



ISSN 1392-8244

AGROINŽINERIJA IR ENERGETIKA

Nr. 25. 2020

VDU Žemės ūkio
inžinerijos fakulteto
mokslo populiarinimo
žurnalas



ISSN 1392-8244

Vytauto Didžiojo universiteto
Žemės ūkio akademija

Agroinžinerija ir energetika

*VDU Žemės ūkio inžinerijos fakulteto
mokslo populiarinimo žurnalas*

Nr. 25



Kaunas, 2020

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, Akademija, 53361, Kauno r.

Straipsniai žurnale „Agroinžinerija ir energetika“ yra recenzuojami.

Už straipsnių turinį ir kalbą atsako autoriai

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

TURINYS

Aušra Bakšinskaitė, Vita Tilvikienė. ŽOLINIŲ AUGALŲ BIOMASĖS PANAUDOJIMO BIOPRDUKTŲ GAMYBAI GALIMYBIŲ VERTINIMAS ..	5
Rita Bulaukienė, Rasa Čingienė. MULČIAVIMO EFEKTYVUMO TYRIMAS EKOLOGINIAME DARŽININKYSTĖS ŪKYJE.....	10
Gytis Gabalis. T FORMA SUVIRINTOS ALIUMINIO LYDINIO JUNGTIES DEFORMACIJŲ TYRIMAS.....	14
Indrė Strelkauskaitė-Buivydienė, Rolandas Bleizgys. GYVŪNŲ GEROVĖS TYRIMAI MĖSINIŲ GALVIJŲ TVARTE	18
Paulius Jonaitis, Antanas Kavolynas. MONOBLOKINIO SAULĖS KOLEKTORIAUS TYRIMAS	22
Žygintas Karalius, Kastytis Laurinaitis. LENGVOJO AUTOMOBILIO PRIEKABOS STABILUMO TYRIMAS	27
Lukas Bunys, Gediminas Pupinis. AUTOMOBILIO DINAMINIŲ IR EKONOMINIŲ PARAMETRŲ PRIKLAUSOMYBĖ NUO PRIEKINIO SPOILERIO PARAMETRŲ.....	32
Dovydas Lamauskas, Kęstutis Navickas, Giedrė Samuolienė, Akvilė Viršilė. ŠVIESOS DIODŲ, TAIKOMŲ GĖLININKYSTĖJE, EFEKTYVUMO TYRIMAS.....	38
Linas Siniauskas, Antanas Kavolynas. TRIGUBO SPARNO 10KW VERTIKALIOS AŠIES VĖJO JĖGAINĖS EFEKTYVUMO TYRIMAS	45
Lukas Vilčinskas, Stasys Slavinskas. COMMON RAIL ELEKTROMAGNETINIO PURKŠTUVO VALDYMO VOŽTUVO EIGOS KITIMO ĮTAKA ĮPURŠKIAMŲ DEGALŲ KIEKIUI	50
Martynas Milišauskas, Dainius Steponavičius, Dainius Savickas. DEGALŲ SAŃAUDŲ MAŽINIMO PRIEMONIŲ PAGRINDIMAS NUIMANT ŽIEMINIŲ KVIEČIŲ DERLIŲ	55
Paulius Mileška Gediminas Pupinis. PAKABOS ELEMENTŲ ANALIZĖ.....	62
Mindaugas Pusvaškis, Vytenis Jankauskas. PLŪGO KALTŲ ABRAZYVINIO DILIMO TYRIMAS	67
Paulius Putrimas, Irena Kanapkienė. ETANOLIO-BUTANOLIO IR DYZELINIŲ DEGALŲ MIŠINIŲ ĮTAKA DYZELINIO VARIKLIO DARBUI IR DEGINIŲ EMISIJAI	74
Augustinas Rozenbergas, Kęstutis Venslauskas. MAŽOS GALIOS VĖJO JĖGAINĖS GENERATORIAUS TYRIMAS.....	79

Simonas Mikulskis, Kęstutis Navickas. ŠVIESTUVŲ, SKIRTŲ PATALPŲ APŠVIETIMUI, SU SKIRTINGAIS ŠVIESOS ŠALTINIAISENERGINIS EFEKTYVUMAS	83
Dominykas Stankevičius, Dainius Steponavičius, Aurelija Kemzūraitė. SIMETRIŠKO SRAUTO DVISRAUČIO PURKŠTUKO ĮTAKA IŠPURKŠTŲ SKYŠČIO LAŠELIŲ NUNEŠIMUI PAVĖJUI	88
Karolis Kirdeikis, Eglė Jotautienė. GRANULIUOTŲ KAULŲ MILTŲ TRAŠŲ IŠBARSTYMO IŠCENTRINĖMIS BARSTOMOSIOMIS TYRIMAI.....	93
Arnas Gadliauskas, Aušra Čiplienė. AUGALINĖS BIOMASĖS SKIRTINGŲ SANDĖLIAVIMO TECHNOLOGIJŲ PALYGINAMIEJI TYRIMAI	98
Valdas Jeskevičius, Jonas Čėsna, Algirdas Jasinskas, Sidona Buragienė. ORGANINIO GRANULINIO MULČIO FIZINIŲ RODIKLIŲ TYRIMAS .	103
Urtė Stulpinaitė, Vita Tilvikienė. ŽALIAVOS ĮTAKA BIOMASĖS GRANULIŲ PATVARUMUI IR ENERGINĖMS SAVYBĖMS.....	108
Vytautas Petrauskas, Tomas Mickevičius. TRIKOMPONENČIŲ DEGALŲ ĮTAKA DYZELINIO VARIKLIO DARBO EFEKTYVUMUI IR DEGINIŲ EMISIJOS RODIKLIAMS	114
Albert Pomarnacki, Kęstutis Venslauskas. HIBRIDINIO MAŽOS GALIOS SAULĖS ELEKTRINĖS KEITIKLIO TYRIMAS	120
Gytis Lamauskas, Jonas Čėsna. KARVIDĖS MIKROKLIMATO ĮTAKA PIENO PRIMILŽIUI	124
Darius Gimbickas, Tomas Mickevičius. „KIA“ MARKĖS AUTOMOBILIŲ GEDIMŲ TYRIMAS GARANTINIU LAIKOTARPIU	129
Modestas Elsteris, Kęstutis Navickas. BIODUJŲ KOKYBĖS DIDINIMO, NAUDOJANT VANDENILĮ, ENERGINIS EFEKTYVUMAS.....	134
Julius Buivydas, Rolandas Bleizgys. GYVŪNŲ GEROVĖS TYRIMAI ROBOTIZUOTOJE KARVIDĖJE	139
Daiva Velėniūtė, Rolandas Bleizgys. KLIMATUI DRAUGIŠKO PAŠARŲ RACIONO ĮTAKA AMONIAKO EMISIJAI IŠ GALVIJŲ MĖŠLO	144
Mantas Mickevičius, Algirdas Janulevičius. MEDVEŽĖS PADANGŲ DEFORMACIJŲ IR ATRAMINIO PLOTO PRIKLAUSOMYBIŲ NUO RATŲ VERTIKALIŲ APKROVŲ IR ORO SLĖGIO PADANGOSE TYRIMAS	150
Vainius Reneckis. ALIUMINIO PAVIRŠIAUS PARUOŠIMO IR UŽTERŠIMO ĮTAKA KLIJUOTŲ SUJUNGIMŲ STIPRUMUI	154
Vladas Kataržis, Gediminas Pupinis. PADANGŲ DEFORMACIJŲ TYRIMAS DAUGIAAŠIUOSE AUTOMOBILIUOSE	160
REIKALAVIMAI STRAIPSNIAMS ŽURNALE „AGROINŽINERIJA IR ENERGETIKA“.....	168

ŽOLINIŲ AUGALŲ BIOMASĖS PANAUDOJIMO BIOPRDUKTŲ GAMYBAI GALIMYBIŲ VERTINIMAS

Aušra Bakšinskaitė, Vita Tilvikienė

Įvadas

Kiekvienais metais pasaulyje plastiko gamyba ir vartojimas auga, o praėjusiais metais jo gamyba siekė net 348 milijonus tonų. Daugiau negu pusė gaminių yra vienkartinio panaudojimo produktai [1]. Plečiantis visuomenės poreikiams labiau atkreipiamas dėmesys į ekologiškus produktus, kurie padėtų mažinti aplinkosaugos problemas, klimato kaitą ir prisidėtų prie kraštovaizdžio gerinimo. Dėl šių priežasčių vis labiau gilinamasi į ekologiškus ir atsinaujinančius išteklius [2]. Bioproduktai yra gaminami iš natūralios kilmės biologinių ar atsinaujinančių išteklių [3]. Plėtojant atsinaujinančius išteklius, atsiranda alternatyvos plastiko gaminiams, tokios kaip bioplastiko gaminių gamyba. Tikėtina, kad viena iš galimų žaliavų bioplastikui gaminti galėtų būti žemės ūkio augalų biomasa. Žoliniai augalai turi nemažus kiekius lignino, celiuliozės ir hemiceliuliozės [4]. Visi paminėti komponentai sudaro lignoceliuliozės pluoštą, kuris gali būti tvarus bei ekologiškas aplinkai. Lignoceliuliozinė biomasa yra palyginti nebrangi, o lignoceliulioziniai augalai gali būti auginama nederlingose žemėse ir nekonkuruojant su maisto gamyba [5], tačiau kol kas nėra plačiai ištirti tokio pluošto resursai ir jų kokybiniai parametrai.

Tyrimo tikslas – įvertinti žemės ūkio augalų cheminę sudėtį, struktūrą ir nustatyti augalų biomasės tinkamumą celiuliozinių bioplastikų gamybai.

Uždaviniai: 1. Ištirti žolinių augalų struktūrą ir chemines savybes;
2. Ištirti žolinių augalų pluošto struktūrinius parametrus;
3. Išanalizuoti iš skirtingų augalų išgauto pluošto tinkamumą celiuliozinio bioplastiko gamybai.

Objektai ir metodai

Tyrimo objektai ne maisto paskirties augalai: drambliažolė (lot. *Miscanthus giganteus*), sida (lot. *Sida hermaphrodita*), pavėsinis kietis (lot. *Artemisia dubia*) ir vasarinių kviečių šiaudai (lot. *Triticum*). Žoliniai augalai auginti LAMMC Žemdirbystės instituto (Akademija, Kėdainių r.) įrengtame eksperimente, keturiais pakartojimais. Lengvo priemolio dirvoje energetiniai augalai tręšti pavasarį amonio salietra 90 kg ha⁻¹ norma.

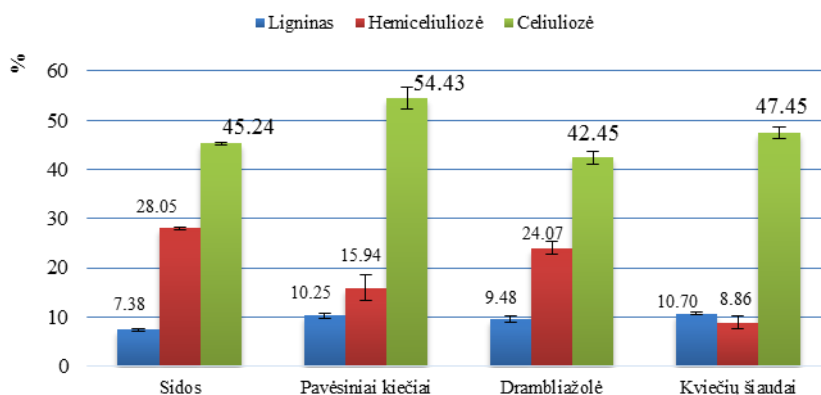
Naudojantis P. J. van Soesto ląstelienos frakcionavimo metodu, nustatyta neutralaus tirpale netirpstančios ląstelienos (NDF), rūgščiame tirpale netirpios ląstelienos (ADF) ir rūgščiame tirpale netirpus lignino (ADL) kiekis [6].

Tirtų augalų pluošto struktūriniai parametrai nustatyti vadovaujantis P. Govindasamy 2014 m. metodika. Tiriant augalų pluoštą pirmiausiai pasveriami susmulkinti tiriamoji medžiaga po 2 g ir dedama į 200 ml stiklinę kolbą, kurioje yra

užpilama 20 ml azoto rūgšties (HNO_3) 65 %. Kolba dedama į vandens vonią ir virinama 10 min. prie $100^\circ \pm 2^\circ$ temperatūros. Po virinimo pavyzdys plaunamas su 50 ml distiliuotu vandeniu. Praplautas gautas pluoštas filtruojamas per filtrinį popierių. Nufiltruotas pluoštą džiovinamas prie $105 \pm 2^\circ$ temperatūros. Nustatant pluošto ilgį ir plotį naudojamas stereoskopinis mikroskopas (Nikon AZ100) su NIS-elements D 4.13.05 kompiuterine programa.

Rezultatai

Augalų biomasėje esanti celiuliozė gali būti naudojama vietoje medienos išteklių gaminant popierių, kartoną ar kitus produktus, tame tarpe ir bioplastikus. Iš gautų rezultatų, kurie yra pateikti diagramoje (1 pav.) galima nustatyti, kad celiuliozės panašų kiekį turi sidos, drambliažolė bei kviečių šiaudai. Labiausia išsiskyrė pavėsinių kviečių celiuliozės kiekis $54,43 \pm 2,17$ %, jis buvo didžiausias.

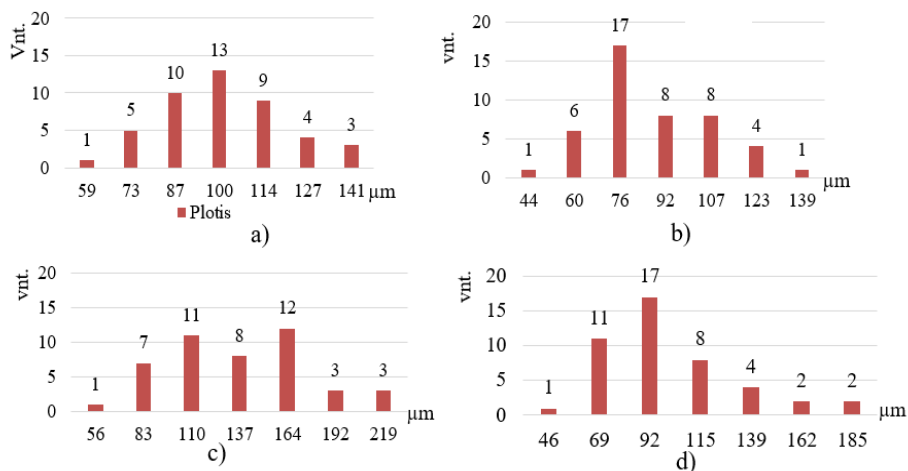


1 pav. Lignino, hemiceliuliozės ir celiuliozės kiekis augalų biomasėje.

Hemiceliuliozės ryšys su celiulioze ir ligninu leidžia ląstelių sienelėms būti tvirtesnėms ir lankstesnėms. Išanalizavus gautus hemiceliuliozės rezultatus (1 pav.) yra matoma, kad hemiceliuliozės daugiausiai turi sidos $28,05 \pm 0,25$ %. Pagal diagramoje pateigtus duomenis (1. pav.) lignino kiekis augaluose svyruoja nuo 7,38 iki 10,70 %. Palyginus pavėsinių kviečių, kviečių šiaudų bei dramblyžolės lignino kiekius labai didelio skirtumo nėra. Labiausiai išsiskyrė sidų $7,38 \pm 1,3$ % lignino kiekis, kuris buvo mažiausias. Iš visų žolinių augalų didžiausias celiuliozės ir lignino kiekis buvo pavėsiniuose kviečiuose. Todėl galima daryti prielaidą, kad iš tirtų augalų bioproduktams gaminti labiausiai tiktų pavėsiniai kviečiai.

Bioplastiko gamyba yra viena iš išeičių mažinti plastiko gaminių gamyba. Tam galėtų būti naudojami ne maisto paskirties augalai, kurių pluošto parametrai ir gautas kiekis iš hektaro būtų tinkamiausi. Pluoštas suteikia augalams mechaninį stiprumą ir apsaugą, todėl yra labai svarbus pluošto skersmuo ir ilgis. Jie gali įtakoti produktų lankstumą, atsparumą lūžiams ir tempimui. Pagal gautus rezultatus (2 pav.) didžiausias pavėsinių kviečių pluošto plotis nuo $59 \mu\text{m}$ iki $219 \mu\text{m}$. Vertinant pluošto

plotį, labiausiai išsiskyrė sidas, kuriose pluošto plotis yra mažiausias ir svyruoja nuo 44 μm iki 139 μm . Lyginant gautus rezultatus, drambliažolės pluošto plotis svyravo nuo 59 μm iki 141 μm , o kviečių šiaudų buvo šiek tiek didesnis – nuo 46 μm iki 185 μm .



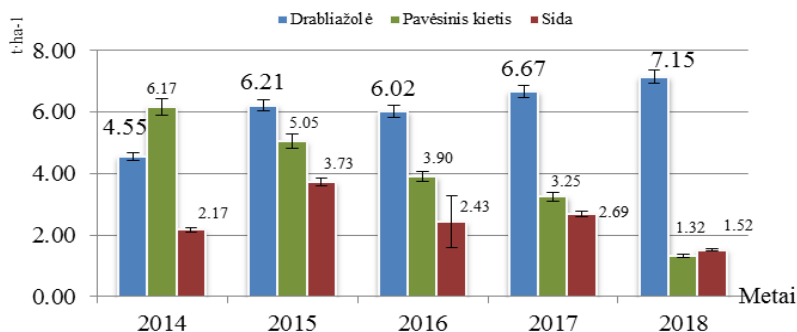
2 pav. Augalų pluošto plotis a) drambliažolės; b) sidas; c) pavėsiniai kiečiai; d) kviečių šiaudai

Lyginant augalų pluošto ilgius, kurie yra pateikti 3 paveiksle, tarp drambliažolės ir kviečių šiaudų yra nežymus skirtumas ir jų vidutinis pluošto ilgis yra apie 2120 μm . Iš atliktų matavimų, nustatyta, kad pavėsinių kiečių pluošto ilgio vidurkis – 2092 μm nežymiai skiriasi už anksčiau minėtų augalų pluošto ilgį. Ilgiausias pluoštas nustatytas sidose, jis svyravo nuo 1048 μm iki 6152 μm . Nors sidų pluošto plotis mažiausias, tačiau lyginant augalų biomasės pluoštų vidurkius, galima teigti jog sidas pluošto ilgis yra didžiausias ir siekia 2640 μm .

Trumpi ir stori pluoštai sudaro mažiau vienodas lakštų struktūras, kurios gali būti sunkiai suskaidomos ir sunkiau gebantys rištis tarpusavyje [7]. Dėl to geriausias, kad pluoštas būtų kuo ilgesnis ir plonesnis tada jis bus tinkamiausias bioproduktų gamybai. Atlikus tyrimus ir įvertinus rezultatus, galima teigti, kad ploniausia ir ilgiausią pluoštą turi sidas.

Tiriant žolinių augalų pluoštą yra svarbu nustatyti gaunamo pluošto kiekį hektare. Kadangi yra svarbu ištirti, kurio augalo pluošto biomasę išauginti yra ekonomiškiausia. Kaip matoma pateiktoje diagramoje (3pav.) labiausia išsiskiria drambliažolės gaunamas pluošto kiekis iš hektaro.

Lyginant iš diagramos paskutinių metų derlių, matoma kad iš augalų biomasės gauto pluošto kiekis didžiausias drambliažolės – $7,15 \pm 0,22 \text{ t ha}^{-1}$. Lyginant pavėsinius kiečius ir sidas, galima teigti, kad labai nežymiai skiriasi jų pluošto kiekis hektare. Vis dėl to mažiausias pluošto kiekis yra gaunamas iš kviečių šiaudų, kuris siekia vos tik $0,70 \pm 0,01 \text{ t ha}^{-1}$.



3 pav. Augalų pluošto kiekis iš hektaro

Pagal gautus tyrimo duomenis galima teigti, kad labiausiai pluošto išgavimui tinkama auginti yra drabliažolės, kadangi kiekvienais auginimo metais didėja pluošto kiekis hektare, o pluošto parametrai yra optimalūs perdirbimui.

Išvados

1. Pagal ištirtą celiuliozės kiekį labiausiai tinkami bioproductams gaminti yra pavėsiniai kiečiai, kurių celiuliozės kiekis yra apie $54,43 \pm 2,17$ %.
2. Išmatavus augalų pluošto ilgį ir pločius, galima daryti išvadas, kad sidų pluoštas yra ilgiausias $1048\text{--}6152$ μm ir jo skersmuo – mažiausias $44\text{--}139$ μm .
3. Pluošto derlius didžiausias yra gaunamas iš drabliažolės – $7,15 \pm 0,22$ t ha^{-1} , todėl auginant šiuos augalus ir gauti iš jų pluoštą būtų ekonomiškai naudinga.

Literatūra

1. Zhang, C., Wang, C., Cao, G., Wang, D., Ho, S.-H. 2019. A sustainable solution to plastics pollution: an eco-friendly bioplastic film production from high-salt contained *Spirulina* sp. residues, *J. Hazard. Mater.* 121773. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121773>.
2. Appiah-Nkansah, N. B., Li, J., Rooney, W., Wang, D. 2019. A review of sweet sorghum as a viable renewable bioenergy crop and its techno-economic analysis, *Renew. Energy.* 143 1121–1132. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.066>.
3. Kim, H. S., Kim, D. Y., Kwak, J. H., Kim, J. H., Choi, M., Hyung Kim, D., Lee, D. W., Kong, D. S., Park, J., Jung, S., Lee, G. H., Lee, M., Jung, J. H. 2019. Microwave-welded single-walled carbon nanotubes as suitable electrodes for triboelectric energy harvesting from biomaterials and bioproducts, *Nano Energy*, 56, 338–346. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.11.059>.
4. Guo, Z., N. Yan, A. A., Lapkin, Z. 2019. Towards circular economy: integration of bio-waste into chemical supply chain, *Curr. Opin. Chem. Eng.* 26, 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.coche.2019.09.010>.
5. Budzianowski, W. M. 2017. High-value low-volume bioproducts coupled to bioenergies with potential to enhance business development of sustainable biorefineries, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 70, 793–804. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.260>.
6. Ververis, C., Georghiou, K., Christodoulakis, N., Santas, P., Santas, R. 2004. Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production, *Ind. Crops Prod.* 19, 245–254. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.10.006>.
7. Govindasamy, P., Zakaria, M. H., Bujang, J. S. 2014. Fiber characteristics in tropical aquatic plants for handmade papermaking, *Bull. Pure Appl. Sci. Bot.* 33b, 1. <https://doi.org/10.5958/2320-3196.2014.00001.9>.

Santrauka

Augant visuomenė poreikiams vis labiau yra atkreipiamas dėmesys į ekologiškus produktus, kurie galėtų mažinti aplinkosaugos problemas susijusias su gamtos teršimu, klimato kaita, šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimu. Vienas iš efektyvių būdų prisidedant prie šių iššūkių yra bioplastiko gamyba. Tikėtina, kad tam tinkamiausios žaliavos galėtų būti žemės ūkio augalų biomasė, kurioje yra celiuliozės.

Darbo tikslas: įvertinti žemės ūkio augalų cheminę sudėtį, struktūrą ir nustatyti augalų biomasės tinkamumą celiuliozinių bioplastikų gamybai. Tiriamajame darbe pasirinktos keturios žolinių augalų rūšys: drambliažolė (lot. *Miscanthus giganteus*), sida (lot. *Sida hermaphrodita Rusby*), pavėsinis kietis (lot. *Artemisia dubia*) ir vasarinių kviečių šiaudai (lot. *triticum*). Nustačius celiuliozės kiekį, kuris yra tinkamas bioproduktams gaminti, daugiausiai turėjo pavėsiniai kietčiai $54,43 \pm 2,17\%$. Vis dėl to pluošto derlius didžiausias yra gaunamas iš drambliažolės – $7,15 \pm 0,22 \text{ t ha}^{-1}$. Todėl auginant šį žolinį augalą bioproduktų gamybai ir gauti pluoštą būtų naudingai.

EVALUATION OF POSSIBILITIES OF USING HERBACEOUS PLANT BIOMASS FOR BIOPRODUCTS

Summary

As societal needs grow, more and more attention is paid to green products, which can reduce environmental problems related to nature pollution, climate change, greenhouse gas emissions. One of the solutions to reducing plastic is to produce bioplastics. It is likely that the most suitable raw material for this would be agricultural plant biomass containing cellulose.

Aim of the work: to evaluate chemical composition and structure of agricultural plants and to determine suitability of plant biomass for production of cellulosic bioplastics. Four types of herbaceous plants were selected: miscanthus (lot. *Miscanthus giganteus*), sida (lot. *sida hermaphrodita*), artemisia dubia and spring wheat (lot. *triticum*). Determining the amount of cellulose that is suitable for the production of bioproducts had the most effect artemisia dubia $54,43 \pm 2,17\%$. However, the highest fiber yields are obtained from miscanthus – $7,15 \pm 0,22 \text{ t ha}^{-1}$. Therefore, growing this herbaceous plant for bioproducts and obtaining fiber would be beneficial.

Aušra Bakšinskaitė – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantė; tel. +370 61604881, el. paštas: baksinskaite.ausra@gmail.com

Vita Tilvikienė – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, doc. dr.; tel. +370 62084643, el. paštas: vita.tilvikiene@lammc.lt

MULČIAVIMO EFEKTYVUMO TYRIMAS EKOLOGINIAME DARŽININKYSTĖS ŪKYJE

Rita Bulaukienė, Rasa Čingienė

Ivadas

Ekologinė žemdirbystė atlieka kelias funkcijas: ji vartotojams ne tik siūlo sveikesnius produktus, bet ir prisideda prie aplinkos užterštumo mažinimo. Ekologiškai ūkininkaujant dirvožemio ir augalų gyvybingumą lemia gerai apgalvoti, suplanuoti ir natūralūs veiksmai, kurie aplinkai yra draugiškesni.

Viena iš pagrindinių problemų ekologiniame ūkininkavime yra piktžolių kontrolė, kuri stabdo ekologinių ūkių plėtrą. Ekologiniuose ūkiuose piktžolių kontrolė pagrįsta tik necheminėmis priemonėmis, todėl tradicinės žemės ūkio mašinos yra nepakankamai efektyvios (Sirvydas, 2012). Kaip alternatyvi piktžolių kontrolės priemonė, atsisakant žemės dirbimo, yra gyvojo mulčio naudojimas. Augalų liekanomis padengus dirvos paviršių, sumažėja trumpaamžių piktžolių dygimas, priklausomai nuo organinių liekanų sluoksnio storio (Šimėnienė, 2012).

Dirvos paviršiaus padengimas įvairiomis medžiagomis, siekiant sumažinti piktžolėtumą, išsaugoti drėgmę ir palaikyti pastovesnę dirvos temperatūrą, Lietuvoje nėra labai populiarus. Mulčiavimo patirtis mus pasiekia iš Didžiosios Britanijos, Airijos ir kitų šalių, kur didesnis darbo našumas žemės ūkyje, didesni daržovių ir uogynų plotai, senesnės ekologinio ūkininkavimo tradicijos. Mokslinės literatūros analizė leidžia teigti, kad pasaulyje mulčiai dažniausiai naudojami ten, kur vyrauja sausi ir karšti orai – Indijoje, Pakistane, Irane, Afrikos šalyse. Dėl klimato kaitos, tiesiogiai ar netiesiogiai įtakojančio vandens ir energijos suvartojimą žemės ūkio sektoriuje, mulčiavimas – galima viena iš priemonių galinčių sumažinti dirvožemio garavimą, slopinti piktžolių augimą, kontroliuoti dirvožemio struktūrą ir temperatūrą bei dirvožemio mikroorganizmus. JAV atlikti tyrimai parodė, kad dirvožemio mikroorganizmų įvairovė ir gausumas labiausiai priklauso nuo mulčio rūšies ir ryškiausiai mulčio poveikis pasireiškė viršutiniame dirvožemio sluoksnyje (Cai et al., 2015). Ūkininkaujant ekologiškai, labai svarbi augalų aprūpinimo maisto medžiagomis problema ir teigiamo augalų maisto medžiagų balanso palaišymas. Organiniai mulčiai šiuo atveju yra puiki priemonė (Forcella et al, 2013).

Mulčiavimo medžiagos modifikuojančios mikroklimatą mažina dirvožemio garavimą, tokiu būdu atsiranda galimybė sutaupyti drėgmę dirvožemyje. Ekonomiškas mulčiavimas taupo ir darbo sąnaudas vėliau skildamas padidina maistinių medžiagų kiekį dirvožemyje. Norint gauti maksimalią naudą mulčiuojant yra labai svarbu teisingai pasirinkti mulčiavimo medžiagas. Prieš pradėdant naudoti medžiagas mulčiui rekomenduojama iširti jų poveikį aplinkai, tinkamumą klimatui bei derliui (Kader et al., 2017)

Lietuvoje kasmet vis karštesnės ir sausesnės vasaros verčia ekologinių ūkių savininkus ieškoti būtų dirvos drėgmės ir derliaus kokybės išsaugojimui.

Tyrimo tikslas – įvertinti organinių mulčių įtaką svogūnų pasėlio piktžolėtu-
mui ir dirvožemio fizikinėms savybėms.

Darbo uždaviniai:

- išanalizuoti organinių mulčių poveikį dirvožemio fizikinėms savybėms;
- išanalizuoti organinių mulčių poveikį svogūnų derlingumui;
- atlikti tyrimo rezultatų analizę.

Tyrimo objektas ir metodika

Eksperimentiniai lauko bandymai, svogūnų sodinukų pasėlyje, buvo atliekami Žuvyčių km. Semeliškių sen. Elektrėnų sav. Ritos Bulaukienės ekologiniame sodininkystės-daržininkystės ūkyje 2019 m. gegužės – rugpjūčio mėn. Bandymų laukas suskirstytas į lygias septynias dalis (variantus), kurio plotas sudarė 31,35 m². Sodinukai sodinami kas 25 cm tarp eilučių ir kas 7 cm eilutėje tarp sodinukų. Vienoje eilutėje buvo pasodinama 20 svogūnų sodinukų. Sodinukų masė svyravo nuo 0,9 iki 1,45 g. Bendrą sodinamų svogūnėlių masę kiekvienam variantui buvo stengiamasi parinkti kiek galima vienodesnę.

Tirti du mulčiavimo būdai (kai mulčio storis 5 cm ir 10 cm) ir keturi skirtingi mulčiai:

- nemulčiuota (kontrolinis-palyginamasis variantas) (KP);
- smulkinti kviečių šiaudai (KŠ);
- smulkinta sausa žolė (SŽ);
- smulkinta žalia žolė (ŽŽ).

Dirvos temperatūra ir drėgnis matuoti automatinio matuokliu. Stacionarus lauko eksperimentas atliktas trimis pakartojimais.

Tyrimų rezultatai

Dirvožemio drėgnis ir temperatūra turi svarbią reikšmę svogūnų sodinukų augimui bei svogūnų derliui. Tiriamuoju laikotarpiu (2019 m. gegužės 15 d. – rugpjūčio mėn. 15 d.) vyravo pakankamai šilti ir sausi orai. Lietuvos meteorologinės stoties meteorologinių stebėjimų duomenimis gegužės mėnesio vidutinė temperatūra buvo 12,7 °C, t. y. tokia pati kaip ir vidutinė daugiametė, kritulių iškrito 25,0 mm, beveik dvigubai mažiau nei vidutinė daugiametė kritulių suma. Birželio mėnesį vyravo labai stipri sausra buvo karšta ir be lietaus, vidutinė mėnesio temperatūra siekė 21,8 °C, liepos vidutinė mėnesio temperatūra buvo 16,8 °C, kritulių kiekis buvo 2,3 karto mažesnis už vidutinę daugiametę kritulių sumą. Apibendrinant galima teigti, kad tyrimų laikotarpis buvo karštas ir sausas.

Vertinant skirtingų mulčių naudojimą svogūnų auginimui, visų pirmą reikia išanalizuoti mulčių poveikį dirvožemio temperatūrai ir drėgniui (1 lentelė).

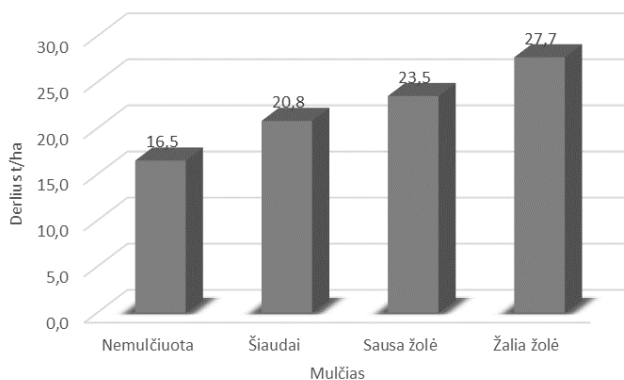
Aukščiausia dirvožemio temperatūra (18,62 °C) ir didžiausias dirvožemio drėgnis stebimi svogūnų pasėlių mulčiuojant žalios žolės (ŽŽ) mulčiu. Žemiausia

temperatūra (17,53 °C) buvo išmatuota kontroliniame svogūnų pasėlio laukelyje, o mažiausias temperatūrų pasiskirstymo nuokrypis stebėtas svogūnus mulčiuojant sausa žole (SŽ).

1 lentelė. Organinių mulčių įtaka dirvožemio temperatūrai ir drėgmeniui

Data	Kontrolinis		Kviečių šiaudai (KŠ)		Sausa žolė (SŽ)		Žalia žolė (ŽŽ)	
	Temperatūra, °C	Drėgnis, %	Temperatūra, °C	Drėgnis, %	Temperatūra, °C	Drėgnis, %	Temperatūra, °C	Drėgnis, %
05 30	17,2	20,6	17,2	26,4	16,8	22,4	17,9	27,4
06 15	19,4	21,3	18,9	25,3	18,6	22,1	20,1	25,8
06 30	18,9	22,2	19,2	27,1	17,8	23,6	19,8	28,2
07 15	15,2	24,3	18,6	31	17,6	25	18,2	33,5
07 30	17,3	25,8	18,5	30,4	18,5	26,2	18,1	33,7
08 15	17,2	25,4	17,5	31,2	17,4	27,4	17,6	33,2
Vidurkis	17,53	23,27	18,32	28,57	17,78	24,45	18,62	30,30
Min.	15,20	20,60	17,20	25,30	16,80	22,10	17,60	25,80
Max.	19,40	25,80	19,20	31,20	18,60	27,40	20,10	33,70
SD	1,49	2,20	0,79	2,60	0,68	2,12	1,06	3,56

Analizuojant organinių mulčių įtaką piktžolių tankiui, gegužės ir birželio mėnesiais buvo stebimas intensyviausias trumpaamžių piktžolių dygimo laikotarpis. Daugiausia piktžolių sudygo nemulčiuotoje dirvoje 757 vnt./m² gegužės antrą dekadą, o organiniais mulčiais padengtuose bandymų laukeliuose trumpaamžių piktžolių sudygo nuo 23,6 iki 32,2 proc. mažiau palyginus su nemulčiuota dirva. Nustatyta žalios žolės 10 cm mulčio esminė įtaka piktžolių dygimui, vėlesniu laikotarpiu mulčių įtaka buvo nevienoda. Birželio pirmą dekadą daugiausiai piktžolių sudygo įterpus sausos žolės 5 cm mulčią – 343 vnt./m² arba 24,4 proc. daugiau palyginus su nemulčiuota dirva. Antroje vasaros pusėje trumpaamžių piktžolių dygimas sumažėjo nuo 2 iki 10 kartų.



1 pav. Organinių mulčių įtaką svogūnų derlingumui

Didžiausias svogūnų derlingumas nustatytas naudojant taip pat žalios žolės mulčią (27,7 t/ha). Mulčiuotame pasėlyje svogūnų derlius gali būti didesnis dėl geresnio augalų aprūpinimo drėgme, t. y drėgmės išsaugojimo.

Mulčių sluoksnio storio įtaka svogūnų derlingumui buvo nereikšminga.

Išvados

1. Organinių mulčių naudojimas padeda sumažinti piktžolėtumą, išsaugoti drėgmę ir palaikyti pastovesnę dirvos temperatūrą.
2. Aukščiausia dirvožemio temperatūra (18,62 °C) ir didžiausias dirvožemio drėgnis (33,7 %) stebimi svogūnų pasėlių mulčiuojant žalios žolės mulčiu.
3. Didžiausias svogūnų derlingumas (27,7 t/ha) nustatytas naudojant žalios žolės mulčią, stebimas 59,6 % derliaus padidėjimas lyginant su nemulčiuotu svogūnų pasėliu.
4. Skirtingas organinių mulčių sluoksnio storis neturėjo esminės įtakos svogūnų derlingumui.

Literatūra

1. Balandaitė, J., Adamavičienė, A., Romaneckas, K., Eimutyte, E. 2019. Necheminių piktžolių kontrolės priemonių poveikis cukrinių runkelių produktyvumui ir kokybei. *Žemės ūkio mokslai*. T. 26. Nr. 1. P. 1–12.
2. Sirvydas, P. A., Kerpauskas, P. 2012. *Terminis piktžolių naikinimas*: monografija. Kaunas, Akademija. P. 32–71.
3. Šimėnienė, R. 2012. *Kukurūzų, įsėlinių tarpinių augalų ir piktžolių konkurencingumo tyrimai*: magistro baigiamasis darbas. Aleksandro Stulginskio universitetas. P. 33–34.
4. Kadera, M. A., Sengeb, M., Mojic, M. A., Itob, K. 2017. Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. *Soil & Tillage Research*, 168, 155–166.
5. Cai, T., Zhang, C., Huang, Y., Huang, H., Yang, B., Zhao, Z., Zhang, J., Jia, Z. 2015. Effects of different straw mulch modes on soil water storage and water use efficiency of spring maize (*Zea mays* L.) in the Loess Plateau of China. *Plant Soil Environ.* 61, 253–259.

Santrauka

Mulčiavimas naudojamas žemės ūkyje įvairiais tikslais, todėl jo naudos tyrimas įvairiose žemės ūkio sistemose yra aktualus. Buvo nustatyta, kad mulčiai yra naudingi ekologinėje daržinin-kystės sistemoje dirvožemio, vandens išsaugojimui ir gerinant derlingumą. Tyrimai atlikti svogūnų sodinukų pasėlyje naudojant skirtingų rūšių (smulkinti šiaudai, sausa žolė, žalia žolė) ir skirtingo storio (5 ir 10 cm) organinį mulčią. Įvertinta organinių mulčių įtaka dirvožemio drėgniui ir temperatūrai, pasėlio piktžolėtumui ir svogūnų derliui. Aukščiausia dirvožemio temperatūra (18,62 °C) ir didžiausias dirvožemio drėgnis (33,7 %) stebimi svogūnų pasėlių mulčiuojant žalios žolės mulčiu. Didžiausias svogūnų derlingumas (27,7 t/ha) nustatytas naudojant žalios žolės mulčią, stebimas 59,6 % derliaus padidėjimas lyginant su nemulčiuotu svogūnų pasėliu.

INVESTIGATION OF MULCHING EFFICIENCY IN ORGANIC HORTICULTURE

Summary

Mulch is used in agriculture for various purposes, so the study of its benefits in various agricultural systems is relevant. Mulch has been found to be beneficial in the ecological horticultural system for soil, water conservation and improved fertility. The research was carried out in onion seedling crop using different types (chopped straw, dry grass, green grass) and different thickness (5 and 10 cm) of organic mulch. The influence of organic mulch on soil moisture and temperature, crop weediness and onion yield was evaluated. The highest soil temperature (18.62°C) and the highest soil moisture (33.7%) are observed by mulching the onion crop with green grass mulch. The highest onion yield (27.7 t/ha) was determined using green grass mulch, an increase of 59.6 % yield was observed in comparison with unmulched onion crop.

Rita Bulaukienė – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantė; tel. 8 620 96245, el. paštas: bulaukiene64@gmail.com

Rasa Čingienė – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, doc. dr.; tel. 8 37 752375, el. paštas: rasa.cingiene@vdu.lt

T FORMA SUVIRINTOS ALIUMINIO LYDINIO JUNGTIES DEFORMACIJŲ TYRIMAS

Gytis Gabalis

Įvadas

Atliekant T formos sujungimo suvirinimo procesą dėl atsirandančių įtempimų susidaro deformacijos, kurio rezultate suvirinamo gaminio matmenys neatitiks nurodomų brėžiniuose. Tai vyksta todėl, kad suvirinimo metu išsiskiria dideli energijos kiekiai, kuris pasiskirsto medžiagos tūryje ir dėl skirtingo šiluminio plėtimosi, skirtinguose ruošinio vietose atsiranda įtempiai, įtakojantys gaminamos detalės matmenis ir kokybę.

Tyrimo tikslas – nustatyti suvirinimo metu atsirandančias liekamašias deformacijas, T formos suvirintose jungtyse, suvirinant TIG būdu.

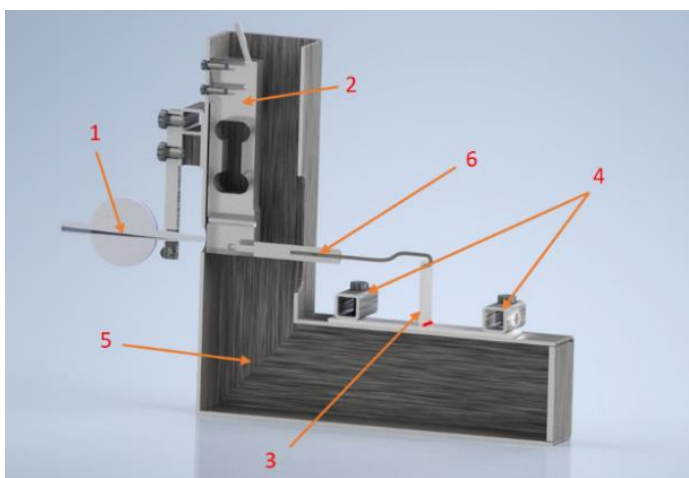
Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimo objektas – T – forma suvirintos aliuminio jungties deformacijos.

Medžiagos – AW 6082 T6 aliuminio plokštelės 3×40×50 / 3×150×140 mm.

Įranga: TIG suvirinimo įranga ESAB Rebel EMP 205ic AC/DC; savos konstrukcijos jėgos matavimo rėmas; indikatorinė galvutė 1-IG (1 MKM).

Suvirinimo bandymai yra atlikti Vytauto Didžiojo universitete Žemės ūkio akademijos Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos instituto suvirinimo laboratorijoje. Naudotas TIG suvirinimo aparatas ESAB Rebel EMP 205ic AC/DC. Bandyams atlikti panaudotas specialus matavimo rėmas, pateiktas 1 pav.

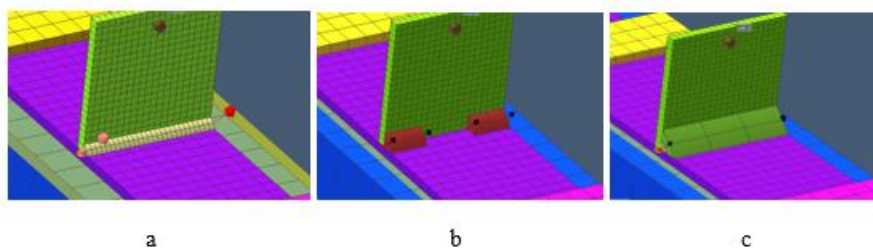


1 pav. Specialus matavimo rėmas. 1 – indikatorinė galvutė; 2 – vienataškis apkrovos daviklis SCAIME AL 10 C3 SH 5e; 3 – tiriamasis objektas; 4 – ruošinio prispaudimo plokštės; 5 – rėmas; 6 – kablys

Ruošinių sudaro dvi plokštelės pagamintos iš aliuminio lydinio AL AW 6082 T6. Jungtį sudaro viršutinė ir apatinė plokštelės. Viršutinė plokštelė suvirinimu jungiama statmenai su apatine plokšte. Prie viršutinės plokštelės yra pridedamas kablys 6, plokštelę jungiantis su jėgos jutikliu.

Suvirinant, viršutinę plokštelę 3 veikia jėgos, atsirandančios dėl įtempimų formuojamoje siūlėje. Šios jėgos lenkia plokštelę į vieną ar kitą pusę. Per kablį 6 plokštelės galo poslinkis perduodamas jutikliui 2. Į jutiklį 2 atremta mikrometrinio indikatorius 1 kojėlė, kuri matuoja plokštelės 3 galo poslinkį.

Suvirinimas atliktas su suvirinimo aparatu ESAB Rebel EMP 205ic AC/DC. Suvirinimo parametrai parinkti atsižvelgiant į medžiagos markę bei ruošinių storį: suvirinimo srovė 95 A, suvirinimo įtampa – 14 V, suvirinimo greitis 0,86 mm/s.



2 pav. Suvirinimo siūlės. a – Ištinė suvirinimo siūlė, b – Intervalinė suvirinimo siūlė (pirmasis intervalas iš kairės, antrasis iš dešinės), c – Ištinė dviguba suvirinimo siūlė

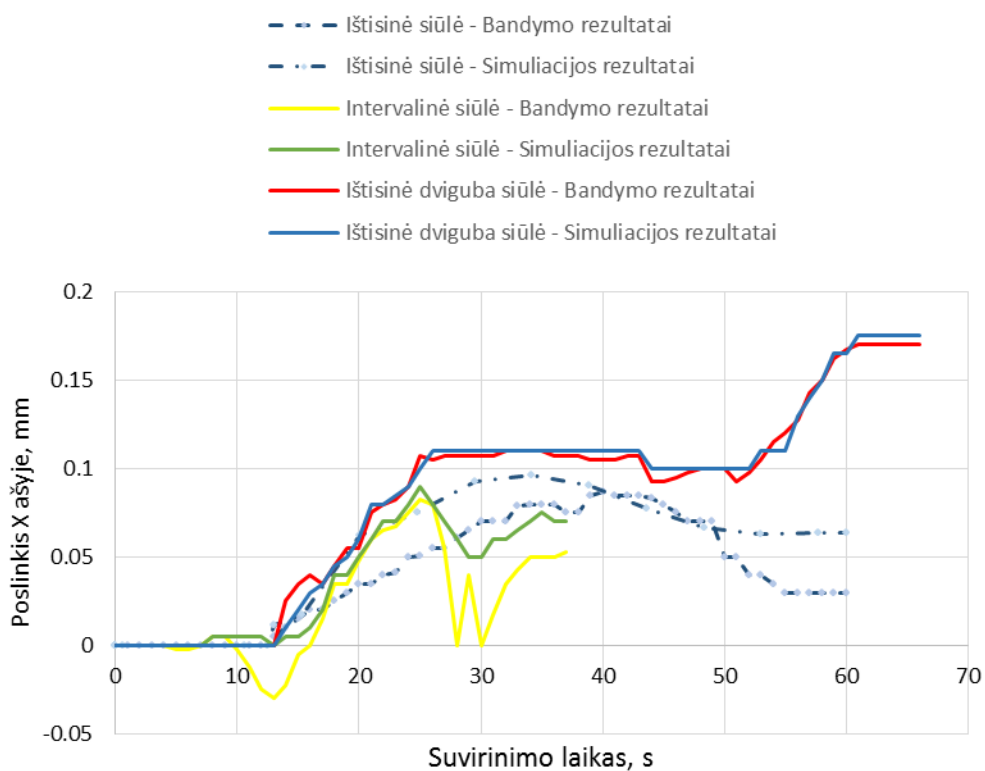
Simuliacijai atlikti buvo pasirinkti parametrai pagal suvirinimo bandymo metu naudotus parametrus.

Tyrimo rezultatai

Atliktų matavimų duomenys pateikiami 2 pav., taip pat lygiagrečiai atlikta analogiškos jungties suvirinimo simuliacija naudojant programinę įrangą Simufact welding.

Grafike (2 pav.) matome, jog suvirinant ištinė siūlė didžiausias poslinkis susidaro po 30 s nuo suvirinimo pradžios, o jo dydis siekia 0,09 mm. Nuo suvirinimo pradžios poslinkis didėja gana tolygiai todėl, kad suvirinama medžiaga gauna tolygų energijos kiekį ir deformuojasi vienodai. Suvirinus daugiau negu pusę siūlės ilgio, suvirintas metalas pradeda aušti, todėl grafike matome poslinkio mažėjimą.

Atlikus bandymus su intervaline siūle, grafike (2 pav.) pastebimi du esminiai poslinkio pokyčiai, kurie atsiranda siūlės tūrio padidėjimo metu. Pirmasis pokytis matomas pradžioje, kai pradėdama suvirinti antrą intervalą poslinkio reikšmė pasiekia neigiamą reikšmę (-0,05 mm). Antrąjį poslinkio pokytį pastebime kai pradėdama suvirinti trečiasis intervalas.



3 pav. Deformacijų skaičiavimo ir matavimo rezultatai

Atlikus bandymus suvirinant ištisine dviejų sluoksnių siūle, grafike (3 pav.) matome, kad viso suvirinimo metu įvyksta du poslinkio padidėjimai. Suvirinus pirmąją siūlę poslinkis stabilizuojasi ir išlieka tolygus, kol 42 sekundę, matomas poslinkio nuokrytis, kai siūlės tūris pradeda didėti. Tuomet virinant antrą siūlę, prasideda poslinkio didėjimas kol poslinkio reikšmė pasiekia maksimalią reikšmę 0,17 mm.

Išvados

1. Didžiausias vertikalios plokštelės poslinkis pastebimas tada, kai suvirinama ištisine dviguba suvirinimo siūle – 0,17 mm.
2. Mažiausias vertikalios plokštelės poslinkis pastebimas tada, kai suvirinama ištisine siūle – 0,07 mm.
3. Virinant intervaline siūle matomi gal vertikalios plokštelės poslinkio pokyčiai, kurie kinta intervale -0,05 ...0,08 mm.

Literatūros šaltiniai

1. Pires, I., Quintino, L., Miranda, R. M. 2007. Analysis of the influence of shielding gas mixtures on the gas metal arc welding metal transfer modes and fume formation rate. *Materials & Design*. Vol. 28, Issue 5, 1623–1631 p.p.

2. Xiangmeng, M., Guoliang, Q., Yuqi, Z., Banglong, F., Zengda, Z. 2014. High speed TIG–MAG hybrid arc welding of mild steel plate. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 214, Issue 11, November, 2417–2424 p.p.
3. Klas Weman. 2012. *Introduction to welding*. Welding Processes Handbook. A volume in Woodhead Publishing Series in Welding and Other Joining Technologies. 1–55 p.p.
4. Yong Zhao, , Lilong Zhou, Qingzhao Wang, Keng Yan, Jiasheng Zou. Defects and tensile properties of 6013 aluminum alloy T-joints by friction stir welding. *Materials & Design*. Vol. 57, May 2014, 146–155 p.p.
5. Radaj, D. 2003. *Welding Residual Stresses and Distortion*. Duesseldorf: DVS-Verl. ISBN 3871-55-791-9.

Santrauka

Tiriamoji darbo esmė yra rasti geriausią variantą tarp trejų skirtingų suvirinimo siūlių. Darbo eigoje tiriamos trys skirtingos suvirinimo siūlės, bei matuojamos kiekvienos siūlės sukiamas poslinkis suvirinimo metu. Gautieji poslinkio rezultatai yra lyginami su suvirinimo modeliavimo metu gautais rezultatais.

FORM T TEST FOR DEFORMATION OF WELDED ALUMINUM ALLOY JOIN

Summary

The essence of the study is to find the best option between the welds. In order to discover the best welding method with the smallest displacement. The work compares the welds of three different ways of welding, as well as the displacements obtained during welding.

Gytis Gabalis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 69287246, el. p. gytis.gabalis@gmail.com

GYVŪNŲ GEROVĖS TYRIMAI MĖSINIŲ GALVIJŲ TVARTE

Indrė Strelkauskaitė-Buivydienė, Rolandas Bleizgys

Įvadas

Didėjantis gyvūninių produktų poreikis, skatina jų gamybos sistemų intensyvinimą. Dažnai yra ignoruojamas faktas, kad pagrindinis, bet kurios gamybos sistemos vienetas yra gyvūnas su kompleksu fizinių ir psichologinių poreikių (1). Šiuolaikinės intensyvios mėsos gamybos sistemos, kurios skiria didesnę dėmesį produkcijos kiekybei, o ne kokybei, lėmė gyvūnų gerovės problemų atsiradimą. Todėl atsiranda poreikis įvertinti, kaip šiuolaikinės gyvūninių produktų gamybos sistemos laikosi gyvūnų gerovės principų (2).

Gyvūnų gerovė – tai gyvūnų būklė, kai jie nejaučia nei fizinių nei psichinių kančių ir yra gerai prisitaikę prie gyvenimo sąlygų; tai humaniško gyvūnų naudojimo koncepcija, siekianti iki minimumo sumažinti gyvūnų skausmą, kančias ir stresą ir pagerinti gyvūnų gerovę visais jų gyvenimo etapais.(3) Ši sąvoka taip pat reiškia gyvūno prisitaikymą prie jį supančios aplinkos (1), kuri, remiantis moksliniais tyrimais, turi būti patogi, sveika, saugi, su galimybe reikšti natūralią elgseną, tokia kuri nesukelia gyvūnui skausmo, baimės ir streso (4). Gerovės principai yra grindžiami tuo, kad gyvūnai gali jausti kančią, skausmą bei turi individualių fiziologinių bei psichologinių poreikių (5).

Mikroklimatas – tai patalpų terminių ir oro švaros rodiklių visuma, apšvietumas, triukšmas. Terminiams rodikliams taip pat priskiriama oro temperatūra, oro judėjimo greitis, santykinis drėgnis. Oro švarą apibūdina kenksmingų dujų, dulkių ir mikroorganizmų koncentracijos. Iš visų mikroklimato veiksnių didžiausią įtaką pašarų įsisavinimui, kartu ir gyvulio produktyvumui daro oro temperatūra. Norint užtikrinti tinkamą biocheminių procesų veiklą, būtina kad gyvulys nenaudotų papildomos energijos apšildymui ar atsivėsiniui.(6). Vienas svarbiausių mikroklimato veiksnių yra oro temperatūra, kuri dažniausiai turi įtakos ir kitiems mikroklimato veiksniams. Optimali temperatūra tvarte yra nuo -7 °C iki +22 °C. Mažiausias leidžiamas galvijų laikymo patalpos oro santykinis drėgnis – 40 %, didžiausias 88 % (esant 5 °C temperatūrai). Didėjant temperatūrai, rekomenduotinas oro drėgnis mažėja iki 80 % (esant 10 °C temperatūrai), o temperatūrai pakilus iki 20 °C, oro santykinis drėgnis turėtų būti ne didesnis kaip 65 %.

Tyrimų tikslas – įvertinti galvijų laikymo sąlygas – mikroklimatą ekologiniame šalto tipo mėsinių galvijų tvarte.

Uždaviniai:

1. Įvertinti galvijų gerovės reikalavimus ūkininko ūkyje.
2. Nustatyti ar ištirtame ūkyje yra laikomasi galvijų gerovės reikalavimų.
3. Nustatyti, koku metų laiku tvarte mikroklimatas būna netinkamas galvijams.

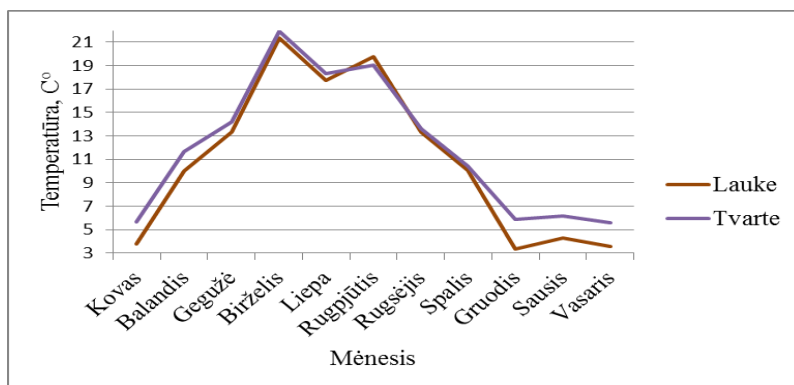
Tyrimų metodika ir objektas

Tyrimai atlikti ekologiniame mėšinių galvijų tvarte Klaipėdos rajone. Tvaras yra palaido laikymo, šalto tipo su nuožulniomis grindimis, pusgylis. Tvarto plotas yra 1634 m² (18,71 m × 87,36 m), šėrimo tako plotis – 4 m. Tvarte laikoma 220 aubrakų veislės galvijų. Analizuojant terminius procesus tvarte, įvertintas jų atitikimas gyvūnų gerovės reikalavimams, tvartų mikroklimatui. Atliekant tyrimus naudojami oro temperatūros ir santykinio drėgnio matuokliai *MicroLite LITE5032P-RH*. Duomenys buvo fiksuojami nuo 2019 m. kovo 1 d. iki 2020 m. vasario 27 d. Oro temperatūra ir santykinis oro drėgnis registruoti kas valandą, daiktai pakabinti 1,5 m aukštyje, norint įvertinti mikroklimatą galvijų buvimo zonoje. Tyrimo metu buvo naudojami šeši matuokliai, penki matavimo įrenginiai buvo pakabinti tvarte, vienas lauke (vietoje, kur neužlyja lietus ir nekepina saulė).

MicroLite LITE5032P-RH temperatūros matavimo ribos nuo -35 °C iki +85 °C, matavimo tikslumas ±0,5 °C matuojamos reikšmės: oro santykinio drėgnio matavimo ribos nuo 0 % iki 100 %, matavimo tikslumas ± 3 % matuojamos reikšmės. Prieš pradėdant bandymus temperatūros ir drėgno matuokliai kompiuteriu suprogramuoti reikiamais darbo režimams, naudojant Fourtec programą.

Rezultatai ir jų aptarimas

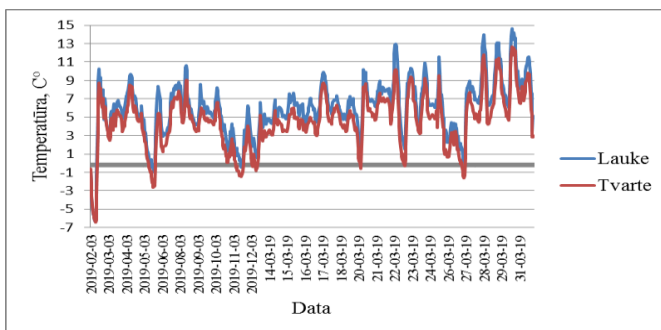
Tiriamuoju laikotarpiu buvo nustatyta oro temperatūra ir santykinis oro drėgnis tvarte ir lauke, drėgno priklausomybė nuo temperatūros, bei tvarto temperatūros priklausomybė nuo temperatūros lauke. Tiriamuoju laikotarpiu vidutinė oro temperatūra tvarte buvo 12,79 °C, santykis oro drėgnis – 81,67 %.



1 pav. Vidutinė oro temperatūra tiriamuoju laikotarpiu

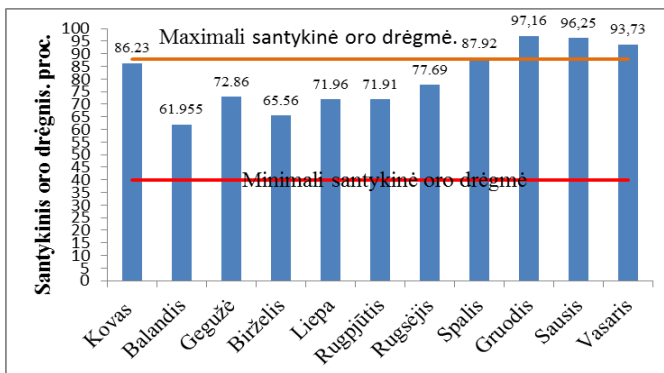
Karščiausias mėnuo buvo birželis, vidutinė šio mėnesio temperatūra siekė 21,96 °C, šalčiausias mėnuo tiriamuoju laikotarpiu – vasaris, vidutinė šio mėnesio temperatūra siekė 5,6 °C (1 pav.). Didžiausias santykinis oro drėgnis buvo gruodžio mėnesį, vidutinė šio mėnesio santykinė oro drėgmė buvo – 97,16 %, tuo tarpu mažiausias santykinis oro drėgnis buvo balandžio mėnesį – 61,95 %.

Per visą tiriamąjį laikotarpį žemiausia temperatūra tvarte buvo kovo mėnesį – 6,36 °C (2 pav.), aukščiausia liepos mėnesį – 34,53 °C.



2 pav. Kovo mėnesio temperatūra tiriamuoju laikotarpiu lauke ir tvarte

Maksimali rekomenduojama santykinė oro drėgmė yra 88 %, tvarte tiriamuoju laikotarpiu ši norma viršyta buvo net keletą kartų šaltuoju metų laiku (gruodį, sausį ir vasarį). Gruodžio mėnesio vidutinė santykinė oro drėgmė buvo 97 %, sausį – 98 %, vasarį – 96 %. Rekomenduojama žemiausia oro santykinė drėgmė yra 40 %, tiriamuoju laikotarpiu santykinis oro drėgnis nebuvo žemesnis už rekomenduojamą (3 pav.).



3 pav. Santykinė oro drėgmė tvarte (mėnesių vidurkiai)

Vertinat galvijų gerovę buvo nustatinėjama ir galvijų būklė, ar jie turi priėjimus prie pašaro ar visada yra vandens. Apžiūrima ar galvijai turi sužeidimų, jų švara. Tyrimo metu buvo pastebėta keletas karvių kurių kanopos buvo skausmingos, užpūliavusios. Taip pat 8 iš 10 galvijų buvo nešvarūs, ši veiksnį galėjo nulmti tai jog tvarte per mažai kreikiama yra gan drėgna.

Išvados

1. Šilčiausias mėnuo tiriamuoju laikotarpiu buvo birželio (vidutinė mėnesio temperatūra lauke buvo – 21,39 °C, tvarte prie šėrimo tako – 22,53 °C). Oro santykinis drėgnis tvarte buvo 64,6–66,5 % ir neviršijo maksimalią leidžiamą normą – 65 %.
2. Šalčiausias mėnuo tyrimo metu buvo kovas, jo mėnesio vidutinė temperatūra lauke siekė 3,78 °C, o tvarte 5,405,95 °C. Tvarte temperatūra nebuvo žemesnė už rekomenduojama mažiausią (-7 °C).

3. Karštuoju metų laiku tvartas neatitinka gyvūnų gerovės reikalavimų ir temperatūra bei santykinis oro drėgnis jame būna per didelis. Šaltuoju metų laikotarpiu oro santykinis drėgnis siekia net 100 %. Norint spręsti šią problemą reikia intensyvuoti vėdinimą, šiltinti stogą.

Literatūra

1. Phillips, C. 2002. *Cattle Behaviour and Welfare*, 2nd edition, p. 1–23.
2. Sejian, V., Lakritz, J., Ezeji, T., Lal, R. 2011. Assessment methods and indicators of animal welfare. *Asian journal of animal and veterinary advances*. p. 301–315.
3. Kučinskienė, J., Ribikauskas, V. 2015. *Galvijų elgsena ir gerovės vertinimas*. Metodinė priemonė, Kaunas: LSMU Leidybos namai.
4. Keyserlingk, M. N. G., Rushen, J., de Passillé, A. M., Weary, D. M. 2009. Invited review: the welfare of dairy cattle—Key concepts and the role of science. *American dairy science association*, 92:4101–4111.
5. Ramanauskienė, J., Stanišauskienė, D. Gyvūnų gerovė pieno ūkiuose. *Mano ūkis*, 2011.
6. Bleizgys, R., Čėsna, J. 2012. *Gyvulininkystės technologijų inžinerija*. Mokomoji knyga.

Santrauka

Norint užtikrinti gyvūnų gerovę vienas svarbiausių veiksnių yra tvarto mikroklimatas, kurį sudaro: temperatūra, oro santykinis drėgnis, dulkėtumas, apšvieta ir kt. Svarbiausias ir daugiausiai įtakos turintis mikroklimato veiksnys yra temperatūra, optimali tvarto temperatūra -7 °C iki +22 °C. Optimali santykinė oro drėgmė nuo 40 % iki 88 %. Santykinis oro drėgnis priklauso nuo vėdinimo intensyvumo ir temperatūros tvarte.

Tyrimai atlikti mėšinių galvijų tvarte nuo 2019 kovo mėnesio iki 2020 vasario mėnesio. Tiriamuoju laikotarpiu temperatūra kito nuo -6,36 °C iki 34,53 °C. Santykinis oro drėgnis neretai šaltuoju metų laiku siekė 100 % ir taip viršijo normos ribas, mažiausias santykinis oro drėgnis fiksuotas balandžio mėnesį 24,3 %.

Pagrindiniai žodžiai: gerovė, mėsiniai galvijai, tvartas, mikroklimatas.

ANIMAL WELFARE STUDIES IN BEEF CATTLE BARN

Summary

In order to ensure animal well-being, one of the most important factors is microclimate of a cattleshed, which consists of air temperature, relative air humidity, dustiness, lightning etc. Air temperature is considered to be the most important factor. Optimal air temperature in a cattleshed usually ranges from -7°C to 22°C. Optimal relative air humidity ranges from 40% to 88%. Relative air humidity depends on the intensity of ventilation and the air temperature in a cattleshed.

The study was conducted in a beef cattleshed from March 2019 to February 2020. In this period air temperature in the cattleshed fluctuated from -6,36°C to 34,53°C. It was not uncommon for the relative air humidity to reach 100% thus exceeding norm values. The lowest value of relative air humidity was observed in April 2019 when it was as low as 24,3%. Data that was gathered during this study is compared to other academical sources.

Key words: prosperity, cattle, meat, barn, microclimate.

Indrė Strelkauskaitė-Buivydienė – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantė; e. paštas: indrestrelkauskaite95@gmail.com

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

MONOBLOKINIO SAULĖS KOLEKTORIAUS TYRIMAS

Paulius Jonaitis, Antanas Kavolynas

Įvadas

Europos sąjungoje ir Lietuvoje yra instaliuota apie 80 % plokščiųjų saulės kolektorių. Likusią dalį t. y. 20 % instaliuotų saulės kolektorių sudaro vakuuminiai saulės kolektoriai [1]. Lietuvos sąlygomis naudojami plokštieji saulės kolektoriai per metus vidutiniškai pagamina 280–350 kWh šiluminės energijos iš viename kvadratiname metre, o spalvoto metalo kolektoriai su selektyviuoju absorberiu – 400–500 kWh [2].

