ODNOS SELEKTIVNOG I KONVENCIONALNOG RASPRŠIVANJA TE NJIHOV UTJECAJ NA DEPOZIT I ZANOŠENJE TEKUĆINE

Petrović, Davor

Doctoral thesis / Disertacija

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:003391

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

Image not found or type unknown

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Davor Petrović, mag. ing. agr.

ODNOS SELEKTIVNOG I KONVENCIONALNOG RASPRŠIVANJA TE NJIHOV UTJECAJ NA DEPOZIT I ZANOŠENJE TEKUĆINE

DOKTORSKA DISERTACIJA

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Davor Petrović, mag. ing. agr.

ODNOS SELEKTIVNOG I KONVENCIONALNOG RASPRŠIVANJA TE NJIHOV UTJECAJ NA DEPOZIT I ZANOŠENJE TEKUĆINE

- Doktorska disertacija -

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Davor Petrović, mag. ing. agr.

ODNOS SELEKTIVNOG I KONVENCIONALNOG RASPRŠIVANJA TE NJIHOV UTJECAJ NA DEPOZIT I ZANOŠENJE TEKUĆINE

- Doktorska disertacija -

Mentor: prof. dr. sc. Đuro Banaj

Povjerenstvo za ocjenu:

1. **doc. dr. sc. Vjekoslav Tadić, docent Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednik**
2. **prof. dr. sc. Đuro Banaj, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, mentor i član**
3. **prof. dr. sc. Mladen Jurišić, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član**
4. **doc. dr. sc. Ivan Plaščak, docent Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član**
5. **dr. sc. Vinko Duvnjak, znanstveni savjetnik Poljoprivrednog instituta Osijek, član**

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Davor Petrović, mag. ing. agr.

ODNOS SELEKTIVNOG I KONVENCIONALNOG RASPRŠIVANJA TE NJIHOV UTJECAJ NA DEPOZIT I ZANOŠENJE TEKUĆINE

- Doktorska disertacija -

Mentor: prof. dr. sc. Đuro Banaj

Javna obrana doktorske disertacije održana je 14. prosinca 2018. godine pred Povjerenstvom za obranu:

1. **prof. dr. sc. Mladen Jurišić, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednik**
2. **prof. dr. sc. Đuro Banaj, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, mentor i član**
3. **doc. dr. sc. Vjekoslav Tadić, docent Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član**
4. **doc. dr. sc. Ivan Plaščak, docent Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, član**
5. **dr. sc. Vinko Duvnjak, znanstveni savjetnik Poljoprivrednog instituta Osijek, član**

Osijek, 2018.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorska disertacija

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Poslijediplomski sveučilišni (doktorski) studij: Poljoprivredne znanosti
Smjer: Tehnički sustavi u poljoprivredi
UDK:
Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Poljoprivreda
Grana: Poljoprivredna tehnika i tehnologija

ODNOS SELEKTIVNOG I KONVENCIONALNOG RASPRŠIVANJA TE NJIHOV UTJECAJ NA DEPOZIT I ZANOŠENJE TEKUĆINE

Davor Petrović, mag. ing. agr.

Disertacija je izrađena na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Mentor: prof. dr. sc. Đuro Banaj

Istraživanje je obavljeno u nasadu višnje starosti četiri godine s dva različita tipa raspršivača, *Agromehanika* i *Tifone*. Istraživan je utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja na zemljišno i zračno zanošenje tekućine, te depozit u krošnji s dva različita sustava raspršivanja (konvencionalni i senzorski sustav). Istraživanje je obavljeno prema *ISO* normi 22866:2005. Rezultati eksploatacije konvencionalnih sustava raspršivanja raspršivačima *Agromehanika* i *Tifone* pokazali su smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine primjenom smanjene norme raspršivanja od 200 l/ha (20,91-39,47 %) u odnosu na normu od 250 l/ha. Uspoređujući rezultate zračnog zanošenja tekućine na 5 m udaljenosti od tretiranog reda uočava se smanjenje zanošenja od 16,59 do 53,19 %, dok su vrijednosti smanjenja zračnog zanošenja na 10 m iznosile 9,71-46,19 %. Depozit tekućine u krošnji smanjenjem norme raspršivanja nije se značajno mijenjao te su zabilježene vrijednosti od 3,77 do 9,02 %. Utvrđeno je smanjeno zračno zanošenje primjenom *ITR* mlaznica od 39,31 do 40,73 %, u odnosu na *TR* mlaznice na 5 m od tretiranog reda, dok su rezultati na 10 m udaljenosti pokazali 100 % smanjenje zračnog zanošenja uporabom *ITR* mlaznica. Intenzitet zemljišnog zanošenje tekućine primjenom *ITR* mlaznica povećao se za 16,92-34,2 % s obzirom na *TR* mlaznice. Brzina zračne struje od 12 m/s ostvarila je smanjenje zemljišnog zanošenja od 7,98 do 36,39 % u odnosu na brzinu zračne struje od 18 m/s. Rezultati zračnog zanošenja na 5 m pokazali su smanjenje od 13,99 do 34,57 %, dok je ostvareno smanjenje zanošenja na 10 m iznosilo 13,79-53,05 %. Primjenom selektivne aplikacije uporabom ultrazvučnih senzora ostvareno je smanjenje zemljišnog zanošenja (40,46-51,20 %). Smanjenje zračnog zanošenja na 5 m uporabom raspršivača sa sustavom senzora iznosilo je od 59,16 do 66,70 % u odnosu na konvencionalni sustav raspršivanja, dok je smanjenje zanošenja na 10 m iznosilo (79,65-80,83 %). Uporaba ultrazvučnog senzorskog sustava nije negativno utjecala na depozit u krošnji, jer iz dobivenih rezultata nije zabilježena statistička značajnost između ova dva sustava raspršivanja. Otklon depozita u krošnji uporabom konvencionalnih sustava raspršivača u odnosu na dobivene vrijednosti uporabom senzorskog sustava iznosio je od 0,5 do 1,10 %.

Broj stranica: 139
Broj slika: 17
Broj tablica: 43
Broj literaturnih navoda: 155
Jezik izvornika: hrvatski
Ključne riječi: senzori, selektivna aplikacija, zanošenje tekućine, norma raspršivanja, brzina zračne struje, mlaznice, raspršivač
Datum obrane: 14. 12. 2018.
Povjerenstvo za obranu:

1. **prof. dr. sc. Mladen Jurišić** – predsjednik
2. **prof. dr. sc. Đuro Banaj** – mentor i član
3. **doc. dr. sc. Vjekoslav Tadić** – član
4. **doc. dr. sc. Ivan Plaščak** – član
5. **dr. sc. Vinko Duvnjak** – član

Disertacija je pohranjena u:
Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Sveučilište u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci, Sveučilište u Splitu

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

PhD thesis

Faculty of agrobiotehnical sciences Osijek
Postgraduate university study: Agricultural sciences
Course: Technical Systems in Agriculture
UDK:
Scientific Area: Biotechnical Sciences
Scientific Field: Agriculture
Branch: Agricultural Engineering and Technology

THE RELATION BETWEEN SELECTIVE AND CONVENTIONAL SPRAYING AND THEIR INFLUENCE ON SPRAY DEPOSIT AND DRIFT

Davor Petrović MEngSc

Thesis performed at Faculty of agrobiotehnical sciences Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Supervisor: prof. dr. sc. Đuro Banaj

Research was conducted in four year old cherry orchard with two sprayer types *Agromehanika* and *Tifone*. Research objective was to investigate impact of spraying technical factors on ground and air drift, and the liquid deposit inside the treetop, using two different spraying system (conventional and sensory). Research was carried out according to *ISO* 22866:2005. Reduction of ground drift was achieved with conventional sprayers *Agromehanika* and *Tifone* under reduced spraying norm of 200 l/ha (20.91-39.47 %). Comparing the air drift results at 5 m distance form treated row, reduced drift from 16.59 to 53.19 % was observed, while reduced values at 10 m distance ranged from 9.71 to 46.19 %. The deposit within the treetop using adjustable spraying norms did not show significant change, with recorded values from 3.77 to 9.02 %. Reduced air drift, ranged from 39.31 to 40.73 %, was achieved by usage of *ITR* nozzle, in regards to *TR* nozzle type at 5 m distance from the treated row, whilst results at 10 m distance showed 100 % reduced air drift by *ITR* nozzle utilisation. In comparison to standard nozzle type, intensity of ground drift using *ITR* nozzle was increased from 16.92 to 34.2 %. Reducing the optimal fan air velocity for 33 % reduced ground drift was achieved ranged from 7.98 to 36.39 %. Results also showed significant air drift reduction at 5 m distance ranged from 13.99 to 34.57 %, while reduction percentage at 10 m was 13.79-53.05 %. The use of a selective application of ultrasound sensor system significantly reduced ground drift (40.46-51.2 %). Reduction of air drift recorded at 5m with sensor spraying system was from 59.16 to 66.7 % in comparison to conventional spraying, while drift reduction at 10 m distance was 79.65-80.83 %. Deployment of the ultrasound sensor system did not have negative impact on treetop deposit because results showed no statistically significant differences between two spraying systems. Treetop deposit deviation using the conventional sprayers, in comparison to gathered results by sensory system application, ranged from 0.5 to 1.1 %.

Number of pages: **139**
Number of figures: **17**
Number of tables: **43**
Number of references: **155**
Original in: croatian
Key words: sensors, selective application, drift, spraying norm, air velocity, nozzles, air assisted sprayer.

Date of the thesis defense: 14. 12. 2018.

Reviewers:

1. **PhD Mladen Jurišić** – president
2. **PhD Đuro Banaj** – supervisor and member
3. **PhD Vjekoslav Tadić** – member
4. **PhD Ivan Plaščak** – member
5. **PhD Vinko Duvnjak** – member

Thesis deposited in:
National and University Library, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, University of Zagreb; University of Rijeka; University of Split

ZAHVALA

Zahvaljujem se svom profesoru i mentoru Đuri Banaju na ukazanom povjerenju kada me je primio za svog suradnika te mi omogućio ovo istraživanje i izradu ovog doktorskog rada.

Također se zahvaljujem predsjedniku komisije profesoru Mladenu Jurišiću koji je od samo početka mog studiranja prepoznao da u meni postoji potencijala kojega je samo trebalo usmjeriti u znanstvenom smjeru. Kao i na svim znanstvenim savjetima u vezi pisanja znanstvenih radova i doktorske disertacije.

Posebne zahvale kolegi docentu Vjekoslavu Tadiću za svesrdnu pomoć pri izradi ove doktorske disertacije.

Zahvaljujem se docentu Ivanu Plaščaku i doktoru Vinku Duvnjaku na konstruktivnim ispravkama doktorske disertacije.

Hvala kolegama iz rasadnika Karolina Peri Turaliji i Bartolu Vukiću što su omogućili da se poljska istraživanja obave u njihovom nasadu, te kolegici doktorici Vesni Tomaš s Poljoprivrednog instituta na ustupljenom raspršivaču koji je korišten u ovom istraživanju.

Također se zahvaljujem profesoru Davoru Kraliku i kolegici stručnoj suradnici Dariji Jovičić na pomoći prilikom analize uzoraka u laboratoriju za obnovljive izvore energije.

Veliko hvala kolegici profesorici Andrijani Rebekić što mi je odškrinula vrata svijeta statistike i bila uvijek dostupna za svaki oblik savjeta i pomoći.

Najveće zahvale iskazujem svojoj obitelji bez koje ovo sve ne bi bilo moguće.

Hvala vam još jednom za sve!

Davor

KAZALO

1. UVOD 1
2. PREGLED LITERATURE 4
2.1. Depozit 4
2.2. Norma raspršivanja 5
2.3. Mlaznice 6
2.4. Zračna struja 7
2.5. Zanošenje tekućine (*drift*) 8
2.6. Senzori 10
2.6.1. Ultrazvučni senzori 10
2.6.2. *LIDAR* senzori (*engl. Light Detection and Ranging*) 13
2.6.3. Infracrveni senzori 14
2.7. Selektivna aplikacija (*VRT engl. Variable Rate Technology*) 14
3. CILJ ISTRAŽIVANJA 16
4. MATERIJAL I METODE RADA 17
4.1. Karakteristike nasada višnje 17
4.2. Postavljanje pokusa 18
4.3. Sustav senzora 20
4.4. Raspršivači 22
4.5. Organska boja *Tartrazine* 24
4.6. Spektrofotometrija 24
4.7. Norma raspršivanja 25
4.8. Mlaznice 27
4.9. Brzina zračne struje 29
4.10. Utvrđivanje *LAI* - a i *LAD* - a u nasadu višnje 32
4.11. Testiranje tehničke ispravnosti raspršivača 34
4.12. Mjerenje vremenskih uvjeta tijekom istraživanja 35
4.13. Statistička obrada podataka 35
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 37
5.1. Testiranje ispravnosti rada raspršivača 37
5.1.1. Mjerenje broja okretaja pogonskog vratila (*PVT-a*) 37
5.1.2. Ispitivanje kapaciteta crpke 38
5.1.3. Ispitivanje ispravnosti manometara 39
5.1.4. Mjerenje protoka mlaznica 40

5.2. Rezultati brzine i vertikalne raspodjele zraka 40
5.3. Rezultati utvrđivanja *LAI* – a i *LAD* – a 44
5.4. Određivanja norme raspršivanja i radnog tlaka 45
5.5. Vremenski uvjeti tijekom istraživanja 46
5.6. Rezultati glavnih svojstava istraživanja 48
5.6.1. Zemljišno zanošenje tekućine raspršivačem *Agromehanika* 49
5.6.2. Zračno zanošenje s raspršivačem *Agromehanika* na 5 m 54
5.6.3. Zračno zanošenje tekućine raspršivačem *Agromehanika* na 10 m 59
5.6.4. Rezultati mjerenja depozita u krošnji raspršivačem *Agromehanika* 63
5.6.5. Zemljišno zanošenje tekućine raspršivačem *Tifone* 66
5.6.6. Zračno zanošenje s raspršivačem *Tifone* na 5 m 71
5.6.7. Zračno zanošenje tekućine raspršivačem *Tifone* na 10 m 75
5.6.8. Rezultati mjerenja depozita u krošnji raspršivačem *Tifone* 80
5.6.9. Rezultati usporedbe svojstava istraživanja za raspršivače *Agromehanika* i *Tifone* .84
6. RASPRAVA 85
6.1. Tehnički pregled raspršivača 85
6.2. Meteoroloških uvjeti 86
6.3. Glavni tehnički čimbenici raspršivanja 88
6.3.1. Utjecaj norme raspršivanja 91
6.3.2. Utjecaj tipa mlaznica 94
6.3.3. Utjecaj brzine zračne struje 96
6.3.4. Selektivna aplikacija 100
7. ZAKLJUČCI 104
8. LITERATURA 106
9. PRILOG 120
10. SAŽETAK 135
11. SUMMARY 137
12. ŽIVOTOPIS 139

1. UVOD

Poljoprivreda kao grana gospodarske djelatnosti bavi se proizvodnjom hrane biljnog i životinjskog podrijetla, s ciljem prehrane stanovništva. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku Republike Hrvatske tijekom 2016. godine ukupno je obrađeno 2.515.512 ha od toga je 71.728 ha pod trajnim nasadima. Ukupna potrošnja pesticida na svim obrađenim površinama u 2016. godini iznosila je 5.587.798 kg. Jedan od ciljeva poljoprivredne proizvodnje je ostvariti što veći prinos po jedinici površine sa što manjim ulaganjima. Unatoč zadanim ciljevima u svrhu smanjenja inputa u poljoprivrednoj proizvodnji, potrošnja pesticida je u stalnom porastu. Problem suvremene intenzivne poljoprivrede je prekomjerna uporaba sredstava za zaštitu bilja, kako s aspekta zaštite okoliša tako i s ekonomskoga gledišta. Sredstva za zaštitu bilja postaju dio svakodnevnog života. Nalaze se u cjelokupnom agroekološkom sustavu u poljoprivrednom zemljištu, vodotokovima, te poljoprivrednim proizvodima. Oslanjanje poljoprivrede ponajprije na primjenu kemijskih mjera u borbi protiv štetočinja uz sve prednosti ima i određene nedostatke. Nažalost, nerijetko je slučaj da štetno djeluju na bezopasne i korisne organizme. U idealnom slučaju pesticid bi trebao biti toksičan samo za ciljane organizme, da je biorazgradiv i ekološki prihvatljiv. Budući da je poljoprivreda među glavnim onečišćivačima okoliša, krajnje je vrijeme da se poduzmu konkretne mjere koje su usmjerene na uvođenje novih tehnologija.

U trajnim nasadima se prema svjetskim trendovima intenzivira proizvodnja po jedinici površine sadnjom s manjim međurednim razmakom, što rezultira velikim promjenama u gospodarenju (gnojidba, aplikacija škropiva, navodnjavanje). Uslijed intenziviranja proizvodnje kao negativna pojava povećava se uporaba pesticida. Iz navedenih razloga Europska unija donosi čitav niz mjera za kontrolu i poboljšanje primjene pesticida. Smanjenje zanošenja tekućine izvan ciljanog prostora zaštite bilja i poboljšanje učinkovitosti aplikacije škropiva ciljevi su Europske direktive *128/2009/E2*, u kojoj se navodi da je svaka članica EU dužna donijeti akcijski plan održive uporabe pesticida. Prema navedenom akcijskom planu jedna od bitnih točaka je tehnički pregled strojeva i uređaja za zaštitu bilja, jer je tehnički ispravan stroj glavni preduvjet za pravilnu aplikaciju. Samo optimalno podešeni glavni tehnički čimbenici raspršivanja (norma raspršivanja, tip mlaznice, brzina zračne struje, brzina gibanja stroja i ostalo) mogu ostvariti adekvatne rezultate prilikom primjene sredstava za zaštitu bilja.

