigą, mažina darbo našumą [2, 3]. Žmonės, gyvenantys triukšmingoje aplinkoje tampa dirglūs, agresyvus, patiria stresą. Teigiama, kad triukšmas skatina streso hormonų išsiskyrimą ir gali padidinti širdies lygų riziką [6]. Pasaulinės sveikatos organizacijos duomenimis, transporto triukšmas turi neigiamą poveikį sveikatai, kai ekvivalentinio triukšmo lygis L_{den} viršija 53 dB ir atsiranda miego sutrikdymas, kai keliamo ekvivalentinio triukšmo lygis L_{nigh} viršija 45 dB [7].

Transporto priemonių triukšmas susidaro dėl variklių ir transmisijos darbo bei padangų sąveikos su kelio paviršiumi. Triukšmo lygis priklauso nuo eismo intensyvumo, transporto priemonių techninio stovio ir važiavimo greičio [2]. Automobilio keliamas triukšmas susideda iš trijų pagrindinių triukšmo šaltinių. Esant mažiems važiavimo greičiams (0–40 km/h) vyrauja variklio bei mechaninių dalių keliamas triukšmas, esant vidutiniams greičiams (50–110 km/h) vyrauja padangų keliamas triukšmas, o esant dideliems greičiams (virš 110 km/h) didelę įtaką įgauna triukšmas dėl automobilio aerodinamikos [1].

Yra skirtingų būdų sumažinti triukšmo lygį gatvėse: triukšmo slopinimo sienelių įrengimas arba žaliųjų želdinių sodinimas ties kelio prieigomis, apsauginių ekranų ir sankasų panaudojimas. Taip pat, veiksmingos triukšmo prevencinės priemonės yra krovinių transporto judėjimo nakties metu draudimas, tranzitinių magistralių ir kelių su krovinių transporto judėjimu iškelimas iš gyvenamųjų zonų, transporto greičio apribojimas, eismo intensyvumo reguliavimas, mažatriukšmės kelių dangos įrengimas.

Tyrimo tikslas – nustatyti transporto priemonių keliamo triukšmo lygį Karmėlavos miestelyje.

Tyrimo uždaviniai:

1. Ištirti transporto srauto keliamą triukšmą Karmėlavos miest. prie Vilniaus gatvės 4 namo prieigų.

2. Įvertinti transporto triukšmo sklaidą, atsižvelgiant į transporto srautus Karmėlavos miestelyje.

Tyrimo metodika

Tirtas transporto srautų sukeltas triukšmas ir jo sklaida Karmėlavos miestelyje. Keliamo triukšmo matavimai ir duomenų įvertinimas buvo atliekami remiantis Lietuvos higienos normos HN 33:2011 matavimo metodikos bendraisiais reikalavimais [4].

Matavimai buvo atliekami magistralinio kelio A6 Karmėlavos miest. Vilniaus gatvės 4 namo prieigose, įvertinant netoli esančius pastatus, želdinius ar kitus objektus, galinčius turėti įtakos matavimo rezultatams. Matavimams atlikti buvo naudotas triukšmomatis „SDL600“, kuris tvirtinamas ant 1,2 m. aukščio stovo (laikantis bendrųjų triukšmo matavimų rekomendacijų). Matavimo metu mikrofonas buvo nukreipiamas į triukšmo šaltinio pusę. Matavimai atlikti matuojančiam asmeniui nuo mikrofono nutolus 0,5 m. atstumu. Matavimo diapazonas 30–130 dB, matavimo tikslumas $\pm 1,4$ dB. Matavimų metu gauti duomenys buvo įrašomi į analizatoriaus atminties kortelę, vėliau jie perkelti į kompiuterį ir apdoroti specialia programine įranga. Rezultatai pateikiami grafiku pavidale.



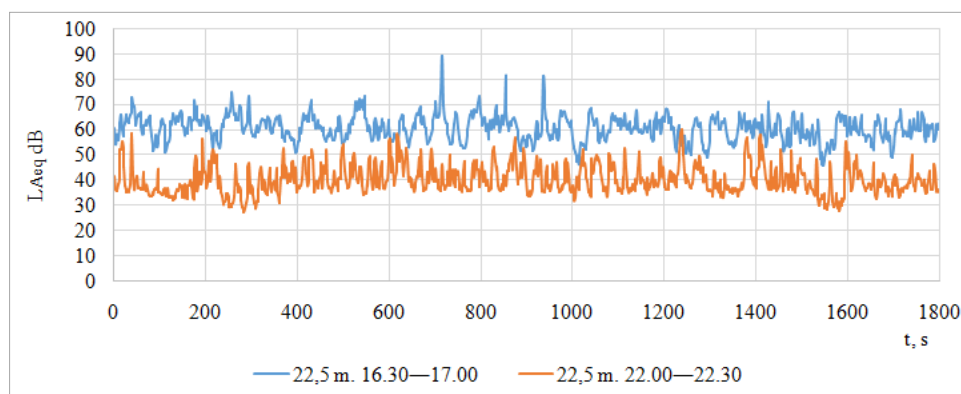
1 pav. Matavimų schema

Triukšmo lygiai buvo matuojami 2 vietose (taškuose). Pirmasis – kai matavimo prietaisas buvo pastatomas 7,5 m. atstumu nuo pirmos transporto juostos, o kitas – 22,5 m. Triukšmo matavimai abejose vietose buvo atlikti rugsėjo mėnesį vienos savaitės laikotarpyje. Vieno matavimo trukmė kiekviename taške buvo 30 minučių. Matavimų laike buvo suskaičiuotas pravažiavusių sunkiasvorių automobilių kiekis. Matavimai buvo atlikti dienos (12.00–12.30, 16.30–17.30) ir nakties (22.00–22.30) valandomis. Buvo matuojamas vidutinis ekvivalentinis A svertinis garso slėgio lygis $L_{A,eq}$ bei maksimalus garso slėgis L_{Amax} skirtinguose atstumuose. Prieš matavimus buvo atsižvelgiama į meteorologinių sąlygų įtaką. Matavimai buvo atliekami kai vėjo greitis buvo tarp 1–5 m/s. Per atliktus matavimus gauti tyrimo rezultatai

buvo paliginti su leidžiamomis triukšmo lygio vertėmis (Lietuvos higienos norma HN:332011). Gyvenamųjų pastatų (namų) ir visuomeninės paskirties pastatų (išskyrus maitinimo ir kultūros paskirties pastatus) aplinkoje, ekvivalentinis garso slėgio lygis (L_{AeqT}) negali viršyti 65 dBA dienos metu, 60 dBA vakaro metu ir 55 dBA nakties metu. Maksimalus garso slėgio lygis (L_{AFmax}) negali viršyti 70 dBA dienos metu, 65 dBA vakaro metu ir 60 dBA nakties metu [4].

Rezultatai

Eksperimentiniais tyrimais buvo išmatuotas ekvivalentinis garso slėgio lygis L_{Aeq} . Grafike (pav. 2) pateikti triukšmo lygio pasikeitimai 22,5 m. atstumu nuo kelio per 30 min. laikotarpį. Triukšmomatis fiksavo triukšmo lygio pasikeitimus kas 2 sekundes, todėl grafike aiškiai matomi triukšmo lygio svyravimai. Iš grafiko galima nustatyti maksimalias L_{Amax} dB ir minimalias L_{Amin} dB reikšmes. Grafike pateikti dienos ir nakties metu matavimo rezultatai. Galima matyti, kad nakties metu triukšmo lygis yra žymiai mažesnis už triukšmo lygį užfiksuota dienos metu. Didžiausias triukšmo lygio verte buvo užfiksuota dienos metu ir sudarė L_{Amax} 89,2 dB, o mažiausias L_{Amin} 45,9 dB. Atlikus matavimus pastabėta, kad dažniausiai maksimalios triukšmo lygio reikšmės L_{Amax} buvo užfiksuotos pravažiuojus motociklams arba specialiuoju tarybų automobiliams su įjungtu garsiniu perspėjimu.

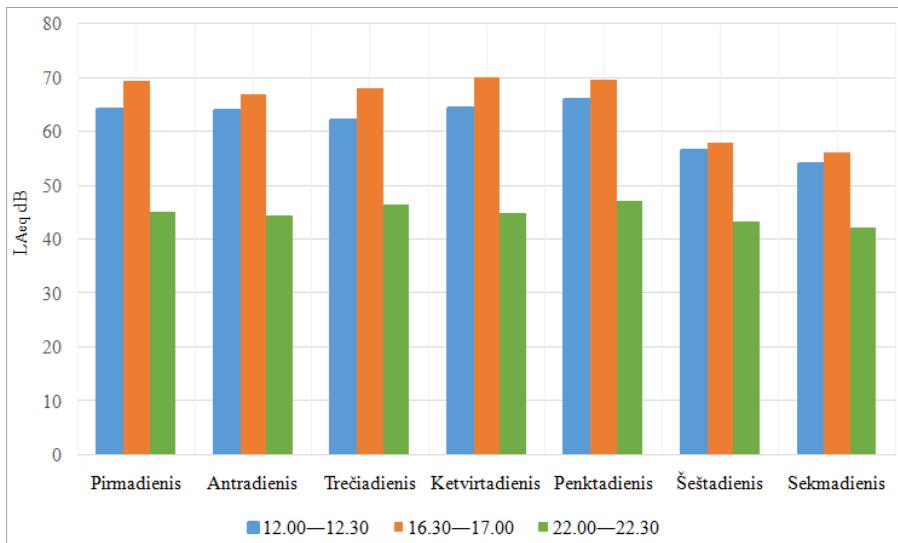


2 pav. Triukšmo lygio kitimas 30 min. laikotarpyje

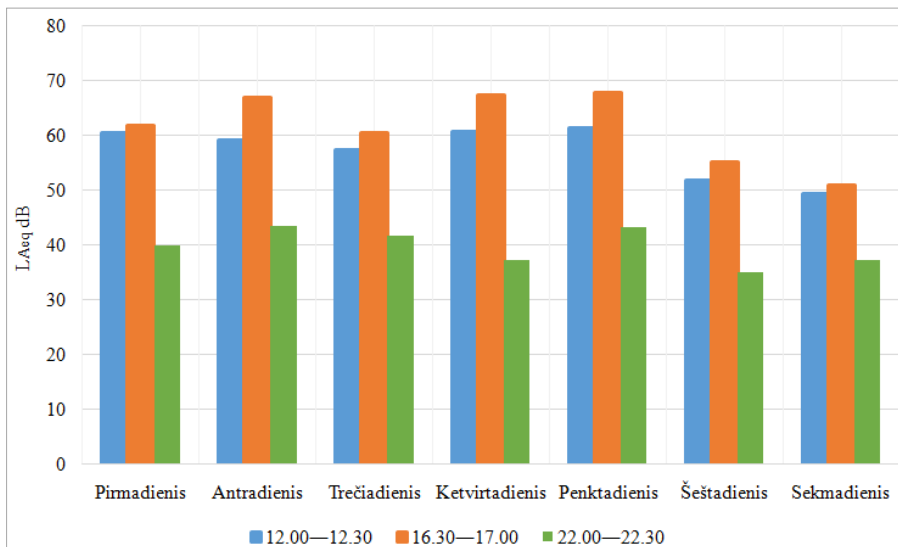
Buvo išmatuotas ekvivalentinis garso slėgio lygis L_{Aeq} ir maksimalus garso slėgis L_{Amax} dviejose taškuose. Grafikuose (3, 4 pav.) pateikti savaitės matavimų vidutiniai duomenis. Remiantis matavimų metų surinktais duomenimis buvo nustatyta, kad ekvivalentinis garso slėgio lygis L_{Aeq} buvo viršytas lyginant su Lietuvos higienos normoje nustatytais vertėmis. Išanalizavus grafikuose pateiktus duomenis galima teigti, kad didžiausi triukšmo lygiai yra fiksuojami 16.30–17.00 val. laikotarpyje. Triukšmo lygio padidėjimas susiję su eismo srauto intensyvumo padidėjimu. Tyrimo duomenys parodė, kad ekvivalentinis garso slėgio lygis, esant atstumui nuo kelio 22,5 m. buvo viršytos dienos metu antradienį 66,9 dB, ketvirtadienį

67,3 dB ir penktadienį 67,7 dB. Sunkiasvoriu automobilių kiekis vidutiniškai sudarė apie 70–80 transporto priemonių per 30 min.

Nustatyta, kad didžiausi triukšmo lygiai buvo užfiksuoti penktadieniais, o mažiausi šeštadieniais ir sekmadieniais. Atlikus triukšmo lygio sklaidos analizę, pastebėta, kad didesni triukšmo lygiai buvo fiksuoti darbo dienomis, kada eismo intensyvumas buvo didelis, o mažesni triukšmo lygiai užfiksuoti savaitgaliais, kai eismo srauto intensyvumas yra žymiai sumažėjęs, paliginus su darbo dienomis. Tyrimo duomenys parodė, kad maksimalus garso slėgio lygiai dažnai viršija higienos normas dėl didelio sunkaus transporto kiekio.

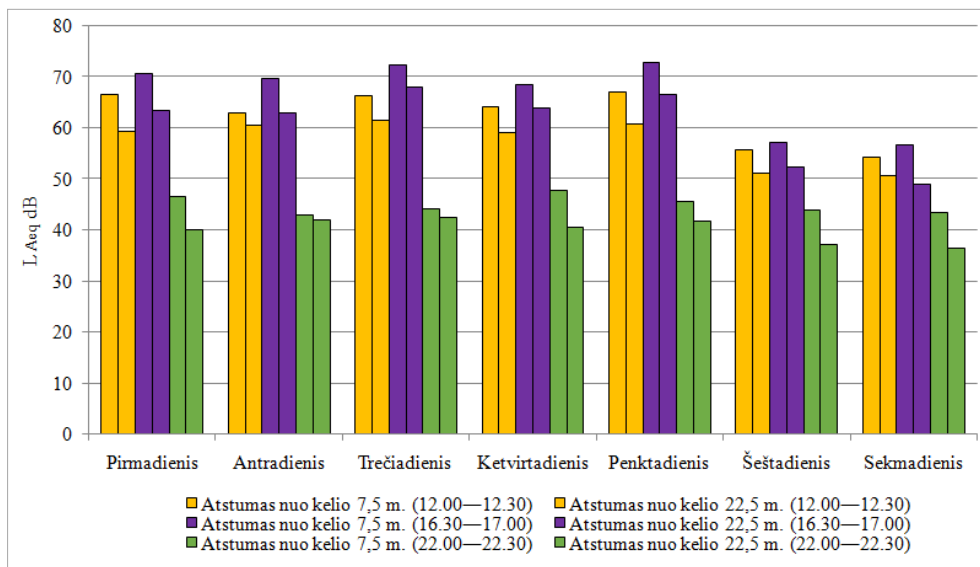


3 pav. Garso slėgio lygio matavimo rezultatai 7,5 m. atstume nuo kelio



4 pav. Garso slėgio lygio matavimo rezultatai 22,5 m. atstume nuo kelio

Atlikus triukšmo matavimus skirtinguose atstumuose nuo kelio buvo pastebima, kad didėjant atstumui eismo srauto sukeliamas triukšmas mažėja. Autotransporto srautas, remiantis statistiniais triukšmo modeliais, laikomas kaip linijinis nepastovus (kintantis laike) triukšmo šaltinis. Teoriškai žinoma, kad dvigubėjant atstumui nuo linijinio triukšmo šaltinio triukšmo lygis sumažėja 3 dB. Triukšmo lygio kitimo dinamiką pateikta 5 pav. Kaip matome iš grafiko, autotransporto keliamas triukšmas L_{Aeq} apytiksliai sumažėja 4–5 dB, kai atstumas padidėja nuo 7,5 iki 22,5 m.