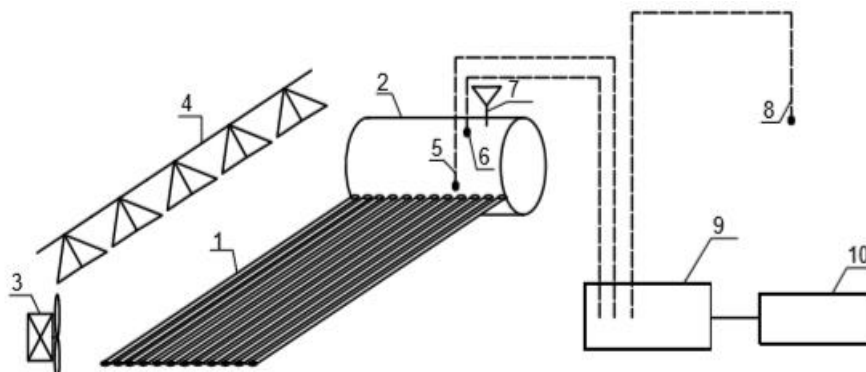
Vakuuminių saulės kolektorių sistemos, karštam vandeniui ruošti, gali būti slėginės ir beslėgės. Plokštieji saulės kolektoriai šildo vandenį per šilumnešį, jie yra pigesni, bet pasiekia mažesnę naudingumo koeficientą, nei tokio paties ploto vakuuminiai saulės kolektoriai. Vakuuminiai saulės kolektoriai yra efektyvesni ir brangesni. Vertinant Lietuvos klimatinės sąlygas, pakanka instaliuoti plokščiuosius saulės kolektorius į karšto vandens ruošimo sistemą, kad ji veiktų efektyviai, bei kompensuotų dalį išlaidų, skiriamų karšto vandens poreikiams patenkinti [3].

Vertinant saulės kolektoriaus, skirto vandens šildymui, sistemos efektyvumą, labai svarbu išanalizuoti saulės kolektoriaus ir su juo naudojamos visos sistemos energetinius rodiklius ir parametrus. Šie rodikliai tarpusavyje yra glaudžiai susiję ir priklauso vienas nuo kito. Literatūroje pasigendama gilesnių analizių, apie saulės energiją naudojančių vandens šildymo sistemų naudingumą gamybinėmis sąlygomis. Todėl šiame tyrime bus nagrinėjama vakuuminio monoblokinio beslėgio saulės kolektoriaus energetinės charakteristikos.

Tyrimo tikslas. Ištirti monoblokinio saulės kolektoriaus technines charakteristikas, nustatyti naudingumo koeficientą prie skirtingų apšvietų, įvertinti šilumos praradimo nuostolius.

Tyrimo objektas ir metodika

Eksperimentinių tyrimų metu tirtas 12 vakuuminių vamzdelių ir 140 litrų akumuliacinę talpą turintis monoblokinis beslėgis saulės kolektorius. Tyrimui buvo naudotas saulės imitatorius, ventiliatorius, skaitmeninis duomenų kaupimo prietaisas „ALMEMO 5690-2“, kompiuteris, elektrinių parametrų matavimo prietaisas „K-50“ bei indukcinis anemometras „ARI-49“, skirtas vėjo greičiui matuoti (1 pav.).



1 pav. Monoblokiniio saulės kolektoriaus tyrimo schema: 1 – Monoblokiniio beslėgio saulės kolektoriaus vakuuminiai vamzdeliai, 2 – beslėgė akumuliacinė talpa, 3 – reikalingą oro apipūtimo srautą užtikrinantis ventiliatorius, 4 – saulės imtatorius, 5 – temperatūrinis jutiklis akumuliacinės talpos apačioje, 6 – temperatūrinis jutiklis akumuliacinės talpos viršuje, 7 – išsiplėtimo indas, 8 – temperatūrinis jutiklis patalpoje, 9 – duomenų kaupimo prietaisas, 10 – kompiuteris

Tyrimo pradžioje sureguliuojamas energetinės apšvietos intensyvumas saulės imitatoriuje. Apšvietai matuoti naudojamas piranometras su skersinės eigos rėmeliu. Ant matavimo paviršiaus sudaroma tinklainė su 100 mm žingsniu. Apšvietos matavimai atliekami 96 taškuose. Toliau, naudojantis vėjo matavimo prietaisu – anemometru, nustatomas vėjo pasiskirstymas ant kolektoriaus plokštumos, matavimai atliekami 12-oje taškų. Tyrimas atliktas trimis pakartojimais. Kiekvieno pakartojimo metu buvo nustatytas energinės apšvietos dydis. Pirmo bandymo metu 600 W/m^2 , antro bandymo metu 700 W/m^2 , trečio bandymo metu 800 W/m^2 . Viso tyrimo metu saulės kolektorius buvo apipučiamas $2,7 \text{ m/s}$ vėjo greičiu, patalpos temperatūra vidutiniškai siekė $(25 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C})$, vieno pakartojimo šildymo procesas trukdavo 7 h.

Akumuliacinė talpyklos lyginamieji šilumos nuostoliai U_s nustatyti vadovaujantis ISO 9459-2 standarto reikalavimais [4], pagal išraišką:

$$U_s = \frac{\rho_v c_p V}{\Delta \tau} \ln \left[\frac{t_1 - t_{a,m}}{t_2 - t_{a,m}} \right], \quad (1)$$

čia: ρ_v – vandens tankis, kg/m^3 ;

c_{pv} – vandens savitoji, $\text{J}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$;

V – vandens rezervuaro talpa, m^3 ;

$\Delta \tau$ – vėsimo trukmė, s;

$t_{a,m}$ – vidutinė aplinkos oro temperatūra, $^\circ\text{C}$;

t_1, t_2 – vidutinė vandens temperatūra tyrimo pradžioje ir pabaigoje, $^\circ\text{C}$.

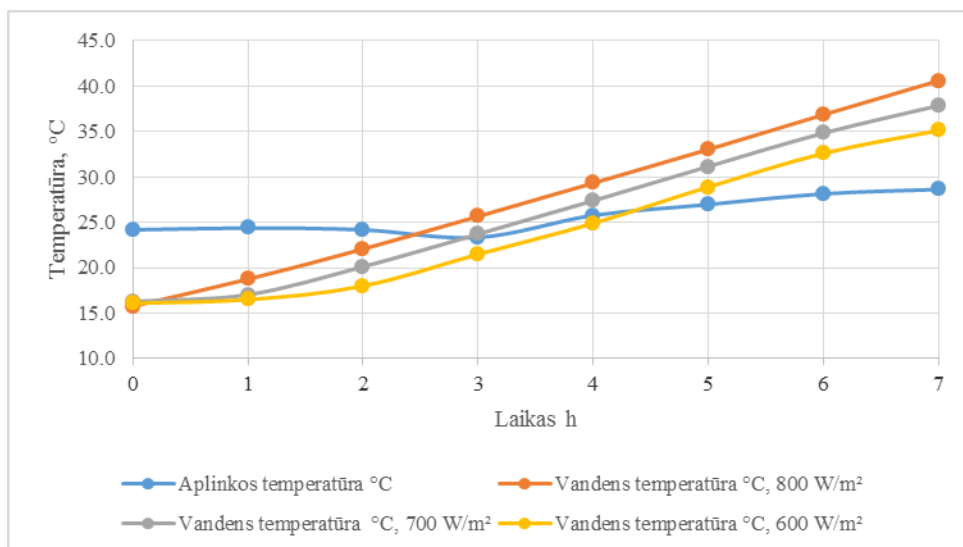
Talpykloje akumuliuota šilumos energija nustatoma pagal išraišką [4]:

$$Q = \frac{c_p V \rho (t_2 - t_1)}{3600}. \quad (2)$$

Monoblokinio saulės kolektoriaus akumuliacinės talpyklos eksperimentiniai tyrimai atlikti šilumos energiją akumuliuojant vandenyje (140 l).

Tyrimo rezultatai

Ištyrus monoblokinio saulės kolektoriaus technines charakteristikas nustatyta, jog saulės kolektorių apšviečiant skirtingo galingumo apšvieta, keičiasi vandens pašildymo laikas. Didinant apšvietos reikšmę nuo 600 W/m^2 iki 800 W/m^2 , per tą patį laiko tarpą pasiekama aukštesnė vandens temperatūra akumuliacinėje talpoje (2 pav.).

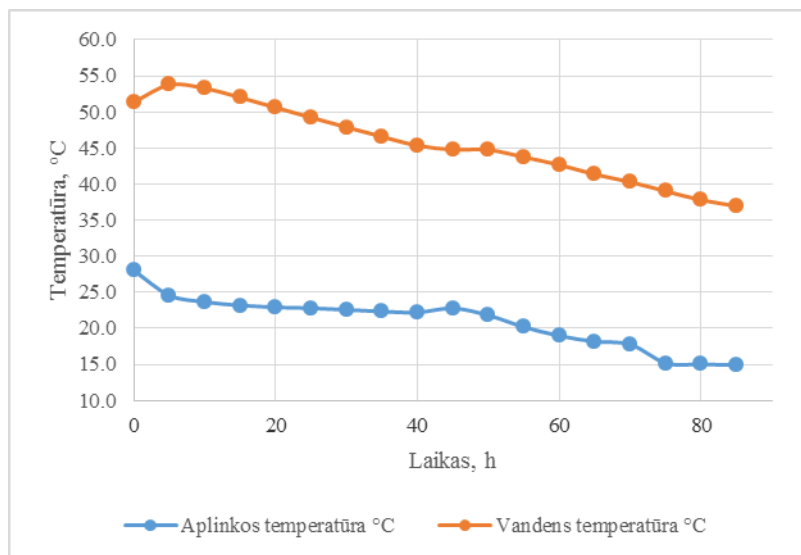


2 pav. Apšvietos įtaka vandens temperatūrų pokyčiui akumuliacinėje talpoje

Didėjant apšvietos reikšmei didėja ir energijos kiekis, kurį gauna monoblokinio saulės kolektoriaus vakuuminiai vamzdeliai. Kadangi kolektoriaus plotas yra $1,12 \text{ m}^2$, tai prie 600 W/m^2 energinės apšvietos jo pasiekama galia yra 672 W , prie 700 W/m^2 energinės apšvietos – 784 W , prie 800 W/m^2 energinės apšvietos – 896 W .

Akumuliacinėje talpoje, bendras sukauptos šilumos energijos kiekis, per 7 h apšviečiant saulės kolektorių 800 W/m^2 energine apšvieta, siekia $4,04 \text{ kWh}$, apšviečiant 700 W/m^2 energine apšvieta – $3,52 \text{ kWh}$, apšviečiant 600 W/m^2 energine apšvieta – $3,1 \text{ kWh}$.

Išjungus saulės imitatorių, pereinant į aušinimo režimą, vandens temperatūra akumuliacinėje talpoje kyla. Taip yra todėl, nes akumuliacinės talpos sienelės yra sukaupusios šiluminės energijos kiekį, kuris perduodamas vandeniui. Šis procesas, vidutiniškai prie 21 °C ir $2,7 \text{ m/s}$ vėjo srauto aplink saulės kolektorių, trunka apie 5 valandas.



3 pav. Temperatūrų dinamika akumuliacinėje talpoje aušinimo metu

Aušinant monoblokinio saulės kolektoriaus akumuliacinę talpą vidutinis prarandamos šiluminės energijos kiekis per valandą siekia 0,028 kWh. Bendras prarastos energijos kiekis siekia 2,35 kWh. Lyginamieji šilumos nuostoliai 1,36 W/K.

Išvados

1. Lyginamieji šilumos nuostoliai monoblokinio saulės kolektoriaus akumuliacinėje talpoje, bandymo metu, siekė 1,36 W/K.
2. Padidinus energetinę apšvietą nuo 600 W/m² iki 800 W/m² sukaupiamos energijos kiekis per tą patį laiko tarpą padidėjo 23 %.
3. Aušinimo metu vanduo akumuliacinėje talpoje per valandą vidutiniškai praranda 101 kJ arba 0,028 kWh šilumnės energijos.

Literatūra

1. Mauthner, Weiss, Spörk-Dür. IEA Solar Heating & Cooling Programme. *Solar Heat Worldwide*. 2015, p. 32–36.
2. Saffa, B. Riffat. Building integrated solar thermal collectors—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015, Vol. 51, p. 335–339.
3. Mehmood, Waqas, Rahman. Performance evaluation of solar water heating system with heat pipe evacuated tubes provided with natural gas backup. *Energy Reports*. 2019, Vol. 5, p. 1435–1441.
4. ISO 9559-2:1995(E). Solar heating - Domestic water heating systems Part 2. 1995, 61 p.

Santrauka

Straipsnyje pateikiami monoblokinio beslėgio saulės kolektoriaus tyrimo rezultatai, temperatūrų dinamikų kitimas keičiant saulės apšvietą. Buvo keičiamos apšvietos reikšmės nuo 600 W/m² iki 800 W/m² monoblokiniam 12 vakuominių vamzdelių saulės kolektoriui, kurio talpa 140 litrų. Tyrimais bei skaičiavimais nustatyta, jog akumuliacinės talpos lyginamieji šilumos nuostoliai siekė

1,36 W/K. Keičiant apšvietą nuo 600 W/m² iki 800 W/m² nustatyta, kad per 7 h akumuliacinėje talpoje sukaupiama 23 % daugiau šiluminės energijos.

ANALYSIS OF MONOBLOCK SOLAR COLLECTOR

Summary

The paper presents the results of experimental tests on non-pressure solar collector, dynamics of temperatures changes when sunlight changes. During a research the sunlight values were changing from 600 W/m² to 800 W/m² for a mono-block of 12 vacuum tubes solar collector, which has 140 liters capacity. The results of tests and calculations showed the loss of comparative heat, which reached 1,36 W/K of storage tank. When sunlight was changing from 600 W/m² to 800 W/m² the heat accumulated 23 % and more in 7 hours.

Paulius Jonaitis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 67725385, el. paštas: pjonaitis1995mail.com

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

LENGVOJO AUTOMOBILIO PRIEKABOS STABILUMO TYRIMAS

Žyginas Karalius, Kastytis Laurinaitis

Ivadas

Transporte stabilumas yra vienas svarbiausių veiksnių norint užtikrinti saugumą kelyje. Stabilumas yra svarbus: tiek pavienėms transporto priemonėms, tiek ir jų junginiams. Šiandien automobilio ir priekabos junginiai pakankamai dažnai sutinkami Lietuvos ir Europos keliuose. Ypač populiariu naudoti mažas priekabas statybinių medžiagų ar kitų ne itin sunkių krovinių pervežimui. Sparčiai populiarėjant tokiems junginiams, automobilių gamintojai vis didesnę dėmesį kreipia į sistemas, galinčias padidinti automobilio sujungto su priekaba stabilumą.

Vokietija viena pirmųjų valstybių, kurioje buvo susirūpinta dėl tokių junginių eksploatavimo keliuose. Dėl eismo įvykių, kuriuose buvo sužeisti arba žuvo žmonės, ir kuriuos sukėlė automobilio ir priekabos junginiai BMW kompanija dar XX a. pabaigoje atliko tyrimus. Tyrimai buvo atliekami siekiant išsiaiškinti priekabos įtaką junginio stabilumui. Ištirtas stabilumas greitėjant ir stabdant transporto priemonių junginį, taip pat buvo atlikta kritinio greičio, kurį pasiekus automobilis su priekaba tampa nebevaldomas nustatymo bandymai. Vienintelis būdas neprarasti automobilio valdymo kontrolės yra važiavimo greičio mažinimas. Atsižvelgiant į rezultatus, BMW gamintojas į savo automobilius nutarė įdiegti DSC (Dynamic Stability Control) sistemą, kuri turėtų padėti vairuotojui suvaldyti tokį transporto priemonių junginį keliuose naudojant automobilio stabdymą. [1].

Taip pat, garsūs automobilių gamintojai, tokie kaip VW ir Mercedes-Benz kuria sistemas, kurios padėtų suvaldyti priekabos švytavimus. Volkswagen sukurtos ESP+ ir Mercedes-Benz Trailer Stability Assist sistemų veikimas yra panašus ir paremtas priekabos stabdymu kai švytavimai pasiekia kritinę ribą. Kaip veiksnys, turintis didžiausią įtaką švytavimams atsirasti įvardijamas važiavimo greitis [2].

Jungtinės Karalystės keliuose kasdien važinėja beveik 500000 automobilių, kurie tempia priekabas. Ypač populiarūs kemperiai. Kadangi juose montuojama specifinė įranga, masės pasiskirstymas nėra idealus. Remiantis tyrimais galima įvertinti krovinių pasiskirstymo ir priekabos su kroviniu masės, įtaką priekabos švytavimams atsirasti. Analizuojant rezultatus nustatyta, kad mažinant sukabinimo įtaisui tenkančią priekabos ir krovinių masės dalį, švytavimai buvo užfiksuojami esant vis mažesniai važiavimo greičiui [3].

Tyrimų tikslas: eksperimentiškai įvertinti automobilio ir priekabos junginio stabilumą esant skirtingoms eksploatavimo sąlygoms.

Tyrimo uždaviniai:

1. Ištirti automobilio ir priekabos junginio stabilumą esant skirtingam važiavimo greičiui.

2. Eksperimentiškai nustatyti krovinio padėties priekaboje įtaką sąstato stabilumui.

3. Įvertinti automobilio ir priekabos sukabinimo įtaiso ilgio įtaką sąstato stabilumui.

Tyrimo metodika ir tyrimo objektas

Bandymai buvo atlikti Kėdainių aerodrome. Atliekant bandymus visada buvo įveikiama ta pati 1 km ilgio kelio atkarpa. Atliekami trys kiekvieno važiavimo pakartojimai. Buvo parinkta: trys važiavimo greičiai (km/h): 40, 60 ir 80; penki krovinio masės pasiskirstymo priekabos kėbulo priekinei/galinei dalims santyčiai (%): 0/100, 25/75, 50/50, 75/25, 0/100; trys sukabinimo įtaiso ilgiai: atstumas nuo kablo obuolio iki priekabos ašies (mm): 1850, 2450, 3500; du skirtingo svorio, tačiau identiški kroviniai (kg): 200, 400.

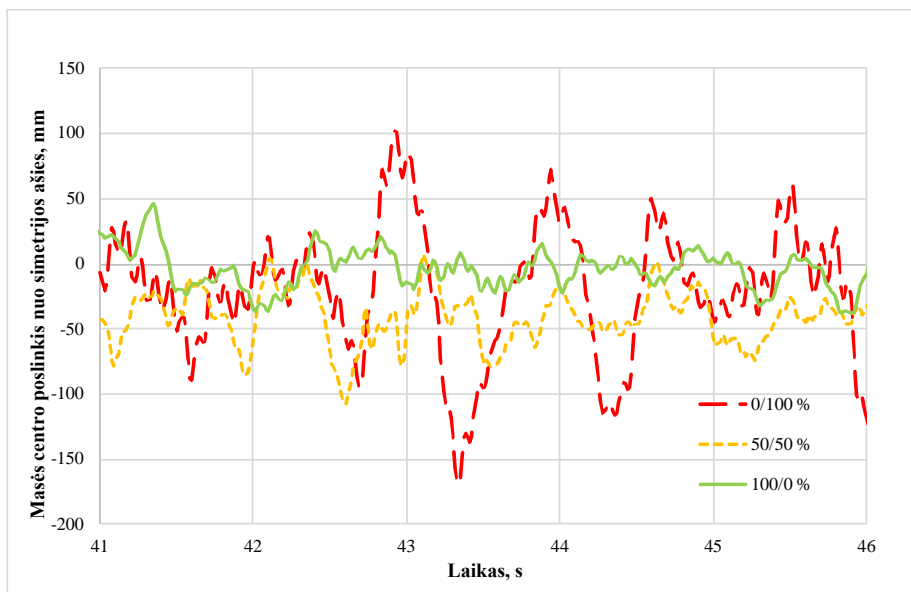
Bandymams buvo naudotas VW Touran automobilis, kurio masė – 1614 kg ir O1 kategorijos priekaba, kurios didžiausia leidžiama maksimali masė – 750 kg. Bandymų metu priekabos padangų slėgis buvo 2 bar, o automobilio – tokie kaip nurodo automobilio gamintojas – 2,3 bar. Masės pasiskirstymas ant ašių buvo nustatytas naudojant ašines svarstyklas.

Priekabos švytavimai buvo fiksuojami kampo jutikliu „Angle sensor 424A“. Jutiklis buvo sumontuotas ant priekabos prikabinimo įtaiso tiesiai virš automobilio vilkimo kablo obuolio. Jutiklio įtampos pokytis buvo matuojamas oscilografo pagalba naudojant kompiuterinę „PicoScope“ programą. Pagal jutiklio įtampos pokytį buvo apskaičiuota priekabos išilginės ašies taško poslinkis laipsniais ir mm nuo transporto priemonių junginio simetrijos ašies.

Rezultatai

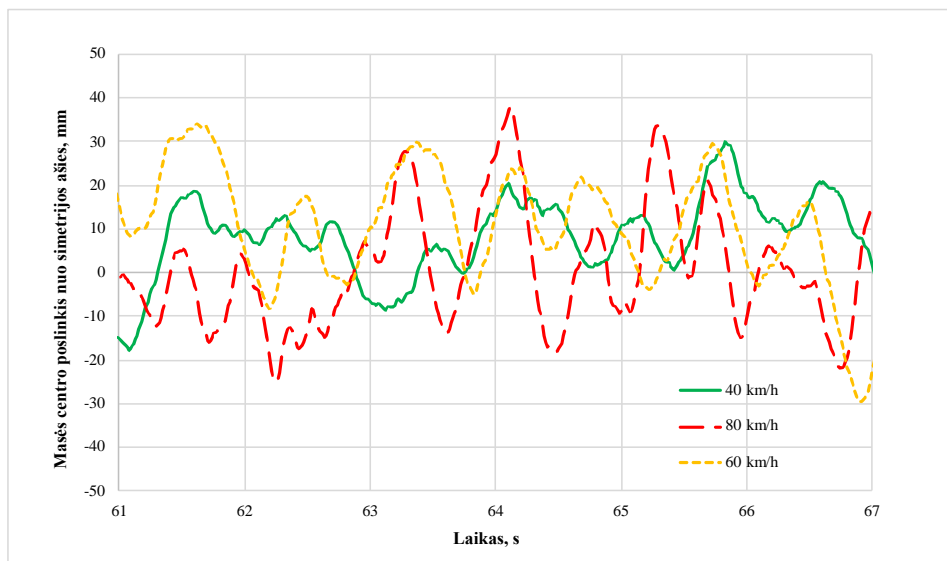
Atlikus bandymus ir išanalizavus rezultatus pastebėta, kad didinant sukabinimo įtaiso ilgį didėja priekabos masės centro poslinkis nuo simetrijos ašies. Sukabinimo įtaisui esant 1850 mm ilgio poslinkis yra 113,2 mm, esant 2450 mm poslinkis – 153,7 mm, esant 3500 mm poslinkis – 178,1 mm.

Analizuojant krovinio masės pasiskirstymo įtaką (1 pav.) nustatyta, kad didžiausia švytavimų amplitudė pasiekama, kai visas krovinys yra sukrautas priekabos gale, o mažiausias, kai visas krovinys priekyje.



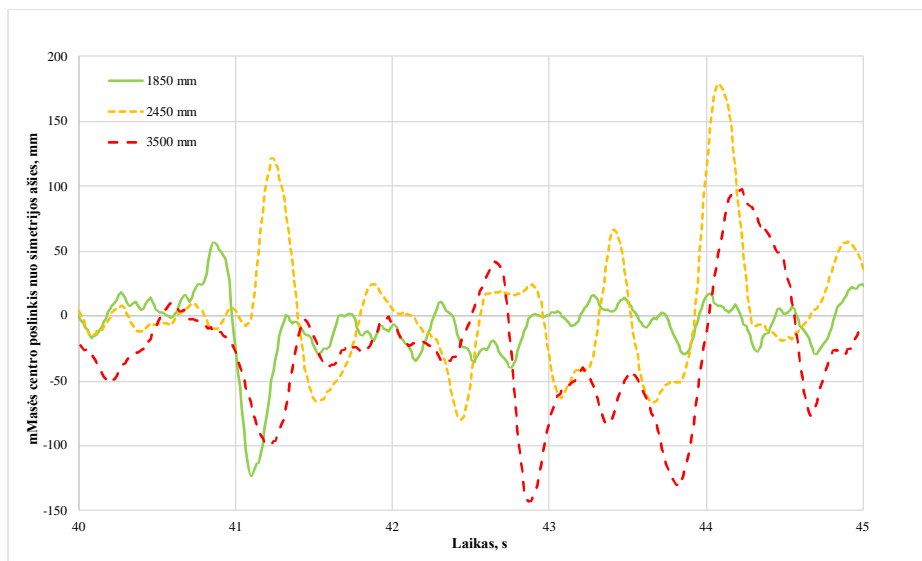
1 pav. Priekabos kėbulo centro nukrypimų nuo simetrijos ašies priklausomybė nuo krovinio padėties, kai krovinio masė 400 kg, važiavimo greitis 80 km/h, sukabinimo įtaiso ilgis 1850 mm

Analizuojant važiavimo greičio įtaką (2 pav.) nustatyta, kad didžiausi priekabos švytavimai ir jų dažnis buvo išmatuoti važiuojant 80 km/h greičiu. Mažiausi esant 40 km/h greičiui.



2 pav. Priekabos kėbulo centro nukrypimų nuo simetrijos ašies priklausomybė nuo krovinio padėties, kai krovinio masė 400 kg, sukabinimo įtaiso ilgis 1850 mm

Analizuojant sukabinimo ilgio įtaiso ilgio įtaką (3 pav.), buvo nustatyta, kad didžiausia švytavimų amplitudė yra kai sukabinimo įtaiso ilgis – 3500 mm, o mažiausia, kai sukabinimo įtaiso ilgis yra 1850 mm.



3 pav. Priekabos kėbulo centro nukrypimų nuo simetrijos ašies priklausomybė nuo sukabinimo įtaiso ilgio, kai krovinio masė 400 kg, važiavimo greitis 80 km/h, krovinio masės paskirstymo santykis 100/0 %

Šiame tyrime buvo atlikti eksperimentiniai matavimai naudojant automobilio su priekaba sistemą. Vertinant važiavimo greitį pastebėta, kad jį didinant švytavių dažnis ir amplitudė didėja, o tai lemia mažesnę sistemos stabilumą. Kuo labiau artėjama prie kritinio greičio, tuo sunkiau valdomas automobilio ir priekabos junginys. Nustatyta, kad didinant sukabinimo įtaiso ilgį švytavių dažnis sumažėjo ir tai turėtų padidinti junginio stabilumą. Tačiau atlikus skaičiavimus, gauti rezultatai parodė, kad didėjant sukabinimo įtaiso ilgiui didėja priekabos švytavimo amplitudė. Tai yra priekabos masės centro nukrypimai nuo junginio simetrijos ašies buvo didesni. Taigi, vien tik didinant sukabinimo įtaiso ilgį automobilio ir priekabos junginio stabilumo padidinti nepavyks. Vertinant krovinio masės paskirstymo įtaką gauti rezultatai parodė, kad tai vienas svarbiausių veiksnių, kurie lemia sistemos stabilumą. Stabiliausiai sistema elgiasi esant tolygiai paskirstytai krovinio masei. Įdomu pastebėti, kad vien priekabos masė nedaro didelės įtakos stabilumui, tačiau kadangi sunkesnės priekabos švytavimų inercija paprastai yra didesnė, santykinė automobilio ir priekabos masė turėtų būti ribojama. Svarbu priminti, kad bandymai atlikti išlaikant tiesią važiavimo trajektoriją. Įveikiant posūkį tirti parametrai gali turėti kitokią įtaką junginio stabilumui.

Išvados

1. Atlikus bandymus nustatyta, kad keičiant krovinio masės paskirstymą priekaboje kinta ir švytavimų amplitudė. Galinę priekabos dalį apkrovus daugiau, gaunami švytavimai iki 100 mm, kai sukabinimo įtaiso ilgis – 1850 mm. Mažiausi švytavimai, iki 50 mm pasireiškia krovinį sukrovus priekabos priekyje,

tačiau tuomet labai apkraunama galinė automobilio važiuoklė ir sukabinimo įtaisas.

2. Kai važiavimo greitis 40 km/h svyravimų amplitudė buvo 50 mm. Važiavimo greitį padidinus iki 80 km/h, amplitudė padidėjo iki 65 mm, bei padidėjo švytavimų dažnis.
3. Tiriant sukabinimo ilgio įtaką priekabos švytavimams nustatyta, kad sukabinimo įtaiso ilgis 3500 mm, priekabos centro svyravimų amplitudė buvo iki 178 mm. Sutrumpinus sukabinimo įtaisą iki 1850 mm svyravimų amplitudė sumažėjo iki 113,2 mm.

Literatūra

1. Fischer, G., Heyken, R., & Trächtler, A. 2002. Active stabilisation of the car/trailer combination for the BMW X5. *ATZ worldwide*, 104(4), 7–10.
2. Hübner, M., Schnieder, E. 2010 Lateral stabilization of vehicle trailer combinations by means of sliding mode control. *ATZ worldwide*, 112.2: 44–51.
3. Darling, J., Tilley, D., Gao, B. 2009. An experimental investigation of car—trailer high-speed stability. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: *Journal of Automobile Engineering*, 223.4: 471–484.

Santrauka

Šiame darbe pristatoma važiavimo greičio, krovinio masės paskirstymo krovinų skyriuje ir sukabinimo įtaiso ilgio įtaką priekabos skersiniams švytavimams. Buvo važiuojama 40, 60 ir 80 km/h greičiais, krovinio masės paskirstymas priekiniai ir galinei daliai keičiamas 0–100 % ribose. Buvo parinkti trys sukabinimo įtaiso ilgiai: 1850 mm, 2450 mm, 3500 mm.

Atlikus bandymus nustatyta kad didėjant važiavimo greičiui didėja ir švytavimų amplitudė bei dažnis. Analizuojant sukabinimo įtaiso ilgio įtaką nustatyta, kad didinant sukabinimo įtaiso ilgį didėja švytavimų amplitudė, tačiau jų dažnis sumažėja. Lyginant skirtingus krovinio masės išdėstymo santykius nustatyta, kad mažiausi švytavimai gaunami visą krovinio masę pakrovus priekinėje krovinų skyriaus dalyje, tačiau vertinant viso junginio valdymo savybes ir pravažumą rekomenduojama krovinį priekaboje paskirstyti tolygiai.

RESEARCH OF CAR TRAILER STABILITY

Summary

This paper describes a research of driving speed, distribution ratio of load mass and length of coupling device influence to car trailer yaw glows. Three different driving speeds were selected: 40, 60 and 80 km/h, load mass distribution ratios were changed at range 0–100%. Three different lengths of coupling device were selected for this research – 1850 mm, 2450 mm, 3500 mm.

Tests have shown that as the driving speed increases, the yaws amplitude and frequency increases as well. Analyzing the influence of coupling length, it was found that increasing the coupling length the amplitude of the swing increases too, but their frequency decreases. Comparing different load mass distribution ratios, it was found that the lowest yaws are obtained when the entire load is loaded at the front of a trailer. However it is still recommended that the load mass is evenly distributed on the trailer due to a better car-trailer handling.

Žygintas Karalius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 67766184, el. paštas: zygintaskaralius@gmail.com

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

AUTOMOBILIO DINAMINIŲ IR EKONOMINIŲ PARAMETRŲ PRIKLAUSOMYBĖ NUO PRIEKINIO SPOILERIO PARAMETRŲ

Lukas Bunys, Gediminas Pupinis

Įvadas

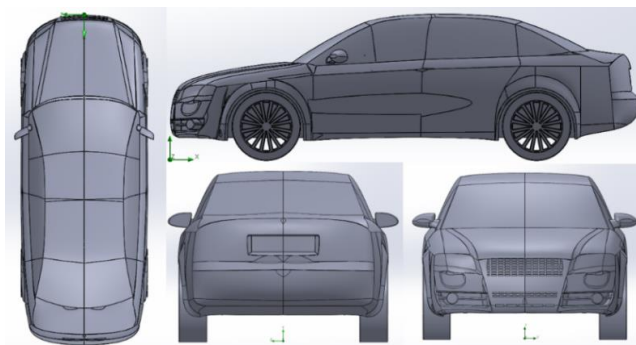
Kadangi automobilio aerodinaminis pasipriešinimas judant dideliu greičiu sudaro didžiausią priešinimosi jėgą veikiančią automobilį, todėl labai svarbu šią jėgą mažinti. Tikslinga šiuo oro srautu aušinti automobilio variklį ir stabdžius bei ventiliuoti automobilio saloną. Taip pat aerodinaminės savybės labai įtakoja vairavimo savybes ir keliamą automobilių ir kitų transporto priemonių triukšmą [1, 2]. Nuo šio parametro taip pat priklauso ir didžiausias transporto priemonės greitis [3].

Pastaruoju metu gatvėse galima išvysti vis daugiau automobilių su aerodinaminiais elementais naudojamais lenktyniniuose automobiliuose, tokius kaip galinis spoileris, galinio bamperio difuzorius, žemesni slenksčiai, bei priekiniai automobilių spoileriai. Šie elementai suteikia automobiliui sportiškesnį vaizdą. Visi šie elementai lenktynėse pagerina automobilio dinamines savybes, didina stabilumą dėl didesnės prispaudimo prie kelio jėgos. Tačiau gali didinti aerodinaminį automobilio pasipriešinimą, kuris įtakoja automobilio degalų sąnaudas [3, 4]. Automobilių entuziastai dažniausiai nesigilina į šias ekonomines bei automobilio dinamines savybes, nes jie kasdieniams automobiliams šias detales duoda dėl dizaino ir išskirtinumo.

Tyrimo tikslas. Nustatyti priekinio bamperio spoilerio ir jo parametrų įtaką aerodinaminiams, dinaminiams bei ekonominiams automobilio parametrams.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimo objektas. Tyrimo objektu buvo pasirinktas Audi A4 B7 modelis sedano kėbulu su standartinė išorės apdaila (1 pav.). Šio automobilio supaprastintas modelis buvo sukurtas „SolidWorks“ programos aplinkoje masteliu 1:1.



1 pav. Audi A4 automobilio modelis „SolidWorks“ aplinkoje

Tyrimo metodai. Tyrimui atlikti buvo naudojama „SolidWorks“ programa, kurioje įdiegtas „Flow Simulation“ papildinys. Pirmiausia nusibraižomas tiriamo automobilio supaprastintas CAD modelis. Nubraižytam modeliui, papildomai sumodeliuotas 5 mm storio priekinio bamperio spoileris. Keičiami spoilerio parametrai: aukštis ir posvyrio kampas. Naudoti aukščiai: 30, 50, 70, 100, 110, 130 ir 150 mm. Kiekvienam aukščiui naudoti posvyrio kampai 30°, 45° ir 90°, kaip kampo atskaitos plokštuma naudojama bamperio apačia lygiagrečiai keliui.

„Flow Simulation“ aplinkoje visiems modeliams naudojami vienodi parametrai, srauto tekėjimo aplinka: x ašyje ilgis 23 m, y ašyje – 6 m, z ašyje 9 m. Parametrų skirtuke pasirenkami parametrai: analizuojamos aplinkos tipas – išorinė aplinka, neįtraukiamos ertmės be srauto tekėjimo sąlygų, neįtraukiamos vidinės erdvės. Fizinėse savybėse parenkama gravitacija. Oro slėgis nustatomas atmosferos slėgis – 101325 Pa, oro temperatūra 20,5 °C. Greičio parametrų skiltyje įvedamas greitis x ašiai, priklausomai nuo tuo metu tiriamo greičio, kiekvienas modelis buvo tirtas: 50, 70, 90, 100, 110, 120, 130 km/h. Ribinių parametrų skiltyje nustatome jog plokštuma ant kurios stovi automobilio modelis atitinka idealų paviršių. Tikslų skiltyje pasirenkami visuotiniai tikslai, kuriuose pasirenkami x ašies veikianti jėga automobilį, kuri atitinka oro pasipriešinimo jėgą bei y ašyje jėga veikianti automobilį, kuri atitinka automobilio kėlimo jėgą. Lygčių tiksluose suvedamos lygtys apskaičiuojančios automobilio oro pasipriešinimo koeficientą bei oro kėlimo koeficientą.

Automobilio priekinės projekcijos plotas naudojamas skaičiavimams 2,14 m² [5]. Modeliams su priekiniu spoileriu pridedamas papildomas projekcijos plotas.

Visi gauti duomenys suvedami į Microsoft Excel 2016 programą. Ir atliekami skaičiavimai. Gauti duomenys sugrupuojami į lenteles iš kurių toliau braižomi grafikai.

Tyrimo rezultatai

Sumodeliavus visus automobilio modelius su skirtingais priekinio bamperio spoileriais ir atlikus jų simuliacijas, rezultatai pateikiami lentelėse ir grafikuose, iš kurių matoma spoilerio ir oro srauto judėjimo greičio priklausomybė.

Pirmiausia buvo atlikta simuliacija su automobilio baziniu modeliu skirtingais greičiais, simuliacijų gauti oro pasipriešinimo ir kėlimo jėgų rezultatai pateikti 2 paveiksle. Oro pasipriešinimo koeficientas skaičiavimas pagal formulę:

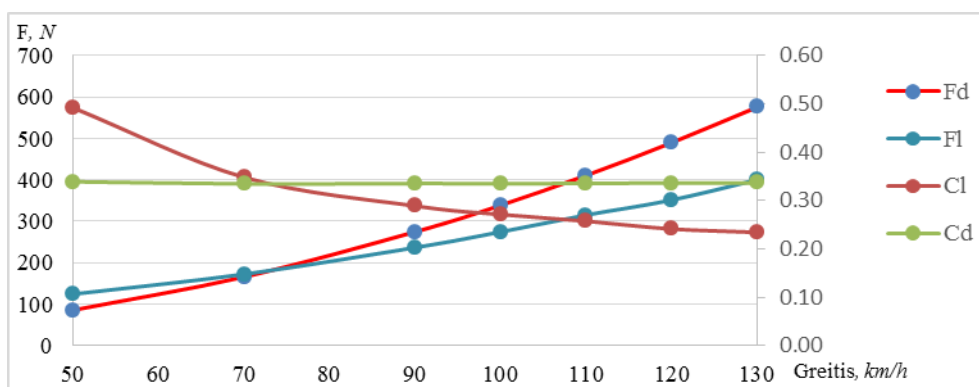
$$C_D = \frac{2 \cdot F_d}{\rho V^2 A}, \quad (1)$$

čia C_d – oro pasipriešinimo koeficientas, F_d – oro pasipriešinimo jėga (N), ρ – oro tankis ($\frac{kg}{m^3}$), V – greitis ($\frac{m}{s}$), A – automobilio priekinės projekcijos plotas (m²) [6, 7, 8].

Oro kėlimo koeficiento skaičiavimo formulė:

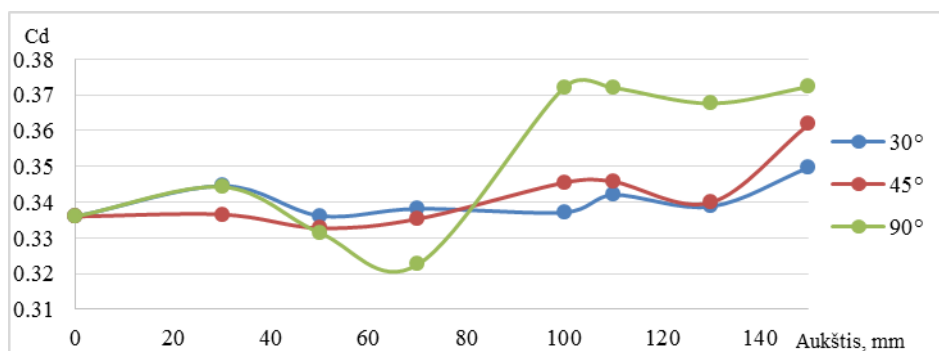
$$C_l = \frac{2 \cdot F_l}{\rho V^2 A}, \quad (2)$$

čia C_l – oro kėlimo koeficientas, F_l – oro kėlimo jėga (N), ρ – oro tankis ($\frac{kg}{m^3}$), V – greitis ($\frac{m}{s}$), A – automobilio priekinės projekcijos plotas (m^2) [6, 7, 8].



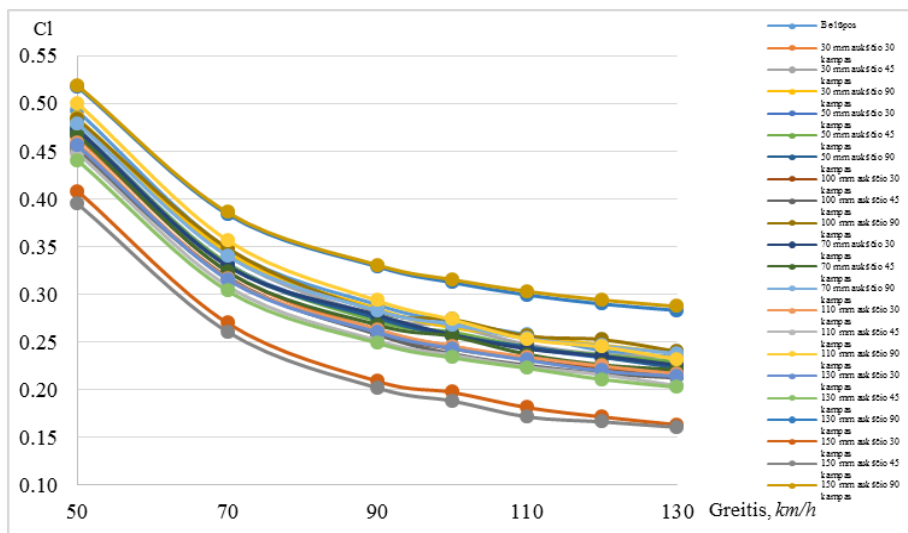
2 pav. Standartinį automobilio modelį (AUDI A4 B7) veikiančios oro pasipriešinimo ir kėlimo jėgos. F_d – oro pasipriešinimo jėga; F_l – oro kėlimo jėga; C_l – oro kėlimo koeficientas; C_d – oro pasipriešinimo koeficientas

Apskaičiavus pastaruosius koeficientus modeliams su priekiniu spoileriu, oro pasipriešinimo koeficiento priklausomybė nuo spoilerio kampo keičiant jo aukštį matyti jog didžiausias ir mažiausias oro pasipriešinimo koeficientas pasiekiamas yra spoileriui esant 90° (3 pav.). Mažiausia oro pasipriešinimo koeficiento reikšmė siekia 0,3226, didžiausia – 0,3723. Spoileriui esant 90° matomas staigus oro pasipriešinimo koeficiento padidėjimas kai spoilerio aukštis 70 mm ir kai spoileri yra 90 mm aukščio. Toks oro pasipriešinimo koeficiento augimas atsiranda dėl to jog smailėjanti automobilio galinė dalis negali veikti kaip difuzorius, kadangi mažas energijos srautas negali atlaikyti slėgio padidėjimo, dėl kurio vyksta srauto atsispyrimas ir pasipriešinimo jėgos padidėjimas [3].



3 pav. Oro pasipriešinimo koeficiento C_d priklausomybė nuo spoilerio aukščio

Iš atliktų simuliacijų rezultatų sudarytuose rezultatų grafikuose (4 pav.) matyti, kad didėjant srauto judėjimo greičiui kėlimo koeficientas mažėja ir mažiausias kai oro srauto greitis siekia 130 km/h, o bamperio spoilerio aukštis yra 150 mm, o jo posvyrio kampas 45°, mažiausia koeficiento reikšmė yra 0,1633. Didžiausia kėlimo koeficiento reikšmė kai automobilis su spoileriu, kurio aukštis 150 mm, o posvyrio kampas 90°.



4 pav. Kėlimo koeficiento C_l priklausomybė nuo spoilerio parametrų ir oro srauto judėjimo greičio

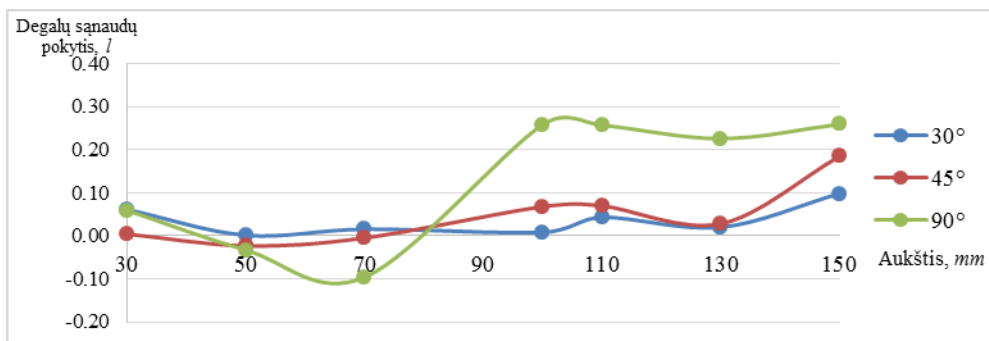
Degalų suvartojimo pokytis skaičiuojamas nuo vidutinių degalų sąnaudų atskirai benzininiam varikliui, kurio vidutinės degalų sąnaudos 8 l/100 km bei dyzeliniam (5 pav.), kurio vidutinės degalų sąnaudos siekia 6 l/100 km. Degalų suvartojimo pokytis apskaičiuojamas pagal šias formules:

$$\Delta B = B \cdot 0,40 \frac{\Delta C_d}{C_{d_0}}, \quad (4)$$

$$\Delta D = D \cdot 0,40 \frac{\Delta C_d}{C_{d_0}}, \quad (5)$$

čia ΔB ir ΔD atitinkamai benzininio ir dyzelinio variklių degalų sąnaudų pokytis (l), B ir D – pradinės degalų sąnaudos (l), ΔC_d – oro pasipriešinimo koeficientų skirtumas, C_{d_0} pradinis oro pasipriešinimo koeficientas [3].

Grafike (5 pav.) matyti, jog efektyviausias priekinis spoileris ekonominiu aspektu kai jis yra 150 mm aukščio ir 90° kampo, kadangi tuomet degalų sąnaudos 100 km sumažėja dyzeliniam varikliui 0,0961 l. Labiausiai padidina degalų sąnaudas spoileris 90° kampu bei esant 100 mm aukščiui, kai degalų sąnaudos padidėja 0,258 l.



5 pav. Degalų sąnaudų dyzeliniam automobiliui pokyčio priklausomybė nuo spoilerio aukščio

Atlikus priekinio bamperio spoilerio tyrimus ir apibendrinant gautus rezultatus galima išskirti optimaliausius variantus, priklausomai nuo to kam vairuotojas teikia prioritetą. Norint vairuotojui dizaino pagalba gauti ekonominės naudos sumažinant degalų sąnaudas geriausia būtų naudoti spoilerį 70 mm aukščio su 90° kampu, šis spoileris taip pat sumažina ir kėlimo koeficientą. Jeigu automobilis naudojamas lenktynėms, ar užmieščio vingiuotuose keliuose, kur važiuojama didesniais greičiais ir yra neatsižvelgiama į degalų sąnaudų padidėjimą, kuris išauga 0,184 l geriausia būtų naudoti spoilerį 150 mm aukščio ir 45° kampu, nes tuomet gaunamas mažiausias kėlimo koeficientas, kuris pagerintų automobilio valdomumą.

Išvados

1. Tyrimo metu nustatyta, jog mažiausias oro pasipriešinimo koeficientas 0,3226 ir jis pasiekiamas, kai automobiliui sumontuotas priekinis spoileris kurio aukštis 70 mm, o posvyrio kampas 90°.
2. Didžiausias oro pasipriešinimo koeficientas nustatytas kai spoilerio aukštis 150 mm, o spoilerio posvyrio kampas automobilio dugno atžvilgiu 90°. Didžiausias oro pasipriešinimo koeficientas siekia 0,3723.
3. Atlikus visas simuliacijas buvo gautas rezultatas jog mažiausias kėlimo koeficientas pasiekiamas, kai spoilerio aukštis 150 mm ir posvyrio kampas 45° ir apskaičiuotas kėlimo koeficientas yra 0,1606.
4. Tyrimų grafikuose matoma didžiausio kėlimo koeficiento reikšmė pasiekama kai priekinio bamperio spoileris yra 150 mm aukščio ir 90° kampo.
5. Kai dyzelinio automobilio vidutinėms degalų sąnaudoms 6 l daugiausiai degalų sąnaudos išauga 0,26 l/100 km, kai spoileris yra 150 mm aukščio ir 90° kampu. Daugiausiai sumažėja 0,1 l/100 km, kai spoileris 70 mm aukščio ir posvyrio kampas 90°.

Literatūra

1. Das, R. C., Riyad, M. CFD Analysis of Passenger Vehicle at Various Angle of Rear End Spoiler. *Procedia Engineering*. 2017, Vol. 49, P. 160–165.

- Hu, X., Zhang, R., Ye, J., Yan, X., Zhao, Z. Influence of Different Diffuser Angle on Sedan's Aerodynamic Characteristics *Physics Procedia*, 2011, Vol. 22, P. 239–245.
- Hucho, W.-H. Aerodynamics of Road Vehicles *From Fluid Mechanics to Vehicle Engineering*, 1990. p. 97–172.
- Chen Y., Meier A. Fuel consumption impacts of auto roof racks. *Energy Policy*. 2016, Vol. 92, P. 325–333
- Audi A4 2.0 TDI B7. 2006. [žiūrėta: 2020-02-17] Prieiga per internetą: <<https://www.carinf.com/en/aba0414734.html>>.
- Katz, J. 1996. Race Car Aerodynamics *Designing for Speed*, p. 46–48.
- Janoško, I., Polonec, T., Kuchar, P., Machal, P., Zach, M. Computer Simulation of Car Aerodynamic Properties. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2017, Vol. 65, P 1505–1514.
- Ramlan, I., Darlis, N., Ishak, I. A., Khalid, A., Zailani, M. A. A. Comparison between Solidworks and Ansys CFX Flow Simulation on Aerodynamic Studies. *Journal of Complex Flow*. 2019, Vol. 1, P. 26–30.

Santrauka

Straipsnyje pateikti aerodinaminių tyrimų rezultatai, kuriame buvo tirta priekinio bamperio spoilerio ir jo parametrų įtaka automobilio aerodinaminiams, dinaminiams bei ekonominiams parametrams, kaip kinta oro kėlimo ir pasipriešinimo koeficientai, degalų sąnaudų pokytį, maksimalaus greičio padidėjimą ar pamažėjimą. Tyrimai atlikti sumodeliavus supaprastintą Audi A4 B7 sedano kėbulu automobilio modelį „SolidWorks“ programoje su „Flow Simulation“ papildiniu, kuriame keičiant oro srauto judėjimo greitį nuo 50 iki 130 km/h. Modeliui papildomai sumodeliuotas priekinio bamperio spoileris, kurio parametrai buvo keičiami, posvyrio kampas buvo 30°, 45° ir 90° Kiekvienu kampu spoilerio aukštis buvo keičiamas nuo 30 mm iki 150 mm. Tyrimo tikslas nustatyti priekinio bamperio spoilerio naudą arba nenaudą standartiniam automobiliui. Iš atliktų tyrimų grafikų matyti, jog tinkamai naudojant priekinio bamperio spoilerį, pasirenkant tinkamus parametrus jis gali sumažinti degalų sąnaudas iki 0,1 l ir sumažinti kėlimo koeficientą. Taip pat dėl pasirinktų netinkamų parametrų galima padidinti degalų sąnaudas bei padidinti kėlimo koeficientą.

DEPENDENCE OF VEHICLE DYNAMIC AND ECONOMIC PARAMETERS ON FRONT SPOILER PARAMETERS

Summary

The paper presents the results of aerodynamic research, which investigated the influence of the front bumper spoiler and its parameters on the dynamic and economic parameters of the car, such as aerodynamic lift and drag coefficients, fuel consumption change, increase or decrease of maximum speed. The research was carried out by modeling a simplified Audi A4 B7 sedan car model in SolidWorks with the Flow Simulation plug-in that changes the airflow speed from 50 to 130 km / h. The model also features an adjustable front bumper spoiler with adjustable tilt angles of 30°, 45° and 90°. At each angle, the spoiler height is varied from 30 mm to 150 mm. The purpose of the study was to determine the benefits or disadvantages of a front bumper spoiler for a standard car. The graphs of the studies show that the proper use of the front bumper spoiler can reduce fuel consumption to 0.1 l and reduce the lifting factor by choosing the right parameters. It is also possible to increase fuel consumption and increase the lifting factor due to selected incorrect parameters.

Lukas Bunys – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 629 03672; el. paštas: lukas.bunys1@gmail.com

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

ŠVIESOS DIODŲ, TAIKOMŲ GĖLININKYSTĖJE, EFEKTYVUMO TYRIMAS

Dovydas Lamauskas, Kęstutis Navickas, Giedrė Samuolienė, Akvilė Viršilė

Išvadas

Tyrimai, atlikti Europos šalyse, parodė, kad 25–35 % produkcijos gaminimo kaštų tenka šildymui ir apšvietimui, todėl gėlių augintojai ieško efektyvesnių augalų dirbtinio apšvietimo būdų. Diodiniai šviestukai (LED) yra gera alternatyva, lyginant su įprastomis apšvietimo sistemomis, dėl jų ilgaamžiškumo ir efektyvesnių energijos mainų [1]. Mokslininkai iš Purdue universiteto atliko bandymus su LED šviestuvais ir aukštaslėgėmis natrio lempomis, siekdami palyginti daržovių derlių. Rezultatai parodė, kad galima užauginti tokį pat derlių naudojant LED apšvietimo sistemas ir sutaupyti 25 % elektros energijos lyginant su aukštaslėgėmis natrio lempomis [2]. Tradicinės aukštaslėgės natrio lempos apie 30 % elektros energijos paverčia į šviesą, o LED šviestukai pasižymi aukštesniu efektyvumu ir apie 50 % energijos paverčia tinkama naudoti šviesa [3].

Darbo tikslas: Nustatyti kietakūnio apšvietimo (LED) poveikį gėlių vystymuisi, keičiant šviesos spektro sudėtį ir atlikti efektyvumo vertinimą.

Uždaviniai:

1. Įvertinti kaip skirtingos šviesos spektro sudedamosios dalys veikia palergonijų vystymąsi.
2. Įvertinti šviesos šaltinių energetinį efektyvumą.

Tyrimų metodika

Eksperimentiniai tyrimai atlikti Lietuvos Sodininkystės ir Daržininkystės instituto fitotronų komplekse. Tirtas skirtingo spektro sudėties šviesos šaltinių poveikis pelargonijų (lot. *Pelargonium*) daigams. Pelargonijų daigai buvo susodinti į durpių substratą (Profi 1, Durpeta JSC, Lietuva) plastikiniuose indeliuose. Eksperimentas buvo atliekamas naudojant šešis skirtingo spektro šviesos šaltinius ir palaikant fotonų srauto tankį $250 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (1 lentelė). Kiekvienam eksperimentui buvo panaudoti 6 pelargonijų daigai. Eksperimentai vykdyti du mėnesius fitotrono kameroje, palaikant 16 val. paros apšvietimo periodą. Viso eksperimento metu buvo palaikomos pasirinktos auginimo sąlygos: dienos/nakties temperatūra kameroje $21/17 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ir santykinis oro drėgnis 50–60 %.

Bandymuose naudojami šeši šviestuvai: B 5700K – balta šviesa; B TR10% – balta su 10 % tolimosios raudonos šviesos komponente; B UV5% – balta su 5 % ultravioletine komponente; MR – mėlyna ir raudona šviesa; MRŽ – mėlyna, raudona ir žalia šviesa; MRTR – mėlyna, raudona ir tolimoji raudona šviesa. UV – ultravioletinė; M – mėlyna; Ž – žalia; O – oranžinė; R – raudona; TR – tolimoji raudona šviesa.

1 lentelė. Šviestuvų spektro sudėtis ir fotonų srauto tankis

Šviestuvo tipas	UV, 380 nm	M, 447 nm	Ž, 523 nm	O, 620 nm	R, 660 nm	TR, 740±5 nm
	Fotonų srauto tankis, $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$					
B 5700K	2,5	50	17,5	30	135	15
B TR10%	2,25	45	15,75	27	121,5	38,5
B UV5%	14,875	47,5	16,625	28,5	128,25	14,25
MR	-	50	-	-	200	-
MRŽ	-	50	50	-	150	-
MRTR	-	50	-	-	150	50

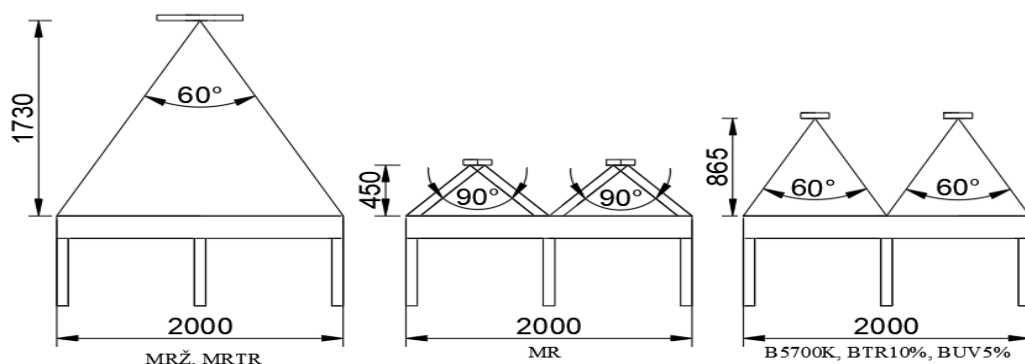
Tyrimų metu buvo atlikti biometriniai matavimai - nustatomas lapų skaičius, aukštis, žiedyno aukštis, žiedynų skaičius, lapų plotas (nustatytas naudojant „AT Delta - T“ įrenginį) ir žalia masė. Sausa masė nustatyta 48 valandas džiovinant 70 °C temperatūroje, „Venticell - BMT“ įrenginyje.

Energetinio efektyvumo vertinimui buvo pasirinkti šeši šviestuvų tipai su skirtingais šviesos šaltiniais (2 lentelė). Šviestuvų galia ir montavimo aukštis buvo parinktas siekiant palaikyti pasirinktą fotonų srauto tankį ($250 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

2 lentelė. Apšvietimo sistemos rodikliai

Šviestuvai	Galia, W	Montavimo aukštis, cm	Fotonų srauto tankis, $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Efektyviai apšviečiamas plotas, m^2
B 5700K	160	100	250	1,5
B TR10%	180	100		1,5
B UV5%	220	100		1,5
MR	65	50		1,5
MRŽ	345	150		3,2
MRTR	288	150		3,2

Šiam tyrimui pasirinktas šiltnamio, kuriame įrengta 12 stelažų auginimo sistema, stelažų bendras plotas lygus 288 m^2 . Dirbtiniam apšvietimui palaikomas $250 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ fotonų srautas ties gėlių viršūnėmis. Turint šiuos reikalavimus, galima parinkti šviestuvų tipą, išdėstymą (1 pav.), kabinimo aukštį ir nustatyti reikalingą jų kiekį.



1 pav. Šviestuvų montavimo sistemos schemas

Šviestuvų kiekis reikalingas apšviesti tam tikrą plotą nustatomas pagal lygtį:

$$N = \frac{S_{ST}}{S_{AP}}, \quad (1)$$

čia: N – reikalingas šviestuvų skaičius, vnt.; S_{ST} – reikalingo apšviesti paviršiaus plotas, m^2 ; S_{AP} – šviestuvo efektyviai apšviečiamas plotas, m^2 .

Elektros energijos sąnaudos apskaičiuojamos pagal lygtį:

$$E = P \times t, \quad (2)$$

čia: E – elektros energijos sąnaudos, kWh; P – apšvietimo sistemos galia, kW; t – dirbtinio apšvietimo trukmė, val.

Šviestuvų efektyvumas auginant sausą masę [4]:

$$FGE = \frac{DM}{APC \times TH}, \quad (3)$$

čia: FGE – šviestuvo efektyvumas auginant sausą masę, $g \cdot kWh^{-1}$; DM – augalo sausa masė užauginta kvadratiniam metre, $g \cdot m^{-2}$; APC – naudota elektrinė galia kvadratiniam metrui, $kW \cdot m^{-2}$; TH – auginimo ciklo laikas, val.

Tyrimų rezultatai

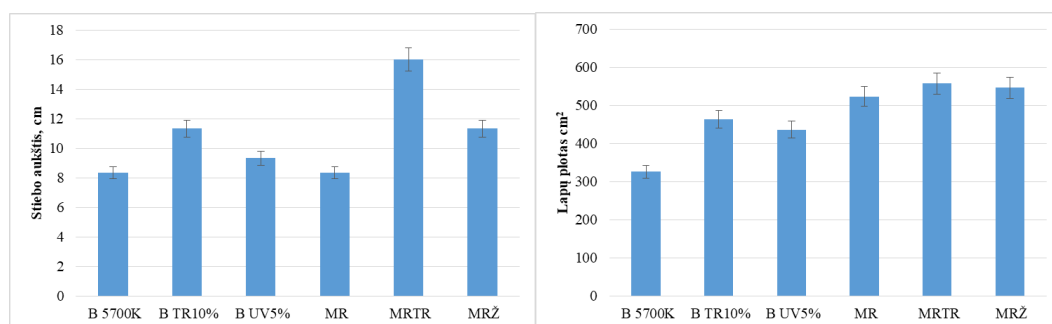
Tyrimo metu nustatytas, šviesos spektrinės sudėties poveikis pelargonijų biometriniais rodikliams pateiktas (3 lentelė). Žemiausios palergonijos išaugo naudojant MR šviestuvą. Augalų vidutinis aukštis siekė 8,3 cm, kuris nesiskiria nuo gautų rezultatų naudojant šviestuvą B5700K. Aukščiausi stiebai užaugo naudojant

MRTR šviestuvą, jų vidutinis aukštis siekė 16 cm, arba 92 % aukštesni, lyginant su MR šviestuvo rezultatais.

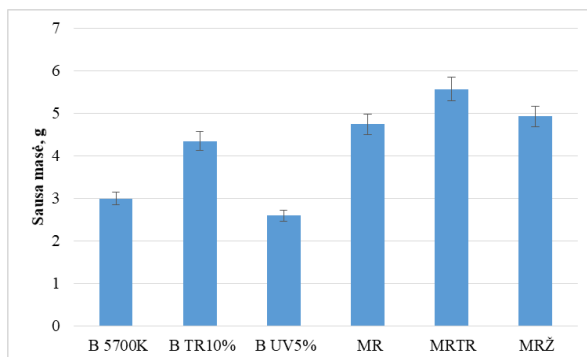
3 lentelė. Biometrinių matavimų duomenys

Eilės Nr.	Variantas	Lapų skaičius	Stiebo aukštis, cm	Sausos medžiagos masė, g	Lapų plotas, cm ²
1	MR	27	8	5,14	589
2		24	9	4,35	519
3		22	8	4,73	461
4	MRTR	18	17	4,47	479
5		19	15	5,09	557
6		20	16	7,13	637
7	MRŽ	20	12	4,41	495
8		21	11	5,09	595
9		21	11	5,27	548
10	B 5700K	12	8	2,61	285
11		15	8	3,84	393
12		14	9	2,52	300
13	B TR10%	24	11	6,13	581
14		14	11	3,38	379
15		14	12	3,53	431
16	B UV5%	19	10	4,01	561
17		12	9	2,16	357
18		16	9	1,61	391

Didžiausias lapų plotas (557 cm²) gautas švitinant augalus MRTR šviestuvu. Panašūs rezultatai gauti ir baltos šviesos grupėje, kur naudojant šviestukus B TR10% užaugo 463 cm² lapų ploto, tai geriausias rezultatas baltos šviesos grupėje.



2 pav. Palergonijų biometrinių rezultatų diagramos: stiebo aukštis ir lapų plotas



3 pav. Palergonijų biometrinių rezultatų diagramos-sausosios masės derlius

Mažiausią lapų plotą užaugino B5700K šviesa švitintos palergonijos, 325 cm². Lyginant geriausią ir prasčiausią rezultatą, MRTR variante pastebėtas 71 % didesnis lapų plotas. Sausos masės daugiausiai užaugo naudojant MRTR šviestuvus, 5,56 g. Mažiausiai sausos masės užauginta po B UV5% šviestuvais, ji vidutiniškai lygi 2,59 g. Tyrimai rodo, kad naudojant MRTR šviestuvus užauginta 115 % daugiau masės, negu su B UV5% šviestuvais.

Atliekant energinio efektyvumo tyrimą pasirinktam 24 m² stelažo plotui ir fotonų srauto tankiui, buvo nustatytas reikalingas apšvietimo sistemos šviestuvų kiekis ir jų galia (4 lentelė).

4 lentelė. Šviestuvų skaičius ir sistemos galia

Šviestuvai	Lešio kampas	Stelažo plotas, m ²	Efektyviai apšviečiamas plotas, m ²	Fotonų srauto tankis, μmol m ⁻² s ⁻¹	Reikalingas šviestuvų skaičius stelažui	Bendras šviestuvų kiekis, vnt.	Bendra sistemos galia, kW
B 5700K	60	24	1,5	250	16	192	30,72
B TR10%	60		1,5		16	192	34,56
B UV5%	60		1,5		16	192	42,24
MR	90		1,5		32	384	24,96
MRŽ	60		3,2		7,5 (8)	96	33,12
MRTR	60		3,2		7,5 (8)	96	27,65

MRTR, MRŽ šviestuvai kabinami 1,7 m aukštyje vienoje eilėje. Pagal apšviečiamą plotą, kiekvienam stelažui bus reikalingi 8 tokie šviestuvai. **MR** šviestuvai kabinami 0,45 m aukštyje, turi būti išdėstomi 2 eilėmis, grupuojant 2 šviestuvus į vieną eilę, kadangi reikalinga pasiekti 250 μmol m⁻²s⁻¹ fotonų srautą ties gėlių viršūnėmis. Šviestuvai spinduliuoja 125 μmol m⁻²s⁻¹ todėl šviestuvai turi vienas kitą perdengti savo spinduliuote. **B 5700K, B TR10%, B UV5%** šviestuvai kabinami 0,87 m aukštyje, išdėstomi 2 eilėmis, po 8 šviestuvus eilėje.

Apšvietimo sistemos galios kinta nuo 25 kW iki 42 kW, taip yra todėl, nes skirtingi šviestukai pasižymi skirtingu šviesotechniniu efektyvumu. Mažiausiai energijos suvartojo MR šviestuvai, 23962 kWh. Daugiausiai energijos suvartota B UV5% variante, 40550 kWh. Lyginant šiuos du variantus, MR šviestuvai yra 69 % taupesni lyginant su B UV5% šviestuvais.

5 lentelė. Apšvietimo sistemos elektros energijos sąnaudos ir išlaidos

Šviestuvai	Bendra sistemos galia, kW	Tyrimo trukmė, h	Energijos sąnaudos, kWh
B 5700K	30,72	960	29491
B TR10%	34,56		33178
B UV5%	42,24		40550
MR	24,96		23962
MRŽ	33,12		31795
MRTR	27,65		26542

Palyginus šviestuvų efektyvumą auginant sausąją masę, pastebėta kad, B UV5% šviestuvai pasiekia tik 1,01 g/kWh efektyvumą, o geriausią rezultatą parodė MRTR šviestuvai, kurių efektyvumas 3,62 g/kWh.

