

PESTICIDŲ PURŠKIMO TYRIMŲ VĖJO TUNELIO KOMPONENTŲ ANALIZĖ

Ernestas GEMBECKAS Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: ernestas.gembeckas@stud.vdu.lt

Albinas ANDRIUŠIS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: albinas.andriusis@vdu.lt

Dainius STEPONAVIČIUS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas: dainius.steponavicius@vdu.lt

Santrauka

Purškiant pesticidus lašelių nunešimo pavėjui (dreifo) mažinimas yra viena pagrindinių užduočių, siekiant mažinti neigiamą poveikį aplinkai. Dreifo tyrimai atliekami specialiai tam pagamintuose vėjo tuneliuose, kurių kūrimui ir tobulinimui skiriamas didelis dėmesys. Šio darbo tikslas buvo ištirti vėjo tunelyje naudojamo elektromagnetinio vandens išleidimo vožtuvo (12w–160–15) darbo parametrus. Vožtuvo paskirtis – išleisti vandenį iš vandens surinkimo lovelių. Vožtuvas buvo tirtas jį maitinant skirtingomis įtampomis. Taip pat tirtas vožtuvo pralaidumas su išteklėjimo adapteriu ir be jo bei su patobulintu išteklėjimo adapteriu. Be to, buvo nustatytos galimybės kontroliuoti vožtuvo pralaidumą ir temperatūrą naudojant impulso pločio moduliaciją. Tyrimais nustatyta, kad minimali įtampa, kai vandens išleidimo vožtuvas atsidaro yra 2,9 V. Iš lovelio 8 l vandens pro vožtuvą be adapterio išteka per 2 min 51 s, su adapteriu – per 2 min 55 s, o su adapteriu ir patobulintu išteklėjimo adapteriu per 2 min 33 s. Išleidimo vožtuvo valdymui naudojant IPM nustatyta, kad vožtuvas atsidaro, kai užpildo koeficientas yra 29–26 ir užsidaro, kai koeficientas užpildo 3–4, atitinkamai esant 15–20 kHz dažniui. IPM moduliacija leidžia vožtuvą maitinti mažesne įtampa ir jis mažiau veikiamas temperatūros.

Reikšminiai žodžiai: vėjo tunelis, purškimas, lašelių dreifo nustatymas.

Įvadas

Žemės ūkyje atliekant purškimo darbus, vienas iš didžiausių neigiamą poveikį aplinkai keliančių veiksnių, yra vėjo lemiamas išpurkštų pesticidų lašelių nunešimas pavėjui, t. y. jų dreifas (Nuyttens et al., 2011). Žemės ūkio purškimo įrenginių, pesticidų ir jų priedų gamintojai išpurkštų lašelių dreifo tyrimus atlieka vėjo tuneliuose. Pasaulyje yra sukonstruota daug įvairių vėjo tunelių purškiamų lašelių dreifo tyrimams (Womac et al., 2023). Vieni tuneliai leidžia įvertinti tik priešpriešinio oro srauto įtaką purškimo dreifui, kiti kartu leidžia įvertinti ir šoninio oro srauto įtaką. Lašelių nunešimo kiekiui dažnai naudojama nustatyti kolbas, išdėliotas tunelio ilgyje, į kurias patenka purškiamas skystis. Siekiant gauti tikslesnius rezultatus ir nuolat stebėti purškimo dreifo parametrus, moksliniais tikslams tikslinga sukonstruoti vėjo tunelį, kuriuo būtų galima išmatuoti purkštuku išpurkštų lašelių srauto nunešimą, veikiant jį priešpriešinio ar šoninio oro srauto kryptimis bei esant skirtingam oro srauto greičiui. Tuo tikslu Žemės ūkio mašinų technologinių procesų tyrimo laboratorijoje buvo suprojektuotas ir gaminamas vėjo tunelis (15 m ilgio, 2 m pločio ir 1 m aukščio), skirtas tirti oro srauto įtaką purkštuvų išpurškiamam lašelių nunešimui tirti, kuriame jau atlikti jo aerodinaminiai tyrimai (Niekis et al., 2023). Kadangi minėtame tunelyje numatyta automatinė išpurkšto skysčio svėrimo ir išleidimo sistema (Andriušis et al., 2024), tikslinga ištirti ir parinkti tinkamus jos komponentus.