Nepravilno podešeni parametri raspršivanja utječu na smanjenu pokrivenost površine, pojavu zanošenja kapljica, povećanu potrošnju pesticida, slabo prodiranje pesticida u krošnju, te niz drugih negativnih utjecaja koji dovode do ponovne pojave bolesti. Budući da su pesticidi štetni za ljudsko zdravlje, potrebno je razvijati tehnike aplikacije, gdje je kontakt između pesticida i ljudi smanjen uporabom raznih elektroničkih sklopova i računalne opreme. Razvoj automatiziranih strojeva koji omogućavaju varijabilne inpute u poljoprivrednoj proizvodnji jedan je od glavnih preduvjeta za smanjenje troškova i negativnog utjecaja na okoliš.

Prema definiciji, zanošenje tekućine ili *drift* je sve ono što kapljice mlaza skreće sa zamišljenog pravca gibanja, prema kojem bi one trebale okomito pasti na predmet zaštite (Banaj i sur., 2013.). Termin "*drift*„ kao naziv za neželjeno zanošenje tekućine izvan ciljanog prostora zaštite bilja koristi se u svjetskoj literaturi i opće je prihvatljiv kao termin za ovu pojavu prilikom aplikacije pesticida. Razlikuju se dva osnovna tipa zanošenja tekućine: zemljišno i zračno. Zemljišno zanošenje tekućine podrazumijeva gubitak tekućine kapanjem sa listova krošnje ili taloženjem zanesene tekućine zračnom strujom izvan ciljanog prostora zaštite bilja na tlo. Neželjeno odnesena tekućina zračnom strujom izvan ciljanog prostora zaštite bilja naziva se zračno zanošenje tekućine. Uporaba tehnologije za smanjenje zanošenja tekućine izvan ciljanog prostora zaštite bilja temelji se na proučavanju i unapređenju kvalitete raspršivanja. U obzir se uzima veličina kapljica, brzina gibanja stroja, vremenski uvjeti i niz drugih važnih čimbenika. Stablo čine razni elementi različitih geometrijskih oblika (grane, lišće, cvjetovi, plodovi) koji su smješteni u malom trodimenzionalnom prostoru. Veliki broj elemenata može uzrokovati da jedan ili više listova djelomično ili potpuno bude zaklonjen, bez obzira na kut aplikacije, te postaje potencijalno mjesto za razvoj bolesti. Istraživači u ovom području suočavaju se s izazovom do koje granice je moguće optimizirati raspršivanje, a da pokrivenost tretirane površine ostane optimalna, a time i biološka učinkovitost pesticida.

Za učinkovitu i sigurnu primjenu zaštitnih sredstava razvija se nekoliko metoda aplikacije: raspršivači s reciklirajući sustavom, uporaba *GIS*-a i razvoj tzv. pametnih raspršivača s promjenjivom normom raspršivanja. *GIS* kao dio suvremene tehnologije daje veliku prednost u efikasnoj zaštiti bilja (Jurišić i sur., 2015.). Potreba za smanjenjem onečišćenja okoliša i inputa u poljoprivrednoj proizvodnji dovodi do proučavanja metode održive uporabe pesticida u trajnim nasadima pomoću selektivne aplikacije pesticida.

Jurišić i sur. (2009.) navode da pojam precizne poljoprivrede ima višestruki značaj s obzirom na pravovremeno obavljanje poljoprivrednih radova, smanjen broj operacija i nižu cijenu rada. Precizna poljoprivreda i selektivna aplikacija mogu uvelike smanjiti onečišćenje okoliša neželjenim zanošenjem tekućine izvan ciljanog prostora zaštite bilja uz zadovoljavajuću učinkovitost. Sinergija navedenih tehnika raspršivanja ostvaruje povoljne rezultate u smislu smanjenja zanošenja pesticida izvan ciljanog prostora zaštite bilja, onečišćenja okoliša i optimiziranja inputa. Selektivna aplikacija omogućuje optimiziranje inputa u proizvodnji prema trenutačnim potrebama u trajnim nasadima i omogućava uzgajivačima primjenu optimalne količine pesticida na ciljanu površinu. Navedena tehnika aplikacije svakako ima potencijala za razvoj u području zaštite bilja jer je napravljeno relativno malo istraživanja s obzirom na značaj i mogućnosti ovakvog načina raspršivanja.

Na osnovu ovog istraživanja donijeti će se zaključak koja kombinacija tehničkih čimbenika te koji sustav raspršivanja ostvaruje najmanje zanošenje tekućine izvan ciljanog objekta, a da depozit u krošnji ostane unutar statistički značajnih granica. Unatoč svim dosadašnjim istraživanjima koja su pokazala vrlo dobre rezultate u smislu uštede škropiva 20-80 %, nije došlo do komercijalne proizvodnje raspršivača opremljenih senzorskim sustavima. Stoga je vrlo bitno provesti što veći broj istraživanja u navedenom smjeru radi potrebnih saznanja za daljnji razvoj aplikacije temeljene na senzorskom sustavu. Ovo će istraživanje pružiti korisne informacije velikim gospodarskim subjektima i poljoprivrednicima o načinu unapređenja tehnika aplikacije škropiva u cilju ostvarenja znatnih ušteda pri proizvodnji.

2. PREGLED LITERATURE

Primjena pesticida je najučinkovitija i najuporabljivija metoda zaštite bilja od štetočinja u poljoprivredi (Maynagh i sur., 2009.). Zavisno o intenzitetu uporabe kemijskih sredstava za zaštitu bilja pojavljuju se kratkotrajni i dugoročni negativni učinci na okoliš (Maghsoudi i Minaei, 2013.). Tehnologija za smanjenje zanošenja tekućine izvan ciljanog prostora zaštite bilja temelji se na proučavanju i unapređenju kvalitete raspršivanja s obzirom na veličinu kapljica, brzinu gibanja, klimatske uvjete i niz drugih čimbenika. Istraživači u ovom području suočavaju se s izazovom do koje granice je moguće optimizirati raspršivanje da pokrivenost tretirane površine bude optimalna, a biološka učinkovitost pesticida ostane nepromijenjena.

Veliki broj autora bavi se proučavanjem važnosti tehnike aplikacije pesticida. Brzinu zračne struje istražuju Pergher i sur. (1997.), Cunningham i Harder (1999.), De Moor i sur. (2000.) te Wei i sur. (2016.). Normu raspršivanja proučavaju Pergher i Petris (2008a.) te Tadić (2013.), a vrstu i veličinu mlaznica Zhu i sur. (2004.) te Derksen i sur. (2007.). Brzinu gibanja raspršivača istražuju Celen i sur. (2008.) te Marucco i sur. (2008.).

2.1. Depozit

Glavni cilj aplikacije škropiva je ravnomjerna pokrivenost lisne površine s optimalnim depozitom. Loša raspodjela škropiva može smanjiti učinkovitost raspršivanja i povećati opasnost od onečišćenja okoliša (Vercruysse i sur., 1999.). Na pravilnu depoziciju škropiva utječu razni čimbenici kao što su struktura i oblik krošnje, fizikalno-kemijska svojstva pesticida, agroklimatski uvjeti i primijenjena tehnika raspršivanja (Jaeken i sur., 2001.; Nuyttens i sur., 2009.; Catania i sur., 2011.; Rosell i sur., 2012.; Larbi i Salyani 2012.; Dorr i sur., 2013.; Vallet i Tinet, 2013.). Oblik krošnje izravno utječe na depoziciju škropiva, a na taj način i uspješnost raspršivanja. Smanjenjem depozita u srednjem dijelu krošnje povećava se mogućnost ponovne pojave štetočinja (Farooq i Salyani, 2002.; Cross i sur., 2003.; Salyani i sur., 2006.; Zhu i sur., 2006.; Celen i sur., 2009.).

Barčić (1999.) navodi da je za depoziciju kapi od posebnog značaja gibanje stroja i brzina zračne struje. Male kapi u laminarnoj struji slijede strujnice zraka i zaobilaze prepreku, što je važno za pokrivenost površine unutar krošnje. Velike kapi zbog svoje inercije ne zaobilaze prepreke nego se deponiraju na vanjskim listovima krošnje. Ova tvrdnja govori u prilog malim kapljicama jer prodiru duboko u krošnju i ostvaruju dobar depozit i pokrivenost površine unutar krošnje.

Specifičnost promjene agroklimatskih uvjeta u kratkom vremenskom razdoblju i promjena oblika krošnje tijekom vegetacije dodatno otežavaju istraživanja. Araújo i sur. (2016.) istražuju utjecaj oborina na depozit unutar krošnje, te navode da kiša nepovoljno utječe na optimalan depozit u gornjim dijelovima krošnje gdje gubitak škropiva iznosi od 4 do 5,7 % pri dnevnoj količini oborina od 14,3 do 26,4 mm.

2.2. Norma raspršivanja

Pravilno određivanje norme raspršivanja jedan je od ključnih koraka za uspješnu provedbu zaštite bilja. Dosadašnja praksa poljoprivrednih proizvođača je uporaba fiksne norme raspršivanja tijekom cijelog vegetativnog razvoja biljke. Takav način primjene može dovesti do poddoziranja ili predoziranja biljke, te kao posljedicu imati neuspjelu zaštitu nasada. Dodatne negativne pojave ovakvog načina zaštite je pojava rezistentnosti štetočinja u nasadu na određeno sredstvo, povećani troškovi proizvodnje i onečišćenje okoliša.

Poznati su različiti načini određivanja norme raspršivanja (l/ha) koje koriste autori u svjetskoj literaturi: *TRV-Tree Row Volume* (Gil i sur., 2007.; Deveau, 2010.), *CAS-Crop Adapted Spraying*, (Manktelow, 1998.) i *UCR-Unit Canopy Row* (Weisser i sur., 2002.). Barani i sur. (2008.) uspješno koriste *UCR* metodu u vinogradima za određivanje optimalne norme raspršivanja. Metoda *LWA* (*Leaf Wall Area*) predviđena je za trajne nasade, a temelji se na izračunu vertikalne površine lišća u području tretiranja (Koch, 2007.). Najčešće upotrebljavana metoda za određivanje prilagođene norme raspršivanja je *TRV* metoda koju koristi čitav niz autora. Gil i sur. (2007.) navode da primjena prilagođene norme raspršivanja u vinogradu temeljena na *TRV* metodi ostvaruje povećanje učinkovitost u usporedbi s konvencionalnom aplikacijom

Sedlar i sur. (2013.) istražuju mogućnost smanjenja norme raspršivanja s ciljem reduciranja zemljišnog zanošenja tekućine. Koriste različite norme raspršivanja (759 i 381 l/ha) i različite sustave raspršivanja (konvencionalno i selektivno) u nasadu jabuke. Rezultati pokazuju uspješno smanjenje norme bez statistički značajne promjene pokrivenosti lista. Utjecaj različitih normi raspršivanja na pokrivenost lisne površine proučava i Lopresti, (2004.).

Unazad dva desetljeća proučavaju se mogućnosti primjene prilagođene norme raspršivanja prema trenutnim potrebama nasada. Uporaba selektivne aplikacije u trogodišnjem nasadu kajsije omogućuje značajno smanjenje norme raspršivanja od 17,78 %, odnosno 19,03 % u dvogodišnjem nasadu (Sedlar i sur., 2011.). Isti autori daju prednost primjeni selektivne aplikacije u mladima nasadima u odnosu na konvencionalnu aplikaciju.

2.3. Mlaznice

Mlaznice su završni element na raspršivačima i odgovorne su za kvalitetu raspršivanja škropiva. Oblik, tip i tehnička izvedba mlaznice mogu utjecati na zanošenje tekućine. Postupak hidropneumatske dezintegracije s obzirom na konstrukciju mlaznice proučavaju Czaczyk, (2012.), Vallet i Tinet, (2013.), Fritz i sur. (2014.), a utjecaj fizikalnih svojstava raspršene tekućine (Butler i sur., 1997.; Miller i Butler, 2000.).

Tadić (2013.) proučava utjecaj različitih *ISO* veličina mlaznica na optimalnu pokrivenost površine i intenzitet zanošenja unutar trajnih nasada, te navodi da mlaznice manjeg *ISO* broja ostvaruju bolju pokrivenost tretirane površine, ali zbog manje veličine kapljica ostvaruju povećano zanošenje.

Wang i sur. (2015.) istražuju utjecaj tipa mlaznice na brzinu i udaljenost raspršene tekućine. Uspoređuju šest različitih tipova mlaznica (*IDK 120-02, ST 110-02, TR 80-02, IDK 120-03, ST 110-03, TR 80-03*), te na osnovu dobivenih rezultata zaključuju da veće kapljice imaju manju brzinu gibanja. Mlaznice koje generiraju veće kapljice ostvaruju manju udaljenost raspršivanja od mlaznica sa sitnijim kapima, ali su otpornije na zanošenje tekućine. Mlaznice *IDK* generiraju kapljice većeg promjera, manje brzine gibanja kapljica i smanjene fluktuacije. Stabilna raspodjela brzine raspršivanja kapljica u mlazu povoljno utječe na ravnomjerni depozit (Dorr i sur., 2014.).

Prema obavljenom istraživanju Petrović i sur. (2018.) navode da se uporabom zračno-injektorskih mlaznica prilikom aplikacije u znatnoj mjeri smanjuje zanošenje tekućine. Zračno zanošenje tekućine potpuno je reducirano na udaljenosti od 10 m od tretiranog reda, dok je zemljišno zanošenje bilo svedeno na minimum.

2.4. Zračna struja

Djelotvornost zračne mase pri raspršivanju u trajnim nasadima zavisi o brzini i geometriji zračne struje koju generira ventilator raspršivača (Holownicki i sur., 2000.; Panneton i sur., 2005.). Brzinu zračne struje s različitim čimbenicima podešavanja (položaj lopatica ventilatora i broj okretaja pogonskog vratila) istražuju Tadić i sur. (2014.), te Banaj i sur. (2014., 2016.). Miranda-Fuentes i sur. (2015.) navode da brzina zračne struje utječe na depozit unutar krošnje. Prevelika brzina zračne struje dovodi do loše pokrivenosti i prekomjernog zanošenja tekućine izvan ciljanog prostora zaštite bilja, dok nedovoljna brzina zračne struje za posljedicu ima lošu pokrivenost i smanjeni depozit u gornjim slojevima krošnje. Učinkovitost aplikacije može se definirati kao omjer depozita pesticida na ciljanom objektu raspršivanja (krošnji) i ukupne količine norme raspršivanja pesticida koji je uporabljen.

Znanstvenici na Sveučilištu Cornell razvijaju podesive lamele za kontrolu zraka koju generira ventilator raspršivača. Prilagođena brzina zračne struje s novo razvijenim sustavom kontrole zračne struje ostvaruje smanjenje zanesene tekućine od 63 % u voćnjacima u ranoj i srednjoj fazi razvoja (Landers i sur., 2012.). Isti autori navode da se prilagođenim volumenom i brzinom zraka povećava depozit u krošnji i na plodovima.

Zande i sur. (2014.) istražuju mogućnost prilagođavanja brzine zračne struje prema stadiju razvoja biljke. Na udaljenosti od 5 m od zadnjeg reda stabala u trajnom nasadu zanošenje tekućine iznosilo je 11-23 % norme raspršivanja kod nasada u punoj lisnoj masi pri najvećoj brzini ventilatora. U istom nasadu ostvareno je smanjenje zanošenja tekućine 25-77 % u fazi mirovanja vegetacije s minimalnom brzinom ventilatora. Rezultati pokazuju direktan utjecaj zračne struje s obzirom na stadij razvoja stabla i potrebe za prilagođavanjem izlazne brzine zraka. Isti autori navode da je zračno zanošenje tekućine 2,5-3 puta veće od zemljišnog zanošenja.

Petrović i sur. (2018.) navode da smanjenje brzine zračne struje i norme raspršivanja pozitivno djeluje na reduciranje zemljišnog i zračnog zanošenja tekućine. Landers i Farooq (2004.) istražuju utjecaj brzine zračne struje na zanošenje tekućine u nasadu jabuke. Dobiveni rezultati pokazuju da se smanjenjem brzine ventilatora za 25 % može na jednostavan način značajno reducirati zanošenje tekućine.

2.5. Zanošenje tekućine (*drift*)

Zanošenje tekućine jedan je od glavnih problema prilikom aplikacije škropiva u voćnjacima. Može uzrokovati neželjene posljedice u vidu negativnog utjecaja na ljudski organizam i životinje, onečišćenja okoliša te oštećenje osjetljivih susjednih usjeva. Iz navedenih razloga se posljednja tri desetljeća razvijaju razne metode i sustavi za smanjenje spomenutih negativnih pojava. Prilikom aplikacije škropiva potrebno je poštovati preporuke koje nalažu da se aplikacija sa standardnim mlaznicama može obavljati samo u optimalnim vremenskim uvjetima (Tadić i sur., 2009.). Glavni čimbenici koji se moraju poštovati su: relativna vlažnost zraka iznad 60 %, temperatura zraka ispod 22 °C i brzina vjetra manja od 3 m/s. Zračno-injektorske mlaznice mogu podnijeti nešto nepovoljnije vremenske uvjete koji su dozvoljeni prilikom aplikacije. Isti autor navodi na koji je način moguće smanjiti zanošenje tekućine tijekom zaštite bilja. Uz vremenske uvjete vrlo je bitno pravilno odrediti i podesiti sljedeće glavne tehničke čimbenike raspršivanja: brzinu gibanja raspršivača, tlak u sustavu, normu raspršivanja, tip mlaznice, brzinu i količinu zračne struje. Pravilnim podešavanjem stroja moguće je optimizirati ulazne inpute i smanjiti pojavu neželjenog zanošenja tekućine.