6 lentelė. Šviestuvų efektyvumas, vertinant užaugintą sausąją masę

Šviestuvai	Apšviečiamas plotas, m ²	Galia, kW	Apšviečiamų vazonų skaičius, vnt.	Užauginta sausa masė, g	Efektyvumas, g/kWh
B 5700K	3	0,32	165	493	1,61
B TR10%	3	0,36	165	718	2,08
B UV5%	3	0,44	165	427	1,01
MR	3	0,26	165	781	3,13
MRŽ	3.2	0,345	180	886	2,67
MRTR	3.2	0,288	180	1001	3,62

Išvados

1. Nustatyta jog žemiausios palergonijos išaugo naudojant mišrų mėlynos ir raudonos šviesos spektrą, o aukščiausios – naudojant mėlyną, raudoną ir tolimąją raudoną šviesą.
2. Didžiausią lapų plotą ir sausą masę užaugino mėlyna, raudona ir tolimąja raudona šviesa švitintos palergonijos.
3. Palyginus tris šviestuvų sistemas, nustatyta, kad geriausius rezultatus pasiekė MR šviestuvų sistema, kurios elektrinė galia lygi 24,96 kW, o vienas auginimo ciklas sunaudoja apie 24 MWh elektros energijos.
4. Efektyviausia yra MRTR šviestuvų sistema, kurią naudojant sausosios masės gauta 3,62 g/kWh.

Literatūra

1. Singh, D., Basu, C., Meinhardt-Wollweber, M., Roth, B., 2015. LEDs for energy efficient greenhouse lighting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49: p. 139–147.

2. Kacira, M., 2011 Greenhouse Production in US: status, challenges, and opportunities. In: Proceedings of the CIGR conference on sustainable bioproduction. *WEF*: p. 19–23.
3. Nelson, A., Bugbee, B. 2014. Economic analysis of greenhouse lighting: Light emitting diodes vs. High intensity discharge fixtures. *Plos ONE*, 9: e99010
4. Hernandez, R., Kubota, C. 2015. Physiological, Morphological and Energy-use Efficiency Comparison of LED and HPS Supplemental Lighting for Cucumber Transplant Production. *HortScience*, 50: p. 351–357.

Santrauka

Šiame darbe atliktas šviesos diodų pritaikymo gėlininkystės ūkyje ir šviestuvų efektyvumo tyrimas. Nustatyta, kad žemiausi augalai išaugo naudojant MR šviestuvą. Gautas didžiausias lapų plotas ir sausosios masės derlius užaugo taikant MRTR šviestuvus. Geriausias šviestuvų efektyvumas pasiektas su MRTR šviestuvais, kuriuos naudojant gautas sausosios masės derliu 3,62 g/kWh.

LIGHT EMITTING DIODES APPLICATIONS FOR GREENHOUSES AND EFFICIENCY OF LIGHTING EVALUATION

Summary

Light emitting diodes application for flower greenhouses and efficiency of lighting is evaluated in this paper. It was found, that using MR lighting, plants were shortest. MRTR lighting effected largest surface area of flowers and highest yield of dry mass. The highest energy efficiency of growing dry mass (3.62 g/kWh) were shown by lighting with MRTR diodes.

Dovydas Lamauskas – VDU Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 8 639 56616, el. paštas: dldo8984@gmail.com

Kęstutis Navickas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, prof. dr.; tel. +370 37 752 219, el. paštas: kestitis.navickas@vdu.lt

Giedrė Samuolienė – LAMMC Laboratorijos vedėja, vyriausioji mokslo darbuotoja; tel. 8 375 55210, el. paštas: giedre.samuoliene@lammc.lt

Akvilė Viršilė – LAMMC Vyriausioji mokslo darbuotoja; tel. 8 375 55476, el. paštas: akvile.virsile@lammc.lt

TRIGUBO SPARNO 10KW VERTIKALIOS AŠIES VĖJO JĖGAINĖS EFEKTYVUMO TYRIMAS

Linas Siniauskas, Antanas Kavolynas

Išvadas

Vėjas – nuolat besikeičiantis energijos šaltinis, gali būti suvokiamas kaip saulės energijos forma. Vėjo jėgainės elektros energijos gamyboje išitvirtino pagrindiniu atsinaujinančiu energijos šaltiniu (AEŠ) [1]. Siekiant sumažinti didėjanti gamtos užterštumą, labiausiai naudinga elektros energiją gaminti iš AEŠ tiesiog namų ūkiuose ir betarpiškai ją sunaudoti vietoje savo poreikiams, elektromobilių baterijų pakrovimui. Lietuvoje yra 1,322 mln. namų ūkių ir jie per metus suvartoja beveik 3 TWh elektros energijos [2]. Mažosios 5–15 kW galios vertikalios ašies vėjo jėgainės (VAVE) yra naudingas vėjo energijos konvertavimo būdas tamsiuoju paros metu, kai mažai išnaudojama saulės energijos. Mažosios vėjo jėgainės (MVE) pagamintos elektros energijos kiekis priklauso nuo vėjaračio efektyvumo, nuo jos valdymo sistemos ar inverterio sugebėjimo efektyviai panaudoti netolygaus vėjo gūsius, reaguoti į bet kurios krypties vėją.

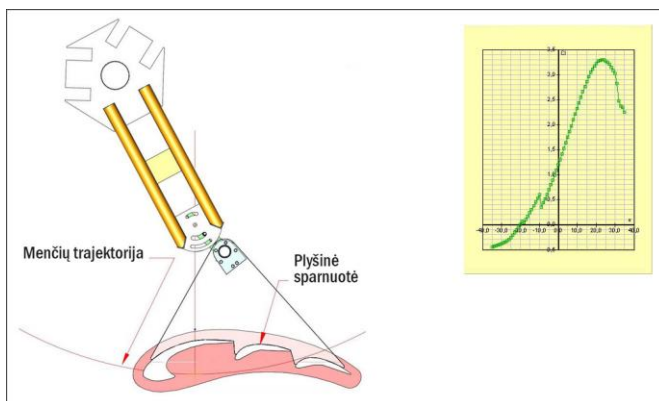
Tiriamos originalios konstrukcijos LAK-VAWT sparno galimybės tinka silpno vėjo intervalui bei leidžia neriboti elektros gamybos esant gūsingam virš 15 m/s vėjui. Naudojantis skaičiavimų rezultatais [3], kurie buvo atlikti parenkant tinkamą plyšinį sparną, pagaminta vertikalios ašies 10 kW vėjo elektrinė (VE). Tikslinga ištirti jėgainę ir palyginti gautus rezultatus su projektiniais skaičiavimais.

Tyrimo tikslas ir uždaviniai. Eksperimentiškai nustatyti mažosios vėjo elektrinės sparnuotės naudingumo koeficientą. Tyrimo uždaviniai – išsiaiškinti MVE efektyvumo priklausomumą nuo vėjo greičio ir vėjaračio greitaeigiškumo.

Tyrimo objektas ir metodika

Parenkant mažąją VAVE Kauno regionui, būtinas didelio efektyvumo vėjaračio. Vidutinis metinis vėjo greitis Kaune apie 4,5 m/s. Čia svarbus vėjaračio naudingumo koeficientas bei startavimas prie silpnų vėjų.

Tyrimui pasirinkta inovatyvios konstrukcijos plyšinio sparno VAVE. Joje bandoma suderinti stiprų sukimo momentą, didelį naudingumo koeficientą ir mažą greitaeigiškumą. Naudojamų profilių keliamosios jėgos koeficientai C_L yra didesni, darbinių atakos kampų α intervalai platesni. 1 pav. vaizduojama sparnuotės profilio keliamosios jėgos kreivė, kai *Reynolds* skaičius $Re = 1000000$. Naudojant plyšinį sparną, keliamosios jėgos koeficientas C_L išauga bei padidėja kritinis atakos kampas α iki 23° .



1 pav. LAK-VAWT profilio konstrukcija ir $C_L=f(\alpha)$ priklausomybė

VAVE naudojamo plyšinio sparno profilio duomenys: styga $c = 0,82$ m; $R = 1,7$ m, $H = 3$ m; menčių skaičius $n = 3$. VAVE gali išvystyti numatytą vardinę galią $P = 10$ kW kai vėjo greitis $V = 15$ m/s, o startuoti nuo 2 m/s. Vėjaračio kampinis greitis $\omega_v = 12,56$ aps./sek., masė $m = 18$ kg. VE pagaminti elektros energijos kiekiai per metus siektų 23 MWh. Jėgainėje panaudotas aksialinio (diskinio) tipo generatorius su NdFeB magnetais, 8 kW galią išvystantis prie $\omega_v = 400$ aps./min. Generatoriaus sukimosi dažniui didinti naudojamas multiplikatorius, kurio perdavimo koeficientas – 1:3, $\eta_m = 0,95$. Generatoriaus naudingumas $\eta_g = 0,85 - 0,9$. Bاندant generatoriaus galios teoriniai skaičiavimai pasitvirtino ir atitiko projektinio VAVE galingumo parametrus.

Eksperimentinio tyrimo metu galia skaičiuojama pasitelkus formulę:

$$P = \frac{1}{2} \rho A C_p V_\infty^3 \eta_g \eta_m, \quad (1)$$

čia: ρ – oro tankis ($1,225$ kg/m³ normaliomis sąlygomis), A – vėjaračio plotas ($2R \cdot H$, m²), V_∞ – vėjo greitis prieš vėjaratį.

Pagrindinis tyrimo uždavinys – nustatyti vėjo jėgainės efektyvumo priklausomybę nuo vėjo greičio [5]. Jis skaičiuojamas pagal formulę:

$$C_p = \frac{P}{0,5 \rho A V_\infty^3}, \quad (2)$$

čia: P – MVE galia (W), ρ – oro tankis (kg/m³), A – vėjaračio plotas (m²), V_∞ – vėjo greitis prieš vėjaratį.

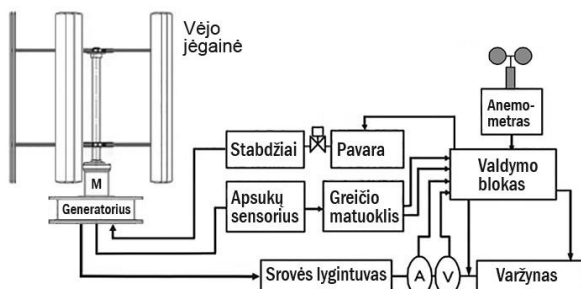
VAVE vėjaračio greitaeigiškumas tiriamas naudojantis eksperimento duomenimis ir matematine formule [6]:

$$\lambda = \frac{\omega_v \cdot R_v}{v_1}, \quad (3)$$

čia: ω_v – vėjaračio kampinis greitis (aps./sek.), R_v – vėjaračio spindulys (m), v_1 – stacionaraus vėjo greitis (m/s).

LAK-VAWT plyšinio sparno vėjo jėgainės tyrimai buvo atlikti realiomis sąlygomis, įrengus jėgainę 6 m aukštyje plyname lauke, su mažu paviršiaus šurkštumo koeficientu – 0,2. Pasirinkti įvairaus vėjo greičio intervalai po keletą dienų vasaros ir žiemos periodais. Tyrimas buvo atliekamas naudojant vėjo elektrinės blokinę jungimo schemą (2 pav.), kurią sudaro: vėjo greičio matuoklis, generatorius, generatoriaus veleno greičio matuoklis, valdymo kontroleris, apkrova, stabdžiai.

Valdymo kontroleris registravo reikalingus duomenis VE galingumo skaičiavimui ir apkrovos parinkimui valdymo cikle. Tyrimo metu matavimams naudoti prietaisai, kurių tikslumas $\pm 0,5 \%$.

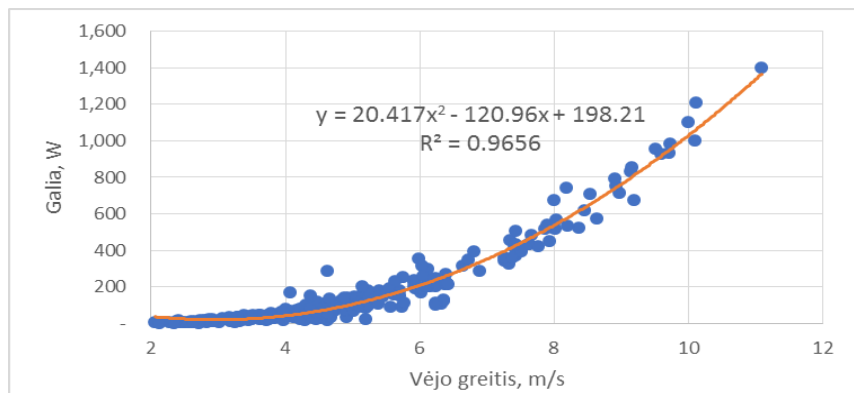


2 pav. Eksperimentinio tyrimo VAVE blokinė schema

Valdymo sistemą sudaro programuojamas *Raspberry* valdiklis, apkrovos varžynas ir grįžtamojo ryšio valdymo schema, reguliuojanti efektyvią apkrovą bei hidraulinę stabdymo sistema. Duomenys registruojami ir išsaugomi SD laikmenoje bei interneto serveryje per 4G, WiFi ryšius.

Tyrimo rezultatai

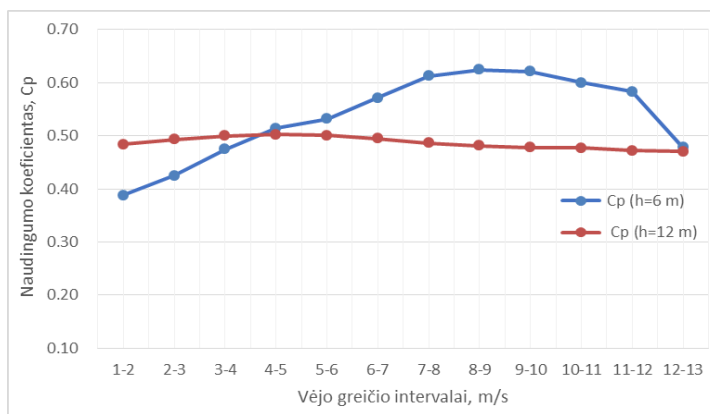
Bandymų metu pastebėta, kad anemometras fiksuoja mažą vėjo greitį, o jėgainė, įtakota vėjaračio ir generatoriaus inertiškumo, generuoja sąlyginai didelę energiją. Taip atsiranda duomenų sklaida. Siekiant to išvengti parinktas 20 s laiko intervalo duomenų reikšmių vidurkinimas (3 pav.).



3 pav. Eksperimentinių duomenų Galios priklausomumas nuo vėjo greičio

VAVE efektyvumas skaičiuotas naudojant išraišką (2 formulė). VE efektyvumo priklausomumas nuo vėjo greičio pateiktas grafike (4 pav.). Vėjo greitis matuotas 6 m aukštyje ir apskaičiuojant jo tikimybę 12 m aukštyje.

Pagal bandymų duomenis ir formulę (2) gaunamas eksperimentinis vidutinis MVE vėjaračio naudingumo koeficientas $C_p = 0,53$.



4 pav. VAVE naudingumo koeficiento C_p priklausomybė nuo vėjo greičio

Kiekvienas vėjaračio turi savitą optimalų greitaeigiškumo rodiklį λ (TSR), kuriam esant vėjaračio išgauna maksimalią kinetinę energiją iš vėjo ir VAVE efektyvumas C_p būna didžiausias. Greitaeigiškumas tirtas naudojantis matematine išraiška (3 formulė).

Nustatyta, kad plyšinio sparno vėjo jėgainė efektyviausiai veikia, kai greitaeigiškumo rodiklis yra $\lambda = 1,6$, o efektyvumo koeficientas $C_p = 0,51 - 0,62$. Šie rezultatai gauti naudojantis vėjo greičiu 6 m aukštyje.

Išvados

1. Tyrimo metu nustatyta, kad 10 kW LAK-VAVE vidutinis efektyvumo koeficientas yra 0,5, o maksimalus – 0,62. Didžiausias C_p yra pasiekiamas vėjo greičių intervale nuo 8 iki 9 m/s, kai greitaeigiškumo rodiklis lygus 1,6.
2. Atliekant eksperimentinius MVE galios tyrimus svarbu atsižvelgti į vėjo greičio matuoklio ir MVE vėjaračio ašies aukščių skirtumą, kuris lemia skirtingus efektyvumo skaičiavimo rezultatus. Nustatyta, kad neatsižvelgus į 6 m aukščių skirtumą efektyvumo koeficientas pervertinamas iki 15 %.

Literatūra

1. Elektros perdavimo sistemos operatorius LITGRID. 2019. Prieiga per: www.litgrid.eu
2. Lietuvos vėjo energetikų asociacija. 2020. Prieiga per internetą: www.lwea.lt
3. UAB „Sportinė aviacija ir Ko“. 2015. „8–30 kW galingumo vertikalios ašies mažų vėjo greičių jėgainės sukūrimo taikomoji studija“ projektas. LAK, Pociūnai
4. Lekavičius, V., Skruodys, M., Kavolynas, A. 2015. Vėjo jėgainės generatoriaus tyrimas. *Agroinžinerija ir energetika*. Nr. 20.

5. Adomavičiaus, V. 2012. *Atsinaujinančių išteklių energijų naudojančių sistemų tyrimas*: daktaro disertacija.
6. Kytra, S. 2006. *Atsinaujinantys energijos šaltiniai*: vadovėlis. Kaunas: Technologija.

Santrauka

Šiame darbe ištirta inovatyvus LAK-VAVE trigubo plyšinio sparno ir aksialinio tipo generatoriaus 10 kW mažoji vertikalios ašies vėjo jėgainė. VAVE tyrimas atliktas lauko mažo šiurkštumo paviršiaus sąlygomis. Tyrimo metu pasiektas vidutinis efektyvumo koeficientas – 0,5, o maksimumus – 0,61. Didžiausias C_p yra pasiekiamas vėjo greičių diapazone nuo 7 iki 10 m/s, kai greitaeigiškumo rodiklis lygus 1,6. Nustatyta, kad neatsižvelgus į MVE vėjaračio centro ir anemometro aukščių skirtumą, 6 m aukštyje efektyvumo koeficientas pervertinamas iki 15 %.

PERFORMANCE STUDY OF TRIPLE-WING ROTOR 10kW VERTICAL AXIS WIND TURBINE

Summary

The main subject investigated in the current study is of an innovative LAK-VAWT triple slit wing and Axial generator 10kW small vertical axis wind turbine. The VAWT study was carried out under the condition of low roughness field. The average efficiency of the slit wing identified in the study was 0.5 and the maximum efficiency was 0.62. The highest C_p is achieved in the wind speed range of 7 to 10 m/s for a TSR index of 1.6. It has been found that without taking into account the difference between the height of the VAWT rotor center and the anemometer height difference, the efficiency coefficient at 6 m is overestimated to 15%.

Linas Siniauskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 686 14007, el. paštas: s.linas@gmail.com

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

COMMON RAIL ELEKTROMAGNETINIO PURKŠTUVO VALDYMO VOŽTUVO EIGOS KITIMO ĮTAKA ĮPURŠKIAMŲ DEGALŲ KIEKIUI

Lukas Vilčinskas, Stasys Slavinskas

Įvadas

Didėjant reikalavimams automobilių ekonomiškumui bei išmetamų deginių toksikiškumui, būtina, kad šiuos reikalavimus automobilis atitiktų visą jo eksploatacijos laiką. Didele dalimi dyzelinio variklio darbo proceso kokybę lemia degalų aparatūros darbas. Šiuolaikiniuose automobiliuose dažniausiai naudojama common rail degalų įpurškimo sistema, kurioje purkštuvų atidarymas valdomas elektromagnetiniu vožtuvu. Darbo metu vožtuvo sandarinimo paviršius veikia didelio dažnio smūginės apkrovos. Be to, pro atidarytą vožtuvą ištekantys degalai sukelia hidroerozinį dilimą. Dėl šių veiksnių keičiasi valdymo vožtuvo elementų – sandarinimo rutuliuko ir lizdo – paviršių geometriniai parametrai, turintys įtakos vožtuvo eigai ir tuo pačiu įpurškiamų degalų kiekiui [1]. Kadangi vožtuvo eiga lygi tik kelioms dešimtims mikrometrų, net nedideli jos pokyčiai daro ženklų poveikį cikliniam degalų kiekiui (ciklinis degalų kiekis tai, degalų kiekis sunaudotas per vieną darbo ciklą), ypatingai pagalbinės porcijos ar tuščiojoje eigoje. Įpurškimo charakteristikoms tirti šiandien plačiai naudojami ne tik eksperimentiniai, bet ir teoriniai metodai, sudarant skaitinį purkštuvų modelį su realiais dydžiais bei matmenimis ir atliekant simuliacijas. Modeliuojamos dyzelinių degalų įpurškimo sistemos pasižymi sudėtingais dinaminiais ir hidromechaniniais procesais [2]. Degalų įpurškimo proceso matematinis modeliavimas ir simuliacija suteikia galimybę lanksčiai ir lengvai parinkti įvairius parametrus bei įvertinti jų įtaką įpurškimo charakteristikoms [3]. Be to, modeliuojant galima įvertinti tuos vidinių sistemos elementų parametrus, kuriuos eksperimentiškai išmatuoti labai sunku arba tiesiog neįmanoma. Tokie modeliai taupo laiką, padeda supaprastinti tyrimų procesą ir yra efektyvi priemonė įpurškimo proceso kintamųjų dinamikai numatyti [4].

Tyrimo tikslas – atlikti Common rail elektromagnetinio purkštuvų valdymo vožtuvo eigos pokyčių įtakos išpurškiamų degalų kiekiui eksperimentinį ir teorinį tyrimus.

Tyrimų metodika ir objektas

Tyrimas buvo atliktas ŽŪIF Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos instituto Degalų aparatūros laboratorijoje. Eksperimentiniams tyrimams atlikti naudotas Magneti Marelli DS2R purkštuvų patikros stendas, kuriuo buvo sukuriamas reikalingas įpurškimo slėgis, generuojamas elektromagnetinio vožtuvo valdymo signalas bei matuojamas įpurškiamų degalų kiekis. Tyrimų objektas buvo BOSCH

common rail CRI elektromagnetinis purkštuvas. Keičiant reguliavimo elementų storį, buvo keičiama valdymo vožtuvo eiga, ją didinant ir mažinant 0,010 mm nuo pradinės vertės. Matavimai buvo atliekami purkštuvui veikiant pagrindiniais būdingais režimais (1 lentelė). Kiekviename režime matavimai buvo kartojami 3 kartus.

1 lentelė. Purkštuvo bandymo režimai

Režimas	Įpurškimo slėgis, MPa	Valdymo signalo trukmė, μ s
Tuščioji eiga	23	725
Pagalbinis įpurškimas	50	250
Vidutinė apkrova	50	675
Maksimali apkrova	130	1000

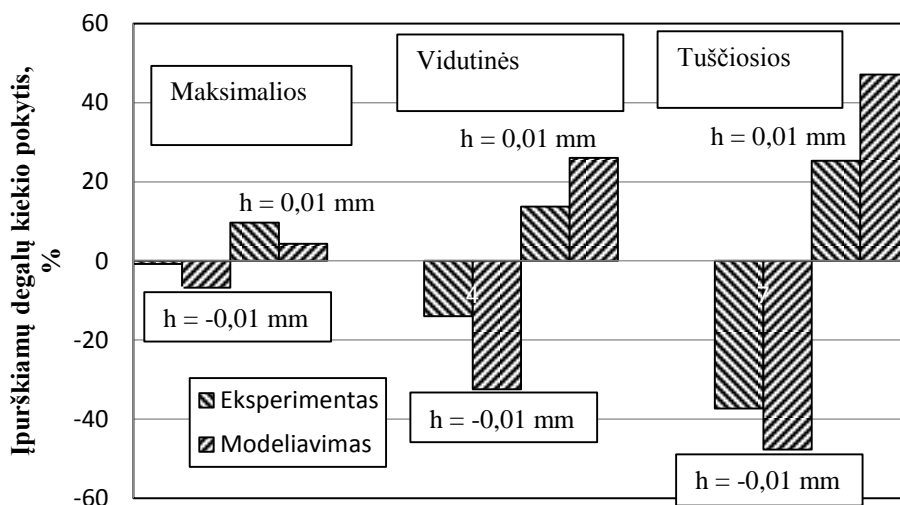
Skaitiniam modeliui sudaryti buvo naudojama AVL Boost Hydsim programinė įranga, skirta atlikti hidraulinių, hidromechaninių sistemų dinaminės analizės. Sudarius modelį buvo atliktas purkštuvo darbo tais pačiais režimais kaip ir eksperimentiniame tyrime simuliacijos, valdymo vožtuvo eigą keičiant $\pm 0,010$ mm nuo pradinės reikšmės.

Rezultatai

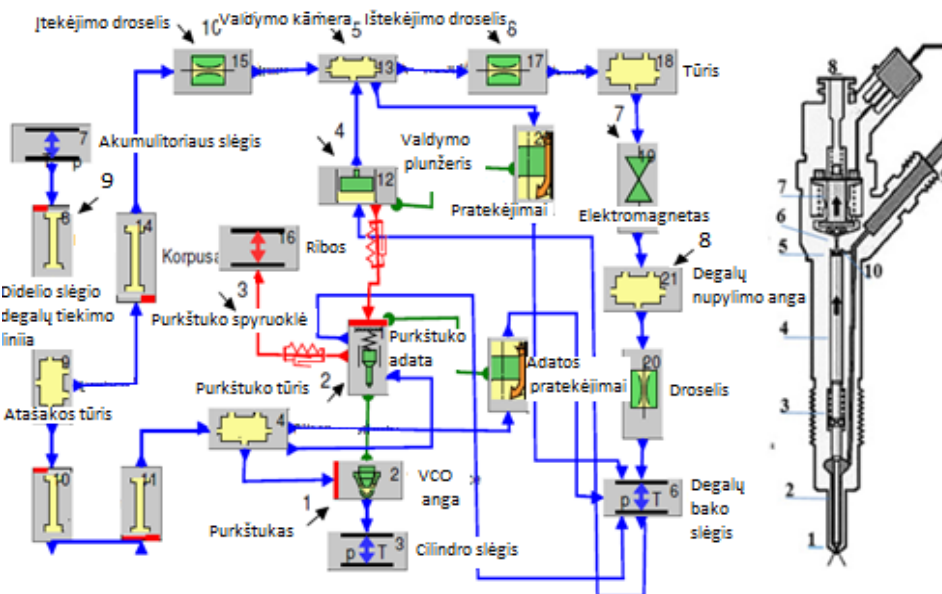
Atliktų tyrimų analizė parodė, kad visuose tirtuose režimuose valdymo vožtuvo eigos pokytis turėjo įtakos įpurškiamų degalų kiekiui. Rezultatai pateikti 1 pav. rodo įpurškiamų degalų kiekio pokyčius purkštuvo valdymo vožtuvo eigą h padidinus ir sumažinus 0,010 mm. Maksimalios galios režime vožtuvo eigos padidinimas įpurškiamų degalų kiekį padidino 9,6 %, tuo tarpu jos sumažinimas įpurškiamų degalų kiekį sumažino tik $\sim 0,8$ %. Vidutinės apkrovos režime vožtuvo eigos pokyčių įtaka įpurškiamų degalų kiekiui buvo didesnė. Vožtuvo eigą padidinus 0,010 mm, įpurškiamų degalų kiekis padidėjo 13,7 %. Vožtuvo eigą sumažinus, buvo gautas 14 % įpurškiamų degalų kiekio sumažėjimas.

Didžiausias įpurškiamų degalų kiekio pokytis buvo išmatuotas purkštuvui veikiant tuščiosios eigos režimu. Valdymo vožtuvo eigą padidinus 0,010 mm, įpurškiamų degalų kiekis padidėjo 25 %, o sumažinus – sumažėjo net 37 %. Pagalbinio įpurškimo porciją valdymo vožtuvo eigos padidinimas padidino 73 %, o sumažinimas – sumažino 18,6 %.

Valdymo vožtuvas atidaro ir uždaro degalų nupylimo iš valdymo kameros droselį. Tikėtina, kad esant didesnei vožtuvo eigai, nupylimo droselio visas skersplotis atidaromas greičiau, todėl ir įpurškiamų degalų kiekis padidėja. Mažesnė vožtuvo eiga gali padidinti ištekančių degalų droseliavimą ir atitinkamai sulėtinti slėgio kritimą valdymo kameroje bei purkštuvo atidarymą. Tai atitinkamai sumažina įpurškiamų degalų kiekį.



1 pav. Purkštovo valdymo vožtuvo eigos įtaka įpurškiamų degalų kiekiui



2 pav. Elektromagnetinio Bosch purkštovo skaitinis modelis: 1- purkštukas, 2 – purkštuko adata, 3 – purkštuko spyruoklė, 4 – valdymo plunžeris, 5 – valdymo kamera, 6 – ištekėjimo droselis, 7 – elektromagnetas, 8 – degalų nupylimo anga, 9 – didelio slėgio degalų tiekimo linija, 10 – įtekėjimo droselis

Teoriniams tyrimams atlikti AVL Boost Hydsim programinės įrangos aplinkoje sudarytas purkštovo skaitinis modelis pateiktas 2 pav. Purkštovo veikimo simuliacija buvo atliekama tais pačiais režimais, kaip ir eksperimentiniai tyrimai.

Kaip matyti 1 pav., teoriniai tyrimai patvirtino tas pačias tendencijas, kurios buvo nustatytos eksperimentiniais tyrimais. Didėjant valdymo vožtuvo eigai, įpurškiamų degalų kiekis didėja. Vožtuvo eigos sumažinimas, mažina įpurškiamų degalų kiekį.

Eksploatacijos metu valdymo vožtuvo eiga gali didėti dėl vožtuvo lizdo ir rutuliuko išdilimo. To rezultatas – didesnis įpurškiamų degalų kiekis, esant tai pačiai valdymo impulso trukmei. Tai gali padidinti degalų sąnaudas bei kenksmingų deginių emisiją, ypač kietųjų dalelių. Valdymo vožtuvo eigos sumažėjimas galimas dėl purkštovo vidinio užteršimo. Sumažėjus įpurškiamų degalų kiekiui, gali pablogėti automobilio dinaminės savybės. Sumažėjusios pagalbinio įpurškimo porcijos gali nebepakakti pagrindinės porcijos degimui valdyti.

Išvados

1. Atlikus tyrimus nustatyta kad, didėjant elektromagnetinio purkštovo valdymo vožtuvo eigai, įpurškiamų degalų kiekis didėja, ir atvirkščiai, mažėjant valdymo vožtuvo eigai – mažėja.
2. Kuo mažesnis ciklinis degalų kiekis, tuo didesnę įtaką turi valdymo vožtuvo eigos pokytis.
3. Teorinių tyrimų rezultatai rodo tas pačias valdymo vožtuvo eigos pokyčio įtakos įpurškiamų degalų kiekiui tendencijas, kaip ir eksperimentinių tyrimų rezultatai. AVL Boost Hydsim terpėje sudarytas skaitinis modelis gali būti naudojamas purkštovo darbo proceso pokyčiams prognozuoti.

Literatūra

1. Yordanov, N., Hadjiev, K., Stankov, E. 2018. Experimental simulation of common rail electromagnetic injectors wearing. *Machines technologies materials*. Year XII, issue 5, p.p. 208–211.
2. Pogulyaev, Y. D., Baitimerov, R. M., Rozhdestvenskii, Y. V. 2015. Detailed dynamic modeling of common rail piezo injector. *Procedia Engineering*, 129, p. 93–98.
3. Punov, P. Research the fuel injection characteristics of a common-rail solenoid injector. *BulTrans-2015*.
4. Lino, P., Maione, B., Rizzo, A. 2005. A control-oriented model of a common rail injection system for diesel engines. In: *Emerging Technologies and Factory Automation, 2005. ETFA. 10th IEEE Conference on. IEEE*, vol. 7, 563 p.

Santrauka

Straipsnyje pateikti Common rail elektromagnetinio purkštovo valdymo vožtuvo eigos kitimo įtakos įpurškiamų degalų kiekiui eksperimentinių ir teorinių tyrimų rezultatai. Purkštovo valdymo vožtuvo eiga buvo didinama ir mažinama 0,010 mm. Teoriniams tyrimams atlikti buvo sudarytas purkštovo skaitinis modelis AVL Boost Hydsim terpėje. Tyrimais nustatyta, jog didinant valdymo vožtuvo eigą, įpurškiamų degalų kiekis didėja, mažinant valdymo vožtuvo eigą – mažėja. Kuo mažesnis ciklinis degalų kiekis, tuo didesnę įtaką turi valdymo vožtuvo eigos pokytis. Teoriniais tyrimais nustatytos tokios pat valdymo vožtuvo eigos pokyčio įtakos įpurškiamų degalų kiekiui tendencijas, kaip ir eksperimentiniais tyrimais. AVL Boost Hydsim terpėje sudarytas skaitinis modelis gali būti naudojamas purkštovo darbo proceso pokyčiams prognozuoti.

THE EFFECT OF CHANGES IN THE CONTROL VALVE STROKE ON THE FUEL INJECTION QUANTITY OF THE COMMON RAIL ELECTROMAGNETIC INJECTOR

Summary

The paper presents the results of experimental and theoretical research on the influence of common rail electromagnetic injector control valve stroke on the amount of fuel injected. The stroke of the injector control valve was increased and decreased by 0.010 mm. The numerical model of the injector in AVL Boost Hydsim environment was created for theoretical research. Studies have shown that increasing the stroke of the control valve increases the amount of fuel injected and decreasing the stroke of the control valve decreases the injection quantity. The lower the cyclic fuel quantity, the greater the influence of change in the control valve stroke. Theoretical studies have identified the same trends in the effect of the change in control valve stroke on the amount of fuel injected as in experimental studies. The numerical model in AVL Boost Hydsim environment can be used to predict changes in the injection process.

Lukas Vilčinskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; el. paštas: lukas.vilcinskas1@gmail.com;

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

DEGALŲ ŠAŅAUDŲ MAŽINIMO PRIEMONIŲ PAGRINDIMAS NUIMANT ŽIEMINIŲ KVIEČIŲ DERLIŲ

Martynas Milišauskas, Dainius Steponavičius, Dainius Savickas

Išvadas

Efektyvus ir aukšto derlingumo žemės ūkis yra šiuolaikinės civilizacijos keratinis akmuo. Žemės ūkio sektoriaus tikslas – patenkinti žmonijos maisto ir pluošto (medvilnė, vilna, oda ir kt.) poreikius, pagerinti ūkininkų ir juos supančios visuomenės ekonominę ir socialinę padėtį. Siekiant minėtų tikslų reikia optimaliai naudoti išteklius, tokius kaip žemės ūkio technika, degalai, ariama žemė [1, 2]. Javapjūtės metu našūs kombainai sunaudoja nuo 4 t iki 8 t dyzelinių degalų [7]. Derliaus nuėmimo procesas sudaro apie 30 % visų žemės ūkio operacijų išlaidų [8]. Išlaidos degalams sudaro apie 20 % visų javų pjūties išlaidų [3].

Javų nuėmimo degalų sąnaudos susietos su kombaino variklio konstrukcija, jo galia ir apkrova, kuri labiausiai priklauso nuo kombaino važiavimo greičio ir tiekiamo į kūlimo aparatą javų srauto [4]. Dauguma mokslininkų, pateikdami kombainų darbo tyrimų rezultatus, nurodo tik vidutines degalų sąnaudas hektarui javų nupjauti arba tonai grūdų prikulti, tačiau jų nesusieja su javų rūšimi, veisle, biometriniais rodikliais, tiekiamu į kombainą javų srautu, technologiniais parametrais ir kitais veiksniais [5]. Teigiama, kad derliaus nuėmimo degalų sąnaudas galima sumažinti, keičiant variklio sukimosi dažnį, kombaino technologinius parametrus bei tiekiant į kūlimo aparatą racionalų javų srautą [6]. Todėl degalų sąnaudų mažinimas pjūties metu yra ne tik vienas grūdų gamybos išlaidų optimizavimo kelių, bet ir neigiamo poveikio aplinkai mažinimo priemonė [7].

Tyrimo tikslas: Pagrįsti priemones žieminių kviečių derliaus nuėmimo degalų sąnaudų ir neigiamo poveikio aplinkai mažinimui.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimų objektas. 2019 m. liepos mėn. Šakių rajone atliktuose tyrimuose naudotas javų kombainas *John Deere S690i*, kurio vardinė galia [97/68EC] be IPM (angl. *Intelligent Power Management*) siekė 353 kW (su IPM 402 kW), o maksimali galia, variklio veleniui sukantis 2100 min^{-1} , 378 kW (be IPM), su IPM – 412 kW. Variklio sukimo momentas – 1919 Nm, kai variklio veleno sukimosi dažnis 2100 min^{-1} . Kūlimo-separavimo sistemos rotorius ilgis – 3124 mm, skersmuo – 762 mm, separacijos plotas – $1,54 \text{ m}^2$. Degalų bako talpa – 950 l. Pjaunamosios plotis – 10,7 metro.

Meteorologinės sąlygos. Javapjūtės sąlygos įvertintos pagal meteorologinės stoties liepos–rugpjūčio mėnesių stebėjimų duomenis. Stotyse kas tris valandas fiksuojami aplinkos duomenys: oro temperatūra, santykinis oro drėgnis, kritulių kiekis.

Biometriniai rodikliai. Derliaus nuėmimo degalų sąnaudos priklauso nuo kombaino variklio apkrovos, kuri susieta su į kombainą tiekiamu javų srautu ir javų biometriniais rodikliais.

Tiekiamas į kombainą javų srautas q (kg s^{-1}) apskaičiuotas lygtimi:

$$q = \frac{B_{pj} v Q}{36 \beta_g}, \quad (1)$$

čia: B_{pj} – kombaino pjaunamosios plotis, m; v – kombaino važiavimo greitis, km h^{-1} ; Q – grūdų derlius t ha^{-1} ; β_g – grūdینگumo koeficientas.

Javų biometriniais rodikliams nustatyti javų lauko penkiuose $0,25 \text{ m}^2$ plotečiuose nupjaunami javai. Javai surišami į atskirus pėdus ir sudedami į pažymėtus maišus. Laboratorijoje kiekvienas ėminys pasveriamas (rodmenų tikslumas $0,01 \text{ g}$), po to atskiro ėminio javų stiebai skaičiuojami, išmatuojami stiebų ilgiai iki varpos ir apskaičiuojamas vidutinis jų aukštis. Kiekviena varpa iškuliama atskirai, grūdai suskaičiuojami ir pasveriami.

Dirvos drėgnio nustatymas. Lauko atkarpoje, kurioje buvo matuojamos kombaino variklio degalų sąnaudos, penkiose skirtingose vietose, trimis pakartojimais paimti dirvos ėminiai. Dirvos drėgnis (U_d , %) nustatomas laboratorijoje, kurioje dirvos ėminiai pasveriami, po to 5 valandas džiovinti krosnyje $105 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroje ir vėl pasveriami.

Degalų sąnaudų nustatymas. Degalų sąnaudos nustatytos, nuimant žemičius kviečius. Tyrimai vykdyti užrašant javų kombaino kompiuterio rodmenis. Kombainu pjaunant javus tyrimams parinktame lauke, fiksuojami kombaino kompiuterio rodmenys: ražienos aukštis, kombaino važiavimo greitis, variklio alkūninio veleno, kūlimo būgno, ventiliatoriaus sukimosi dažniai, pobūgnio pradžioje tarpas tarp būgno spragilų ir pobūgnio skersinių juostų bei degalų suvartojimas (sąnaudos).

Variklio tuščiosios eigos degalų sąnaudos. Varikliui leidžiama sukis tuščiąja eiga kol aušinimo skysčio temperatūra pakyla iki $80 \text{ }^\circ\text{C}$. Kombainui stovint, užfiksuojamos variklio degalų sąnaudos, kai jo velenas sukasi 1690 min^{-1} ir 2240 min^{-1} dažniu (oro kondicionierius įjungtas). Variklio velenui sukantis skirtingais dažniais, užfiksuojamos degalų sąnaudos įjungus kuliamosios, šiaudų smulkintuvo, grūdų iškrovimo sraigės ir pjaunamosios pavaras.

Kombaino važiavimo tuščiąja eiga degalų sąnaudos. Užfiksuojamos degalų sąnaudos kombainui važiuojant ražiena (variklio veleno sukimosi dažnis 1690 min^{-1} ir 2100 min^{-1}), keičiant važiavimo greitį nuo 2 km h^{-1} iki 7 km h^{-1} (variklio sukimosi dažnis 1690 min^{-1}) ir nuo 2 iki 11 km h^{-1} (variklio sukimosi dažnis 2100 min^{-1}). Tyrimai atliekami važiuojant ražiena esant išjungtomis ir įjungtomis pjaunamosios, kuliamosios ir šiaudų smulkintuvo pavaroms.

Degalų sąnaudos, nuimant javus. Tyrimų metu kombaino važiavimo greitis siekė 4 km h^{-1} . Tarpas tarp kūlimo rotorius spragilų ir pobūgnio skersinių juostų siekė 8 mm , o jo sukimosi dažnis – 930 min^{-1} . Šiaudai smulkinami smulkintuvo rotoriumi sukantis 3000 min^{-1} dažniu. Grūdai iškraunami iš bunkerio į transporto

priemonę kombainui stovint. Ražienos aukščio įtaka kombaino valandinėms degalų sąnaudoms tirta nupjautų javų ražieną paliekant nuo 50 mm iki 250 mm aukščio. Apskaičiuotos vidutinės valandinės (B , $l\ h^{-1}$) degalų sąnaudos bei degalų sąnaudos tonai kviečių grūdų prikulti (B_t , $l\ t^{-1}$).

Vidutinės valandinės degalų sąnaudos B , įvertinus degalų temperatūrą, apskaičiuojamos lygtimi:

$$B = B_i [1 + \alpha(t_0 + t_d)], \quad (2)$$

čia: B_i – užfiksuotas degalų sąnaudos, $l\ h^{-1}$; α – degalų tūrio plėtimosi koeficientas ($\alpha = 0,001$, pakitus temperatūrai $1^\circ C$); t_0 – pradinė degalų temperatūra, $^\circ C$; t_d – vidutinė degalų temperatūra, $^\circ C$.

Degalų sąnaudos vienai tonai grūdų prikulti B_t , $l\ t^{-1}$:

$$B_t = 3,6 \frac{B}{q}. \quad (3)$$

Visi tyrimai kartoti po 10 kartų. Matavimų duomenys įvertinti apskaičiuavus duomenų vidurkio pasikliauties intervalą esant 95 % tikimybei.

Rezultatai

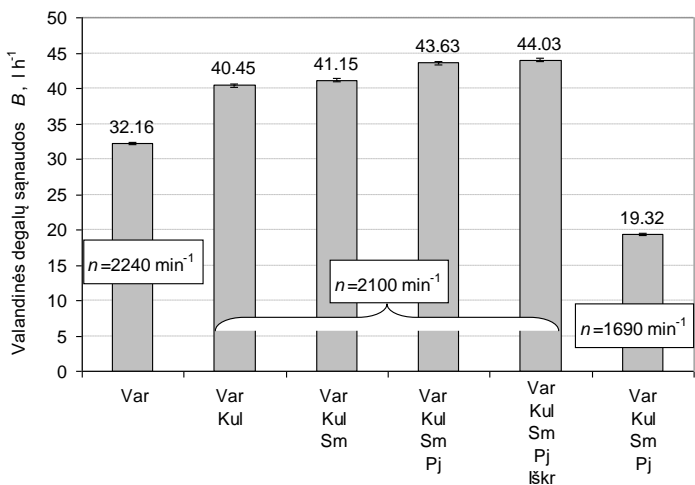
Derliaus nuėmimo dieną (2019 07 27) nustatytų žieminių kviečių veislės *Informeris* biometrinių rodiklių duomenys pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Žieminių kviečių biometriniai rodikliai

Rodiklis	Matavimo vnt.	Skaitinė reikšmė
Varpų skaičius	vnt. m^{-2}	276,0±44,5
Žiedažvynių masė	$g\ m^{-2}$	113,0±15,1
Šiaudų masė	$g\ m^{-2}$	251,0±27,3
Grūdų masė	$g\ m^{-2}$	459,0±46,3
Bendra masė	$g\ m^{-2}$	976,0±94,1
Grūdų drėgnis	%	20,20±1,41

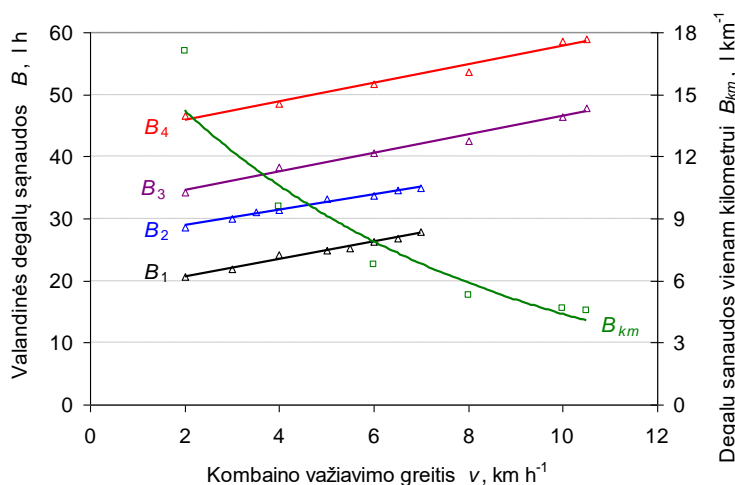
Nustatant kombaino variklio tuščiosios eigos dyzelinių degalų sąnaudas, variklio alkūninio veleno sukimosi dažnis buvo keičiamas perjungiant jungiklį į dvi fiksuotas padėtis. Tada variklio velenas sukosi $1690\ min^{-1}$ ir $2240\ min^{-1}$ dažniu, o įjungus technologines pavaras variklio sukiai sumažėja iki $2100\ min^{-1}$.

Nustatyta, kad variklio alkūniniam velenui sukantis $2240\ min^{-1}$ dažniu valandinės degalų sąnaudos siekė $32,16 \pm 1,2\ l\ h^{-1}$ (1 pav.). Įjungus pjaunamosios, kuliamosios ir šiaudų smulkintuvo pavaras – $43,63 \pm 1,4\ l\ h^{-1}$, o įjungus dar ir išskrovimo sraigės pavarą – $44,03 \pm 1,4\ l\ h^{-1}$. Sumažinus variklio tuščiosios eigos sukimosi dažnį iki $1690\ min^{-1}$, valandinės degalų sąnaudos sumažėja $24,71 \pm 1,2\ l\ h^{-1}$ (visos pavaros įjungtos, išskyrus, grūdų išskrovimo sraigės).



1 pav. Kombaino vidaus degimo variklio veleno sukimosi dažnio (n) ir įjungtų technologinių pavarų įtaka degalų sąnaudoms (B)

Apskaičiuota, kad pjaunamosios pavarai sukti (kai $n=2100 \text{ min}^{-1}$) sunaudojama $2,48 \text{ l h}^{-1}$, kuliamosios – $1,29 \text{ l h}^{-1}$, šiaudų smulkintuvo – $0,7 \text{ l h}^{-1}$ degalų. Įjungus grūdų iškrovimo sraigės pavarą, degalų sąnaudos padidėja apie $0,4 \text{ l h}^{-1}$ ($n = 2100 \text{ min}^{-1}$). Galima teigti, kad kombainui stovint, tikslinga sumažinti variklio alkūninio veleno sukimosi dažnį iki 1690 min^{-1} , nes tada variklio tuščiosios eigos valandinės degalų sąnaudos sumažėja apie 67 %.

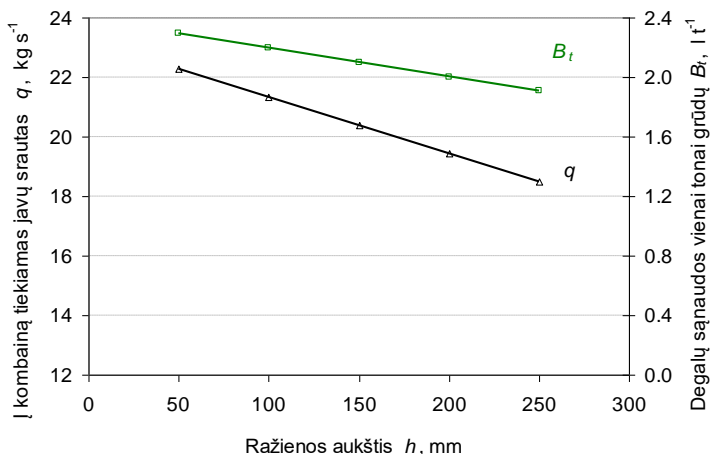


2 pav. Kombaino važiavimo greičio (v) tuščiąja eiga įtaka valandinėms (B) ir vienam kilometrui nuvažiuoti tenkančioms (B_{km}) degalų sąnaudoms: B_1 – važiuojama ~15 cm aukščio ražiena (dirvos drėgnis $16,22 \pm 3,76\%$), visos pavaros išjungtos, variklio veleno sukimosi dažnis $n = 1690 \text{ min}^{-1}$; B_2 – važiuojama ražiena, įjungtos pjaunamosios, kuliamosios ir smulkintuvo pavaros, $n = 1690 \text{ min}^{-1}$; B_3 – važiuojama ražiena, visos pavaros išjungtos, $n = 2100 \text{ min}^{-1}$; B_4 – važiuojama ražiena, įjungtos pjaunamosios, kuliamosios ir smulkintuvo pavaros, $n = 2100 \text{ min}^{-1}$, B_{km} – degalų sąnaudos, nuvažiuoti vienam kilometrui ražiena, kai bunkeris tuščias ir išjungtos technologinės pavaros, variklio $n = 2100 \text{ min}^{-1}$

Matuotos kombaino tuščiosios eigos degalų sąnaudos, važiuojant žieminių kviečių ražiena. Variklio veleno sukimosi dažnis keistas nuo 2100 min^{-1} iki 1690 min^{-1} ir važiavimo greitis – nuo 2 iki 11 km h^{-1} . Pastaruoju greičiu dažniausiai važiuojama galulaukėse arba į kitą lauko barą. Nustatyta, kad, kombainui važiuojant tuščiąja eiga 7 km h^{-1} greičiu žieminių kviečių ražiena (dirvos drėgnis 24,2 %), kai variklio $n = 1690 \text{ min}^{-1}$ jis sunaudoja $27,4 \pm 0,41 \text{ l h}^{-1}$ degalų, t. y. $15,53 \pm 0,45 \text{ l h}^{-1}$ mažiau negu važiuojant 7 km h^{-1} , kai variklio $n = 2100 \text{ min}^{-1}$ (2 pav.).

Kombaino važiavimo ražiena tuščiąja eiga valandines degalų sąnaudas galima sumažinti išjungus pjaunamosios ir kuliamosios pavaras. Tyrimais nustatyta (2 pav.), kad, kombainui važiuojant ražiena 7 km h^{-1} greičiu, kai variklio $n = 2100 \text{ min}^{-1}$, išjungus pjaunamosios ir kuliamosios pavaras, valandinės degalų sąnaudos sumažėja apie $11,6 \text{ l h}^{-1}$. Taip pat tyrimais nustatyta (2 pav.), kad važiuojant ražiena 7 km h^{-1} greičiu su įjungta pjaunamąją ir kuliamosios pavaromis keičiant variklio sukimosi dažnį nuo $n = 2100$ į $n = 1690 \text{ min}^{-1}$, valandinės degalų sąnaudos sumažėja apie $18,3 \text{ l h}^{-1}$. Didinant važiavimo greitį nuo 2 km h^{-1} iki 11 km h^{-1} , valandinės degalų sąnaudos išauga $10,58 \pm 0,4 \text{ l h}^{-1}$, tačiau vienam kilometrui nuvažiuoti variklis sunaudoja apie $8,7 \text{ l h}^{-1}$ mažiau degalų.

Nustatyta, kad, nuimant žieminius kviečius ($v = 4 \text{ km h}^{-1}$) ir paliekant 50 mm aukščio ražieną, degalų sąnaudos vienai tonai grūdų siekia $2,29 \pm 0,21 \text{ l t}^{-1}$ (3 pav.), o padidinus ražienos aukštį iki 250 mm – sąnaudos sumažėja $1,85 \pm 0,22 \text{ l h}^{-1}$. Nuimant kviečius ir padidinus ražienos aukštį nuo 50 mm iki 250 mm, derliaus nuėmimo degalų sąnaudos sumažėja apie 19 %.



3 pav. Ražienos aukščio įtaka kombaino valandinėms degalų sąnaudoms: B_t – vidutinės degalų sąnaudos tonai grūdų prikulti, l t^{-1} ; q – į kombainą tiekiamas javų srautas esant tokiems kombaino parametrams: variklio sukimosi dažnis $n = 2090 \text{ min}^{-1}$, kūlimo rotoriaus sukimosi dažnis $n_b = 930 \text{ min}^{-1}$, kombaino darbinis važiavimo greitis $v = 4 \text{ km h}^{-1}$, šiaudų smulkintuvo rotoriaus sukimosi dažnis $n_2 = 3000 \text{ min}^{-1}$, tarpas tarp rotoriaus spragilų ir pobūgnio skersinių juostų kūlimo aparato pradžioje $a = 8 \text{ mm}$, tarpas tarp viršutiniojo valytuvo sieto žvynų $b_1 = 16 \text{ mm}$, tarpas tarp apatiniojo sieto žvynų $b_2 = 8 \text{ mm}$, grūdų derlius $A_g = 9,2 \text{ t ha}^{-1}$, grūdų drėgnis $U_1 = 19,62 \%$

Apibendrinant šiuos tyrimus galima teigti, kad lauke kombainas tuščiąja eiga turi važiuoti su išjungtomis pjaunamosios, kuliamosios ir šiaudų smulkintuvo pavardomis ir galimai didesniu greičiu, nes vienodam atstumui nuvažiuoti sunaudojama mažiau degalų.

Derliaus nuėmimo degalų sąnaudas galima sumažinti, nekeičiant kombaino važiavimo greičio, bet tiekiant į kombainą mažesnę javų srautą, kuris susietas su ražienos aukščiu.

Išvados

1. Javų kombainui neatliekant javų pjovimo ir kūlimo technologinio proceso, jo variklis suvartoja degalų:
 - a. kombaino varikliui apie 32 l h^{-1} , ($n = 2100 \text{ min}^{-1}$);
 - b. kombaino kūlimo būgnui apie 8 l h^{-1} ($n_b = 930 \text{ min}^{-1}$);
 - c. kombaino šiaudų smulkintuvui apie 2 l h^{-1} ($n_s = 3000 \text{ min}^{-1}$);
 - d. pjaunamosios pavarai apie $2,5 \text{ l h}^{-1}$.
2. Javų kombainui neatliekant javų pjovimo ir kūlimo technologinio proceso, t. y. pervažiuojant nuo vieno lauko baro iki kito, tikslinga išjungti technologines pavardas ir sumažinti variklio sukimosi dažnį nuo 2100 min^{-1} iki 1690 min^{-1} . Tada rotorinio kombaino variklis suvartotų 24 l h^{-1} mažiau degalų.
3. Nuimant žieminius kviečius, javų kombaino degalų sąnaudas, o kartu ir aplinkos oro taršą, racionalu mažinti lauke paliekant aukštesnę ražieną.
4. Kombainui važiuojant 4 km h^{-1} greičiu, padidinus žieminių kviečių *Informer* ražienos aukštį nuo $0,10 \text{ m}$ iki $0,25 \text{ m}$, į kombainą tiekama 3 kg s^{-1} mažiau javų masės, dėl to degalų sąnaudos sumažėja $0,3 \text{ l t}^{-1}$.

Literatūra

1. Feiffer, A., Feiffer, P., Kutschenreiter, K., Rademacher, T. 2005. Getreideernte – sauber, sicher, schnell. Verlag DLG, 244 S.
2. Strakšas, A. 2004. Sėmeninių linų nuėmimo technologijų energetinis-ekonominis vertinimas. *Žemės ūkio inžinerija. LŽŪII ir LŽŪU mokslo darbai*, 36(4), P. 83–95.
3. Voßhenrich, H.-H., Reckleben, Y., Gattermann, B. 2007. Einfluß der Stoppellänge auf Leistungsdaten und Arbeitsqualität. *Getreide*. H. 3, S. 178–182.
4. Špokas, L., Steponavičius, D. 2011. Fuel consumption during cereal and rape harvesting and methods of its reduction. *Journal of Food, Agriculture & Environmental*. Vol. 9, No. 3–4, p. 257–263.
5. Papesch, J., Dammer, S., Špokas, L. 1996. Varpų dorojimo technologijos tyrimai. *Žemės ūkio inžinerija: LŽŪII ir LŽŪA mokslo darbai*. 27 (1). P. 29–38.
6. Špokas, L., Steponavičius, D., Žebrauskas, G., Čipliesnė, A., Bauša, L. 2019. Reduction in adverse environmental impacts associated with the operation of combine harvesters during the harvesting of winter oilseed rape. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. Vol. 27, No. 2, p. 72–81.
7. Savickas, D., Steponavičius, D., Kliopova, I., Saldukaitė, L. 2020. Combine harvester fuel consumption and air pollution reduction. *Water, Air, & Soil Pollution*. Vol. 231. Article number 95.

8. Sørensen, C. G. G. 2003. Workability and machinery sizing for combine harvesting. *The CIGR Journal of AE Scientific Research and Development*, V(August), Manuscript PM 03 003. <https://pdfs.semanticscholar.org/34ad/b340fd46236a4575fc8aca343e0259d94ab3.pdf>

Santrauka

Straipsnyje pateikiami kombaino *John Deere S690i* degalų sąnaudų dinamikos tyrimai, gamybinėmis sąlygomis nuimant žieminius kviečius '*Informeris*'. Nustatyta, kad variklio ($n = 2240 \text{ min}^{-1}$) tuščiosios eigos degalų sąnaudos sudarė $32,16 \pm 1,4 \text{ l h}^{-1}$, įjungus pjaunamosios, kuliamosios, grūdų iškrovimo sraigės ir smulkintuvo pavaras – $44,03 \pm 1,3 \text{ l h}^{-1}$. Nustatytas degalų sąnaudų kitimas, tiekiant į kombaino kūlimo aparatą žieminių kviečių srautą bei keičiant kūlimo aparato technologinius parametrus.

Kombainas, degalų sąnaudos, kūlimo aparatas, važiavimo greitis.

JUSTIFICATION FOR FUEL CONSUMPTION REDUCTION WHEN HARVESTING WINTER WHEAT

Summary

Hourly and per ton fuel consumption of combine harvester *John Deere S690i* is determined for idle running conditions and for conditions of harvesting winter wheat '*Informeris*'. At zero combine harvester speed and at engine speed of rotation equal to 2240 rpm and the gear of cutter bar, threshing device and straw chopper is turned off fuel consumption is reduced by 11.87 l h^{-1} . If the engine rotation speed is reduced to 1690 rpm the fuel consumption is only 19.32 l h^{-1} . It is observed that if combine is running on field stubble the increasing of speed by 1 km h^{-1} causes the rise of fuel consumption by 1.4 l h^{-1} . Fuel consumption reaches 35.2 l h^{-1} for conditions of running at 7 km h^{-1} speed on field stubble, if the running speed is reduced to 4 km h^{-1} it is of 31.4 l h^{-1} value. The comparison of fuel consumption for the winter wheat harvesting is presented.

Combine harvester, fuel consumption, threshing device, running speed

Martynas Milišauskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas;
tel. +370 631 57232, el. paštas: Martis.Milisauskas@gmail.com

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

Dainius Savickas – VDŪ ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, doktorantas;
tel. +370 61414710, el. paštas: Dainius.Savickas@vdu.lt

PAKABOS ELEMENTŲ ANALIZĖ

Paulius Mileška, Gediminas Pupinis

Įvadas

Transporto priemonės valdymas ir stabilumas yra viena svarbesnių transporto priemonės charakteristikų, lemiančių aktyviosios eismo saugumo sistemos dalį. Nuo to, kaip automobilis valdomas, kiek stabiliai išsilaiko norimoje trajektorijoje, kaip intensyviai jį įmanoma stabdyti, kaip keičiasi jo valdymas stabdant ar greitėjant, labai priklauso vairuotojo galimybės išvengti eismo įvykių [1].

Mašinos pastovumas, vairavimas ir vairuotojo bei keleivio važiavimo sąlygos prastėja transporto priemonės kėbului švytuojant. Švytavimams sumažinti įrengiami amortizatoriai. Automobiliuose ir kai kuriuose traktoriuose naudojami hidrauliniai amortizatoriai. Jų veikimas paremtas skysčio pasipriešinimu spaudžiant jį pro kalibruotas skylutes. Amortizatoriai įrengiami tarp tiltų ir rėmo [2].

Hidrauliniai amortizatoriai skirstomi į vienpusio ir dvipusio veikimo. Dvipusio veikimo amortizatoriai slopina kėbulo švytavimus tiek kylant tiek leidžiantis ratui, o vienpusio – tik leidžiantis ratui [3].

Pagal konstrukciją hidrauliniai amortizatoriai skirstomi į teleskopinius ir svirtinius, dvivamzdžius ir vienvamzdžius. Dažniausiai naudojami teleskopiniai amortizatoriai. Jie yra lengvesni ir mažesni už svirtinius. Dvivamzdžiai amortizatoriai sudaryti iš dviejų cilindrų, o vienvamzdžiai – iš vienos [3].

Šiuo metu automobiliuose yra naudojami įvairių gamintojų amortizatoriai. Todėl kyla klausimai ar skiriasi jų darbo efektyvumas esant įvairiems greičiams ir automobilio kelio nelygumams. Amortizatorių charakteristikas gamintojai nesisistengia viešinti, todėl jas rasti yra gan sunku.

Dažniausiai naudojami EUSAMA ir BOGE amortizatorių efektyvumo tikrinimo metodai. Jie palengvina amortizatorių techninės būklės įvertinimą patikimumo sąvokomis geras ar blogas. EUSAMA tyrimo metodo esmė yra transporto priemonės saugumas, kuris dažniausiai nusakomas sukibimu su kelio danga. Tyrimo metu EUSAMA reikšmė matuojama kaip minimalus procentinis padangos vertikali prispaudžiamosios jėgos likutis tarp padangos ir vibravimo plokštės vertikalių rato svyravimų metu. [5].

Todėl yra aktualu palyginti įvairių gamintojų amortizatorių charakteristikas, esant įvairiems rato sukimosi greičiams, bei kelio nelygumams.

Tikslas – palyginti įvairių gamintojų hidraulinių amortizatorių darbo efektyvumą.

Uždaviniai:

1. Išanalizuoti amortizatorių veikimo darbo charakteristikas atliekant literatūros analizę.

2. Atlikti įvairių gamintojų amortizatorių efektyvumo tyrimus ir perduodamus virpesius į kėbulą.
3. Apibendrinti gautus duomenis ir pateikti grafiškai.

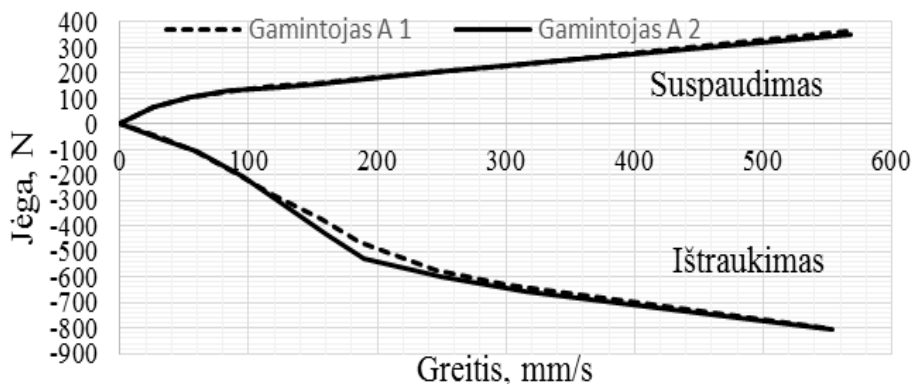
Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimo objektas – trys skirtingų gamintojų (A, B ir C gamintojai) nauji amortizatoriai to paties automobilio galinei pakabai.

Ekspperimentiniai tyrimai virpesių slopintuvų charakteristikoms gauti, atlikti įmonėje MB „ARDYNA“ Amortizatorių parametrams tirti naudojamas dinamometrinis standas „Shock Absorber Dynamometer“. Tyrimas atliekamas nekeičiant stendo parametrų. Eusama (European Shock Absorber Manufacturers Association) metodu eksperimentiniai tyrimai atlikti Vilniaus Gedimino Technikos universitete, transporto inžinerijos fakultete. Tyrimams pasirinktas 2000 metais pagamintas techniškai tvarkingas lengvasis automobilis Volkswagen Golf. Automobilio masė yra 1350 kg. Galinės ašies apkrova 540 kg. Amortizatorių efektyvumas tiriamas standu „Safelane 400/800“, skirtu diagnozuoti amortizatorių gedimus. Prietaisas matuoja kintamąją vertikalią jėgą, persiduodančią nuo rato į matavimo plokštę. Prietaiso ekrane vaizduojamas kiekvienos ašies kairės ir dešinės pusės amortizatorių efektyvumas % ir slopinimo kreivė. Tyrimams atlikti pasirinkti trijų skirtingų gamintojų amortizatoriai, visi amortizatoriai yra vienodos konstrukcijos.

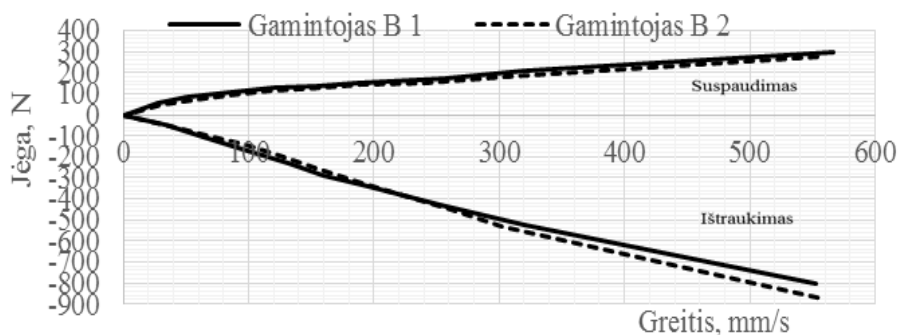
Rezultatai

Dėl konstrukcinių amortizatoriaus ypatybių amortizatoriaus suspaudimo jėga mažesnė už ištraukimo jėgą. Realybėje šie ratų virpesiai efektyviau slopinami pasipriešinimo metu, kai santykis ištraukimo ir suspaudimo yra lygus 1. Suspaudimo jėgų atsiradimas virpesių slopintuve sumažina pakabos spaudimo eigą, todėl spyruoklei tenka mažesnė energija. Automobilio priekinė pakaba užtikrina eigos tolygumą, todėl joje yra reikalingos mažesnės suspaudimo jėgos. O galinėje pakaboje dėl galimo masės kitimo turi būti pritaikyta prie didelių apkrovos pokyčių, todėl jose suspaudimo jėga yra padidinama.