5 pav. Garso slėgio lygio verčių kitimo dinamiką

Gauti matavimo duomenis gali būti panaudoti parenkant triukšmo mažinančias priemones ir padėti žmonėms apsaugoti nuo žalingo triukšmo poveikio.

Išvados

1. Išmatavus triukšmo lygius Karmėlavos miestelyje buvo nustatyta, kad Vilniaus gatvės 4 namo prieigose dienos metu ekvivalentinis garso slėgio lygis L_{Aeq} buvo viršytas. Dažniausi viršijimai buvo užfiksuoti 16.30–17.00 val. laikotarpyje: antradienį 66,9 dB, ketvirtadienį 67,3 dB ir penktadienį 67,7 dB. Viršijimai buvo nustatyti dėl didelio transporto eismo intensyvumo.
2. Tyrimo rezultatai rodo, kad triukšmo lygio kitimas priklauso nuo transporto srautų intensyvumo ir sudėties. Darbo dienomis, kai eismo srauto intensyvumas gana didelis, didėja triukšmo lygis L_{Aeq} ir siekia 60–68 dB dienos metu. Savaitgaliais, kai eismo intensyvumas žymiai mažesnis, triukšmo lygis tai pat buvo mažesnis ir sudarė 49–55 dB dienos metu.
3. Liginant didžiausias garso slėgio lygio reikšmes su Lietuvos higienos normomis nustatyta, kad maksimalus garso slėgis L_{Amax} prie namo fasado buvo viršytas 4–7 dB dienos metu ir 1–3 dB nakties metu.

Literatūra

1. Bernhard, R., Wayson, L. (2005). *An introduction to tire/pavement noise of asphalt pavement*, University of Central Florida.
2. Gražulevičienė, R., Bendokienė, I. (2009). Influence of truck traffic on acoustic pollution in Kaunas districts crossed by highways. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 17(4), 198–204.
3. Lekavičiūtė, A. J. (2007). *Transporto triukšmas Kauno mieste ir jo įtaką miokardo infarkto rizikai: daktaro disertacija*. Vytauto Didžiojo universitetas, Kaunas.
4. Lietuvos higienos norma HN 33:2011 „Akustinis triukšmas. Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamosiose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“
5. Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija VŠĮ Kelių ir transporto tyrimo institutas. Ne aglomeracijose esančių pagrindinių kelių ruožų strateginis triukšmo kartografavimas 2017.
6. Münzel, T., Schmidt, F. P., Steven, S., Herzog, J., Daiber, A. (2018). Environmental noise and the cardiovascular system, *Journal of the American College of Cardiology*, 71(6), 688–697.
7. World Health Organization (WHO). (2018). Environmental Noise Guidelines for the European Region. World Health Organization Regional Office for Europe.

Santrauka

Autotransporto keliamas triukšmas yra viena didžiausių ekologinių problemų ne tik miestuose, bet ir nedideliuose gyvenvietėse, augančio eismo intensyvumu. Daugybė mokslinių tyrimų parodė, kad transporto priemonių keliamas triukšmas turi didelę įtaką žmonių gyvenimo kokybei ir psichinei sveikatai. Prioritetine Europos Sąjungos politika orientuota į autotransporto sukeliama triukšmo mažinimą.

Šiame darbe buvo ištirtas transporto srautų sukeliama triukšmas ir jo sklaida Karmėlavos miestelyje. Kadangi Karmėlavos gyvenvietė išsidėsčiusi abiejose kelio pusėse, transporto triukšmas sklinda dideliais atstumais. Nustatyta, kokie garso lygiai veikia gyventojus, užfiksuoti normos viršijimai, lyginant su Lietuvos higienos norma HN:332011.

RESEARCH OF NOISE EMITTED BY THE FLOWS OF TRAFFIC IN THE TOWN OF KARMELAVA

Summary

Noise emitted by road transport is one of the biggest ecological problems not only in cities but also in small settlements, with increasing intensity of traffic. Numerous studies have shown that vehicle noise has an impact on people's quality of life and mental health. The priority policy of the European Union focuses on reduction of road transport noise.

The article deals with research of noise emitted by the flows of traffic and its spread in the town of Karmelava. Since the settlement is located on both sides of the road, the noise produced by motor vehicles spreads over long distances. It has been determined what sound levels affect the population, exceedance levels have been recorded compared with Lithuanian Hygiene Standard HN 33:2011.

Aleksej Parikvaš – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. 8 614 94578, el. p. aleks.parikvash@gmail.com

Algirdas Janulevičius – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, prof. dr., tel. 8 616 11453, el. p. algirdas.janulevicius@vdu.lt

AVIŽŲ ŠIAUDŲ-GRŪDŲ MIŠINIO ŠILUMINGUMO IR PELENINGUMO TYRIMAI

Vilmantas Sirvydis, Egidijus Zvicevičius

Įvadas

Pasaulyje senkant iškastinio kuro ištekliams, vis plačiau naudojamas kietasis biokuras. Ypač daug jo sunaudojama centralizuotos šilumos tiekimo sistemose. Per pastaruosius 20 metų centralizuotos šilumos tiekimo srityje biokuras beveik išstūmė iškastinį kurą: kietojo biokuro dalis kuro balanse padidėjo nuo 1,2 % (1997 m.) iki 69 % (2017 m.) ir 2020 m. viršijo 70 % [1]. Lietuvos Respublikos Seime priimtoje Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijoje numatyta kietojo biokuro dalį centralizuotos šilumos gamybos srityje toliau didinti ir 2030 m. pasiekti 90 %, o 2050 m. – 100 % [2]. Kietajam biokurui gaminti dažniausiai naudojama miško mediena ir medienos ruošos arba perdirbimo atliekos. Tikėtina, kad didėjant šalyje medienos paklausai, jos ims trūkti. Todėl tiek Lietuvoje, tiek kitose šalyse ieškoma alternatyvių biomasės išteklių kietojo biokuro gamybai [3].

Didelį potencialą turi žemės ūkio produktai ir jų antriniai produktai arba atliekos, o ypač šiaudai. Lietuvoje kasmet jų susidaro apie 4 mln. t. Nepakenkiant kitoms ūkio sritims, iš jų kurui rekomenduojama panaudoti ne daugiau 400–500 tūkst. t. Tačiau šiaudams būdingas didelis peleningumas (apie 4,5 %), dažnai žema pelenų lydymosi temperatūra (apie 820 °C), mažas tankis (35–60 kg·m⁻³) [4; 5, 6]. Medienos peleningumas yra apie 1,5 %, pelenų lydymosi temperatūra – apie 1000–1400 °C [7]. Siekiant pagerinti šiaudų savybes, yra naudojami priedai arba jie maišomi su kitos rūšies biomase, pavyzdžiui, grūdais. Teigiama, kad grūdai pasižymi mažu peleningumu, aukšta pelenų lydymosi temperatūra [8].

Tyrimų tikslas – nustatyti avižų javų augalinės biomasės energetines savybes, įvertinant grūdų poveikį jos šilumingumui ir peleningumui.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimų objektu pasirinkti avižų šiaudai, grūdai ir jų mišiniai, kuriuose grūdų masės dalis buvo 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %.

Tyrimai atlikti 2020 metais Biomasės paruošimo, logistikos ir kieto kuro procesų laboratorijoje. Pirmiausia avižų šiaudai ir grūdai susmulkinti centrifuginiu malūnu ZM200. Iš paruoštos žaliavos buvo formuojami ėminiai šilumingumo ir peleningumo matavimams. Lygiagrečiai buvo tiriamas žaliavos drėgnumas, džiovinant žaliavą džiovinimo spintoje 105 °C temperatūroje iki pastovios masės.

Šilumingumo tyrimai. Avižų javų augalinės biomasės šilumingumo tyrimams naudotas kalorimetras IKA C2000. Ėminys degintas degimo kameroje, kurią sudaro metalinis užsukamas cilindras, elektrodai, uždegimo vielutė ir tiglis. Presu biomasė suspausta ir suformuoti ėminiai. Tuomet ėminys įdėtas į tiglį. Į kamerą įpilta 5 ml

vandens, ant degimo vielutės užrištas siūlas, o kitas jo galas priglaustas prie ėminio. Tyrimui pasibaigus kalorimetro ekrane pateikiamas rezultatas – viršutinis drėgnos žaliavos šilumingumas. Tuomet apskaičiuojamas sausos biomasės viršutinis šilumingumas [9]:

$$Q_v^s = Q_v^{an. \dot{em}} \cdot \left(\frac{100}{100 - M_{ad}} \right), \quad (1)$$

čia: Q_v^s – sauso biokuro viršutinė šilumingumo vertė MJ·kg⁻¹;
 $Q_v^{an. \dot{em}}$ – analizuojamo biokuro viršutinė šilumingumo vertė MJ·kg⁻¹;
 M_{ad} – biokuro ėminio bendrosios analizės drėgmė, %.

Sausos biomasės apatinis šilumingumas [9]:

$$Q_a^s = Q_v^s - 212,2 \cdot H_2 - 0,8 \cdot (O + N), \quad (2)$$

čia: H_2 – vandenilio kiekis sausoje biomasėje, %;
 O – deguonies kiekis sausoje biomasėje %;
 N – azoto kiekis sausoje biomasėje %.

Peleningumo tyrimai. Tyrimai atlikti naudojant kaitinimo spintą NABERTHERM, kurioje avižų šiaudų, grūdų ir iš jų paruoštų mišinių ėminiai aukštai temperatūrai atspariuose indeliuose iš lėto buvo kaitinami iki 550 °C temperatūros (1 pav.).



1 pav. Karščiui atsparūs indai su avižų augaline biomasė (kairėje) ir jos pelėnais (dešinėje)

Svarstyklėmis KERN ABJ pasvėrus aukštai temperatūrai atsparius indelius, į juos buvo įpilama po vieną gramą tiriamos žaliavos. Užfiksavus indelio su žaliava masę, jis buvo įstatomas į kaitinimo spintą NABERTHERM ir pradedamas kaitinti: per pusvalandį temperatūra pakeliama iki 250 °C ir, tokiomis sąlygomis išlaikius ėminius vieną valandą, temperatūros kėlimas pratęsiamas. Temperatūra kaitinimo spintoje per pusvalandį padidinama iki 550 °C ir išlaikoma 2 valandas. Eksikatoriuje atvėšę indeliai su pelėnais pasverti svarstyklėmis KERN ABJ 0,1 mg tikslumu ir apskaičiuotas ėminio peleningumas [7]:

$$A_s = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100 \cdot \frac{100}{100 - m}, \quad (3)$$

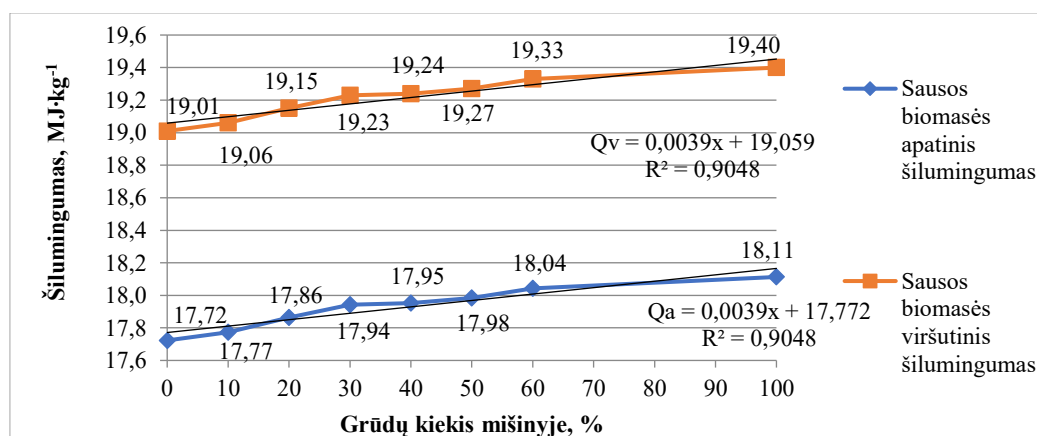
čia: m_1 – tuščio indelio masė, g;
 m_2 – indelio masė su bandiniu, g;

m_3 – indelio masė su pelenais, g;
 m – biomasės drėgnis, %.

Visi tyrimai atlikti penkiais pakartojimais. Duomenų analizė ir apdorojimas buvo atlikti Microsoft Excel programa, naudojant programinį paketą DATA ANALYSIS. Naudotas 95 % reikšmingumo lygmuo.

Tyrimų rezultatai

Tyrimų metu nustatytas avių šiaudų, grūdų ir jų mišinių, kuriuose yra 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 % ir 60 % grūdų, viršutinis drėgnos biomasės šilumingumas. Gauti rezultatai perskaičiuoti į sausos žaliavos viršutinį ir apatinį šilumingumus. Rezultatai pateikti 2 paveiksle.