Grella i sur. (2017.) obavljaju istraživanja prema normi *ISO* 22866:2005, o utjecaju različito podešenih glavnih čimbenika raspršivanja (brzine gibanja raspršivača, tipa mlaznica i brzine zračne struje ventilatora) na zanošenje tekućine u vinogradu i nasadu jabuke. Smanjeno zanošenje tekućine od 51 % ostvareno je uporabom zračno-injektorskih mlaznica. Karakteristike vjetra (brzina i smjer), u vrijeme poljskog istraživanja izravno su utjecale na dobivene rezultate i objašnjavaju 24 % varijabilnosti zanošenja tekućine.

Utjecaj tipa mlaznice, veličine ISO broja mlaznice, brzine gibanja raspršivača i visine krila prskalice istražuju Nuyttens i sur. (2007b.). Rezultati pokazuju da se povećanjem *ISO* broja mlaznice, smanjenjem tlaka i brzine gibanja stroja značajno smanjuje zanošenje tekućine. Najveće smanjenje zanošenja tekućine ostvareno je primjenom zračno-injektorskih mlaznica.

Za evaluaciju neželjeno zanesene tekućine primjenjuju se različite metode vizualizacije: fluorescentne i vidljive boje, vodoosjetljivi papirići, te *LIDAR* senzori. Najraširenija je uporaba fluorescentnih i vidljivih boja, koje nisu opasne za zdravlje ljudi, stoga se neke od njih koriste i u prehrambenoj industriji.

Cijeli niz autora upotrebljava ovu vrstu boje za detekciju i evaluaciju zanesene tekućine (Zhu i sur., 2006.; Nuyttens i sur., 2007a.; Marucco i sur., 2008.; Wenneker i Zande, 2008.; Bjugstad i Hermansen, 2009.; Jejčič i sur., 2011.; Gil i sur., 2012.; Bondesan i sur., 2012.; Miranda-Fuentes i sur., 2015.; Świechowski i sur., 2015.; Balsari i sur., 2017.).

Za prikupljanje zanesene tekućine izvan ciljanog prostora bilja koriste se razni kolektori tj. sakupljači od različitih vrsta materijala i oblika. Kolektori za prikupljanje zanesene tekućine mogu biti: *PVC* trake različitih promjera i duljina, plastične tube, pamučne tkanine i filter papirići. Jedan od ključnih koraka kod analize zanesene tekućine i depozita je odabir odgovarajuće metode i vrste kolektora (Salyani i sur., 2006.). Prilikom odabira važna je cijena koštanja pojedinih kolektora, jer je nerijetko prilikom jednog istraživanja potrebno nekoliko tisuća komada. Vrlo bitno je uskladiti pojedinu vrstu kolektora s raspoloživom pratećom opremom koja se koristi za analizu.

Istraživanja pokazuju da je metoda s filter papirićima najprihvatljivija s obzirom na cijenu i učinkovitost, te se koristi u brojnim istraživanjima (De Schampheleire i sur., 2008.; Godyn i sur., 2008.; Celen 2010.; Chen i sur., 2013.; Dekeyser i sur., 2012, 2014.; Foqué i sur., 2012, 2014.; Duga i sur., 2015.; Gregorio i sur., 2016.). Filter papirići ispiru se određenom količinom deionizirane vode, te se valna duljina očitava spektrofotometrom. Razvojem tehnologije spektrofotometrija je postala neizostavna tehnika za brojne analize.

Ultraljubičasta (*UV*) i vidljiva apsorpcijska (*VIS*) spektroskopija primjenjuje se za kvantitativnu, ali također i za kvalitativnu analizu. To je najčešće primjenjivana metoda u kemijskim i kliničkim laboratorijima (Mihoci, 2015.). Metoda se temelji na ovisnosti energije zračenja i kemijskog sastava tvari.

2.6. Senzori

Uređaji za otkrivanje, registraciju i mjerenje zračenja elektromagnetne energije, vlastite (emitirane) ili reflektirane nazivaju se zajedničkim imenom senzori. Postoje različite vrste senzora, a dijele se prema: konstrukciji, području spektra elektromagnetnog zračenja koje registriraju, načinu detekcije, registracije i mjerenja, prikazu detektirane energije i slično. Senzori pretvaraju mjerenu fizikalnu veličinu (visinu, širinu, obujam i sl.) u analognu električnu (struju, napon, otpor) ili digitalnu informaciju. Princip funkcioniranja senzora zasnovan je na interakciji s okolnim objektima, a reakciju pretvaraju u izlazni signal i upravljaju tehnološkim procesom. Postoji veliki broj fizikalnih pojava, načina transformacije, svojstava procesa kao i metoda pretvorbe energije koji se mogu primijeniti pri izradi senzora. Mjerenje neelektričnih signala (optički, infracrveni, induktivni i slično) počinje pretvaranjem u električni, nakon čega se obavlja procesiranje. Konačni izbor senzora zavisi od željene točnosti, tako da u slučajevima gdje nije potrebna velika točnosti nije ekonomično koristiti skupe i precizne senzore.

2.6.1. Ultrazvučni senzori

Zadnjih godina broj istraživanja senzorskih sustava koji se koriste za detekciju prisutnosti biljke u naglom je porastu. Uporaba ultrazvučnih senzora u poljoprivredi kao ideja preuzeta je iz industrije, gdje se upotrebljavaju za mjerenje raznih udaljenosti i određivanje prisutnosti objekata, kako navode Rovira-Más i sur. (2005.). Ultrazvučni senzori služe za određivanje udaljenosti i funkcioniraju po načelu razlika u vremenskom intervalu potrebnom da ultrazvučni val prijeđe put od senzora do detektiranog objekta i natrag. Sastoje se od ultrazvučnog primopredajnika, uređaja za formiranje izlaznog signala i pojačivača. Primopredajnik periodično emitira ultrazvučni val frekvencije 10-400 kHz, a zatim prima reflektirani val od detektiranog objekta.

Glavna prednost ove vrste senzora je robusna izvedba koja smanjuje negativan utjecaj nepovoljne radne okoline (vlaga, vibracije, prljavština, temperatura magla) i njihova relativno niska cijena koštanja s obzirom na druge elektroničke sklopove koji se koriste u iste svrhe (Stajnko i sur., 2012.). Njihov glavni nedostatak je veliki kut divergencije ultrazvučnih valova zbog čega je ograničena rezolucija tj. točnost mjerenja (Rovira-Mas i sur., 2005.).

Giles i sur. (1987., 1988.) istražuju primjenu jednostavnog ultrazvučnog sustava za detekciju stabla u svrhu selektivne aplikacije. Takvim načinom aplikacije ostvarene su uštede škropiva od 10 do 17 % u nasadu breskve, a u nasadu jabuke od 20 do 27 %. Razvojem algoritma za upravljanje senzorima ostvarene su uštede 28-34 % i 36-52 % u istim nasadima (Giles i sur., 1989.).

Primjenu senzora s mogućnošću detekcije krošnje i njezinog oblika istražuju (Llorens i sur., 2010.; Doruchowski i sur., 2011.; Chen i sur.,2013.; Escola i sur., 2013.; Sedlar i sur., 2013. Llorens i sur. (2011.) koriste ultrazvučne senzore za određivanje geometrije nasada za preciznije određivanje norme raspršivanja sa ciljem smanjenja zanošenja tekućine.

Jejčič i sur. (2011.) razvijaju sustav za automatsko raspršivanje koristeći ultrazvučne senzore i *RGB* kameru koji računalno upravljaju raspršivanjem. Automatski sustav testiran je pri brzini od 3 km/h gdje je ostvarena ušteda od 20,2 % pojedinačno po mlaznici s obzirom na kontrolno raspršivanje bez senzorskog sustava. Isti autori navode da su vrijednosti depozita, distribucije i pokrivenost lisne površine ostale nepromijenjene uporabom senzorskog raspršivanja.

Llorens i sur. (2013.) navode da se ugradnjom elektronskih dijelova na konvencionalne raspršivače značajno unaprjeđuje tehnika raspršivanja i smanjuje zanošenje tekućine raspršivanja izvan ciljanog prostora zaštite bilja.

Raspršivači opremljeni sustavom senzora svoje funkcije temelje na određivanju tri osnovna parametra: detekciji stabla, gustoći lisne mase i strukturi krošnje tj. uzgojnom obliku (Fox i sur., 2008.). Određivanje oblika i prisutnosti krošnje je složen zadatak zbog geometrijskih karakteristika krošnje koje su izravno povezane s rastom i razvojem stabla. Prepoznavanje krošnje u realnom vremenu uporabom ultrazvučnih senzora istražuju mnogi znanstvenici diljem svijeta i to: Perry i Cordero, 1995.; Koch, i sur., 2000.; Moltó i sur., 2000.; Schumann i Zaman, 2005.; Solaneles i sur., 2006.; Chueca i sur., 2008.; Stajnko i sur., 2012.; Gamarra-Diezma i sur., 2015. Oblik krošnje izravno utječe na depoziciju pesticida, a na taj način i uspješnost raspršivanja.

Uporaba ultrazvučnih senzora u poljoprivrednoj proizvodnji testira se na više čimbenika. Jedan od bitnih čimbenika je udaljenost senzora od krošnje te brzina gibanja raspršivača. Ako je udaljenost senzora od krošnje manja, povratni ultrazvučni val (eho signal) bit će većeg intenziteta, a samim time i točnost mjerenja. Povećanjem udaljenosti povratni signal slabi i pojavljuju se greške prilikom očitanja (Shirley i sur., 1989.).

Ako je krošnja na maloj udaljenosti između krošnje i senzora, povećava se mogućnost interferencije između dva senzora pa se točnost očitanja smanjuje (Escola i sur., 2011.). Prema navedenim autorima prosječna pogreška očitanja u laboratorijskim uvjetima iznosi ± 0,53 cm, dok u poljskim uvjetima greška prilikom detekcije iznosi prosječno ± 5,11 cm. Analizom dobivenih rezultata može se zaključiti da je vrlo bitno odrediti pravilan razmak između ultrazvučnih senzora s obzirom na širinu kuta odaslanih ultrazvučnih valova i udaljenosti od detektirane krošnje.

Palleja i Landers, (2014.) istražuju mogućnost uporabe jeftinih ultrazvučnih senzora za određivanje gustoće krošnje tijekom vegetativne sezone. Dobiveni rezultati pokazuju visoki stupanj korelacije između povećanja lisne mase i povratnog eho signala senzora. Međutim, sustav nije u mogućnosti odrediti stvarnu gustoću lisne mase u krošnji. Isti autori, Palleja i Landers (2015., 2016.) razvijaju sustav senzora za identifikaciju gustoće krošnje na osnovu kojeg je moguće prilagoditi brzinu zračne struje i količinu tekućine prilikom raspršivanja.

Autori Palleja i sur. (2017.) i Landers i sur. (2017.) uspoređuju dva načina određivanja gustoće krošnje u nasadu: ultrazvučnim senzorima i (*PQA*) *Point Quadrat Analysis.* Dobiveni rezultati pokazuju vrlo visoku razinu prihvatljivosti senzorskog načina određivanja gustoće krošnje. Treba napomenuti da je potrebna kalibracija za svaki nasad prema vrsti stabala da se očitani rezultati mogu koristiti za podešavanje raspršivača u realnom vremenu.

Li i sur. (2017.) u laboratorijskim uvjetima ispituju uspješnost modela za određivanje gustoće krošnje uspoređujući kontrolni model sa četiri sloja lišća izabran kao optimalan i modele s različitim slojevima lišća. Dobiveni rezultati pokazuju grešku očitanja između 17,68 – 29,92 % u usporedbi s kontrolnim modelom. Prema navedenim autorima ispitani ultrazvučni sustav dovoljno je precizan za primjenu u selektivnoj aplikaciji.

Najnoviji prototip raspršivača pod nazivom *CIS* (*engl. Crop Identification System*) opremljen je *GPS* - sustavom, meteorološkom postajom, sustavom ultrazvučnih senzora i posebnim setom različitih mlaznica opremljenih elektromagnetnim ventilima.

CIS raspršivači rade na principu prepoznavanja trenutnog stanja u trajnom nasadu s obzirom na položaj, aktualne vremenske uvjete (temperaturu, relativnu vlažnost zraka, brzinu i smjer vjetra), prisutnost i oblik krošnje. Temeljem dobivenih informacija računalo koje je smješteno na raspršivaču određuje tip mlaznica (standardne ili anti drift) te normu raspršivanja.

2.6.2. *LIDAR* senzori (*engl. Light Detection and Ranging*)

LIDAR je optičko mjerni instrument za raspršivanje laserskih zraka koje se odbijaju od vrlo sitnih čestica u Zemljinoj atmosferi (aerosola, oblačnih kapljica i ostalog) te potom registriraju u optičkom prijamniku. Princip rada zasniva se na promjeni parametara optičkog signala s promjenom fizičke veličine. Ova vrsta senzora može se upotrebljavati u svim uvjetima djelovanja jakog magnetnog polja, visoke temperature, električnih šumova i kemijske korozije, s toga su znatno fleksibilniji i pouzdaniji od ultrazvučnih senzora. Međutim, njihove nepoželjne karakteristike sadržane su u sljedećem: složenost izrade i obrade signala, zahtijevanje optičke vidljivosti između prijemnika i predajnika te osjetljivost na mehaničke vibracije. *LIDAR* senzori koriste se za gotovo sve aplikacije bez kontaktne detekcije objekata na velikoj udaljenosti, a materijal objekta za detektiranje je gotovo nebitan.

Escola i sur. (2007.) istražuju točnost mjerenja između dvije vrste senzora (ultrazvučnih i *LIDAR* senzora) za određivanje obujma krošnje. Rezultati pokazuju da su *LIDAR* senzori precizniji zbog načina mjerenja jer imaju rezoluciju od 180 do 720 točaka. Pri primjeni varijabilne aplikacije oba tipa senzora ostvarila su zadovoljavajuće rezultate, ali pomoću *LIDAR* senzora moguće je odrediti geometrijsku strukturu stabala. Njihova sposobnost da vrlo brzo mjere udaljenost između senzora i objekata omogućuje 3D prikaz oblika krošnje (x, y i z os) te primjenom odgovarajućih algoritama omogućava se digitalni prikaz strukture krošnje (Pfeifer i sur., 2004.; Rosell i sur., 2009a, b.). Navedeni senzori koriste se za određivanje površine i volumena lisne mase kao alternativa manualnim metodama koje su skupe, dugotrajne i nanose štete na krošnji prilikom uzorkovanja lista.

Llorens i sur. (2011.) uspoređuju točnost mjerenja između uporabe ultrazvučnih i *Lidar* senzora s ručnim mjerenjem obujma nasada (visina, širina i volumen lisne mase). Dobiveni rezultati pokazuju da ultrazvučni senzori mogu uspješno odrediti prosječne karakteristike nasada, dok *LIDAR* senzori ostvaruju veću točnost i detaljnije informacije o obliku krošnje.

Vrlo su pogodni za uporabu na većim udaljenostima jer imaju visoku prostornu razlučivost i brzinu detekcije. Detekcija zanesene tekućine izvan ciljanog objekta zaštite prilikom raspršivanja *LIDAR* senzorima omogućuje zamjenu uporabe pasivnih kolektora, Llorens i sur. (2014.).

U usporedbi s pasivnim kolektorima *LIDAR* senzori ostvaruju veliku točnost prostornih podataka, zahtijevaju manji broj radne snage, vremenski kraće traje prikupljanje podataka, a dodatne kemijske analize nisu potrebne (Gregorio i sur., 2016.).

2.6.3. Infracrveni senzori

Infracrveni senzori su tip aktivnih senzora koji se koriste za određivanje udaljenosti i prisutnosti krošnje. Rade na principu odašiljanja i primanja svjetlosnog toka. Obavljaju se istraživanja u različitim smjerovima uporabe senzora, pa su tako znanstvenici na Sveučilištu *Cornell* razvili sustav koji se sastoji od pet infracrvenih senzora smještenih na raspršivaču. Senzori prepoznaju prisutnost, oblik i gustoću krošnje, a na temelju informacije računalo smanjuje ili povećava protok zraka. Na taj se način ostvaruje ušteda zaštitnog sredstva od 40 % u početnim prskanjima u sezoni, a smanjenje zanošenja tekućine od 71 do 63 % (Landers i sur., 2010.).

Istraživanja obavljena u Kini uključuju uporabu infracrvenih senzora smještenih na raspršivač s elektrostatskim sustavom raspršivanja. Infracrveni senzori postavljeni su u tri razine: niska, srednja i gornja za detekciju prisutnosti i oblika krošnje. Ovakvim načinom raspršivanja ostvarena je ušteda pesticida između 50 i 75 % (Xiongkui i sur., 2011.).

2.7. Selektivna aplikacija (*VRT engl. Variable Rate Technology*)

Tehnološki napredak tijekom proteklog desetljeća omogućio je razvoj tehnologije s promjenjivim normama aplikacije (*VRT*) koja omogućuje optimiziranje inputa u proizvodnji prema trenutačnim potrebama nasada. Senzorski pristup primjene varijabilne tehnologije inputa ne zahtijeva prethodno mapiranje i prikupljanje podataka, nego senzori u realnom vremenu pri gibanju stroja očitavaju i uvažavaju trenutnu situaciju u polju ili trajnom nasadu. Na temelju trenutno izmjerenih podataka određuje se varijabilna norma primjene zaštitnog sredstva, gnojiva ili navodnjavanja.

Senzorski određena varijabilna norma ne zahtjeva primjenu *GIS* sustava, međutim, ako je navedeni sustav dostupan prilikom aplikacije, moguće ga je koristiti u budućim tehnološkim operacijama. Selektivna aplikacija škropiva omogućava poljoprivrednicima primjenu zaštite bilja točno na ciljanu površinu s minimalnim zanošenjem škropiva.

Također, omogućuje optimalnu količinu zaštitnog sredstva prema obliku krošnje i stadiju razvoja nasada, poštujući sva biološka i ekonomska načela. Uzgojni oblik krošnje i prostorni raspored stabala u nasadu su glavni parametri koji se moraju uzeti u obzir prilikom pravilnog određivanja norme raspršivanja. Uporaba selektivne aplikacije ostvaruje najveće uštede u mladim nasadima zbog velikog praznog prostora između voćaka, a u starim nasadima na upražnjenim mjestima u redovima.