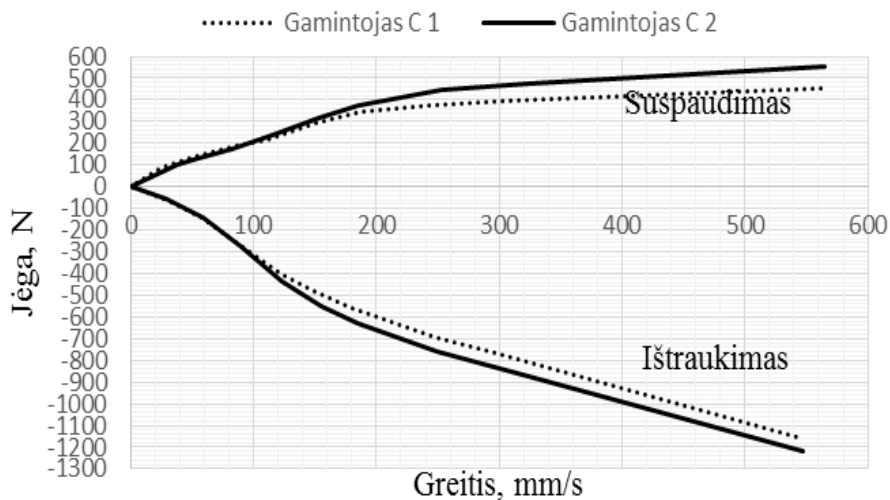
1 pav. Amortizatorių gamintojo A charakteristikos

Gamintojo A amortizatorių charakteristikos yra vienodos, didėjant greičiui didėja ištraukimo ir suspaudimo jėga. Greičiui esant 550 mm/s ištraukimui reikalinga jėga 800 N, o suspaudimui 350 N.



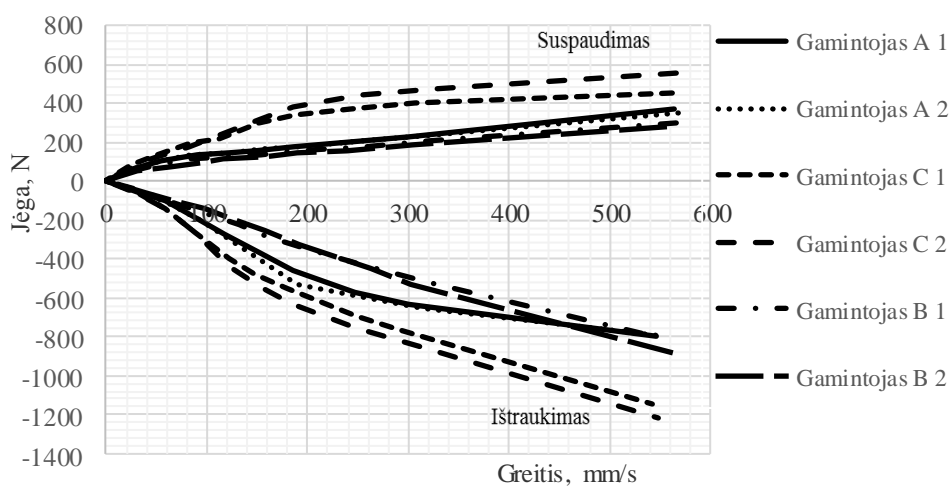
2 pav. Amortizatorių gamintojo B charakteristikos

Amortizatorių gamintojo B charakteristikos taip pat vienodai slopina kaip ir A gamintojo amortizatoriai.



3 pav. Amortizatorių gamintojo C charakteristikos

Gamintojo C amortizatorių charakteristikos skiriasi nuo kitų gamintojų jiems reikalinga didesnė ištraukimo ir suspaudimo jėga. Greičiui esant 550 mm/s suspaudimui reikalinga jėga 550 N o ištraukimui 1200 N.



4 pav. Bendras visų amortizatorių gamintojų charakteristikos

Pakabos amortizatorių tyrimo metu siekiama patikrinti amortizatorių slopinimo efektyvumą. Eusama tyrimo metodo esmė yra transporto priemonės saugumas, kuris dažniausiai nusakomas sukibimu su kelio danga. Tyrimo metu Eusama reikšmė matuojama kaip minimalus procentinis padangos vertikali prispaudžiamosios jėgos likutis tarp padangos ir vibravimo plokštės vertikalių rato svyravimų metu. Taip pat Eusamos dydis priklauso ir nuo kitų pakabos elementų tokių kaip: padangos kietumo, spyruoklės kietumo, taip pat automobilio masės. Išmatuotos reikšmės lyginamos su ribinėmis reikšmėmis ir nustatomas automobilio stabilumas rato sukibimo su keliu atžvilgiu.

1 lentelė. Išmatuoti amortizatorių dydžiai Eusamos metodu

Tiriamieji amortizatoriai	A gamintojas, kai ašies apkrova 5400 N	A gamintojas, kai ašies apkrova 6600 N	B gamintojas, kai ašies apkrova 5400 N	B gamintojas, kai ašies apkrova 6600 N	C gamintojas, kai ašies apkrova 5400 N	C gamintojas, kai ašies apkrova 6600 N
Kairysis ratas	55 %	61 %	47,33 %	56 %	60,33 %	69 %
Dešinysis ratas	62 %	69 %	62 %	69 %	61 %	69 %

Amortizatorių būklė vertinama tokiu principu: WE daugiau nei 60 % – labai gera; nuo 60 % iki 40 % – gera; nuo 40 % iki 20 % – reikalingi tvarkymai ir papildomas patikrinimas po jų; WE mažiau už 20 % – amortizatorius reikia keisti. WE – tai amortizatoriaus efektyvumas.

Išvados

1. Tyrimo metu nustatyta, kad tos pačios konstrukcijos amortizatorių charakteristikos yra skirtingos, suspaudimo ir ištraukimo greičiui esant 550 mm/s,

- suspaudimo jėga skiriasi nuo 200 N iki 550 N, o ištraukimo nuo 600 N iki 1200 N.
2. Ištyrus amortizatorius Eusama metodu matome, kad kiekvieno skirtingo gamintojo amortizatorius kelio nelygumus slopina skirtingai, C gamintojo amortizatoriai slopina labai gerai (daugiau 60 %), o likę A ir B gamintojo gerai (nuo 60 % iki 40 %).
 3. Padidinus automobilio ašies apkrovą 120 kg. Eusama tyrimo metu gautos didesnės procentinės reikšmės, nei kai automobilio ašies svoris 540 kg.

Literatūra

1. Sapragonas, J. 2013. *Kelių transporto priemonių saugumas*. Vilnius
2. Gaurys, V., Pauliukas, A. 2007. *Traktoriai ir automobiliai. Konstrukcija, priežiūra ir naudojimas*. LŽŪU leidybos centras.
3. Giedra, K. ir kt. 2006. *Automobiliai*. Kaunas: Jotema.
4. Zuijdijk, J. 2015 *Vehicle Dynamics and Dumping First Revised edition*.
5. Kemzūraitė, K., V. Žuraulis, D. Wieckowski. Padangų savybių įtaka amortizatorių efektyvumo matavimui, 128–136 p.

Santrauka

Straipsnyje pateikta VW Golf 4 galinės pakabos, skirtingų gamintojų dvivamzdžių amortizatorių eksploatacinės charakteristikos. Tyrimo metu visiems amortizatoriams buvo imituojamas vienodas kelio nelygumų dažnis, spyruoklė nebuvo keičiama, padangos taip pat nebuvo keičiamos, padangų slėgis 2,3 bar, keičiant skirtingų gamintojų amortizatorius (gamintojas A, gamintojas B, gamintojas C).

Tyrimo metu nustatyta, kad tos pačios konstrukcijos amortizatorių charakteristikos yra skirtingos. Po atlikto amortizatorių charakteristikų matavimų nustatyta, kad amortizatoriui reikalinga suspaudimo jėga mažesnė už ištraukimo jėgą. Straipsnyje pateikiamos gautos procentinės Eusama metodo gautos reikšmės, kad kiekvieno skirtingo gamintojo amortizatorius kelio nelygumus slopina skirtingai didinant automobilio ašies apkrovą gaunamas geresnis rato sukibimas su keliu.

STUDY OF SUSPENSION ELEMENTS

Summary

The article provides the performance characteristics of the VW Golf 4 rear suspension, twin-tube shock absorbers of different manufacturers. During the study, all shock absorbers had simulated with the same frequency of road roughness, the spring was not changed, neither the tyres changed. The tyres pressure was 2.3 bar by changing the shock absorbers of different manufacturers (manufacturer A, manufacturer B, manufacturer C).

The research has shown that shock absorbers of the same design have different characteristics. After simulation measurements of the shock absorber characteristics have shown that the compression force required by the shock absorber is less than the pull-out force. The article deals with simulation analysis the obtained percentages by the Eusama method that the shock absorber of the different manufacturers dampens road roughness of by differently increasing the car's axle load, resulting in better wheel grip.

Paulius Mileška – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 62908495; el. paštas: mileskapaulius@gmail.com.

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

PLŪGO KALTŲ ABRAZYVINIO DILIMO TYRIMAS

Mindaugas Pusvaškis, Vytenis Jankauskas

Įvadas

Dviejų besiliečiančių skirtingais greičiais judančių kūnų sąlytyje atsiranda trintis ir jos pasekmė – dilimas. Jis nėra pageidautinas ir sudaro nuostolius, kurie gali siekti 1,2–1,7 % šalies BVP [1]. Dilimas intensyvus ir žemės ūkio veikloje, įdirbant dirvą. Čia vyrauja abrazyvinis dilimas. Jo poveikio intensyvumui įtakos turi daugelis veiksnių. Vieni iš veiksnių yra susiję su dirvožemiu – jo tipu, drėgnumu, kietumu. Ne visuomet galima šiuos veiksnius įtakoti, tačiau galima keisti darbo parametrus, pasirinkti važiavimo greitį, įdirbimo gylį. Arimo greičio ir gylio didinimas intensyvina dilimą [2, 3].

Dilimo intensyvumą įtakoja dirvos dirbimo elementų forma, medžiagos, iš kurių jis yra pagamintas, kietumas. „Darbo įrankio“ forma pirmiausia parenkama tokia, kad užtikrintų reikiamą darbo kokybę, tik tuomet atsižvelgiama į kitus veiksnius. Siekiant ekonominio efektyvumo agregatų darbinės dalys gaminamos sudėtinėmis, priklausomai nuo jų dilimo intensyvumo. Tuomet keičiamos labiausiai dylančios, o likusias tenka keisti tik po žymiai didesnio išdirbio. Viena iš tokių dalių yra plūgo noragas. Jam tenka iki 50 % plūgo traukai pasipriešinimo [4]. Labiausiai dylanti norago vieta yra jo viršūnė, todėl jie daromi sudėtiniai. Trapecinio norago viršūnėje montuojamas kaltas. Sudilus jis yra apsukamas arba keičiamas nauju, taip prailginant norago išdirbį. Gamintojai taip pat tobulina konstrukcijas, kad detalių pakeitimas būtų spartesnis. Detalėms gaminti plačiai naudojami boru mikrolegiruoti grūdinti plienai, tokie kaip Hardox [5]. Taip pat yra naudojami kietlydiniai. Pagrindinė visų šių medžiagų savybė yra jų kietumas. Kuo medžiaga yra kietesnė tuo jos atsparumas abrazyviniam dilimui yra didesnis. Tačiau kartu su didėjančiu kietumu ryškėja ir jų trapumas. Juo itin pasižymi kietlydiniai. Plieninių detalių kietumui padidinti yra naudojama įvairūs terminio apdirbimo būdai, tokie kaip grūdinimas.

Padidinti dirvos dirbimo elementų išdirbį galima juos padengiant kietesnėmis medžiagomis. Tai daroma juos apvirinant. Gamintojai siūlo įvairių sudėčių apvirinimui skirtų medžiagų. Apvirinant gaunama didelis anglingumas, chromo, mangano, sunkiųjų metalų kiekiai, o taip pat efektyvus legiravimas boru. Taip pat kaltų dilimo mažinimui yra naudojamos kietlydinio plokštelės pjovimo briaunoje. Tačiau siekiant išsiaiškinti skirtingų kaltų dilimo mažinimo būdų efektyvumą reikalingi tyrimai.

Tyrimų tikslas: Ištirti skirtingų plūgo kaltų konstrukcijų bei medžiagų įtaką kaltų išdirbiui gamybinėmis sąlygomis.

Tyrimų uždaviniai:

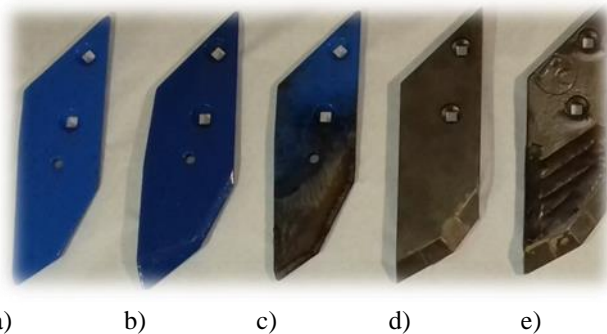
1. Atlikti gamybinius bandymus su skirtingų konstrukcijų bei medžiagų kaltais ir įvertinti jų dilimo intensyvumą;
2. Palyginti skirtingų kaltų išdirbį ir jų panaudojimo efektyvumą.

Objektas ir metodika

Tyrimo objektas yra 5 tipų kaltai (1 pav.): kaltai be apvirinimo (ORIGINAL FRANK 3364050 / 3364150) (toliau – *A*); apvirinti gamintojo įmonėje (3364150 / 3364151) (toliau – *B*); kaltai be gamyklinio apvirinimo (ORIGINAL FRANK 3364050 / 3364150) tyrimams apvirinti RELIT'u (toliau – *C*); kaltai su kietlydinio plokštelėmis pjovimo briaunoje (PBL4054NG / PBL4054ND) (toliau – *D*); turintys kietlydinio plokšteles pjovimo briaunoje ir apvirintą priekinę viršutinę dalį (PBL4054N-RG / PBL4054N-RD) (toliau – *E*).

Apvirinimui naudotų RELIT'o strypelių (JKB-T3Y-6) ne mažiau kaip 65 % sudaro 0,45–0,63 mm grūdėtumo volframo karbidai, likęs kiekis geležis [6]. *D* ir *E* kaltų pjovimo briaunoje yra naudojamos kietlydinio plokštelės iš volframo karbido.

Atlikta kaltų kietumo bandymai Rokvelo metodu: *A* – $43,5 \pm 1,3$ HRC; *B* – $45,8 \pm 3,2$ HRC, apvirinto paviršiaus $55,4 \pm 5,6$ HRC; *C* – $43,2 \pm 1,3$ HRC; *D* – $46 \pm 1,6$ HRC; *E* – $42,7 \pm 2,2$ HRC, apvirinto paviršiaus $60,3 \pm 2,0$ HRC.

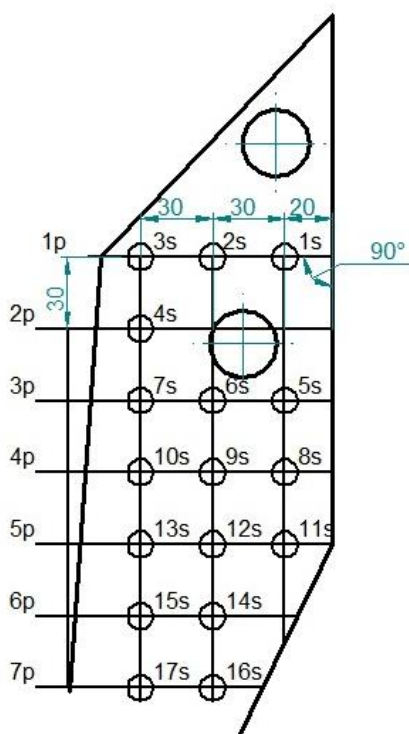


1 pav. Kaltai: a) – *A*; b) – *B*; c) – *C*; d) – *D*; e) – *E*

Gamybiniai tyrimai atlikti naudojant po tris visų tipų kaltus. Kaltai buvo montuojami 8 korpusų apverčiamame plūge LEMKEN DIAMANT 11 V. Arimas vyko 2019 m. rugpjūčio–rugsėjo mėnesiais (08.29–08.30, 09.02–09.09) Žvirblonių ŽŪB, Rozalimo sen., Pakruojo r. 09.15 paimti mėginiai (~240 ėminių, iki 25 cm gylio) dirvožemio tipui nustatyti parodė: dirvožemio tipas – smėlingas lengvas priemolis (smėlis (2000–63 μ m) – $63,22 \pm 2,45\%$, dulkės (63–2 μ m) – $22,28 \pm 1,93\%$, molis (< 2 μ m) – $14,50 \pm 1,01\%$). Pirmąją arimo dieną prieš suariant dirvą kietmačiu „PENETROLOGER 06.15SA“ su drėgnumo matuokliu išmatuotas dirvožemio kietumas (iki 25 cm gylio) ir drėgnumas (iki 5 cm gylio). Iš viso kietumas ir drėgnumas matuotas 50 vietų. Vidutinis dirvožemio drėgnumas $11,00 \pm 1,94\%$, vidu-

tinis kietumas 20 cm gylyje $2,26 \pm 0,53$ MPa, 25 cm gylyje – $2,61 \pm 0,79$ MPa. Arimo gylysi varijuoja tarp 20 ir 25 cm.

Nudilimas vertintas pagal kaltų masės, ilgosios įstrižainės, storio ir pločio pokyčius. Masės pokytis vertintas svarstyklėmis KERN FBC 16K0.2, ilgoji įstrižainė matuota slankmačiu, storis – storio matuokliu TP 25-100Б, plotis – slankmačiu (ШЦ-II-400-0,05 GOST 166-89). Storis ir plotis buvo vertinamas pagal 2 paveiksle pateiktas matavimo vietas.

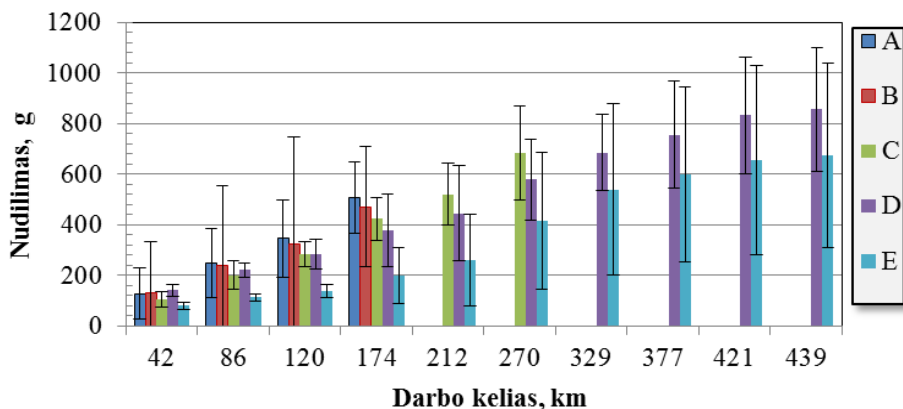


2 pav. Storio ir pločio matavimo vietos: 1s-17s – storio matavimo taškai; 1p-7p – pločio matavimo linijos

Matavimai atliekami kiekvienos nurodyto tyrimo laikotarpio dienos darbo pabaigoje. Kaltų tyrimai nutraukiami jiems pasiekus minimalų ilgį (265 mm), kurį viršijus imtų dilti korpusinės detalės.

Rezultatai

Vertinant dilimą pagal masę mažiausiai nudilo *E* kaltai (3 pav.). Tyrimo pradžioje pirmo matavimo metu matyti, kad visų tipų kaltų dilimo intensyvumas yra didesnis. Taip yra todėl, kad nudyla kaltus dengiantys dažai bei aštriausi kampai ir briaunos. Vėliau dilimas mažėja ir išlieka gana pastovus visą tyrimo laiką.

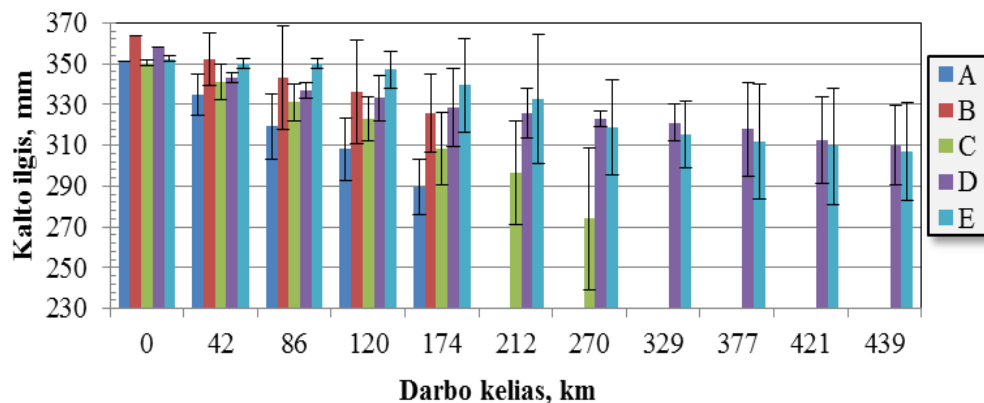


3 pav. Nudilimas pagal masę po tam tikro darbo kelio

E tipo kaltų nudilimas ženkliai mažesnis nei likusių jau nuo pat tyrimo pradžios. Po 174 km jų nudilimas buvo 308 g arba 2,54 karto mažesnis nei *A* kaltų. Pjovimo briaunos ir apatinio paviršiaus apvirinimas RELIT'ū (*C* kaltai) tik 1,2 karto sumažino nudilimą lyginant su tokiais pat kaltais be apvirinimo (*A* kaltais). Iš grafiko matyti, kad vidutinis *B* kaltų nudilimas yra didesnis, lyginant su kitais. Dėl nutrauktų tvirtinimo varžtų pirmąją arimo dieną buvo pamestas vienas *B* kaltas, todėl rezultatuose gautas didesnis pasikliauties intervalas.

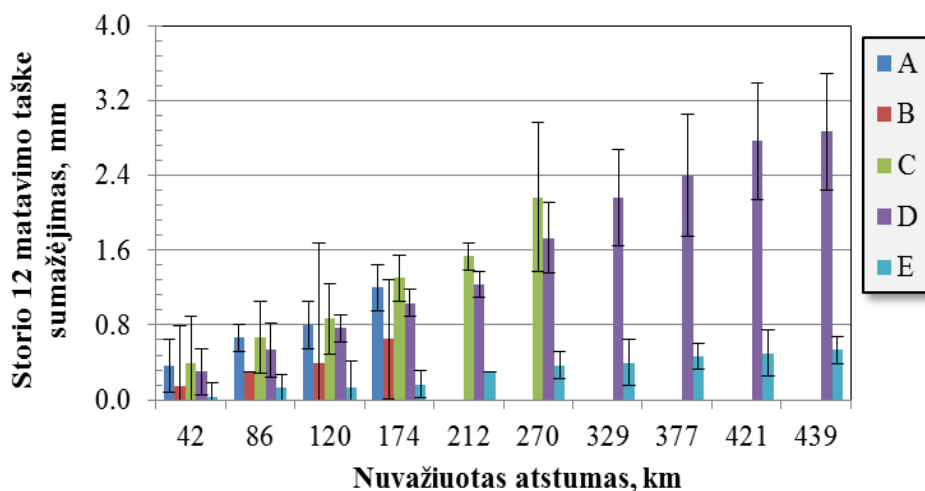
D ir *E* kaltų su trapiomis kietlydinio plokštelėmis dilimui svarbią įtaką turėjo dirvos akmenuotumas. Dėl smūgių į akmenis sutrūkinėjo kietlydinio plokštelės. Tokie pažeidimai visiems *D* kaltams pastebėti jau pirmąją arimo dieną. Nors *E* kaltai taip pat turėjo plokšteles jos buvo pažeistos tik 3 arimo dieną (po 86 km darbo kelio). Vieno iš trijų *E* kaltų plokštelės išliko nepažeistos net 174 km darbo kelio. Iki pažeidimo, 41,8–174,1 km darbo kelio intervale šio kalto santykinis nudilimas buvo 0,568 g/km. Po pažeidimo, 212–429 km darbo kelio intervale jis išaugo iki 1,569 g/km. Tuo tarpu *A* kaltų vidutinis nudilimas 41,8–174,1 darbo kelio intervale siekia $2,87 \pm 0,30$ g/km. Taigi sutrūkus kietlydinio plokštelėms atidengtos kalto dalies dilimas ženkliai suintensyvėdavo. Dėl atsitiktinių plokštelių nuskilimų to paties tipo kaltų nudilimas gana ženkliai skyrėsi. Didžiausias nudilimo skirtumas tarp *E* kaltų tyrimo pabaigoje buvo 292 g. Po 174 km darbo kelio nutraukti tyrimai su *A* kaltais, nes jų ilgis artėjo prie minimalaus, taip pat nutraukti tyrimai su *B* kaltais. Pasiekus minimalų ilgį po 270 km darbo kelio nutraukti tyrimai su *C* kaltais.

Vertinant kalto ilgį pradžioje (iki 270 km) mažiausiai dilo taip pat *E* kaltai (4 pav.). Po 174 km jie buvo sutrumpėję tik 13 mm, arba 4,7 karto mažiau nei *A*. Kaltai apvirinti RELIT'ū sutrumpėjo 1,45 karto mažiau nei *A* kaltai. Įvertinus dilimo krypties linijas iki minimalaus ilgio *C* kaltų išdirbis yra 1,314 karto didesnis nei *A*. Tarp kalto nudilimo ir ilgio sumažėjimo yra vidutiniškai 0,993 koreliacijos koeficientas. Masės sumažėjimas atsiranda ne vien dėl intensyviausiai vykstančio trumpėjimo, tačiau ir dėl storio bei pločio mažėjimo.



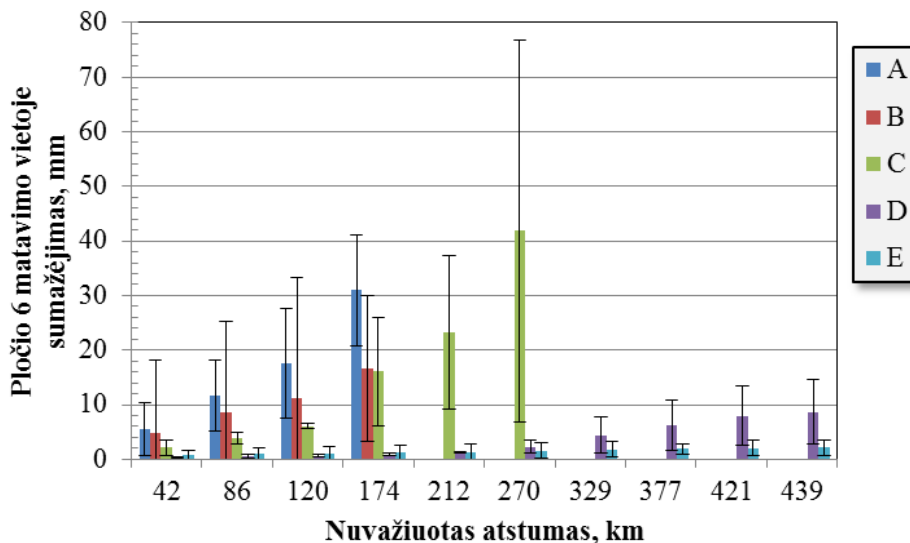
4 pav. Kaltų ilgiai po tam tikro darbo kelio

Apvirinta priekinė *E* kaltų dalis ženkliai stabdė storio mažėjimą. *B* kaltų storio mažėjimas irgi buvo mažesnis nei likusių (5 pav.).



5 pav. Storis 12 matavimo taške po tam tikro darbo kelio

D ir *E* kaltai taip pat pasižymėjo ženkliai mažesniu pločio pokyčiu priekinėje kalto dalyje (6 pav.). Priekyje esančios plokštelės saugojo šonus nuo dilimo. Tačiau joms sutrūkus *D* kaltų plotis priekinėje dalyje imdavo sparčiau mažėti.



6 pav. Plotis 6 matavimo vietoje po tam tikro darbo kelio

E kaltuose pločio mažėjimas buvo labai nežymus, nes plotį palaikė didelį kietumą turintis apvirintas sluoksnius.

Išvados

1. Tyrimai atlikti smėlingo lengvo priemolio dirvožemyje, kurio kietumas 20 cm gylyje yra $2,26 \pm 0,53$ MPa, 25 cm gylyje – $2,61 \pm 0,79$ MPa, drėgnumas $11,00 \pm 1,94$ %.
2. Mažiausiai pagal masę nudilo *E* kaltai su kietlydinio plokštelėmis ir apvirinta danga. Per 174 km darbo kelio *E* kaltai nudilo 2,54 karto mažiau nei *A* kaltai be apvirinimo, kurie dilo intensyviausiai.
3. *A* kaltai per 174 km darbo kelio sutrumpėjo 4,7 karto daugiau nei *E* kaltai.
4. Atsižvelgiant į nuokrypius kaltų apvirinimas RELIT'ū (*C* kaltai) nėra efektyvesnis už gamyklinį apvirinimą (*B* kaltai).
5. *C* kaltų, su apvirintu sluoksniu, išdirbis yra 1,314 karto didesnis nei *A* kaltų be apvirinto sluoksniu.
6. Kaltų su kietlydinio plokštelėmis ir apvirintu paviršiumi (*E* kaltai) storio mažėjimas yra mažesnis nei kaltų vien tik su kietlydinio plokštelėmis (*D* kaltai).

Literatūra

1. Karlsruhe Institut für Technologie (KIT). *Friction loss at first contact: The material does not forgive: Materials researchers study the causes of wear*. ScienceDaily. ScienceDaily, 30 August 2018. [žiūrėta 2020 01 24]. Prieiga per: <www.sciencedaily.com/releases/2018/08/180830095406.htm>.
2. Navickas, M., Šarauskis, E. 2015. Giluminio parentuvo darbinio greičio įtaka norago dilimui, degalų sąnaudoms ir ratų buksavimui. *Agroinžinerija ir energetika*. Nr. 20. Kaunas–Akademija. 111–116 p. ISSN 1392-8244.

3. Jankauskas V., Katinas E., Skirkus R., Aleknevičienė, V. 2014. The Method of Hardening Soil Rippers by Surfacing and Technical-Economical Assessment. *Journal of Friction and Wear*. Vol. 35, No. 4, P. 270–277.
4. Liakas V., Pilipavičius V., Romanekas K., Šarauškus E., Trečiokas K. 2012. *Agromijos pagrindai*. Akademija: ASU Leidybos centras, 340 p.
5. Andriušis, A., Jankauskas, V., Kreivaitis, R., Stonkus, D. 2008. Research of strengthening plough parts by welding. *Mechanika*. Nr. 1(69), 80–84 p.
6. *Рэлит – литой карбид вольфрама* [interaktyvus]. [žiūrėta 2020 02 13]. Prieiga per: <http://molibden-wolfram.ru/publ/litoj_karbid_volframa_rehlit_tuu_24_6_33876998_001_2006/1-1-0-5>.

Santrauka

Dirvos dirbimo elementų išdirbiui didelę įtaką turi jų kietumas. Tirti 5 tipų kaltai. A tipo kaltai buvo be padengimo (plieniniai grūdinti), B ir C tipo kaltai su apvirintomis dangomis, D ir E su kietlydinio plokštelėmis pjovimo briaunoje, E taip pat buvo apvirintu paviršiumi. Vertintas jų masės, ilgosios įstrižainės, storio ir pločio pokytis. Mažiausiai nudilo ir pakito matmenys D ir E kaltų, turinčių kietlydinio plokšteles. Lyginant kaltus pagal ilgąją įstrižainę E kaltų išdirbis yra 4,7 karto didesnis nei A kaltų.

INVESTIGATION OF PLOUGH POINT ABRASIVE WEAR

Summary

The hardness of the soil tillage elements is greatly influenced by their hardness. 5 types of plough points were investigated. Type A plough points were uncoated (steel hardened), Type B and C plough points with welded coatings, D and E with hard-alloy plates at the cutting edge, E also had a hard-faced surface. Changes in their mass, long diagonal, thickness and width were evaluated. The smallest wear and changes in the dimensions was found in the D and E with hard-alloy plates. Comparing plough points on the long diagonal, the yield of E plough points is 4.7 times higher than that of A plough points.

Mindaugas Pusvaškis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas;
tel. +370 633 14890, el. paštas: mindaugaspusvaskis@gmail.com
Vytenis Jankauskas – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, prof. dr.;
tel. +370 614 49373, el. paštas: Vytenis.Jankauskas@vdu.lt

ETANOLIO-BUTANOLIO IR DYZELINIŲ DEGALŲ MIŠINIŲ ĮTAKA DYZELINIO VARIKLIO DARBUI IR DEGINIŲ EMISIJAI

Paulius Putrimas, Irena Kanapkienė

Įvadas

Atsižvelgiant į mokslininkų prognozes, jog naftos ištekliai sparčiai mažėja, ir anksčiau ar vėliau išseks, vis intensyviau ieškoma alternatyvių energijos šaltinių, kuriuos būtų galima panaudoti transporto sektoriuje [1, 2]. Dėl didėjančios aplinkos taršos ir klimato atšilimo yra svarbus ir vidaus degimo variklių išskiriamų nuodingų medžiagų kiekis į atmosferą.

Pasaulyje vidaus degimo varikliams maitinti jau naudojami įvairūs biodegalai, jų mišiniai, tame tarpe naudojami ir spiritai. Spiritai pasižymi didesniu deguonies kiekiu savo sudėtyje, nei kituose biodegaluose ir mineraliniuose degaluose [3, 4]. Tačiau nėra iki galo ištirta dėl ko etanolis, butanolis ir metanolis skirtingai įtakoja variklio darbo parametrus ir deginių emisijas. Dažnai atliekant tyrimus suvienodinama spiritų masės dalis degalų mišiniuose, todėl galima daryti prielaidą, kad skirtingas deguonies kiekis spirituose daro įtaką variklio darbo parametrams ir išskiriamų emisijų kiekiams [2]. Nors ir naudojant spiritus degalų mišiniuose sumažėja cetano skaičius, degalų šilumingumas, tačiau didesnis kiekis deguonies pagerina degimą, todėl tikėtina, kad degalai geriau sudega.

Tyrimo tikslas. Atlikti mineralinio dyzelino – etanolio ir/arba butanolio degalų mišiniais veikiančio vieno cilindro dyzelinio variklio eksperimentinius tyrimus ir nustatyti skirtingų spiritų deguonies kiekio įtaką variklio darbo parametrams ir deginių emisijoms.

Tyrimo uždaviniai:

1. Ištirti chemines mineralinio dyzelino prisotinto etanolio arba butanolio deguonimi degalų mišinių savybes.
2. Ištirti mineralinių dyzelinių degalų – etanolio ir/arba butanolio deguonies kiekio įtaką deginių emisijai.

Tyrimo objektas ir metodika

Eksperimentiniai tyrimai 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 ma-

tavimo prietaisai. Bandyto metu, buvo matuojamos variklio valandinės degalų sąnaudos, variklio sukimo momentas, deginių emisijos bei deginių dūmingumas.

Tūrinės oro sąnaudos buvo matuojamos dujų skaitikliu „GAZOMERZ TURBINOWY SGT-02“, degalų sąnaudos elektroninėmis svarstyklėmis. Azoto oksidų NO_x (ppm) emisija buvo matuojama deginių analizatoriumi Testo XL 350“, o dūmingumas prietaisu „Bosch RTT 110“.

Tyrimai buvo atliekami esant pastoviems variklio sūkiams $n = 2000 \text{ min}^{-1}$ keičiant variklio apkrovas (5, 10, 15, 20, 25, 30 Nm, atitinkančios 0,08; 0,15; 0,23; 0,3; 0,38; 0,46 MPa).

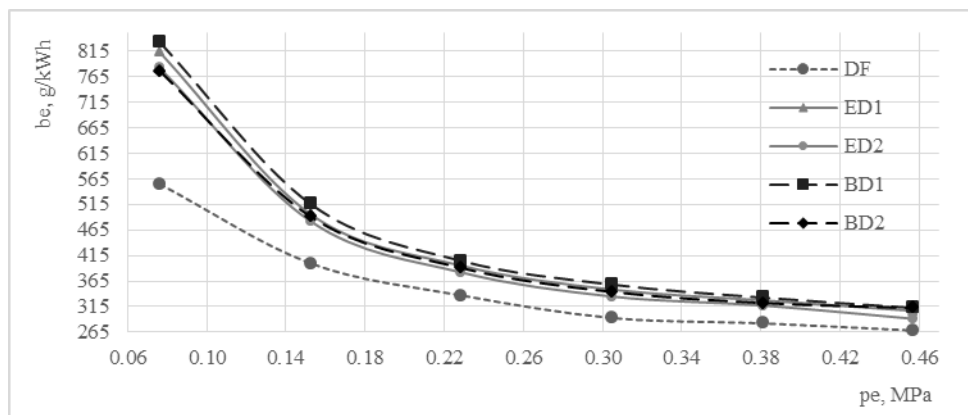
Tyrimams naudotas grynas mineralinis dyzelinas ir degalų mišiniai sudaryti iš mineralinio dyzelino ir etanolio arba butanolio. Etanolis ir butanolis buvo naudojami tam, kad padidinti deguonies kiekį degalų mišiniuose. Sudarant etanolio-dyzelino (ED1, ED2) ir butanolio-dyzelino (BD1, BD2) degalų mišinius buvo paskaičiuotas toks spiritų kiekis, kad deguonies kiekis (pagal masę) mišiniuose būtų vienodai, tuo pačiu vienodai kintant ir cetano skaičiui (1 lentelė).

1 lentelė. Naudotų mišinių fizinės-cheminės savybės

Degalai ir jų mišiniai	Mišinio žymėjimas	Deguonies kiekis procentais (pagal masę)	Cetano skaičius	Tankis, esant 20 °C (kg/m ³)	Žemutinis šilumingumas (MJ/kg)	Spirito procentinė masės dalis, %
Etanolis+ Dyz.	ED1	4,03	46,81	827,75	41,14	11,6
Butanolis+ Dyz.	BD1	4,01	46,9	827,78	41,16	18,6
Etanolis+ Dyz.	ED2	2,01	49,35	830,22	42,07	5,8
Butanolis+ Dyz.	BD2	2,01	49,4	830,24	42,08	9,3
Dyzelinas	DF	0	51,9	832,70	43,00	0

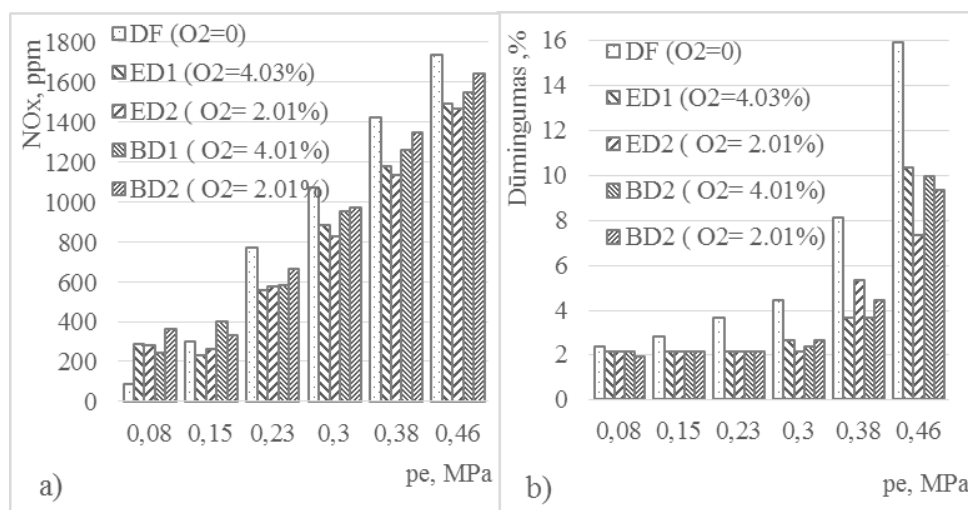
Tyrimo rezultatai

Efektyviųjų lyginamųjų degalų sąnaudų kitimas, esant skirtingai variklio apkrovai pateiktas 1 paveiksle. Didėjant variklio apkrovai efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos mažėjo, tačiau naudojant degalų mišinius su didėjančiu etanolio arba butanolio deguonies kiekiu efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos visais atvejais buvo didesnės, negu variklį maitinant grynu mineraliniu dyzelinu. Esant mažiausiai variklio apkrovai naudojant degalų mišinius su etanolio arba butanolio deguonimi efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos buvo didžiausios panaudojus degalų mišinį BD1 – 50 % didesnės, negu naudojant gryną mineralinį dyzeliną. Esant maksimaliai apkrovai (0,46 MPa) degalų sąnaudos didžiausios panaudojus taip pat BD1 mišinį – 16 % didesnės, lyginant su dyzelino panaudojimo atveju. Didesnes degalų sąnaudas naudojant degalų mišinius su etanoliumi ir butanoliumi galėjo nulemti mažesnis jų šilumingumas.



1 pav. Mineralinio dyzelino su etanoliumi arba butanoliumi mišinių įtaka efektyviosioms lyginamoms degalų sąnaudoms, esant skirtingai apkrovai ir pastoviams 2000 min⁻¹ sūkiams

Nagrinėjant etanolio arba butanolio su mineraliniu dyzelinu degalų mišinių įtaką išskiriamiems azoto oksidų (NO_x) kiekiams (žr. 2 pav. a), pastebima, kad NO_x emisiją galima sumažinti panaudojus spiritų mišinius. Didinat variklio apkrovas NO_x kiekiai didėjo, tačiau mažesnis didėjimas buvo naudojant degalų mišinius ED1, ED2, BD1 ir BD2, negu naudojant gryną mineralinį dyzeliną. Mažiausios NO_x emisijos gautos naudojant etanolio-dyzelino degalų mišinį ED2, varikliui veikiant skirtingomis apkrovomis. Esant maksimaliai variklio apkrovai, varikliui veikiant ED2 degalų mišiniu NO_x emisija buvo 16 % mažesnė, negu panaudojus gryną mineralinį dyzeliną arba 5 % butanolio-dyzelino degalų mišinio BD2 panaudojimo atveju.



2 pav. Mineralinio dyzelino su etanoliumi arba butanoliumi mišinių įtaka variklio emisijoms, esant skirtingai apkrovai ir pastoviams 2000 min⁻¹ sūkiams: a – azoto oksidų (NO_x) emisijai B – deginių dūmingumui

Didėjant variklio apkrovai dūmingumas didėjo (žr. 2 pav. b), tačiau naudojant degalų mišinius su didėjančiu etanolio arba butanolio deguonies kiekiu deginių dūmingumas visais atvejais buvo mažesnis, negu variklį maitinant grynu mineraliniu dyzelinu. Esant mažiausiai variklio apkrovai mažiausias variklio dūmingumas buvo panaudojus degalų mišinį BD2 – 19 % mažesnis, negu naudojant gryną mineralinį dyzeliną. Esant maksimaliai apkrovai (0,46 MPa) dūmingumas mažiausias panaudojus ED2 mišinį – 54 % mažesnis, lyginant su dyzelino panaudojimo atveju.

Išvados

1. Lyginamąsias efektyviausias degalų sąnaudas etanolio arba butanolio priedas didino, lyginant su gryno mineralinio dyzelino. Esant maksimaliai apkrovai (0,46 MPa) ir 2000 min^{-1} sūkiams, degalų mišinys BD2 lyginamąsias efektyviausias degalų sąnaudas padidino 16 %, lyginant su dyzelino panaudojimo atveju.
2. Naudojant degalų mišinius su didėjančiu etanolio arba butanolio deguonies kiekiu azoto oksidų emisija buvo mažesnė, negu variklį maitinant grynu mineraliniu dyzelinu. NO_x kiekiai buvo mažiausi naudojant etanolio-dyzelino mišinius varikliui veikiant skirtingomis apkrovomis. Esant maksimaliai variklio apkrovai, varikliui veikiant ED2 degalų mišiniu NO_x emisija buvo 16 % mažesnė, negu panaudojus gryną mineralinį dyzeliną arba 5 % degalų mišinio BD2 panaudojimo atveju.
3. Didžiausias dūmingumas gautas varikliui veikiant grynu mineraliniu dyzelinu. Deginių dūmingumas, esant maksimaliai apkrovai (0,46 MPa), variklį maitinant ED2 mišiniu buvo 54 % mažesnis, lyginant su mineralinio dyzelino panaudojimo atveju.

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. Kanapkienė, I. 2018. *Biodegalų deguonies ir cetano skaičiaus įtaka dyzelinio variklio degimo procesui ir deginių emisijai*: daktaro disertacija. ASU.
3. Rakopoulos, D. C., Rakopoulos, C. D., Giakoumis, E. G., Dimaratos, A. M., Kyritsis, D. C. 2010. Effects of butanol–diesel fuel blends on the performance and emissions of a highspeed DI diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 51, 1989–1997.
4. Chen, Z. Q., Ma, X. X., Yu, S. T., Guo, Y. N., Liu, J. S. 2009. Physical-chemical properties of ethanol–diesel blendfuel and its effect on the performance and emissions of a turbocharged diesel engine. *International Journal of Automotive Technology*, No. 3. 297–303.

Santrauka

Straipsnyje pateikta etanolio–butanolio ir dyzelinių degalų mišinių įtaka vieno cilindro dyzelinio variklio darbui ir deginių emisijai. Tyrimai buvo atliekami esant pastoviems variklio sūkiams $n = 2000 \text{ min}^{-1}$ keičiant variklio apkrovas (0,08; 0,15; 0,23; 0,3; 0,38; 0,46 MPa). Tyrimams naudotas grynas mineralinis dyzelinas ir degalų mišiniai sudaryti iš mineralinio dyzelino ir etanolio (ED1, ED2) arba butanolio (BD1, BD2). Bandyamo metu, buvo matuojamos variklio valandinės

degalų sąnaudos, tūrinės oro sąnaudos, variklio sukimo momentas, deginių emisijos bei dūmingumas.

Bandymų metu pastebėta, jog naudojant degalų mišinius su didėjančiu etanolio arba butanolio deguonies kiekiu efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos visais atvejais buvo didesnės, negu variklį maitinant grynu mineraliniu dyzelinu. Naudojant degalų mišinius su didėjančiu etanolio arba butanolio deguonies kiekiu azoto oksidų emisija buvo mažesnė, negu variklį maitinant grynu mineraliniu dyzelinu. Naudojant ED1, ED2 ir BD1, BD2 degalų mišinius variklio dūmingumas buvo mažesnis, negu naudojant tradicinius dyzelinius degalus.

THE INFLUENCE OF ETHANOL-BUTANOL AND DIESEL FUEL BLENDS ON THE WORK AND EMISSIONS OF A DIESEL ENGINE

Summary

The article provides the influences of ethanol-butanol and diesel fuel blends on the performance and emissions of a single-cylinder diesel engine. The tests were carried out at constant engine speed $n = 2000 \text{ min}^{-1}$ by changing motor loads (0,08; 0,15; 0,23; 0,3; 0,38; 0,46 MPa). Pure mineral diesel and fuel blends consisting of mineral diesel and ethanol (ED1, ED2) or butanol (BD1, BD2) were used to complete the test. During the test, the engine's hourly fuel consumption, volumetric air consumption, engine torque, exhaust emissions and smokiness were measured.

It has been found that in all of the cases the fuel efficiency was higher when fuel mixtures with increasing amounts of ethanol or butanol were used compared to when pure mineral diesel was used. However, nitrogen oxide emissions were lower when fuel blends with increasing ethanol or butanol oxygen content were used than when pure mineral diesel was used. Furthermore, the blends of ED1, ED2 and BD1, BD2 fuels had lower engine smokiness levels than conventional diesel fuels.

Paulius Putrimas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +37064643001; el. paštas: pauliusputrimas95@gmail.com.

Irena Kanapkienė – dr., UAB „SDG“; tel. +370 61481025, el. paštas: kanapkiene.irena@gmail.com.

MAŽOS GALIOS VĖJO JĖGAINĖS GENERATORIAUS TYRIMAS

Augustinas Rozenbergas, Kęstutis Venslauskas

Ivadas

Iš visų atsinaujinančiųjų išteklių, vėjo energetika sudaro didžiausią dalį pagal pagamintą elektros energiją Europoje (14 % visos Europos pagamintos elektros energijos), o Lietuvoje ši dalis siekia net 35 % [1,2]. Siekiant padidinti vėjo jėgainių efektyvumą ir patvarumą, tyrimai [5,6] vykdomi tobulinant, optimizuojant ir kuriant naujus vėjo jėgainių komponentus ir jų valdymo įrangą. Vienas iš pagrindinių vėjo jėgainės komponentų yra generatorius, kuris gaminama elektros energiją. Šis vėjo jėgainės elementas reikalauja daugiausia priežiūros ir dėmesio, todėl yra dažniausiai nagrinėjamas ir tyrinėjamas visame pasaulyje.

Vėjo jėgainės generatoriuje pagaminta elektros energija perduodama į kitus įrenginius, tokius kaip akumuliatoriai ar inverteriai [4], kur ji suvartojama arba perduodama į elektros energijos vartojimo įrenginius arba skirstomąjį tinklą.

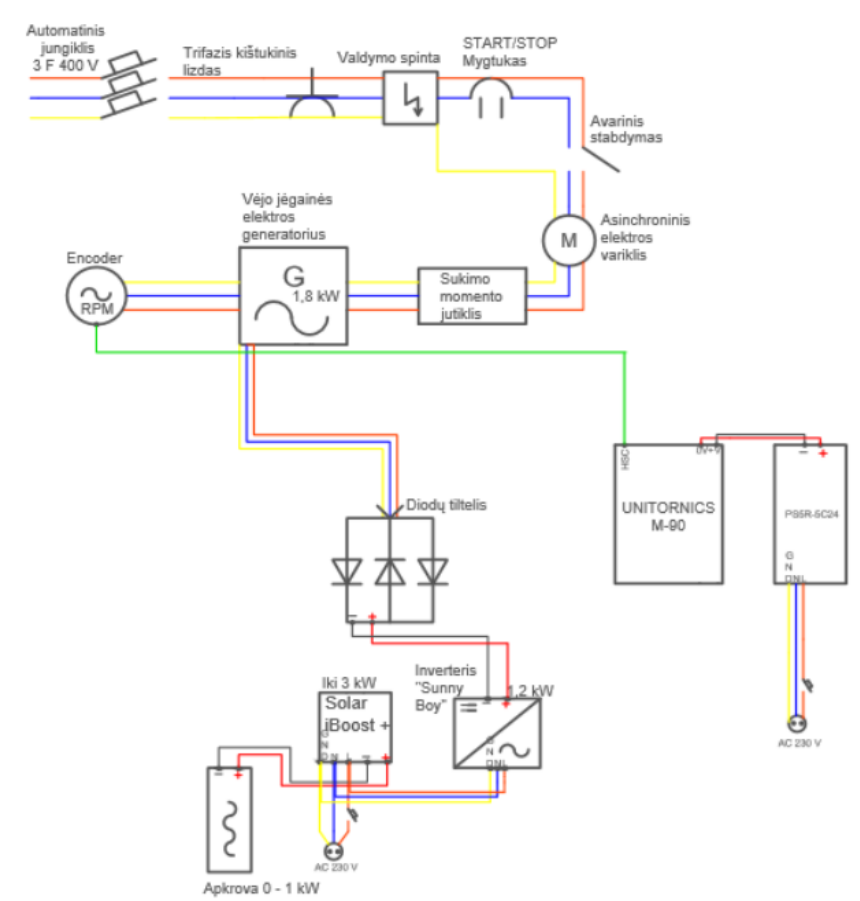
Tyrimų tikslas. Ištirti mažos galios vėjo jėgainės generatoriaus efektyvumą.

Tyrimų uždaviniai:

1. Ištirti mažos galios vėjo jėgainės generatoriaus efektyvumą, sudaryti galios kreivę.
2. Ištirti mažos galios vėjo jėgainės generatoriaus naudingumo koeficientą.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimai atlikti naudojant „GL-PMG-1800“ vėjo jėgainės generatorių, kurio vardinė galia yra 1800 W. Generatorius sujungtas su dažnio keitikliu valdoma elektros pavara, kuri leidžia keisti generatoriaus veleno apskukas nuo 0 iki 1000 min⁻¹ (1 pav.). Generatorius per įtampos lygintuvą sujungtas su SMA Sunny Boy 1200 inverteriu. Inverteris įsijungia ir pradeda generuoti elektros energiją į elektros tinklą, kai minimali generuojama įtampa siekia 120 V. Į elektros tinklą prijungta aktyvinė apkrova, imituojanti vandens šildytuvą. Norint efektyviau sunaudoti perteklinę elektros energiją ir riboti perteklinės elektros energijos perdavimą į elektros tinklus, į tyrimų standą įjungtas priedėlis Solar iBoost+. Šis priedėlis matuoja į elektros tinklą atiduodamos elektros srovę ir priklausomai nuo srovės dydžio, dalį perteklinės energijos nukreipia į vandens šildymo talpą. Toks elektros energijos paskirstymas leidžia padidinti vėjo jėgainės efektyvumą.



1 pav. Tyrimų stendo schema

Vandens šildytuvo imitatoriumi pasirinktas kaitinamųjų lempų stendas.

Sujungus generatorių standartiškai, t. y., prijungus prie inverterio ir visą pagamintą elektros energiją atiduot į skirstomąjį tinklą, didinant generatoriaus veleno apsukas buvo matuojama generatoriaus įtampa ir srovė prieš diodų tiltelį. Bandyje buvo pasirinkta dešimt matavimo taškų, ties tam tikrais apsisukimais ir bandymas kartotas tris kartus. Duomenys suvesti į Microsoft Excel skaičiuoklę. Generatoriaus generuojama galia nustatyta pagal lygtį:

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

čia: P – generatoriaus generuojama galia, W;

U – generatoriaus generuojama įtampa, V;

I – generatoriaus generuojama srovė, A [3].

Generatoriaus generuojamos galios ir atiduodamos į tinklą galios, naudingumo koeficientas apskaičiuotas pagal lygtį:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100, \quad (2)$$

čia: η – generatoriaus naudingumo koeficientas;

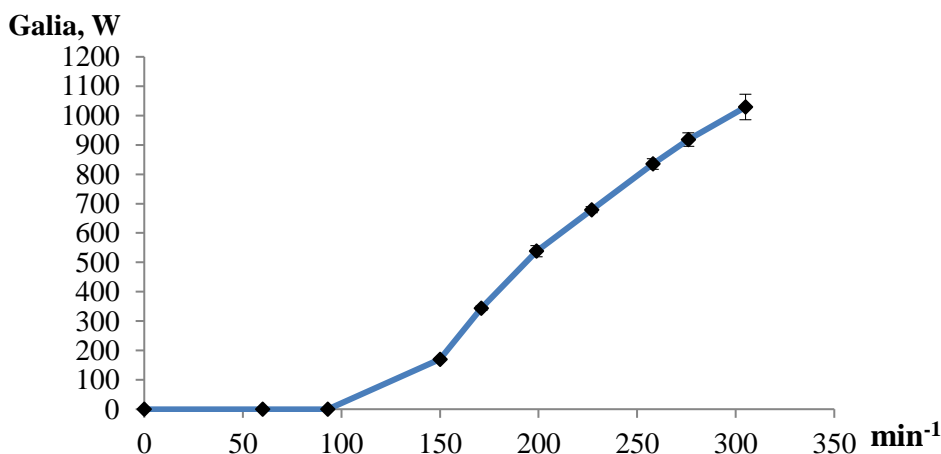
P_{out} – generatoriaus generuojama galia, W;

P_{in} – generuojama galia į tinklą, W [3].

Apskaičiuavus generuojamą generatoriaus galią kiekviename matuotame taške buvo apskaičiuota kiekvieno dydžio vidutinis standartinis nuokrypis.

Tyrimų rezultatai

Tyrimų metu gauta generatoriaus galios kreivė (2 pav.) rodo kaip kinta generatoriaus generuojama galia didinant generatoriaus veleno apsisukimus. Lyginant su [6], mokslininkų atliktais tyrimais, straipsnyje taip pat buvo pateikta, kaip kinta vėjo jėgainės generatoriaus galia, priklausomai nuo vėjo greičio. Taip pat buvo išanalizuota, kaip įtakoja rotoriaus skersmens dydis vėjo jėgainės generatoriaus našumą.



2 pav. Generatoriaus GL-PMG-1800 galios kreivė

Tyrimo rezultatai rodo, kad didėjant generatoriaus apsuksams, proporcingai didėja generatoriaus generuojama galia.

Generatoriaus generuojamos galios ir atiduodamos į tinklą galios, naudingumo koeficientas siekia $96,1 \pm 1,2$ %.

Išvados

1. Generatoriaus galia tiesiogiai proporcinga generatoriaus veleno apsuksams. Didinant generatoriaus apsisukimus, generatoriaus generuojama galia po truputį didėja. Generatorius pradeda generuoti galią nuo 100 min^{-1} . Ties 300 min^{-1} generatoriaus generuojama galia yra didžiausia.
2. Naudingumo koeficientas tarp generatoriaus generuojamos galios ir atiduodamos galios į elektros tinklą siekia $96,1 \pm 1,2$ %.

Literatūra

1. Vėjo energetikos statistika Europoje. [žiūrėta 2020 01 10]. Prieiga per internetą: <<https://windeurope.org/about-wind/statistics/european/wind-energy-in-europe-in-2018/#findings>>.
2. Vėjo energetikos statistika Lietuvoje. [žiūrėta 2020 01 11]. Prieiga per internetą: <<https://osp.stat.gov.lt/informaciniai-pranesimai?eventId=200543>>.
3. Zaveckas, V. 2012. *Elektrotechnikos pagrindai*. Vilnius: VGTU.
4. Twidell, J., Weir, T. 2017. Atsinaujinantys energijos ištekliai. Vilnius: VGTU.
5. Bruno, A., Storti, J., Dorella, N. D., Romana, Peralta I., A. E. Albanesi. Improving the efficiency of a Savonius wind turbine by designing a set of deflector plates with a metamodel-based optimization approach. *Energy*. Vol. 186, 1 November 2019, 115814.
6. Pinheiro, E., Bandejas, F., Gomes, M., Coelho, P., Fernandes, J. Performance analysis of wind generators and PV systems in industrial small-scale applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 110, August 2019, P. 392–401.

Santrauka

Tyrimų tikslas buvo ištirti vėjo jėgainės generatoriaus efektyvumą, esant įvairioms sąlygoms. Tyrimams atlikti buvo naudojamas „GL-PMG-1800“ vėjo jėgainės generatorius, kurio galingumas yra 1,8 kW, „Sunny Boy 1200“ inverteris, kurio galia yra 1,2 kW ir priedelis vandens šildymui „Solar iBoost+“. Tyrimai kartoti po tris kartus, matuojant po dešimt vienodų taškų. Buvo nustatyta, kad vėjo jėgainės generatoriaus efektyvumas siekia 96 %. Taip pat, kad vėjo jėgainės generuojama galia, tiesiogiai proporcinga vėjo jėgainės apsisukimams per minutę.

RESEARCH OF SMALL WIND POWER PLANT GENERATOR

Summary

The purpose of research was to investigate efficiency of small wind power plant generator using different working conditions. „GL-PMG-1800“ wind power plant generator was used for the researches which power is 1.8 kW as well as „Sunny Boy 1200“ inverter which power is 1.2 kW and extra device „Solar iBoost+“ for water heating. All the researches was repeated for three times by taking ten same measurement points. Results showed that small wind power plant generator efficiency is 96% and that small wind power plant generator power directly proportional to RPM.

Augustinas Rozenbergas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakulteto magistrantas; el. paštas: arozenbergas@yahoo.com, tel. +370 63655263.

Kęstutis Venslauskas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr.; el. paštas: kestutis.venslauskas@vdu.lt, tel. +37037752219.

ŠVIESTUVŲ, SKIRTŲ PATALPŲ APŠVIETIMUI, SU SKIRTINGAIS ŠVIESOS ŠALTINIAISENERGINIS EFEKTYVUMAS

Simonas Mikulskis, Kęstutis Navickas

Įvadas

Europoje apšvietimas sudaro apie 20–30 % elektros energijos poreikio, o gyvenamajame sektoriuje gali sudaryti 15–20 % visos sąskaitos už elektrą. Šias energijos sąnaudas galima sumažinti naudojant pažangias valdymo technologijas ir efektyvesnes apšvietimo technologijas [1].

Kelis dešimtmečius liuminescencinės lempos buvo plačiai naudojamos patalpų apšvietimui. Šios lempos buvo tobulinamos iki savo galimybių ribų. Tačiau pradėjus sparčiai tobulėti šviesos diodų (LED) gamybos technologijoms jos tampa konkurentabilios šviesos šaltinių rinkoje. ES teisės aktai, reikalaujantys įvertinti gaminio poveikį aplinkai per jo gyvavimo ciklą nuo pagaminimo iki šalinimo, padidina šviesos diodų pranašumą aplinkos taršos mažinimo srityje [2, 3].

Šiame darbe pateikiamas šviesos šaltinių efektyvumo tyrimas, lyginant patalpų apšvietimą liuminescencinėmis ir šviesos diodų.

Tyrimo tikslas. Nustatyti šviestuvų su skirtingais šviesos šaltiniais energinį efektyvumą.

Tyrimo uždaviniai:

1. Nustatyti patalpai reikalingas dirbtinio apšvietimo šviesotechnines charakteristikas.
2. Atlikti apšvietimo sistemų su skirtingais šviesos šaltiniais energinio efektyvumo ir šviesotechninių parametrų vertinimą.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimo objektas – universiteto auditorijos dirbtinio apšvietimo sistema, naudojanti skirtingus šviesos šaltinius. Auditorijos apšvietimo sistemos tyrimui pasirinkta Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos II-ųjų rūmų auditorija.

Patalpos ilgis – 14,73 m, plotis – 8,84 m, aukštis – 3,30 m, patalpos plotas 130,21 m², darbo paviršius - 0,85 m aukštyje. Patalpoje esančios darbo zonos ilgis – 12,13 m, plotis – 6,24 m, numatytas darbo paviršius nuo grindų pakilęs 0,85 m, zonos plotas 75,69 m².

Apšvietimo palyginimui ir tolimesniems tyrimams pasirinkta didelio efektyvumo šviestuvai UEX T5 su liuminescencinėmis lempomis. Šviestuvo galia – 48 W, o numatytas šviesos srautas 3600 lm ir efektyvumas 75 lm/W. Palyginimas atliktas su šviesos diodų šviestuvu Glamox C90 – R, kurio galia 49 W, o numatytas šviesos srautas – 4608 lm ir efektyvumas – 96 lm/W.



1 pav. VDU ŽŪA auditorijos sumodeliuotas bendras vaizdas

Šviestuvų kiekis, reikalingas patalpai apšviesti, apskaičiuojamas naudojantis lygtimi:

$$N_{\text{šv.}} = \frac{E_{\text{min}} \cdot k_{\alpha} \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{šv.}} \cdot \eta},$$

- čia: E_{min} – apšvietos norma, lx;
 k_{α} – atsargos koeficientas;
 S – patalpos plotas, m²;
 $\Phi_{\text{šv.}}$ – šviestuvų skaičius patalpoje;
 Z – apšvietos netolydumo koeficientas;
 η – šviesos srauto išnaudojimo koeficientas.

Atsižvelgiant į patalpos paskirtį ir reikalaujamas higienos normas, šviestuvų skaičius nustatytas naudojantis programa Relux 2019. Pagal apšvietimo normas, auditorijos darbo vietoje minimali apšvieta (E_{min}) priimta 500 lx, didžiausias leistinas apšvietimo tolygumas darbo vietoje negali būti mažesnis už 0,8. Darbo paviršiaus apšvietos tolygumui įvertinti naudojama parametrai g_1 ir g_2 [4]:

$$g_1 = \frac{E_{\text{min}}}{E_{\text{vid}}},$$

čia: E_{vid} – vidutinė darbo paviršiaus apšvieta, lx;

$$g_2 = \frac{E_{\text{min}}}{E_{\text{max}}},$$

čia: E_{max} – didžiausia darbo paviršiaus apšvieta, lx;

Tyrimui naudoti standartiniai lubų, sienų, grindų šviesos atspindžio koeficientai: 0,7 (luboms), 0,45 (sienoms) ir 0,15 (grindims) [5].

Energinis efektyvumas išreikštas savitąja apkrova visam darbo paviršiui naudojant formulę:

$$A = \frac{P_{\text{vis.}}}{S_{\text{darb.}} \cdot E_{\text{vid}}} \cdot 100,$$

čia: A – savitoji apkrova visam darbo paviršiui, W/m²/100lx;
 S_{darb} – patalpos plotas, m².

Visos apšvietimo sistemos bendra galia nustatyta pagal lygtį:

$$P_{vis.} = N_{sv.} \cdot P,$$

čia: P – vieno šviestuvo galia W .

Metinės apšvietimo sistemos energijos sąnaudos per metus apskaičiuojamo pagal lygtį:

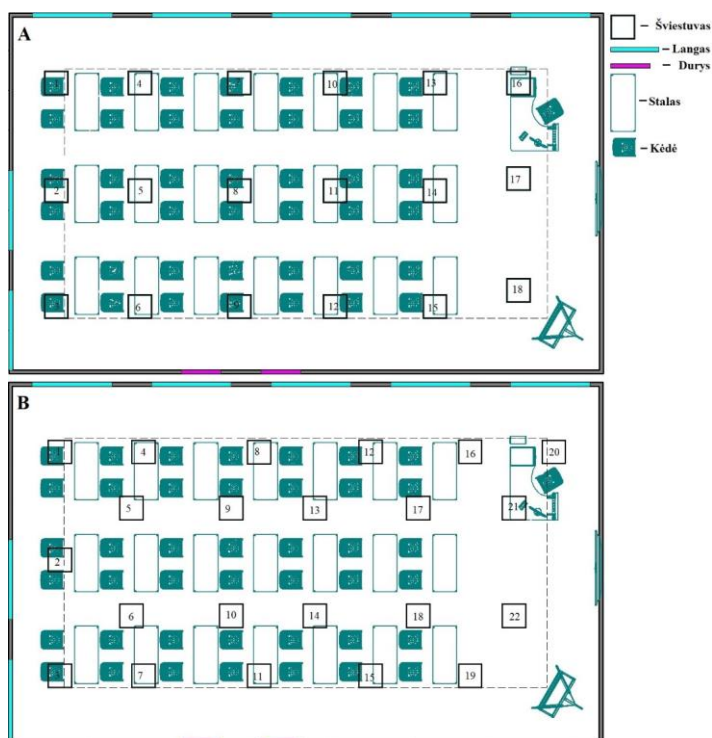
$$J = P \cdot t,$$

čia: P_{vis} – šviestuvų galia, W ;

t – patalpų apšvietimo trukmė, h .

Rezultatai

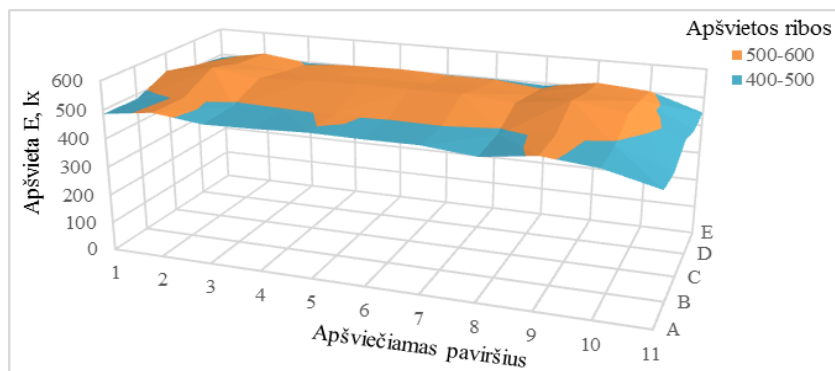
Atlikus abiejų apšvietimo sistemų modeliavimus buvo pastebėta, kad norint gauti 500 lx darbo paviršiaus apšvietimą naudojant šviesos diodų šviestuvus reikės 18 šviestuvų, o naudojant šviestuvus su liuminescencinėmis lempomis patalpai apšviesti reikės 22 šviestuvų.