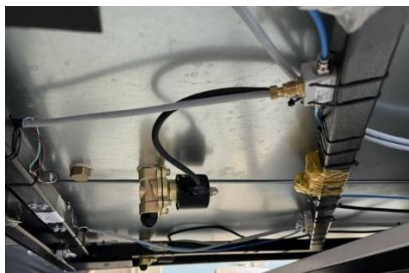
Tyrimo tikslas – ištirti vėjo tunelyje naudojamo vandens išleidimo vožtuvo 12w–160–15 darbo parametrus.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Atlikti tiriamo vožtuvo vandens pralaidumo matavimus skirtingomis sąlygomis.
2. Nustatyti vožtuvo įtampos/srovės ir atsidarymo priklausomybes.
3. Atlikti vožtuvo atsidarymo tyrimą, kai jo valdymui naudojamas IPM (impulso pločio moduliavimas).

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimas buvo atliekamas su elektromagnetiniu vožtuvu 12w–160–15, kuris bus naudojamas vėjo tunelyje įrengtose skysčio svarstyklėse (žr. 1 pav.). Jo paskirtis – išleisti vandenį iš vandens surinkimo lovelių. Vėjo tunelyje numatyta įrengti 34 svarstyklės. Taigi, atitinkamai joms reikės 34 vienetų vandens išleidimo vožtuvų. Gaminant tunelio komponentus pastebėta, kad tunelyje naudojami vožtuvai išleisti vandenį iš lovelių, kurie maitinami 12 V įtampa greitai kaista, todėl buvo tikslinga atlikti vožtuvo tyrimą ir išanalizuoti jo veikimą maitinant skirtingomis įtampomis. Taip pat tirtas vožtuvo pralaidumas su išteklėjimo adapteriu ir be jo bei su patobulintu išteklėjimo adapteriu. Be to, buvo nustatytos galimybės kontroliuoti vožtuvo pralaidumą ir temperatūrą naudojant impulso pločio moduliaciją.



1 pav. Vožtuvo montavimo vieta vėjo tunelyje
Fig. 1. Valve installation location in a wind tunnel

Prieš pradėdant vožtuvo 2w–160–15 tyrimą būtina nusistatyti sąlygas, kuriomis atliekamas vožtuvo tyrimas. Svarbiausi yra du parametrai: elektromagnetinio vožtuvo įtampa, prie kurios yra atidaryta sklendė bei vandens kiekis, kurį vožtuvui reikės praleisti. Tyrimui parinktos skirtingos vožtuvo įtampos, pradedant 12 V ir mažinant po 1 V, kol vožtuvas užsidaro. Taip pat matuota elektromagnetinio vožtuvo temperatūra ir aplinkos temperatūra (žr. 2 pav.). Įtampos kitimas lemia sklendės atsidarymo padėtį ir temperatūrą.



2 pav. Elektromagnetinis vožtuvas pralaidumo matavimams atlikti
Fig. 2. Electromagnetic valve for throughput measurements

Atliktas vožtuvo atsidarymo tyrimas, kai valdymui naudojamas IPM (impulso pločio moduliavimas). Tyrimui naudota įranga (žr. 3 pav.): maitinimo blokas, IPM generatorius + stiprintuvas arba IPM valdiklis.



3 pav. Elektromagnetinio vožtuvo atsidarymo tyrimas su IPM
Fig. 3. Valve opening test with IPM

Temperatūrai matuoti buvo naudojamas skaitmeninis termometras SEFRAM 9814. Tai duomenų registratorius-termometras su 4 termoporomis. Jis suderinamas su K, J, E ir T tipo termoporomis. SEFRAM 9814 turi USB sąsają, leidžiančią rinkti ir apdoroti duomenis, naudojant pateiktą programinę įrangą kompiuteriui. Temperatūra matuota dviejose vietose: prie vožtuvo ir aplinkos.



a)



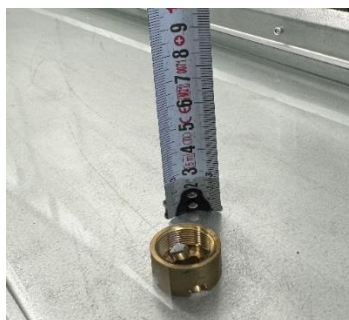
b)

4 pav. Įranga temperatūrai nustatyti: a) skaitmeninis termometras SEFRAM 9814; b) K tipo termopora
Fig. 4. Instruments for determining the temperature: a) SEFRAM 9814 digital thermometer; b) K-type thermocouple

Elektromagnetinio vožtuvo sklendės padėtis buvo matuojama slankmačiu su LCD ekranu. Vožtuvo apačioje buvo išgręžta skylė, pro kurią matuota sklendės padėtis.