Llorens i sur. (2013.), te Llorens i Landers (2014.) uspješno prilagođavaju sustav za ratarske prskalice *Vario-Select* tvrtke *Lechler* za uporabu na raspršivaču. Navedeni sustav sastoji se od različitih mlaznica koje se pomoću komprimiranog zraka automatski mijenjaju. Time se omogućava prilagođavanje odgovarajućeg protoka mlaznica i spektra kapljica u mlazu.

Jedan od problema koji je postavljen pred istraživače je određivanje prisutnosti i oblika krošnje. U tu svrhu koriste se razne metode i uređaji poput stereoskopije, fotografije, analize spektra svjetlosti, infracrvene termografije, ultrazvučni i optički senzori (Rosell i sur., 2009.).

Temeljem ove informacije računalo na raspršivaču upravlja sustavom za selektivnu aplikaciju te određuje kada i koliko će se škropiva utrošiti. Za kvalitetno obavljanje selektivne aplikacije od presudne važnosti su detaljne informacije o obliku krošnje (Llorens i sur., 2011.). Navedeni sustav zamišljen je kao poboljšanje konvencionalnih raspršivača u smislu uštede pesticida i smanjenja onečišćenja okoliša (Solanelles i sur., 2006.; Jeon i Zhu 2012.).

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Hipoteza istraživanja temelji se na pretpostavci da se primjenom selektivne aplikacije, te primjenom raspršivača opremljenih ultrazvučnim senzorima statistički značajno smanjuje zračno i zemljišno zanošenje tekućine, bez statistički značajne promjene depozita unutar krošnje. Navedena hipoteza ispitat će se kroz eksploataciju dva raspršivača u nasadu višnje (*Agromehanika* i *Tifone*) s dva načina rada raspršivanja (konvencionalno i selektivno).

Ciljevi istraživanja su utvrditi utjecaj glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (norme raspršivanja, tipa mlaznice i brzine zračne struje) koristeći različite raspršivače i sustave aplikacija (selektivno i konvencionalno) na zemljišno i zračno zanošenje, te depozit u krošnji u nasadu višnje.

Sporedni ciljevi koji će se pratiti ovim istraživanjem su:

- mjerenje vremenskih uvjeta tijekom tretmana,
- utvrđivanje vertikalne raspodjele brzine zraka pri radu raspršivača *Agromehanika* s obzirom na dvije različite brzine zračne struje,
- utvrđivanje vertikalne raspodjele brzine zraka pri radu raspršivača *Tifone* s obzirom na dvije različite brine zračne struje,
- utvrđivanje lisne površine i gustoće (*LAI* i *LAD*) u nasadu višnje,
- utvrđivanje ispravnost rada oba raspršivača prema Zakonu o održivoj uporabi pesticida.

Na temelju zadanih ciljeva dobiti će se rezultati pomoću kojih će se empirijski zaključiti je li postavljena hipoteza utemeljena ili će se ista opovrgnuti.

4. MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanje je obavljeno u četverogodišnjem nasadu višnje (poglavlje 4.1.) s ciljem utvrđivanja utjecaja selektivne i konvencionalne aplikacije na depozit unutar krošnje, te smanjenje zemljišnog i zračnog zanošenja. Pokus je postavljen prema *ISO* normi *22866* koja propisuje točne postupke determiniranja zanošenja tekućine i provođenja istraživanja (poglavlje 4.2.). U istraživanju je ispitivana uporaba ultrazvučnog senzorskog sustava za selektivnu aplikaciju (poglavlje 4.3.), koji su postavljeni na raspršivače: *Agromehanika ENU 200* i *Tifone Vento1500* (poglavlje 4.4.) s različito podešenim tehničkim čimbenicima raspršivanja: norma raspršivanja (poglavlje 4.7.), tip mlaznice (poglavlje 4.8.) i brzina zračne struje (poglavlje 4.9.). Tijekom istraživanja praćeni su vremenski uvjeti u nasadu (poglavlje 4.12.). Izmjerena gustoća lisne površine i obujam nasada služila je za određivanja glavnih tehničkih čimbenika (poglavlje 4.10.). Za prikupljanje podataka o depozitu, zračnom i zemljišnom zanošenju tekućine korišteni su filter papirići, a kao bojilo tekućine upotrjebljena je organska boja *Tartrazine* u koncentraciji od 4 % (poglavlje 4.5.). U svrhu određivanja koncentracije otopine isprane s filter papirića korištena je spektrofotometrijska metoda (poglavlje 4.6.). Tehnička ispravnost raspršivača ispitana je prema Zakonu o održivoj uporabi pesticida (poglavlje 4.11.). Nakon provedenog istraživanja, dobiveni podatci statistički su obrađeni relevantnim statističkim metodama (4.13.).

4.1. Karakteristike nasada višnje

Istraživanje je obavljeno u nasadu višnje (Slika 1.) u vlasništvu rasadnika *Karolina* (Osijek, Osječko-baranjska županija, Hrvatska) tijekom svibnja 2017. godine. Koordinate nasada su 45°31'17,5"N 18°46'39,6"E. Uzgojni oblik u ispitivanom nasadu je popravljena piramida s deblom visine 80 cm. Navedeni uzgojni oblik sastoji od srednje provodnice s 7 do 9 primarnih grana koje su spiralno raspoređene u razmacima od 20 do 40 cm. Razmak između stabala iznosi 6 x 3,5 metara (razmak između redova x razmak između voćaka). Starost nasada je 4 godine prosječne visine stabala 2,57 metra, a prosječna dimenzija krošnje 1,76 m x 1,96 m (visina krošnje x širina krošnje).



Slika 1. Nasad višnje (rasadnik *Karolina*)
Autor: D. Petrović

4.2. Postavljanje pokusa

Istraživanje je obavljeno prema *ISO 22866* normi (uređaji u zaštiti bilja-metode mjerenja zanesene tekućine u poljskim uvjetima) koja navodi točno određene postupke i mjere za postavljanje kolektora i evaluaciju zanesene tekućine.

U istraživanju su korišteni filter papirići proizvođača *Technofil* površine 35 cm² (7 cm x 5 cm) koji su upotrjebljeni kao sakupljači raspršene tekućine. Filter papirići postavljaju se niz vjetar izravno u područje raspršivanja na određenoj udaljenosti i visini, s točno određenim razmakom.

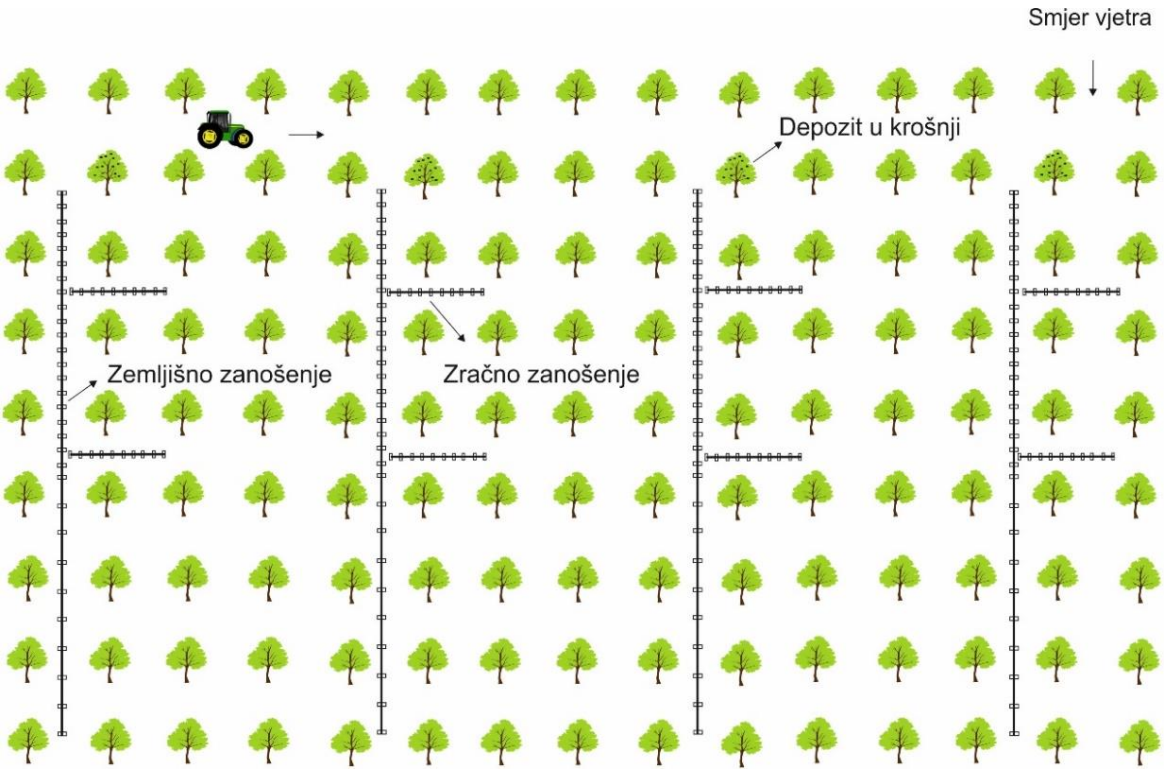
Filter papirići koji prikupljaju zemljišno zanošenje tekućine postavljeni su na horizontalne nosače na površini tla. Duljina nosača filter papirića iznosi 20 m, a razmak između filter papirića je 0,5 m na prvih 10 m nosača. Razmak između filter papirića na dijelu nosača od 10. do 20. m iznosi 1 m. Nosač filter papirića postavljen je točno između dva stabla u tretiranom redu. Broj filter papirića iznosi 30 komada u četiri ponavljanja.

Filter papirići koji se koriste za prikupljanje zračnog zanošenja tekućine vertikalno su postavljeni na visini od 5 m na udaljenosti 5 i 10 m od tretiranog reda. Na vertikalnom nosaču ukupno je 10 filter papirića s razmakom od 0,5 m između filter papirića.

Na Slici 2. prikazani su postavljeni nosači filter papirića u nasadu višnje prema *ISO normi 22866*, dok je na Slici 3. prikazana shema pokusa.



Slika 2. Filter papirići na drvenim nosačima
Autor: D. Petrović



Slika 3. Shema pokusa
Autor: D. Petrović

Depozit unutar krošnje mjerio se filter papirićima koji su postavljeni na tri razine krošnje (Slika 4.): donjoj, srednjoj i gornjoj razini. Na svakoj razini postavljena su 4 filter papirića, (12 filter papirića po stablu u četiri ponavljanja).

Ukupan broj filter papirića koji se koristio po tretmanu je 48. Nakon svakog tretmana filter papirići (Slika 5.) prikupljeni su tijekom 15 min i spremljeni u hermetički zatvorene vrećice koje su odložene na mjesto bez pristupa sunčeve svjetlosti.

U tu svrhu korištene su neprozirne plastične kutije tamne boje. Na kraju dnevnog istraživanja kutije sa uzorcima pohranjene su u hladnjak sa ciljem čuvanja na duže vremensko razdoblje bez narušavanja njihove strukture.

Ukupan broj postavljenih filter papirića za zemljišno zanošenje tekućine po jednom tretmanu iznosi 120, za zračno zanošenje 80. Depozit u krošnji mjeren je s 48 filter papirića. U istraživanju je prikupljeno 7.936 filter papirića u 32 tretmana.



Slika 4. Shema postavljenih filter papirića
Autor: D. Petrović

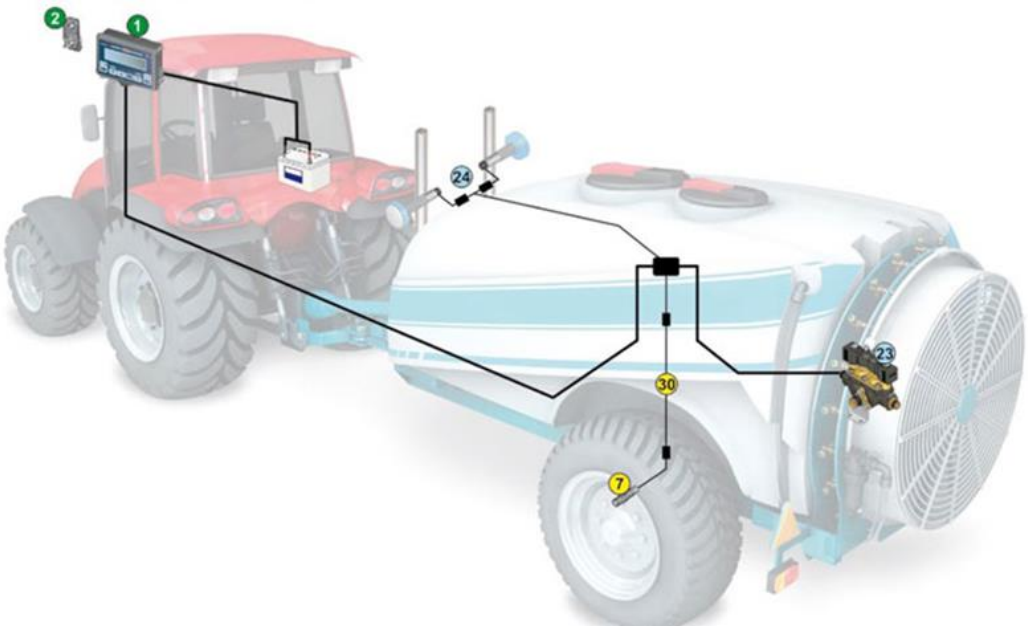


Slika 5. Filter papirić u krošnji
Autor: D. Petrović

4.3. Sustav senzora

Ultrazvučni senzori služe za određivanje udaljenosti i funkcioniraju po načelu razlika u vremenskom intervalu potrebnom da ultrazvučni val prijeđe put od senzora do detektiranog objekta i natrag. Sastoje se od ultrazvučnog primopredajnika, uređaja za formiranje izlaznog signala i pojačivača. Primopredajnik periodično emitira ultrazvučni val frekvencije 10-400 kHz, a zatim prima reflektirani val od detektiranog objekta.

U istraživanju je uporabljen sustav ultrazvučnih senzora tvrtke *Sick* model *UM30-215111* koji ima mogućnost detekcije objekata na udaljenosti od 0,6 do 6 m, a minimalna površina predmeta koji mogu detektirati je 0,02 m^2. Izrađeni su od nehrđajućeg čelika i plastike, a na tijelu senzora postavljen je zaslon koji pokazuje očitane vrijednosti i udaljenost objekta. Brzina detekcije ciljanog predmeta je 240 ms i označeni su certifikatom *IP* 67. Navedeni senzori rade na 80 kHz, s rezolucijom > 0,18 mm. Veliki raspon dozvoljene temperature okoline svrstava ga u pogodne za rad u teškim uvjetima (-25 °C + 70 °C). Shema postavljanja senzorskog sustava *Sick* na vučeni raspršivač prikazuje Slika 6.



Slika 6. Shema senzorskog sustava na raspršivaču
(Izvor: https://www.spritzenteile.de)

Senzori su upravljani računalom *Bravo 140s* proizvođača *Arag* s mogućnošću ručnog i automatskog upravljanja s dodatnim podešavanjem za što precizniju aplikaciju. U automatskom režimu rada upravljačka jedinica na osnovu brzine gibanja traktora (očitanu s induktivnog senzora brzine) proračunava potrebno vrijeme otvaranja i zatvaranja elektromagnetnih ventila koji reguliraju raspršivanje. Ručno upravljanje otvaranja i zatvaranja elektromagnetskih ventila koji reguliraju protok tekućine prema mlaznicama moguće je podesiti na upravljačkoj jedinici. Određivanje osjetljivosti ultrazvučnih senzora moguće je u automatskom načinu rada računala upravljačke jedinice što je neophodno za uporabu senzorskog sustava u različitim nasadima. Računalo memorira broj tretiranih stabala ili ukupnu tretiranu površinu voćnjaka, te je na osnovu memoriranih informacija moguća evidencija utrošenog škropiva.

Potreban napon za rad elektromagnetnih ventila je 12 V, a uslijed pada napona ispod dozvoljene vrijednosti uključuje se alarm na upravljačkoj jedinici. Elektromagnetni ventili izrađeni su od kombinacije mesinga, nehrđajućeg čelika i tvrde plastike otporne na utjecaj agresivnih kemikalija. Priključak dolaznog voda je promjera ¾“, a dva izlazna voda su promjera ½“ maksimalnog protoka tekućine od 150 l/min. Najveći dopušteni tlak u sustavu je 40 bar. Za mjerenje brzine gibanja agregata korišten je induktivni senzor signala smješten na okvir traktora. Opisanim sustavom senzora za detekciju prisustva krošnje unaprijeđena su dva konvencionalna raspršivača *Agromehanika ENU 200 i Tifone Vento 1500.* Na Slici 7. prikazan je sustav ultrazvučnih senzora: upravljačka jedinica *Arag Bravo 140S,* elektromagnetni ventili, ultrazvučni senzori *Sick* i induktivni senzor pokreta.



Slika 7. Sustav ultrazvučnih senzora
Autor: D. Petrović

4.4. Raspršivači

Nošeni raspršivač *Agromehanika ENU 200* (Slika 8.) opremljen je visinskim usmjerivačima zraka visine 150 cm i širine 11 cm. Promjer ventilatora iznosi 585 mm proporcionalno podesiv u pet stupnjeva.

Protok zračne struje koju ovaj tip ventilatora može generirati je 12.000 m³/h kada su lopatice postavljene u položaj 1, a postavljanjem lopatica u položaj 5 protok zračne struje iznosi 32.000 m³/h.