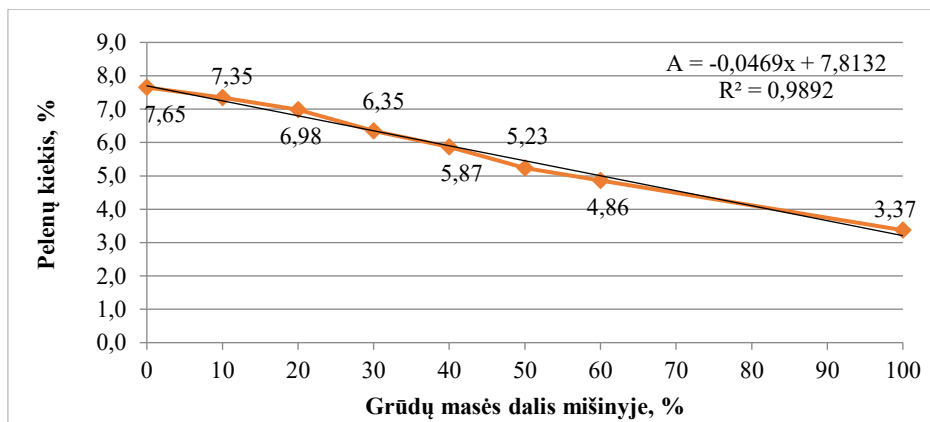


2 pav. Avių šiaudų, grūdų ir jų mišinių viršutinis ir apatinis šilumingumas

Nustatyta, kad šilumingiausi yra grynai grūdai – viršutinis šilumingumas siekia $19,40 \pm 0,12 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, o apatinis $18,11 \pm 0,12 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Lauke sutinkamo mišinio, kuomet grūdų dalis mišinyje yra 40 %, šilumingumas yra atitinkamai $19,24 \pm 0,04 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ir $17,95 \pm 0,04 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Grynų šiaudų šilumingumas siekia atitinkamai $19,01 \pm 0,08 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ir $17,72 \pm 0,08 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Įvertinus duomenis nustatyta, kad esminio skirtumo tarp avių šiaudų, grūdų ir jų mišinių nėra. Vadinasi, grūdai iš esmės mažai įtakoja avių kuro šilumingumą.

Gauti avių augalinės biomasės peleningumo rezultatai pateikti 3 paveiksle.

Didžiausias peleningumas būdingas avių šiaudams – $7,65 \pm 0,04 \%$. Didėjant grūdų kiekiui avių javų biomasėje, peleningumas tiesiškai mažėjo. Mažiausias peleningumas fiksuotas grynų avių grūdų ($3,37 \pm 0,09 \%$). Vadinasi, grūdų peleningumas yra 2,3 karto mažesnis už avių šiaudų peleningumą.



3 pav. Avižų šiaudų, grūdų ir jų mišinių peleningumas

Rekomenduojama, kad deginamo kuro peleningumas būtų ne didesnis kaip 5 % [10]. Taigi, rekomenduojamas avižų javų biomasės peleningumas būtų tuomet, jei grūdai sudarytų ne mažiau kaip 60 % masės. Natūraliai grūdai sudaro tik 30–40 % avižų javų masės.

Išvados

1. Nustatyta, kad tarp avižų šiaudų šilumingumo (viršutinis šilumingumas $19,01 \pm 0,08 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, o apatinis $17,72 \pm 0,08 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) ir avižų grūdų šilumingumo (viršutinis šilumingumas $19,40 \pm 0,12 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, apatinis $18,11 \pm 0,12 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) esminio skirtumo nėra, todėl grūdai iš esmės neįtakoja avižų šiaudų-grūdų mišinio šilumingumo.
2. Apskaičiuota, kad skirtumas tarp avižų šiaudų, grūdų ir jų mišinių viršutinio ir apatinio šilumingumo yra $1,29 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.
3. Nustatyta, kad avižų grūdų peleningumas yra 2,3 karto mažesnis už avižų šiaudų peleningumą: atitinkamai $3,37 \pm 0,09 \%$ ir $7,65 \pm 0,04 \%$. Taigi, didėjanti grūdų masės dalis šiaudų-grūdų mišinyje lemia mažesnę jo peleningumą.
4. Standartuose nustatyta 5 % peleningumo riba nebūtų viršijama, kai grūdų dalis šiaudų-grūdų mišinyje siektų daugiau nei 60 %.

Literatūra

1. Lietuvos statistikos departamentas. (2019). Atsinaujinančios energijos galutinis suvartojimas [interaktyvus], [žiūrėta 2021-02-10]. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=e7339206-858d-43de-ad93-f12ca772590c%20-%20%20-%20%20/>
2. Lietuvos Respublikos Energetikos Ministerija. (2018). Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija [interaktyvus], [žiūrėta 2021-02-10]. Prieiga per internetą: <https://enmin.lrv.lt/lt/teisine-informacija/teises-aktai/bendrieji-energetikos-strateginiai-dokumentai/nacionaline-energetines-nepriklausomybes-strategija-2018>
3. Vares, V., ir kt. (2007). Biokuro naudotojo žinynas [interaktyvus], [žiūrėta 2021-02-10]. Prieiga per internetą: <https://www.ena.lt/uploads/PDF-AEI/Leidiniai-LT/4-Biokuro-zinynas.pdf>

4. Raila, A., Zvicevičius, E. (2014). *Šiaudai kaip atsinaujinantis vietinis kuras* [interaktyvus], [žiūrėta 2021-02-10]. Prieiga per internetą: http://biokuras.lt/uploads/new_assigned_files/6.%20Egidijus%20Zvicevicius.%20Sekcija%20A.pdf;
5. Pedišius, N., ir kt. (2016). Biokuro savybių ir juo kūrenamų mažos bei vidutinės galios įrenginių efektyvumo ir taršos parametrų tyrimai [interaktyvus], [žiūrėta 2021-02-10]. Prieiga per internetą: <https://www.lmaleidykla.lt/ojs/index.php/energetika/article/view/3395/2200>;
6. Pedišius N. ir kt. (2016). Biokuro savybių ir juo kūrenamų mažos ir bei vidutinės galios įrenginių efektyvumo ir taršos parametrų tyrimai. *Energetika*, 4 [interaktyvus], [žiūrėta 2021-03-22]. Prieiga per internetą: <https://www.lmaleidykla.lt/ojs/index.php/energetika/article/view/3395/2200>.
7. Šateikis, I. (2006). *Augalinės biomasės auginimo ir naudojimo kietajam kurui energetinis potencialas ir mokslinės problemos*. Kaunas: Žemės ūkio inžinerija. 5–21 p.
8. Ambrulevičius, R. (2008). Grūdų ir sėklų panaudojimas kurui. *Mano ūkis, 1* [interaktyvus], [žiūrėta 2021-02-11]. Prieiga per internetą: <http://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2008/01/grudu-ir-seklu-panaudojimas-kurui/>;
9. Puida, E. Kietojo biokuro energetinių charakteristikų nustatymui naudojami standartai, įranga [interaktyvus], [žiūrėta 2021-02-11]. Prieiga per internetą: https://www.lsta.lt/files/events/2015-02-10Biokurotaisykl/Puida2_Biokuras-%20en.%20charakt.%20nustatymas-2.pdf;
10. Lietuvos Respublikos Energetikos Ministerija. 2017. Įsakymas dėl kietojo biokuro kokybės reikalavimų patvirtinimo. 1 priedas [interaktyvus], [žiūrėta 2021-02-12]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legact/Act/lt/TAP/50d5b860a81611e7a65c90dfe4655c64?jfwid=5w7avkwdz>;

Santrauka

Straipsnyje nagrinėjamos pagrindinės avižų javų šiaudų, grūdų ir jų mišinių energetinės savybės. Tyrimų tikslas – nustatyti avižų javų augalinės biomasės energetines savybes, įvertinant grūdų poveikį jos šilumingumui ir peleningumui. Gauti rezultatai parodė, kad avižų šiaudai ir grūdai pasižymi panašiu viršutiniu (atitinkamai $19,01 \pm 0,08 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ir $19,40 \pm 0,12 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) bei apatiniu šilumingumu (atitinkamai $17,72 \pm 0,08 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ir $18,11 \pm 0,12 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$). Ypač dideliu peleningumu pasižymi šiaudai ($7,65 \pm 0,04 \%$), o grūdų peleningumas yra mažesnis ($3,37 \pm 0,09 \%$). Todėl didėjanti grūdų masės dalis mišinyje įtakoja mažesnę peleningumą. Remiantis gautais rezultatais padaryta išvada, kad grūdai gerina avižų kuro energetines savybes, bet pageidautina, kad jie sudarytų ne mažiau kaip 60 procentų avižų javų biomasės.

Reikšminiai žodžiai: avižos, šiaudai, grūdai, šilumingumas, peleningumas.

RESEARCH OF COLORIFIC VALUES AND AMOUNT OF ASHES FOR OAT STRAW-GRAIN MIXES

Summary

In this article main energetic properties of oat straw, grains and their various mixes are described. Aim of the research – to determine energetic properties of oat biomass and evaluate their impact on colorific value and amount of ashes. Results show that oat straw and grains has similar high-colorific ($19.01 \pm 0.08 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $19.40 \pm 0.12 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) and low-colorific ($17.72 \pm 0.08 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $18.11 \pm 0.12 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) values. Oat straw has big amount of ashes ($7.65 \pm 0.04\%$), but grains has small amount of ashes ($3.37 \pm 0.09\%$). Increasing amount of oat grains in mixes influences decreasing amount of ashes. According to results, main conclusion is that oat grains improve energetic properties of oat fuel, but it is preferred more than 60% of grains in an oat biomass.

Key words: oats, straw, grains, colorific value, ashes

Vilmantas Sirvydis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas; tel. +370 662 77680, el. p. v.sirvydis@gmail.com.

Egidijus Zvicevičius – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos instituto doc. dr.; tel. +370 618 07674, el. p. egidijus.zvicevicius@vdu.lt.

CILINDRŲ IŠJUNGIMO ĮTAKOS VARIKLIO DARBO RODIKLIAMS TYRIMAS

Tomas Česnakas, Stasys Slavinskas

Įvadas

Griežtėjant aplinkosauginiams reikalavimams, vis aktualesniais tampa variklių degalų sąnaudų ir deginių toksiškumo mažinimo, išlaikant variklio galią ir sukimo momentą, klausimai. Įgyvendinant šiuos reikalavimus vienas iš galimų sprendimo būdų – išjungti mažalitražiam varikliui vieną cilindrą, jam dirbant mažomis apkrovomis ar tuščiąją eiga. To pasėkoje deginiuose sumažėja nesudegusių angliavandenių (CH) kiekis, nes mažiau įpurškiama degalų į ta patį kiekį įsiurbto oro ir tokiu atveju susidaro mažiau zonų, kuriose nevisiškai sudega degalai [1]. Norint sumažinti azoto oksidų (NOx) kiekį deginiuose, reikia kontroliuoti įsiurbiamo oro kiekį bei jį tinkamai paskirstyti tarp cilindrų, kad būtų galima pasiekti kuo efektyvesnį degimą. Panaudojant oro įsiurbimo kolektoriuje tokias priemones, kaip oro paskirstymo sklendes, kurios lemia geresnį cilindrų pripildymą, galima sumažinti ir (NOx) koncentraciją deginiuose. Nutraukus degalų teikimą cilindrai, būtinas ir oro tiekimo nutraukimas jam, priešingu atveju cilindro išjungimas nebus veiksmingas (NOx) atžvilgiu [2]. Degalų tiekimo nutraukimas cilindrams leidžia mažinti degalų sąnaudas, nes varikliui veikiant mažomis apkrovomis, nėra maksimaliai išnaudojamas jo darbo tūris, ir tokiu atveju reikiamą sukimo momentą galima sukurti ir išjungus vieną cilindrą. Naudojant šią technologiją galima mažinti variklio eksploataavimo kaštus [3].

Tyrimo tikslas – ištirti cilindro išjungimo įtaką variklio darbo ir deginių emisijos rodikliams.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti variklio stendinius bandymus varikliui veikiant visais cilindrais ir išjungus vieną cilindrą;
2. Įvertinti variklio deginių emisijos pokyčius, išjungus vieną cilindrą;
3. Įvertinti ir palyginti degalų sąnaudas, varikliui dirbant visais ir su vienu atjungtu cilindru.

Tyrimų metodika ir objektas

Tyrimas buvo atliktas ŽŪIF Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos instituto variklių bandymų laboratorijoje. Eksperimentiniams tyrimams atlikti naudotas 85 kW 1,9 l CRDI dyzelinis variklis (Fiat 1,9 JTD), kardaniniu velenu sujungtas su elektriniu apkrovos stendu KS-56-4, kuriuo buvo sukuriamas stabdymo momentas. Tyrimai atlikti varikliui veikiant tuščiąją eiga ir mažomis bei vidutinėmis apkrovomis trimis sukimosi greičiais. Bandymų režimai pateikti 1 lentelėje. Kiekvienu režimu

atlikti bandymai varikliui veikiant visais cilindrais ir išjungus degalų tiekimą vienam cilindriui.

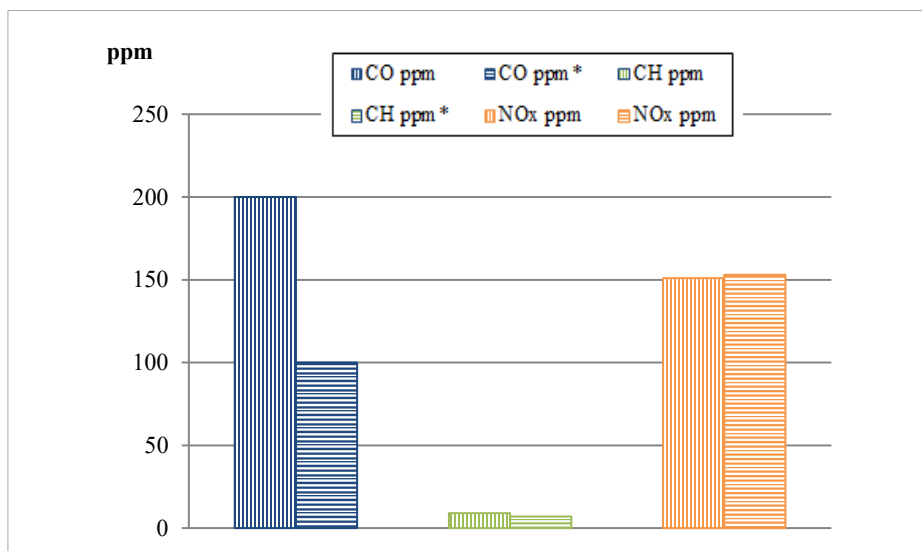
1 lentelė. Variklio bandymo režimai ir apkrovos

n, min ⁻¹	1500	2000	2500
Me, Nm	24,53	24,53	24,53
	49,05	49,05	49,05
	73,58	73,58	73,58
	98,10	98,10	98,10

Anglies monoksido (CO) ir nesudegusių angliavandenilių emisijos matuotos Tecnotest 488 deginių analizatoriumi, o NO_x emisijai matuoti naudotas Testo 350xl deginių analizatorius. Degalų sąnaudos matuotos AVL 733S dinaminėmis svarstyklėmis.