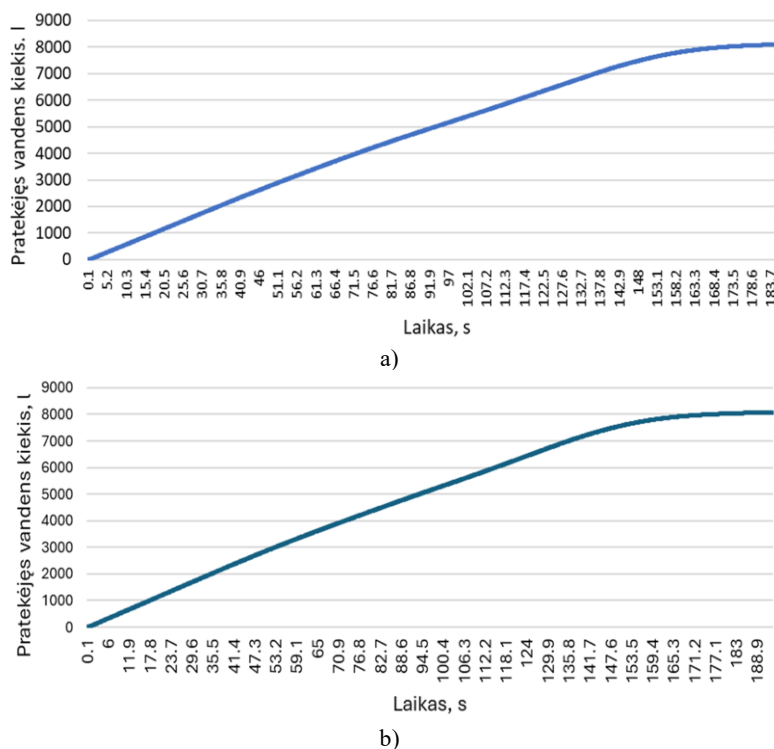
Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Ištyrus vožtuvo pralaidumą nustatyta, kad vožtuvas pilnai atsidaro jį maitinant 2,9 V įtampa. Pagal 2020 m. atliktus purškimo vėjo tunelyje bandymus (Stankevičius ir kt., 2020), nustatyta, kad didžiausias purškimo metu surinktas vandens kiekis loveliuose siekia beveik 5 l vandens kiekio ribą. Naujai sukonstruoto vėjo tunelio dydis skiriasi nuo 2020 m. atliktų tyrimų vėjo tunelyje dydžio. Prieš tai vėjo tunelio matmenys buvo 1×1×5 m, naujai sukonstruoto vėjo tunelio matmenys yra 1×2×15 m. Pagal tai tyrimai atliekami su 8 l vandens kiekiu, atsižvelgiant į tunelio gabaritus ir pasilikant atsargą. Vandens lygis prie lovelio išleidimo angos buvo 2,8 cm, kai lovelis užpildytas 8,1 litrais vandens (žr. 5 pav.). Statinis skysčio slėgis siekė 0,27 Pa.



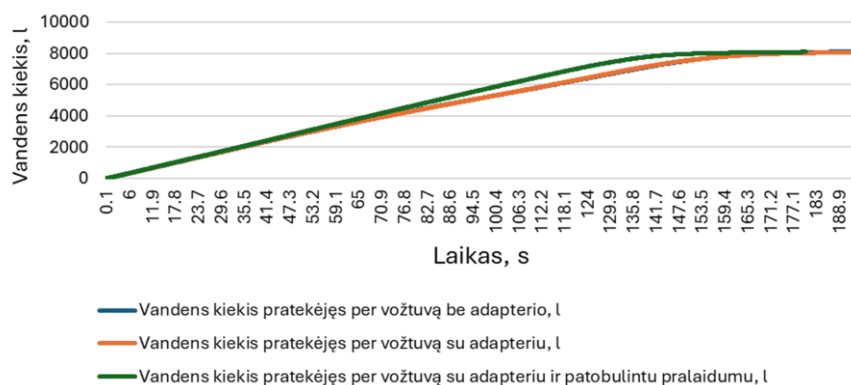
5 pav. Vandens lygio nustatymas liniuote
Fig. 5. Water level measurement with ruler