Lopatice ventilatora izrađene su od plastičnih polimera. Izlazna brzina zračne struje kreće se u rasponu od 10 do 35 m/s. Najveća dopuštena brzina okretaja ventilatora je 1.800 min^{-1}. Na raspršivaču su postavljena dva tipa mlaznica *TR 8002C* i *ITR 8002C* proizvođača *Lechler*, koje su smještene na okomiti usmjerivač zraka. Raspršivač je opremljen s tri spremnika tekućine sukladno europskoj normi *EN 13790*, od kojih je glavni spremnik obujma 200 litara. Na raspršivač je instalirana klipno-membranska crpka proizvođača *Agromehanika* kapaciteta 61 l/min (model crpke *BM 65/30* s dvije membrane) pri radnom tlaku od 30 bar. Brzina zračne struje podešava se promjenom položaja lopatica ventilatora.



Slika 8. Nošeni raspršivač *Agromehanika ENU 200*
Autor: D. Petrović

Vučeni raspršivač *Tifone Vento 1500* (Slika 9.) opremljen je spremnikom tekućine obujma 1.500 litara. Mlaznice *Lechler TR 8002C i ITR 8002C* postavljene su polukružno na obodu usmjerivača po šest mlaznica sa svake strane. Ventilator se sastoji od 8 lopatica, a promjer ventilatora iznosi 810 mm. Brzinu zračne struje moguće je podešavati promjenom radnog položaja lopatica ventilatora. Na raspršivač je instalirana klipno-membranska crpka proizvođača *Tifone* kapaciteta 105 l/min (model crpke *110 VD* s dvije membrane) a najveći dopušteni radni tlak je 50 bar. Oba raspršivača agregatirani su traktorom *Torpedo 6006K* snage motora 42 kW.



Slika 9. Vučeni raspršivač *Tifone Vento 1500*
Autor: D. Petrović

4.5. Organska boja *Tartrazine*

U istraživanju se koristila organska boja *Tartrazine* proizvođača *Acros Organics* koja je služila kao bojilo tekućine s kojom se obavljala aplikacija. Lako je topljiva u vodi i nije štetna za ljudsko zdravlje (primjenjuje se u prehrambenoj industriji). Otopina organske boje *Tartrazine* i vode pripremala se neposredno prije aplikacije. Da bi se dobila koncentracija boje od 4 % na svaku litru vode u spremniku tekućine dodano je 4 g organske boje *Tartrazine.*

4.6. Spektrofotometrija

Za potrebe istraživanja koristio se spektrofotometar proizvođača *Varin Cary 50 UV-Visible* smješten u Centralnom laboratoriju za poljoprivrednu tehniku i obnovljive izvore energije na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek, gdje se obavljala priprema i analiza uzoraka. Navedeni uređaj ima mogućnost mjerenja apsorbancije/transmisije u tekućinama volumena 1.000-3.000 µl. U spektrofotometriji za vidljivi dio spektra najčešće se upotrebljava lampa s volframovom niti, dok se za ultraljubičasti dio spektra upotrebljava deuterijeva lampa. Spektrofotometrija je način određivanja koncentracije otopine mjerenjem količine svjetla koju je uzorak apsorbirao.

Kao rezultat mjerenja čimbenika apsorpcije u pojedinim valnim područjima dobiva se spektrofotometrijska krivulja. Najčešće spektrofotometrijske krivulje nalaze se u valnom području od 400 nm do 700 nm. Boja *Tartrazine* daje spektrofotometrijsku krivulju od 425 nm. Uzorkovani filter papirići ispirani su s 0,1 l deionizirane vode. Nakon ispiranja otopina je pipetirana u kivetu izrađenu od kvarca i nakon toga očitana je valna duljina u spektrofotometru. Dobivene vrijednosti služe za izračun zanesene tekućine (µg/cm^2). Izračunavanje depozita po jedinici površine obavljeno je pomoću izraza kako to opisuju Stajnko i sur. (2012.):

$$M_d = \frac{T_{cl} \cdot w}{L_a} \qquad (1.)$$

gdje:

M_d – depozit tekućine na filter papiriću, µg/cm^2

T_{cl} – koncentracija boje s kojom se obavlja aplikacija, µg/ml

W – količina deionizirane vode za ispiranje filter papirića, ml

L_a – površina filter papirića, cm^2

4.7. Norma raspršivanja

Potrebna količina vode za aplikaciju škropiva izražena je normom raspršivanja. Svjetski trendovi imaju tendenciju smanjenja norme raspršivanja s ciljem optimiziranja troškova proizvodnje i negativnog utjecaja na okoliš. Iz navedenih razloga u ovom istraživanju kao čimbenik *A* korištene su optimalna norma raspršivanja (250 l/ha) i reducirana norma od 200 l/ha.

Postoje različite metode izračunavanja optimalne norme raspršivanja. Najčešće upotrebljavana je *TRV* (*engl. Tree Row Volume*) metoda koja koristi vrijednosti: visine nasada, širine krošnje, te razmak između redova (Slika 10.). Metoda se koristi za izračunavanje obujma vegetacije koja se nalazi na određenom uzgojnom prostoru (Doruchowski i sur., 2012). *TRV* se izračunava prema izrazu:

$$TRV = \frac{h_n \cdot b_k \cdot 10.000}{b_r} \ (\mathrm{m}^3/\mathrm{ha}) \qquad (2.)$$

gdje je:

TRV – obujam nasada, m^3/ha

h_n – visina nasada, m

b_k – širina krošnje, m

b_r – širina reda, m



Slika 10. Određivanje obujma nasada *TRV* metodom
Autor: D. Petrović

Metoda je utemeljena na mjerenju obujma vegetacije koja se nalazi na površini od 1 ha i normi koja je potrebna za raspršivanje u tom obujmu. Pomoću *TRV* metode izračunata je teorijska norma raspršivanja pomoću izraza (Tadić, 2013.):

$$N_r = \frac{TRV \cdot k}{1.000} \ (\mathrm{l/ha}) \qquad (3.)$$

gdje je:

N_r – norma raspršivanja, l/ha

TRV – obujam nasada (vegetacije), m^3/ha

k – teorijska norma potrebna za tretiranje, l/m^3

Teorijska norma potrebna za tretiranje kreće se od 10-125 l/1.000 m^3, ali u našim agroekološkim uvjetima, uzgojnim oblicima i indeksu lisne gustoće najčešće se koristi od 20-80 l/1.000 m^3.

Za određivanje potrebnog radnog tlaka pomoću kojeg se ostvaruje zadana norma raspršivanja, koristi se sljedeći izraz Doruchowski i sur. (2012.):

$$Q_m = \frac{N_r \cdot v_r \cdot b_r}{n \cdot 600} \quad (4.)$$

gdje je
Q_m – protok mlaznice, l/min
N_r – norma raspršivanja, l/ha
v_r – brzina rada raspršivača, km/h
b_r – širina reda nasada, m
n – broj mlaznica u radu

4.8. Mlaznice

U istraživanju su korištena dva različita tipa mlaznica (čimbenik *B*):

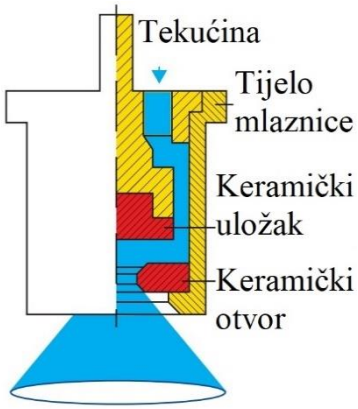
- *Lechler TR 8002C,*
- *Lechler ITR 8002C.*

Navedene mlaznice označene su prema *ISO 10625* standardu, koji svaku mlaznicu svrstava u pojedinačne skupine označene bojom, gdje svaka boja ostvaruje određeni protok označen u američkim galonima (1 *AG* =3,785 l).

Standardna mlaznica *Lechler TR 8002C* (Slika 11.) ostvaruje mlaz s radnim kutom od 80° koji je šuplje konusne izvedbe i većinom se koristi u zaštiti voćnjaka i vinograda. Protok mlaznice iznosi 0,8 l/min pri radnom tlaku od 3 bar. Preporučeni radni tlakovi su od 8 do 20 bar, s pročistačem 60 M 005-04. Mlaznica je izrađena od polimera s keramičkim uloškom koji se može izvaditi iz tijela mlaznice radi čišćenja.

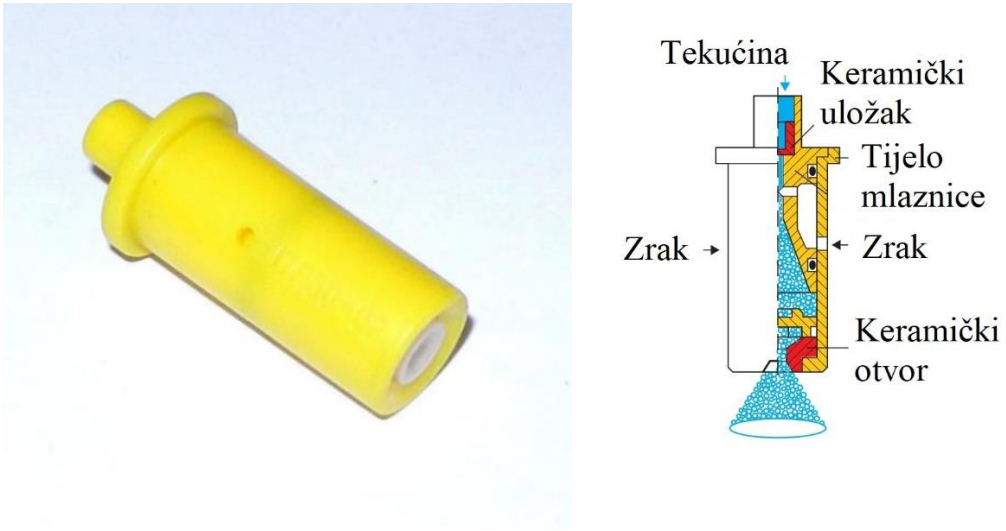
Zbog malih kapljica (kapljice manje od 250 µm, prema *ASAE - engl. American Standards for Agricultular Engineering*) koje proizvodi prilikom aplikacije ostvaruje odličnu pokrivenost tretirane površine, ali je osjetljiva na zanošenje tekućine.



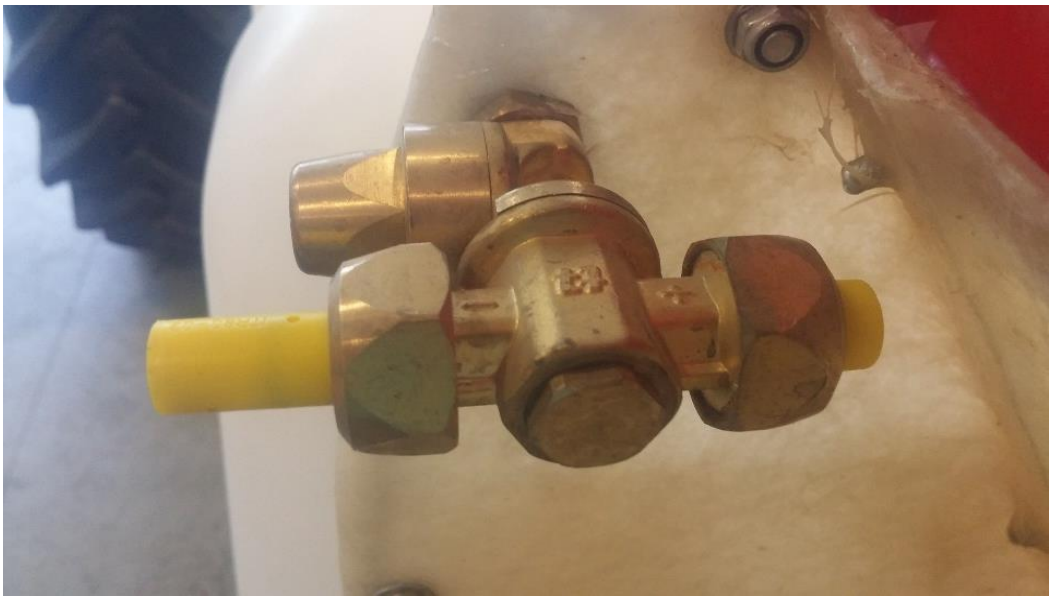


Slika 11. Mlaznica *Lechler TR8002C*
(Izvor: https://www.lechler.de)

Zračno-injektorska mlaznica konusnog mlaza proizvođača *Lechler ITR 8002C* (Slika 12.) posebno je konstruirana za sprječavanje zanošenja tekućine. Tijelo mlaznice izrađeno je od polimera s izmjenjivim keramičkim uloškom otpornim na trošenje. Protok od 0,8 l/min ostvaruje pri tlaku od 3 bar, a kut raspršivanja je 80°. Optimalni radni tlakovi za ovaj tip mlaznica su od 10-30 bar. Preporučeni pročistač za *Lechler ITR 8002C* mlaznicu je 60 M 01-02. Spektar veličine kapljica je od velikih do ekstremno velikih (velike kapljice su veće od 350 µm, prema *ASAE*), što u velikoj mjeri smanjuje pojavu zanošenja tekućine. Velike kapljice stvaraju se na mjestu proširenja cjevčice u tijelu mlaznice gdje nastaje pad tlaka uslijed čega zbog nastalih razlika tlakova u odnosu na atmosferski tlak u unutrašnjost mlaznice ulazi okolni zrak. Mjehurići zraka postaju nositelji kapljice tekućine te sprječavaju zanošenje tekućine. U dodiru s listom mjehurić zraka se razbija o površinu i stvara sitne kapljice, što povećava pokrivenost lisne površine. Slika 13. prikazuje kombinaciju postavljenih *Lechler TR 8002C* i *Lechler ITR 8002C* mlaznica u duplom nosaču.



Slika 12. Mlaznica Lechler ITR 80
(Izvor: https://www.lechler.de)



Slika 13. Mlaznice *Lechler ITR 8002C* i *TR 8002C*
Autor: D. Petrović

4.9. Brzina zračne struje

Brzina zračne struje jedan je od čimbenika prilikom aplikacije koja izravno utječe na kvalitetu raspršivanja i neželjeni gubitak tekućine. Turbulentno vrtloženje zraka koje je nositelj kapljica tekućine omogućuje depozit na obje strane lista, a istodobno „otvara“ krošnju radi postizanja ravnomjerne pokrivenosti lišća. Pravilno određivanje brzine i količine zračne struje važan je koraka prilikom pripreme uređaja za aplikaciju.

U istraživanju, optimalna brzina zračne struje određena je prema gustoći lisne površine (čimbenik *C*). S ciljem smanjenja zanošenja tekućine ispitan je utjecaj smanjene brzine zračne struje. Ispitivane brzine iznosile su 18 i 12 m/s. Podešavanje brzine zračne struje prema nasadu i trenutnom stanju (starost, uzgojni oblik, obujam nasada, međuredni razmak) potrebno je zbog optimalnog depozita tekućine u krošnji. Za nasade s bujnijom krošnjom, brzina zračne struje treba biti podešena na veće vrijednosti, dok mladi nasadi s manjom gustoćom lisne površine zahtijevaju prilagođenu količinu zračne struje.

Glavne karakteristike ventilatora su:

- protok zraka, m^3/h,
- brzina zračne struje, m/s,
- vertikalna distribucija zraka.

Za potrebe ovog istraživanja teorijski protok zraka određen je prema izrazu, Tadić (2013.):

$$Q_z = \frac{1.000 \cdot v \cdot b_m \cdot h_n}{f} \quad (5.)$$

gdje je:

Q_z – protok zraka, m^3/h

v – brzina rada raspršivača, km/h

b_m – širina mlaza, m

h_n – visina nasada, m

f – faktor folijacije (za bujnije nasade 1,5 – 2,5, a za rjeđe 2,5 – 3,5)

Također, izračunava se i realni protok zraka (Panneton i sur., 2005.) koji stavlja u odnos površinu usmjerivača zraka i brzinu zraka prema izrazu:

$$Q_r = A_{fo} \cdot v_a \quad (6.)$$

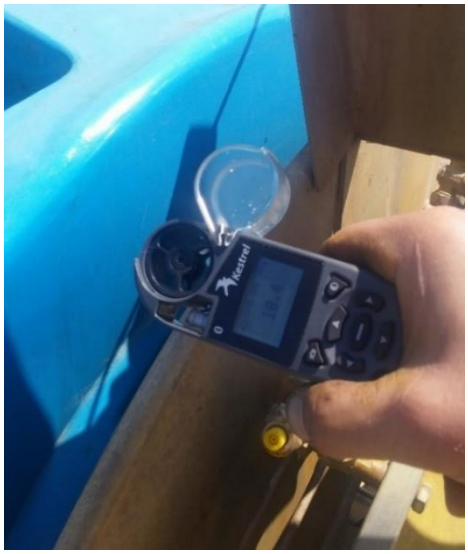
gdje je:

Q_r – realni protok zraka, m/s

A_{fo} – površina usmjerivača zraka, m^2

v_a - brzina zračne struje, m/s

Brzina zračne struje mjerena je ručnim anemometrom proizvođača *Kestrel 4500BT*, koji ima mogućnost mjerenja: brzine zraka, temperature, relativne vlage zraka, nadmorske visine i tlaka zraka (Slika 14.). Interval prikupljanja podataka je svake dvije sekunde. Brzina zračne struje izmjerena je neposredno pored svake mlaznice, a podaci su bluetooth vezom preneseni na računalo.



Slika 14. Mjerenje brzine zraka anemometrom *Kestrel 4500 BT*
Autor: D. Petrović

Mjerenje vertikalne raspodjele zračne mase obavljeno je anemometrom *Kestrel 4500BT* postavljenim na vertikalni nosač konstruiran za mjerenje vertikalne raspodjele zračne mase. Nosač ima vlastiti električni pogon za pokretanje lančanog prijenosa pomoću kojeg se vertikalno pokreće nosač anemometra i mjeri brzina zračne struje svake 2 sekunde. Električni pogon ima mogućnost podešavanja brzine kretanja anemometra. Slika 15. prikazuje mjerenje vertikalne raspodjele zračne struje s pripadajućom opremom. Rezultati mjerenja vertikalne raspodjele prikazani su u rezultatima istraživanja.