2 pav. Modeliuojamos patalpos šviestuvų išdėstymas: A. Patalpa su šviesos diodų šviestuvais; B. Patalpa su šviestuvais naudojančiais liuminescencines lempas

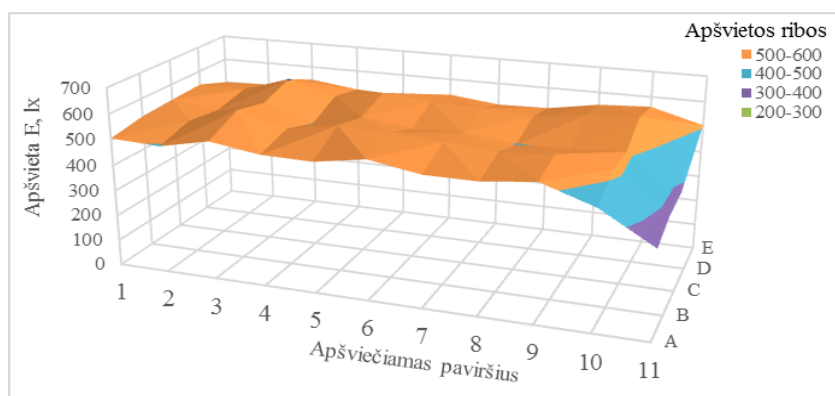
Apšvietimo sistemų modeliavimo metu buvo vertinamas darbo paviršiaus apšvietos tolygumas. Tuo tikslu apšviečiamajame paviršiuje suformuota koordinacinė sistema (1-11 ir A-E) ir kiekviename jos plotelyje nustatyta apšvieta.

Naudojant šviestuvus su šviesos diodais gautas apšvietos tolygumas $g_1 = 0,98$, o $g_2 = 0,89$. Pagal gautus rezultatus sudarytas apšvietos pasiskirstymo grafikas (3 pav.). Mažesnės apšvietos reikšmės, negu minimalios, toje zonoje, kurioje nenumatyti jokie darbo paviršiai ir didesnė apšvieta nėra reikalinga.



3 pav. Apšvietos pasiskirstymas paviršiaus plote, kai naudojami šviestuvai su šviesos diodais

Naudojant šviestuvus su liuminescencinėmis lempomis šviesos tolygumas buvo kiek mažesnis: $g_1 = 0,94$, o $g_2 = 0,83$. Mažesnis apšvietos tolygumas atsirado dėl didesnės maksimalios apšvietos ir didesnio apšvietos vidurkio (4 pav.).



4 pav. Apšvietos pasiskirstymas paviršiaus plote, kai naudojami šviestuvai su liuminescencinėmis lempomis

Abiejų apšvietimo sistemų darbo paviršiaus apšvietos tolygumo rezultatai tenkina reikalingas minimalias sąlygas. Tačiau apšvietimo sistema su šviesos diodų šviestuvais turi didesnę apšvietos tolygumą, todėl yra pranašesni.

Patalpos apšvietimo sistemos su šviesos diodų šviestuvais bendra galia sieks 882 W, o apšvietimo sistemos, naudojančios šviestuvus su liuminescencinėmis lempomis 1056 W.

Naudojant šviesos diodų šviestuvus, savitoji apkrova gauta $1,34 \text{ W/m}^2/100\text{lx}$. Naudojant šviestuvus su liuminescencinėmis lempomis, savitoji apkrova – $1,55 \text{ W/m}^2/100\text{lx}$.

Nustatant energijos sąnaudas priimta, kad per metus šviestuvai bus naudojami 2100 valandas. Patalpos apšvietimo sistema su šviesos diodų šviestuvais per metus sunaudos 1852 kWh elektros energijos, o su liuminescencinėmis lempomis – 2217 kWh elektros energijos. Sistema su šviesos diodų šviestuvais per metus sunaudos 365 kWh arba 2,8 kWh/m², mažiau elektros energijos.

Išvados

1. Sistema su šviesos diodų šviestuvais palaiko geresnį darbo paviršiaus šviesos tolygumą.
2. Nustatyta, kad apšvietimo sistema yra su šviesos diodų šviestuvais yra efektyvesnė, nes jos savitoji apkrova 1,34 W/m²/100lx, o sistemos su šviestuvais liuminescencinėmis lempomis 1,55 W/m²/100lx.
3. Patalpos apšvietimui naudojant šviesos diodų šviestuvus auditorijoje per metus būtų sutaupoma 365 kWh elektros energijos.

Literatūra

1. Palacios-García, E. J., Chen, I. A., Santiago, F. J., Bellido-Outeiriño, Flores-Arias, J. M. Stochastic model for lighting's electricity consumption in the residential sector. Impact of energy saving actions. *Energy and Buildings*. 2015, vol. 89, p. 245–259.
2. Sun, W. S., Tsuei, C. H., Huang, Y. H. Simulating the Illuminance and Efficiency of the LEDs Used in General Household Lighting. *Physics Procedia*. 2011, Vol. 19, p. 244–248.
3. Xu, L., Pan, Y., Yao, Y., Cai, D., Huang, Z. Lighting energy efficiency in offices under different control strategies. *Energy and Buildings*. 2017, Vol. 138, p. 127–139.
4. HN:98 2014 – Natūralusis ir dirbtinis apšvietimas darbo vietoje. 2014, p. 20.
5. Aman, M. M., Jasmon, G. B., Mokhlis, H., Bakar, A. H. A. Analysis of the performance of domestic lighting lamps. *Energy Policy*. 2013, Vol. 52, p. 482–500.

Santrauka

Tyrimo tikslas – nustatyti šviestuvų su skirtingais šviesos šaltiniais energinį efektyvumą. Tyrimas atliktas modeliuojant patalpos apšvietimo sistemas su liuminescencinėmis lempomis ir šviesos diodais. Tyrimu nustatyta, kad šviestuvai su šviesos diodais užtikrina tolygesnį darbo paviršių apšvietimą, naudoja mažesnę apšvietimo sistemos galią ir mažina elektros energijos sąnaudas.

ENERGY EFFICIENCY OF LIGHT SOURCES FOR INDOOR LIGHTING

Summary

The aim of the study is to determine the energy efficiency of lamps with different light sources. The research was carried out by modeling indoor lighting systems with fluorescent lamps and light emitting diodes. The study found that LED provide more even illumination of working surfaces, use less power of the lighting system and reduce electricity consumption.

Keywords: illumination, lighting systems, energy savings, LED lamps, luminescent lamps.

Simonas Mikulskis – VDU ŽUA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. 370 643 76844, el. paštas: simas.mikulskis@hotmail.com

Kęstutis Navickas – VDU Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, prof. dr.; tel. +370 37752219, el. paštas: Kestutis.Navickas@vdu.lt

SIMETRIŠKO SRAUTO DVISRAUČIO PURKŠTUKO ĮTAKA IŠPURKŠTŲ SKYSČIO LAŠELIŲ NUNEŠIMUI PAVĖJUI

Dominykas Stankevičius, Dainius Steponavičius, Aurelija Kemzūraitė

Įvadas

Pesticidų naudojimas yra neatsiejama šiuolaikinio žemės ūkio dalis. Jie ženkliai prisideda prie augalų derliaus ir kokybės užtikrinimo. Taigi, naudojant minėtus cheminius preparatus, sprendžiamos augalų apsaugos nuo kenkėjų ir piktžolių problemos. Nustatyta, kad agrocheminių medžiagų naudojimas užkerta kelią iki 45 % viso pasaulio maisto atsargų praradimų (Oerke, 2006). Kita vertus, augantis augalų apsaugos produktų naudojimas yra vienas iš didėjančios aplinkos taršos šaltinių (Nuyttens et al., 2006).

Ant augalų paviršiaus pesticidai paskleidžiami lauko purkštuvais, kurių purškimo sijos sumontuoti purkštukai išpurškia chemikalus skysčio pavidale. Purkštukais išpurškti skysčio lašeliai juda link augalų ant kurių didžioji dalis ir prilimpa. Tačiau kita dalis lašelių, priklausomai nuo įvairių veiksnių, gali atšokti nuo augalų paviršiaus arba nuriedėti nuo jų ir nukristi ant žemės. Pačių smulkiausių pesticidų lašelių dalis gali išgaruoti net nepatekę ant augalų. Tačiau viena iš didžiausių problemų yra ta, kad dalis lašelių patenka ne ant augalų ar dirvos purškimo vietoje, o nunešama pavėjui – tai vadinama lašelių driftu. Tuomet nuodingi pesticidai gali patekti į šalia purškiamo lauko esančius objektus. Lašelių nunešimas pavėjui gali turėti neigiamos įtakos žmonėms, gyvūnams, sausumos ir vandens ekosistemos (Hilz, Vermeer, 2013).

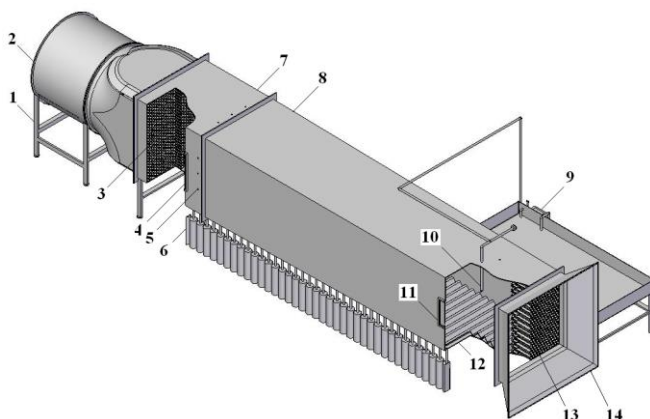
Lašelių nunešimui įtakos turi aplinkos meteorologinės sąlygos, purškimo technika ir augalai. Santykinė oro drėgmė ir temperatūra bei vėjo greitis ir vėjo kryptis yra svarbiausios meteorologinės sąlygos sąlygojančios purškimą (Hobson et al., 1993). Purkštuko tipas, purškimo slėgis, purkštovo važiavimo greitis ir purškimo sijos aukštis daro didelę įtaką išpurkšto skysčio nunešimui pavėjui (Zinkevičius, 2011). Didesnių matmenų purkštuko skylutė bei mažesnis purškimo slėgis, važiavimo greitis ir purškimo sijos aukštis paprastai sumažina išpurkštų lašelių nunešimą (Nuyttens et al., 2006). Nustatyta, kad naudojant įprastinius universalius plyšinius purkštukus susidaro smulkesni skysčio lašeliai, kurių didesnė dalis nunešama pavėjui lyginant su inžektoriniais (Hilz, Vermeer, 2013). Jų konstrukcija pastaruoju metu patobulinta sukūrus inžektorinius dvisraučius (simetriško ir asimetriško) srauto purkštukus (Hoffmann, Kirk, 2005). Šiuo metu viena iš perspektyvių priemonių, pavėjui nunešamų lašelių daliai mažinti, yra nunešimą mažinančių dvisraučių purkštukų kūrimas ir tobulinimas.

Tyrimo tikslas. Nustatyti simetriško srauto dvisraučio purkštuko įtaką išpurkštų skysčio lašelių nunešimui pavėjui.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimų objektas – dvisrautis simetrinio srauto inžektorinis Lechler IDKT 120-04 purkštukas (purškimo kampas – 120° , našumas – $1,82 \text{ l min}^{-1}$, kai purškimo slėgis – 4 bar), kuris purškia 30° kampu į priekį ir 30° atgal nuo vertikaliės važiavimo kryptimi.

Tyrimas atliktas VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto Žemės ūkio mašinų technologinių procesų laboratorijoje. Vėjo įtakos lašelių nunešimo nustatymui buvo naudojamas universitete suprojektuotas ir, pagal Farooq *et al.* (1996) metodiką, pagamintas vėjo tunelis (1 pav.).



1 pav. Purkštuku išpurkštų lašelių nunešimo pavėjui tyrimo stendas (Bauša *et al.*, 2018): 1 – rėmas, 2 – ašinis ventiliatorius su elektros varikliu, 3, 13 – korys (oro srauto išlyginimui), 4, 11 – langas, 5 – vėjo greičio matavimo vieta, 6 – kolba, 7 – lygioji tunelio dalis, 8 – konusinė tunelio dalis, 9 – skysčio siurblys, 10 – purkštukas, 12 – gofruota skarda, 14 – oro įsiurbimo anga

Tunelio skerspjūvis didėja nuo $0,9 \times 0,9 \text{ m}$ iki $1 \times 1 \text{ m}$, jo ilgis siekia 5 m. Stende sumontuotas ašinis oro siurbimo ventiliatorius ML 1004 DT, kurio dešimties plastikinių menčių sparnuotės skersmuo – 1000 mm, (Electrovent, Italija) ir elektros variklis 7SM3 160L4, (galia 15 kW, veleno sukimosi dažnis 1465 min^{-1}) (Smem, Monza, Italija). Elektros variklio sukimosi dažnis keičiamas įtampos dažnio keitikliu Delta VFD-C2000. Keičiant variklio ir ventiliatoriaus sparnuotės sukimosi dažnius, keičiamas ir vėjo (nuo 2 m s^{-1} iki 10 m s^{-1} , kas 2 m s^{-1}) greitis tunelyje.

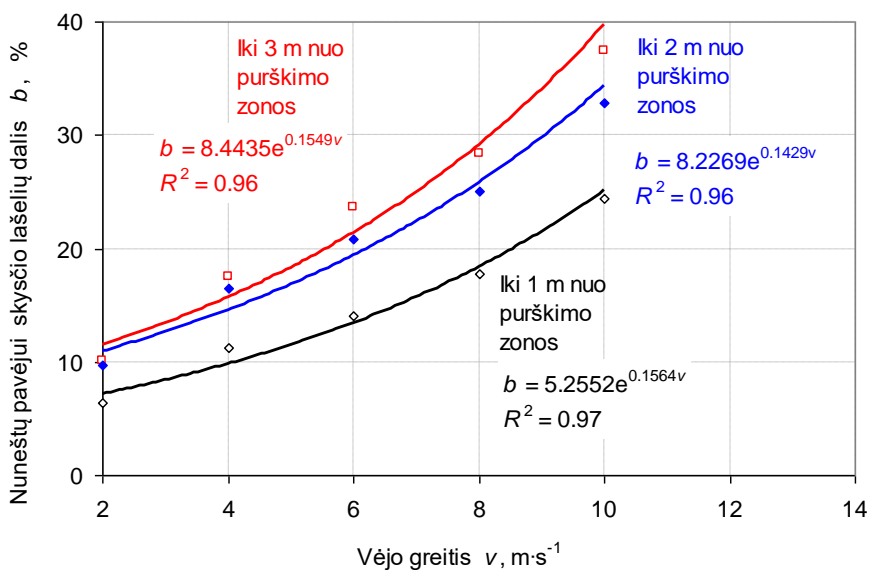
Vėjo greičiui išmatuoti tunelyje buvo naudojama matavimo įranga, sudaryta iš devynių termoanometro jutiklių FS5A (Innovate sensor technology, Šveicarija). Jutikliai vėjo greičiui matuoti buvo išdėstyti visame tunelio skerspjūvio plote. Patikra buvo atlikta lyginant jutiklių FS5A ir referencinio termoanometro EE75 (E+E Elektronik, Austrija) rodmenų reikšmes. Matavimo paklaida mažesnė nei 2 %.

Purškiamasis skystis buvo tiekiamas įrenginiu Pentair Hypro Shurflo Standard Table Spray 220 VAC, (Pentair PLC, USA). Purkštukas 10 tyrimo metu įmontuotas

virš gofruotos skardos 12 pusės metro aukštyje (1 pav.). Kiekvienas tyrimas kartotas 3 kartus. Kiekvieno pakartojimo metu buvo išpurkšta po 30 litrų vandens. Vieno pakartojimo trukmė – apie 16 min. Atlikus tyrimą, buvo nustatyta į kiekvieną iš 44 indelių 6, kurie išdėstyti 4,0 m atstume, kas 0,1 m, nuo purkštuko 10 (1 pav.), patekusio skysčio dalis (%). Iš gautų rezultatų apskaičiuotos aritmetinių vidurkių ir jų pasikliauties intervalų, esant 95 % tikimybei, reikšmės.

Rezultatai

Atlikus laboratorinius purkštuko išpurkštų skysčio lašelių nunešimo pavėjui tyrimus pastebėta, kad nunešamų lašelių dalis priklauso nuo juos veikiančio vėjo greičio (2 pav.).



2 pav. Pavėjui nuneštų lašelių dalies priklausomybė nuo vėjo greičio

Kai stendo ventiliatorius buvo išjungtas, visas išpurkštas skystis (purkštuko darbine kryptimi) pasiskirstė simetriškai 160 cm plote: 80 cm priekinėje purkštuko dalyje (49,5 % skysčio) ir 80 cm galinėje (50,5 %). Įjungus ventiliatorių ir nustatčius $2 m s^{-1}$ vėjo greitį, priekinėje purkštuko dalyje išpurkšto skysčio dalis beveik nepakito (51,6 %), o galinėje sumažėjo iki 38,3 %. Taigi nunešimas siekė 10,1 %. Padidinus greitį iki $4 m s^{-1}$ nunešimas siekė 17,6 %, iki $6 m s^{-1}$ – 23,7 %, o iki $8 m s^{-1}$ – 28,4 %. Vėjui pučiant $10 m s^{-1}$ greičiu, priekinėje purkštuko dalyje išpurkšto skysčio dalis siekė 47,5 %, o galinėje tik 15,0 %. Taigi nunešimas padidėjo iki 37,4 %. Taigi didinant vėjo greitį nuo $2 m s^{-1}$ iki $10 m s^{-1}$, vis didesnė išpurkštų lašelių dalis nunešama.

Lašelių nunešimą galima vertinti ir priklausomai nuo atstumo nuo purškimo zonos (2 pav.). Pavėjui nuneštų lašelių dalies nuo vėjo greičio priklausomybės gali būti aproksimuotos laipsninėmis lygtimis. Jei vėjui pučiant $2 m s^{-1}$ greičiu, 1 m nuo purkštuko purškimo zonos atstume, nukrito didžioji dalis (apie 80 %) pavėjui

nunešamų lašelių, tai esant 10 m s^{-1} greičiui, minėti lašeliai sudarė tik apie 50 % pavėjui nunešamų lašelių.

Išvados

1. Simetriško srauto inžektoriniu dvisraučiu purkštuku išpurkštų ir pavėjui nuneštų skysčio lašelių dalis priklauso nuo juos veikiančio vėjo greičio. Didinant vėjo greitį nuo 2 m s^{-1} iki 10 m s^{-1} , pavėjui nunešamų lašelių dalis didėja laipsniškai.
2. Vieno metro nuo purkštuko purškimo zonos atstume nunešama nuo 80 % (kai vėjo greitis 2 m s^{-1}) iki 50 % (kai vėjo greitis 10 m s^{-1}) visų pavėjui nunešamų lašelių.

Literatūra

1. Bauša, L., Steponavičius, D., Jotautienė, E., Kemzūraitė, A., Zaleckas, E. Application of rape pod sealants to reduce adverse environmental impacts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018, Vol. 98(6), 2428–2436.
2. Farooq, M., Wulfsohn, D., Ford, R. J. Wind tunnel for spray drift studies. *Canadian Agricultural Engineering*. 1996, Vol. 38, 283–290.
3. Hobson, P. A., Miller, P. C. H., Walklate, P. J., Tuck, C. R., Western, N. M. Spray drift from hydraulic spray nozzles: the use of a computer simulation model to examine factors influencing drift. *Journal of agricultural engineering research*. 1993. Vol. 54(4), 293–305.
4. Hoffmann, W. C., Kirk, I. W. Spray deposition and drift from two “medium” nozzles. *Transactions of the ASAE*. 2005. Vol. 48(1), 5–11.
5. Hilz, E., Vermeer, A. W. Spray drift review: The extent to which a formulation can contribute to spray drift reduction. *Crop Protection*. 2013. Vol. 44, 75–83.
6. Nuyttens, D. D., De Schamphelleire, M., Steurbaut, W., Baetens, K., Verboven, P., Nicolai, B., Ramon, H., Sonck, B. Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers Part 2: Spray application technique. *Aspects of Applied Biology*. 2006. Vol. 77(2), 331–339.
7. Oerke, E. C. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 2006. Vol. 144(1), 31–43.
8. Zinkevičius, R. 2011. *Purškimo teorija ir praktika*: mokomoji knyga. Akademija: ASU leidybos centras. 152 p.

Santrauka

Purkštuko tipas, purškimo slėgis, purkštuvo važiavimo greitis ir purškimo sijos aukštis daro didelę įtaką išpurkšto skysčio nunešimui pavėjui (driftui). Didesnių matmenų purkštuko skylutė bei mažesnis purškimo slėgis, važiavimo greitis ir purškimo sijos aukštis paprastai sumažina išpurkštų lašelių nunešimą.

Eksperimentiniai tyrimai atlikti 2019–2020 metais Žemės ūkio mašinų technologinių procesų tyrimų laboratorijoje. Vėjo tunelyje buvo tirtas simetriško srauto dvisrautis purkštukas IDKT 120-04 (purškimo kampas – 120° , našumas – $1,82 \text{ l min}^{-1}$, kai purškimo slėgis – 4 bar), kuris purškia 30° kampu į priekį ir 30° atgal nuo vertikalės važiavimo kryptimi.

Atlikus laboratorinius purkštuku išpurkštų skysčio lašelių nunešimo pavėjui tyrimus pastebėta, kad nunešamų lašelių dalis priklauso nuo juos veikiančio vėjo greičio. Didinant vėjo greitį nuo 2 m s^{-1} iki 10 m s^{-1} , pavėjui nunešamų lašelių dalis didėja laipsniškai. Vieno metro nuo purkštuko purškimo zonos atstume nunešama nuo 80 % (kai vėjo greitis 2 m s^{-1}) iki 50 % (kai vėjo greitis 10 m s^{-1}) visų pavėjui nunešamų lašelių.

THE EFFECT OF SYMMETRICAL TWIN FLAT NOZZLE ON SPRAY DRIFT

Summary

It is already known that nozzle type as well as spray pressure, driving speed and spray boom height, have an important effect on the spray drift. Larger nozzle sizes, lower spray pressures, driving speeds and spray boom heights generally reduce spray drift.

Experimental trials were carried out in 2019–2020 at the Laboratory for Investigation Technological Processes of Agricultural Machinery. In wind tunnel was investigated a symmetrical twin flat spray air-injector compact nozzle IDKT 120-04 (spray angle – 120°, performance – 1.82 l min⁻¹ at pressure – 4 bar), that sprays forward at 30 degrees from the vertical, and backward at 30 degrees from the vertical in travel direction.

Laboratory studies have shown that the spray drift depends on the wind speed acting on sprayed droplets. As the wind speed increases from 2 m s⁻¹ to 10 m s⁻¹, the proportion of droplets carried downwind gradually increases. At a distance of one meter from the spray area of the nozzle, from 80% (at a wind speed of 2 m s⁻¹) to 50% (at a wind speed of 10 m s⁻¹) of all droplets carried downwind (drift).

Dominykas Stankevičius – VDU ŽUA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 685 46 424, el. paštas: stankevicius.dominykas@gmail.com

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

Aurelija Kemzūraitė – Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto mokslo darbuotoja; el. paštas: aurelija.kemzuraite@vdu.lt

GRANULIUOTŲ KAULŲ MILTŲ TRĄŠŲ IŠBARSTYMO IŠCENTRINĖMIS BARSTOMOSIOMIS TYRIMAI

Karolis Kirdeikis, Eglė Jotautienė

Įvadas

Tręšimas greta kitų agrotechnikos priemonių – sėjomainos, žemės dirbimo, sėjos, pasėlių priežiūros – laikomas veiksmingiausia augalų derlingumo, derliaus kokybės gerinimo priemone. Tačiau trąšų veiksmingumą lemia daug veiksnių: dirvožemio fizikinės ir cheminės savybės, tręšimo lygis, maisto elementų santykis, tręšimo laikas, būdai, darbų kokybė ir kt. Todėl vienas iš svarbiausių ir sudėtingiausių žemdirbių uždavinių – užtikrinti racionalią augalų mitybą siekiant konkurencingo derliaus, tausoiant dirvožemio derlingumą, maisto medžiagų išteklius ir aplinką [1].

Natūralios trąšos yra labiausiai ekologinės ir turi didelę naudingųjų medžiagų koncentraciją. Jos gaunamos natūraliu organinių elementų perdirbimo būdu iš gyvūninės kilmės atliekų ar daržovių humuso. Organinėse trąšose yra naudingų medžiagų, dėl kurių atsiranda ir vystosi mikroorganizmai ir biologinės bakterijos, naudingos dirvožemiui ir augalams. Jie padeda didinti atsparumą ligoms, prisideda prie oro mainų ir vandens tiekimo gerinimo.

Vienas naujausių mėsos gamybos ir perdirbimo sprendimų – granuliuotų organinių trąšų gaminimas iš kaulų miltų. Mokslininkų atliktos cheminės analizės, buvo nustatyta, kad kaulų miltuose yra nemaži kiekiai organinių medžiagų, azoto, fosforo bei kalcio, tai lėmė kaulų miltų panaudojimą kaip lėto veikimo trąšą. Tokios granulės turi kelis kartus mažiau vandens negu šviežias mėšlas, o sausųjų medžiagų kiekis jose, priklausomai nuo gamybos technologijos, yra 80–93 procentai. Granulių dydis įvairus, vyrauja nuo 4 iki 6 mm skersmens ir paskleidžiamos dirvoje mineralinių trąšų barstytuvais [2].

Tačiau granuliuotų organinių trąšų mechaninės-fizikinės savybės ženkliai skiriasi nuo mineralinių sferinių trąšų. Granuliuotos organinės trąšos dažniausiai būna cilindro formos 4–6 mm skersmens, mineralinės trąšos – sferinės formos. Taip pat skiriasi ir trąšų tankis, todėl trąšas veikia skirtingas aerodinaminis pasipriešinimo koeficientas. Dėl šių skirtumų, taikant tą pačią technologiją skirtingo tipo trąšoms, gali būti patiriami nuostoliai. Trąšos gali būti išbarstomos netolygiai, trąšos nepasiekia reikiamo darbinio pločio, netiksliai nustatoma išbarstomų trąšų norma, trąšos per daug smulkinamos [3].

Granuliuotoms cilindro formos organinėms trąšoms paskleisti dirvoje specialių mašinų nėra. Nėra pateikiama ir racionalių rekomendacijų kaip tokio tipo trąšas reikėtų paskleisti. Ūkininkai norėdami išbarstyti tokias trąšas dažniausiai naudoja mineralinių trąšų barstytuvus, nors trąšos savo mechaninėmis-fizikinėmis savybėmis ženkliai skiriasi nuo mineralinių. Tiksliems darbiniais parametrams

išsiaiškinti naudojant mineralinių trąšų barstomasias barstant cilindro formos organines trąšas reikalingi moksliniai tyrimai.

Tyrimo tikslas: lauko sąlygomis atlikti skersinio granuliuotų organinių kaulų miltų trąšų paskleidimo netolygumo ir persidengimo įvertinimą.

Tyrimų metodika

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

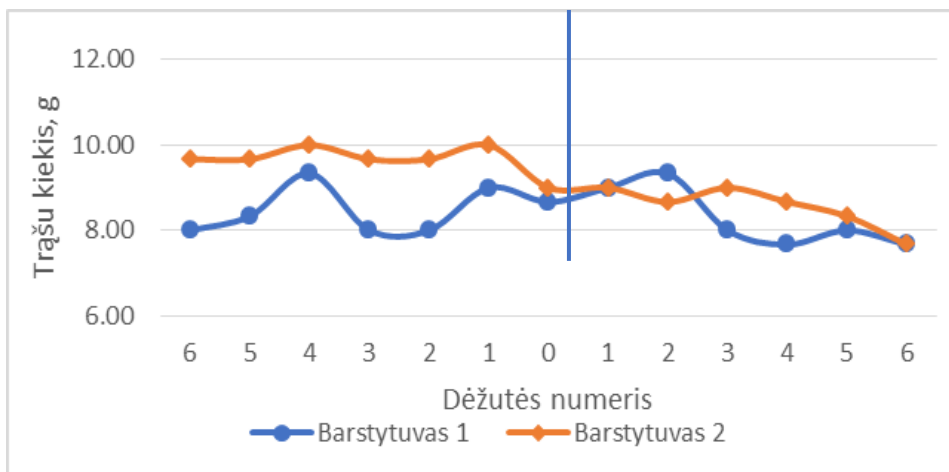
1 lentelė. Pagrindinės granuliuotų trąšų savybės

Rodiklis	Granuliuotos trąšos
Sausos medžiagos, %	91
Tankis, kg/m ³	650
C/N santykis	8,6
Granulės skersmuo, mm	4±0,32

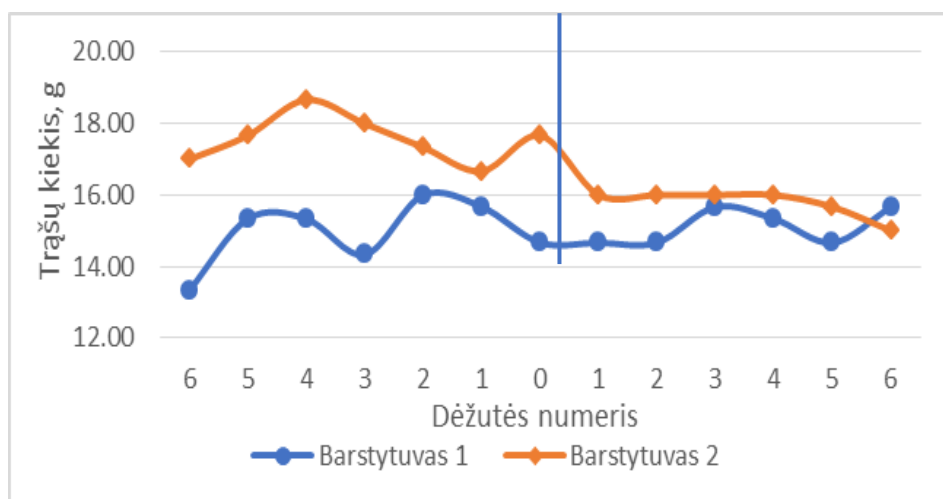
Trąšų paskleidimo netolygumą įvertina trąšų masės pasiskirstymo variacijos koeficientas, nustatytas surinkus paskleistas trąšas visame tręšiamosios darbiniam plotyje. Tam iki bandymo, tręšimo agregato judėjimo kryptį statmenoje linijoje – per visą tręšiamosios darbinį plotį aikštelės ar lauko paviršiuje padedame lovėlius, kurių išmatavimai 0,5×0,4×0,1m. Lovėlius vienam matavimui išdėstoma viena eilė, kiekvieno matavimo pakartojimų skaičius – trys. Lovėlių eilė išdėstoma taip, kad mašinos judėjimo kryptis sutaptų su vyraujančia vėjo kryptimi.

Rezultatai

Bandymai buvo atliekami Virmanto Pociaus ir Sauliaus Kirdeikio ūkiuose. Skersinio trąšų paskleidimo netolygumo ir persidengimo įvertinimas buvo atliekamas naudojant 2 skirtingų gamintojų, dviejų diskų išcentrines mineralinių trąšų barstyklės. Abiejų barstyklių darbinis plotis buvo po 24 m, vienodos talpos trąšadėžės ir vienodo ilgio trąšų išbėrimo mentelės. Trąšos buvo paskleidžiamos važiuojant 8 km/h greičiu. Tyrimo metu buvo paskleidžiamos 2 skirtingos nustatytos trąšų normos: 200 kg/ha ir 600 kg/ha, visais atvejais buvo atliekami 3 bandymų pakartojimai. Trąšų barstymo netolygumui nustatyti lauke buvo išdėstomos 13 vnt. specialių dėžučių trąšoms surinkti. Kiekvieno dėžutėje susikaupęs trąšų kiekis buvo pasveriamas elektroninėmis svarstyklėmis 0,1 g tikslumu.



1 pav. Atlikto barstymo 200 kg/ha ir važiuojant 8 km/h greičiu barstytuvų gautų rezultatų pasiskirstymas

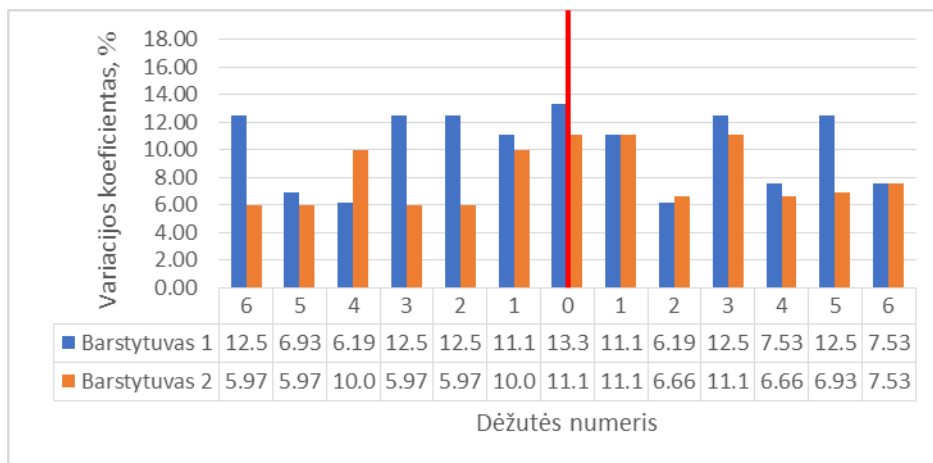


2 pav. Atlikto barstymo 600 kg/ha ir važiuojant 8 km/h greičiu barstytuvų gautų rezultatų pasiskirstymas

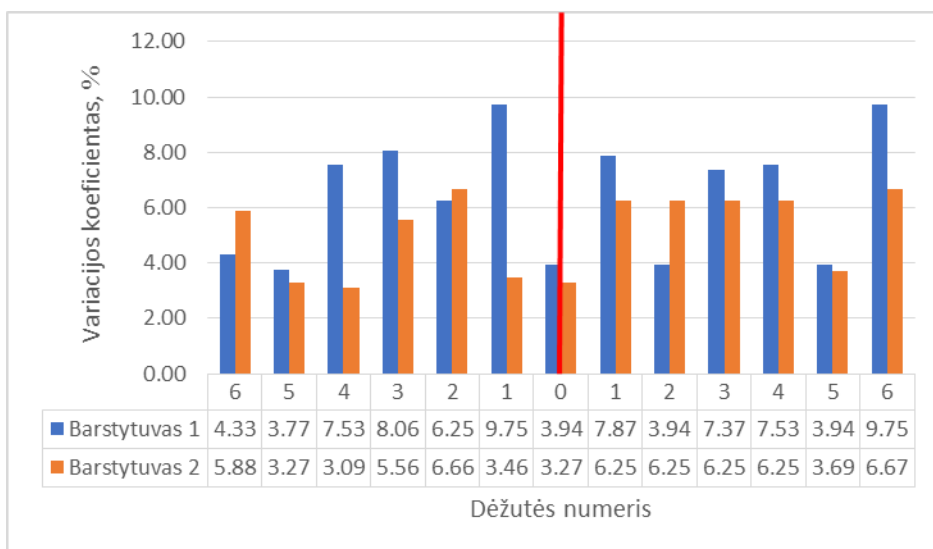
Atlikus bandymus buvo apskaičiuotos surinktų trąšų iš dėžučių aritmetiniai vidurkiai, standartiniai nuokrypiai, pasikliauties intervalai ir variacijos koeficientai.

1 paveikslėlyje parodyti bandymų rezultatai rodo, kad barstant 200 kg/ha „Barstytuvas 1“ trąšų kiekio vidurkis svyruoja nuo 7,67 g iki 9,33 g, o „Barstytuvas 2“ trąšų kiekio vidurkis svyruoja nuo 7,67 g iki 10 g.

2 paveikslėlyje parodyti bandymų rezultatai rodo, kad barstant 600 kg/ha „Barstytuvas 1“ trąšų kiekio vidurkis svyruoja nuo 13,33 g iki 15,67 g, o „Barstytuvas 2“ trąšų kiekio vidurkis svyruoja nuo 15 g iki 18,67 g.



3 pav. Apskaičiuoti variacijos koeficientai, kai trąšų norma 200 kg/ha



4 pav. Apskaičiuoti variacijos koeficientai, kai trąšų norma 600 kg/ha

3 paveikslėlyje apskaičiuoti variacijų koeficientai rodo, kad „Barstytuvas 1“ variacijos koeficientas šešiose dėžutėse viršijo leistina 10 % riba, o „Barstytuvas 2“ dvejose dėžutėse. Viršyta 10 % riba reiškia, kad duomenų sklaida yra per plati.

4 paveikslėlyje parodyti bandymų rezultatai rodo, kad barstant 600 kg/ha variacijos koeficientas nebuvo didesnis už 10 % nei su vienu barstytuvu. Tad darome išvadą, kad sklaida buvo tinkama.

Išvados

1. Išbarstytų kaulamilčių granulių paskleidimo netolygumas ir persidengimas priklauso nuo išbarstomos granulių normos. Bandymų rezultatai parodė, kad

didinant normą nuo 200 kg/ha iki 600 kg/ha trąšų variacijos koeficientas sumažėjo 2,67 %.

2. Lauko bandymų rezultatai parodė, kad eksperimentų metų bandytas cilindro formos granuliuotas trąšas galima barstyti naudojant išcentrinio barstymo mineralinių trąšų barstyklės.

Literatūra

1. Mašauskas, V. 2008. Aplinkosauga ir tręšimo planavimas. Prieiga per: [http://zum.lrv.lt/uploads/zum/documents/files/LT_versija/Naujiena/Leidiniai/Projekto_%E2%80%9ELietuva_be_kaimo-Lietuva_be_ateities%E2%80%9C_leidiniu_elektronines_versijos/ Aplinkosauga%20ir%20tr%C4%99%C5%A1imo%20planavimas.pdf](http://zum.lrv.lt/uploads/zum/documents/files/LT_versija/Naujiena/Leidiniai/Projekto_%E2%80%9ELietuva_be_kaimo-Lietuva_be_ateities%E2%80%9C_leidiniu_elektronines_versijos/Aplinkosauga%20ir%20tr%C4%99%C5%A1imo%20planavimas.pdf)
2. Pekarskas, J., Pocius, A., Čekanauskas, S., Godvaišis, T. 2013. Mokslinis tiriamasis projektas. Ekologiškų granuliuotų galvijų mėšlo trąšų gamybos, jų tręšimo būdų ir efektyvumo augalams tyrimai. Akademija.
3. Jotautienė, E., Bivainis, V., Zokaitis, K., Zinkevičienė, R. 2017. Investigation on geometrical particle parameters and aerodynamic features on granular manure fertilizers. *Engineering for rural development*. P. 1452–1457.
4. ASAE S341.5 2018. Procedure for Measuring Distribution Uniformity and Calibrating Granular Broadcast Spreaders. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. P. 1–8.

Santrauka

Straipsnyje pateikiami granuliuotų organinių trąšų naudojimo ir paskleidimo standartine išcentrine trąšų barstymo įranga tyrimų rezultatai. Tyrimo metu buvo laikomasi ASAE S341.5 standarto „Procedūros granuliuotų trąšų barstymui ir trąšų paskleidimo vienodumui atlikti“. Tyrimams buvo naudojamos vienos rūšies granuliuotos kaulų miltų trąšos, 2 skirtingų gamintojų trąšų barstytuvai. Išmatuota vidutinė vertė, standartinis nuokrypis ir variacijos koeficientas. Iš tyrimų rezultatų analizės nustatyta, kad išcentriniai trąšų barstytuvai gali būti naudojami granuliuotoms organinėms cilindro formos trąšoms paskleisti.

INVESTIGATION OF SPREADING GRANULAR BONE MEAL USING CENTRIFUGAL FERTILIZER SPREADERS

Summary

This paper provides the research results of granular organic fertilizers use and spread by standard centrifugal fertilizer spreading equipment. During research was following “Procedure for Measuring Distribution Uniformity and Calibrating Granular Broadcast Spreaders” ASAE S341.5 standard. For research were used one size granular bone meal fertilize, 2 different brand 2 discs centrifugal fertilize spreaders. There were measured mean value, standard deviation and coefficient of variation. From the analysis of the research results, it was determined that centrifugal fertilizer spreaders can be used to disperse (spread) granular cylindrical organic fertilizers.

Karolis Kirdeikis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. 370 63987686, el. paštas: kirdeikis.karolis@gmail.com

Eglė Jotautienė – VDU Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, prof. dr.; tel. 837752204, el. paštas: Egle.Jotautiene@vdu.lt

AUGALINĖS BIOMASĖS SKIRTINGŲ SANDĖLIAVIMO TECHNOLOGIJŲ Palyginamieji tyrimai

Arnas Gadliauskas, Aušra Čipliesnė

Ivadas

Visame pasaulyje ir Lietuvoje, vis daugiau dėmesio skiriama maisto produktų kokybei. Keičiasi žmonių mitybos įpročiai, žmonės daugiau renkasi natūralesnius maisto produktus. Todėl svarbu į rinką tiekti kokybišką ir saugų maistą.

Pastaruosius dešimt metų Europos Sąjungos šalyse vienas gyventojas per metus suvartoja apie 80 kg bulvių, Lietuvoje – apie 96 kg. 2018 m. Lietuvoje užauginta 296,2 tūkst. tonų bulvių [1], o vidutinis derlingumas siekė 15,46 t/ha [2].

Bulvių augintojų pagrindinis uždavinys yra išsaugoti užaugintą produkciją su kuo mažesniais masės nuostoliais. Svarbu išlaikyti sukauptą bioenergiją užaugintoje produkcijoje, kad sėklinės ir maistinės savybės nepablogėtų. Norint išlaikyti kokybišką augalinę biomasę reikia pasirinkti tinkamą sandėliavimo technologiją. Sultinga žemės ūkio produkcija gali būti sandėliuojama laikinuose, stacionariuose sandėliuose, šaldytuvuose arba sandėliuose su reguliuojama dujų sudėtimi. Patogesni ir dažniau naudojami stacionarūs sandėliai. Juose lengviau užtikrinti optimalų mikroklimatą sandėliuojamų daržovių sluoksnyje ir mechanizuoti darbus. Teigiama, kad tokio tipo sandėliuose gaunami mažesni produkcijos laikymo nuostoliai, mažesnės darbo sąnaudos ir produkcija galima ruošti visa jos naudojimo laikotarpį [3].

Bulvių sandėliuose naudojamos natūralios ir priverstinės ventiliacijos sistemos. Natūralioji ventiliacija susiformuoja dėl lyginamojo oro svorio skirtumų. Todėl šiltesnis oras kyla į viršų o šaltesnis užima jo vietą. Priverstinės ventiliavimo sistemos taikomos greitesniam oro judėjimui. Naudojant ventiliatorius oras gali būti ištraukiamas arba paduodamas į patalpą nepriklausomai nuo besikeičiančių oro sąlygų. Ekonominiu požiūriu mikroklimatą galima formuoti pusiau uždaroje aplinkoje. Tokioje aplinkoje naudojamas sandėlio ir lauko oro mišinys [4]. Dar naudojami sandėliai šaldytuvai. Esant poreikiui, biomasės atvėsinimui galima naudoti sandėlius šaldytuvus, kuriuose yra naudojamas dirbtinis šaltis.

Sandėliuojamai produkcijai optimalios laikymo sąlygos sukuriamos valdant tokius veiksnius, kaip temperatūra santykinis oro drėgnumas, ventiliavimo intensyvumas ir dujų sudėtis. Perdirbamos bulvės laikomos 6–10 °C, maistinės bulvės gali būti laikomi 4–10 °C temperatūroje, o sėkliniai gumbai laikomi 3–4 °C temperatūroje. Svarbu užtikrinti visame bulvių sampile vienodą temperatūrą. Sandėliavimo laikotarpiu santykinis oro drėgnis sandėlyje turėtų būti palaikomas nuo 90 iki 95 %, kad būtų patiriami kuo mažesni drėgmės nuostoliai dėl garavimo [5].

Tyrimų tikslas – įvertinti skirtingų sandėliavimo technologijų, sukuriama mikroklimato poveikį bulvių masės nuostoliams.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimas buvo pradėtas 2018 m. spalio 15 d. dviejų tipų bulvių sandėliuose esančiuose Kėdainių rajone juose buvo naudojamos skirtingos sandėliavimo technologijos ir baigtas 2019 m. vasario 8 d.

1 sandėlys. Palaido laikymo sandėlys, kuriame bulvės buvo laikomos kaupuose. Sandėlio ventiliacinę sistemą sudarė du ašiniai ventilatoriai ir nuo jų išvedžioti antžeminiai trikampiai mediniai ortakiai, sandėlio šoninėje sienoje ištraukimo anga su ašiniu ventilatoriumi. Ventiliacijos sistema valdoma rankiniu būdu. Ventilatorius būdavo pajungiamas periodiškai. Sandėlyje buvo suformuoti du bokšai, kuriuose laikomos skirtingų veislių bulvės vienam bokse sandėliuojama „Laura“, o kitame „Fakse“.

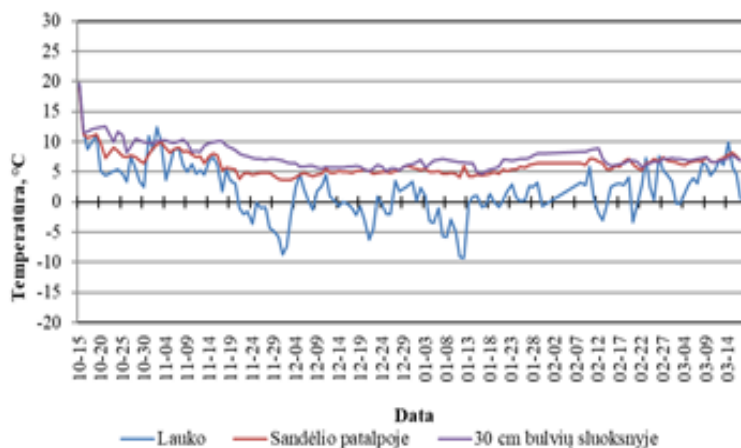
2 sandėlys. Konteinerinis sandėlis su automatizuota ventiliavimo sistema. Bulvės buvo laikomos 1,2 m aukščio ir 1,6 m pločio su 2 cm tarpais konteineriuose. Konteineriai buvo sustatyti vienas prie kito su 20 cm tarpais ir į aukštį po 5 konteinerius. Sandėlio mikroklimatas buvo valdomas su automatine ventiliavimo sistema. Sandėlyje buvo laikomos „Fakse“ veislės bulvės.

Tyrimo metu masės nuostoliams nustatyti kiekviename sandėlyje buvo išdėlioti $13,39 \pm 2,02$ kg svorio 6 bulvių maišų mėginiai, kurie periodiškai buvo sveriami. Bandymams naudotos svarstyklės „Sartorius“, kurių matavimo tikslumas $\pm 0,002$ kg. Pagal gautus rezultatus buvo nustatyti patiriami masės nuostoliai. Kiekvienam tiriamam sandėlyje buvo stebėtas sandėlio mikroklimatas. Tam tikslui buvo sudėti temperatūros ir drėgnio jutikliai *Microlite* (matavimo ribos -40 °C iki $+80$ °) fiksuojantys duomenis kas 10 min. Jutikliai buvo išdėlioti sandėliuojamų bulvių sluoksnyje, įkasant jutiklį apie 30 cm nuo sampilo viršaus. Sandėlyje virš produkcijos ir lauke stebėti aplinkos oro parametrus. Duomenų sisteminimas, analizė ir apdorojimas buvo atlikti Microsoft Excel programa, naudojant programinį paketą DATA ANALYSIS. Duomenų patikimumas įvertintas atliekant vienfaktorinę dispersinę analizę (ANOVA), mažiausias esminis skirtumas R apskaičiuotas prie $p < 0,05$ reikšmingumo lygio.

Rezultatai

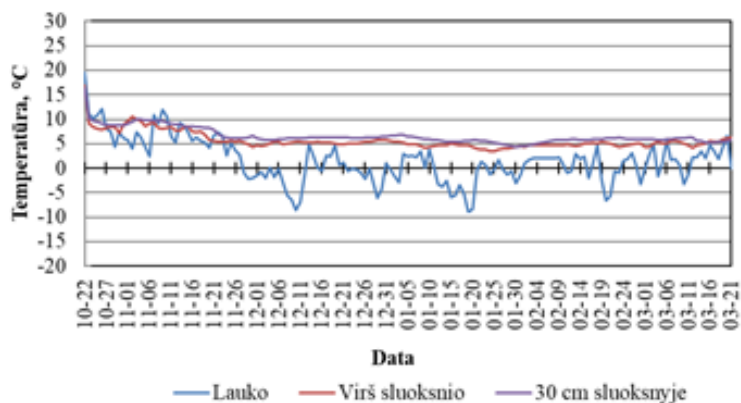
Visi tiriamieji sandėliai buvo be dirbtinio šaldymo įrangos, todėl juose sukurtam mikroklimatui didžiausią įtaką turi lauko meteorologinės sąlygos. Sandėliuose laikomos bulvės pagal savo paskirtį buvo maistinės, todėl rekomenduojama optimali laikymo metu temperatūra turi būti $3-5$ °C, o santykinis oro drėgnumas $90-95$ % [6].

Palaido laikymo sandėlyje, sandėlio patalpos temperatūra rekomenduojamą $+5$ °C pasiekė lapkričio 16 d., kai lauko temperatūra svyravo nuo $-1,78$ iki $+3,23$ °C (1 pav.). Nors sandėlio aplinkos temperatūra laikėsi gana stabili, bulvių sluoksnio temperatūra buvo $+7,48 \pm 0,85$ °C. Gruodžio 4 d. bulvių sluoksnio temperatūra pasiekė artimą optimalioms sąlygoms temperatūrą t. y. $+5,84 \pm 0,1$ °C.



1 pav. Palaido laikymo sandėlio temperatūros kitimas

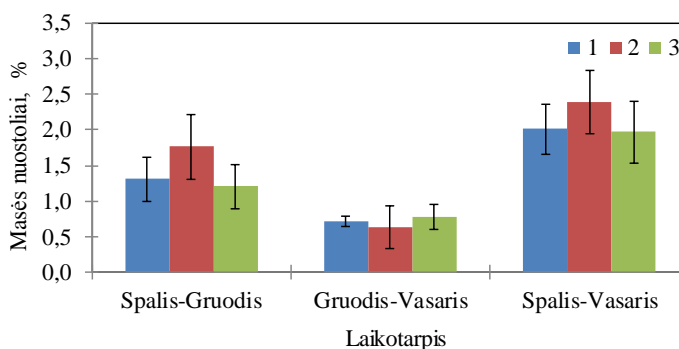
Konteineriniame sandėlyje su automatizuota ventiliavimo sistema (2 pav.) jau spalio 25 d. buvo pasiekta $+5,83 \pm 0,07$ °C temperatūra, t. y. 40 dienų anksčiau lyginant su pirmuoju sandėliu. Pagal tyrimų duomenis matome, kad optimali sandėliavimo temperatūra $+4,44 \pm 0,58$ °C sandėliuojamų bulvių sluoksnyje buvo nuo spalio 25 d. iki kovo 27 d. Tai reiškia, kad automatizuota ventiliavimo sistema, leido palaikyti reikiamą sandėlyje mikroklimatą net tada, kai lauke paros vidutinė temperatūra buvo aukštesnė už optimalią laikymo temperatūrą.



2 pav. Temperatūros kitimas konteineriniame sandėlyje su automatizuota ventiliavimo sistema

Tyrimų metu abiejuose sandėliuose buvo nustatinėjami patiriami laikomos produkcijos masės nuostoliai. Spalio–gruodžio mėnesiais didžiausi patiriami masės nuostoliai buvo palaido laikymo sandėlyje. „Laura“ veislės bulvių masės nuostoliai buvo 1,3 %, o Fakse veislės bulvių nuostoliai buvo 0,5 % didesni ir siekė 1,8 % (3 pav.). Konteineriniame sandėlyje su automatizuota ventiliavimo sistema pirmąjį periodą masės nuostoliai siekė 1,2 %. Palaido laikymo sandėlyje didesnius masės nuostolius galėjo lemti, tai, kad produkcijos atvėsinimas iki optimalios

temperatūros buvo apie 40 dienų ilgesnis. Literatūroje nurodoma, kad esant aukštesniai sandėliavimo temperatūrai vyksta intensyvesnis produkcijos kvėpavimas. José G. Garzon straipsnyje puikiai matomi kvėpavimo dažnio skirtumai prie skirtingų temperatūrų. Temperatūrai svyruojant nuo 14,4 iki 23,3 °C išsiskiriantis CO₂ kiekis svyruoja nuo 5,5 iki 9,9 mg CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹ [8].



3 pav. Sandėliuojamų bulvių masės nuostoliai sandėliavimo laikotarpiu: 1 – palaido laikymo sandėlyje bulvės „Laura“; 2 – palaido laikymo sandėlyje bulvės „Fakse“; 3 – konteineriniame sandėlyje su automatizuota ventiliavimo sistema bulvės „Fakse“

Gruodžio–vasario mėnesiais patiriami masės nuostoliai buvo beveik per pusę karto mažesni ir svyravo nuo 0,6 iki 0,8 %. Šiuo periodu mažesnius produkcijos masės nuostolius lėmė, palaikoma žemesnė sandėlio temperatūra. Tarp nustatytų patiriamų masės nuostolių nebuvo statistiškai patikimo skirtumo, kai $R_{(A0,05)} = 0,68$. Apibendrinant, galima teigti, kad sandėlys su automatine mikroklimato valdymo sistema greičiau pasiekiamos optimalios laikymo sąlygos, be to sandėlyje palaikoma pastovesnė temperatūra lyginant su ventiliacine sistema valdoma rankiniu būdu.

Išvados

1. Nustatyta, kad esant toms pačioms aplinkos oro sąlygoms konteineriniame sandėlyje su automatizuota ventiliavimo sistema $5,83 \pm 0,07$ °C temperatūra sluoksnyje, buvo pasiekta 40 dienų anksčiau lyginant su sandėliu su rankine ventiliacijos valdymo sistema.
2. Nustatyta, kad spalio-gruodžio mėnesiais didžiausi patiriami masės nuostoliai buvo palaido laikymo sandėlyje, „Fakse“ veislės bulvių masės nuostoliai buvo 1,8 %, o mažiausi masės nuostoliai buvo konteineriniame sandėlyje „Fakse“ veislės bulvių masės nuostoliai 1,2 %

Literatūra

1. Gricevič, V., Kilaitė, A. 2020. Lietuvos agrarinės ekonomikos instituto duomenys. [žiūrėta 2020-02-20] <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?theme=all?hash=052caddc-8148-4216-a896-b7297ebb8df7#/>
2. Kulvinskaitė, E. 2009. Bulvių masės mainai su aplinka tyrimai. *Jaunasis mokslininkas 2009* [interaktyvus] Akademija. [žiūrėta 2019-11-02]. Prieiga per internetą: <https://vb.vdu.lt/object/elaba:2078236/2078236.pdf>

3. Šmitaitis, V. 2015. Ortakių matmenų įtaka oro srauto pasiskirstymui ventiliacijos sistemose. *Jaunasis mokslininkas 2015* [interaktyvus] Akademija. [žiūrėta 2019-11-02]. Prieiga per internetą: <https://vb.asu.lt/object/elaba:13762095/13762095.pdf>
4. Pinhero, R. G., Yada, R. 2016. Postharvest Storage of Potatoes. Department of Food Science, University of Guelph, Ontario, Canada. [žiūrėta 2020-02-21] Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128000021000108>
5. *Bulvių ir daržovių sandėlių technologinio projektavimo taisyklės*, patvirtintos Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministro įsakymu, 2012 m. liepos 9 d. Nr. 3D-572
6. Garzon, J. G., Boyette, M. D. 2011. Modeling Respiration Rate of Five Varieties of Sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) at Different Temperature Ranges by Applying the Mass Balance Principle. Department of Biological and Agricultural Engineering, North Carolina State University, Raleigh, [žiūrėta 2020-02-20]. Prieiga per internetą: <http://sweetpotatoveiltilation.com/wp-content/uploads/2016/01/modeling.pdf>

Santrauka

Bulvės dėl savo unikalios cheminės sudėties naudojamos maisto, farmacijos pramonėje, bioenergetikos ir kitose srityse. Tai augalai, kurie labai plačiai naudojami Lietuvoje ir kitose šalyse. Todėl svarbu į rinką tiekti kokybišką ir saugią produkciją. Bulvių augintojų pagrindinis uždavinys yra išsaugoti užaugintą produkciją su kuo mažesniais masės nuostoliais.

Tyrimo metu buvo tiriamos skirtingos sandėliavimo technologijos. Bulvės buvo sandėliuojamos dviejų tipų sandėliuose: 1) rankinių būdu valdoma ventiliacijos sistema 2) automatinė ventiliacijos sistema.

Nustatyta, kad esant vienodoms aplinkos oro sąlygoms konteineriniame sandėlyje su automatizuota ventiliavimo sistema $5,83 \pm 0,07$ °C temperatūra sluoksnyje, buvo pasiekta 40 dienų anksčiau lyginant su sandėliu su rankine ventiliacijos valdymo sistema.

Greičiau pasiekus optimalias laikymo sąlygas sandėlyje su automatinė ventiliavimo sistema spalio-gruodžio mėnesi nustatyti mažesni „Fakse“ veislės bulvių masės nuostoliai 1,2 %, o sandėlyje su rankiniu būdu valdoma ventiliacijos sistema „Fakse“ veislės bulvių masės nuostoliai buvo – 1,8 %.

PLANT BIOMASS OF DIFFERENT STORAGE TECHNOLOGY COMPARATORS RESEARCH

Summary

Potatoes for its unique chemical composition used in the food, pharmaceutical industry, bioenergy and other fields. These are plants that are widely used in Lithuania and other countries. Therefore, it is important to market supply quality and safe products. Potato growers' main task is to keep products grown with a minimum of weight loss.

During the investigation different storage technologies were investigated. Potatoes were stored in two types of warehouse:

1. Manual ventilation system
2. Automatic ventilation system.

It was found that under uniform ambient weather conditions in a container warehouse with automatic ventilation system temperature of 5.83 ± 0.07 °C was reached 40 days earlier compared to warehouse with manual ventilation control system.

The faster you reach the optimum storage conditions for stock with an automatic ventilation system in October-December to set lower "fax" variety potato weight loss of 1.2%, while the stock with manually operated ventilation system "fax" varieties of potato weight loss was - 1.8%.

Arnas Gadliauskas – VDU ŽUA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 68932507, el. p. arnasgad@gmail.lt

Aušra Čiplienė – VDU Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr.; tel. +370 61120194, el. p. Ausra.cipliene@vdu.lt

ORGANINIO GRANULINIO MULČIO FIZINIŲ RODIKLIŲ TYRIMAS

Valdas Jeskevičius, Jonas Čėsna, Algirdas Jasinskas, Sidona Buragienė

Išvadas

Žemės ūkio produktų gamybos kaštai labai priklauso nuo žemės dirbimo būdo. Žemės dirbimo technologijos parinkimas priklauso nuo planuojamų auginti žemės ūkio augalų rūšies, priešsėlio, turimo žemės dirbimo mašinų parko, dirvožemio fizikinių-mechaninių savybių, meteorologinių sąlygų, daugiamečių tradicijų ir kitų veiksnių [1,4]. Taikant įprastinį žemės dirbimą, didesnė tikimybė gauti didesnę augalų derlių, o taikant supaprastinto žemės dirbimo technologijas gaunamos mažesnės išlaidos, draugiškesnis poveikis dirvai ir aplinkai, geresnis energinis efektyvumas [1].

Piktžolės yra laukiniai žoliniai augalai, kurie savaiminiu būdu auga dirbamuose laukuose, pievose ir ganyklose, soduose, daržuose, nes per ilgą laiką prisitaikė prie nuolatinio dirvos purenimo, šienavimo ar ganymo, žemės ūkio augalų kaitos. Viena svarbiausių priemonių mažinant laukų piktžolėtumą yra apsauga nuo dirvos užteršimo piktžolių sėklomis. Žemės ūkyje pastoviai naudojamos mineralinės trąšos ir cheminės augalų apsaugos priemonės prisideda prie įvairių neigiamų veiksnių atsiradimo: dirvožemio degradacijos, biologinės įvairovės mažėjimo bei aplinkos taršos didėjimo [2]. Mulčiavimas – tai dirvos paviršiaus pridengimas įvairiomis medžiagomis: žole, durpėmis, šiaudais, skaidria arba juoda ūkine plėvele ir kt. [3,5].

Lietuvoje nemažai tyrimų atlikta tiriant supaprastintas žemės dirbimo technologijas agronominiais, dirvosauginiais ar aplinkosauginiais aspektais, tačiau pasigendama tyrimų, įvertinančių įvairias technologijas energiniais ir ekonominiais aspektais.

Tyrimų tikslas – išanalizuoti organinio granulinio mulčio fizines savybes ir įvertinti jų liekamąjį įtaką dirvožemio fizikinėms–mechaninėms savybėms.

Darbo uždaviniai:

1. Ištirti įvairios sudėties granuliu atsparumą gniuždymui.
2. Ištirti granulinio mulčio liekamąjį poveikį dirvožemio kietumui.

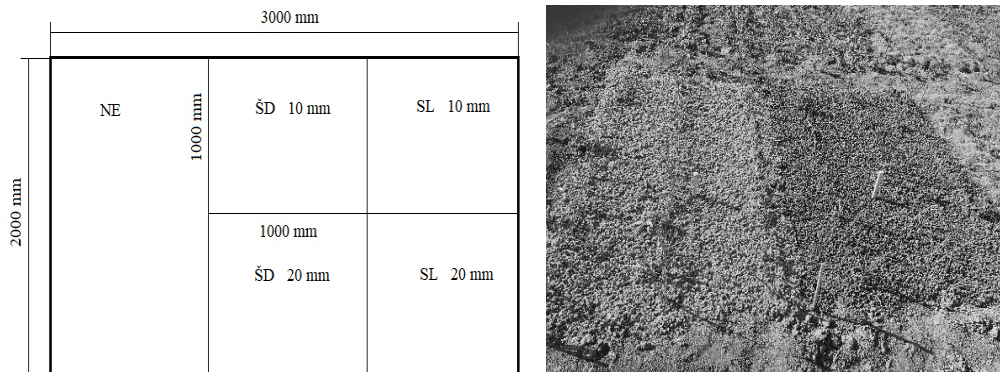
Tyrimų objektas ir metodika

Piktžolių naikinimo efektyvumo tyrimas atliktas Vytauto Didžiojo universiteto, Žemės ūkio akademijos bandymų stotyje. Eksperimento dirvožemis buvo paprastasis, giliau glėjiškas išplautžemis. Mulčiavimo tyrimai buvo vykdomi naudojant skirtingus mulčius ir skirtingus jų padengimo sluoksnius, kurių sudėtis buvo tokia (1 pav.):

1. Nemulčiuota (NE).
2. Kviečių šiaudų granulės (ŠD), esant skirtingiems mulčio storio sluoksniams, 10 mm ir 20 mm.

3. Saulėgražų lukštų granulės (SL), esant skirtingiems mulčio storio sluoksniams, 10 mm ir 20 mm.

Visuose laukeliuose buvo augintas valgomasis svogūnas (*Allium cepa* L.). Nenaudoti pesticidai, netręšta. Eksperimentinio laukelio ilgis – 2 m, plotis – 3 m. Apskaitinio laukelio ilgis – 1 m, plotis – 1 m, plotas 1 m². Svogūnai pasodinti 2019 m. pavasarį gegužės 3 dieną. Mulčius dėtas augalams pradėjus dygti gegužės 18 d. Derlius nuimtas rugpjūčio 3 d. Viso apskaitinio laukelio derlius buvo pasvertas ir perskaičiuotas į derlingumą.



1 pav. Pasėlio kuriame buvo atliktas bandymas schema

Tiriamų granulinių mechaninėms savybėms nustatyti naudota INSTRON 5965 bandymo įranga [6]. Kiekvienam bandymui buvo atrenkamos granulės, kurios atitiktų standartuose nurodytą drėgnį, skersmenį (mm) ir ilgį (mm). Bandymai atliekami granules pastatant ant horizontalios plokštumos ir spaudžiama vertikalia apkrova.

Granulių drėgniui nustatyti buvo naudojama įranga: sunumeruoti indeliai, svartsklės KERN ABJ bei džiovinimo kamera MEMMERT SFP 600.

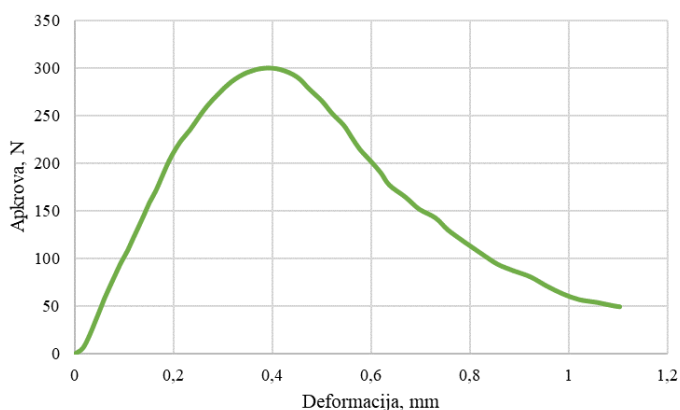
Dirvos kietis (iki 45 cm gylio) matuotas elektroniniu kietmačiu „Eijkelkamp“. Zondavimo strypas prijungiamas prie smūgių amortizatoriaus po kietmačiu. Spaudžiant kūginį antgalį į dirvą vidinis ultragarsinis kietmačio jutiklis tiksliai registruoja gylį iki 40 cm tam panaudojant gylio referentinę plokštelę. Kiekviename laukelyje daromi penki dirvos kietis matavimai. Užregistruoti pasipriešinimo skverbimuisi į dirvą duomenys išsaugomi kietmačio duomenų kaupiklyje, iš kurio tyrimų duomenys perkeliama į kompiuterį ir apdorojami specialiomis programomis.

Tyrimų rezultatai

Granulių atsparumas gniuždymui yra viena iš svarbiausių mechaninių savybių jas transportuojant bei sandėliuojant. Atlikus organinių granulinių atsparumo gniuždymui tyrimus, buvo gauti rezultatai, kurie pateikti 2 pav. ir 3 pav. grafikuose.