Išanalizavus tyrimų rezultatus galima teigti, kad vandens pralaidumas su ištekėjimo adapteriu ar be jo esminio skirtumo neturėjo. Vienu ir kitu atveju 8 l vandens iš lovelio ištekėjo per 183 s. Įvertinus gautus vandens pralaidumo duomenis, galima patvirtinti hipotezę, kad adapteris nemažina vandens pralaidumo pro vožtuvą ir naudojant jį vanduo teka koncentruota tėkme.



7 pav. Vandens pralaidumas: a) be ištekėjimo adapterio; b) su ištekėjimo adapteriu
Fig. 7. Water throughput: a) without outlet adapter; b) with outlet adapter

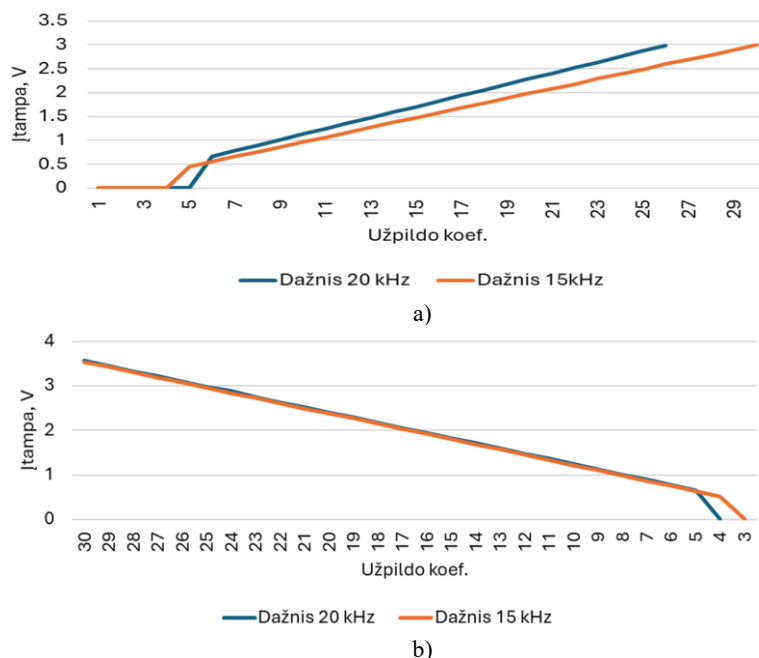
Nustatyta, kad artėjant ties 8 l riba vanduo pradeda tekėti lėčiau, tam įtakos turi įtekėjimo į vožtuvą adapteris, kuris trukdo vandens įtekėjimą į vožtuvą. Atsižvelgiant į tai atliekami tyrimai su patobulintu įtekėjimo adapteriu, kad visas vandens kiekis į vožtuvą tekėtų be trikdžių. Su patobulintu įtekėjimo adapteriu nustatyta, kad 8 l vandens pro vožtuvą prateka per 142 s. Lyginant su prieš tai atliktu tyrimu, gaunamas 41 s skirtumas.



8 pav. Vandens pralaidumo matavimai su patobulintu išteklėjimo adapteriu

Fig. 8. Water throughput measurements with improved outlet adapter

Atliktas vožtuvo atsidarymo tyrimas, kai jo valdymui naudota impulso pločio moduliacija. Nustatyta, kad esant 10 kHz dažniui juntamos vibracijos yra minimalios, tačiau dar yra girdimas garsas. Esant 15–20 kHz dažniui, garsas yra negirdimas arba labai minimalus. Atliekant tyrimą su 15 ir 20 kHz dažniu, nustatyta, kokiam užpildo koeficientui esant vožtuvas atsidaro ir kokiam užpildo koeficientui esant vožtuvas užsidaro. Tyrimo duomenys grafiškai pateikti 9 paveiksle.