Slika 15. Mjerenje vertikalne raspodjele zraka anemometrom *Kestrel 4500 BT*
Autor: D. Petrović

4.10. Utvrđivanje *LAI* – a i *LAD* – a u nasadu višnje

Matthews (1992.) uvodi parametre *LAI* – a (*engl.* L*eaf Area Indeks*) i *LAD* – a (*engl.* L*eaf Area Density*) na temelju različite bujnosti krošnje u različitim godinama ili različitoj razvojnoj fazi. Ovi parametri potrebni su za izračunavanje optimalne norme raspršivanja, prema navedenim formulama. *LAI* kao važan pokazatelj strukture krošnje, dovodi u odnos veličinu lisne površine s površinom tla nad kojom se nalazi krošnja, a *LAD* dovodi u odnos lisnu površinu s obzirom na obujam u kojem se istraživani listovi nalaze. Sa svakog stabla prikupljeno je 45 listova s kojih je određena prosječna lisna površina (*LAI*). Dobivena prosječna lisna površina umnožena je s ukupnim brojem listova na stablu da bi se dobila ukupna lisna površina koja je stavljena u odnos s veličinom uzgojne površine (Tadić 2013.). Listovi su prikupljani iz svake zone po 5 listova. Uzorkovani listovi skenirani su multifunkcijskim uređajem *Epson L386,* te je programom za analizu slike *ImageJ* određena prosječna lisna površina. *LAI* je izračunat prema izrazu Matthews (1992.):

$$LAI = \frac{\bar{A}_{lp} \cdot n_{lis}}{A_u} \ (\mathrm{m}^2/\mathrm{m}^2) \qquad (7.)$$

gdje je:

LAI – indeks lisne površine, m^2/m^2

$\bar{A}_{lp}$ – prosječna lisna površina, m^2

n_{lis} – broj listova na stablu

A_u – uzgojna površina, m^2

Gustoća lisne površine (LAD) dobivena je na sljedeći način. Sa svakog stabla prikupljen je ukupan broj listova koji se nalazio u mjeraču obujma (0,027 m^3), koji je bio postavljen u zonu najveće lisne gustoće (Slika 16.) te je izračunat *LAD*. S prikupljenih listova određena je ukupna lisna površina prikazana u određenom obujmu krošnje (Matthews, 1992.) te je iskazana u 1 m^3. Prikupljeni listovi obrađeni su isto kao i kod određivanja *LAI* – a (skeniranjem listova i računalnom analizom slike). *LAD* je izračunat prema izrazu:

$$LAD = \frac{A_{lp}}{l_r \cdot b_r \cdot h_r} \ (\mathrm{m}^2/\mathrm{m}^3) \qquad (8.)$$

gdje je:

LAD – indeks lisne gustoće, m^2/m^3

A_{lp} – ukupna lisna površina, m^2

l_r – dužina promatrane regije, m

b_r – širina promatrane regije, m

h_r – visina promatrane regije, m



Slika 16. Mjerač obujma u krošnji
(Autor: D. Petrović)

4.11. Testiranje tehničke ispravnosti raspršivača

Ispravnost tehničkih sustava u zaštiti bilja od iznimne je važnosti za pravilnu aplikaciju, stoga su za potrebe ovog istraživanja navedena dva stroja tehnički provjerena prema Zakonu o održivoj uporabi pesticida. Navedeni zakon nalaže provjeru i testiranje sljedećih dijelova;

- broja okretaja pogonskog vratila,
- ispitivanje kapaciteta crpke,
- protok mlaznica,
- ispravnost manometra,
- prisustva zaštite pogonskog vratila,
- te sve ostale dijelove raspršivača čiju provjeru nalaže navedena norma.

Testiranje tehničke ispravnosti raspršivača obavljeno je neposredno prije početka pokusa, opremom Zavoda za poljoprivrednu tehniku i obnovljive izvore energije Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, koji ima sve potrebne uređaje i opremu neophodnu za provođenje testiranja, prema Zakonu o održivoj uporabi pesticida. Rezultati testiranja prikazani su u rezultatima istraživanja.

4.12. Mjerenje vremenskih uvjeta tijekom istraživanja

Vremenski uvjeti tijekom istraživanja mjereni su prijenosnom meteorološkom postajom *Hobbo*. Mjereni vremenski čimbenici su: brzina vjetra, temperatura i relativna vlažnost zraka. Meteorološka postaja ima vlastito računalo i tvrdi disk na kojemu su pohranjene izmjerene vrijednost s mogućnošću spajanja na prijenosno računalo radi obrade podataka i grafičkog prikaza. Vremensko razdoblje prikupljanja vrijednosti zadanih čimbenika moguće je dodatno podešavati s obzirom na potrebe različitih istraživanja. U rezultatima istraživanja prikazani su vremenski uvjeti za vrijeme istraživanja pojedinog tretmana. Slika 17. prikazuje meteorološku postaju *Hobbo*.



Slika 17. Meteorološka postaja *Hobbo*
Autor: D. Petrović

4.13. Statistička obrada podataka

Pokus je postavljen kao standardni više čimbenični pokus. Istraživanje je obuhvaćalo različite glavne tehničke čimbenike raspršivanja: normu raspršivanja (250 l/ha i 200 l/ha), tip mlaznice (*TR* i *ITR*) i brzinu zračne struje (18 m/s i 12 m/s). U nasadu višnje korištena su dva tipa raspršivača, s dva različita sustava raspršivanja. Glavni istraživani tehnički čimbenici raspršivanja su: dvije norme raspršivanja, dva tipa mlaznica i dvije brzine zračne struje.

Pod tretmanom se podrazumijevaju različito podešeni tehnički čimbenici raspršivanja, primjerice:

1. Tretman – konvencionalno raspršivanje; raspršivač *Agromehanika*: norma raspršivanja 250 l/ha, *TR* mlaznica, brzina zračne struje18 m/s;
2. Tretman – selektivno raspršivanje; raspršivač *Agromehanika*: norma raspršivanja 250 l/ha, *TR* mlaznica, brzina zračne struje 18 m/s.

Prikaz ispitivanih tretmana u pokusu prikazan je u prilogu. Norma raspršivanja označena je kao čimbenik *A* (A_1 - 250 l/ha i A_2 - 200 l/ha), tip mlaznica - čimbenik *B* (B_1 - *Lechler TR 8002C* i B_2 - *Lechler ITR 8002C*) i brzina zračne struje kao čimbenik *C* (C_1 - 18 m/s i C_2 - 12 m/s).

Različiti sustavi raspršivanja označeni su: *K* - konvencionalno raspršivanje i *S* - senzorski (selektivni) način raspršivanja.

Za statističku analizu rezultata istraživanja korišten je *SAS Enterprise Guide ver. 7.15HF2* (*SAS Institute* 2017.) operativni *software* za sljedeće statističke metode:

- deskriptivnu statistiku;
- grafički prikazi raspodjele distribucije podataka;
- više čimbenička analiza varijance za ispitivana svojstva istraživanja (zemljišno i zračno zanošenje tekućine, te depozit u krošnji - *Analysis of Variance (ANOVA*)
- *LSD* (*Least Statistical Difference*) post hoc test za ispitivanje statistički značajnih razlika između podčimbenika istraživanja,
- grafički prikaz intenziteta ispitivanih svojstva.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Radi utvrđivanja tehničke ispravnosti raspršivača obavljen je tehnički pregled prema Zakonu o održivoj uporabi pesticida (poglavlje 5.1.). Testiran je protok mlaznica (poglavlje 5.1.4.), a mjerenje brzine i vertikalne raspodjele zračne struje prikazano je u poglavlju 5.2. Način utvrđivanja *LAI* (*engl. Leaf Area Index* – indeks lisne površine) i *LAD* (*engl. Leaf Area Density* - indeks lisne gustoće) za nasad višnje prikazan je u poglavlju 5.3., dok se određivanje norme raspršivanja i potrebnog radnog tlaka opisuje u poglavlju 5.4. Tijekom istraživanja praćeni su vremenski uvjeti (poglavlje 5.5.). Nakon analize uzoraka dobiveni su rezultati ispitivanih svojstava istraživanja: zračno i zemljišno zanošenje tekućine, te depozit u krošnji za oba sustava raspršivanja i sa oba tipa raspršivača opisanih u poglavlju 5.6.

5.1. Testiranje ispravnosti rada raspršivača

Zbog iznimne važnosti funkcioniranja strojeva u okviru zadanih eksploatacijskih kriterija, neophodno je obaviti tehnički pregled raspršivača korištenih u istraživanju. Tehnički pregled obavljen je prema europskoj normi *EN 13790* koji je uključen u hrvatsko zakonodavstvo kroz Zakon o održivoj uporabi pesticida (*NN 14/14.)*. Navedena norma nalaže provjeru rada slijedećih dijelova raspršivača: broj okretaja pogonskog vratila, ispitivanje kapaciteta crpke, protok mlaznica, ispravnost manometra, prisustvo zaštite pogonskog vratila i drugih djielova raspršivača.

5.1.1. Mjerenje broja okretaja pogonskog vratila (*PVT-a*)

Provjera broja okretaja pogonskog vratila obavljena je optičkim ručnim mjeračem broja okretaja tvrtke *Kimo* model *CT 100 O* postavljanjem markera na pogonsko vratilo traktora (*Torpedo 6006K*). Broj okretaja pogonskog vratila izravno je povezan s kapacitetom crpke i tlakom u sustavu. Smanjena brzina broja okretaja pogonskog vratila uzrokuje pad kapaciteta crpke što uvjetuje nepravilno miješanja sredstva u spremniku tekućine.
U Tablici 1. prikazane su vrijednosti mjerenja broja okretaja *PVT - a* na traktoru *Torpedo 6006K*.

Tablica 1. Vrijednosti mjerenja broja okretaja *PVT*-a

Ponavljanje	Broj okretaja (o/min)
1.	542
2.	541
3.	543
4.	542
$\overline{X}$	542
σ	0,82
K.V. (%)	0,15

5.1.2. Ispitivanje kapaciteta crpke

Prema Zakonu o održivoj uporabi pesticida dozvoljeno smanjenje kapaciteta crpke iznosi do 10 % s obzirom na nazivni volumni protok. Tehničke karakteristike crpke kao što su model, nazivni protok, maksimalan tlak i ostale vrijednosti očitane su s pločice proizvođača. Tehnička ispravnost ispitivana je elektromagnetskim mjeračem protoka tvrtke *Krohne* pri 540 min^{-1} *PVT*-a s radnim tlakom od 3 bar u četiri ponavljanja (Tablica 2.).

Tablica 2. Vrijednosti kapaciteta crpki

Pon.	Raspršivač *Agromehanika BM 65/30*, Q_{max}= 61,64 l/min			Raspršivač *Tifone Tifone 110 VD*, Q_{max} = 105 l/min		
	Ostvareni protok (l/min)	Otklon od *EN 13790* (%)	Otklon od *EN 13790* (l/min)	Protok crpke (l/min)	Otklon od *EN 13790* (%)	Otklon od *EN 13790* (l/min)
1.	59,20	3,96	2,44	102,20	2,67	2,80
2.	58,30	5,41	3,34	101,60	3,23	3,40
3.	58,40	5,26	3,24	102,40	2,48	2,60
4.	59,10	4,12	2,54	102,30	2,57	2,70
$\overline{x}$	58,75	4,69	2,89	102,00	2,74	2,88
σ	0,47	0,75	0,47	0,36	0,34	0,36
K.V. (%)	0,79	16,10		0,35	12,40	

Dobivene vrijednosti mjerenja kapaciteta crpki pokazuju da je crpka *Agromehanika BM 65/30* maksimalnog protoka 61,64 l/min ostvarila prosječni protok tekućine od 58,75 l/min, dok je prosječan otklon iznosio 0,47 l/min.

Crpka *Tifone 110VD* maksimalnog protoka 105 l/min ostvarila je prosječni protok tekućine od 102 l/min, s prosječnim otklonom od 2,88 l/min. Prema izmjerenim podatcima utvrđeno je da crpke ostvaruju potreban protok tekućine.

5.1.3. Ispitivanje ispravnosti manometara

Na komparatoru tlaka *Volos* nalazi se kontrolni manometar s klasom točnosti *Cl.* 0,6 i mjernim područjem do 25 bar. Na uređaj *Volos* postavlja se kontrolni manometar i manometar koji se ispituje. Prema navedenoj normi manometri ugrađeni na tehničke sustave u zaštiti bilja moraju biti minimalnog promjera 63 mm. Dozvoljeno odstupanje od propisane vrijednosti je ± 0,2 bar u ispitnom području od 0 do 2 bar. Za radne tlakove veće od 2 bar odstupanje može iznositi do ± 10 %. Prema navedenoj metodici ispitivanja ispitani su manometri na raspršivačima *Agromehanika* i *Tifone*. Mjerenje je obavljeno u četiri ponavljanja za svako mjerno područje (Tablica 3.).

Tablica 3. Vrijednosti testiranja manometara

Mjerno Područje (bar)	*Raspršivač Agromehanika*				*Raspršivač Tifone*			
	Manometar *Agromehanika Cl. 1,6* - 63 mm							
	$\overline{x}$ (bar)	*K.V.* (%)	Otklon* (%)	Otklon* (bar)	$\overline{x}$ (bar)	*K.V.* (%)	Otklon* (%)	Otklon* (bar)
3	3,13	1,6	4,15	0,13	3,3	2,47	9,09	0,3
5	5,18	0,97	3,47	0,18	4,98	1,92	0,4	0,03
10	10,13	0,95	1,28	0,13	10,38	0,48	3,61	0,38
15	15,58	0,81	3,72	0,58	15,75	1,51	4,76	0,75
20	20,88	2,29	4,21	0,88	20,85	0,28	4,08	0,85

*otklon od *EN 13790*

U Tablici 3. prikazane su vrijednosti ispitivanih manometra na raspršivačima *Agromehanika* i *Tifone* iz kojih se uočava tehnička ispravnost ispitivanih manometara prema *EN 13790* (otklon < 10 %).

5.1.4. Mjerenje protoka mlaznica

U istraživanju je korišteno šest standardnih mlaznica šupljeg konusnog mlaza tvrtke *Lechler TR 8002C* i šest zračno-injektorskih mlaznica *Lechler ITR 8002C* žute boje kodiranih prema *ISO 10625* standardu. Provjera ispravnosti mlaznica obavljena je ručnim mjeračem protoka *AAMS* (*engl. Advanced Agricultular Measuring System)* koji je postavljen na ispitni stol pri radnom tlaku od 3 bar. Vrijednosti protoka za svaku mlaznicu prikazani su u Tablici 4.

Tablica 4. Rezultati mjerenja protoka mlaznica

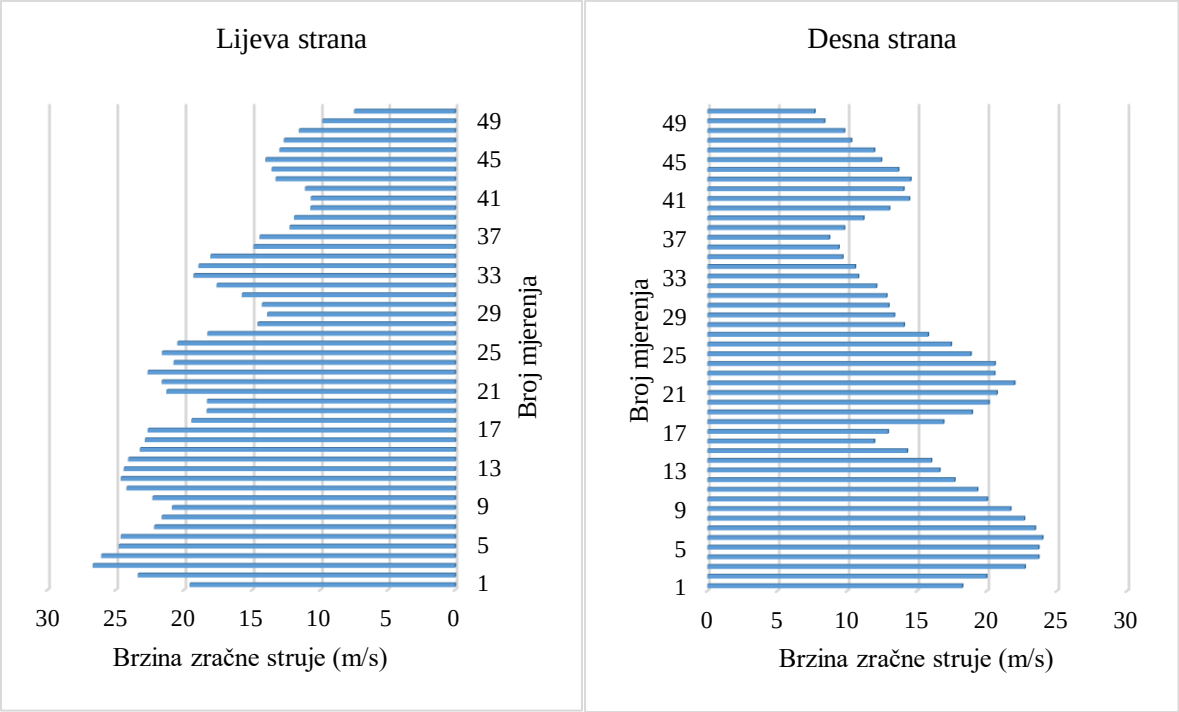
Broj mlaznice	Tip mlaznica					
	Lechler TR 8002C			*Lechler ITR 8002C*		
	$\overline{x}$ (l/min)	σ	*K.V.* (%)	$\overline{x}$ (l/min)	σ	*K.V.* (%)
1.	0,83	0,0090	1,08	0,83	0,0080	0,96
2.	0,82	0,0050	0,61	0,84	0,0050	0,60
3.	0,83	0,0050	0,60	0,81	0,0080	0,99
4.	0,82	0,0050	0,61	0,83	0,0060	0,72
5.	0,84	0,0050	0,60	0,82	0,0050	0,61
6.	0,83	0,0090	1,08	0,83	0,0050	0,60
$\overline{x}$	0,83	0,0063	0,76	0,83	0,0062	0,75

Mjerenjem protoka sa četiri ponavljanja utvrđeno je da mlaznice *TR 8002C* i *ITR 8002C* ostvaruju prosječan protok od 0,83 l/min. Koeficijent varijacije kretao se u rasponu od 0,76 %, do 1,08 %. Niske vrijednosti koeficijenta varijacije zabilježeni su iz nekoliko razloga: nove mlaznice, poznati proizvođač *Lechler* s dugogodišnjom tradicijom proizvodnje mlaznica s novim tehnologijama i vlastitim kontrolnim sustavom kvalitete mlaznica.