Rezultatai

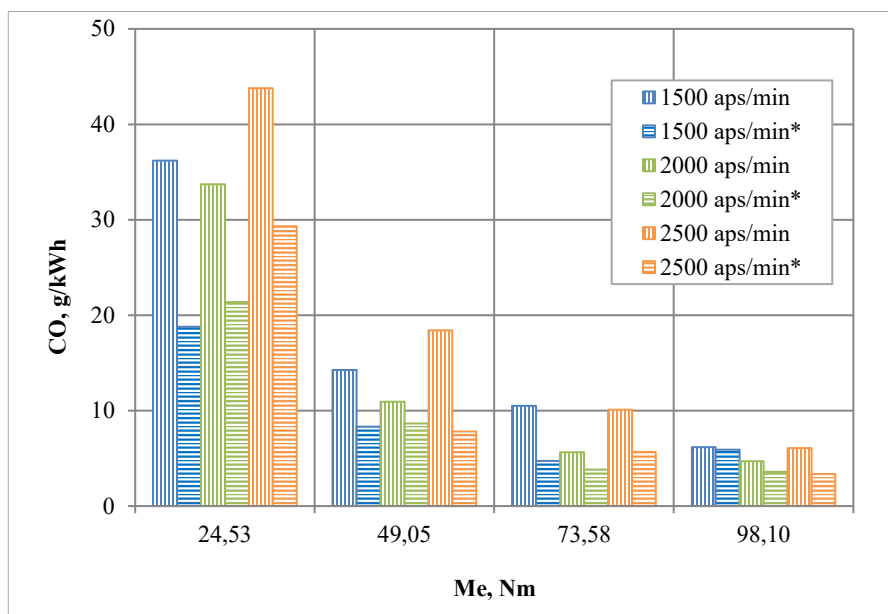
Gautų rezultatų analizė rodo, kad varikliui veikiant tuščiąja eiga, vieno cilindro išjungimas didžiausią įtaką turėjo anglies monoksido emisijai (1 pav.). CO koncentracijai deginiuose sumažėjo dvigubai. Tuo tarpu nesudegusių angliavandenilių (CH) koncentracija deginiuose sumažėjo tik 20 %. Vieno cilindro išjungimas tuščiojoje eigoje azoto oksidų (NO_x) emisijai turėjo vos pastebimą įtaką. Ji padidėjo ~ 1 %.



1 pav. Variklio cilindro išjungimo įtaka CO, CH ir NO_x emisijoms varikliui veikiant tuščiąja eiga, n = 800 min⁻¹ (simboliu „*“ pažymėta emisija, gauta išjungus vieną cilindrą)

Šiuos pokyčius galima paaiškinti temperatūros ir slėgio padidėjimu veikiančiuose varikliuose, išjungus vieną cilindrą. Padidėjus temperatūrai didesnė dalis CO

ir CH oksiduojasi iki galutinių degimo produktų. Tačiau slėgio ir temperatūros padidėjimas skatina azoto oksidų susidarymą.

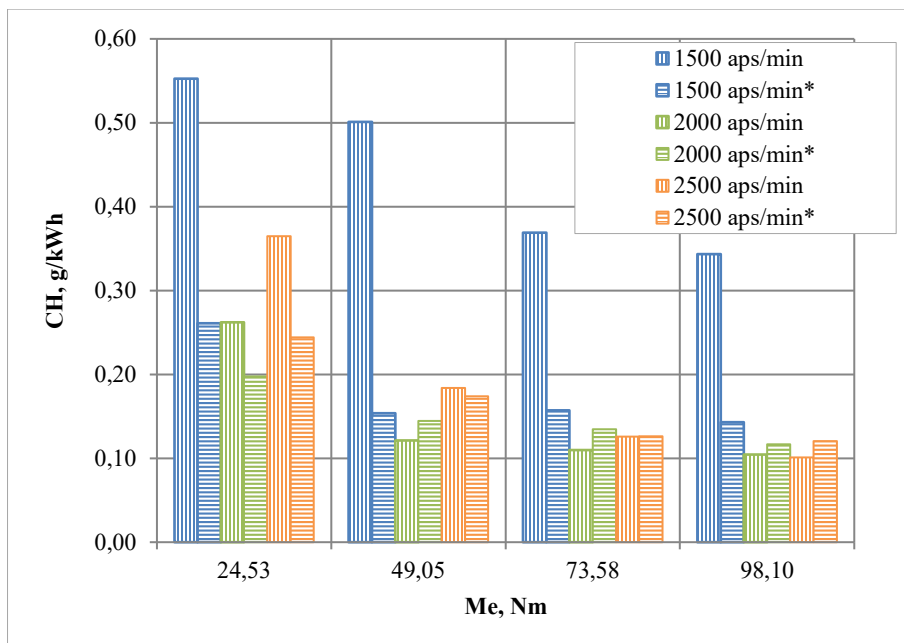


2 pav. Variklio cilindro išjungimo įtaka CO emisijai (simboliu „*“ pažymėta CO emisija, gauta išjungus vieną cilindrą)

Varikliui veikiant 1500 min^{-1} sukiais $24,53\text{--}73,58 \text{ Nm}$ apkrovos diapazone, vieno cilindro išjungimas CO emisiją sumažino vidutiniškai 49 %. Toliau padidinus apkrovą šis skirtumas sumažėja iki 5 %. Sūkius padidinus iki 2000 min^{-1} ir esant $24,53 \text{ Nm}$ bei $73,58 \text{ Nm}$ sukimo momentams, CO emisija sumažėjo vidutiniškai ~ 35 %, prie likusių apkrovų sumažėjimas buvo lygus ~ 22 %. Varikliui veikiant dar didesniais 2500 min^{-1} sukiais, didžiausias anglies viendeginio sumažėjimas, išjungus vieną cilindrą, buvo gautas esant $49,05 \text{ Nm}$ sukimo momento apkrovai. Šis sumažėjimas buvo lygus ~57 %. Varikliui veikiant kitomis užsiduotomis apkrovomis, išjungus vieną cilindrą CO emisija sumažėjo vidutiniškai 40 %.

Anglies viendeginio sumažėjimas, išjungus vieną cilindrą, gali būti paaiškintas padidėjusia apkrova likusiems veikiantiems cilindrams. Padidėjus apkrovai, padidėja slėgis ir temperatūra cilindre degimo metu, kas intensyvina degimą ir mažina nepilno degimo produktų emisiją.

3 pav. pateikti nesudegusių angliavandenilių emisijos matavimo rezultatai varikliui veikiant visais cilindrais ir išjungus vieną cilindrą. Kaip matyti iš pateiktų diagramų, varikliui veikiant 1500 min^{-1} sukų dažniu išjungus vieną cilindrą CH emisija sumažėjo nuo 2,3 iki 3,4 kartų, esant visoms užsiduotoms variklio apkrovoms.

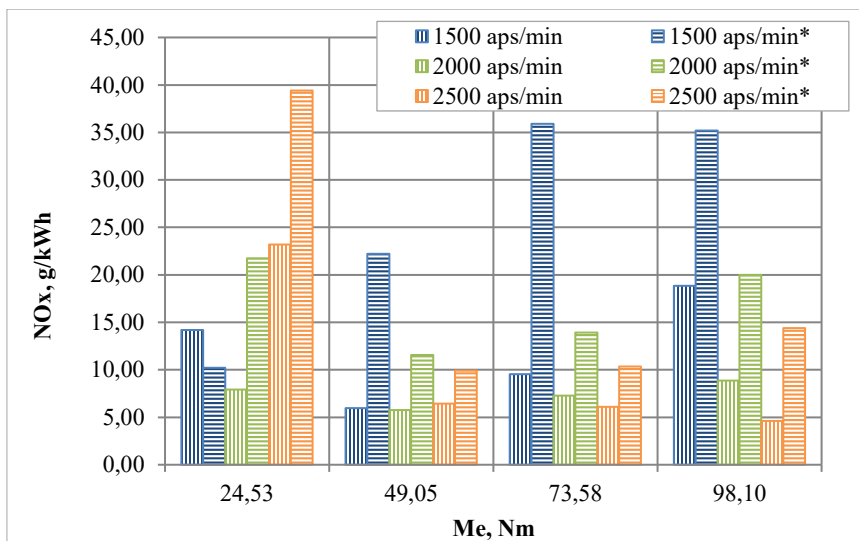


3 pav. Variklio cilindro išjungimo įtaka CH emisijai (simboliu „*“ pažymėta CH emisija, gauta išjungus vieną cilindrą).

Variklio veikiant 2000 min^{-1} sukimosi greičiu ir mažiausia iš tirtų apkrovų, CH emisija išjungus vieną cilindrą sumažėjo ~25 %. Toliau didinant apkrovą, cilindro išjungimas turėjo neigiamos įtakos CH emisijai. Ji padidėjo vidutiniškai 18 %. Analogiškos tendencijos gautos ir varikliui veikiant 2500 min^{-1} sukimosi dažniu. Esant mažiausiai apkrovai cilindro išjungimas nesudegusių angliavandenilių emisiją sumažino ~33 %. Apkrovą padidinus iki 49 Nm, šis sumažėjimas tesiekė 5 %, o esant 73,6 Nm apkrovai CH emisija nepasikeitė. Varikliui veikiant maksimalia tirta apkrova, išjungus vieną cilindrą, buvo išmatuotas CH emisijos padidėjimas ~19 %.

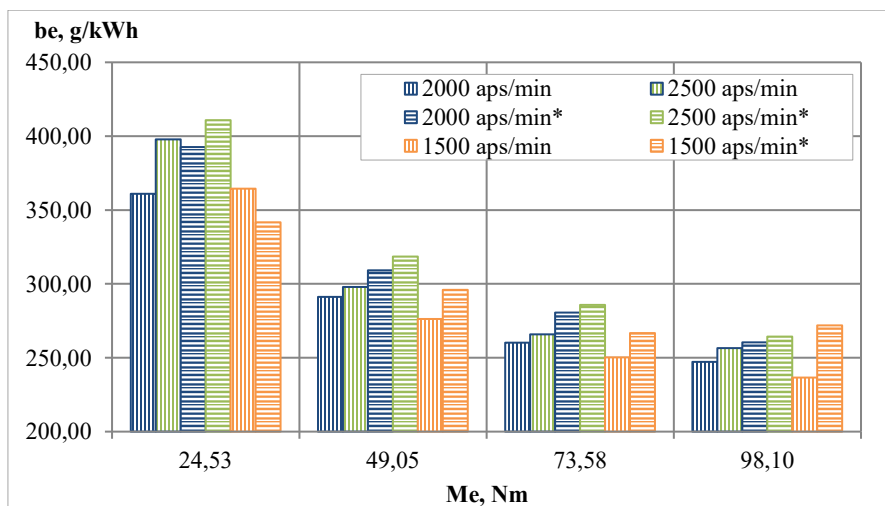
Azoto oksidų emisijos sumažėjimas, išjungus vieną cilindrą, gautas tik varikliui veikiant 1500 min^{-1} sukimosi greičiu ir mažiausia tirta apkrova (4 pav.). Išjungus vieną cilindrą NOx emisija sumažėjo ~28 %. Esant šioms sūkiams ir didėjant apkrovai, vieno cilindro išjungimas pastebimai didino azoto oksidų emisiją. NOx emisija padidėjo net 3,5 karto.

Sūkius padidinus iki 2000 min^{-1} , NOx emisija, išjungus vieną cilindrą, prie visų apkrovų padidėjo vidutiniškai 2,2 karto. Varikliui veikiant 2500 min^{-1} sukimosi dažniu, didžiausias NOx padidėjimas, išjungus vieną cilindrą, gautas esant maksimaliai tirtai apkrovai. Šiuo atveju NOx emisija buvo 3 kartus didesnė, nei varikliui veikiant visais cilindrais. Esant mažesnėms apkrovoms, cilindro išjungimas azoto oksidų emisiją padidino vidutiniškai 1,5 karto.



4 pav. Variklio cilindro išjungimo įtaka NOx emisijai (simboliu „*“ pažymėta NOx emisija, gauta išjungus vieną cilindrą)

Azoto oksidų emisijai lemiamą įtaką turi degimo temperatūra. Išjungus vieną cilindrą, didėja apkrova likusiems cilindrams, o tuo pačiu didėja ir degimo metu išsiskiriančios šilumos kiekis bei dujų temperatūra cilindre. Tai sudaro palankesnes sąlygas azoto oksidams susidaryti.



5 pav. Variklio cilindro išjungimo įtaka efektyviesiems degalų sąnaudoms (simboliu „*“ pažymėta efektyviosios degalų sąnaudos, gauta išjungus vieną cilindrą).

Iš 5 pav. pateiktų diagramų matyti, kad vieno cilindro išjungimas nesumažino degalų sąnaudų. Kadangi bandymų metu cilindras buvo išjungiamas tik nutraukiant

degalų tiekimą, tai nesumažino mechaninių nuostolių, tame tarpe ir darbo, reikalingo dujų mainams atjungtame cilindre. Norint sumažinti šiuos nuostolius kartu su degalų tiekimo nutraukimu, reikėtų riboti ir oro tiekimą tam cilindriui. Tam reikalingi sudėtingi pakeitimai dujų skirstymo mechanizme.

Išvados

1. Vieno cilindro išjungimas ženkliai sumažino CO emisiją tiek varikliui veikiant tuščiąja eiga, tiek ir tirtomis dalinėmis apkrovomis.
2. Išjungus vieną cilindrą, nesudegusių angliavandenilių emisija sumažėjo nuo 2,3 iki 3,4 karto, varikliui veikiant visomis tirtomis apkrovomis 1500 min^{-1} sukimosi greičiu. Didėjant greičiams ir apkrovoms, teigiamas efektas mažėjo ir perėjo į neigiamą.
3. Azoto oksidų emisijos sumažėjimas, išjungus vieną cilindrą, gautas tik varikliui veikiant 1500 min^{-1} sukimosi greičiu ir mažiausia tirta apkrova. Kitais tirtais variklio darbo režimais gautas NOx padidėjimas nuo 1,5 iki 3,5 karto.
4. Cilindro išjungimas nesumažino degalų sąnaudų, nes bandymų metu cilindras buvo išjungiamas tik nutraukiant degalų tiekimą, o tai nesumažino mechaninių nuostolių, tame tarpe ir darbo, reikalingo dujų mainams išjungtame cilindre.