9 pav. Vandens vožtuvo darbo etapai: a) vožtuvo atsidarymas; b) vožtuvo užsidarymas

Fig. 9. Water valve operation stages: a) opening the valve; b) closing the valve

Valdymui naudojant IPM nustatyta, kad vožtuvas atsidaro, kai užpildo koeficientas yra 29–26 ir užsidaro, kai užpildo koeficientas yra 3–4, atitinkamai esant 15–20 kHz dažniui.

Išvados

1. Tyrimais nustatyta, kad iš lovelio 8 l vandens pro vožtuvą be adapterio išteka per 2 min 51 s, su adapteriu – per 2 min 55 s, o su adapteriu ir patobulintu išteklėjimo adapteriu – per 2 min 33 s.
2. Nustatyta, kad minimali įtampa, kai vandens išleidimo vožtuvas atsidaro, yra 2,9 V.
3. Vožtuvo valdymui naudojant IPM nustatyta, kad vožtuvas atsidaro, kai užpildo koeficientas yra 29–26 ir užsidaro, kai užpildo koeficientas yra 3–4, atitinkamai esant 15–20 kHz dažniui. IPM moduliacija leidžia vožtuvą maitinti mažesne įtampa ir jis mažiau veikiamas temperatūros, dėl to jis yra tinkamas naudoti vėjo tunelyje automatinėje vandens išleidimo sistemoje.

Literatūra

1. Andriušis A., Steponavičius D., Jomantas T., Balčiūnas J., Niekis Ž., Petkevičius S. (2024). Vėjo tunelyje nunešamų skysčio lašelių kiekio nustatymo įrenginys ir būdas. Lietuvos patentas Nr. LT 7051 B. LR Valstybinis patentų biuras. Vilnius. 1–9 p.

2. Niekis, Ž., Jomantas, T., Andriušis, A., Steponavičius, D. (2023). Oro srauto tiesinimo kelių įtaka pučiamo oro srauto tolygumui vėjo tunelyje. *Jaunasis mokslininkas 2023: 20-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos straipsnių rinkinys*. p. 245–249.
3. Nuytens, D. D. S. M., De Schampheleire, M., Baetens, K., Brusselman, E., Dekeyser, D., Verboven, P. (2011). Drift from field crop sprayers using an integrated approach: results of a five-year study. *Transactions of the ASABE*. 54(2), 403–408.
4. Stankevičius, D., Steponavičius, D., & Kemzūraitė, A. (2020). Simetriško srauto dvisraučio purkštuko įtaka išpurkštų skysčio lašelių nunešimui pavėjui. *Agroinžinerija ir energetika: VDU Žemės ūkio inžinerijos fakulteto mokslo populiarinimo žurnalas*, 2020, Nr. 25, (25), 88-92.
5. Womac, A. R., Ozkan, E., Zhu, H., Kochendorfer, J., Jeon, H., Eswarachandra, N. (2023). Wind tunnels and their uses to study variables affecting precision applications of agricultural sprays. *Journal of the ASABE*. 66(5), 1135–1151.

COMPONENT ANALYSIS OF A WIND TUNNEL FOR PESTICIDE SPRAYING STUDIES

Abstract

Reducing drift is one of the key tasks when spraying pesticides in order to reduce negative environmental impacts. Drift studies are carried out in purpose-built wind tunnels, which have received considerable attention in their design and development. The aim of this work was to investigate the operating parameters of an electromagnetic water release valve (12w-160-15) used in a wind tunnel. The purpose of the valve is to release water from the water collection troughs. The valve was tested by supplying it with different voltages. The capacity of the valve with and without the outlet adaptor and with the improved outlet adaptor was also investigated. In addition, the possibility of controlling the valve's permeability and temperature using pulse width modulation was determined. The tests showed that the minimum voltage at which the outlet valve opens is 2.9 V. The 8 litres of water from the tray shall be discharged through the valve in 2 min 51 s without the adapter, in 2 min 55 s with the adapter and in 2 min 33 s with the adapter and the improved inlet adapter. The IPM control of the outlet valve is set to open at a fill factor of 29–26 and close at a fill factor of 3–4 at a frequency of 15–20 kHz respectively. The IPM modulation allows the valve to be supplied with a lower voltage and is less affected by temperature.

Keywords: wind tunnel, spraying, spray drift.