5.2. Rezultati brzine i vertikalne raspodjele zraka

Optimalna brzina zračne struja izračunata je prema uzgojnim karakteristikama trajnog nasada, tipu stroja, brzini gibanja raspršivača i faktoru folijacije (uzgojni oblik i vegetacijsko razdoblje u kojem se voćnjak nalazi). Prema navedenom, za ispitivani nasad višnje teorijski protok zraka iznosio je 18.640 m^3/h izračunat prema izrazu (7).

Postavljanjem lopatica u 4. položaj ventilatora dobivena je prosječna brzina zračne struje od 17,02 m/s, te je uvrštavanjem u izraz (8) izračunat stvarni protok zračne struje od 18.460 m^3/ha. Smanjenje brzine zračne struje ostvareno je podešavanjem zakošenja lopatica ventilatora u 2. položaj (brzina zračne struje 11 m/s). Stvarni protok zračne struje u ovom slučaju iznosio je 12.016 m^3/h. Vertikalna raspodjela zračne struje s lijeve i desne strane na raspršivaču *Agromehanika* pri 4. položaju lopatica ventilatora prikazana je u Grafikonu 1.

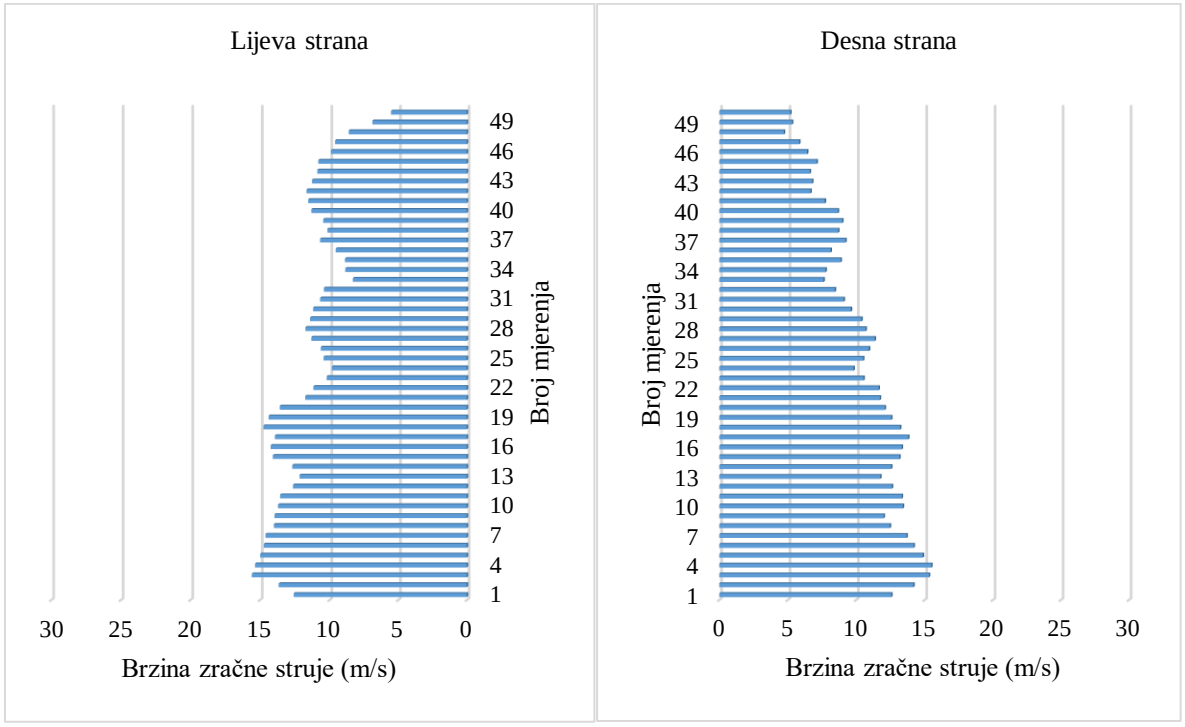


Grafikon 1. Vertikalna raspodjela brzine zračne struje kod raspršivača *Agromehanik*a pri 4. položaju lopatica

Najveća prosječna brzina zračne struje od 23,98 m/s ostvarena je pri 4. položaju lopatica s desne strane raspršivača, dok je najmanja brzina zračne struje iznosila 7,68 m/s. Najveća brzina zračne struje na lijevoj strani raspršivača iznosila je 26,68 m/s, dok je najmanja zabilježena vrijednost iznosila 7,50 m/s. Prosječna brzina zračne struje na desnoj strani raspršivača iznosila je 15,74 m/s, dok je lijeva strana raspršivača ostvarila prosječnu brzinu zraka od 18,30 m/s. Ukupna prosječna brzina zračne struje na lijevoj i desnoj strani raspršivača iznosila je 17,02 m/s.

Lijeva strana stroja ostvarila je veću prosječnu brzinu zraka za 13,99 % s obzirom na desnu stranu stroja. Iz Grafikona 1. vidljiva je tendencija smanjenja brzine zračne struje s povećanjem visine usmjerivača.

Zakošenjem lopatica ventilatora u 2. položaj smanjena je prosječna brzina zračne struje s desne strane raspršivača na 10,45 m/s, dok je vrijednost prosječne brzine zraka s lijeve strane iznosila 11,69 m/s. Grafikon 2. prikazuje prosječne vrijednosti vertikalne distribucije brzine zraka na raspršivaču *Agromehanika* postavljanjem lopatica ventilatora u 2. položaj.



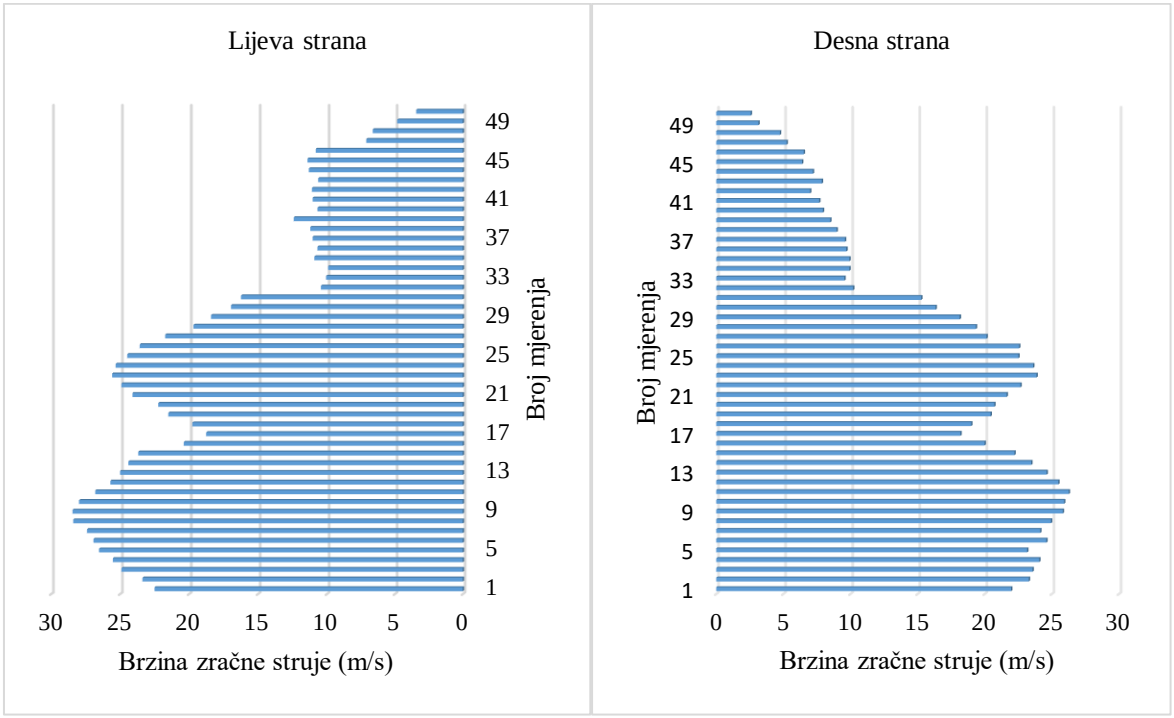
Grafikon 2. Vertikalna raspodjela brzine zračne struje kod raspršivača *Agromehanika* pri 2. položaju lopatica

Najveća brzina zračne struje iznosila je 16,23 m/s s desne strane raspršivača, dok je najmanja brzina iznosila 5,53 m/s na istoj strani stroja. Najveća brzina zračne struje s lijeve strane raspršivača iznosila je 15,33 m/s, a najmanja ostvarena brzina zračne struje iznosila je 5,20 m/s. Prosječna brzina zračne struje na desnoj strani raspršivača iznosila je 10,45 m/s, dok je lijeva strana ostvarila 11,69 m/s. Smanjenje brzine zračne struje s desne strane raspršivača iznosilo je 10,62 % u odnosu na lijevu stranu stroja.

Teorijski protok zraka za raspršivač *Tifone* izračunat je prema navedenim čimbenicima kao i za raspršivač *Agromehanika*, te iznosi 18.366 m^3/h. Postavljanjem lopatica u 3. položaj ostvarena je prosječna brzina zračne struje od 17,47 m/s, te je uvrštavanjem u izraz (8) izračunat stvarni protok zračne struje od 18.490 m^3/h.

Promjenom lopatica ventilatora u 1. položaj ostvarena je brzina zračne struje raspršivača od 11,32 m/s, sa stvarnim protokom od 11.980 m^3/h.

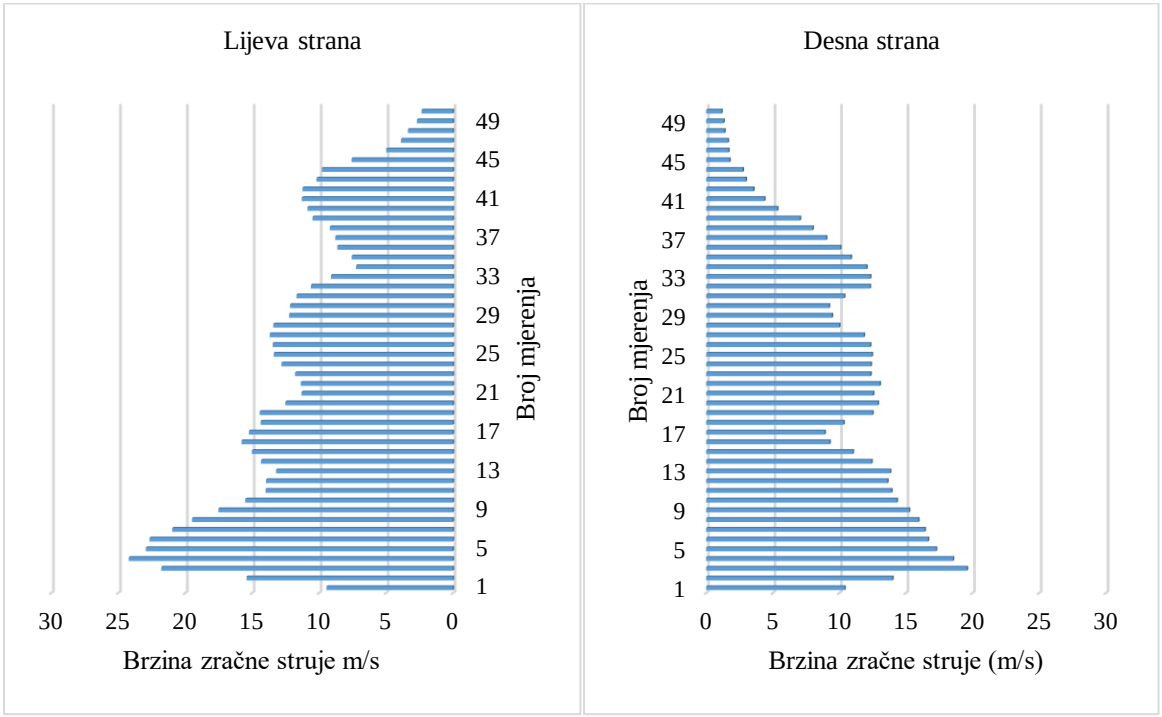
U Grafikonu 3. prikazana je distribucija zračne struje za raspršivač *Tifone* s lijeve i desne strane usmjerivača u 3. položaju lopatica ventilatora.



Grafikon 3. Vertikalna raspodjela brzine zračne struje kod raspršivača *Tifone* pri 3. položaju lopatica

Najveća brzina zračne struje na lijevoj strani raspršivača iznosila je 28,45 m/s, dok je najmanja zabilježena vrijednost iznosila 3,43 m/s. Najveća prosječna brzina zračne struje od 25,93 m/s ostvarena je pri 3. položaju lopatica s desne strane raspršivača, dok je minimalna brzina zračne struje iznosila 2,58 m/s. Prosječna brzina zračne struje na lijevoj strani stroja iznosila je 18,33 m/s, dok je desna strana raspršivača ostvarila prosječnu brzina zračne struje od 16,62 m/s (Grafikon 3.). Razlika u brzini zračne struje između lijeve i desne strane raspršivača iznosila je 9,34 %.

Smanjenje brzine zračne struje ostvareno je promjenom lopatica ventilatora u 1. položaj, a ostvarene vrijednosti prikazuje Grafikon 4.



Grafikon 4. Vertikalna raspodjela brzine zračne struje kod raspršivača *Tifone* pri 1. položaju lopatica

Na desnoj strani raspršivača izmjerena je najveća brzina zračne struje od 19,60 m/s, a minimalno zabilježena vrijednost iznosila je 1,15 m/s. Lijeva strana raspršivača ostvarila je maksimalnu brzinu zračne struje od 24,2 m/s, dok je minimalna brzina zračne struje iznosila 2,33 m/s. Prosječna brzina zračne struje na lijevoj strani iznosila je 12,39 m/s, a ostvarena prosječna brzina zračne struje s desne strane stroja iznosila je 10,26 m/s. Otklon u prosječnoj brzini zraka s lijeve i desne strane raspršivača *Tifone* iznosio je 17,20 %. U Grafikonu 4. prikazana je distribucija brzine zračne struje za raspršivač *Tifone*.

Vidljivo smanjenje brzine zraka između desne i lijeve strane kod aksijalnih raspršivača uvjetovano je konstrukcijskom izvedbom ventilatora. U prikazanim Grafikonima 3. i 4. vidljiva je opisana pojava prema izmjerenim vrijednostima brzine zračne struje.

5.3. Rezultati utvrđivanja *LAI* – a i *LAD* – a

Podatak o karakteristikama vegetacijske površine nasada možemo prikazati u dva oblika kao indeks lisne površine (*LAI*) i indeks lisne gustoće (*LAD*). *LAI* označava indeks ukupne lisne površine stabla s obzirom na uzgojnu površinu, tj. tlo na kojemu se stablo nalazi (m^2/m^2).

Pomoću indeksa lisne gustoće izražava se podatak o ukupnoj lisnoj površini u određenom obujmu krošnje (m^2/m^3). *LAI* i *LAD* izravno su vezani uz karakteristike nasada (međuredni razmak biljaka i razmak između biljaka), te uzgojnom obliku i načinom gospodarenja nasada. Međuredni razmak u ispitivanom nasadu višnje iznosio je 6 m, s razmakom biljaka od 3,5 m. Prosječna visina stabla iznosila je 2,57 m, s visinom krošnje od 1,76 m, dok širina krošnje iznosi 1,96 m. Nasad višnje prema navedenim uzgojnim čimbenicima ostvaruje prosječnu uzgojnu površinu od 3,02 m^2. Uzgojne karakteristike nasada višnje prikazane su u Tablici 5.

Tablica 5. Uzgojne karakteristike nasada višnje

Stablo	Visina stabla (m)	Visina krošnje (m)	Širina krošnje (m)	Visina krošnje od tla (m)	Uzgojna površina (m^2)	*LAI* (m^2/m^2)	*LAD* (m^2/m^3)
1.	2,57	1,75	1,90	0,82	2,83	1,42	4,51
2.	2,52	1,73	1,98	0,79	3,07	1,60	4,91
3.	2,58	1,76	1,97	0,82	3,04	1,35	5,28
4.	2,50	1,73	1,96	0,77	3,01	1,48	4,16
5.	2,60	1,79	2,00	0,81	3,14	1,44	4,97
6.	2,64	1,82	1,98	0,82	3,07	1,53	4,96
7.	2,59	1,74	1,94	0,85	2,95	1,57	4,62
8.	2,56	1,76	1,96	0,80	3,01	1,43	4,79
$\overline{x}$	2,57	1,76	1,96	0,81	3,02	1,45	4,72
σ	4,44	3,12	3,04	2,39	0,09	0,10	0,49
K.V. (%)	1,73	1,77	1,55	2,95	3,09	7,20	10,29

Prema prikazanim rezultatima u Tablici 5. prosječna vrijednost *LAI* iznosila je 1,45 m^2/m^2 s rasponom vrijednosti od 1,35 m^2/m^2 do 1,60 m^2/m^2 i koeficijentom varijacije od 7,20 %. Prosječni *LAD* iznosio je 4,72 m^2/m^3 s koeficijentom varijacije od 10,29 % (od 4,16 m^2/m^3 do 5,28 m^2/m^3).