Literatūra

1. Abas, N. A., Tamaldin, N., Yamin, A. K. M. (2019). Experimental investigation of cylinder deactivation impact on engine performance and emission for si engine. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 14, 470–475.
2. Haijun, Mo, Yongquan, Huang, Xiaojian, Mao1 and Bin, Zhuo, (2014). The effect of cylinder deactivation on the performance of a diesel engine. *J Automobile Engineering*, 228(2), 199–205.
3. Yang, Jing, Quan, Long, and Yang, Yang (2012). Excavator Energy-saving Efficiency Based on Diesel Engine Cylinder Deactivation Technology. *Chinese journal of mechanical engineering*, 25(5), 897–904.

Santrauka

Straipsnyje pateikti keturių cilindrų dyzelinio variklio bandymų rezultatai, kurių tikslas buvo ištirti vieno cilindro išjungimo įtaką deginių emisijai ir degalų sąnaudoms. Bandymai atlikti varikliui veikiant tuščiąja eiga bei 1500 , 2000 ir 2500 min^{-1} sūkių dažniais. Apkrova buvo keičiama didinama kas $\sim 25 \text{ Nm}$ iki $\sim 100 \text{ Nm}$. Gauti rezultatai parodė, kad vieno cilindro išjungimas ženkliai sumažino CO emisiją tiek varikliui veikiant tuščiąja eiga, tiek ir tirtomis dalinėmis apkrovomis. Išjungus vieną cilindrą, nesudegusių angliavandenilių emisija sumažėjo nuo 2,3 iki 3,4 karto, varikliui veikiant visomis tirtomis apkrovomis 1500 min^{-1} sukimosi greičiu. Didėjant greičiams ir apkrovoms, teigiamas efektas mažėjo ir perėjo į neigiamą. Azoto oksidų emisijos sumažėjimas, išjungus vieną cilindrą, gautas tik varikliui veikiant 1500 min^{-1} sukimosi greičiu ir mažiausia tirta apkrova. Kitais tirtais variklio darbo režimais gautas NOx padidėjimas nuo 1,5 iki 3,5 karto. Cilindro išjungimas nesumažino degalų sąnaudų, nes bandymų metu cilindras buvo išjungiamas tik nutraukiant degalų tiekimą, o tai nesumažino mechaninių nuostolių, tame tarpe ir darbo, reikalingo dujų mainams išjungtame cilindre.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CYLINDER SHUTDOWN ON ENGINE PERFORMANCE

Summary

The paper presents the results of a four-cylinder diesel engine test at investigating the impact of single-cylinder shutdown on emissions and fuel consumption. Tests were performed with the engine idling and at 1500, 2000 and 2500 rpm. The load was varied in increments of ~25 Nm to ~100 Nm. To obtain results when single-cylinder shut-off signals reduced CO emissions both at idling speed and at the partial loads tested. When one cylinder was switched off, the emission of unburnt hydrocarbons was reduced from 2.3 to 3.4 times, with the engine running at all thick loads at a speed of 1500 min⁻¹. At maximum speeds and loads, the positive effect decreased and shifted to the negative. The reduction in nitrogen oxide emissions after switching off one cylinder was obtained only with the engine running at 1500 rpm and the lowest load tested. In the other engine operating modes studied, a NOx increase of 1.5 to 3.5 times was obtained. Switching off the cylinder did not reduce fuel consumption, as during the tests the cylinder was switched off only by interrupting the fuel supply, which did not reduce mechanical losses, which also required the work required for the gas base in the switched-off cylinder.

Tomas Česnakas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; el. p. cesnakastomas84@gmail.com

Stasys Slavinskas – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, prof. dr.; el. p. stasys.slavinskas@vdu.lt

SANKRYŽOS FUNKCIONALUMO TYRIMAS

Vitoldas Vilčinskas, Gediminas Pupinis

Įvadas

Tyrimas atliekamas įvažiavimo nuo vakarinio Kauno aplinkkelio į Raudondvario pl. sankryžoje. Tai viena iš labiausiai spūsčių kamuojamų sankryžų Kaune. Pikų metu, transporto priemonių eilės nusidriekia ant vakarinio Kauno aplinkkelio, kuris yra itin judrios „Via Baltica“ magistralės dalis. Tai iššaukia tokias problemas, kaip vairuotojų prastovas, padidėjusias degalų sąnaudas ir oro taršą. Be viso to, spūstys ant judraus magistralinio kelio didina avarijų tikimybę. Tad, galima teigti, kad šioje vietovėje vyraujantis eismo modelis nėra (nebėra) pajėgus, praleisti per daugelį metų, išaugusį transporto srautą. Todėl, pasitelkiant PTV VISSIM programą, buvo atliekamas sankryžos funkcionalumo tyrimas, kurio metu buvo modeliuoti įvairūs sankryžų variantai, analizuoti jų funkcionalumo rodikliai ir ieškota efektyvesnio modelio varianto.

Su panašiomis problemomis susiduria ir kitos sankryžos. Tad, pirmas dalykas, nuo ko reikia pradėti spręsti tokias problemas – sankryžos funkcionalumo vertinimas ir efektyvesnių sprendimų paieška. Vien Lietuvoje, per keletą pastarųjų metų yra atlikta gana nemažai mokslinių tyrimų, sprendžiančių analogiškas sankryžų funkcionalumo problemas. Vitalijus Daktaras „Kauno pilies žiedo ir Jurbarko–Kriščiukaičio gatvių sankryžos transporto eismo srautų tyrime ir modeliavime“ vertino žalių rodyklių prie raudono šviesoforo signalo efektyvumą. Buvo nustatyta, kad atsisakius šių rodyklių, t. p. stovėjimo laikas sumažėja 8,47 %, o pakeitus eismo tvarką – 12,70 % [1]. Robert Markovski savo darbe „Antakalnio ir Žirmūnų žiedinių sankryžų sistemos rekonstravimo galimybės“ nagrinėjo Vilniuje esančios sankryžos rekonstravimo ypatumus. Buvo nustatyta, kad efektyviausias variantas yra rekonstruoti žiedinę sankryžą į keturšalę šviesoforais reguliuojamą sankryžą [2]. Probleminę sankryžą Panevėžyje nagrinėjo Andrius Leimontas darbe „Panevėžio miesto Klaipėdos – Projektuotojų – Dariaus ir Girėno gatvių sankryžos srautų analizė“. Tyrime nustatyta, kad efektyviausias sprendimas pakeisti esamą sankryžą būtų įrengti dviejų eismo juostų žiedinę sankryžą. Teigiama, kad šis sprendimas sankryžos pralaidumą turėtų padidinti 53 proc. [3].

Taigi, sankryžų funkcionalumo gerinimo variantų yra daug ir įvairių. Vienai sankryžai tikęs rekonstrukcijos sprendimas nebūtinai tiks kitai. Kiekvienas atvejis yra unikalus, todėl reikia atidžiai įvertinti esamą situaciją ir rasti konkretų sprendimo būdą, kuris gebės išspręsti vyraujančio eismo valdymo modelio problemas.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti įvažiavimo nuo vakarinio aplinkkelio į Raudondvario plentą sankryžos Kauno mieste funkcionalumą ir pasiūlyti sprendimus, gerinančius pralaidumą bei saugumą.

Tyrimo uždaviniai:

1. Surinkti transporto priemonių, pėsčiųjų srautų ir šviesoforų signalų duomenis sankryžoje.
2. Turimus duomenis apdoroti, transporto priemones suklasifikuoti ir išanalizuoti dabartinės sankryžos pralaidumo pajėgumus.
3. Remiantis surinktais eismo srautų ir šviesoforų signalų duomenimis, VISSIM programoje sumodeliuoti esamos ir alternatyvių sankryžų modelius.
4. Pasitelkus VISSIM programą, atlikti visų sukurtų sankryžų modelių simuliacijas ir gauti jų funkcionavimo rezultatus.
5. Palyginti visų modelių gautus rezultatus: susidariusių eilių parametrus, sankryžų kokybės lygius (*LOS*), sankryžos įveikimo laiko parametrus bei transporto priemonių išmetamas emisijas sankryžoje.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimo objektas yra įvažiavimo nuo vakarinio Kauno aplinkkelio (A5) į Raudondvario pl. (141) sankryža. Nors spūstys sankryžoje, piko metu, susidaro iš visų atšakų, tačiau didžiausią nerimą kelia susidarantys eismo trikdžiai intensyviame A5 kelyje. Iš Šiaurės atvykstantis srautas, norintis važiuoti link Raudondvario pl. yra priverstas stoviniuoti pirmoje eismo juostoje (iš ten vyraujančių dviejų) arba judėti kelkraščiu. Bet kuriuo vairuotojų pasirinktu atveju kyla pavojus tiek jiems, tiek aplinkiniams, o važiavimas kelkraščiu toje atkarpoje yra KET nepaisymas, net jei ir tai daroma vadovaujantis geromis paskatomis. Analogiška problema vyrauja ir iš pietinės pusės. Tačiau ten susidariusios eilės ne tik trukdo A5 važiuojančio srauto judėjimui, bet ir iš 140 kelio norinčiam išvažiuoti srautui. Dėl to, transporto priemonių eilės susidaro ir 140 kelyje. Kita opi problema yra sankryžos saugumas nakties metu. Pėstiesiems ir atvažiuojantiems nuo vakarinio aplinkkelio į Raudondvario pl. eismas tampa sudėtingas ir nesaugus. Tokiu metu sankryža yra nereguliuojama šviesoforu, o pagrindiniu keliu važiuojantis transportas, dažnu atveju, nesilaiko greičio ribojimo, dėl vyraujančios gana ilgos tiesiosios – Raudondvario plento. Tad sankryžos atkarpą transportas įveikia nesaugiu greičiu, taip apsunkindamas kitų transporto priemonių įvažiavimą į Raudondvario pl. bei kelia pavojų pėsčiųjų srautui. Tam turėtų būti naudojama greičio mažinimo priemonė.

Tyrimo atliekamas naudojant šią metodiką:

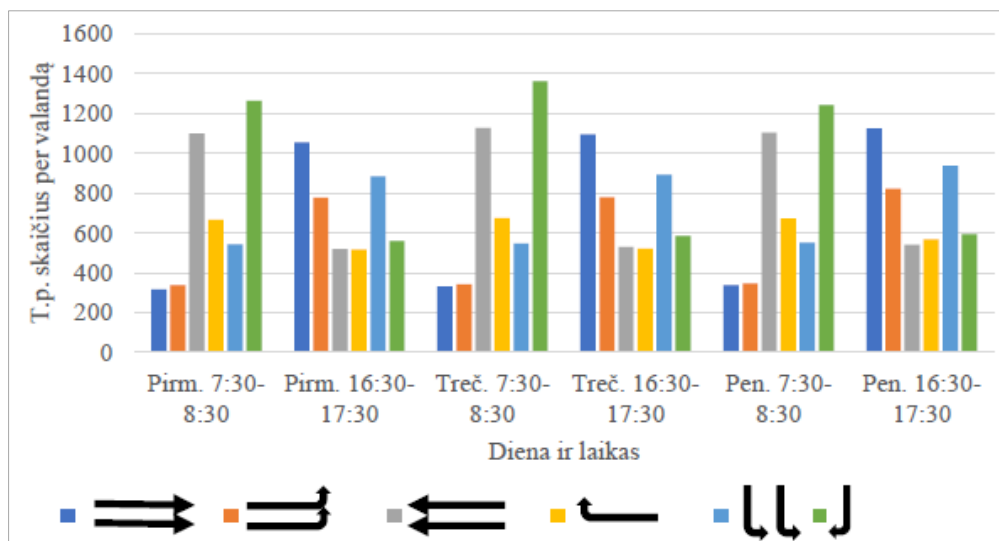
- Transporto priemonių ir pėsčiųjų srautų bei šviesoforų signalų duomenys renkami vienos savaitės laikotarpyje: nuo 2019-09-16 iki 2019-09-22. Renkama tris dienas rytinių (7:30–8:30 val.) ir vakarinių (16:30–17:30 val.) pikų metu: pirmadienį, trečiadienį ir penktadienį.
- Darbui atlikti naudojama įranga: vaizdo kamera DENVER AC-5000W (Denver Electronics, Vokietija), chronometras, programos Excel ir PTV VISSIM.
- Surinkti duomenys analizuojami, apdorojami ir sisteminami (Excel).

- Sumodeliuotų sankryžų funkcionalumo rezultatų generavimui ir vertinimui naudojama PTV VISSIM (Academic License) 11.00–14 [91844] programinė įranga.

Rezultatai

Surinkus įvažiavimo nuo vakarinio Kauno aplinkkelio į Raudondvario pl. sankryžos šviesoforų signalų duomenis, išsiaiškinta, kad ilgiausiai, eismą leidžiantis signalas dega srautui, judančiam iš centro į Vakarus – 64 sekundes. Bene perpus trumpiau – 33 sekundes per ciklą leidžiama važiuoti iš Vakarų link centro. Likusiems srautams skirta po 26 sekundes. Bendra šviesoforų ciklo trukmė šioje sankryžoje yra 111 sekundžių.