Atliekant bandymus su granulėmis buvo nustatoma pradinė deformacija ir jėgos vertė prie kurios jos suyra. Saulėgražų lukštų granulė pradėjo gniuždytis, esant 6 N

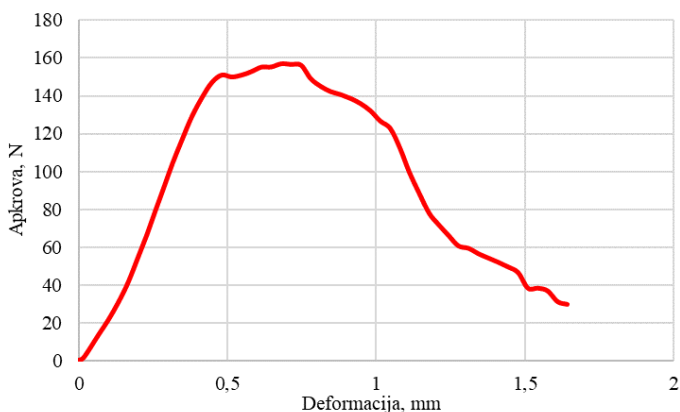
apkrovos jėgai. Pasiekus 300 N jėgą, granulė deformavosi. Apkrovos didėjimas ir deformacija gniuždymui vyko iki 0,4 mm, po to granulė palaipsniui suiro (2 pav.)



2 pav. Saulėgražų lukštų granulių atsparumo gniuždymui tyrimas

Kviečių šiaudų granulių gniuždymas prasidėjo esant 3,5 N jėgai ir pradėjo deformuotis prie 156 N jėgos (3 pav.). Apkrova didėjo ir granulė deformavosi iki 0,7 mm, po to granulė suiro.

Granulės gali sugerti net ir nedidelį vandens kiekį, gali išbrinkti, suirti ir vėl virsti į pradinę būseną kaip ir prieš granuliavimą. Tyrimų rezultatai rodo, kad skirtingų rūšių granulių drėgniai skiriasi vienas kito atžvilgiu. Gauti granulių drėgniai pateikti 1 lentelėje.



3 pav. Kviečių šiaudų granulių atsparumo gniuždymui tyrimas

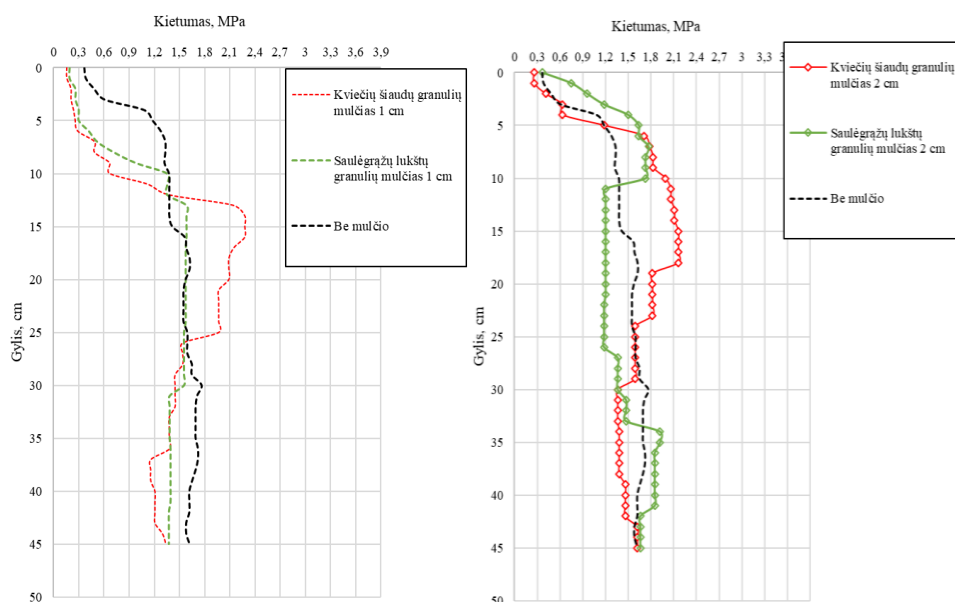
Atlikus bandymus nustatyta, kad drėgniausios buvo saulėgražų lukštų granulės – 7,49 %, nežymiai mažesnio drėgnio (2,6 %) buvo kviečių šiaudų granulės – 7,30 %.

1 lentelė. Ištirtų granulių drėgnio vidurkiai

Granulės	Pakartojimai			Ėminių vidutinis drėgnis
	1	2	3	$w1 \pm \Delta y, \%$
Saulėgrąžų lukštų granulės	7,29	7,56	7,61	$7,49 \pm 0,32$
Kviečių šiaudų granulės	7,19	7,4	7,3	$7,30 \pm 0,19$

Ištirus mulčio sluoksnio storio įtaką dirvožemio kietumui nustatyta, kad dirvožemio kietumas mažėjo kviečių šiaudų granulių įterptame (10 mm) sluoksnyje iki 12 cm dirvožemio sluoksnio (4 pav.).

Analizuojant (20 mm) mulčio sluoksnio storio įtaką dirvožemio kietumui nustatyta, kad dirvožemio kietumas iki 5 cm mažesnis gautas įterpiant kviečių šiaudų granulių mulčių. Toliau šis skirtumas akivaizdžiai kito.



4 pav. Organinių mulčių sluoksnio storio liekamasis poveikis dirvožemio kietumui, esant skirtingam granulių padengimo sluoksniui

Esminis skirtumas buvo pastebėtas, kad skirtingais granulių padengimo sluoksniais dirvos kietumas nuo 12 cm gylio gaunamas mažesnis naudojant saulėgrąžų lukštų granulių mulčių.

Išvados

1. Organinių granulių atsparumo deformacijai ir suirimo jėgai rezultatai rodo, kad išorinėms jėgoms atsparesnės yra saulėgrąžų lukštų granulės, kurios deformuojasi ir suyra prie 300 N jėgos.
2. Ištirus organinių granulių drėgnį, nustatyta, kad lyginant su kviečių šiaudų granulėmis, 2,6 % drėgnesnės buvo saulėgrąžų lukštų granulės.

3. Eksperimentiniais tyrimais nustatyta, kad mažiausias kietis mažesniuose dirvos sluoksniuose (0–5 cm) buvo naudojant kviečių šiaudų granulių mulčių.

Literatūra

1. Šarauskis, E. 2017. Žemės dirbimas: energinis, aplinkosauginis ir ekonominis vertinimas. *Ma-no ūkis*, 2017, vasaris.
2. Diacono, M., & Montemurro, F. 2011. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. In *Sustainable Agriculture*, Vol. 2 (pp. 761-786). Springer, Dordrecht.
3. Lazauskas, P., Pilipavičius, V., Kučinskas, J., Danilčenko, H., Jarienė, E., Pranckietis, V., Kazlienė, O. 2008. *Ekologinis žemės ūkis*. LŽŪU.
4. Rimkus, E., & Bukantis, A. 2008, October. Climate change in Lithuania. In *Climate change and forest ecosystems: international scientific conference*, pp. 22–23.
5. Jodaugienė, D. et al. 2016. Organinių mulčių poveikis dirvožemio savybėms. *Žemės ūkio mokslai*, t. 23, nr.3, p. 114–122.
6. Jasinskas, A., Mioldažys, R., Pekarskas, J., Čekanauskas, S., Machalek, A., & Souček, J. 2017. The assessment of organic and natural magnesium mineral fertilizers granulation and the determination of produced pellet properties. In *International scientific conference Rural Development*, 2017, pp. 306–311.

Santrauka

Vienas iš pagrindinių žemės ūkio uždavinių – žemės ūkio augalų derliaus padidinimas. Didinant derlių susiduriama su kliūtimi, tai yra laukų piktžolėtumu. Palankiausių dirvos derlingumo didinimo veiksnių yra mulčiavimas. Šio darbo tikslas buvo išanalizuoti organinio granulinio mulčio fizines savybes ir įvertinti jų liekamąją įtaką dirvožemio fizikinėms-mechaninėms savybėms. Eksperimentiniais tyrimais nustatyta, kad didžiausią atsparumą gniuždymui turi saulėgrąžų lukštų granulės, tai ypač aktualu transportuojant granules. Organinių mulčių sluoksnio storio liekamasis poveikis dirvožemio kietumui parodė, kad mažiausias kietis paviršiniuose dirvos sluoksniuose (0–5 cm) buvo naudojant kviečių šiaudų granulių mulčių.

INVESTIGATION OF PHYSICAL INDICATORS OF ORGANIC MULCH

Summary

One of the main tasks of agriculture is to increase the yield of agricultural crops. There is an obstacle to increasing yields, which is the weediness of the fields. The most favorable factor in increasing soil fertility is mulching. The aim of this work was to analyse the physical properties of organic granular mulch and to evaluate their residual influence on the physical-mechanical properties of the soil. Experimental researchers found when sunflower husk pellets had the highest compressive strength, as well as particularly relevant transport pellets. The residual effect of organic mulch layer thickness on soil hardness, with the lowest hardness in smaller soil layers (0–5 cm), was in use of wheat straw pellet mulch.

Valdas Jeskevičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 632 24442, el. paštas: valdas.jeskevicius@vdu.com

Jonas Česna – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų institutas, doc. dr.; tel. + 370 37 752332, el. paštas: jonas.cesna@vdu.lt

Algirdas Jasinskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutas, prof. dr.; tel. +370 37 752376, el. paštas: algirdas.jasinskas@vdu.lt

Sidona Buragienė – VDU ŽŪA Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų institutas; vyr. laborantė; tel. +370 37 752229, el. paštas: sidona.buragiene@vdu.lt

ŽALIAVOS ĮTAKA BIOMASĖS GRANULIŲ PATVARUMUI IR ENERGINĖMS SAVYBĖMS

Urtė Stulpinaitė, Vita Tilvikienė

Įvadas

Šiomis dienomis viena svarbiausių temų Lietuvoje ir visame pasaulyje yra klimato kaita. 2015 metais gruodžio 12 dieną Paryžiuje buvo priimtas visuotinis susitarimas dėl klimato kaitos mažinimo, kurio tikslas dėti visas pastangas, kad vidutinės temperatūros kitimas pasaulio mastu nepadidėtų daugiau kaip 1,5 °C [1]. Daugiausia teršalų į aplinką išskiria įvairios gamyklos ir automobiliai, žemės ūkio veikla, tačiau maža dalimi prie to prisideda ir šilumos sistemos. Lietuvoje bei pasaulyje jau apstu biokuro deginimo ir gamybos technologijų, kurios leidžia naudoti visas miško, gyvūninės kilmės, maisto atliekas [2]. Biokuro išteklių kol kas yra pakankami, bet didėjant jo poreikiams gali susidaryti žaliavų deficitas. Atsižvelgiant į tai, būtina ieškoti žaliavų, tinkančių šilumos gamybai, prisidedančių prie bioekonomikos plėtros, gerinančių aplinkosauginius reikalavimus, o tuo pačiu ir prisidedančių prie energetinio saugumo ir ekonominio augimo [3].

Siekiant prisidėti prie šių tikslų žiedinės bioekonomikos augimo, tikslinga, kad kaip biokuro gamybai būtų naudojamos įvairios atliekos [4]. Viena tokių atliekų – ažuolo pjuvenos. Ažuolas daugiausiai naudojamas baldų gamyboje, dėl to susidaro dideli kiekiai jo atliekų – pjuvenų. Dėl savo energetinių savybių tai yra puiki žaliava energetikoje – turi aukštą šilumingumo lygį, sudeginus susidaro mažai pelenų. Didžiausia ažuolo pjuvenų problema yra nepakankamas iš jų pagamintų granulinių patvarumas, todėl tai sukelia problemų granulinių gamybos ir transportavimo metu. Vienas iš būdų kaip pagerinti pjuvenų patvarumą, maišyti jas su kitomis žaliavomis savo sudėtyje turinčiomis lignino ar kitų lipnių medžiagų, kurios gali padėti pagerinti granulinių patvarumą bei pagerinti ar bent nepabloginti jų energetinių savybių.

Problematika – iš kietosios medienos pjuvenų pagamintos granulės yra nepatvarios transportavimui, greitai suyra, todėl būtina ieškoti būdų jų patvarumui padidinti.

Tyrimų tikslas – įvertinti skirtingos biomasės ir jos mišinių įtaką granulinių patvarumui ir energinėms savybėms.

Tyrimų uždaviniai:

1. Nustatyti drėgmės kiekį skirtingose žaliavose.
2. Įvertinti granulinių gamybos būdą, įtaką jų patvarumui ir kokybei.
3. Nustatyti degimo metu išsiskiriančios energijos ir pelenų kiekį.

Tyrimų objektas ir metodika

Darbo tyrimo objektas – ažuolo pjuvenų pagamintos maišant skirtingas žaliavas su skirtingomis procentinėmis koncentracijomis. Tyrimams naudotos 5 skirtingos organinės žaliavos (ažuolo pjuvenos, bulvių lupenos, ligninas, drambliažolė ir linų sėmenų aliejaus išspaudos) ir jų mišiniai.

1 lentelė. Žaliavos ir jų mišiniai

Žaliavos	Mišinių maišymo procentinės dalys
Ligninas + ažuolo pjuvenos	20 % / 80 %
	50 % / 50 %
	80 % / 20 %
Linų sėmenų aliejaus išspaudos + ažuolo pjuvenos	20 % / 80 %
	50 % / 50 %
	80 % / 20 %
Bulvių lupenos + ažuolo pjuvenos	20 % / 80 %
	50 % / 50 %
	80 % / 20 %
Dramblyžolė + ažuolo pjuvenos	20 % / 80 %
	50 % / 50 %
	80 % / 20 %

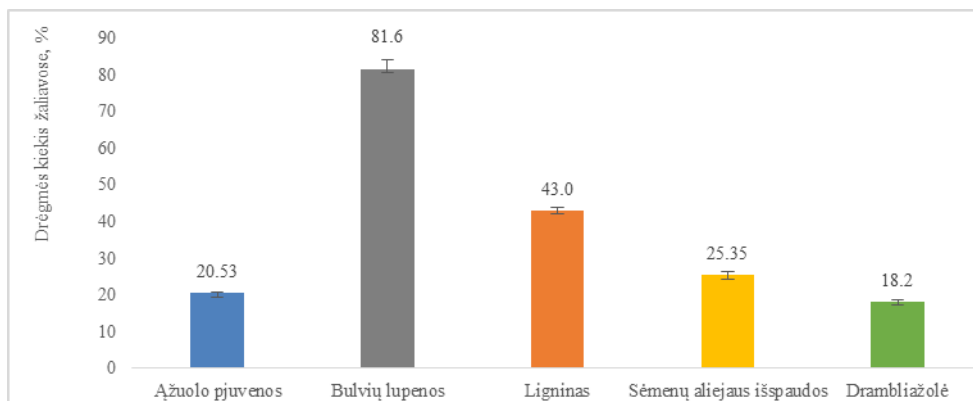
- 1 Drėgmės kiekio nustatymas. Drėgmės kiekis nustatytas naudojant Thermo Fisher scientific džiovavimo spintą tyrimas atliktas pagal standartą LT 14774-1:2010.
- 2 Pelenų kiekio nustatymas. Pelenų kiekio nustatymui buvo naudojama deginimo krosnis SNOL tyrimas atliktas pagal standartą LT 14775: 2010.
- 3 Granulių šilumingumo ir patvarumo nustatymai. Šilumingumo nustatymas buvo atliekamas naudojant IKA 2000 pagal standartą LT 14918, granulių patvarumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$D_U = \frac{m_A}{m_E} \cdot 100,$$

čia: D_U – granulių patvarumas, %; m_E – granulių masė prieš patvarumo tyrimą, g; m_A – granulių masė po tyrimo, g.

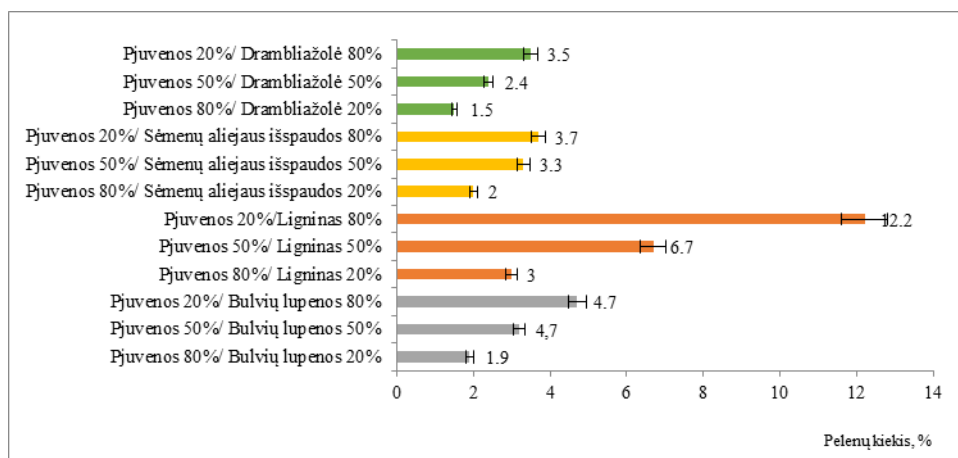
Rezultatai

Siekiant užtikrinti gerą žaliavos laikymąsi ir efektyvų granuliavimo procesą, būtina, kad visos žaliavos būtų ne drėgnesnės nei 11 %. Atlikus tyrimus nustatyti drėgmės ir pelenų kiekio skirtumai granulėse, pagamintose iš skirtingų žaliavų (1 pav.). Didžiausias drėgmės kiekis buvo bulvių lupenose, kuris siekė net 81,6 %, mažiausias dramblyžolė 18,2 %. Palyginus su kitų mokslininkų darbais lignino drėgmės kiekis buvo nuo 1–50 %, o šiame tyrime 43,0 % [6]. Atsižvelgiant į tai, galime teigti, kad visoms žaliavoms yra būtinas džiovinimas prieš granuliavimą.



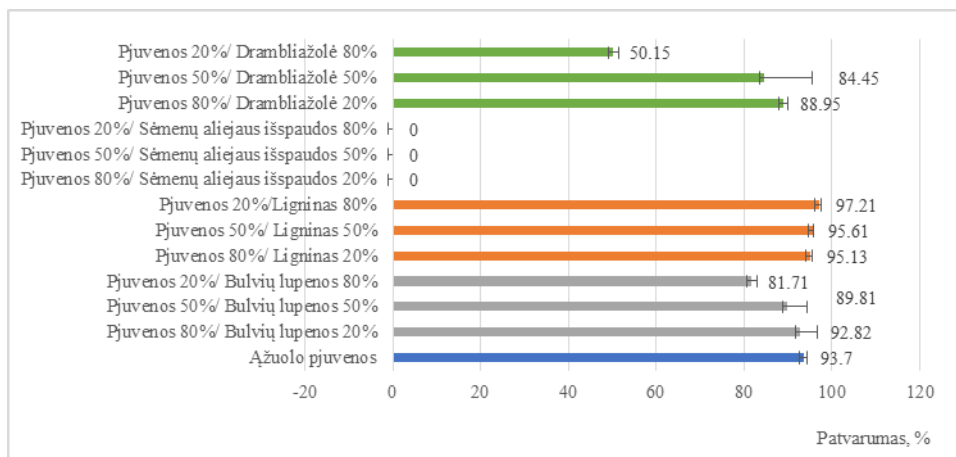
1 pav. Drėgmės kiekis skirtingose žaliavose

Pagal nustatymą standartą pelenų kiekis biokure negali viršyti 2 %. Išanalizavus pelenų kiekį mišiniuose pastebėta, kad didžiausias pelenų kiekis nustatytas mišinyje „ąžuolo pjuvenų 20 % ir lignino 80 %“ – 12,2 %, tuo tarpu mažiausias „ąžuolo pjuvenų 80 % ir drambliažolės 20 %“ – 1,5 %. Standartiniam pelenų kiekiui dar būtų galima priskirti ir 80 % ąžuolo pjuvenų ir 20% bulvių lupenų mišinį, kadangi šio mišinio peleningumas yra 1,9 %. Palyginus su kitų mokslininkų atliktais tyrimais pelenų kiekis drambliažolėje skiriasi 1 % [7].



2 pav. Pelenų kiekis skirtinguose mišiniuose

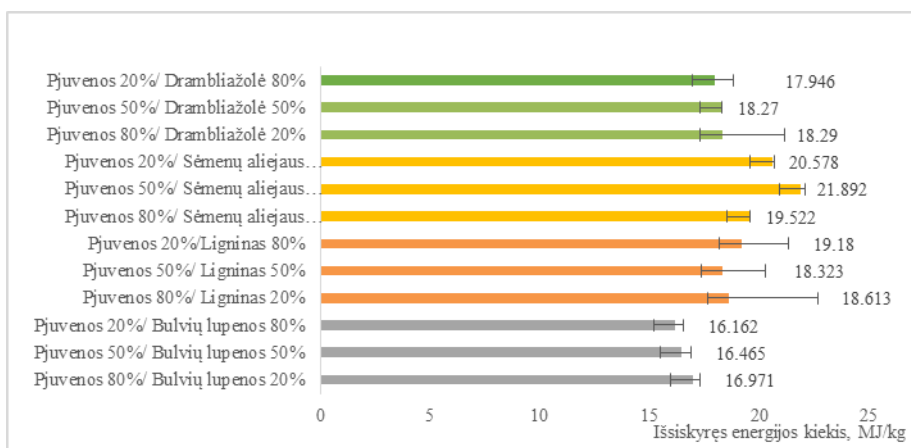
Pagal BALTPOOL biokuro granulių reikalavimus granulių patvarumas negali būti mažesnis nei 97,5 % nuo naudojamos masės [8]. Įvertinus skirtingų mišinių granulių patvarumą pastebėta, kad patvariausios granulės mišinyje „ąžuolo pjuvenos pjuvenų 20 % ir Lignino 80 %“ – 97,21 %, o pačios nepatvariausios, kurių patvarumas, net nebuvo įvertintas, kadangi granulės iš karto iro buvo ąžuolo pjuvenų ir linų sėmenų aliejaus išspaudų visuose mišiniuose.



3 pav. Granulių patvarumo nustatymas

Palygus rezultatus su kitų mokslininkų atliktais tyrimais, pastebėta, kad granulių iš biomasės patvarumas siekė tik 93 % [9].

Šilumingumas yra energijos kiekis, kuris išsiskirs visiškai sudeginus 1kg kietojo kuro. Įvertinus skirtingų mišinių šilumingumą, matome, kad didžiausias šilumingumas deginant „ąžuolo pjuvenos 50 % linų sėmenų aliejaus išspaudos“ 50 % kuris yra 21,892 MJ/kg.



4 pav. Granulių šilumingumo nustatymas

Atlikus tyrimus nustatyta, kad patvariausios ąžuolo pjuvenos sumaišytos su ligninu, tačiau didžiausiu šilumingumu pasižymėjo mišiniai su sėmenų aliejaus išspaudomis, todėl tikslinga būtų įvertinti platesnį mišinių spektrą.

Išvados

1. Visos žaliavos reikalauja papildomų energijos sąnaudų, kadangi jas reikia džiovinti.
2. Pelenų kiekis ažuolo pjuvenų 80 % ir drambliažolės 20 % mišinyje – 1,5 %, tai atitinka nustatytą standartą, kuris negali viršyti 2 %.
3. Patvariausios granulės buvo maišant ažuolo pjuvenas su ligninu, o mišinio su linų sėmenų aliejaus išspaudomis patvarumas nebuvo nustatomas, nes granulės iškarto ėmė irti.
4. Didžiausias šilumingumo kiekis buvo maišant ažuolo pjuvenos 50 % ir linų sėmenų aliejaus išspaudos 50 %.

Literatūra

1. Adoption of the Paris agreement. 2015. [žiūrėta 2020-01-17]. Prieiga per internetą: <<https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109.pdf>>
2. Gaigalis, V., Katinas, V. 2019. Analysis of the renewable energy implementation and prediction prospects in compliance with the EU policy : A case of Lithuania. *Renew Energy*. doi: 10.1016/j.renene.2019.11.091
3. Fairbrother, M., Johansson, I., Kulin, J. 2019. Political trust and the relationship between climate change beliefs and support for fossil fuel taxes : Evidence from a survey of 23 European countries. *Glob Environ Chang* 59:102003. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2019.102003
4. Czekala, W., Bartnikowska, S., Dach, J., et al. 2018. *Accepted Manuscript*. doi: 10.1016/j.energy.2018.06.090
5. LIETUVOS STATISTIKOS DEPARTAMENTAS. [interaktyvus] [žiūrėta 2019-12-08]. Prieiga per internetą: <https://enmin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-3/atsinaujinantys-energijos-istekliai/statistika>
6. Martinaitis, V., Lukoševičius, V. 2014. *Šilumos gamyba deginant kurą*. Vilnius.
7. Genutis, A., Navickas, K., Stepanas, A. 2008. *Kietojo biokuro ir biudujų inžinerija*. Akademijska.
8. Haverly, M. R., Ghosh, A., Brown, R. C. 2020. The effect of moisture on hydrocarbon-based solvent liquefaction of pine, cellulose and lignin. *Journal of analytical and applied pyrolysis*. Vol 146.
9. Vigliaturo, R., Kehsli, D., Garra, P., Dieterlen, A., Trouve, G., Dietze, V., Wilson, J. P., Giere, R. 2019. Opaline phytoliths in miscanthus sinensis and its cyclone ash from a biomass-combustion facility. *Industrial crops and products*. Vol. 139.
10. BALTPPOOL. [interaktyvus] Sūduvos gidas.lt [žiūrėta 2019-04-11]. Prieiga per internetą: <https://suduvosgidas.lt/litbioma-direktore-v-gaubyte-isrinkta-i-europos-biomases-energetikos-aso-ciacijos-aebiom-valdyba/>

Santrauka

Šiais laikais viena didžiausių problemų pasaulyje yra klimato kaita. Svarbus uždavinys yra užkirsti kelią vidutinio pasaulio temperatūros pokyčio padidėjimui daugiau kaip 1,5 °C, palyginti su iki pramoniniu laikotarpiu. Todėl turime rasti alternatyvų, kurie padėtų sustabdyti šį procesą, ir vienas iš būdų yra pakeisti kurą į biokurą šildymo sistemose. Lietuva šildymui naudoja gana didelį biomasės kiekį, tačiau tikimasi, kad biomasės likučių panaudojimas galėtų būti dar pelningesnis ir nekenksmingas aplinkai. Straipsnyje pateikiami 5 skirtingų biomasės mišinių pelenų, drėgmės kiekio nustatymai taip pat šilumingumas, granuliu patvarumas. Tyrimas buvo atliekamas Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos laboratorijoje ir Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro agrobiologijos laboratorijoje. Tyrimai buvo atliekami trimis pakartojimais, rezultatai ren-

kami ir vėliau statistiškai apdorojami. Tyrimo rezultatai atskleidė skirtingų organinių žaliavų mišinių šilumingumą bei patvarumą mechaniniam poveikiui.

THE INFLUENCE OF RAW MATERIALS ON THE QUALITY OF BIOMASS PELLETS

Summary

Nowadays, One of the biggest problems in the world is climate change. An important challenge is to prevent the increase in global average temperature change by more than 1.5°C from pre-industrial levels. We therefore need to find alternatives to stop this process, and one way is to use biofuels at heating systems. Lithuania uses quite a large amount of biomass for heating, but it is expected that the use of biomass residues could be even more profitable and environmentally friendly. The paper presents the determination of ash, moisture content of 5 different biomass mixtures as well as heat value, pellet durability of the mixtures. The research was carried out in the laboratory of Vytautas Magnus University, the Academy of Agriculture and in the Laboratory of Agrobiological of the Lithuanian Center of Agrarian and Forest Sciences. The tests were performed in triplicate, and the results were collected and subsequently statistically processed. MJkg⁻¹. In the end, this analysis revealed the calorific value of the various organic raw material mixtures.

Urtė Stulpinaitė – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantė; tel. +370 63620394, el. paštas: urte.stu@gmail.com

Vita Tilvikienė – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų institutas, doc. dr.; tel. + 370 62084643, el. paštas: vita.tilvikiene@lammc.lt

TRIKOMPONENČIŲ DEGALŲ ĮTAKA DYZELINIO VARIKLIO DARBO EFEKTYVUMUI IR DEGINIŲ EMISIJOS RODIKLIAMS

Vytautas Petrauskas, Tomas Mickevičius

Įvadas

Šiuolaikinėje visuomenėje dėl nuolat vykstančios globalizacijos procesų susiduriama su vis didėjančiu energijos poreikiu įvairiose srityse [1]. Didėjantis energijos poreikis, naftos atsargų mažėjimas, pasaulinių degalų kainų nestabilumas ir globalinio atšilimo problema skatina ieškoti kitų energijos šaltinių, ir visų pirma atsinaujinančių. Vieni iš pagrindinių iškastinių degalų vartotojų yra vidaus degimo varikliai. Dėl didesnio naudingumo koeficiento ir patikimumo komercinio transporto ir traukos mašinose dažniausiai naudojami dyzeliniai varikliai.

Daugelyje šalių plačiausiai naudojami biodegalai dyzeliniams varikliams yra biodyzelinas, t. y. augalinių aliejų metilo ar etilo esteriai [2]. Biokomponentų, kaip naftos degalų pakaitalų, naudojimas yra svarbi ne tik Europos Sąjungos, bet ir visų kitų valstybių energetikos politikos dalis [3].

Mineralinius degalus keičiant alternatyviais ar atsinaujinančiais degalais, kinta degalų fizinės ir cheminės savybės. Dėl degalų fizinių ir cheminių savybių įtakos kinta lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos, efektyvieji variklio rodikliai, deginių emisija ir dūmingumas [4].

Daugelio mokslininkų tyrimų rezultatai parodė potencialias variklio darbo, panaudojant reaktyvinius degalus, galimybes be didelių variklio darbo proceso ir efektyvumo rodiklių pokyčių [2,5].

Tyrimų tikslas – ištirti trikomponenčių degalų įtaką dyzelinio variklio darbo efektyvumui ir deginių emisijos rodikliams.

Eksperimentinių tyrimų uždaviniai:

- Nustatyti trikomponenčių degalų įtaką dyzelinio variklio darbo efektyvumui ir deginių emisijos rodikliams.
- Apdoroti ir išanalizuoti gautus eksperimentiniu būdu tyrimo rezultatus ir pateikti išvadas.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimai buvo atlikti Vytauto Didžiojo universiteto, Žemės ūkio akademijos, Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institute, variklių bandymo laboratorijoje. Eksperimentams atlikti pasirinktas tiesioginio įpurškimo dyzelinis variklis „ORUVA F1L511“. Šis vidaus degimo variklis yra vieno cilindro, kurio darbinis tūris 825 cm³, aušinamas oru, maksimalus variklio apsisukimų dažnis 3000 min⁻¹, efektyvioji galia 12,8 kW, pradinis degalų įpurškimo slėgis 17,5 MPa. Variklio

apkrovos charakteristikos registruotos esant pastoviems alkūninio veleno sukiamams $n = 2000 \text{ min}^{-1}$.

Tūrinės oro sąnaudos išmatuotos dujų skaitikliu „GAZOERZ TURBINOWY CGT-02“, o degalų sąnaudos matuotos elektroninėmis „SK-1000“ svarstyklėmis. Variklio deginių NO, NO₂, NO_x, CO, CO₂ emisijos išmatuotos dujų analizatoriumi Testo 350 XL, o deginių optinio skaidrumo (dūmingumo) kitimas įvertintas „Bosch“ prietaisu RTT 100/RTT 110 nuo 0 iki 100 % skalėje.

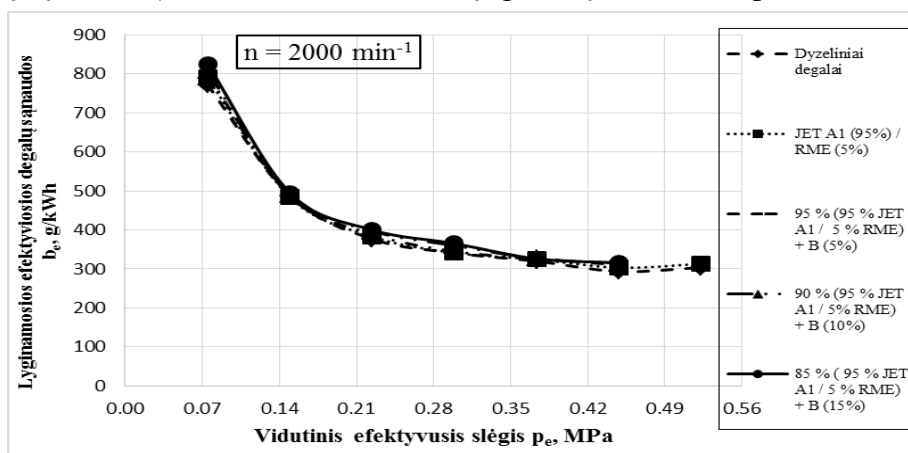
Siekiant įvertinti trikomponenčių degalų įtaką variklio darbo ir deginių emisijos rodikliams buvo paruošti trijų komponentų: aviacinių degalų (JET A-1), biodyzelino (RME) ir butanolio (B) mišiniai. Pirmiausia buvo sumaišytas pagal tūrį dvikomponentis mišinys (95 % JET A1 ir 5 % RME) bei atlikti bandymai. Atliekant tyrimus į šį dvikomponentį degalų mišinį buvo įmaišytas papildomas 5 %, 10 %, 15 % butanolio kiekis. Tyrime nagrinėjami 5 atvejai, su skirtinga degalų bei jų priemaišų koncentracija:

1. 100 % dyzelinių degalų;
2. 95 % JET A1 / 5 % RME mišinys
3. 95 % (95 % JET A1 / 5 % RME mišinys) ir 5 % butanolio;
4. 90 % (95 % JET A1 / 5 % RME mišinys) ir 10 % butanolio;
5. 85 % (95 % JET A1 / 5 % RME mišinys) ir 15 % butanolio.

Tyrimų rezultatai

Atlikus eksperimentinius tyrimus buvo nustatyta, kad varikliui varomam dyzeliniais, aviaciniais ir rapsų metilo esterio mišinio degalais, didinant apkrovą, varikliui pavyko pasiekti maksimalią efektyviają galią ($P_e = 7,19 \text{ kW}$). Varikliui veikiant trikomponenčiais degalais, kurių vienas iš priemaišų buvo butanolis, variklis pasiekė maksimaliai $P_e = 6,16 \text{ kW}$ galią.

Esant 0,07–0,45 MPa apkrovai dyzelinių degalų lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos (b_e) buvo mažiausios visų apkrovų režimais (1 pav.).

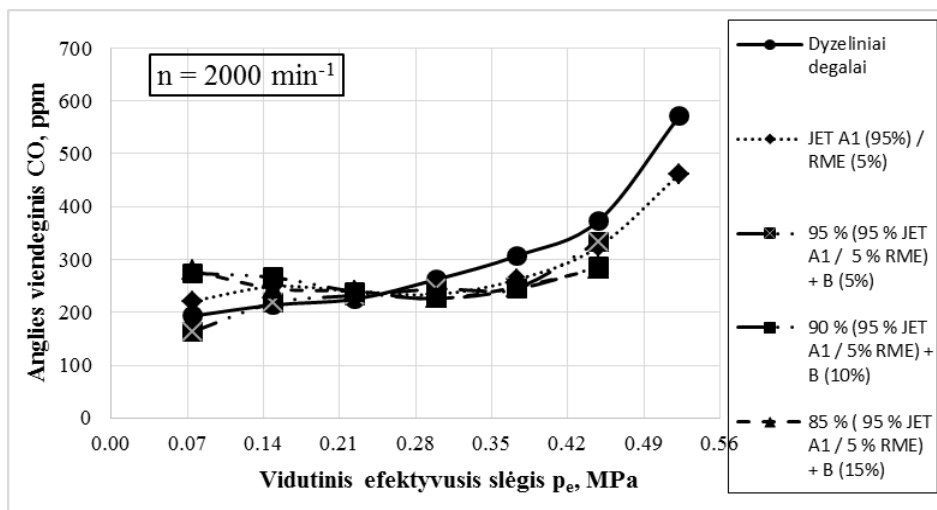


1 pav. Lyginamųjų efektyviųjų degalų sąnaudų (b_e) priklausomybė nuo vidutinio efektyviojo slėgio (p_e), dirbant skirtingos sudėties degalais

Didžiausios (824,97 g/kWh) lyginamosios degalų sąnaudos gautos neapkrautam varikliui (1,027 kW) veikiant trikomponenčiu mišiniu su 15 % butanolio priedu.

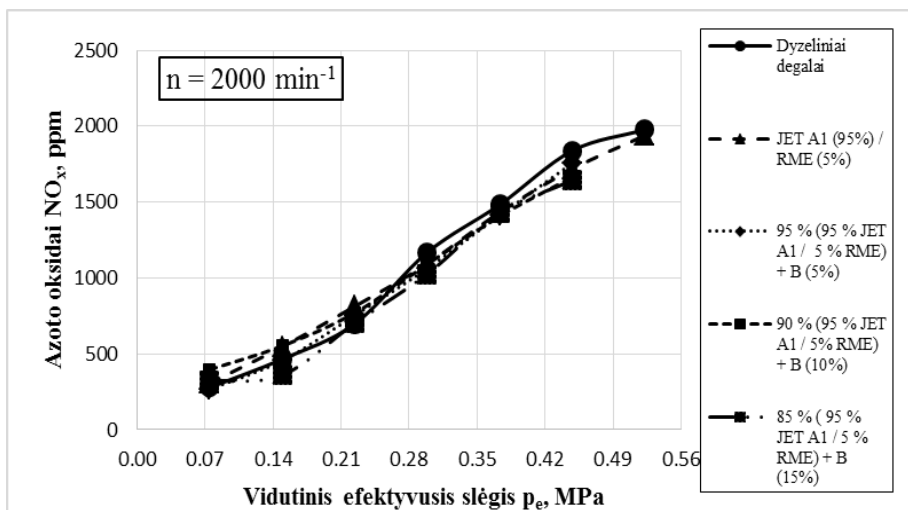
Valandinės degalų sąnaudos (B_d) visais apkrovos režimais buvo panašios, tačiau mažiausios reikšmės buvo pastebėtos varikliui veikiant dyzeliniais degalais (0,793–1,809 kg/h). Varikliui veikiant trikomponenčiais degalais su skirtingu butanolio priedo kiekiu, valandinės degalų sąnaudos didėjo.

Esant pilnai apkrovai, didžiausia anglies viendeginio CO emisija, buvo gauta, varikliui veikiant dyzeliniais degalais (373 ppm), o mažiausia panaudojus trikomponentį 85 % (95 % JET A1 / 5 % RME) ir 15 % butanolio mišinį (283 ppm) (2 pav.). Variklio darbo pradžioje, anglies viendeginio emisija buvo pakankamai didelė veikiant visais degalų mišiniais, tačiau mažiausia veikiant trikomponenčiam mišiniui su 5 % butanolio priedu.



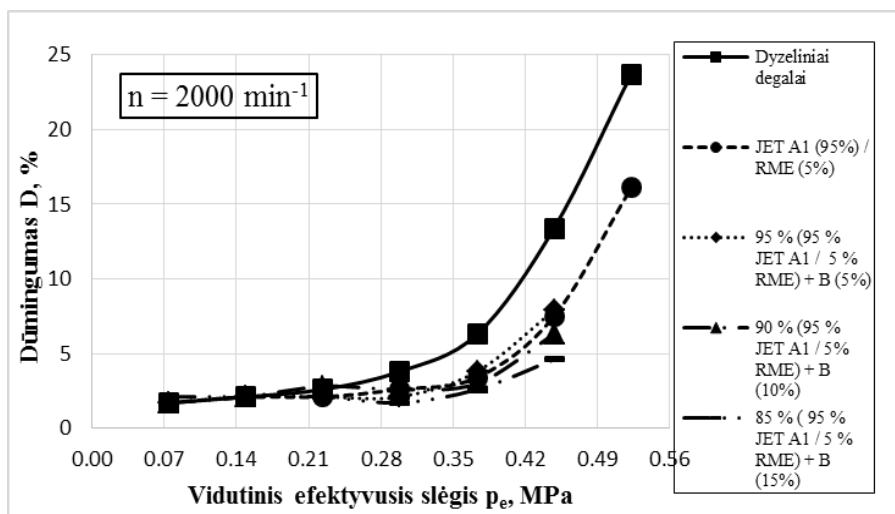
2 pav. Anglies viendeginio (CO) emisijos priklausomybė nuo vidutinio efektyviojo slėgio p_e , varikliui dirbant skirtingais mišiniais

Varikliui veikiant pilna apkrova, mažiausia NO_x emisija buvo gauta variklį maitinant 85 % (95 % JET A1 / 5 % RME) ir 15 % butanolio mišiniu (1643 ppm), o didžiausia varikliui veikiant dyzeliniais degalais (1839 ppm) (3 pav.).



3 pav. Azoto oksidų (NO_x) emisijos priklausomybė nuo vidutinio efektyviojo slėgio p_e , varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais

Variklio alkūniniui velenui sukantis pastoviu 2000 min^{-1} dažniu, esant mažai ir vidutinei apkrovai, didesnio skirtumo nebuvo pastebėta, tačiau didėjant variklio apkrovai dyzeliniais degalais varomo variklio dūmingumas sparčiai didėjo (4 pav.).



4 pav. Dūmingumo priklausomybė nuo vidutinio efektyviojo slėgio p_e , varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais

Esant didžiausiai pasiektai galiai $P_e = 6,16 \text{ kW}$, varikliui dirbant trikomponentiais mišiniais, mažiausias dūmingumas (4.6 %) pasiektas su 15 % butanolio priedu.

Išvados

1. Esant mažiausiai $p_e = 0,07$ MPa apkrovai, lyginant trikomponenčius mišinius su dyzeliniais degalais, tarp valandinių degalų sąnaudų reikšmių nebuvo pastebėta žymesnio pasikeitimo. Esant maksimaliai apkrovai, dyzeliniais degalais veikiantis variklis dirbo efektyviausiai (mažesnis degalų suvartojimas).
2. Didėjant variklio apkrovai, nustatyta, kad lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos mažėjo. Mažiausios lyginamosios degalų sąnaudos buvo gautos visose apkrovose, varikliui veikiant dyzeliniais degalais, didžiausios – varikliui veikiant trikomponenčiu mišiniu su 15 % butanolio priedu.
3. Didžiausia anglies viendeginio CO emisija varikliui esant pilnai apkrovai, buvo gauta varikliui veikiant dyzeliniais degalais (373 ppm), o mažiausia panaudojus trikomponentį mišinį su 15 % butanolio priedu (283 ppm).
4. Varikliui veikiant pilna apkrova, mažiausia NO_x emisija buvo gauta varikliui dirbant 85 % (95 % JET A1 / 5 % RME) ir 15 % butanolio mišiniu (1643 ppm), o didžiausia varikliui veikiant dyzeliniais degalais (1839 ppm).
5. Mažiausia dūmingumo reikšmė buvo gauta varikliui veikiant vidutine apkrova 85 % (95 % JET A1 / 5 % RME) ir 15 % butanolio mišiniu (4,6 %), o didžiausia – dyzeliniais degalais (13,4 %).

Literatūra

1. Uyumaz, A., Solmaz, H., Yılmaz, E., Yamık, H., & Polat, S. 2014. Experimental examination of the effects of military aviation fuel JP-8 and biodiesel fuel blends on the engine performance, exhaust emissions and combustion in a direct injection engine. *Fuel Processing Technology*, 128, 158–165.
2. 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.
3. Dzięgielewski, W., Gawron, W., Kaźmierczak, U., & Kulczycki, A. 2014. Butanol/biobutanol as a component of an aviation and diesel fuel. *Journal of KONES*, 21.
4. Mickevičius, T., Slavinskas, S., Wierzbicki, S., & Duda, K. 2014. The effect of diesel-biodiesel blends on the performance and exhaust emissions of a direct injection off-road diesel engine. *Transport*, 29(4), 440–448.
5. Vilutienė V., Labeckas G., Slavinskas S. 2013. Alternatyvių degalų panaudojimas dyzeliniame variklyje. *Journal of Management. Vadyba*. Vol. 23, Nr. 2, p. 111–116.

Santrauka

Straipsnyje pateikiama variklio darbo rodiklių ir deginių emisijos tyrimo metu gauti rezultatai, degalus tiriant vieno cilindro dyzeliniu varikliu „ORUVA FIL511“, panaudojus 95 % aviacinių degalų (JET A1) ir 5 % rapsų metilo esterio (RME) mišinį bei papildomai įmaišius butanolio 5 %, 10 %, 15 % priedą. Tyrimų rezultatai yra palyginti su gryniais dyzeliniais, tam kad išsiaiškinti trikomponenčių mišinių poveikį variklio darbo bei deginių emisijos rodikliams. Variklio apkrovos charakteristikos registruotos sukiais $n = 2000 \text{ min}^{-1}$. Tyrimo metu buvo palaipsniui didinama variklio apkrova, matuojamos oro ir degalų masinės sąnaudos, deginių emisija ir dūmingumas.

Išanalizavus tyrimo metu gautus duomenis, paaiškėjo, kad mažiausia anglies viendeginio (CO) emisija (163 ppm), gauta varikliui veikiant trikomponenčiu mišiniu, kuriame įmaišyta 5 % butanolio. Maksimali azotų oksidų (NO_x) emisija gauta varikliui veikiant dyzeliniais degalais (1839 ppm). Mažiausia NO_x emisija gauta varikliui veikiant trikomponenčiu mišiniu su 15 % bu-

tanolio priedu (1643 ppm). Didžiausias dūmingumas (13,4%) buvo gautas, variklį maitinant 100 % dyzeliniais degalais ir esant $p_e = 0,45$ MPa apkrovai.

INFLUENCE OF THREE-COMPONENT FUEL CONSISTING ON DIESEL ENGINE PERFORMANCE AND COMBUSTION EMISSIONS

Summary

The paper presents the results of the performance indicators and fuel emission study of one-cylinder diesel engine "ORUVA FIL511" using a mixture of aviation fuel and rapeseed methyl ester and addition of 5%, 10%, 15% additive to butanol. Research results are compared with pure diesel and aviation fuels to determine the effect of three-component blends on engine performance and emissions characteristics. Load characteristics were taken at engine speed of $n = 2000$ rpm. During the study, engine load was gradually increased, air and fuel mass consumption, exhaust emissions and smoke.

An analysis of the data obtained during the study revealed that the lowest carbon monoxide (CO) obtained by running the engine in a three-component mixture of 5% butanol (163 ppm). Maximum nitrogen oxide (NO_x) emissions are obtained from diesel fuel (1839 ppm), the lowest of the three-component blend with B15 (1643 ppm). The highest smoke (13.4%) was obtained when the engine was powered by 100% diesel and had a load of $p_e = 0.45$ MPa.

Vytautas Petrauskas – VDU ŽŪA Ž. ū. inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 63014502, el. paštas: vytautas.petrauskas@vdu.lt

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

HIBRIDINIO MAŽOS GALIOS SAULĖS ELEKTRINĖS KEITIKLIO TYRIMAS

Albert Pomarnacki, Kęstutis Venšlauskas

Išvadas

Didėjanti aplinkos tarša tampa vis didesne problema visame pasaulyje. Dėl šios priežasties į energijos gamybos rinką vis labiau veržiasi ekologiški energijos gavimo būdai ir ypač atsinaujinančioji energija. 2018 m. Europos Sąjungoje (ES) atsinaujinantys energijos ištekliai sudarė 18 % bendrosios energijos [5], o Lietuvoje – net 25,03 % [4]. Atsinaujinanti energetika populiarėja visame pasaulyje, jos pagaminamas energijos kiekis didėja, o elektrinių bei jėgainių įrengimas pinga, todėl jos tampa plačiau naudojamos ir privačiame sektoriuje, o ypač populiarumas auga mažųjų saulės elektrinių sektoriuje [1].

Vienas iš pagrindinių ES tikslų yra 20-20-20 planas: padidinti energijos vartojimo efektyvumą 20 %, pasiekti, kad atsinaujinančios energijos dalis bendrame suvartojamos energijos dalyje sudarytų 20 %, sumažinti CO₂ emisiją 20 % [2].

Pastaruoju metu intensyviai plinta energijos kaupiklių naudojimas. Kartu didėjant saulės elektrinių populiarumui, didėja ir akumuliatorių, skirtų elektros energijos kaupimui poreikiai. Iš akumuliatorių baterijų sudaryti didelės talpos (MWh eilės) ir galios (MW eilės) kaupikliai energetikoje naudojami elektros energijos kokybei gerinti, atsinaujinančiosios energijos elektrinėms rezervuoti, apkrovai išlyginti, energijos perdavimo stabilumui palaikyti, pikinei energijai generuoti [4]. Akumuliatoriams išsikrovus iki nustatyto lygio, saulės jėgainė automatiškai įsijungia į elektros tinklą. Tokia saulės elektrinė užtikrina nepertraukiamą elektros tiekimą atsijungus tinklui, išlygina nestabilią tinklo įtampą ir leidžia 8–9 mėn. per metus visiškai nepirkti elektros energijos iš elektros tinklo [3].

Tyrimo tikslas – ištirti hibridinį mažos galios saulės elektrinės keitiklį.

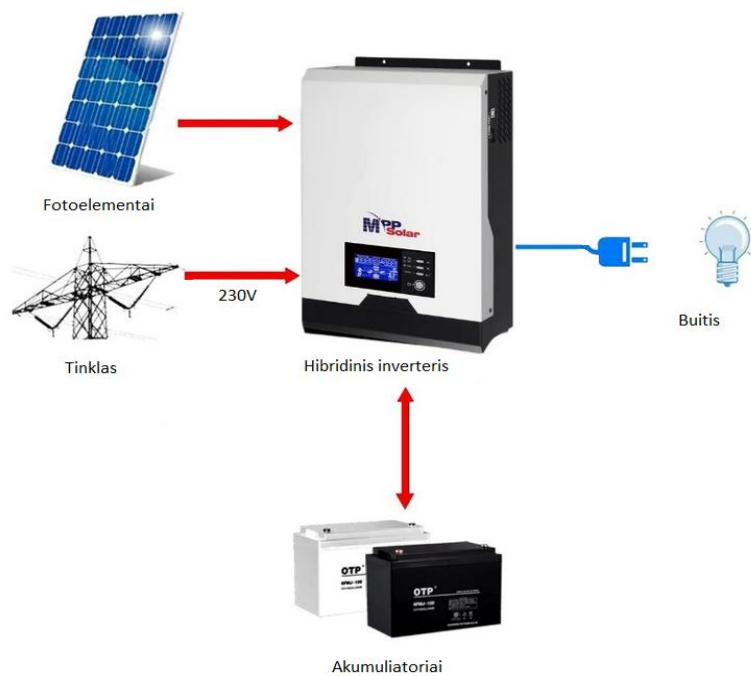
Tyrimo uždaviniai:

1. Eksperimentiškai nustatyti saulės elektrinės energines charakteristikas;
2. Nustatyti akumuliatorių įtampos ir išsikrovimo srovės priklausomybę nuo naudojamos galios.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimams atlikti buvo sukonstruotas mažos galios saulės elektrinės su hibridiniu keitikliu standas (1 pav.). Schemoje į elektros tinklą įjungtas hibridinis 2400 W galios keitiklis. Prie jo prijungti fotoelementai (tyrimo metu fotoelementų imitacijai buvo naudojamas 60 V maitinimo šaltinis). Prie keitiklio buvo prijungti du akumuliatoriai po 12 V (suminė talpa 180 Ah) ir energija tiekiamą vartotojams. Duomenų rinkimui prie keitiklio prijungtas kompiuteris.

Matavimai buvo atliekami jungiant skirtingą aktyvinę apkrovą – kaitinamąsias lempas, kurių galia buvo 90, 202, 300, 393, 502, 755 W.



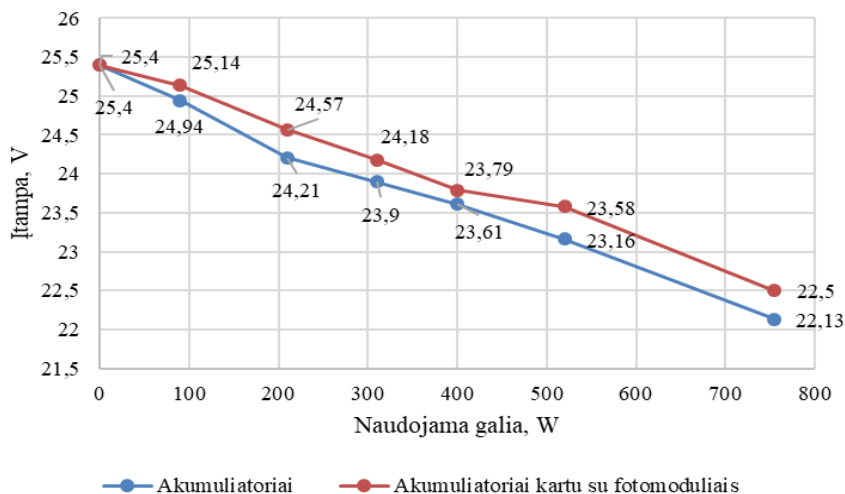
1 pav. Hibridinio mažos galios saulės elektrinės keitiklio tyrimo stendo schema

Hibridinio įtampos keitiklio esminis skirtumas nuo įprastinių tinklinių keitiklių yra tas, kad visa fotomodulių sugeneruota energija naudojama akumuliatorių krovimui ir/arba perduodama į akumuliatorius. Elektros energijos trūkumo atveju (kai apkrovos galia viršija fotomodulių generuojamą ir imamą iš akumuliatorių galią arba akumuliatoriams visiškai išsikrovus) sistema automatiškai prisijungia prie elektros tinklo. Tokiu būdu užtikrinamas nepertraukiamas energijos tiekimas vartotojams. Visos energijos vartojimas bei paskirstymas yra sekamas paties keitiklio valdiklio, o visą informaciją perduodama į kompiuterį.

Tyrimų rezultatai

Atlikus matavimus su skirtingomis apkrovomis buvo gauti rezultatai tiek energiją naudojant tik iš akumuliatorių, tiek bendrai veikiant fotoelementams ir akumuliatoriams (2 pav.).

Nustatyta, kad didinant naudojamąją apkrovos galią nuo 0 iki 755 W, akumuliatorių įtampa mažėja tolygiai atitinkamai nuo 25,40 V iki 22,13 V. Naudojant akumuliatorius kartu su fotomoduliais įtampa mažėja nuo 25,40 iki 22,50 V. Imituojant fotomodulius naudota galia iki 240 W, todėl jos nepakako visiškai kompensuoti energijos sąnaudas. Didėjant apkrovos galiai, įtampos kritimas yra vidutiniškai 0,58 V kiekvienam 100 W naudojamoms apkrovoms.



2 pav. Vien akumuliatorių ir akumuliatorių kartu su fotomoduliais įtampos priklausomybė nuo apkrovos galios

Mažėjant akumuliatoriaus likutinei talpai, išsikrovimo srovė didėja, ypač kai akumuliatorių talpa pasiekia 12 % ir mažiau, srovė siekia 39 A (prie 755 W). Akumuliatorių talpai padidėjus iki 61 % išsikrovimo srovė stabilizuojasi ir išlieka 5 A lygyje, t. y. tiek kiek sugeneruoja fotomoduliai.

Nustatyta, kad veikiant fotomoduliams ir esant iki 90 W apkrovos galiai akumulatoriai nebuvo iškraunami, nes visas energijos poreikis buvo kompensuojamas iš fotomodulių. Fotomoduliai gali kompensuoti visą energijos sąnaudą esant pakankamam jų kiekiui ir galiai. Optimali hibridinė sistema galėtų turėti 2500 W instaliuotos fotomodulių galios, o akumuliatorių talpa galėtų būti apie 150 Ah.

Išvados

1. Didėjant apkrovos galiai, įtampos kritimas yra vidutiniškai 0,58 V kiekvienam 100 W naudojamoms apkrovos galiai.
2. Mažėjant akumuliatoriaus likutinei talpai, išsikrovimo srovė didėja, ypač kai akumuliatorių talpa pasiekia 12 %, srovė siekia 39 A (prie 755 W apkrovos galios).

Literatūra

1. Adomavičius, V. 2011. *Šiuolaikiniai elektros energijos kaupikliai*. Kaunas, Lietuva: Kauno technologijos universitetas.
2. Baken, N., Negeri, E. 2012. Architecting The Smart Grid As A Hierarchy. *Proceedings of the 1st International Conference on Smart Grids and Green IT Systems*. P. 73–78.
3. Galdikas, L., Sprogys, M., Karpavičius, A. 2014. *Išmaniojo tinklo diegimo analizė užsienio šalyse*. Klaipėda: Klaipėdos universitetas.
4. *Lietuvos statistikos metraštis* (2019 m. leidimas). Energetika. Prieiga per: <https://osp.stat.gov.lt/lietuvos-statistikos-metraštis/lsm-2019/aplinka-ir-energetika/energetika>. [Žiūrėta 2020 01 20].

5. Renewable Energy Statistics, January 2020. [žiūrėta 2020 01 20]. Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php>.
6. *Smart Grids development in Europe*. Akademija [Žiūrėta 2019 11 07]. Prieiga per internetą: <http://www.globalsciencecollaboration.org/public/site/PDFS/SmartGrids/Granstrom%20O.%20Smart%20Grids%20develeppment%20in%20Europe.pdf>.

Santrauka

Šiame straipsnyje ištirtas hibridinis mažos galios saulės elektrinės keitiklis. Tyrimams atlikti buvo sukonstruotas mažos galios saulės elektrinės su hibridiniu 2400 W galios keitikliu standas. Tyrimų metu, nustatyta, kad didėjant apkrovos galiai, įtampos kritimas yra vidutiniškai 0,58 V kiekvienam 100 W naudojamoms apkrovoms. Mažėjant akumuliatoriaus likutinei talpai, išsikrovimo srovė didėja, ypač kai akumuliatorių talpa pasiekia 12 %, srovė siekia 39 A (prie 755 W apkrovos galios). Veikiant fotomoduliams ir esant iki 90 W apkrovos galiai, akumuliatoriai nebuvo iškraunami, nes visas energijos poreikis buvo kompensuojamas iš fotomodulių. Fotomoduliai gali kompensuoti visas energijos sąnaudas esant pakankamam jų kiekiui ir galiai. Optimali hibridinė sistema galėtų turėti 2500 W instaliuotos fotomodulių galios, o akumuliatorių talpa galėtų būti apie 150 Ah.

INVESTIGATION OF HYBRID INVERTER OF LOW POWER SOLAR PLANT

Summary

This paper investigates a hybrid low power solar power plant inverter. A low-power solar power plant with a hybrid 2400 W inverter was constructed to carry out the research. Studies have found that with increasing load power, the voltage drop is an average of 0.58 V for every 100 W of applied load. As the remaining battery capacity decreases, the discharge current increases, especially when the battery capacity reaches 12%, reaching 39 A (at 755 W load). When the photomodels were operating and the load was up to 90 W, the batteries were not discharged as all the energy required was compensated by the photomodels. Photomodels can compensate all energy input with sufficient capacity and power. The optimal hybrid system could have 2500 W of installed photomodels and the battery capacity could be approx. 150 Ah.

Albert Pomarnacki – VDU ŽUA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; el. paštas: albert.pomarnacki@gmail.com, tel. +370 659 87527
Kęstutis Venslauskas – VDU ŽUA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas; doc. dr., el. paštas: kestutis.venslauskas@vdu.lt, tel. +370 37 752219

KARVIDĖS MIKROKLIMATO ĮTAKA PIENO PRIMILŽIUI

Gytis Lamauskas, Jonas Čėsna

Įvadas

Karvidės mikroklimatas – tai aplinkos terminų ir oro švaros rodiklių visuma. Terminiams rodikliams priskiriama: oro temperatūra, oro judėjimo greitis, santykinis drėgnis ir paviršių, supančių gyvulį, temperatūra. [1].

Optimaliausia karvidės oro temperatūra nuo -7 iki +24 °C. Temperatūrai pakilus iki +27 °C, gyvulys praranda apetitą, sutrinka virškinimo veikla, iš pašarų prasčiau įsisavinamos gyvybiškai svarbios medžiagos, sulėtėja šiluminių mainų procesai, ženkliai sumažėja karvės produktyvumas.

Optimalus santykinis oro drėgnis nuo 40 iki 80 %, žiemos metu neturėtų viršyti 95 % ribos, o vasaros laikotarpiu 60 %. [2]. Aukštas santykinio oro drėgnio kiekis sukelia didelę riziką kondensatui susidaryti, taip pat drėkina pastato konstrukcijas. Esant per žemam santykinio oro drėgnio kiekiui, kyla dulketumas [3]. Karvidėje viršijus santykio oro drėgniui 90 % ribą pradeda vykti vandens garų garinimas nuo grindų ir sienų. [5].

Tyrimo tikslas: Įvertinti tiriamos karvidės mikroklimato įtaką pieno primilžiui.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimai atlikti naujos statybos 270 vietų karvidėje, kurioje įdiegti naujausi technologiniai sprendimai, 2018–2019 metais.

Tyrimo metu buvo matuojama lauko ir karvidės oro temperatūra, santykinis oro drėgnis. Šie parametrai yra vieni svarbiausių optimaliam karvidės mikroklimato užtikrinimui, jie įtakoja karvių sveikatingumą ir produktyvumą.

Karvidėje, 1,5 metro aukščio gyvulių komforto zonoje, buvo pastatyti 4 MicroLite LITE5032P-RH jutikliai. Jutikliai išdėstyti: guoliavietėje, prie melžimo roboto, virš šėrimo tako ir prie laiptų netoli melžimo roboto. Vienas jutiklis pastatytas lauke kur negauna tiesioginių saulės spindulių ir drėgmės.

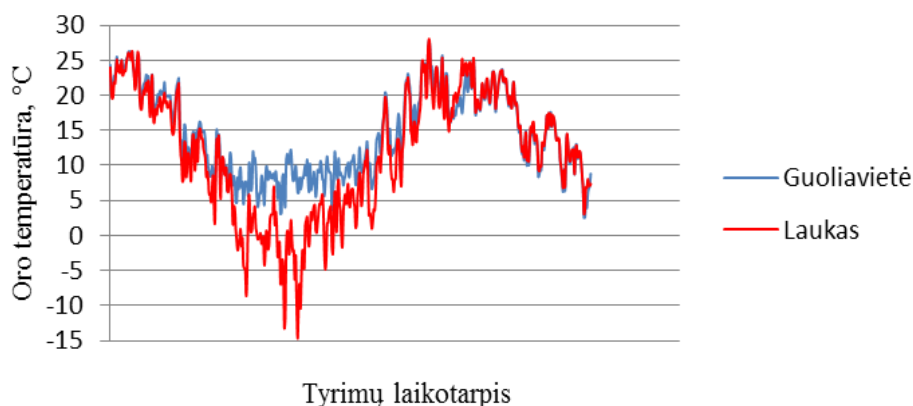
Jutikliai MicroLite LITE5032P-RH, kurių temperatūros matavimo ribos nuo -35 °C iki +85 °C, matavimo tikslumas $\pm 0,5$ °C, oro santykinio drėgnio matavimo ribos nuo 0 % iki 100 %, matavimo tikslumas ± 3 %, buvo suprogramuoti naudojant Fourtec programą. Matuota karvidės ir lauko oro temperatūra bei oro santykinis drėgnis, duomenys buvo fiksuojami kas valandą.

Lely Astronaut A4 melžimo robotas tyrimo metu kiekvieną dieną fiksavo visų melžiamų karvių pieno kiekį, tai padėjo vertinti karvidės mikroklimato įtaką karvių produktyvumui.

Rezultatai ir jų aptarimas

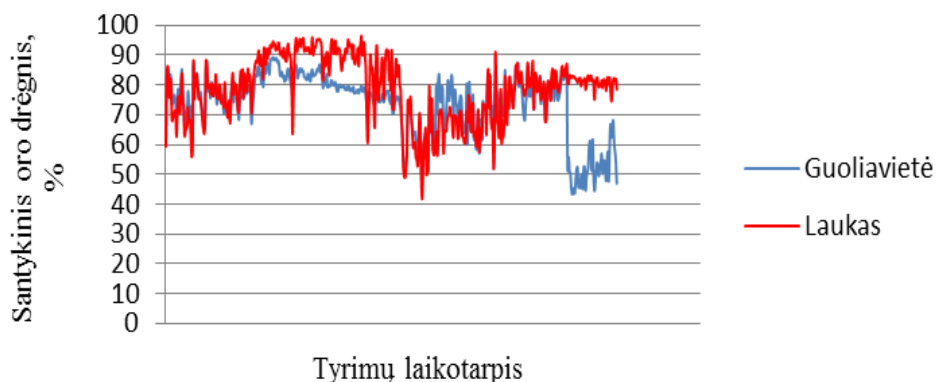
Oro temperatūra ir santykinis oro drėgnis yra vieni iš svarbiausių mikroklimato parametrų. Svarbu, kad parametrai neviršytų leistinų normų, o karvės išliktų

sveikos ir produktyvios. Kadangi pienas yra gaminamas karvėms gulint, guoliavietė pasirinkta kaip aktualiausia tyrimų matavimo vieta.



1 pav. Oro temperatūros kitimo dinamika

Oro temperatūra guoliavietėje svyravo nuo 2,52 °C iki 27,79 °C. Lauko oro temperatūra tyrimo metu svyravo nuo -14,69 °C iki +28,05 °C. Pastebėta, kad karvidės oro temperatūra yra priklausoma nuo lauko oro temperatūros. Esant aukštai lauko oro temperatūrai karvidėje buvo keliais laipsniais vėsiau. Žiemos periodu oro temperatūra karvidėje buvo teigiama. Karštomis dienomis karvidės oro temperatūrą viršija leistinas ribas t. y. +24 °C šilumos.

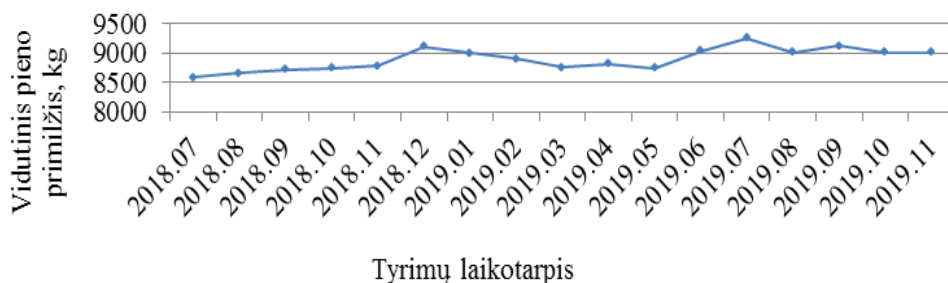


2 pav. Santykinio oro drėgno kitimo dinamika

Santykinis oro drėgnis karvidėje turėtų svyruoti tarp 40–0 %. Tyrimo metu santykinis oro drėgnis guoliavietėje svyravo nuo 43,27 % iki 89,25 %. Lauke santykinis oro drėgnis svyravo nuo 41,83 % iki 96,35 %. Vidutinis santykinis oro drėgnis guoliavietėje tyrimo laikotarpiu buvo 73,49 %.