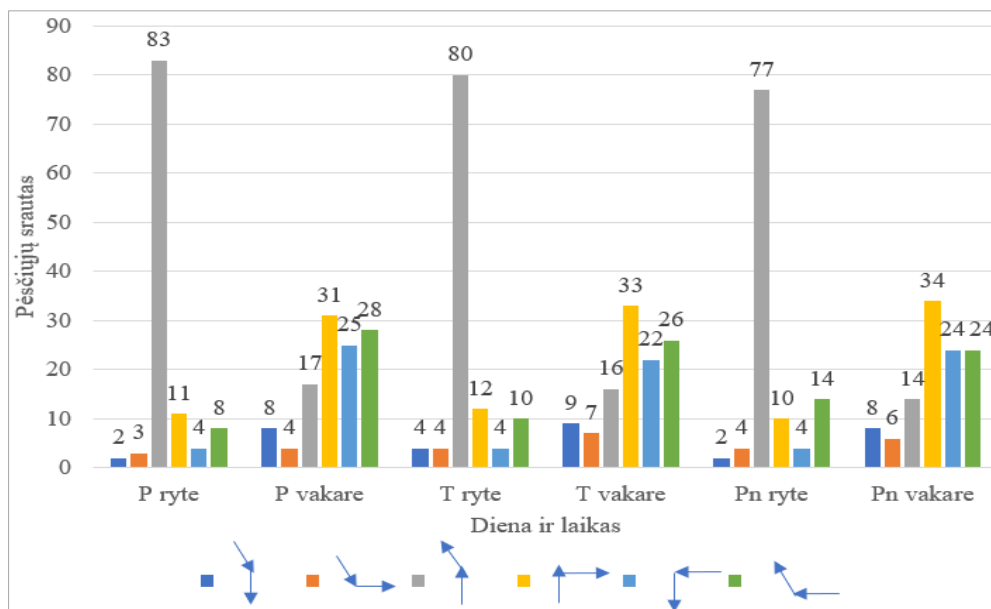
Išanalizavus sankryžoje surinktus transporto priemonių srautų duomenis, nustatyta, kad rytinių pikų metu didžiausi srautai vyrauja Kauno centro link: nuo vakarinio aplinkkelio link centro (1 pav., rodyklė iš viršaus į kairę) bei iš Vakarų į centrą (1 pav., rodyklė iš dešinės į kairę). Vakariųjų pikų metu didžiausi srautai stebimi priešinga kryptimi: nuo vakarinio aplinkkelio į Vakarus (1 pav., rodyklė iš viršaus į dešinę) bei nuo centro į Vakarus (1 pav., rodyklė iš kairės į dešinę). Šiomis kryptimis srautai siekia apie 1000 transporto priemonių per piko valandą (žr. 1 pav.).



1 pav. Transporto priemonių srautų duomenys sankryžoje*

*Rodyklės atspindi srautų judėjimo kryptis, matomas iš kameros perspektyvos

Surinkus pėsčiųjų srautus, galima pastebėti vieną išsiskiriantį iš kitų srautų. Rytinių pikų metu pagrindinis pėsčiųjų srautas (apie 80 pėst/h), kerta Raudondvario plentą ir juda toliau centro kryptimi (2 pav., rodyklė iš apačios į viršų/kairę). Visomis kitomis kryptimis pėsčiųjų skaičius per piko valandą nesiekia nei 40.



2 pav. Pėsčiųjų srautų duomenys sankryžoje*

* Rodyklės atspindi srautų judėjimo kryptis, matomas iš kameros perspektyvos

Įvertinti esamos sankryžos funkcionalumą, buvo sukurtas analogiškas modelis PTV VISSIM programos aplinkoje. Atlikus simuliaciją gauti rezultatai patvirtino, kad piko valandomis susidaro netenkinama – $LOS(D)$ parametro transporto srautų kokybė, ilgos eilės, didelės gaišatys ir kiti susiję su prastovomis parametrai. Remiantis tuo, daroma išvada, kad sankryža yra nepajėgi susidoroti su vyraujančiais srautais piko metu.

Todėl PTV VISSIM programos aplinkoje modeliuotos įvairios esamos sankryžos modifikacijos arba kurti nauji sankryžų modeliai:

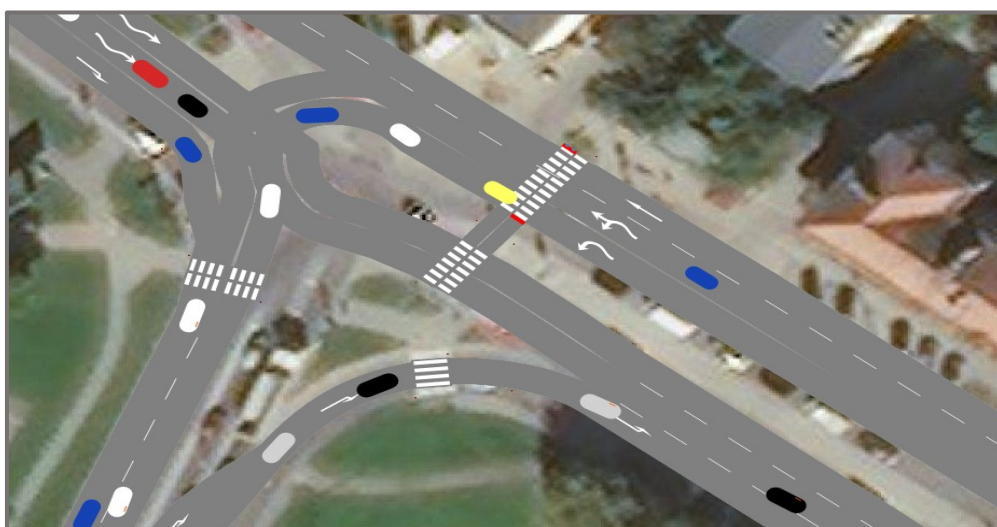
1. Esamoje sankryžoje modeliuojami papildomi nuvažiavimai nuo vakarinio Kauno aplinkkelio į Vakarus. Tokiu būdu išvengiama kairiojo posūkio (įprastai atvažiuojant nuo vakarinio aplinkkelio ir sukant į Vakarus).
2. Išlaikomos pirminės modifikacijos. Modeliuojamas šviesoforu reguliuojamas dviejų eismo juostų kelias, atvažiuojantiems nuo vakarinio aplinkkelio ir sukantiems į dešinę (link centro).
 - 2.1. Išlaikomos pirminės modifikacijos. Modeliuojamas šviesoforu nereguliuojamas dviejų eismo juostų kelias, atvažiuojantiems nuo vakarinio aplinkkelio ir sukantiems į dešinę (link centro).
3. Modeliuojama turbožiedinė sankryža.
4. Modeliuojama turbožiedinė sankryža su papildomais nuvažiavimais nuo vakarinio Kauno aplinkkelio į Vakarus.

Lentelėje pateikti visų modelių simuliacijų pagrindiniai rytinių ir vakarinių pikų (bendri) vidurkių rezultatai (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. PTV VISSIM programa gauti visų modelių simuliacijos rezultatai

	Eilė vid., m	Eilė didž., m	T.p. kiekis	LOS	Gaišatis vid., s	CO, kg	Vienos t.p. degalų sąnaudos, l
Esama	75	435	4099	D	40,35	6,8	0,090
Nr. 1	6,8	129	4233	B	10,00	3,7	0,047
Nr. 2	8,3	133	4235	B	10,99	3,9	0,049
Nr. 2.1	6,5	136	4236	B	9,15	3,6	0,046
Nr. 3	9,6	218	4237	C	11,80	4,7	0,059
Nr. 4	2,7	115	4262	A	5,48	3,3	0,042

PTV VISSIM programoje atlikus visų sukurtų modelių simuliacijas, gauti rezultatai parodė, kad visi sukurti variantai būtų efektyvesni už dabartinį – LOS parametro reikšmės vyrauja C, B ir net gi A lygio. Taigi, pats efektyviausias variantas pakeisti esamąją sankryžą būtų LOS A lygį pasiekęs modelis Nr. 4 (žr. 3 pav.). Didžiausias bendros gaišaties sumažėjimas Nr. 4 modelyje, lyginant su esama sankryža yra 80,86 % rytinio ir 74,03 % vakarinio piko metu.



3 pav. Nr. 4 modelis – turbožiedinė sankryža su nuvažiavimais nuo vakarinio aplinkkelio (turbožiedinės sankryžos konfigūracija)

Kitas tokio modelio privalumas yra tas, kad žiedinės sankryžos pasižymi greičio ribojimo savybėmis, bet tuo pačiu jos geba užtikrinti ir sklandų transporto srautų judėjimą.



4 pav. Nr. 4 modelis – turbožiedinė sankryža su nuvažiavimais nuo vakarinio aplinkkelio (bendras vaizdas)

Tad, modelis Nr. 4 (turbožiedinė sankryža) išspręstų ne tik dienos pikų problemas, bet ir nakties metu vyraujančius saugaus greičio nesilaikymo pavojus, dėl ilgos tiesiosios – Raudondvario pl.

Išvados

1. Išanalizavus srautų duomenis sankryžoje nustatyta, kad rytinio piko metu intensyviausi srautai vyrauja nuo vakarinio aplinkkelio bei iš Vakarų link centro. O vakarinio piko metu – nuo vakarinio aplinkkelio ir nuo centro į Vakarų.
2. Pėsčiųjų srautai sankryžoje skirtingomis savaitės dienomis yra panašūs. Savo intensyvumu, išsiskiria vienas rytinio piko srautas, kuomet einama kertant Raudondvario pl. į Pietus, ir nusukama link centro (apie 80 pėst./h).
3. Visi 5 PTV VISSIM aplinkoje sukurti modeliai (tiek esamos sankryžos modifikacijos, tiek turbožiedinės sankryžos) pasižymi ženkliai geresniais funkcionalumo parametrais, lyginant su esama sankryža.
4. Nustatyta, kad efektyviausias sprendimas yra įrengti turbožiedinę sankryžą su papildomais nuvažiavimais nuo vakarinio aplink. (Nr. 4). Įdiegus šį modelį, bendros gaisatys sankryžoje sumažėtų 80,86 % rytinio ir 74,03 % vakarinio piko metu.

Literatūra

1. Daktaras, V. (2018). *Kauno pilies žiedo ir Jurbarko-Kriščiukaičio gatvių sankryžos transporto eismo srautų tyrimas ir modeliavimas*. Kaunas.
2. Markovski, R. (2015). *Antakalnio ir Žirmūnų žiedinių sankryžų sistemos rekonstravimo galimybės*. Vilnius.
3. Leimontas, A. (2018). *Panevėžio miesto Klaipėdos – Projektuotojų – Dariaus ir Girėno gatvių sankryžos srautų analizė*. Kaunas.

Santrauka

Tyrimo tikslas yra išanalizuoti įvažiavimo, nuo vakarinio Kauno aplinkkelio į Raudondvario plentą sankryžos funkcionalumą ir pateikti sprendimus gerinančius tiek saugumą, tiek pralaidumą. Ši sankryža pasirinkta tyrimui, dėl joje susidarantių transporto priemonių eilių, kurios nusidriekia ant judrios „Via Baltica“ magistralės. Kad išspręsti šią ir kitas susijusias problemas, pirmiausia buvo surenkami transporto priemonių ir pėsčiųjų srautų duomenys analizei. Duomenys rinkti 2019 metų, rugsėjo 16, 18 ir 20 dienomis, rytinių (7:30–8:30 val.) ir vakarinių (16:30–17:30 val.) pikų metu.

Nustatyta, kad rytinių pikų metu intensyviausi srautai vyrauja nuo vakarinio aplinkkelio link centro bei iš Vakarų link centro. O vakarinio piko metu – nuo vakarinio aplinkkelio į Vakarus ir nuo centro į Vakarus. Analizuojant pėsčiųjų srautus, nustatytas vienas srautas, savo masyvumu išsiskiriantis iš kitų – tai rytinio piko srautas, kuomet pėstieji kerta skerstai Raudondvario pl. į Pietus, vėliau nusukdami link centro. Surinkus ir išanalizavus srautų duomenis, PTV VISSIM aplinkoje buvo modeliuojami įvairūs variantai, vyraujančioms problemoms spręsti. Sukurtos 3 esamos sankryžos modifikacijos bei 2 nauji – turbožiedinių sankryžų modeliai. Atlikus visų modelių simuliacijas ir surinkus rezultatus, nustatyta, kad efektyviausias modelis yra Nr. 4 (turbožiedinė sankryža su papildomais nuvažiavimais nuo vakarinio aplinkkelio). Įrengus šį modelį, gaisatys sankryžoje sumažėtų 80,86 % rytinio ir 74,03 % vakarinio piko metu.

INTERSECTION FUNCTIONALITY RESEARCH

Summary

The aim of the thesis is to analyse the flows at the intersection of Raudondvario pl. – Western bypass of Kaunas and to provide solutions that increases the capacity of the intersection and minimizes dangerous traffic jams that carries out even on to the highway – „Via Baltica“. Real traffic results were gathered in September 16th, 28th and 20th, 2019. Both traffic peaks were chosen: 7:30–8:30 AM and 4:30–5:30 PM. The results show that the biggest morning peak flow is from South and West to East. During the evening peak, the biggest flows directions turns around: from East to South and West. The biggest pedestrian flow is observed during the morning peak – crossing the Raudondvario pl. North to South and then to East (~80 pedestrians per peak hour). After analysis, there were 5 intersection models in total, that were created in PTV VISSIM traffic simulation software: 3 models were modifications of a current intersection and 2 others were turbo-roundabout types. All models were simulated, following that, the results were collected. The most effective way, to overcome traffic jams and safety concerns is to implement model Nr. 4, which is a turbo-roundabout, with additional entrances from Western bypass to Raudondvario pl. With this model, the traffic delays can be reduced by 80.86% during morning peaks, and 74.03 during evening peaks.

Vitoldas Vilčinskas – VDU ŽŪA, Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 639 97072, el. p. vitoldas.vilcinskas@gmail.com

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

MAŽOS GALIOS HORIZONTALIOSIOS AŠIES VĖJO JĖGAINĖS SU DIFUZORIUMI TYRIMAS

Stasys Baronaitis, Kęstutis Venslauskas

Įvadas

Nacionalinę energetinės nepriklausomybės strategiją prieš kelerius metus patvirtinusi Lietuva siekia ambicingų atsinaujinančios energetikos tikslų [1], kuriuose numatyta, kad 2030 metais 45 % (2050 m. – 100 %) suvartojamos elektros energijos turės būti pagaminama iš atsinaujinančių energijos išteklių. Per 2019 m. Lietuvoje iš vėjo jėgainių buvo pagaminta 1,45 TWh elektros energijos ir tai yra 28 % daugiau nei per 2018 metus. Šis elektros energijos kiekis sudaro 13 % galutinio Lietuvos elektros energijos suvartojimo. Kartu su mažosiomis vėjo jėgainėmis iš viso instaliuota elektrinių galia siekia 533 MW [2]. Tačiau daugeliui Lietuvos vietovių būdingas mažas vėjo greitis. Vienas iš būdų padidinti vėjo greitį prie turbinos yra turbinos apgaubimas difuzoriumi. Ši technologija atsirado šeštajame dešimtmetyje, kai buvo pripažinta, kad difuzorius gali padidinti vėjo turbinos pagaminamos energijos kiekį [3], nes difuzorius padidinama rotorius sukimosi greitį. Taip pat suteikia tam tikrą apsaugą turbinai ir jos mentėms nuo nepalankių klimato sąlygų ir atmosferos poveikio, kartu išgaunant jėgą stabiliam darbui platesniame vėjo greičio diapazone, esant nedideliam vėjo greičiui [4]. Difuzoriaus veikimas priklauso nuo geometrinės formos parametrų, tokių kaip difuzoriaus ilgis, difuzoriaus įėjimo ir išėjimo skerspjūvio plotų santykis ir difuzoriaus išsiplėtimo kampas [5].

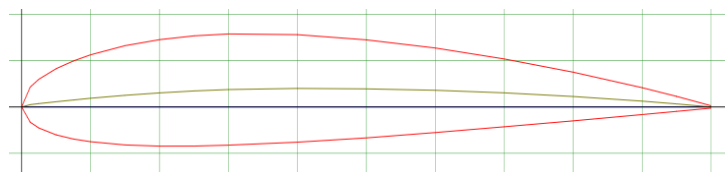
Tyrimų tikslas – ištirti mažos galios horizontaliosios ašies vėjo jėgainės su difuzoriumi efektyvumą.

Tyrimų uždaviniai:

1. Nustatyti difuzoriaus įtaką vėjo greičiui, praeinančiam pro horizontaliosios ašies vėjo jėgainės vėjaratį.
2. Apskaičiuoti horizontaliosios ašies vėjo jėgainės su difuzoriumi vėjo srauto galią.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimui naudojama „Ampair 100“ vėjo jėgainė, kuri gali tiekti iki 100 W galios nuolatinės įtampos 12 V elektros energiją. Difuzorių modeliavimui naudotas „Solidworks“ programinės įrangos paketas. Difuzoriaus aerodinaminis profilis pasirinktas pagal NACA 2412 profilį (1 pav.).



1 pav. NACA 2412 profilis [6]

Naudojantis programine įranga buvo atliktas srauto modeliavimas, kuris leidžia imituoti skysčių ar dujų srautų judėjimą per pasirinktą kūną, šiuo atveju pro difuzorių. Sudaromas oro srauto kubas kuriame yra difuzorius ir pasirenkamas norimas oro srauto greitis. Oro srauto greitis buvo pasirinktas 1–20 m/s diapazone ir simuliacija atlikta su trimis difuzorių formomis. Difuzorių skersmuo 1060 mm, nes „Ampair 100“ vėjo jėgainės vėjaračio skersmuo 928 mm. Tačiau difuzoriaus ilgiai pasirinkti skirtingi, kurie yra atitinkamai 200 mm, 500 mm, 1000 mm (2 pav.).



2 pav. Difuzoriai 1060 mm skersmens ir atitinkamai 200, 500 ir 1000 mm ilgio

Vėjo srauto galia apskaičiuojama [7]:

$$P_v = \frac{1}{2} \rho v^3; \quad (1)$$

čia: v – vėjo greitis, m/s; ρ – oro tankis (skaičiuojant pasirenkame $\rho \approx 1,205 \text{ kg/m}^3$).

Pagal „Ampair 100“ vėjo jėgainės galios kreivę, vėjo jėgainės generuojamos elektros energijos kiekis E_j (kWh) esant tam tikram vėjo greičiui apskaičiuotas pagal lygtį [7]:

$$E_j = P_j \cdot \tau_i . \quad (2)$$

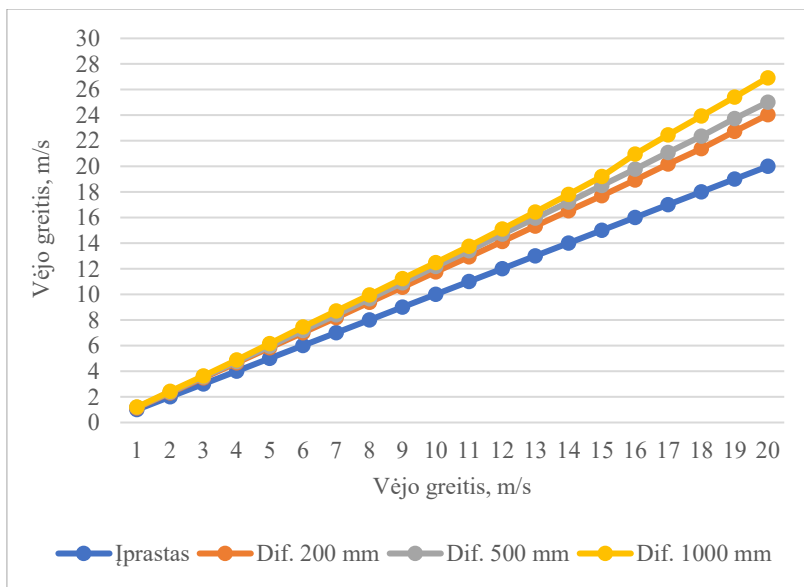
čia: P_j – vėjo jėgainės galia, išvystoma prie tam tikro vėjo greičio, kW;

τ_i – vėjo greičio trukmė tam tikrame vėjo greičio diapazone, h. Priimama, kad vėjo greitis išlieka visą laiką toks pat ir imama paros trukmė, 24 h.

Tyrimų rezultatai

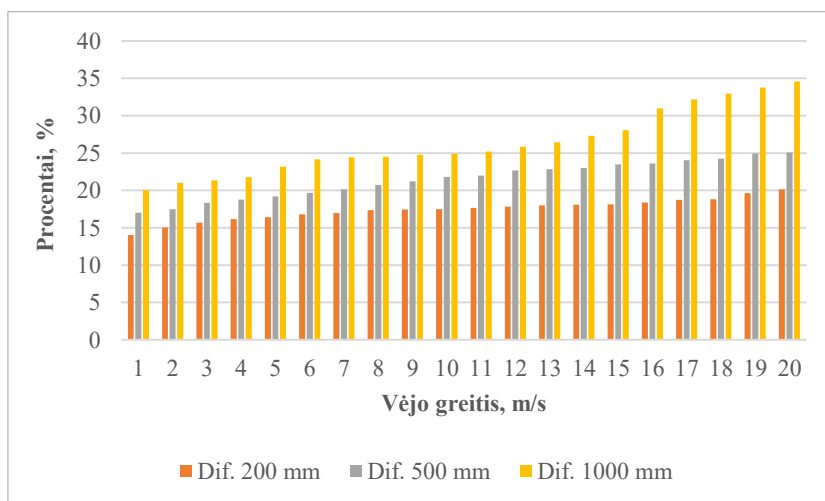
Atlikus simuliacinius tyrimus buvo gautas vėjo greičio padidėjimas praeinant pro difuzorių (3 pav.). Grafike mėlyna kreivė pavaizduotas įprastas vėjo greitis, tad galime pastebėti, kad ryškesnis pokytis atsiranda nuo 4 m/s vėjo greičio. Taip pat iš grafiko matome, kad vėjo greičiui turi įtakos ir difuzoriaus ilgis. Pokytis išryškėja tik prie 16 m/s. Nustatyta, kad ilgiausias difuzorius (1000 mm) turėjo didžiausią

įtaką vėjo greičio padidėjimui. Lyginant tyrimus rezultatus su kitų mokslininkų darbais [8], kuriuose tirta difuzoriaus ilgio įtaka vėjo greičio padidėjimui tekant pro difuzorių. Rezultatai parodė, kad esant 1 m ilgio difuzoriui, kai pro jį pučia 5 m/s vėjas, difuzoriuje vėjo greitis padidėja 1,4 karto, prie 2 m ilgio difuzoriaus gautas 1,65 karto, o prie 3 m – 1,75 karto padidėjimas.



3 pav. Vėjo greičio pokytis naudojant difuzorių

Vėjo greičio procentinis pokytis pateiktas (4 pav.), kur matome, kad didėjant vėjo greičiui tolygiai didėja ir kitimo procentas.



4 pav. Vėjo greičio padidėjimas procentais

Difuzoriaus, kurio ilgis 200 mm, vėjo greičio kitimas svyruoja nuo 14 iki 20 %, 50 mm difuzoriaus svyruoja nuo 16 iki 25 %, o ilgiausio difuzoriaus (1000 mm) vėjo greičio padidėjimas svyruoja nuo 20 iki 34 %.

Nustatyta vėjo srauto galia pradeda skirtis prie 10 m/s vėjo greičio. Tačiau pokytis vis ryškėja ir prie 15 m/s vėjo greičio galios srauti pokytį yra 2,2 kW/m² lyginant įprastą vėjo greitį su vėjo greičiu pro 1000 mm ilgio difuzorių.

Išvados

1. Vėjo greitis padidėja kai jis sklinda pro difuzorių, o jo padidėjimas priklauso nuo difuzoriaus ilgio. Didžiausias vėjo greičio padidėjimas gautas kai oro srautas sklinda pro ilgiausią 1000 mm difuzorių.
2. Vėjo srauto galia didesnė kai naudojami difuzoriai. Ryškesnis pokytis atsiranda prie 10 m/s vėjo greičio ir proporcingai didėja kylant vėjo greičiui. Didžiausia vėjo srauto galia išgauna su 1000 mm difuzoriumi, kuri prie 15 m/s yra net du kartus didesnė nei oro srautui sklindant ne pro difuzorių.

Literatūra

1. Viskas ką reikia žinoti apie vėjo energetika. [žiūrėta 2021-02-02]. Prieiga per internetą: https://lvea.lt/wp-content/uploads/2021/01/LVEA_Viskas-ka-reikia-zinoti-apie-vejo-energetika.pdf
2. Statistika. [žiūrėta 2021-02-02]. Prieiga per internetą: <https://lvea.lt/statistika/>
3. Masukume, P.-M., Makaka, G., Mukumba, P. (2018). Optimization of the Power Output of a Bare Wind Turbine by the Use of a Plain Conical Diffuser. *Sustainability*, 10.8, 2647.
4. Agha, A., Chaudhry, H. N., Wang, F. (2018). Diffuser augmented wind turbine (dawt) technologies: a review. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, 8.3, 1369–1385.
5. Masukume, P.-M., Makaka, G., Tinarwo, D. (2016). Optimum geometrical shape parameters for conical diffusers in ducted wind turbines. *International Journal of Energy and Power Engineering*, 5(6), 177–181.
6. NACA 2412. [žiūrėta 2021-02-02]. Prieiga per internetą: <http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=naca2412-il>.
7. Genutis, A. ir kt. (2008). Atsinaujinantys energijos šaltiniai. Kaunas: Akademija, 100 p.
8. Matsushima, T., Takagi, S., Muroyama, S. (2006). Characteristics of a highly efficient propeller type small wind turbine with a diffuser. *Renewable Energy*, 31(9), 1343–1354.

Santrauka

Tyrimo tikslas ištirti mažos galios horizontaliosios ašies vėjo jėgainės su difuzoriumi efektyvumą. Tam tikslui buvo naudotas NACA 2412 profilis modeliuojant skirtingo ilgio difuzorius. Nustatytas vėjo greičio kitimas sklindant oro srautui pro difuzorius, kuris padidėjo nuo 20 iki 34 % esant 1000 mm ilgio difuzoriui. Apskaičiuota vėjo srauto galia, kuri su difuzoriais nuo 15 m/s buvo beveik dvigubai didesnė nei įprastai.

**INVESTIGATION OF LOW POWER HORIZONTAL AXIS WIND POWER
PLANT WITH DIFFUSER**

Summary

The aim of the study was to investigate the efficiency of a low-power horizontal axis wind turbine with a diffuser. For this purpose, the NACA 2412 profile was used in modeling diffusers of different lengths. A variation in wind speed was observed as the air flow through the diffuser increased from 20 to 34% at a 1000 mm long diffuser. The calculated wind flow power, which with diffusers from 15 m / s was almost twice as high as more.

Stasys Baronaitis – VDU ŽUA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas; el. p. stasbaro@gmail.com, tel. +370 630 67079.

Kęstutis Venslauskas – VDU ŽUA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr.; el. p. kestutis.venslauskas@vdu.lt, tel. +370 37 752219.

MAŽOS GALIOS ELEKTROS ENERGIJOS KAUPIKLIŲ TYRIMAS

Emilis Jakimavičius, Kęstutis Venslauskas

Įvadas

Per pastaruosius dešimtmečius visuomenės gyvenimo sąlygos ir didėjanti ekonominė gerovė turėjo didelį poveikį energetikos sektoriui, dėl kurio labai pakito energetikos perspektyvos. Atsinaujinantys energijos ištekliai: saulė, vėjas, vanduo – tvarūs energijos gavimo būdai. 2019 m. Europos Sąjungoje (ES) atsinaujinantys energijos ištekliai sudarė 19,74 % bendrosios energijos [1], o Lietuvoje – net 25,47 % [2].

Kol kas energijos kaupimas baterijose yra viena iš brangesnių, bet labai sparčiai tobulėjančių ir pingančių energijos kaupimo technologijų [3]. Nors dėl savo išlaidų baterijos tradiciškai nebuvo plačiai naudojamos energijos kaupimui, bet nuo XXI amžiaus pradžios pradėjo populiarėti [4]. Be senai žinomų rūgštinių švino baterijų, energetikoje jau pradėtos naudoti ličio-jonų (Li-ion), natrio-sieros (NaS), nikelio-kadmio (NiCd), nikelio-metalų hidridų (NiMH) ir ličio polimerų (LiPo) baterijos. Būdingas baterinių energijos kaupiklių bruožas yra labai geras viso ciklo efektyvumas – tik rūgštinių švino ir NiCd baterijų efektyvumas yra šiek tiek mažesnis (apie 60–75 %), o kitų minėtų tipų baterijų efektyvumas siekia apie 80–90 % ir daugiau [5]. Naujos ir naudotos Li-ion baterijos pasižymi naudingumo koeficientu, kuris yra labai artimas 1, bei dideliu efektyvumu, tačiau jų gamybos ir utilizavimo išlaidos yra didelės. Šiame darbe atliekama įvairių tipų mažos galios baterijų, naudojamų elektros energijos kaupimui, tyrimas.