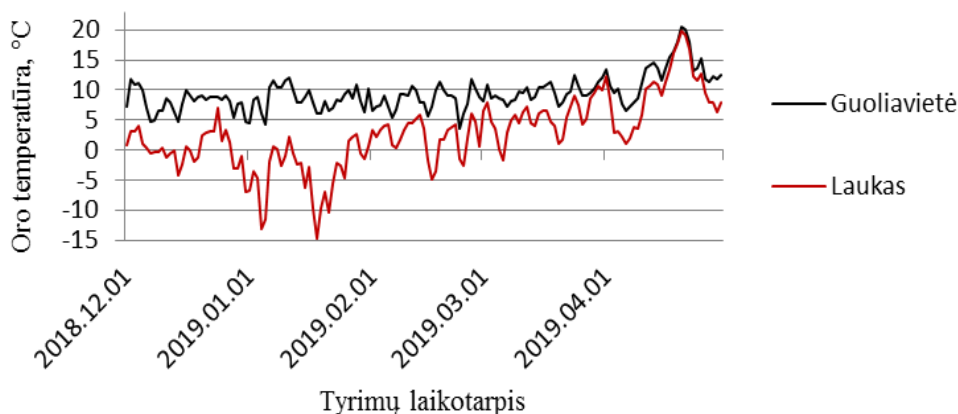
Pagal gautus vidutinius duomenis karvidės oro temperatūra ir santykinis oro drėgnis atitinka optimalias sąlygas. Karštomis dienomis karvidėje oro temperatūra viršija leidžiamąją ribą. Santykinis oro drėgnis dažnu atveju viršydavo 80 % ribą.

Tyriamu laikotarpiu, taip pat buvo fiksuojamas karvių primilžis Lely Astronaut A4 robotu. Analizuojant bandos pieno primilžį tiriamuoju laikotarpiu (3 pav.), stebimas bandos pieno primilžio mažėjimas nuo 2018 m. gruodžio mėnesio 9110,5 kg iki 2019 m. kovo mėnesio 8762 kg.



3 pav. Pieno primilžio svyravimas tiriamuoju laikotarpiu

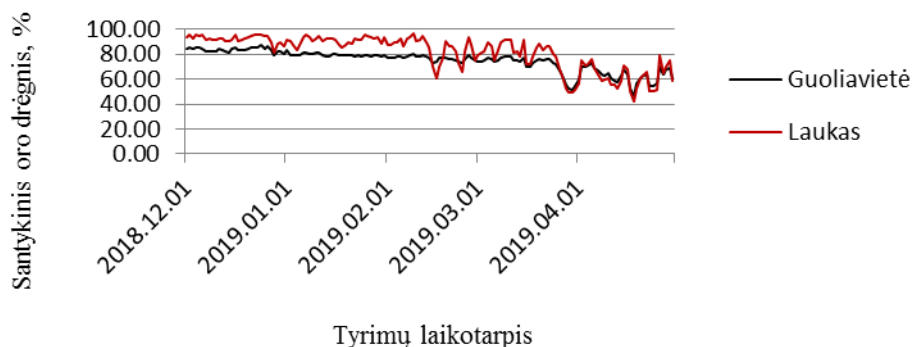
Pateiktame 4 paveiksle matome, kaip bandos pieno primilžio mažėjimo laikotarpiu svyravo oro temperatūra karvidėje ir lauke.



4 pav. Oro temperatūros kitimas karvidėje ir lauke

Nagrinėjant pateiktą karvidės oro temperatūros grafiką matome, kad vidutinė dienos oro temperatūra svyravo nuo 3,65 °C iki 20,40 °C šilumos. Pagal gautas vidutines reikšmes galime teigti, kad oro temperatūra karvidėje neįtakoją pieno primilžio mažėjimo, nes oro temperatūra buvo optimali.

Analizuojant karvidės santykinį oro drėgnį (5 pav.), pastebimi didžiuliai lauko santykinio oro drėgnio šuoliai. Karvidės santykinis oro drėgnis gruodžio – kovo mėnesį svyravo nuo 46,53 % iki 86,83 %, vidutinis drėgnis analizuojamu metu buvo 74,8 %.



5 pav. Santykinio oro drėgnio kitimas karvidėje ir lauke

Remiantis O. Ravagnolo I. Misztal G. Hoogenboom pateiktais duomenimis, karvidės santykiniam oro drėgniui viršijus 72 %, pieno primilžis mažėja 0,2 kg. Pagal O. Ravagnolo ir kt., teoriškai apskaičiuojame pieno primilžio mažėjimą:

$$P_p = 0,2 \cdot k_{sk} \quad (1)$$

čia: P_p – pieno primilžis;

k_{sk} – melžiamų karvių skaičius;

$$P_p = 0,2 \cdot 270 = 54 \text{ kg.}$$

Teoriškai dėl didesnio nei 72 % santykinio oro drėgno karvidėje, buvo prarandama 54 kg pieno per parą nuo visos bandos primilžio.

Išvados

1. Tyrimo metu, nustatyta, kad karvidės oro temperatūra svyravo nuo 2,52 °C iki 27,79 °C, santykinis oro drėgnis nuo 43,27 % iki 89,25 %.
2. Santykinis oro drėgnis svyravo tarp 46,53 % iki 86,83 %, atitiko optimalius mikroklimato reikalavimus.
3. Tiriamuoju laikotarpiu bandos pieno primilžis krito nuo 9110,5 kg iki 8762 kg.
4. Remiantis teoriniais skaičiavimais dėl santykinio oro drėgno buvo prarandama 54 kg pieno primilžio per dieną.

Literatūra

1. Bakutis, B. 2007. *Gyvulių auginimo sąlygų įtaka sveikatingumui*. Kaunas: Naujasis lankas. 128 p.
2. Kavolėlis, B., Bleizgys, R., Čėsna, J. 2009. The Predicted and Observed Temperature and Humidity Regime of Uninsulated and Partly Insulated Cowsheds. 333 p. [žiūrėta 2020.03.12]. Prieiga per internetą: <http://dspace.lzuu.lt/bitstream/1/2901/3/rural_development_2009_vol_2.pdf#page=333>.
3. Caenegem, L., Wechsler, B. 2000. Stallklimawerte und ihre Berechnung. *FAT-Schriftenreihe* 51, 89 p.

4. Prathap Pragna, P. R. Archana, Joy Aleena, Veerasamy Sejian, Govindan Krishnan, Madijagan Bagath, A., Manimaran, V., Beena, E. K. Kurien, Girish Varma, Raghavendra Bhatta. 2016. Heat Stress and Dairy Cow: Impact on Both Milk Yield and Composition. [žiūrėta 2020-03-03]. Prieiga per internetą: <<http://docsdrive.com/pdfs/academicjournals/ijds/2017/1-11.pdf>>
5. Brouček, J., Mihina, Š., Ryba, Š., Tongel, P., Kišac, P., Uhrinčat, M., Hanus, A. 2006. Effects of high air temperatures on milk efficiency in dairy cows. [žiūrėta 2020-03-03]. Prieiga per internetą: <https://www.researchgate.net/profile/Jan_Broucek/publication/286722360_Effects_of_high_air_temperatures_on_milk_efficiency_in_dairy_cows/links/546dd74d0cf2193b94c5d227.pdf>
6. Ravagnolo, O., Misztal, I., Hoogenboom, G. 2000. Genetic Component of Heat Stress in Dairy Cattle, Development of Heat Index Function. [žiūrėta 2020-03-03]. Prieiga per internetą: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030200750946>>

Santrauka

Karvidės mikroklimatas įtakoja 20–30 % gyvulių produktyvumo. Mikroklimatą karvidėje sudaro oro temperatūra, santykinis oro drėgnis, oro judėjimo greitis, apšvietimas, kenksmingu dujų koncentracija. Nuo karvidės mikroklimato priklauso gyvulių produktyvumas ir gyvulių sveikatinumas. Užtikrinus tinkamą karvidės mikroklimatą karvės išlieką produktyvios ir sveikesnės, kas įtakoja mažesnes investicijas į karvių gydymą ir pastovų produktyvumo augimą.

Darbo tikslas – įvertinti tiriamos karvidės mikroklimato įtaką pieno primilžiui. Tyrimų metu buvo nustatyta, kad karvidė atitinka optimalius mikroklimato reikalavimus, bet stebėtas pieno primilžio kritimas.

Tyrimo laikotarpiu nustatyta, kad vidutinė oro temperatūra guoliavietėje svyravo nuo 2,52 °C iki 27,79 °C, santykinis oro drėgnis 43,27 % iki 89,25 %. Pastebėjus pieno primilžio kritimą buvo atlikti teoriniai skaičiavimai pagal kuriuos dėl santykinio oro drėgnio kuris buvo > 72 %, per parą buvo prarandama 54 kg žaliavinio pieno.

INFLUENCE OF COWSHED MICROCLIMATE ON MILK YIELD

Summary

The microclimate of the cowshed affects 20–30% of livestock productivity. The microclimate in the cowshed consists of air temperature, relative humidity, air velocity, lighting, harmful gas concentration. Animal productivity and animal health depend on the microclimate of the cowshed. Ensuring a proper cowhide microclimate keeps cows productive and healthier, which results in lower investment in cow treatment and steady productivity growth.

The aim of the study was to evaluate the influence of the microclimate of the studied cowshed on milk yield. Studies have shown that the cowshed meets the optimal microclimate requirements, but a drop in milk yield was observed.

During the study period, the average air temperature in the bed was found to range from 2.52°C to 27.79°C, with a relative humidity of 43.27% to 89.25%. When the decrease in milk yield was observed, theoretical calculations were performed, according to which 54 kg of raw milk was lost per day due to the relative air pressure, which was > 72%.

Gytis Lamauskas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 647 87522, el. paštas: glamauskas@gmail.com

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

„KIA“ MARKĖS AUTOMOBILIŲ GEDIMŲ TYRIMAS GARANTINIU LAIKOTARPIU

Darius Gimbickas, Tomas Mickevičius

Įvadas

Automobilis yra brangus pirkiny, todėl natūralu, jog norima, kad įsigyta transporto priemonė būtų patikima, tarnautų ilgą laiką ir nereikalautų didelių išlaidų [1]. Automobilių gamintojai deklaruoja daugybę inovatyvių, išmanių ar pažangių technologijų ir sprendimų lengvinančių vairavimą, bei darančių jį komfortabilesnį. Tačiau perkant naują automobilį visada svarbiausias išlieka patikimumo faktorius [2]. Transporto priemonė turi būti už prieinamą kainą, geros kokybės, patikima ir nereikalaujanti didelių remonto sąnaudų.

Patikimumas – tai objekto savybė tam tikrą laiką vykdyti savo funkcijas ir išlaikyti eksploatacinių rodiklių leistinąsias reikšmes. Automobilio patikimumą apibūdina negendamumas, ilgaamžiškumas ir pataisomumas. Negendamumas – tai objekto ypatybė negesti tam tikrą laiką arba išdirbį. Kiekybiškai jis nusakomas tikimybinėmis charakteristikomis ir tikimybiniais parametrais. Labai svarbu, kad šią patikimumo ypatybę turėtų valdymo sistemų elementai, stabdymo įtaisai ir kiti mechanizmai, kuriems sugedus gali įvykti avarija [3, 4].

Ilgaamžiškumas – tai objekto ypatybė išlikti darbiniu iki ribinės būsenos esant tam tikrai techninio aptarnavimo ir remonto sistemai [3].

Pataisomumas – tai objekto savybė, leidžianti aptikti gedimus, nustatyti jų priežastis bei juos pašalinti. Kiekybiškai pataisomumas nusakomas laiko arba lėšų sąnaudomis gedimams ieškoti, taisyti ir numatyti [3,5].

Tyrimo tikslas: Nustatyti lengvųjų automobilių variklio, transmisijos, važiuoklės, aušinimo bei elektros sistemų detalių gendamumą garantiniu laikotarpiu.

Tyrimo uždaviniai:

1. Įvertinti tiriamų automobilių negendamumo priklausomybę nuo ridos.
2. Įvertinti lengvųjų automobilių mechanizmų bei sistemų elementų gendamumą garantiniu laikotarpiu.

Tyrimo metodika

Tyrimui buvo pasirinkti 300 vnt. „Kia Sportage“ markės lengvųjų automobilių (visureigis) ir fiksuotas jų apsilankymas servise garantiniu laikotarpiu. Visi šie automobiliai yra pagaminti nuo 2014 iki 2019 metų. Tyrimų metu buvo kaupiama informacija apie pagrindinių automobilių sistemų (variklio, pakabos ir transmisijos, aušinimo sistemos ir kitų) gedimų pasiskirstymą. Šiems automobiliams suteikiama garantija 150000 km ridai arba 5 metams nuo jų pagaminimo datos.

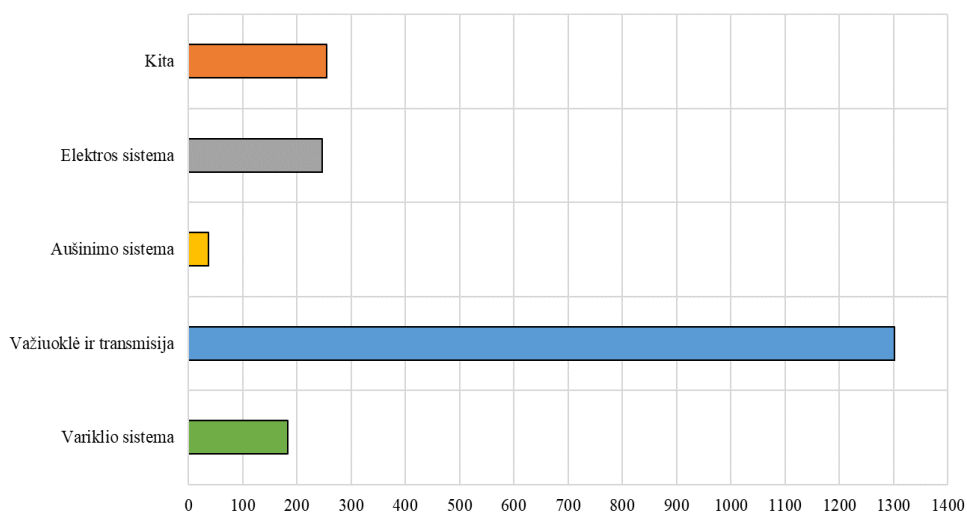
Automobilių rida buvo suskirstyta į 15 intervalų po 10000 km. Pagal turimus duomenis buvo sudarytos variacinės eilutės, kuriose buvo surašyti gedimų skai-

čiai. Iš šių variacinių eilučių sudarytos kiekvienos techninės sistemos gedimų statistinės eilutės.

Sistemos statistinė gedimo tikimybė nustatoma, kaip atsitiktinio dydžio atsiradimo atvejų skaičiaus kiekviename intervale santykis su bendru informacijos skaičiumi [3].

Tyrimo rezultatai

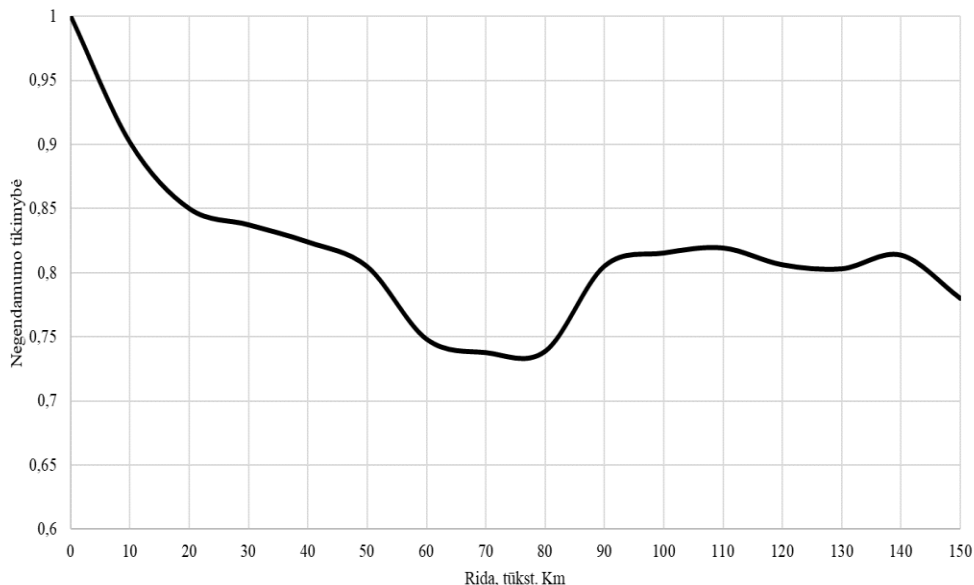
Tyrimo metu buvo išskirtos keturios gedimų grupės: variklio, važiuoklės, elektros bei aušinimo sistemų.



1 pav. Lengvųjų automobilių „KIA Sportage“ pagrindinių sistemų gedimų dažnis

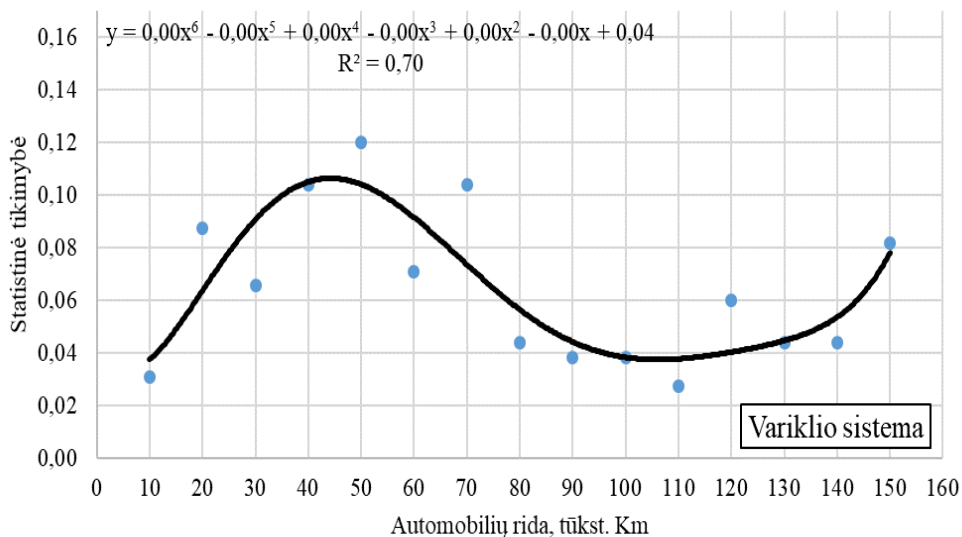
Remiantis tyrimo metu surinktais pagrindinių automobilių sistemų gedimo duomenimis nustatytas gedimų dažnis garantiniu laikotarpiu (1 pav.). Gedimų dažnis, arba gedimų pasiskirstymo tankis tai per darbo laikotarpį sugedusių detalių skaičiaus ir darbo trukmės bei darbo pradžioje buvusių detalių skaičiaus santykis. Nustačius pagrindinių sistemų gedimo dažnius atlikti tyrimai parodė, kad garantiniu laikotarpiu didžiausias yra važiuoklės sistemos gedimų dažnis (1300 gedimų). Mažiausias gedimų dažnis nustatytas aušinimo sistemoje (36 gedimai).

Išrūšiuojant šias grupes, buvo apskaičiuotos gedimų tikimybės iš kurių buvo apskaičiuota negendamumo tikimybė. „KIA Sportage“ markės lengvųjų automobilių negendamumo tikimybė garantiniu laikotarpiu nuo ridos pateikta (2 pav.). Buvo nustatyta, kad eksploatacijos pradžioje, automobiliui nuvažius 0–20 tūkst. kilometrų variklio, važiuoklės, aušinimo bei elektros sistemų tikimybė, kad automobilis neges buvo didžiausia 0,84. Automobiliui nuvažius 75 tūkst. kilometrų ridos, negendamumo tikimybė sumažėjo iki 0,73. Toliau eksploatuojant automobilį negendamumas didėja iki 0,82. Pasiekus 140 tūkst. kilometrų ridą tikimybė, kad automobilis neges pradeda mažėti iki pat garantinio laikotarpio pabaigos.



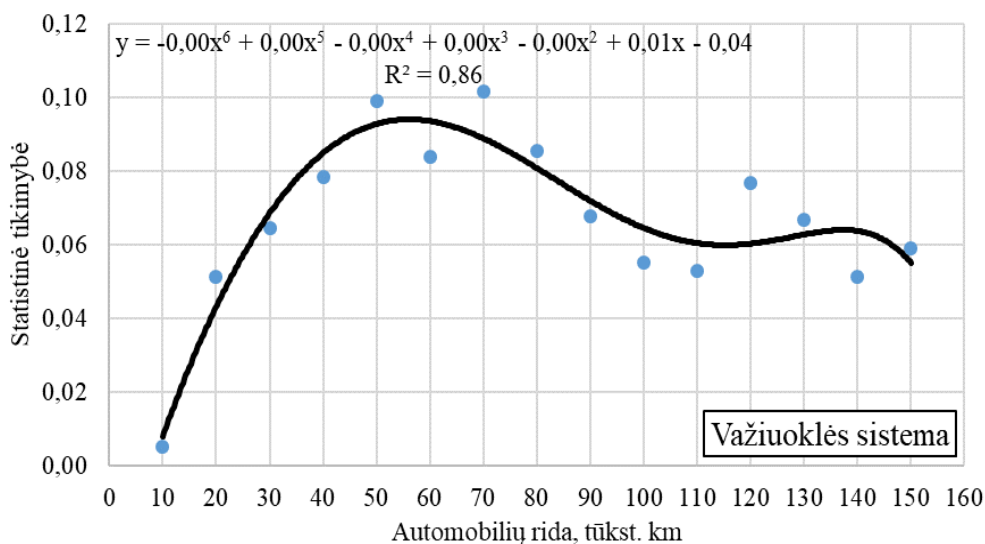
2 pav. „KIA Sportage“ markės lengvųjų automobilių negendamumo priklausomybė garantiniu laikotarpiu nuo ridos

3, 4 pav. pateikta lengvųjų automobilių variklio, važiuoklės gendamumo priklausomybė nuo ridos. Daugianarė krypties linija pasirinkta, kad nuosekliau matytųsi gedimo tikimybė prie tam tikros automobilio nuvažiuotos ridos. Identiškai buvo tirtos ir pavaizduotos aušinimo bei elektros sistemos.



3 pav. „KIA Sportage“ markės lengvųjų automobilių variklio gendamumo priklausomybė nuo ridos

Daugiausia variklio sistemos gedimų tikimybė garantiniu laikotarpiu atsiranda automobiliui nuvažiavus 40–50 tūkst. kilometrų. Automobiliui nuvažiavus 100 tūkst. kilometrų, variklio defektai didėja.



4 pav. „KIA Sportage“ markės lengvųjų automobilių važiuoklės gendamumo priklausomybė nuo ridos

Daugiausia važiuoklės sistemos gedimų tikimybė garantiniu laikotarpiu atsiranda automobiliui nuvažiavus 50–70 tūkst. kilometrų ridos. Didėjant ridai važiuoklės gedimai mažėjo iki 100 tūkst. km ridos.

Aušinimo sistemos gedimo atsiradimo tikimybė yra automobiliui nuvažiavus 40–50 tūkst. kilometrų ridos. Vėliau gedimų tikimybė mažėjo iki 110 tūkst. km. Toliau eksploatuojant automobilį gedimo tikimybė pradeda didėti.

Elektros sistemos didžiausia gedimo tikimybė pastebėta nuvažiavus 30 tūkst. kilometrų ridos. Eksploatuojant lengvąjį automobilį, elektros sistemos gedimo atsiradimo tikimybė mažėjo iki 100 tūkst. kilometrų ridos.

Išvados

1. Garantiniu laikotarpiu didžiausias yra važiuoklės sistemos gedimų dažnis – 1300 gedimų. Mažiausias gedimų dažnis nustatytas aušinimo sistemoje – 36 gedimai.
2. Tyrimais nustatyta, kad lengvųjų automobilių eksploatacijos pradžioje, automobiliui nuvažiavus 0–20 tūkst. kilometrų variklio, važiuoklės, aušinimo bei elektros sistemų gedimų atsiradimo tikimybė buvo mažiausia, ji neviršijo 0,16.
3. Didžiausias lengvųjų automobilių variklio, važiuoklės bei elektros sistemų gedimų kiekis pasireiškia jam nuvažiavus 60–80 tūkst. km. Lengvųjų automobilių negendamumo tikimybė garantiniu laikotarpiu palaipsniui mažėja iki 80 tūkst. kilometrų, pasiekus šią ridą ji padidėja iki 0,84.

4. Didžiausia tikimybė, kad automobilio darbą sutrikdys variklio gedimai yra automobiliui nuvažiavus 40–50 tūkst. kilometrų ridos.
5. Važiuklės gedimų atsiranda per visą garantinį laikotarpį. Mažiausia tikimybė, kad automobilio važiuoklės sistemoje bus pastebėta gedimų, automobiliui nuvažiavus 10 tūkst. kilometrų, o didžiausia tikimybė, kad atsiras nuvažiavus 60 tūkst. km.
6. Didėjant automobilio ridai elektros sistemos gendamumo tikimybė didėja. Didžiausia tikimybė, kad atsiras elektros sistemos gedimų yra automobiliui nuvažiavus 20–30 tūkst. km. Dažniausiai gendančios elektros sistemos detalės lemputės.

Literatūra

1. Luneckas, D., Bartulis, V. 2014, „Vw“ markės automobilių gedimų tikimybės garantiniu ir pogarantiniu laikotarpiu tyrimas. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. p. 565–569.
2. Višniakas, I., Slivinskas, K. 2005. *Patikimumo teorija*. Vilnius: Technika, p. 6–10.
3. Jonaitis, L. 1998. *Mašinų servisas. Mašinų patikimumas ir eksploatavimas*. Kaunas: Smaltija, p. 75–145.
4. Tilvikas, K. 2010. *Automobilių gendamumo garantiniu laikotarpiu tyrimas: magistrantūros studijų baigiamasis darbas*. Akademija, p. 37–41.
5. Dyakov, I. 2013. The problems of optimal design in the automotive industry. Department of Foundations of Car Designing and Construction, Ulyanovsk State Technical University, Severyn Venetz Str. 32, 432027 Ulyanovsk, Russia, p. 290–294.

Santrauka

Straipsnyje pateikta „KIA SPORTAGE“ automobilių gedimų tyrimas garantinius laikotarpiu. Tyrimų metu buvo vertinami automobilio variklio, važiuoklės, transmisijos, aušinimo sistemos ir elektros sistemos gedimų priklausomybė nuo ridos per visą garantinį periodą. Analizuojamos buvo kiekvienos sistemos gendamumo tikimybės iš kurių buvo apskaičiuota bendra automobilių negendamumo tikimybė. Surinkus gedimų pasiskirstymo duomenis, sudarytas statistinis matematinis modelis. Nustatyta, kad daugiausiai gedimų garantiniu laikotarpiu yra važiuoklės sistemoje, o mažiausiai aušinimo sistemoje.

INVESTIGATION OF "KIA" CAR MODEL FAILURE OVER DURING THE WARRANTY PERIOD

Summary

This article provides an investigation of KIA SPORTAGE car breakdowns during the warranty period. The tests assessed the dependency of the car's engine, chassis, transmission, cooling system and electrical system on driven kilometres over the warranty period. The probabilities of failure of each system were analysed, from which the total probability of failure of cars was calculated. After collecting the data on the distribution of faults, a statistical mathematical model was developed. Most of the faults were found in the chassis system and the least in the cooling system.

Darius Gimbickas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 62504530, el. paštas: gimbickas@gmail.com.

Tomas Mickevičius – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, lekt. dr.; el. paštas: tomas.mickevicius@vdu.lt.

BIODUJŲ KOKYBĖS DIDINIMO, NAUDOJANT VANDENILĮ, ENERGINIS EFEKTYVUMAS

Modestas Elsteris, Kęstutis Navickas

Įvadas

Biodujų gamyba yra patrauklus ir tvarus atsinaujinančios energijos gavybos procesas, skirtas tuo pačiu metu gaminti energiją ir perdirbti organines atliekas. Biodujų, išgaunamų iš organinių medžiagų anaerobinio skaidymo metu, sudėtyje yra apie 60 % metano ir apie 40 % anglies dioksido. Didindami metano koncentraciją biodujose, galime ženkliai padidinti jų šiluminę vertę ir naudojimo galimybes.

Yra parengtos įvairios koncepcijos ir metodai, kuriais galima gerinti biodujų kokybę ir jų energinę vertę. Atlikti tyrimai rodo, kad vandenilio naudojimas biodujų gamyboje yra efektyvi priemonė, didinanti metano koncentraciją [1]. Šio proceso metu apie 90 % sunaudoto vandenilio virsta metanu.

Šiame darbe siekta nustatyti vandenilio naudojimo biodujų kokybės gerinimui energinį efektyvumą, kai šis procesas pritaikomas veikiančioje miesto nuotekų valklos biodujų jėgainėje.

Darbo tikslas – Įvertinti vandenilio naudojimo biodujų gamybai energinį efektyvumą.

Uždaviniai:

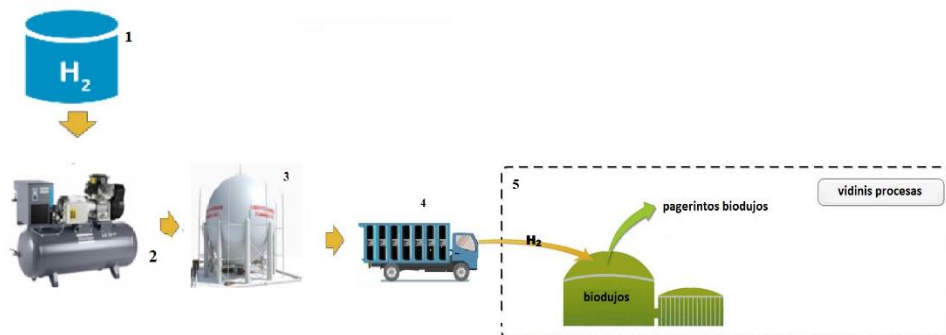
1. Nustatyti optimalų vandenilio poreikį pasirinktam biodujų gamybos srautui.
2. Įvertinti vandenilio naudojimo biodujų gamyboje energinį efektyvumą.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimo objektas – biodujų jėgainė, kurioje per metus pagaminama apie 2,8 mln. m³ biodujų. Tyrimui naudojami statistiniai duomenys apie biodujų jėgainės energijos sąnaudas, biodujų kokybinius rodiklius, pagamintų biodujų kiekį, vandenilio gamybos ir transportavimo energijos sąnaudas.

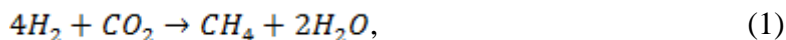
Tyrimo metu naudota supaprastinta biodujų kokybės gerinimo procesų, naudojant vandenilį, technologinė schema (1 pav.). Šią technologiją sudaro keli procesai: vandenilio gavyba ir suslėgimas, transportavimas ir išvirkštimas į bioreaktorių [2].

Yra žinomi įvairūs vandenilio gavybos būdai [2]. Šiame darbe pasirinkta vandenilio gavyba elektrolizės būdu. Vandenilis transportuojamas specialiose talpose suslėgtas. Šiam procesui naudojami kompresoriai, kurie suslegia dujas iki 500 barų. Suslėgto vandenilio talpos į biodujų jėgainę pristatomos mobiliomis priemonėmis. Vandenilis į biodujų reaktorių yra švirkščiamas 1 bar slėgio, tam naudojant reduktorių.



1 pav. Biodujų kokybės didinimo technologinė schema: 1 – vandenilio gamyba, 2 – vandenilio suslėgimas, 3 – suslėgto vandenilio saugojimas, 4 – transportavimas nuo saugojimo vietos iki biodujų jėgainės, 5 – vandenilio įšvirkštimas į biodujas

Biodujų kokybės gerinimas, naudojant vandenilio dujas, yra paremtas hidrogenotrofinės metanogenezės chemine reakcija, kurios metu papildomai išsiskiria metanas, vandeniliui reaguojant su biodujose esančiu anglies dioksidu [3]:



čia: H_2 – vandenilis; CO_2 – anglies dioksidas; CH_4 – metanas; H_2O – vanduo.

Vandenilio kiekis reikalingas pasirinktam biodujų srautui apskaičiuojamas lygtimi:

$$m = n \cdot M, \quad (2)$$

čia: m – vandenilio kiekis, g; n – molių skaičius, mol; M – molinės masės skaičius, g/mol.

Biodujų kiekio prieaugis apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$V = V_{CH_4} + V_{CO_2}, \quad (3)$$

čia: V – biodujų tūris, m³; V_{CH_4} – metano dujų tūris, m³; V_{CO_2} – anglies dioksido dujų tūris, m³.

Energijos sąnaudos, reikalingos vandenilio naudojimui, nustatytos remiantis lygtimi:

$$E_a = E_1 + E_2 + E_3, \quad (4)$$

čia: E_a – energijos kiekis, reikalingas didinti metano koncentraciją, kWh; E_1 – energijos kiekis reikalingas vandeniliui pagaminti, kWh; E_2 – energijos kiekis

reikalingas vandenilio dujoms suslėgti iki transportavimo lygio, kWh; E_3 – vandenilio transportavimo energijos sąnaudos, kWh.

Biodujų energinė vertė apskaičiuojama pagal lygtį:

$$E = V_b \cdot Q_{CH_4} \frac{C_{CH_4} \%}{100}, \quad (5)$$

čia: E – biodujų energetinė vertė, MJ/m³; V_b – biodujų tūris, m³; Q_{CH_4} – metano dujų šiluminė vertė, MJ/m³; C_{CH_4} – metano koncentracija biodujose %.

Energetinio efektyvumas E_b nustatytas remiantis lygtimi:

$$E_b = \Delta E - E_a, \quad (6)$$

čia: ΔE – biodujų energijos prieaugis, kWh.

Rezultatai

Šiam tyrimui pasirinkta biodujų jėgainė, kasdien gaminanti vidutiniškai 7675 m³ biodujų, kurių metano koncentracija siekia 60 %. Šiuo tyrimu siekiama metano koncentraciją biodujose padidinti iki 70 %. Šiam tikslui pasiekti reikia sumažinti anglies dioksido kiekį biodujose 25 %, nes tokia dalis CO₂ yra 767,5 m³ tai sudaro 10 % biodujų tūrio.

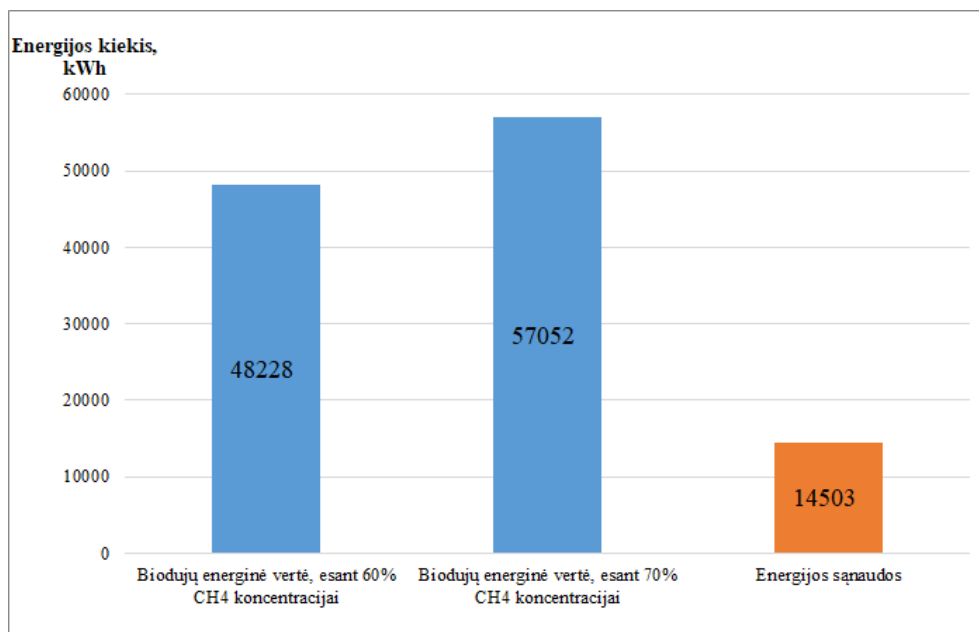
Vieno kilogramo vandenilio gavybos elektrolizės būdu energijos sąnaudos siekia 50 kWh. Vienam kilogramui vandenilio suslėgti iki 500 bar reikia 2,2 kWh elektros energijos [2].

1 lentelė. Metano koncentracijos didinimo technologinių procesų paros energijos sąnaudos

Technologiniai procesai biodujų gerinimui	Vidutinės 1 kg vandenilio sąnaudos, kWh	Paros energijos sąnaudos biodujų kokybei gerinti, kWh
Vandenilio gamyba	50	13815
Vandenilio suslėgimas kaupimui	2,2	608
Vandenilio transportavimas (100 km)	0,29	80
	Iš viso:	14503

Tiriamoje biodujų jėgainėje metano koncentracijos padidinimui dešimčia procentų bus panaudota apie 767,5 m³/d anglies dioksido. Tokio anglies dioksido kiekio cheminei reakcijai reikia 276,3 kg/d vandenilio. Remiantis (4) lygtimi nustatytos energijos sąnaudos atskiruose technologiniuose procesuose (1 lentelė).

Nustatyta, kad vandenilio išvirkštimas padidina biodujų gamybą 74,9 m³. Išgautų biodujų energinė vertė po vandenilio išvirkštimo padidėja nuo 48228 kWh iki 57052 kWh ir gaunamas 8824 kWh arba 18 % energijos prieaugis (2 pav.).



2 pav. Biodujų energinės vertės pokyčiai ir energijos sąnaudos

Įvertinus energijos prieaugį ir sąnaudas, nustatyta, kad metano koncentracijos didinimas nuo 60 % iki 70 % energetiškai neefektyvus, nes tiriamu atveju gautas 5679 kWh energijos praradimas.

Išvados

1. Pagerinti 7675 m³/d. biodujų metano koncentraciją nuo 60 % iki 70 % papildomai reikia 14503 kWh energijos.
2. Padidinus metano koncentraciją biodujose dešimčia procentų, gaunamas 18 % energijos prieaugis.
3. Metano koncentracijos biodujose didinimas nuo 60 % iki 70 %, esant 7675 m³/d biodujų gamybos srautui, davė 5679 kWh energijos nuostolį.

Literatūra

1. Angelidaki, I., Treu, L. 2018. Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives. *Biotechnology Advances* Vol. 36, Issue 2, p. 452–466.
2. Wulf, C., Kaltschmitt, M. 2018. Hydrogen supply chains for mobility – environmental and economic assessment. *Sustainability*, 10, 1699.
3. Luo, G., Angelidaki, I. 2011. Simultaneous hydrogen utilization and in situ biogas upgrading in an anaerobic reactor. *Biotechnology and bioengineering*, Vol. 109, No. 4, p. 1088–1094.

Santrauka

Šiame darbe įvertintas metano koncentracijos didinimo biodujose, naudojant vandenilį, energinis efektyvumas. Tyrimui pasirinkta biodujų jėgainė, kurioje per dieną pagaminama apie 7675 m³ biodujų. Tyrimo metu nustatyta, kad, metano koncentracijos didinimas nuo 60 iki 70 % davė 18 % energijos prieaugį, tačiau jis buvo mažesnis, negu papildomos energijos sąnaudos, reikalingos šiam procesui palaikyti.

ENERGY EFFICIENCY OF UPGRADING BIOGAS WITH HYDROGEN

Summary

The purpose of this study is to evaluate the energy efficiency of increasing the concentration of methane in biogas using hydrogen. A biogas power plant was selected for the study, which produces about 7675 m³ of biogas per day. The study found that increasing the methane concentration from 60 to 70% resulted in an 18% increase in energy, however it was less than additional energy required to support the process.

Modestas Elsteris – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 622 40942, el. paštas: elsterismodestas@gmail.com.

Kęstutis Navickas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, prof. dr.; tel. 8 37 752219, el. paštas: Kestutis.Navickas@vdu.lt

GYVŪNŲ GEROVĖS TYRIMAI ROBOTIZUOTOJE KARVIDĖJE

Julius Buivydas, Rolandas Bleizgys

Ivadas

Gyvūnų gerovė – tai gyvūnų būklė, kai jie nejaučia nei fizinių nei psichinių kančių ir yra gerai prisitaikę prie gyvenimo sąlygų; tai humaniško gyvūnų naudojimo koncepcija, siekianti iki minimumo sumažinti gyvūnų skausmą, kančias ir stresą ir pagerinti gyvūnų gerovę visais jų gyvenimo etapais. (1) Šiuolaikinės intensyvios pieno gamybos sistemos, kurios skiria didesnę dėmesį produkcijos kiekybei, o ne kokybei, lėmė gyvūnų gerovės problemų atsiradimą. Todėl atsiranda poreikis įvertinti, kaip šiuolaikinės gyvūninių produktų gamybos sistemos laikosi gyvūnų gerovės principų (2).

Vienas iš svarbiausių veiksnių, darančių įtaką gyvulio produktyvumui, – tvarto mikroklimatas. Jei jis nepalankus, net ir geriausių veislių optimaliai šeriami gyvuliai nebus sveiki ir labai produktyvūs. Norint, kad tvarte būtų geras mikroklimatas, būtina juos intensyviai vėdinti net ir per didelius šalčius, nesibaiminant, kad bus per šalta. Esant žemai temperatūrai, padidėja gyvulių atsparumas susirgimams, patalpose oras būna švaresnis, jame mažiau nuodingų dujų, garų, dulkių (3).

Išskiriami 3 skirtingi požiūriai į gyvūnų gerovę: vienas orientuotas į teigiamą emocinę gyvūno būseną, antrasis į fiziologinę gyvūno būklę, o trečiasis – remiasi gyvūno natūralia gyvensena, kuri yra laikoma pagrindiniu rodikliu (4,5,6).

Užtikrinant gyvuliui optimalias laikymo sąlygas, rekomenduotina, kad oro temperatūra tvarte kistų nuo $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ iki $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$, oro santykinis drėgnis – nuo 40 % iki 88 %, esant $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrai (7).

Tyrimų tikslas: įvertinti gyvūnų gerovę pagal mikroklimato veiksnių kaitą robotizuotoje karvidėje.

Tyrimų uždaviniai:

1. Įvertinti mikroklimatą robotizuotoje karvidėje.
2. Įvertinti mikroklimato kokybę robotizuotoje karvidėje.

Tyrimo objektai ir metodika

Tyrimai atlikti robotizuotoje boksinėje karvidėje, kurioje laikoma 140 melžiamų karvių. Tvarte įrengta natūrali plyšinė vėdinimo sistema. Ūkyje taikoma tvartinė laikymo sistema. Tvarte karvės laikomos palaidos, melžiamos robotais, ant kaklo kiekviena karvė turi savo identifikavimo apykaklės su davikliais. Ant karvių kaklų esantys davikliai nuskaitomi joms einant per vartus ir taip jos yra nukreipiamos melžimui arba poilsiui. Melžimo robotas taip pat nustato ir pieno kokybinius rodiklius.

Tvarte atliekant mikroklimato tyrimus, buvo naudojami – MicroLite USB DATA LOGGERS matuokliai. Jais buvo matuojama oro temperatūra ir santykinis

oro drėgnis tvarte bei lauke, duomenys fiksuojami valandos laiko intervalu. Tyrimo metu buvo naudojami keturi davikliai: trys iš jų pakabinti tvarte, vienas – lauke. Vienas daviklis matavo mikroklimato veiksnius robote, du – virš guoliaviečių 1,5 m aukštyje, kad geriau įvertinti mikroklimatą galvijų buvimo vietoje. Lauke matavimai atlikti pastogėje, pavėsyje, kur nešviečia tiesioginiai saulės spinduliai. Matuoklis turi LCD ekraną, gali savo atmintyje išsaugoti iki 16000 matavimų. Temperatūros matavimo ribos nuo $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ iki $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, matavimo tikslumas $\leq \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ matuojamos reikšmės; oro santykinio drėgnio matavimo ribos nuo 0 % iki 100 %, matavimo tikslumas $\leq \pm 3\text{ }%$ matuojamos reikšmės.

Tyrimo rezultatai

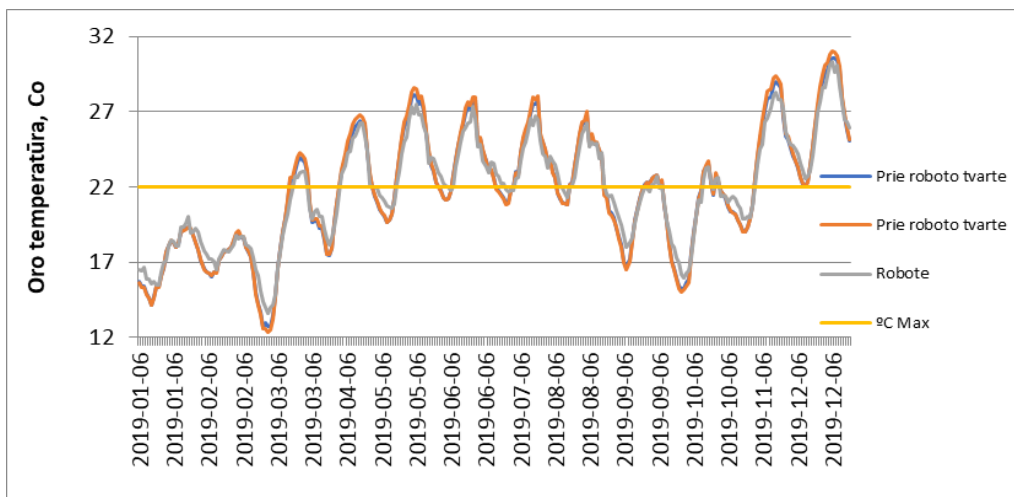
Tyrimo laikotarpiu buvo nustatyta karvidėje esančio oro temperatūra bei santykinis oro drėgnis. Tiriamuoju laikotarpiu karvidėje vidutinė oro temperatūra buvo $13,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, oro santykinis drėgnis 75 %, kuomet lauke oro temperatūra buvo $10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, o santykinis oro drėgnis 67,7 %. Šie rodikliai parodo, jog karvidėje yra šilčiau ir drėgniau nei lauke, tačiau neviršija leistinų normų.

Lentelėje 1 pateikiami duomenys, pagal kuriuos matoma, jog laikotarpyje nuo vasario iki birželio, vidutinė oro temperatūra tvarte kito nuo $8,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ iki $21,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, kuomet lauke kito nuo $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ iki $22,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Santykinis oro drėgnis karvidėje šiuo laikotarpiu kito nuo 60,9 % iki 84,6 %, o lauke – nuo 50,4 % iki 83,6 %

1 lentelė. Oro temperatūra bei oro santykinis drėgnis karvidėje ir lauke (mėnesio vidutinės reikšmės)

Vieta matavimo vnt	Guoliavietė		Guoliavietė		Robote		Lauke	
	$^{\circ}\text{C}$	Proc.	$^{\circ}\text{C}$	Proc.	$^{\circ}\text{C}$	Proc.	$^{\circ}\text{C}$	Proc.
Mėnuo								
Vasaris	9,173 ($\pm 1,04$)	79,92($\pm 4,94$)	9,138($\pm 1,04$)	84,565($\pm 3,87$)	9,988($\pm 0,88$)	79,38($\pm 4,32$)	3,492($\pm 3,91$)	82,701($\pm 13,97$)
Kovas	8,99($\pm 1,89$)	79,97($\pm 5,79$)	8,93($\pm 1,92$)	84,63($\pm 4,36$)	9,78($\pm 1,83$)	78,81($\pm 5,36$)	3,29($\pm 3,81$)	83,62($\pm 13,14$)
Balandis	13,20($\pm 4,45$)	62,177($\pm 9,62$)	13,14($\pm 4,51$)	67,94($\pm 9,48$)	13,60($\pm 4,15$)	60,91($\pm 9,18$)	10,88($\pm 8,16$)	50,44($\pm 20,54$)
Gegužė	15,36($\pm 4,12$)	72,98($\pm 9,74$)	15,30($\pm 4,19$)	77,4($\pm 8,65$)	15,77($\pm 3,80$)	71,388($\pm 9,02$)	13,49($\pm 6,96$)	67,91($\pm 20,11$)
Birželis	21,75($\pm 3,99$)	74,09($\pm 8,71$)	21,81($\pm 4,11$)	77,70($\pm 8,22$)	21,85($\pm 3,52$)	73,66($\pm 7,24$)	22,29($\pm 7,45$)	63,62($\pm 18,65$)

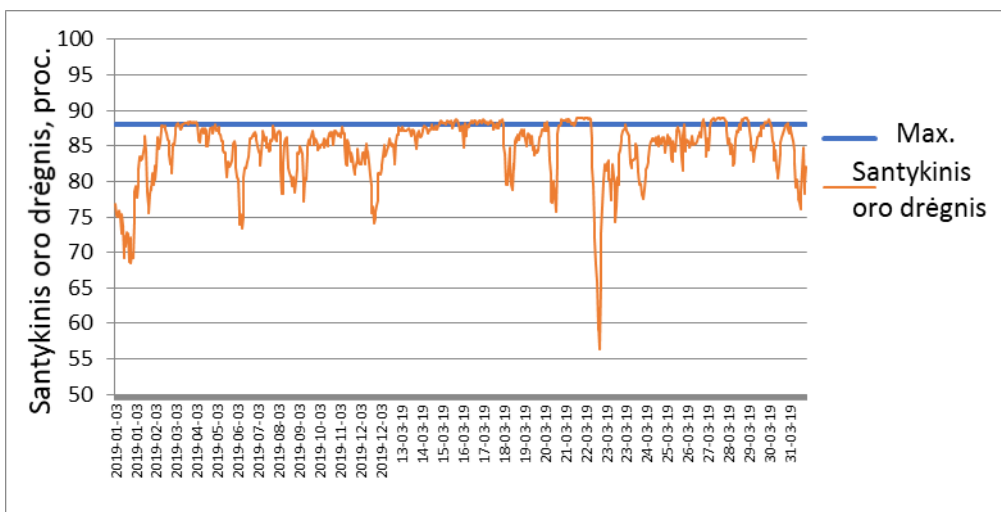
Analizuojant detaliam kiekvieną mėnesio dieną bei valandą, pastebimi keli nukrypimai iš normų. Dažniausia mikroklimato parametrai neatitinka reikalavimų birželio mėnesį, kuris buvo karščiausias mėnuo (1 pav.) ir tvarte buvo aukšta temperatūra.



1 pav. Temperatūros kaita karvidėje birželio mėnesį

Pagal mikroklimato tvarte reikalavimus, oro santykinis drėgnis turi būti nuo 40 % iki 88 %, o oro temperatūra – nuo -7 °C iki +22 °C, kad būtų užtikrintos optimaliausios sąlygos galvijui, jis jaustųsi komfortiškai ir pasiektų aukščiausių produktyvumą.

Santykis oro drėgnis dažnai viršijo normas, didžiausias neatitikimas buvo kovo mėnesį (2 pav.). Nors šio mėnesio vidutinis santykinis oro drėgnis guoliavietės zonoje buvo 84,63 %, tačiau tam tikromis laiko atkarpomis buvo didesnis kaip 88 %.



2 pav. Santykinis oro drėgnis karvidėje kovo mėnesį

Atlikus tyrimo analizę, galime apibendrinti, jog karvidėje tiriamuoju laikotarpiu buvo vienetinių rodiklių viršijimo atvejų, tačiau išvedus vidurkius, rodikliai

parodo, jog karvidė atitinka keliamas normas, galvijai joje gali jaustis komfortiškai bei būti produktyviai.

Tyrimų metu lauke nebuvo nei labai žemų, nei labai aukštų temperatūrų. Todėl nenustatyta mikroklimato neigiamas poveikis karvių produktyvumui, elgsenai, taip pat melžimo robotų darbui.

Išvados

1. Karščiausias mėnuo tiriamuoju laikotarpiu buvo birželis. Jo vidutinė lauko oro temperatūra buvo 22,3 °C, guoliavietėje – 21,7 °C, robote – 21,8 °C. Atitinkamai santykinis oro drėgnis buvo: lauke 63,6 %, guoliavietėje 76,8 %, robote 73,7 %. Pagal higienos normas, esant 20 °C temperatūrai santykinis oro drėgnis neturėtų būti didesnis kaip 65 %.
2. Šalčiausias mėnuo tiriamuoju laikotarpiu buvo kovo mėnuo. Jo vidutinė lauko oro temperatūra buvo 3,3 °C, guoliavietėje – 8,9 °C, robote – 9,8 °C. Atitinkamai santykinis oro drėgnis buvo: lauke 83,6 %, guoliavietėje 80 %, robote 78,8 %. Pagal higienos normas, esant 10 °C temperatūrai, santykinis oro drėgnis neturėtų būti didesnis kaip 80 %.
3. Nustatyta, kad esant aukštai oro temperatūrai lauke, tvarte oro temperatūra taip pat būna aukšta ir viršija rekomenduojamas normas.

Literatūra

1. Kučinskienė, J., Ribikauskas, V. 2015. *Galvijų elgsena ir gerovės vertinimas*.
2. Sejian, V., Lakritz, J., Ezeji, T., Lal, R. 2011. Assessment methods and indicators of animal welfare. *Asian journal of animal and veterinary advances*. p. 301–315.
3. Bleizgys, R. 2008. Sausas, švarus, šiltas ir minkštas guolis. *Mano ūkis*. Nr. 6.
4. De Andrade Vieira Can EM. Welfare assessment in Portuguese dairy goat farms: On - farm overall feasibility of an international prototype, 2015; p. 21–35
5. Keyserlingk, M. N. G., Rushen, J., de Passillé, A.M., Weary, D. M. 2009. Invited review: the welfare of dairy cattle—Key concepts and the role of science. *American dairy science association*. 92:4101–4111.
6. Rushen, J., de Passille, A. M., von Keyserlingk, M. A. G., Weary, D. M. 2008. The welfare of cattle; p. 1–44.
7. Bleizgys, R., Čėsna, J. 2012. *Gyvulininkystės technologijų inžinerija*. Mokomoji knyga.

Santrauka

Svarbiausi mikroklimato veiksniai yra oro temperatūra ir santykinis drėgnis, kurie daro didžiausią įtaką galvijų sveikumui ir produktyvumui. Tyrimai atlikti robotizuotoje boksineje karvidėje. Tiriamuoju laikotarpiu oro temperatūra karvidėje kito nuo 8,9 °C iki 21,8 °C, kuomet lauke nuo 3,5 °C iki 22,3 °C. Santykis oro drėgnis viršijo normas keletą mėnesių, didžiausias reikalavimų neatitikimas buvo kovo mėnesį. Nors šio mėnesio vidutinis santykinis oro drėgnis virš guoliavietės buvo 84,63 %, tačiau tam tikromis laiko atkarpomis viršijo 88 %.

Raktiniai žodžiai: karvidė, mikroklimatas, gerovė.

ANIMAL WELFARE STUDIES IN ROBOTIZED COWSHED

Summary

The most important microclimatic factors are air temperature and relative humidity, which have the greatest impact on the health and productivity of cattle. The studies were carried out in a robotic milking cow. During the investigation period, the air temperature in the cowline varied from 8.9°C to 21.8°C, from 3.5°C to 22.3°C outside. The ratio of air humidity exceeded the norms for several months, the biggest mismatch was in March. Although this month's average relative humidity above the bearing was 84.63%, in certain time intervals exceeded 88%.

Keywords: cow, microclimate, well-being.

Julius Buivydas – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel.+370 62134619, el. paštas: buivydas.julius@gmail.com

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

KLIMATUI DRAUGIŠKO PAŠARŲ RACIONO ĮTAKA AMONIAKO EMISIJAI IŠ GALVIJŲ MĖŠLO

Daiva Velėniūtė, Rolandas Bleizgys

Įvadas

Amoniakas (NH₃) tvarte intensyviausiai garuoja iš tvarto gyvulių šlapimo, skylant jame esančiam karbamidui (Kavolėlis, 2004). Amoniakas išmetamas kiekis priklauso nuo mėšlo ant grindų paviršiaus, mėšlo pašalinimo dažnumo, pašarų sudėties ir pašarų bei mėšlo naudojimo (Kavolėlis, 2003).

Manoma, kad pašarų racionali labiausiai orientuojami produkcijos gamybos intensyvumui. Sumažinti amoniako emisiją galima optimizuojant pašarų racioną.

LŽŪU Žemės ūkio inžinerijos instituto profesoriaus B. Kavolėlio atliktais tyrimais nustatyta, kad tvartiniu laikotarpiu amoniako emisija iš gyvulio vietos rišamų karvių ir boksinėje karvidėje su grotelėmis dengtais mėšlo kanalais buvo vienoda – apie 29 g per parą, o neapšiltintoje boksinėje kur kas mažesnė – 17 g per parą.

Mėšlą apipilant šiaudų ar pjuvenų sluoksniu amoniako emisija sumažėja 40–50 %, o durpių, molio granulėmis iki 60–80 %. (Amon ir kt., 2007; Bernal, 2009).

Mokslininkai akcentuoja, kad technologija yra efektyvi ir perspektyvi. Paros norma vienam galvijui – iki 2 kg. Atliekant bandymus, paaiškėjo, kad grūdų daigai, kuriuose gausu biologiškai vertingų medžiagų, yra neabejotinai naudingi gyvuliams. Jiems virškinti reikia mažiau energijos, todėl daugiau jos skiriama produkcijai gaminti ir jos kokybei gerinti (Agroakademija, 2019).

Daiginti grūdai ir želmenys chemine sudėtimi pranašesni už džiovintą ir ilgai laikytą pašarą, kuris dažnai būna pagamintas iš vėlai nupjautos žolės, taip pat pasižymi mažu virškinamumu (Francis ir kt., 2018). Vienam kilogramui želmenų, naudojant hidroponinę technologiją, užauginti užtenka 1,5–2 litrų vandens, o 1 kilogramui miežių, liucernų pašaro gamybai sausringomis lauko sąlygomis atitinkamai reikia 73 ir 85 litrų vandens.

Tyrimų tikslas – nustatyti karvių pašarų racione želmenų naudojimo įtaką amoniako garavimo iš mėšlo procesui ir įvertinti galimybes šiomis inovacijomis mažinti amoniako emisiją galvijų fermose.

Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimai atlikti trijuose gyvulininkystės ūkiuose, kuriuose galvijai buvo suskirstyti į dvi grupes, vienoje šeriami įprastu racionu, o kitoje racione duodama želmenų. Saitinėje karvidėje viena galvijų grupė šerta įprastu racionu, o kitoje racione papildomai duota po 2 kg žirnių + miežių želmenų. Telyčios buvo šeriamos

įprastu racionu ir duodant žirnių želmenų. Veršeliai suskirstyti į grupes, vienoje grupėje šeriami įprastu racionu, kitoje papildomai duodama kukurūzų želmenų.

Tvartuose paimti dveji šviežio mėšlo mėginiai iš skirtingų grupių galvijų: vienas iš galvijų šertų įprastu racionu (kontrolė), kitas – iš galvijų šertų želmenimis (mėšlas su želmenimis). Amoniako emisijos iš mėšlo tyrimai atlikti VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institute Termoenerginų procesų ir emisijos laboratorijoje. Tyrimai buvo atliekami 1 kartą, nebuvo kartotas. Prieš emisijos tyrimus, nustatomas sausųjų medžiagų kiekis mėšle, remiantis standartu LST 1530:2004.

Bendrajam dujų emisijos intensyvumui tirti taikytas masės srauto metodas. Žinant kameros vėdinimo intensyvumą G (m^3h^{-1}) ir dujų koncentraciją į kamerą įeinančiame C_e ($mg\ m^{-3}$) ir iš jos šalinamame ore C_o , dujų emisijos intensyvumas apskaičiuojamas:

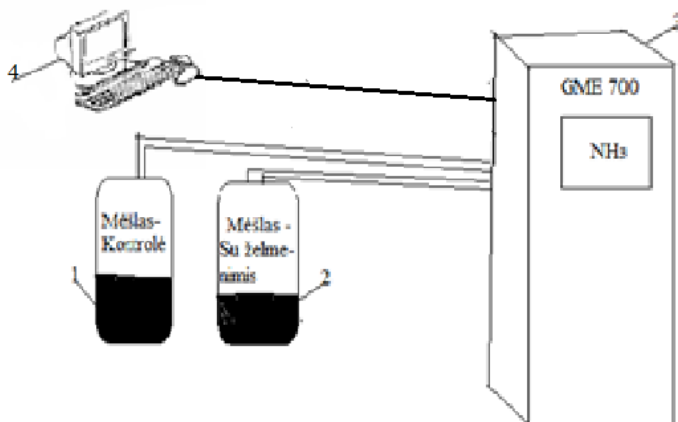
$$E = (C_o - C_e)G, \quad (1)$$

čia C_e dujų koncentracija į kamerą įeinančiame ore, $mg\ m^{-3}$;

C_o dujų koncentracija iš kameros šalinamame ore, $mg\ m^{-3}$;

G kameros vėdinimo intensyvumas, m^3h^{-1} .

Mėšlas išpilamas sandarioje 3,3 l talpos kameroje, kurios viršuje įmontuoti du ortakiai: per vieną patenka švarus aplinkos oras, per kitą oras išteka iš kameros ir tiekiamas į dujų analizatorių GME 700 analizatoriuje (3). Vienu metu tyrimai atliekami su dvejomis kameromis: vienoje supiltas mėšlas – kontrolė (1), kitoje – mėšlas su želmenimis (2).



1 pav. Dujų emisijos iš mėšlo tyrimų schema: 1 – Mėšlas – kontrolė (galvijai šerti įprastu racionu); 2 – Mėšlas – su želmenimis (galvijai šerti želmenimis); 3 – dujų analizatorius GME 700; 4 – kompiuteris (programa ADC)

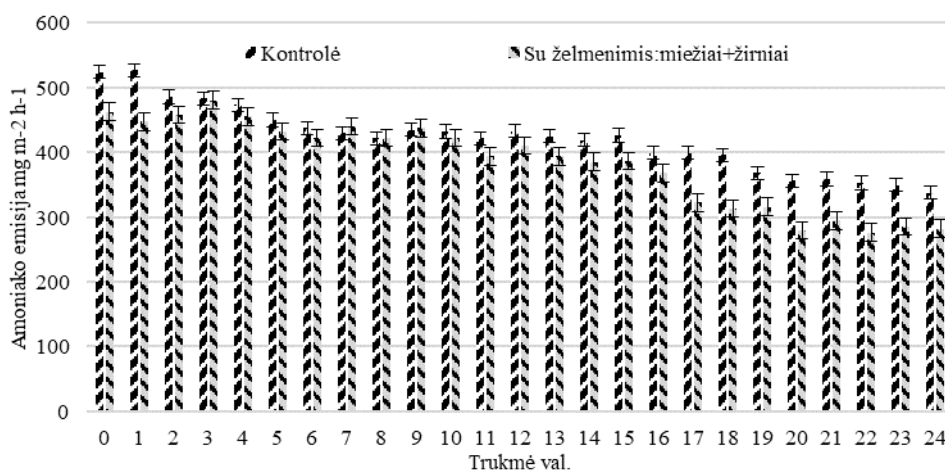
Visa gauta informacija perkeliama 5 kompiuterį ir duomenys apdorojami „ADC“ programa (4). Gautų rezultatų patikimumui įvertinti, tyrimų duomenys buvo įvertinti dispersinės analizės metodu, Excel programa. Nustatyti aritmetiniai

vidurkiai, jų standartiniai nuokrypiai ir pasikliauties intervalai esant tikimybės lygmeniui 0,95. Esminiai skirtumai tarp tiriamųjų variantų duomenų vidurkių buvo nustatyti apskaičiuojant esminio skirtumo ribą $R_{0,05}$.

Tyrimų rezultatai

Teoriniais tyrimais nustatyta, kad amoniako garavimo iš mėšlo procesą įtakoja daug kintančių ir tarpusavyje susijusių veiksnių, iš kurių vienas svarbiausių yra oro judėjimo greitis. Oro greičiui kintant rekomenduotinese ribose karvidėse (iki 2 m s^{-1} vasarą), amoniako emisija kinta dar ženkliau. Padidėjus oro greičiui nuo $0,1$ iki $2,0 \text{ m s}^{-1}$, amoniako emisija padidėja net apie 10 kartų. Didėjant oro greičiui, jo įtaka emisijai mažėja. Oro greičio intervale $0-0,5 \text{ m s}^{-1}$, padidėjus greičiui $0,1 \text{ m s}^{-1}$, amoniako emisija padidėja vidutiniškai 39,4 %, o greičio intervale $1,5-2,0 \text{ m s}^{-1}$, padidėja atitinkamai tik 4,7 % (Bleizgys ir kt., 2015).

Iš 2 pav. nustatyta amoniako emisija iš mėšlo kontrolės ir iš mėšlo želmenų. Matome, kad amoniako emisija iš mėšlo iš miežių + žirnių želmenų ženkliai mažėja, negu iš mėšlo kontrolės.

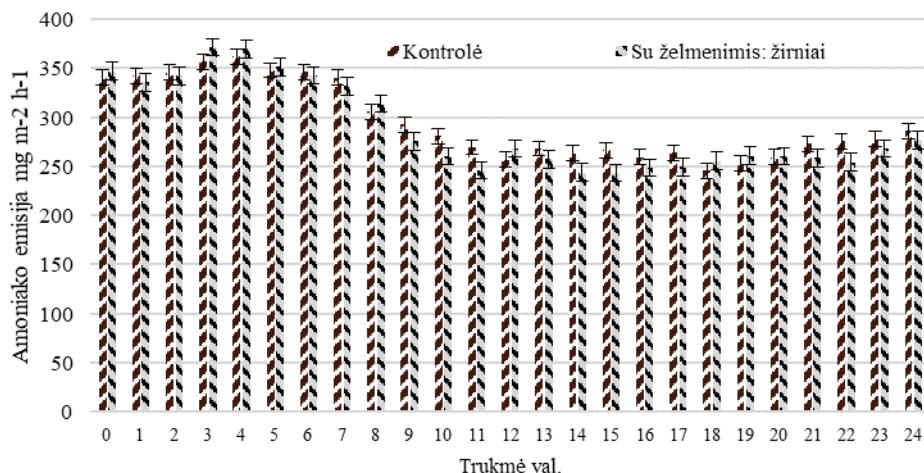


2 pav. Amoniako emisija iš karvių mėšlo

Iš mėšlo kontrolės amoniako emisija sumažėjo iki $337,39 \pm 21,21 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$, o iš mėšlo miežių + žirnių želmenų $282,18 \pm 27,68 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$. Taigi, iš mėšlo miežių + žirnių želmenų amoniako emisija yra mažesnė, už mėšlo kontrolės.