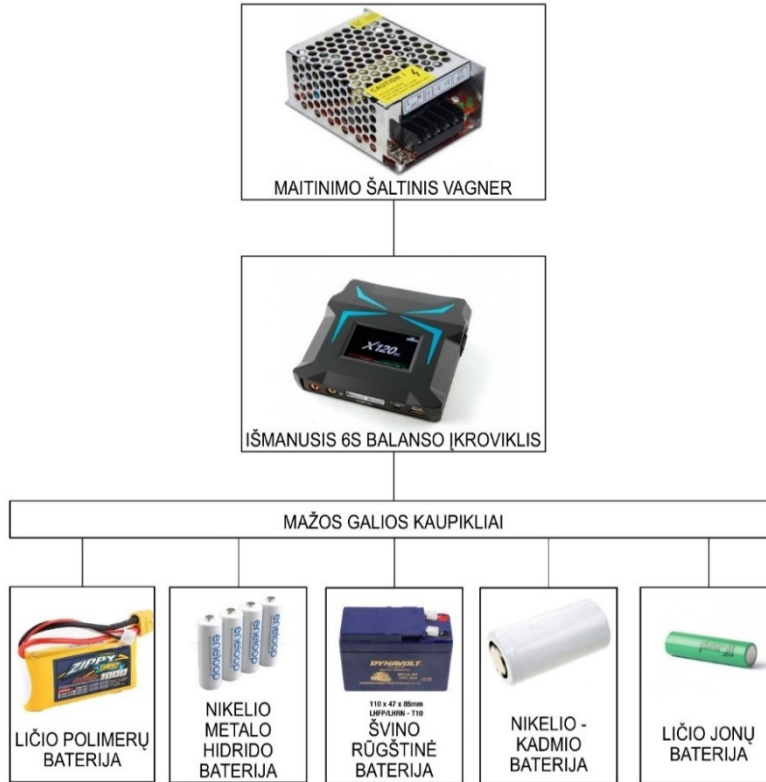
Tyrimų tikslas – ištirti mažos galios elektros energijos kaupiklių efektyvumą.

Tyrimų uždaviniai:

1. Ištirti mažos galios elektros energijos kaupiklių naudingumo koeficientą.
2. Įvertinti mažos galios elektros energijos kaupiklių talpos priklausomybę nuo iškvos srovės.
3. Eksperimentiškai išmatuoti mažos galios elektros energijos kaupiklių galios ir energijos tankius.

Tyrimo objektai ir metodika

Tyrimams atlikti buvo sukonstruotas mažos galios elektros energijos kaupiklių tyrimo standas (1 pav.). Schemoje į elektros tinklą įjungtas maitinimo šaltinis vagner IP20 150W. Prie jo prijungtas Hobbyking X120 120W jutiklinio ekrano išmanusis 6S balanso įkroviklis. Prie įkroviklio buvo jungiami mažos galios elektros energijos kaupikliai. Duomenų rinkimui prie išmaniojo 6S balanso įkroviklio prijungtas kompiuteris.



1 pav. Mažos galios elektros energijos kaupiklių tyrimo stendo schema

Akumuliatoriai buvo kraunami tam tikra srove, pagal savo specifikacijas ir iškraunami iki minimalios talpos su pastovia apkrova, kuri buvo keičiama: 1 A; 2 A; 3 A. Kiekvienas bandymas buvo atliekamas po tris kartus. Akumuliatorių elektros energijos tankis apskaičiuotas pagal lygtį:

$$w_p = \frac{U_{vard} \cdot C}{m}; \text{Wh/kg} \quad (1)$$

čia: U_{vard} – vardinė įtampa, V; C – vardinė talpa, mAh; m – akumuliatoriaus masė, kg.

Akumuliatorių naudingumo koeficientas lygus elektros energijos santykiui, tarp išsiskyrusios iškrovimo metu ir sukauptos elektros energijos įkrovimo metu, kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\eta = \frac{W_{i\check{s}}}{W_{i\check{k}}} = \frac{U_{i\check{s}} \cdot I_{i\check{s}} \cdot t_{i\check{s}}}{U_{i\check{k}} \cdot I_{i\check{k}} \cdot t_{i\check{k}}}, \quad (2)$$

čia: $W_{i\check{s}}$ – iškrovimo metu išsiskyrusi elektros energija, Ws; $W_{i\check{k}}$ – elektros energija sukaupta įkrovimo metu, Ws; $U_{i\check{s}}$ – iškrovimo įtampa, V; $I_{i\check{s}}$ – iškrovimo srovė, A;

$t_{i\check{s}}$ – iškrovimo laikas, s; $U_{i\check{k}}$ – įkrovimo įtampa, V; $I_{i\check{k}}$ – įkrovimo srovė, A; $t_{i\check{k}}$ – iškrovimo laikas, s.

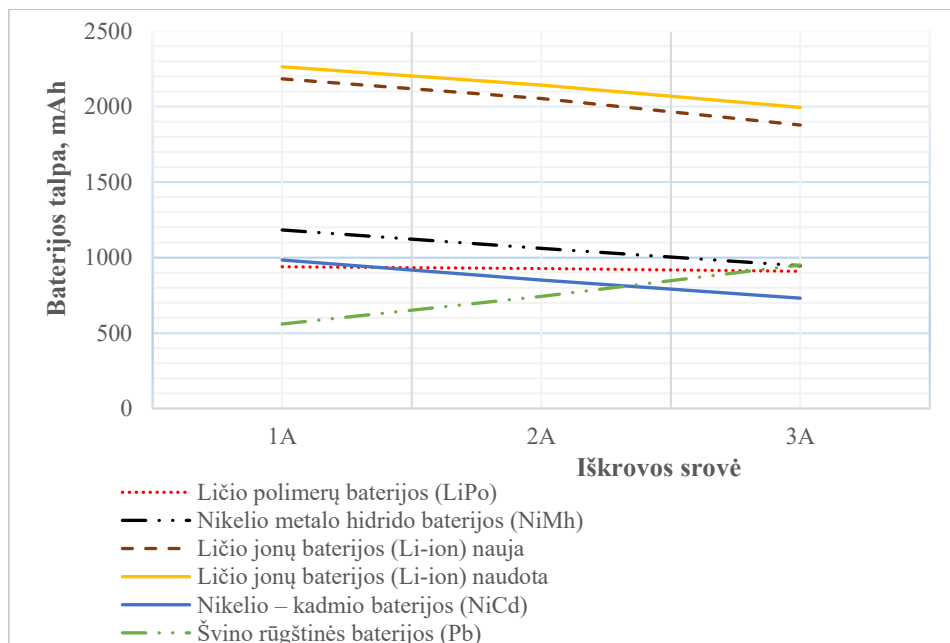
Tyrimų rezultatai

Tiriant skirtingų tipų akumuliatorius, pastebėta, kad Ličio polimerų baterijos (LiPo) ir naudotos ličio jonų baterijos (Li-ion) naudingumo koeficientai sutampa. Svarbu paminėti, kad naujos ličio jonų baterijos (Li-ion) naudingumo koeficientas 0,922 tai parodo itin greitą baterijos įkrovimo laiko ir išsikrovimo santykį. Eksperimentinių tyrimų metu buvo pastebėta, kad švino rūgštinės baterijos (Pb) naudingumo koeficientas lygus 0,487, iš to galime teigti, kad baterija naudoti nebetinkama, nes išnaudojo visus gyvavimo ciklus. Tyrimų rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Mažos galios elektros energijos kaupiklių tyrimo rezultatai

Baterijos tipas	Elektros energija išsiskyrusi iškrovimo metu, W·s	Elektros energija sukaupta įkrovimo metu, W·s	Baterijos naudingumo koeficientas
Ličio polimerų baterijos (LiPo)	4097	5057	0,810
Nikelio metalo hidrido baterijos (NiMh)	7857	10117	0,776
Ličio jonų baterijos (Li-ion) nauja	4826	5236	0,921
Ličio jonų baterijos (Li-ion) naudota	4097	5057	0,810
Nikelio – kadmio baterijos (NiCd)	1884	2207	0,853
Švino rūgštinės baterijos (Pb)	28075	57705	0,487

Šiame darbe buvo atlikta skirtingų tipų baterijų, naudojamų energijai kaupti, palyginamasis tyrimas. Iš 2 pav. matyti, kad NiMh, NiCd ir Li-ion baterijų iškrovimo talpos priklausomybė nuo iškrovos srovės yra stabiliai krentanti didinant iškrovimo srovę LiPo baterijos talpa keičiant iškrovimo srovę nuo 1 A iki 3 A išlieka stabili. Tačiau Pb baterijos talpa didinant iškrovos srovę didėja nuo 560 mAh iki 909 mAh.



2 pav. Mažos galios elektros energijos kaupiklių iškrovimo talpos priklausomybė nuo iškrovos srovės

Atlikus bandymus buvo apskaičiuoti elektros energijos ir galios tankiai. Didžiausias elektros energijos tankis yra ličio jonų (Li-ion) naujos bei naudotos baterijos tam turėjo įtaką baterijos vidinės charakteristikos, o mažiausias švino rūgštinės baterijos ir NiCd. Švino rūgštiniai (Pb) akumuliatoriai turi mažiausią elektros energijos galios tankį, o NiMh ir nikelio – kadmio baterijos (NiCd) pasižymi itin dideliu elektros energijos galios tankiu.

Išvados

1. Darbo metu buvo ištirti skirtingi mažos galios elektros energijos kaupikliai ir pastebėta, kad ličio jonų (Li-ion) naujos ir naudotos baterijos pasižymi dideliu 0,921 ir 0,810 naudingumo koeficientu, o švino rūgštinės baterijos (Pb) naudingumo koeficientas yra labai mažas 0,487, nes tirta baterija išnaudojo visus gyvavimo ciklus ir efektyviam naudojimui netinka.
2. Tyrimo metu buvo įvertinta mažos galios elektros energijos kaupiklių talpos priklausomybė nuo iškrovos srovės. NiMh, NiCd ir Li-ion baterijų iškrovimo talpos priklausomybė nuo iškrovos srovės yra stabiliai mažėjanti didinant iškrovimo srovę Ličio polimerų baterijos (LiPo) talpa keičiant iškrovimo srovę nuo 1 A iki 3 A išlieka stabili. Tačiau švino rūgštinės baterijos (Pb) talpa didinant iškrovimo srovę didėja nuo 560 mAh iki 909 mAh.
3. Eksperimentiškai išmatavus mažos galios elektros energijos kaupiklių galios ir energijos tankius nustatyta, kad didžiausias elektros energijos tankis yra Li-ion naujos baterijos 225 Wh/kg. Tam turėjo didelę įtaką baterijos vidinės charakteristikos, o mažiausias švino rūgštinės baterijos (Pb) 28,3 Wh/kg. Švino rūgštiniai

(Pb) akumulatoriai turi mažiausią elektros energijos galios tankį 16,5 W/kg, o nikelio – kadmio baterijos (NiCd) pasižymi itin dideliu elektros energijos galios tankiu 70,6 W/kg.

Literatūra

1. *Renewable energy statistics*, February 2021. [žiūrėta 2021-02-17]. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics
2. *Lietuvos statistikos metraštis* (2019 m. leidimas). Atsinaujinančių energijos išteklių dalis suvartojime. [žiūrėta 2021-02-17]. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S1R095#/>
3. Purvins, A, Papaioannou, IT, Debarberis, L. (2013). Application of battery-based storage systems in household-demand smoothening in electricity-distribution grids. *Energy Conversion and Management*, 65, 272–84.
4. Ibrahima, H., Ilincaa, A., Perronb, J. (January 2007). *Energy storage systems—Characteristics and comparisons a Wind Energy Research Laboratory (WERL)*, Universite' du Que'bec a' Rimouski, 300 alle'e des Ursulines, Que'. Canada G5L.
5. Adomavičius, V. (2017). *Elektros energijos kaupimo principai ir galimybės*. Vilnius, Lietuva: Kauno technologijos universitetas, Atsinaujinančiųjų išteklių energijos sistemų ir kaupiklių laboratorija.

Santrauka

Tyrimo tikslas – ištirti mažos galios elektros energijos kaupiklių efektyvumą. Šiame darbe buvo atlikta skirtingų tipų baterijų, naudojamų energijai kaupti, palyginamasis tyrimas. Tyrimas atliktas matuojant ličio polimerų baterijos, nikelio metalo hidrido baterijos, ličio jonų baterijos, nikelio – kadmio baterijos ir švino rūgštinės baterijos talpos priklausomybę nuo iškrovos srovės keičiant srovę: 1 A, 2 A, 3 A. Tiriant skirtingų tipų akumulatorius, pastebėta, kad ličio jonų naujos ir naudotos baterijos pasižymi dideliu 0,921 ir 0,810 naudingumo koeficientu, galios ir energijos tankiu, bei dideliu efektyvumu.

INVESTIGATION OF LOW POWER ENERGY STORAGE DEVICES

Summary

The aim of the work is to investigate the efficiency of low power energy storage devices. The comparative study of the types of batteries used for energy storage was performed. Performance of the test by measuring lithium polymer batteries, nickel metal hydride batteries, lithium-ion batteries, nickel – cadmium batteries and lead acid batteries, which depend on the discharge current by changing the current: 1 A, 2 A, 3 A. It was found that lithium ion (LiIon) new and used batteries have high efficiency of 0.921 and 0.810, power and energy density.

Emilis Jakimavičius – VDU ŽUA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas; tel. +370 679 37497, el. p. Emules8@gmail.com

Kęstutis Venslauskas – VDU ŽUA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr.; tel. +370 37 752219, el. p. kestutis.venslauskas@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; B5 (JIS) 18,2x25,7 cm formato lape;
paraštės: iš viršaus – 2,5 cm, iš apačios – 2 cm, iš kairės – 2 cm, iš dešinės – 2 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). Už straipsnyje pateiktas žinias atsako autoriai (spaudai pateikiamo kūrinio autorių pasirašytas garantinis raštas).
6. Darbą recenzuoja redakcinės kolegijos paskirtas recenzentas.
7. 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.
8. Atspausdinus straipsnį, jo santrauka lietuvių ir anglų kalbomis viešinama fakulteto internetiniame puslapyje.

AGROINŽINERIJA IR ENERGETIKA

*VDU Žemės ūkio inžinerijos fakulteto
mokslo populiarinimo žurnalas*

Maketavo Aldona Bagdonienė

2021 04 28. Užsakymo Nr. K21-023
Išleido Vytauto Didžiojo universitetas
K. Donelaičio g. 58, LT-44248, Kaunas
www.vdu.lt | leidyba@vdu.lt