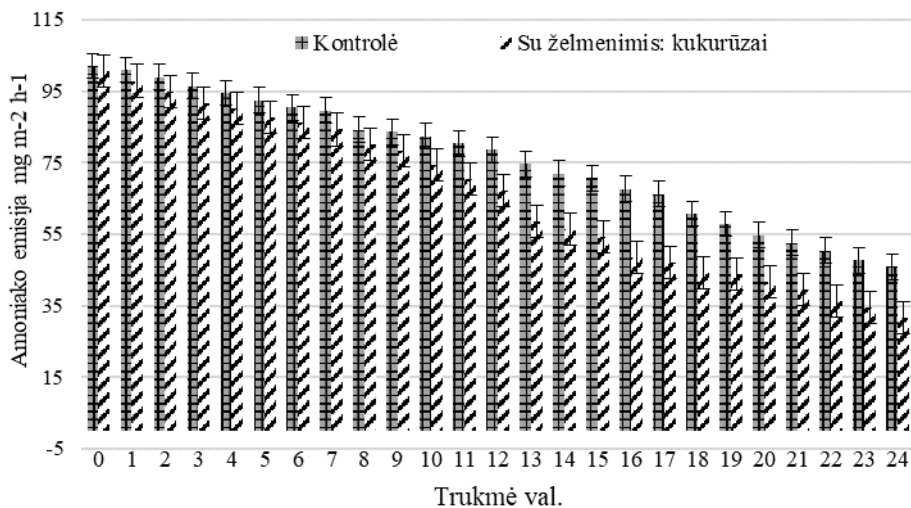
Mokslininkų atliktais tyrimais nustatyta, kad kontrolinėje karvidėje vidutinė temperatūra buvo $24,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (didžiausia dieną $29 \text{ }^\circ\text{C}$), o eksperimentinėje $9 \text{ }^\circ\text{C}$ (o prie kondicionieriaus $5,5 \text{ }^\circ\text{C}$). NH_3 emisija buvo atitinkamai $557,23$ ir $188,65 \text{ g/parą}$ (Kavolėlis, 2004; Bleizgys ir kt., 2012).

3 pav. pateikta amoniako emisija iš mėšlo kontrolės ir mėšlo žirnių želmenų. Nustatyta, kad didžiausia amoniako emisija yra iš mėšlo kontrolės, o mažiausiai iš mėšlo žirnių želmenų. Iš tyrimų rezultatų, matoma, kaip garuoja amoniako emisija iš skirtingo mėšlo.



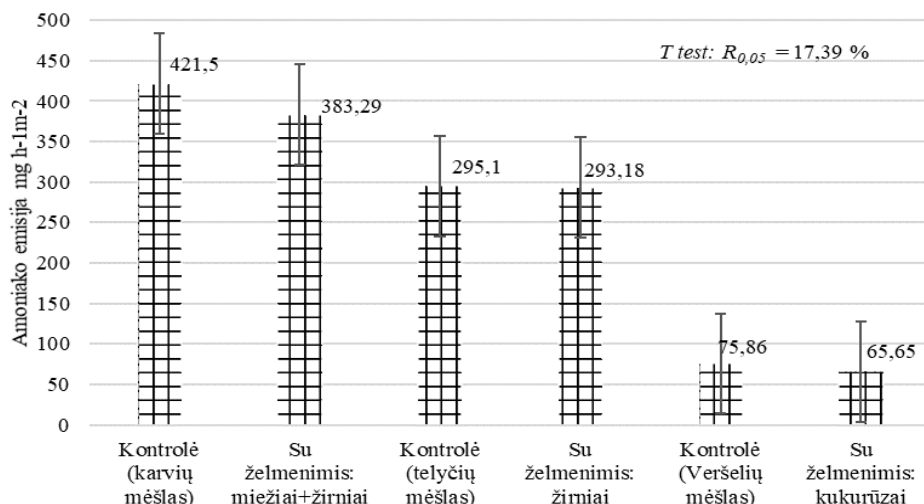
3 pav. Amoniako emisija iš telyčių mėšlo

Iš telyčių mėšlo kontrolės, amoniako emisija sumažėjo nuo $340,59 \pm 16,09 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$ iki $285,76 \pm 16,09 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$. O iš mėšlo žirnių želmenų amoniako emisija sumažėjo nuo $346,98 \pm 18,94 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$ iki $276,94 \pm 18,94 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$.



4 pav. Amoniako emisija iš veršelių mėšlo

4 pav. pavaizduota amoniako emisija $\text{mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$ iš veršelių mėšlo. Iš mėšlo kontrolės amoniako emisija nustatyta $45,91 \pm 7,33 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$, iš mėšlo kukurūzų želmenų $31,58 \pm 9,31 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$.



5 pav. Amoniako emisijos vidurkių patikimumas $R_{0,05} = 17,39\%$

5 pav. nustatyta, kad esminių skirtumų nėra tarp mėšlo telyčių kontrolės ir telyčių mėšlo su želmenimis: žirniai. Taip pat nėra esminių skirtumų tarp mėšlo veršelių kontrolės ir iš mėšlo želmenimis: kukurūzai. Esminis skirtumas nustatytas tarp karvių mėšlo kontrolės su želmenimis: miežiai + žirniai.

Išvados

1. Nustatyta amoniako emisija iš karvių šertų įprastiniu racionu buvo $337,39 \pm 21,21 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$, o racioną papildant kasdien 2 kg miežių + žirnių želmenimis, iš mėšlo miežių + žirnių želmenų amoniako emisija mažesnė 11,90 % už kontrolę.
2. Nustatyta iš telyčių mėšlo šertų įprastiniu racionu amoniako emisija sumažėjo iki $285,76 \pm 16,09 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$, racioną papildant kasdien 2 kg žirnių želmenų, iš mėšlo su želmenimis: žirniai amoniako emisija mažesnė 31,21 % už kontrolę.
3. Nustatyta amoniako emisija iš veršelių šertų įprastiniu racionu amoniako emisija $45,91 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$, o iš mėšlo su želmenimis: kukurūzų amoniako emisija mažesnė 14,49 % už kontrolę.
4. Esminis skirtumas nustatytas tarp karvių mėšlo kontrolės su želmenimis: miežiai + žirniai.

Literatūra

1. Amon, B., Kryvoruchko, V., Fröhlich, M., Amon, T., Pöllinger, A., Mösenbacher, I., Hausleitner, A. Ammonia and greenhouse gas emissions from a straw flow system for fattening pigs: Housing and manure storage. *Livestock Science*. 2007. 112 (3). 199–207 p.
2. Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., Moral, R. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*. 100 (22). 5444–5453 p.
3. Francis, J. M., Apgar, G. A., Crandell, K. G., Handlos, G. C., and Perry, E. B. 2018. The Effects of Hydroponic Wheat Fodder and Fecal Metabolites in Equines. *Journal of Equine Veterinary Science*. 70; 84–90 p.

4. Kavalėlis, B. 2003. Influence ventilation rate on ammonia concentration and emission in animal house. *Polish Journal of Environmental Studies*. Raudondvaris. 709–710 p. Prieiga per internetą: <http://www.pjoes.com/pdf/12.6/709-712.pdf>.
5. Kavalėlis, B. 2003. Amoniako garavimo mažinimas. *Mano ūkis*. Prieiga per internetą: <http://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2003/10/amoniako-garavimo-mazinimas/>.
6. Kavalėlis, B. 2004. Amoniako emisija karvidėse. *Žemės ūkio mokslai*. Nr.1. 46 p.
7. Hidroponinė daigintų grūdų technologija pašarui gaminti – efektyvi ir perspektyvi. 2019. [žiūrėta 2020-02-01]. Internetinė prieiga: <http://www.agroakademija.lt/Straipsniai/StraipPerziuraStraipsnisID=12853&TemaID=2>
8. Bleizgys, R., Čėsna, J. 2012. Gyvulininkystės technologijų inžinerija: mokomoji knyga [interaktyvus]. Akademija (Kauno raj.): Aleksandro Stulginskio Universiteto Leidybos centras. 12; 14–16; 18–25 p. [žiūrėta 2018-11-01]. Prieiga per internetą: <http://dspace.lzuu.lt/handle/1/2028>.

Santrauka

Žemės ūkyje svarbiausi koncentruotos taršos šaltiniai yra gyvulininkystės ūkiai. Amoniakas yra pagrindinės dujos, rūgštinančios kritulius ir taip žalojančios ekosistemą. Pagrindinis amoniako šaltinis yra mėšlas. Amoniako gyvulininkystėje susidaro daugiau kaip 90 % viso NH₃ kiekio, jis garuoja visuose mėšlo susidarymo, saugojimo bei paskleidimo etapuose. Daugiausia amoniako išgaruoja į aplinką laikant galvijus – apie 50 % bendros emisijos.

Tyrimai atlikti trijuose gyvulininkystės ūkiuose, kuriuose galvijai buvo suskirstyti į dvi grupes, vienoje šeriami įprastu racionu, o kitoje racione duodama želmenų. Tyrimais nustatyta, kad amoniako emisija iš mėšlo kontrolės yra didžiausia, o mažiausia yra iš mėšlo, kuriame galvijai yra papildomai šeriami želmenimis. Tyrimų rezultatais nustatyta amoniako emisija buvo iš mėšlo kontrolės 337,39 ± 21,21 mg·(m²·h⁻¹), o iš mėšlo miežių + žirnių želmenų 2282,18 ± 27,68 mg·(m²·h⁻¹). Nustatyta, kad iš veršelių mėšlo kontrolės amoniako emisija nuo 102,12 ± 7,33 mg·(m²·h⁻¹) sumažėjo iki 45,91 ± 9,31 mg·(m²·h⁻¹), o mėšlo žirnių želmenų amoniako emisija sumažėjo nuo 100,818 ± 7,33 mg·(m²·h⁻¹) iki 31,58 ± 9,31 mg·(m²·h⁻¹).

EFFECT OF CLIMATE FRIENDLY FEED RATION ON AMMONIA EMISSION FROM CATTLE MANURE

Summary

In agriculture, the most important sources of concentrated pollution are livestock farms. Ammonia is the main gas that acidifies precipitation and thus damages the ecosystem. The main source of ammonia is manure. Ammonia livestock production accounts for more than 90% of the total NH₃ content and evaporates at all stages of manure formation, storage and distribution. Most of the ammonia is evaporated when cattle are kept in the environment – about 50% of total emissions.

The studies were carried out on three livestock farms, in which the cattle were divided into two groups, one fed on a regular diet and the other fed on greens. Studies have shown that ammonia emissions from manure control are highest and lowest from manure where cattle are supplemented with grass. Ammonia emission from research results was 337,39±21,21 mg·(m²·h⁻¹) from manure control and 282,18±27,68 mg·(m²·h⁻¹) from manure barley + pea grass. Ammonia emissions from manure control in calves were reduced from 112,12±7,33 mg·(m²·h⁻¹) to 45,91±7,33 mg·(m²·h⁻¹), while ammonia emissions from manure pea droppings from 100,81±9,31 mg·(m²·h⁻¹) decreased to 31,58±9,31 mg·(m²·h⁻¹).

Daiva Velėniūtė – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų instituto magistrantė; tel. +370 694 41886, el. paštas: dveleniute@gmail.com

Rolandas Bleizgys – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų instituto prof. dr.; tel. +370 686 10900, paštas: rolandas.bleizgys@vdu.lt

MEDVEŽĖS PADANGŲ DEFORMACIJŲ IR ATRAMINIO PLOTO PRIKLAUSOMYBIŲ NUO RATŲ VERTIKALIŲ APKROVŲ IR ORO SLĖGIO PADANGOSE TYRIMAS

Mantas Mickevičius, Algirdas Janulevičius

Įvadas

Miškininkystėje yra plačiai naudojamos medienos ruošos mašinos, šios savaeigės mašinos ženkliai didina darbo našumą. Dėl medvežių didelės masės, varančiųjų ratų buksavimo, formuojasi gilios provėžos, didėja riedėjimo pasipriešinimo jėga. Tai neigiamai veikia darbo našumą, miško ekosistemą bei ekonominius, ekologinius rodiklius [1]. Dėl didelių ratų apkrovų, dirva suslegiama didesniame gylyje [3]. Didinant padangos atraminį paviršių, slėgis į dirvą yra mažesnis, todėl provėžos formuojasi mažesniame gylyje [1].

Miško ruošos mašinos dažniausia naudoja didelio skersmens ratlankius su plačiomis padangomis, siekiant padidinti šoninį stabilumą ir atraminį paviršiaus plotą. Plačiai naudojamos padangos turinčios specialų protektorių su apvalintomis briaunomis [1]. Šis protektorius mažina medžių šaknų pažeidimų riziką bei dirvožemio viršutinio sluoksnio ardymą. Medvežės gaminamos su specialiomis važiuoklėmis, ašies vertikalios apkrovos ratams pasiskirsto vienodai.

Dinaminiams, ekonominiams ir ekologiniams rodikliams gerinti privalu mažinti ratų buksavimą [2]. Tai galima pasiekti tinkamai parenkant padangų oro slėgį ir mažinant vertikalias ratų apkrovas [5]. Padangų oro slėgio ir ratų apkrovų keitimas yra efektyvus būdas keičiant padangų deformacijas ir atraminį paviršiaus plotą [4]. Todėl aktualu iširti šių rodiklių sąsajas.

Tyrimo objektas – padangų deformacijos ir atraminis paviršiaus plotas.

Tyrimo tikslas – iširti medvežės ratų vertikalių apkrovų ir padangų oro slėgio įtaką padangų deformacijoms ir atraminiam plotui bei nustatyti matematinę ryšį tarp padangų deformacijų ir atraminio ploto.

Tyrimo uždaviniai:

1. Nustatyti medvežės ratų vertikalės apkrovas.
2. Eksperimentiškai nustatyti ratų vertikalių apkrovų ir oro slėgio įtaka padangų deformacijoms.
3. Eksperimentiškai nustatyti ratų vertikalių apkrovų ir oro slėgio įtaka padangų atraminiam plotui.

Metodika

Tyrimas atliktas naudojant medvežę Valmet 840.4 177 AG varikliu, su 8wd ratų sistemą. Savaeigės mašinos konstrukcinė masė 17600 kg. Padangos Nokian 600/55x26.5.

Vertikalios ratų apkrovos nustatytos sveriant medvežę be krovinio ir pakrovus 10145 kg medienos. Ratus veikiančios masės nustatytos mašiną sveriant ašių svarstyklėmis WPD-2.

Padangų deformacijos nustatytos matuojant atstumą nuo rato centro iki atraminio paviršiaus, keičiant padangų oro slėgį bei krovinio masę. Padangų oro slėgis išmatuotas monometru su 10 kPa tikslumu. Bandymai atlikti kai padangų oro slėgis 350 kPa, 300 kPa, 250 kPa, 200 kPa, 150 kPa. Padangų deformacijos apskaičiuotos naudojant formulę:

$$f = \frac{rs - rk}{rs} mm, \quad (1)$$

čia: rs – rato statinis spindulys;

rk – rato konstrukcinis spindulys;

f – padangos deformacija mm.

Atraminis paviršiaus plotas matuojamas keičiant mašinos masę ir padangų oro slėgį išmatuojant atraminio paviršiaus ilgį bei plotį. Padangų atraminis paviršiaus plotas apskaičiuotas naudojant formulę:

$$S = 0,25 \cdot ab\pi, \quad (2)$$

čia: a – padangos atraminio paviršiaus ilgis;

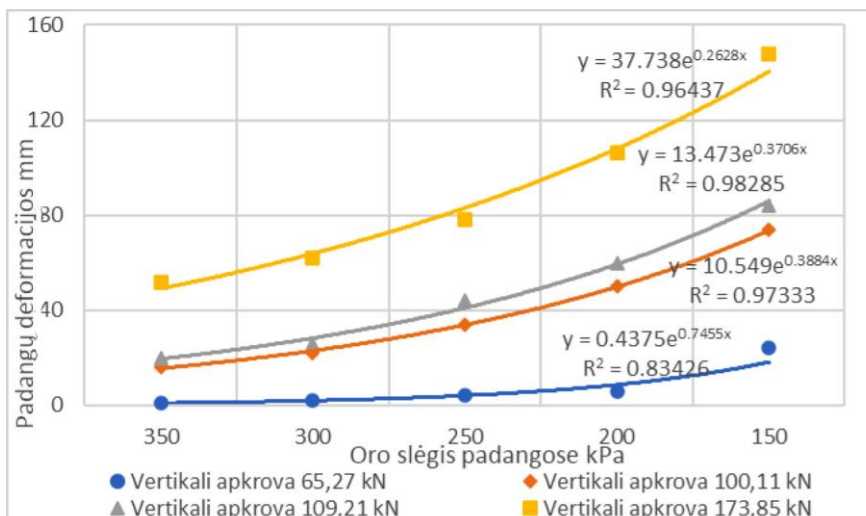
b – padangos atraminio paviršiaus plotis;

π – matematinė konstanta $\approx 3,14$.

Tyrimo rezultatai

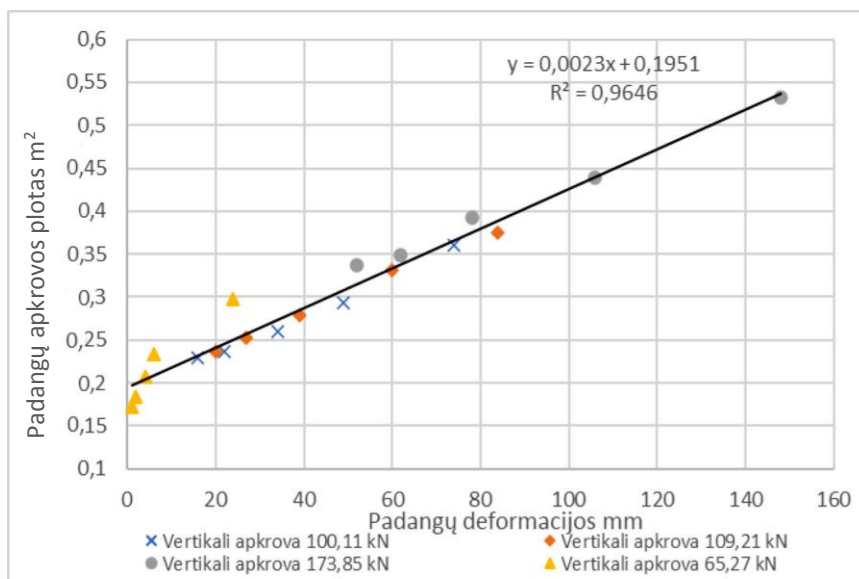
Medvežės padangų deformacijų priklausomybės nuo vertikalinių apkrovų ir padangų oro slėgio pateiktos 1 pav.

1 pav. matyti, kad mažiausios deformacijos nustatytos ratus veikiant 65,27 kN vertikaliai apkrovai ir esant 350 kPa padangų oro slėgiui. Deformacija didėja mažinant padangų oro slėgį nuo 350 kPa iki 150 kPa. Medvežės padangas veikiant 100,11 kN vertikaliai apkrovai keičiant oro slėgį padangose nuo 350 iki 150 kPa deformacijos kinta nuo 16 iki 74 mm. Esant 173,85 kN vertikaliai apkrovai ir 150 kPa padangų oro slėgiui nustatytos didžiausios 148 mm padangų deformacijos. Padangų deformacijos intensyvėja, kai oro slėgis padangose žemesnis, nuo 200 iki 150 kPa.



1 pav. Padangų deformacijų priklausomybė nuo oro slėgio ir vertikalios apkrovos

Padangų atraminio paviršiaus ploto priklausomybės nuo padangų deformacijų pateikta 2 pav. Iš 2 pav. matyti, kad padangų atraminis plotas kinta pagal tiesines priklausomybes, nesvarbu ar deformacijos kinta nuo vertikalųjų apkrovų ar dėl padangų oro slėgio.



2 pav. Ratų atraminio paviršiaus priklausomybė nuo padangų deformacijų

Išvados

1. Atlikus tyrimą nustatyta, kad kintant padangų oro slėgiui nuo 350 kPa iki 150 kPa, tuščios medvežės padangų deformacija didėjo nuo 1 iki 84 mm.
2. Didinant vertikales apkrovas nuo 65 kN iki 173 kN deformacija kinta nuo 24 mm iki 148 mm esant 150 kPa padangų oro slėgiui.
3. Keičiantis padangų deformacijai, nepriklausomai nuo padangų oro slėgio ar vertikalų apkrovų dydžio, ratų atraminis plotas kinta pagal tiesines priklausomybes.

Literatūra

1. Hyung-gyu Jun, T. R., Way, B. Lofgren, Mats Landstrom Alvin C. Bailey, Eddie C. Burt, Timothy P. McDonald D. Dynamic load and inflation pressure effectson contact pressures of a forestry forwarder tire. *Journal of Terramechanics*. 2004, Vol. 41, P. 209–222.
2. Белковский, В. Н., Лапатов, В. Н., Матвеев, А. А. 1986. *Шины для сельскохозяйственной техники*. Химия, P. 112 .
3. Taghavifar, H., Mardani, A. 2010. Investigating the velocity, inflation pressure and vertical load on rolling resistance of a radial ply tire. *Journal of Terramechanics*. Vol. 50, P. 99–106.
4. Šmerda, T., Čupera J. Tire inflation and its influence on drawbar characteristics and performance – Energetic indicators of a tractor set. *Journal of Terramechanics*. Vol. 47, P. 395–400.
5. Kaiming, Xia. 2011. Finite element modeling of tire/terrain interaction: Application to predicting soil compaction and tire mobility. *Journal of Terramechanics*. Vol 48, P. 113–123.

Santrauka

Straipsnyje tiriama kaip kinta medvežės Valmet 840.4 padangų deformacijos ir atraminis paviršiaus plotas, keičiant vertikales apkrovas ir padangų oro slėgį. Bandyto metu keičiamas padangų oro slėgis nuo 150 iki 350 kPa, 50 kPa intervalu. Padangų deformacijos nustatytos veikiant 65 kN, 100 kN, 109 kN, 173 kN vertikalioms apkrovoms. Keičiant vertikales apkrovas nuo 65 kN iki 173 kN deformacija keitėsi nuo 24 mm iki 148 mm esant 150 kPa padangų oro slėgiui. Kintant medvežės padangų oro slėgiui nuo 350 iki 150 kPa medvežės padangų deformacija keičiasi nuo 1 iki 84 mm. Keičiantis padangų deformacijai, nepriklausomai nuo padangų oro slėgio ar vertikalų apkrovų dydžio, ratų atraminis plotas kinta pagal tiesines priklausomybes.

THE RESEARCH OF DEPENDENCES OF THE FORWARDER TIRE DEFLECTION AND CONTACT AREA WHILE CHANGING THE VERTICAL LOAD AND AN AIR PRESSURE WITHIN THE TIRES

Summary

The article analyzes a variation of Valmet 840.4 forwarder tire deflection and the supporting surface while changing the vertical load and an air pressure within the tires. During the test, the tire pressure is changed from 150 to 350 kPa, 50kPa inerver. Tire deflections were determined under vertical loads of 65 kN, 100 kN, 109 kN, 173 kN. As the vertical loads changed from 65 kN to 173 kN, the deformation varied from 24 mm to 148 mm at 150 kPa tire pressure. With the change in the inflation pressure of the forwarder tires from 350 to 150 kPa, the deformation of the tires changes from 1 to 84 mm. As the tire deformation changes, regardless of the tire inflation pressure or the size of the vertical loads, the wheel supporting area changes linearly.

Mantas Mickevičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 634 69646, el. paštas: mantas.mickevicius91@gmail.com

Algirdas Janulevičius – VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas, prof. dr.; tel. +370 61611453, el. paštas: algirdas.janulevicius@vdu.lt

ALIUMINIO PAVIRŠIAUS PARUOŠIMO IR UŽTERŠIMO ĮTAKA KLIJUOTŲ SUJUNGIMŲ STIPRUMUI

Vainius Reneckis

Įvadas

Vienu iš plačiausiai paplitusių sujungimo būdų yra klijavimas. Lyginant su tradicinėmis neardomomis jungtimis, klijuotuose sujungimuose nėra kiaurymių, kuriose atsiranda įtempių koncentracijos. Toks sujungimas yra tvirtesnis, sugeria vibracijas, sujungimo plotas yra didesnis, lyginant su kniedytais sujungimais [1].

Klijuotų sujungimų stiprumo parametrus įtakoja klijų techninės charakteristikos ir klijuotų sujungimų paviršiaus paruošimas bei technologinių procesų laikymasis [2]. Didžiausią įtaką klijuotų sujungimų stiprumui turi paviršių užteršimas vandeniu ir techninėmis alyvomis.

Dėl didelio H₂O poliškumo yra labai geras kitų polietileninių junginių tirpiklis, todėl prasiskverbdamas per dauguma polimerų sumažina klijų adheziją, taip pat pakeičia klijų stiklėjimo temperatūrą. Vandens poveikis epoksidinėse ir fenolinėse dervose dėl jų difuzijos yra ganėtinai mažas. Vanduo sumažina klijų stiprumą ir elastingumo modulį, bet padidina klijų pailgėjimą iki suirimo [3].

Naudojant įvairius klijuojamų paviršių paruošimo būdus, galima keisti klijuotų sujungimų stiprumą priklausomai nuo klijų, klijuojamų paviršių ir aplinkos suderinamumo. Paviršių paruošimas skirstomas į mikro-, makromechaninį, cheminį ir kombinuotą [4].

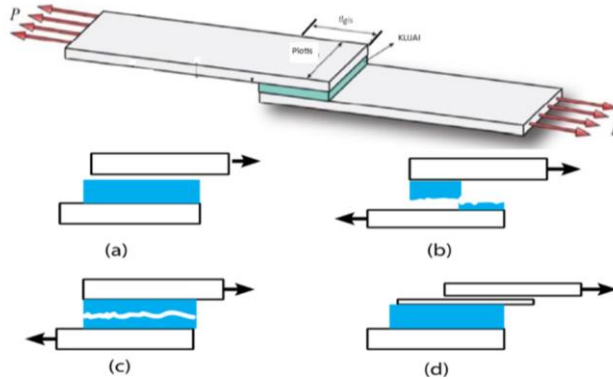
Tyrimo tikslas. Ištirti skirtingo apdirbimo ir paviršių užteršimo įtaką suklijuotų sujungimų stiprumui.

Tyrimo uždaviniai:

1. Suklijuoti aliuminio bandinius, sujungimo paviršius apdirbus mechaniškai ir chemiškai.
2. Atlikti aliuminio klijuotų sujungimų stiprumo bandymus.
3. Išanalizuoti užteršimo įtaką klijuotų sujungimų stiprumui.

Tyrimo metodika

Buvo tiriamas grūdinamo aliuminio lydinio 7075 T6 klijuotų sujungimų (1 pav.) stiprumas apdirbus paviršius mechaniškai ir chemiškai esant skirtingai užterštiems klijuojamiems paviršiams – vandeniu ir technine alyva (WD-40). Taip pat atliktas kontrolinis klijavimas – esant sausiems švariems paviršiams. Klijuotos jungties plotas 225 mm².

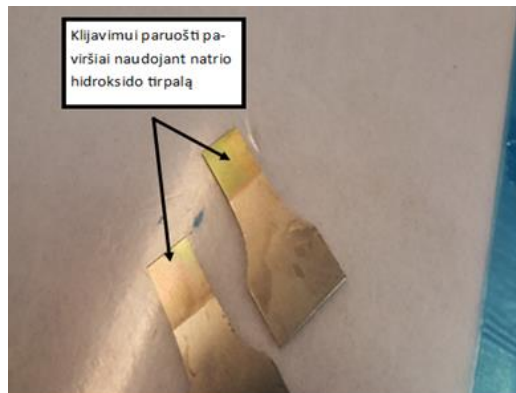


1 pav. Dviejų aliuminio plokštelių klijuotas sujungimas ir sujungimų suirimo tipai. a) Adhezinis suirimas; b) adhezinis-kohezinis suirimas; c) kohezinis suirimas; d) klijuojamos medžiagos suirimas

Plokštelės klijavimui paruoštos mechaniškai 180 P šiurkštumo popieriumi, šlifuojant paviršius trimis kryptimis – $0^{\circ}/90^{\circ}/45^{\circ}$ (2 pav.). Taip pat paviršiai ruošti cheminiu ėsdinimu natrio hidroksido tirpalu NaOH (20 % tirpalą) bandinius jame išlaikant 60 s (3 pav.).



2 pav. Klijuojamų paviršių mechaninis nušveitimas



3 pav. Cheminis klijuojamų paviršių apdirbimas

Paviršiai užteršiami vandeniu arba technine alyva (WD-40) ant klijuojamų paviršių sudarant teršalų plėvelę. Vienai klijuojamų sujungimų grupei yra atliekamas mechaninis paviršiaus paruošimas.

Po paruošimo klijuojamas paviršius panardinamas į vandenį, ištraukus iš vandens, sudaroma vienalytė vandens plėvelė (5 s leidžiama vandens pertekliui nuvarvėti į servetėlę), uždedami klijai. Kitai grupei atlikus mechaninį paviršiaus paruošimą, bandiniai yra nardinami į techninę alyvą, iš kurios ištraukus, 600 s leidžiama pertekliui nutekėti į servetėlę, taip sudarant klijuojamame paviršiuje vienodą alyvos plėvelę. Tokia pati vandens ir techninės alyvos plėvelės sudarymo procedūra yra atliekama ir bandiniams, kurių klijuojami paviršiai ęsdinti šarminiu natrio hidroksido tirpalu.

Kontrolinės klijuotų bandinių grupės buvo apdirbtos mechaniškai, kitos chemiškai, klijuojamieji paviršiai prieš klijavimą buvo nuvalyti 2-butanonu (metilo ketonu C_4H_8O) ir nusausti.

Klijavimui naudojami AF-163 2K (3M, JAV) [5] plėveliniai klijai. Klijų charakteristika: storis 0,25 mm; kietėjimo temperatūra 121°C; Klijų stiprumas (tempiant) iki suirimo 39,98 MPa, klijavimo plotas 322,5 mm² esant 23,8 °C.

Bandiniai klijuoti vakuume, naudojant klijavimo stotelę HCS9200BS (HEATCON, JAV), kurioje integruota vakuumo, kaitinimo ir temperatūros reguliavimo bei stebėjimo sistemos. Temperatūros reguliavimo padalos vertė ±0,5 °C. Suklijuotiesiems bandiniams bandymų mašina INSTRON 5965 (INSTRON, JAV) atliktas šlyties tyrimas iki klijuotų sujungimų suiro.

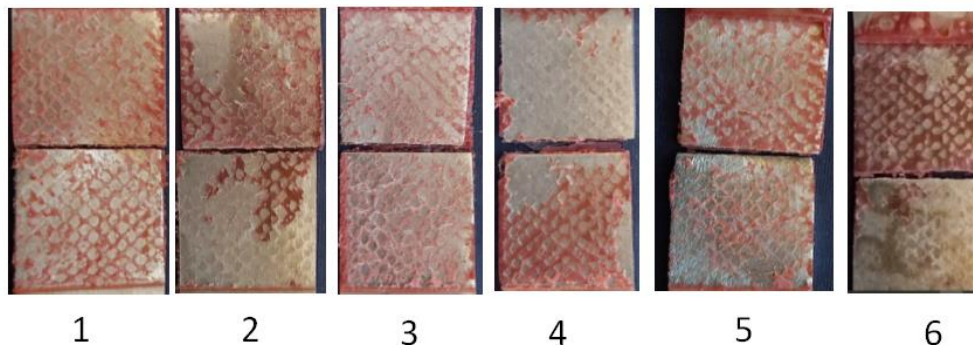
Tyrimo rezultatai

Atlikus klijuotų paviršių stiprumo bandymus ir išanalizavus sujungimų suirimus nustatyti suirimo tipai, pateikti 1 lentelėje (4 pav.).

1 lentelė Klijuotų sujungimų suirimai

Bandinio Nr.	Paruošimo būdas	Užteršimas	Suirimas (Ad., Koh.), plotas %
Nr.1	Mechaninis	Neužterštas	100 % kohezinis
Nr.2	Cheminis	Neužterštas	19 % kohezinis, 81 % adhezinis
Nr. 3	Mechaninis	Alyva	100 % kohezinis
Nr. 4	Cheminis	Alyva	100 % adhezinis
Nr. 5	Mechaninis	Drėgmė	82 % kohezinis, 18 % adhezinis
Nr. 6	Cheminis	Drėgmė	91 % kohezinis, 9 % adhezinis

Pastaba: 1 ir 2 bandiniai nuvalyti 2-butanonu ir nusausti



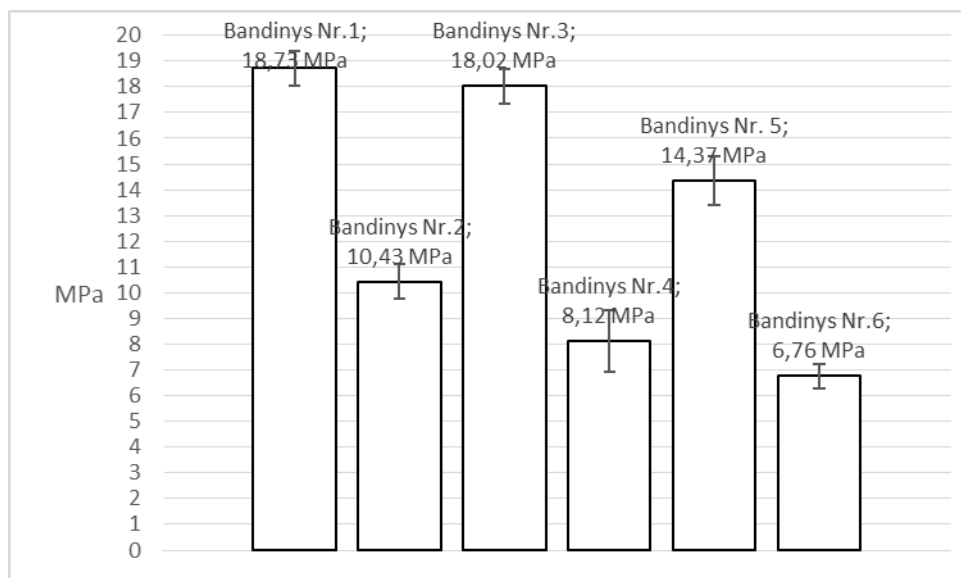
4 pav. Klijuotų sujungimų suirimai. 1 – kohezinis; 2 – adhezinis-kohezinis; 3 – kohezinis; 4 – adhezinis; 5 – adhezinis-kohezinis; 6 – adhezinis-kohezinis

2 lentelė Atliktų tempimo bandymų rezultatai

Bandinio Nr.	Matavimo rezultatai, MPa	Vidutinis dydis, MPa
Nr.1	17,83; 18,0; 17,42; 18,72; 21,30	18,73
Nr.2	8,1; 12,04; 10,69; 11,28; 10,04	10,43
Nr. 3	16,83; 16,31; 18,15; 19,88; 18,93	18,02
Nr. 4	6,34; 6,03; 7,85; 7,81; 12,59	8,12
Nr. 5	14,28; 14,94; 15,32; 19,39; 17,91	14,37
Nr. 6	5,4; 6,9; 6,18; 6,96; 8,36	6,76

Pastaba: 1 ir 2 bandiniai nuvalyti 2-butanonu ir nusausinti

Mechaniškai paruoštų klijuotų sujungimų stiprumas didesnis už chemiškai paruoštų dėl didesnio jų klijuojamo paviršiaus ploto. Gauti rezultatai pateikti 2 lentelėje ir (5 pav.).



5 pav. Klijuotų sujungimų stiprumas

Klijuotos jungties stiprumas kai klijuojamas kontaktas šlapias prieš tai paviršių apdirbus mechaniškai, yra 18,02 MPa, o paviršių prieš klijuojant apdirbus chemiškai, suirimas įvyksta esant 8,12 MPa.

Klijuotos jungties stiprumas kai paviršiai padengti alyvos plėvele prieš tai paviršių apdirbus mechaniškai, yra 14,37 MPa. Apdirbus paviršių chemiškai ir kontakto paviršių užteršus alyvos plėvele, vidutinis jungties stiprumas yra 6,76 MPa.

Atliekant jungčių tempimą, jos pailgėja skirtingai. Daugiausia pailgėja jungtis, kurios mechaniškai nuvalomos ir sausos – pailgėja 1,41 mm. Mažiausiai iki suirimo ilgėja chemiškai paruoštos jungtys su vandens plėvele, sujungimai iki suirimo pailgėja 0,68 mm.

Pailgėjimas nusako adhezijos stiprį ir tamprumą kontakto vietoje. Kai adhezijai bloga, jungtis pailgėja mažiau, įtempiai jungties paviršiuje nėra tolygūs. Veikiant vibracijoms, plastinėms deformacijoms, ciklinėms apkrovoms, tokie sujungimai suirs greičiau negu suyra patys klijai.

Išvados

1. Klijuotų sujungimų stiprumo tyrimai rodo, kad šį parametą ženkliai įtakoja paviršiaus paruošimo būdas. Mechaniškai apdirbus paviršių, klijų ir metalo adhezija stipresnė, negu apdirbant paviršių chemiškai šarminiu natrio hidrokrido tirpalu.
2. Mechaniškai apdirbtos jungties stiprumą vandens plėvelė mažina 3,79 %, o techninės alyvos plėvelė – 23,3 %. Chemiškai apdirbtos jungties stiprumą vandens plėvelė mažina 22,1 %, o techninės alyvos plėvelė – 35,2 %.
3. Klijavimo stiprumui WD-40 alyva kaip taršalas didelės įtakos neturėjo, nes ją sudaro: Žibalas (45–50 %); Naftos bazinės alyvos (iki 35 %); alifatiniai angliavandeniliai (iki 25 %).

Literatūra

1. Yasmina Boutar, Sami Naïmi, Salah Mezlini, Moez Ben Sik Ali. 2015. Effect of surface treatment on the shear strength of aluminium adhesive single-lap joints for automotive applications. *Mechanical Laboratory, National Engineering School of Monastir, Monastir, Tunisia*.
2. MD Banea, LFM da Silva. 2008. *Adhesively bonded joints in composite materials*. Instituto de Engenharia Mecânica (IDMEC), Porto, Portugal.
3. Edward M. Petrie. 2011. How Moisture Affects Adhesives, Sealants, and Coatings. *Metal Finishing*, Vol. 109, Issue 7, pp. 36-48.
4. Sergio Correia, Vitor Anes, Luis Reis. Effect of surface treatment on adhesively bonded aluminium joints regarding aeronautical structures. *Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisbon, Portugal*. 2017.
5. 3M Scotch-Weld, Structural Adhesive Film AF 163-2 Technical Datasheet, 2009.
- A. Ghumatkar, S., Budhe, R., Sekhar, M. D., Banea, S., de Barros. 2016. Influence of Adherend Surface Roughness on the Adhesive Bond Strength *SIT, Symbiosis International University (SIU), Lavale, Pune-412115, Maharashtra, India*.
6. Datla, N.V., Papini, M., Ulicny, J., Carlson, B., Spelt, J. K. The effects of test temperature and humidity on the mixed-mode fatigue behavior of a toughened adhesive aluminum joint. *Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto, 5 King's College Road, Toronto, Ontario, Canada M5S 3G8*. 2016.

Santrauka

Tyrimo tikslas – Dviejų skirtingų paruošimo būdų ir dviejų teršalų įtaką klijuoto sujungimo stiprumui.

Tyrimo metu, buvo atliktas bandinių klijavimas, prieš tai vienus paviršius mechaniškai apdirbus, kitus chemiškai ėsdinant 20 % natrio hidroksido šarminiu tirpalu. Apdirbtus paviršius užteršiant vandeniu arba technine alyva (WD-40). Bandiniai suklijuoti plėveliniais epoksidiniais klėjais, kurių stiklėja esant 108 °C, o kietėja esant 121°C temperatūrai.

Atlikus tempimo bandymus tiriamiesiems sujungimams, buvo išsiaiškinta, kad klijavimo paviršiaus plotas naudojant natrio hidroksido tirpalą yra mažesnis, negu paviršiaus apdirbto mechaniškai, todėl teršalų įtaka sujungimo stiprumui, kurio paviršius yra chemiškai apdirbtas yra didesnis.

INFLUENCE OF ALUMINIUM SURFACE PREPARATION AND CONTAMINATION ON THE ADHESIVE BONDED JOINT STRENGTH

Summary

The aim of research work is to investigate the strength of adhesively bonded joints after different treatment and contamination of joint surfaces.

During the test, specimens were bonded when surfaces were mechanically abraded and other bonded specimens when surfaces were chemically etched with 20% sodium hydroxide alkaline solution. Contamination of treated surfaces with water or technical oil (WD-40). The samples were bonded using an epoxy film adhesive. Glass transition temperature of the film adhesive is 108°C and the curing temperature is 12°C.

The bonded specimens were tested by tensile-machine, shear test.

After shear testing of the bonded joints, it was found that the bonding surface area which was chemically etched using sodium hydroxide solution is smaller than that of the mechanical bonding surface, thus the influence of the contaminants on the bonding strength of the chemically treated surface.

Vainius Reneckis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel.: +370 64336058, el. paštas: vreneckis@gmail.com

PADANGŲ DEFORMACIJŲ TYRIMAS DAUGIAAŠIUOSE AUTOMOBILIUOSE

Vladas Kataržis, Gediminas Pupinis

Išvadas

Remiantis NATO šalių patvirtinta sausumos pajėgų logistikos doktrina (STANAG 2406) pagrindinis pajėgų perdislokavimo ir transportavimo uždavinys yra tinkamai suplanuoti, nukreipti ir kontroliuoti visų rūšių transportavimus. Konteinerinės sistemos pagrindu transporto priemonės buvo plačiai pradėtos naudoti kariuomenėse. Privalumas yra tai, kad konteinerį transporto priemonė geba užsikrauti/nusikrauti savarankiškai.

Tokio tipo daugiaašiams automobiliams jiems veikiant vietovėse kur nėra kelių yra būtina taikyti pravažumą gerinančius veiksnius. Ratiniai automobiliai su visais varančiaisiais (kitaiip dar vadinami pravažiaisiais) tiltais pasižymi geriausiu pravažumu. Centrinės padangų pripūtimo sistemos dėka atsižvelgiant į gruntą yra įmanoma reguliuoti padangų sukibimą su danga. Atskirais tyrimais yra pastebėta, kad automobilio traukos jėga priklauso nuo ratų kontakto ploto. Siekiant pasiekti didžiausią traukos jėgą, būtina, kad daugiaašio automobilio ratų padangų deformacijos būtų vienodos.

Šiame darbe buvo nustatyta padangų deformacijų skirtumai esant skirtingam oro slėgiui padangose bei skirtingoms vertikalioms apkrovoms, kurios atsiranda gabenant krovinius.

Tyrimų tikslas. Ištirti padangų deformacijų kitimą daugiaašiam kariniame sunkvežimyje keičiant krovinio pasiskirstymą bei oro slėgį padangose.

Tyrimų uždaviniai:

1. Nustatyti padangų deformacijos koeficientą, esant skirtingam oro slėgiui padangose;
2. Nustatyti padangų deformacijos koeficientą, keičiant krovinio pasiskirstymą;
3. Pateikti eksperimentinio tyrimo rezultatų analizę bei išvadas.

Tyrimų objektas ir metodika

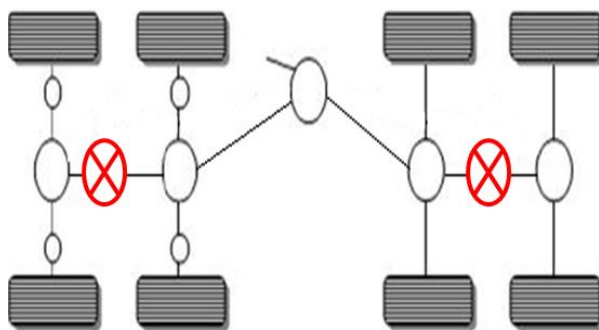
Eksperimentiniai tyrimai atlikti 2017 metais. Tiriamasis objektas – daugia-
tiksliis sunkvežimis SISU E13TP pagamintas Suomijoje. Bendra transporto priemonės masė – 18000 kg. Padangos Michelin 14.00R20 XZL. Keliamoji galia – 18000 kg.

Darbas buvo vykdomas trimis etapais: I etapo metu buvo atliktas transporto priemonės masės pasiskirstymo matavimai ašims. II tyrimų etapo metu išmatuotas ašių ratų kelio ilgis, kurį ratą nurieda keičiant oro slėgį jame. Išmatavus ratų kelio ilgių reikšmes buvo apskaičiuotas padangos deformacijos koeficientas. III tyrimų

etapo metu išmatuotas ašių ratų statinis spindulys. Žinant statinio spindulio reikšmes buvo apskaičiuotos padangų standumo koeficientų reikšmės. II ir III etapo bandymai buvo pakartoti po tris kartus.

I etapas. VI „Mašinų bandymo stotis“ buvo atliktas sunkvežimio SISU svėrimas, siekiant nustatyti tikslias apkrovas veikiančias kiekvieną ašį pradžioje esant tuščiam sunkvežimiui, po to su kroviniu.

II etapas. Bandymams buvo pasirinkta kieta kelio danga: betono pagrindo kelias. Pradedant bandymus pradinis slėgis padangose buvo nustatytas pagal gamintojo leistinas rekomendacijas, t. y. 760 kPa. Bandymų metu buvo matuojamas kelias, kurį nurieda sunkvežimio ratai per 4 apsisukimus. Bandymai buvo atliekami tempiant tiriamą transporto priemonę. Atjungiamos kardaninės pavaros tarp 1–2 ir 3–4 tiltų, tam kad sumažinti pasipriešinimą ratams ir jie galėtų riedėti laisvai.



1 pav. Atjungtos kardaninės pavaros schema

Ant padangų šoninių sienelių kreida buvo pažymimi atskaitos taškai. 4 kartus apsisukus ratams ir atskaitos taškams esantiems ant padangų susitapatinus su kelio paviršiumi buvo pažymimas nuvažiuotas atstumas. Atstumų matavimui naudojama ruletė. Bandymai atliekami po tris kartus esant tam pačiam slėgiui padangose, po to kartojant bandymus keičiant slėgį padangose kas 100 kPa nuo pradinio slėgio 760 kPa iki 200 kPa.

III etapas. Matuojant statinį rato spindulį naudojant magnetinį suvirinimui skirtą magnetą-laikiklį statmenai ratlankio plokštumai buvo pritvirtinta plieninė juosta. Naudojant šią juostą kaip atskaitos tašką buvo atliekami matavimai keičiant slėgį padangose kas 100 kPa nuo pradinio slėgio 760kPa iki 200 kPa.

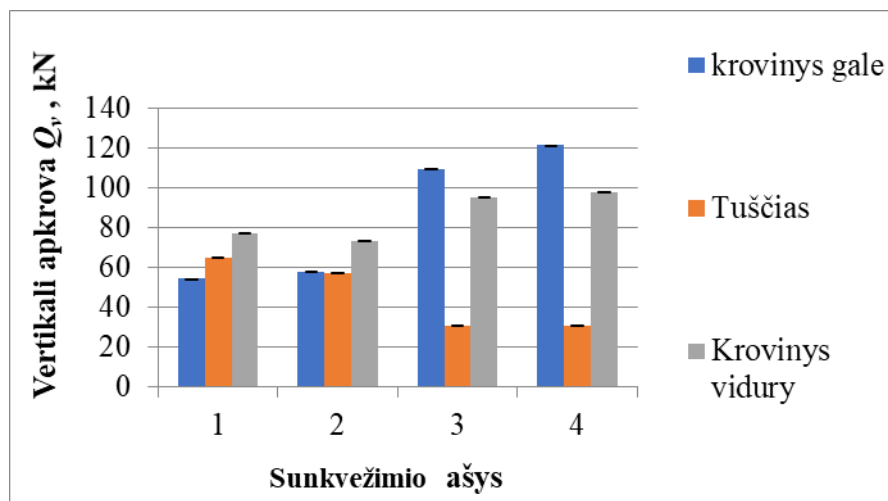
Tyrimų duomenys (ratų nuvažiuotas atstumas, oro slėgis padangose, ašių apkrova) buvo matuojami ir perkeliama į nešiojamame kompiuteryje esančią Microsoft Excel programą. Šioje programoje buvo apdoroti tyrimų duomenys bei pateikiami tyrimo objekto parametrų priklausomybių kitimo grafikai.

Tyrimų rezultatai

Pagal eksperimentinių tyrimų metodiką buvo atlikti tyrimai. Kompiuterinėmis programomis apdoroti duomenys, nubraižyti matavimo rezultatų priklausomybių grafikai.

Atlikus tyrimus ir išanalizavus duomenis, nustatyta daugiaašio sunkvežimio padangų deformacijos priklausomybė nuo padangų oro slėgio ir papildomos apkrovos.

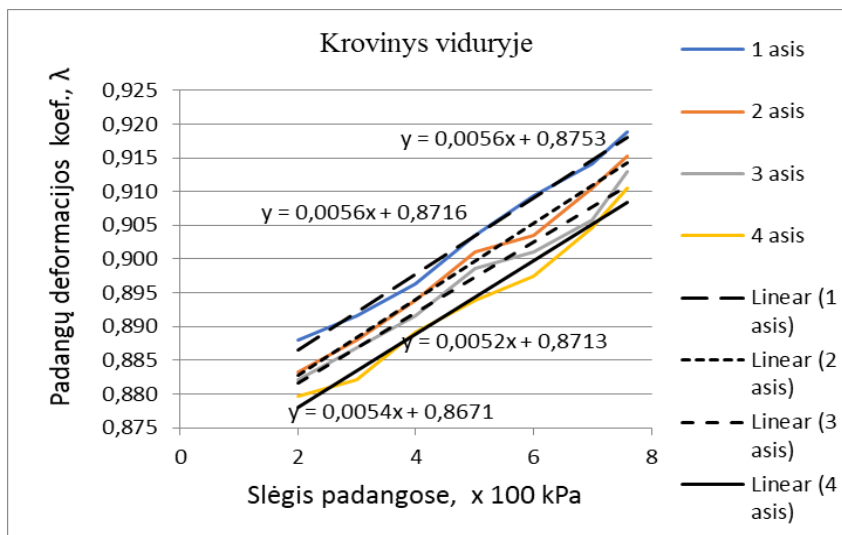
Ašių apkrovų rezultatai.



2 pav. SISU E13TP ašių vertikalios apkrovos (masės pasiskirstymas)

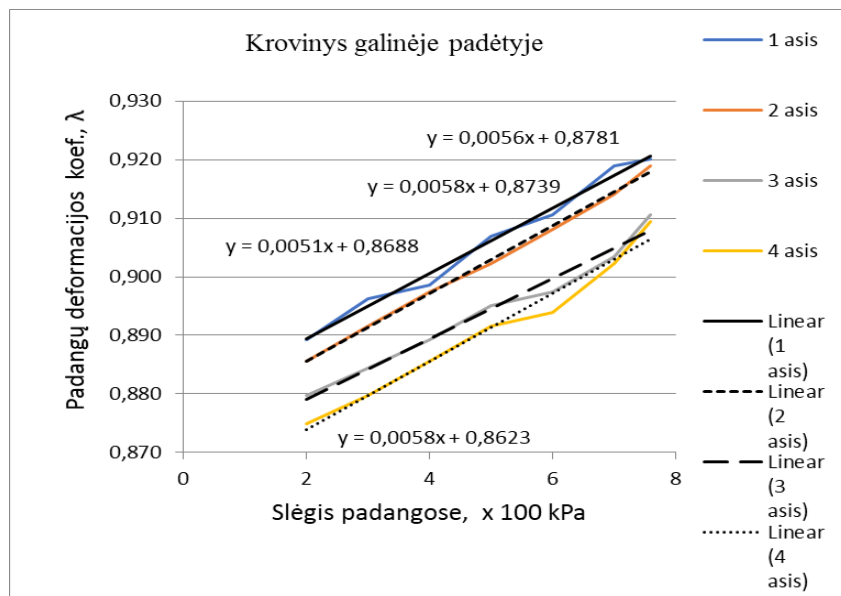
Nustatyta, kad transporto priemonei esant be krovinio, priekinėms dviem ašims tenkanti masės dalis lyginant su galinėmis dvejomis ašimis yra atitinkamai apie 110 % ir 86 % didesnė. Esant transporto priemonei su krovinium, kai krovinys yra arčiau centro trečiai ir ketvirtai ašiai kartu tenkanti masės dalis yra apie 12 % lyginant su pirmą ir antrą ašims tenkančią masės dalį kartu sudėjus. Kai krovinio svorio centras koncentruotas galinėje transporto priemonės dalyje, tai apkrova tenkanti trečiai ir ketvirtai ašiai lyginant su pirmą ir antrą ašimis yra atitinkamai apie 101 % ir 110 % didesnė.

Esant krovinio masės centro pasiskirstymui ties transporto priemonės centre dalimi ties mažesniu oro slėgiu (200–300 kPa) padangose pastebimas mažiausias pokytis tarp antros ir trečios ašies padangų deformacijų. Šiuo atveju trečios ašies padangų deformacija 0,11 % yra didesnė už antros ašies ratų deformaciją. Veikiant tomis pačiomis sąlygomis, skirtumas tarp pirmos ir ketvirtos ašies padangų deformacijų yra 1,01 % (3 pav.).



3 pav. Padangų deformacijos koeficiento priklausomybė nuo oro slėgio padangose (visos ašys)

Esant krovinio masės centro pasiskirstymui ties transporto priemonės galine dalimi, skirtingų ašių (1 ir 2, 3 ir 4) padangų deformacijos koeficientų reikšmės artimos viena kitai, kai yra pradinis oro slėgis padangose, slėgiui mažėjant padangų deformacijų koeficientų reikšmių skirtumai viena kitos atžvilgiu atsiranda didesni. Skirtumas tarp trečios ir ketvirtos ašies padangų deformacijos koeficientų ties pradiniu slėgiu yra 0,11 %, o slėgiui mažėjant skirtumas padidėja 5 kartus ir siekia 0,57 % (4 pav.).



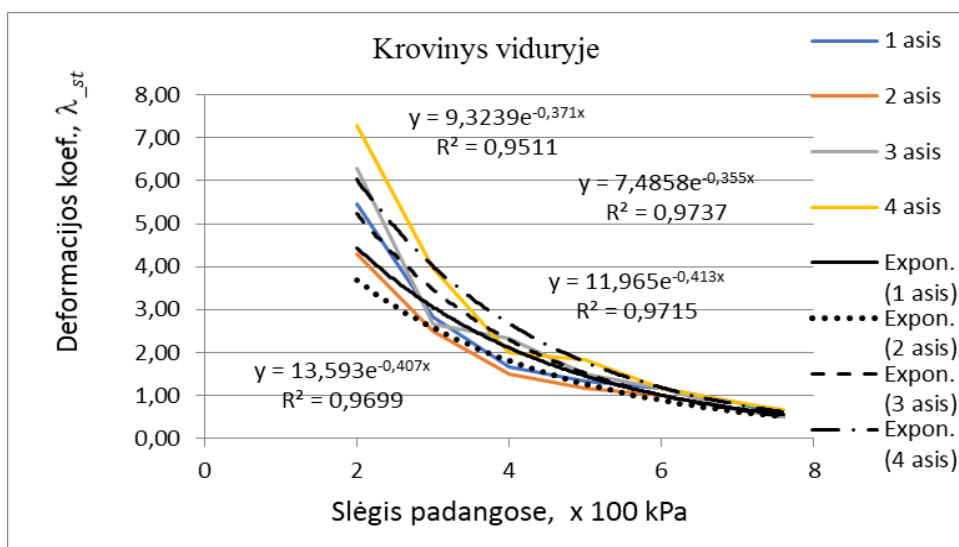
4 pav. Padangų deformacijos koeficiento priklausomybė nuo oro slėgio padangose (visos ašys)

Analizuojant gautas deformacijos koeficientų reikšmes, kai krovinio masės centras koncentruotas ties transporto priemonės masės centru, nustatyta:

- ties pradiniu oro slėgiu padangose deformacijos koeficientas pirmoje, antroje, trečioje ašyje buvo vienodas. Ketvirtos ašies λ_{st} reikšmė buvo 32 % didesnė nei likusių kitų.

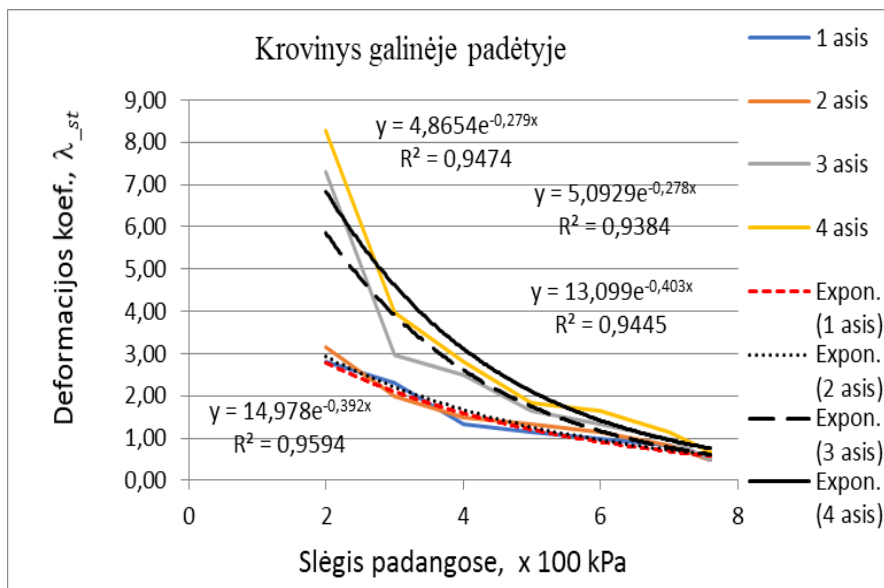
- ties mažiausiu oro slėgiu (200 kPa) padangose mažiausia λ_{st} reikšmė buvo antros ašies padangose – 4,3. Tokį rezultatą įtakojo tai, kad antrai ašiai teko mažiausia vertikalioji apkrova lyginant su kitų ašių vertikaliomis apkrovomis.

- ties pradiniu slėgiu visų keturių ašių deformacijų koeficientų reikšmės beveik sutapo viename taške, toliau palaipsniui mažinant slėgį padangose deformacijos koeficientų reikšmės išsidėstė platesniame reikšmių diapazone priklausomai nuo to kokia vertikaliąja apkrova buvo veikiamą ašis (5 pav.).



5 pav. Padangų standumo koeficiento priklausomybė nuo oro slėgio padangose (krovinys transporto priemonės centre)

Krovinio svorio centrui esant ties galine sunkvežimio dalimi, galime matyti, kad ties pradiniu oro slėgiu padangose, λ_{st} reikšmės yra koncentruotos beveik viename taške. Mažinant slėgį padangose pradeda išryškėti deformacijos koeficientų tendencija išskirianti priekinius tiltus nuo galinių. Tai paaiškinama tuo, kad esant krovinio centrui tokioje padėtyje vertikali apkrova pasiskirsto taip, kad galiniams tiltams tenka beveik dvigubai didesnė vertikali apkrova tuo įtakodama ir atitinkamas deformacijas (6 pav.).



6 pav. Padangų deformacijos koeficientų priklausomybės nuo oro slėgio (krovinsys transporto priemonės galinėje padėtyje)

Padangų deformacijos koeficientų skirtumus esant tam pačiam slėgiui padangose nulėmė vertikalių ašių apkrovų skirtumai. Galima pastebėti, kad šie skirtumai labiausia išryškėja esant mažesniems oro slėgiams padangose.

Išvados

1. Sunkvežimį SISU E13TP pakrovus krovinium (16190 kg), artimu jo techninėje charakteristikoje nurodyta maksimalia keliamosios galios mase (18000 kg.) padangų deformacijos koeficientų dėka nustatytos skirtumų reikšmės, kurios atsiranda ašis veikiant skirtingoms apkrovoms, bei nustatyta kokie būtini oro slėgiai padangose norint pasiekti vienodus λ_d .
2. Analizuojant gautas deformacijos koeficientų reikšmes, kai krovinio masės centras koncentruotas ties transporto priemonės masės centru, nustatyta, kad ties pradiniu oro slėgiu padangose deformacijos koeficientas pirmoje, antroje, trečioje ašyje buvo vienodas. Ketvirtos ašies λ_{st} reikšmė buvo 32 % didesnė nei likusių kitų. Ties mažiausiu oro slėgiu (200 kPa) padangose mažiausia λ_{st} reikšmė buvo antros ašies padangose – 4,3. Tokį rezultatą įtakojo tai, kad antrai ašiai teko mažiausia vertikalioji apkrova lyginant su kitų ašių vertikaliomis apkrovomis.
4. Remiantis pravažumo/mobilumo reikalavimais būtinas vienodas ratų sukibimas su keliu, kuris turi lemiamą reikšmę traukos jėgai. Esant skirtingoms sunkvežimio ašis veikiančioms vertikalioms apkrovoms centrinėje padangų pripūtimo sistemoje būtina papildomai įrengti (sumontuoti) ašių apkrovų jutiklius. Atsižvelgiant į šių jutiklių duomenis, pagal nustatytą algoritmą CPPS

valdymo blokas parinktų tinkamus slėgius ratuose taip, kad padangų deformacijos būtų maksimaliai artimos viena kitai ir taip būtų pasiekiamas vienodas padangų kontaktas į gruntą.

Literatūra

1. Ambrazevičius, A., 1996. *Ratinių kovos mašinų pagrindai*. Vilnius.
2. Jankauskas, V., Padgurskas, J., Rukuiža, R. 2006. *Mašinų gamybos ir remonto technologijos*. Akademija.
3. Giedra, K., Labeckas, G., Kirka, A., Jučas, P., Grašys, V. 1995. *Traktoriai ir automobiliai*. Vilnius, P. 532–544.
4. Biris, S.-S., Ungureanu, N., Maican, E., Murad, E., Vladut, V. 2011. FEM model to study the influence of tire pressure on agricultural tractor wheel deformations. *Engineering for rural development Jelgava*, 26–27.05, P. 223–228.
5. Giedra K., Janulevičius, A. 2005. Padangų savybės automobiliui stovint. [žiūrėta 2018 03 12]. Prieiga per: Tractor ballasting in field transport work. *Transport*, Vol XX, No 4. Vilnius: Technika, P.152–158.
6. Gastila, L. 1978. *Automobiliai ir traktoriai*. Vilnius.
7. Jurkuskas, A. 1998. *Automobilio eksploatacinės savybės*. Kaunas.
8. Bogdevičius, M.; Levulytė, L. 2014. Automobilio padangos ir kelio dangos sąveikos įtaka automobilio lėtėjimo parametrams. *Conference: Proceedings of the 17th Conference for Junior Researchers 'Science'*. Vilnius, 118–124 p.

Santrauka

Šiais laikais daugelyje kariuomenių vykdančių pajėgų logistinius aprūpinimus yra naudojami daugiaašiai daugiatiksliai sunkvežimiai. Tokio tipo ratinės transporto priemonės pasižymi gebėjimu veikti ekstremaliomis sąlygomis. Tokio tipo daugiaašiams automobiliams veikiant vietovėse kur nėra kelių yra keliami reikalavimai būti kuo mobilesni. Dažnu atveju mobilumas suprantamas, kaip technikos pravažumas, gebėjimas įveikti įvairias kliūtis. Parenkant tinkamą oro slėgį padangose yra pagerinamas ratinės technikos kontaktas su gruntu. Vienas iš labiausiai efektyvių ir įrodytų būdų didinant ratinės karinės technikos mobilumą bei efektyvumą yra įdiegiant centrinę padangų pripūtimo sistemą.

Šio tyrimo tikslas: keičiant oro slėgį padangose ir krovinio pasiskirstymą iširti kaip kinta padangų deformacijos daugiaašiam sunkvežimyje.

Tyrimams buvo pasirinktas daugiatikslis sunkvežimis SISU E13TP. Oro slėgis padangose kito nuo 760 kPa iki 200 kPa. Krovinyje buvo užkrautas ties sunkvežimio centru bei sunkvežimio galine dalimi.

Darbe buvo nustatyta kokias padangų deformacijas patiria visos keturios sunkvežimio ašys bei atlikti skaičiavimai ir įvertintos priemonės norint pasiekti vienodas padangų deformacijas.

INVESTIGATION OF TIRE DEFORMATION IN MULTI-AXLE VEHICLE

Summary

Currently, multi-axle multipurpose trucks are used in military logistics of many forces. This type of wheeled vehicle has the ability to operate in extreme conditions. When operating this type of multi-axle vehicle in areas where there are no roads, you must be as mobile as possible. Often mobility is understood as the cross-country ability of technology, the ability to overcome various obstacles. Choosing the right tire pressure improves the wheeled vehicle's contact with the ground. One of the most effective and proven ways to increase mobility and efficiency of wheeled military equipment is the introduction of a central tire inflation system.

The aim of this study: to investigate how tire deformation in a multi-axle truck changes by changing the air pressure in the tires and load distribution.

For research, a multi-purpose truck SISU E13TP was selected. Tire pressure varied from 760 kPa to 200 kPa. The load was loaded in the center of the truck and at the rear of the truck.

The document defined tire deformations of all four axles of a truck, performed calculations and evaluated measures to achieve the same tire deformations.

Vladas Kataržis – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas; tel. +370 682 31610, el. paštas: vladas.katarzis@gmail.com

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

REIKALAVIMAI STRAIPSNIAM ŽURNALE „AGROINŽINERIJA IR ENERGETIKA“

1. Apimtis – 4 pilni mašinraščio puslapiai (A4). Pateikti atspausdintą ir elektroninę versijas.
2. Straipsnio struktūra: pavadinimas, autoriaus vardas ir pavardė, įvadas, tyrimų tikslas, uždaviniai, objektas ir metodika, rezultatai, išvados, literatūra, santrauka (nuo 400 iki 600 spaudos ženklų) lietuvių ir anglų kalba.
3. Reikalavimai tekstui:
straipsnis turi būti parengtos Microsoft Word programa, Times New Roman šriftu;
paraštės: iš viršaus – 3,5 cm, iš apačios – 6 cm, iš kairės – 2 cm, iš dešinės – 6 cm;
straipsnio pavadinimas (14 pt, Bold), didžiosiomis raidėmis;
autoriaus vardas ir pavardė (12 pt,) Italic;
tekstas 1 intervalo (single) eilėtarpiu (12 pt,);
literatūra, santrauka ir summary (10 pt,);
straipsnio pavadinimas, autorių vardai ir pavardės, skyrių pavadinimai rašomi centre vienos eilutės tarpu.
4. Iliustracijų pavadinimai rašomi 10 pt šriftu.
5. Straipsnio pabaigoje pateikiama informacija apie autorių (autorius), kurioje nurodoma: vardas, pavardė, mokslo vardas, mokslinis laipsnis, darbovietė, pareigos, telefonas, el. paštas (10 pt).
6. Už straipsnyje pateiktas žinias atsako autoriai (spaudai pateikiamo kūrinio autorių pasirašytas garantinis raštas).
7. Darbą recenzuoja redakcinės kolegijos paskirtas recenzentas.
8. Recenzentui pateikiamas atspausdinto straipsnio 1 egzempliorius, pasirašytas autorių. Jei straipsnio autorius yra magistrantas ir jo baigiamojo darbo vadovas nėra bendraautorius, būtinas vadovo parašas, patvirtinantis suderinimą.
9. Atspausdinus straipsnį, jo santrauka lietuvių ir anglų kalbomis viešinama fakulteto internetiniame puslapyje.

AGROINŽINERIJA IR ENERGETIKA

*VDU Žemės ūkio inžinerijos fakulteto
mokslo populiarinimo žurnalas*

Maketavo: Aldona Bagdonienė

2020 04 14. Tiražas 10 egz. Užsakymo Nr. K20-024
Išleido ir spausdino Vytauto Didžiojo universitetas
K. Donelaičio g. 58, LT-44248, Kaunas
www.vdu.lt | leidyba@vdu.lt