5.4. Određivanja norme raspršivanja i radnog tlaka

U ispitivanom nasadu višnje prema uzgojnom obliku krošnje i starosti nasada (4 godine) prevladavala je relativno mala lisna masa s velikim međurednim razmakom. Za određivanje optimalne norme raspršivanja upotrjebljena je *TRV* metoda koja uzima u obzir: visinu nasada, međuredni razmak i širinu krošnje na određenoj površini.

Obujam nasada izravno je ovisan o uzgojnim karakteristikama nasada. U ispitivanom nasadu višnje međuredni razmak iznosi 6,0 m, sa prosječnom visinom stabla 2,57 m i širinom krošnje 1,96 m. Koristeći navedene vrijednosti u izrazu (2) izračunat je obujam nasada od 8.395 m^3/ha. Optimalna norma raspršivanja od 250 l/ha izračunata je prema izrazu (3) u koju je uvršten dobiveni obujam nasada i teorijska norma raspršivanja od 30 l/1.000 m^3 (uzgojni oblik popravljena piramida u četvrtoj godini razvoja i punoj vegetaciji). S obzirom na izračunatu optimalnu normu raspršivanja određena je smanjena norma raspršivanja od 200 l/ha. Potreban protok pojedine mlaznice i radni tlak za određenu normu raspršivanja pri radnoj brzini gibanja stroja prikazan je u Tablici 6.

Tablica 6. Rezultati protoka mlaznica i radnog tlaka

Tip Mlaznice	Norma raspršivanja (l/ha)	Brzina gibanja (km/h)	Međuredni razmak (m)	Broj mlaznica u radu	Protok mlaznice (l/min)	Radni tlak (bar)
TR 8002C	250	4	6,0	6	1,67	13
TR 8002C	200	4	6,0	6	1,33	9
ITR 8002C	250	4	6,0	6	1,67	13
ITR 8002C	200	4	6,0	6	1,33	9

U Tablici 6. prikazani su rezultati određivanja potrebnog protoka mlaznica i radnog tlaka za određenu normu raspršivanja kod brzine gibanja stroja od 4 km/h. Uvrštavanjem vrijednosti u izraz (4) norme raspršivanja, brzine rada raspršivača, međurednog razmaka te broja mlaznica u radu dobiva se iznos potrebnog protoka mlaznice za određenu normu raspršivanja. Prema navedenom, za normu od 250 l/ha mlaznica mora ostvariti protok od 1,67 l/min pri radnom tlaku od 13 bar. Za normu od 200 l/ha mlaznica mora ostvariti protok od 1,33 l/min pri radnom tlaku od 9 bar.

5.5. Vremenski uvjeti tijekom istraživanja

Tijekom istraživanja praćeni su vremenski uvjeti koji su bitni za kvalitetnu aplikaciju zaštitnog sredstva i u skladu s dobrom poljoprivrednom praksom.

Rezultati vremenskih uvjeta za vrijeme trajanja pojedinog tretmana raspršivačem *Agromehanika* s oba sustava raspršivanja prikazani su u Tablici 7.

Tablica 7. Vremenski uvjeti tijekom istraživanja s raspršivačem *Agromehanika*

Agromehanika - konvencionalni sustav												
Tretman		$A_1B_1C_1$	$A_1B_1C_2$	$A_1B_2C_1$	$A_1B_2C_2$	$A_2B_1C_1$	$A_2B_1C_2$	$A_2B_2C_1$	$A_2B_2C_2$	$\overline{x}$	σ	*K.V.* (%)
T_z (°C)		22,3	21,3	19,2	23,4	23,1	19,8	24,3	22,2	21,9	1,8	8,0
R_v (%)		60,2	63,8	70,6	58,4	58,5	68,3	54,2	59,3	61,7	5,5	8,9
v_v (m/s)	*Min.*	0,5	0,6	0,7	0,5	0,2	0,4	0,4	1,1	0,6	0,3	48,6
	Max.	1,1	0,8	0,8	0,6	0,4	0,6	0,7	1,4	0,8	0,3	39,5
	$\overline{x}$	0,8	0,7	0,8	0,6	0,3	0,5	0,6	1,3	0,7	0,3	41,7
Agromehanika - senzorski sustav												
T_z (°C)		22,4	20,9	19,4	23,4	23,1	19,8	24,2	22,2	21,9	1,7	7,9
R_v (%)		60,1	63,9	70,1	58,4	58,5	68,3	54,2	59,3	61,6	5,4	8,8
v_v (m/s)	*Min.*	0,6	0,5	0,9	0,6	0,3	0,6	0,7	0,9	0,6	0,2	31,3
	Max.	1,1	0,6	0,8	0,8	0,4	0,7	1,1	1,4	0,9	0,3	37,2
	$\overline{x}$	0,9	0,6	0,9	0,7	0,4	0,7	0,9	1,2	0,8	0,2	32,5

T_z - temperatura zraka (°C); R_v - relativna vlažnost zraka (%); v_v - brzina vjetra (m/s)

Prosječna temperatura zraka izmjerena tijekom eksploatacije konvencionalnog raspršivača *Agromehanika* iznosila je 21,9 °C, s rasponom od 19,2 do 24,3 °C. Izmjerena prosječna temperatura zraka za sve tretmane primjenom raspršivača sa senzorskim sustavom iznosila je 21,9 °C, s vrijednostima od 19,4 do 24,2 °C. Najveća vrijednost relativne vlažnosti zraka prilikom konvencionalne aplikacije je 70,6 %, dok je najmanja zabilježena vrijednost iznosila 58,4 % s prosjekom od 61,7 %. Prosječna vrijednost relativne vlažnosti zraka od 61,6 % izmjerena je za tretmane s raspršivačem *Agromehanika* sa senzorskim sustavom s vrijednostima od 54,2 do 70,1 %. Brzina vjetra zabilježena je od minimalnih 0,2 m/s do maksimalnih 1,4 m/s, s prosječnom vrijednosti od 0,7 m/s.

U usporedbi s brzinom vjetra izmjerenom za vrijeme rada raspršivača *Agromehanika* sa senzorskim sustavom dobiveni su vrlo slični rezultati (0,3-1,4 m/s) s prosjekom od 0,8 m/s (Tablica 7.).

Izmjerene vrijednosti vremenskih uvjeta za vrijeme trajanja pojedinog tretmana raspršivačem *Tifone* prikazani su u Tablici 8.

Tablica 8. Vremenski uvjeti tijekom istraživanja s raspršivačem *Tifone*

Tifone - konvencionalni sustav												
Tretman		$A_1B_1C_1$	$A_1B_1C_2$	$A_1B_2C_1$	$A_1B_2C_2$	$A_2B_1C_1$	$A_2B_1C_2$	$A_2B_2C_1$	$A_2B_2C_2$	$\overline{x}$	σ	*K.V.* (%)
T_z (°C)		19,4	19,6	19,6	20,1	23,4	23,1	24,8	24,6	21,8	2,4	10,9
R_v (%)		70,6	70,1	69,9	65,5	55,2	55,6	50,4	50,2	60,9	1,0	14,8
v_v (m/s)	Min.	0,6	0,8	0,7	0,5	0,4	0,6	0,4	0,8	0,6	0,2	26,7
	Max.	0,9	1,2	0,8	0,9	0,8	1,1	0,9	1,2	1,0	0,2	17,1
	$\overline{x}$	0,8	1	0,8	0,7	0,6	0,9	0,7	1	0,8	0,2	19,1
Tifone - senzorski sustav												
T_z (°C)		19,2	19,4	19,2	20,3	23,1	22,8	24,1	25,1	21,7	2,4	11,1
R_v (%)		70,5	70,1	70,1	65,8	55,6	55,9	49,8	49,9	60,9	9,1	15
v_v (m/s)	Min.	0,4	0,9	0,7	1,7	0,6	0,8	0,4	0,9	0,8	0,4	51,8
	Max.	1,1	1,2	0,7	0,8	0,8	1,2	1,3	1,5	1,1	0,3	26,2
	$\overline{x}$	0,8	1,1	0,7	1,3	0,7	1	0,9	1,2	0,9	0,2	23,1

T_z - temperatura zraka (°C); R_v - relativna vlažnost zraka (%); v_v - brzina vjetra (m/s)

Tijekom istraživanja konvencionalnim raspršivačem *Tifone* prosječna temperatura zraka iznosila je 21,8 °C s vrijednostima od 19,4 do 24,8 °C. Prosječna temperatura zraka izmjerena tijekom tretmana raspršivačem sa senzorom iznosila je 21,7 °C (od 19,2 do 25,1°C). Prilikom aplikacije s konvencionalnim raspršivačem prosječna vrijednost relativne vlažnosti zraka iznosila je 60,9 % s vrijednostima od 50,2 do 70,6 %. Izmjerena minimalna vrijednost relativne vlažnosti zraka iznosila je 49,9 %, a maksimalna 70,5 %, s prosječnom vrijednosti od 60,9 %. Vrijednosti brzine vjetra kretale su se 0,4-1,2 m/s, dok je prosječna brzina vjetra iznosila je 0,8 m/s (konvencionalni raspršivač). Prosječna brzina zračne struje uporabom raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom iznosila je 0,9 m/s s rasponom vrijednosti od 0,7 do 1,3 m/s (Tablica 8.).

5.6. Rezultati glavnih svojstava istraživanja

Istraživanje je obavljeno prema *ISO normi 22866* (Uređaji u zaštiti bilja - metode mjerenja zanesene tekućine u poljskim uvjetima) koja navodi točno određene postupke i mjere za postavljanje kolektora i evaluaciju zanesene tekućine. Dobivene vrijednosti služile su za izračun zemljišnog i zračnog zanošenja tekućine prikazanog kao depozit po jedinici površine.

Nakon svakog tretmana filter papirići koji služe za prikupljanje zanošenja tekućine obrađeni su prema navedenoj metodici.

Filter papirići koji prikupljaju zemljišno zanošenje tekućine postavljeni su na horizontalne nosače na površini tla. Duljina nosača filter papirića iznosi 20 m, a razmak između filter papirića je 0,5 m na prvih 10 m nosača. Razmak između filter papirića na dijelu nosača od 10. m do 20. m iznosi 1 m. Nosač filter papirića postavljen je točno između dva stabla u tretiranom redu, broj filter papirića iznosi 30 komada u četiri ponavljanja.

Filter papirići koji se koriste za prikupljanje zračnog zanošenja tekućine vertikalno su postavljeni na visini od 5 m na udaljenosti 5 i 10 m od tretiranog reda. Na vertikalnom nosaču ukupno je 10 filter papirića s razmakom od 0,5 m između filter papirića.

Depozit unutar krošnje mjerio se filter papirićima koji su postavljeni na tri razine krošnje: donjoj, srednjoj i gornjoj razini. Na svakoj razini postavljena su 4 filter papirića, (12 filter papirića po stablu u četiri ponavljanja).

5.6.1. Zemljišno zanošenje tekućine raspršivačem *Agromehanika*

Analizom prikupljenih filter papirića postavljenih za prikupljanje zemljišnog zanošenja tekućine uočava se značajno smanjenje zemljišnog zanošenje uporabom senzorskog sustava (Tablica 9.)

Tablica 9. Rezultati zemljišnog zanošenja s raspršivačem *Agromehanika*

Tretman	N_r (l/ha)	Tip mlaznice	v_z (m/s)	Konvencionalni sustav			Senzorski sustav			Otklon (%)
				$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	
$A_1B_1C_1$	250	*TR*	12,00	14,40	0,13	0,83	6,98	0,39	5,39	51,53
$A_1B_1C_2$	250	*TR*	18,00	17,07	0,87	4,83	8,86	0,67	7,19	48,10
$A_1B_2C_1$	250	*ITR*	12,00	21,88	0,91	4,21	9,24	0,44	4,53	57,77
$A_1B_2C_2$	250	*ITR*	18,00	24,33	1,68	7,44	13,90	0,70	4,78	42,87
$A_2B_1C_1$	200	*TR*	12,00	10,93	0,82	7,13	5,45	0,17	2,98	50,14
$A_2B_1C_2$	200	*TR*	18,00	13,50	0,78	5,54	7,95	0,58	6,95	41,11
$A_2B_2C_1$	200	*ITR*	12,00	14,81	0,87	5,59	7,40	0,59	7,53	50,03
$A_2B_2C_2$	200	*ITR*	18,00	18,12	0,36	1,89	10,14	0,48	4,50	44,04

N_r - norma raspršivanja (l/ha), v_z - brzina zračne struje (m/s)

Uporabom konvencionalnog raspršivača *Agromehanika* ostvareno je najveće zemljišno zanošenje tekućine od 24,33 g/ha s tretmanom $A_1B_2C_2$ (norma 250 l/ha; *ITR* mlaznice; brzina zračne struje 18 m/s). Najmanje zemljišno zanošenje od 10,93 g/ha ostvareno je tretmanom $A_2B_1C_1$ (norma 200 l/ha; *TR* mlaznice; brzina zračne struje 12 m/s). Koristeći senzorski sustav na raspršivaču *Agromehanika* ostvarena je najveća vrijednost zemljišnog zanošenja od 13,90 g/ha tretmanom $A_1B_2C_2$ (norma 250 l/ha; *ITR* mlaznice; brzina zračne struje 18 m/s).

Tretmanom $A_2B_1C_1$ (norma 200 l/ha; mlaznice *TR*; brzina zračne struje 12 m/s) zabilježeno je najmanje zemljišno zanošenje (5,45 g/ha). Uporabom senzorskog sustava najveće smanjenje zemljišnog zanošenja od 57,77 % ostvareno je s tretmanom $A_1B_2C_1$ (norma 250 l/ha; *ITR* mlaznice; brzina zračne struje 12 m/s) u odnosu na konvencionalno raspršivanje.

Analiza varijance za ispitivano svojstvo zemljišnog zanošenja tekućine, za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u Tablici 10.

Tablica 10. Analiza varijance zemljišnog zanošenja

ANOVA	Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
	F-test	*p*	*F-test*	*p*
A	249,50*	<,0001	56,59*	<0,001
B	324,27*	<,0001	88,03*	<0,001
C	73,45*	<,0001	119,07*	<,0001
AB	23,50*	<,0001	10,93*	0,003
AC	0,29 n.s.	0,597	0,21 n.s.	0,653
BC	0,33 n.s.	0,573	10,93*	0,003
ABC	0,33 n.s.	0,573	2,34 n.s.	0,139

A - norma raspršivanja (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

S obzirom na dobivene vrijednosti analize varijance za svojstvo zemljišnog zanošenja tekućine, vidljivo je da su ispitivani čimbenici ostvarili statističku značajnost ($p < 0,05$), osim interakcije (*AC*) norma raspršivanja x brzina zračne struje (F = 0,29 n.s.), (*BC*) tip mlaznice x brzina zračne struje (F = 0,33 n.s.) i (*ABC*) norma raspršivanja x tip mlaznice x brzina zračne struje (F = 0,33 n.s.), primjenom konvencionalnog raspršivača *Agromehanika*.

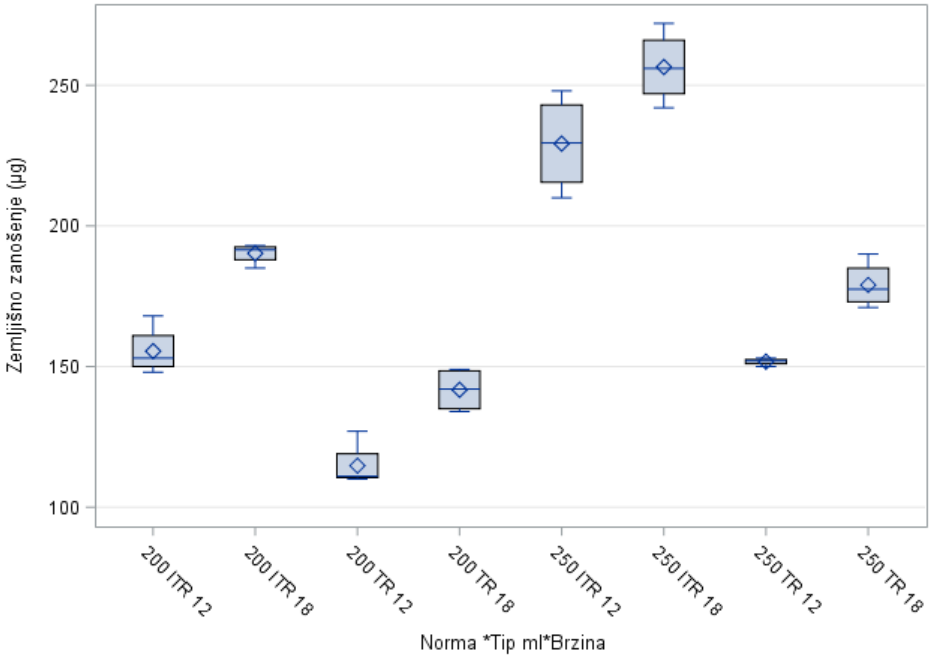
Vrlo slični rezultati ostvareni su primjenom raspršivača *Agromehanika* sa senzorskim sustavom gdje nije zabilježena statistički značajna razlika interakcije čimbenika (*AC*) norma raspršivanja x brzina zračne struje (F = 0,21 n.s.) i (*ABC*) norma raspršivanja x tip mlaznice x brzina zračne struje (F = 2,34 n.s.). U Tablici 11. prikazane su $LSD_{0,05}$ vrijednosti za ispitivano svojstvo zemljišnog zanošenja tekućine.

Tablica 11. $LSD_{0,05}$ test za zemljišno zanošenje

Čimbenici raspršivanja		Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
		$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$	$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$
A	A_1	204,13	26,70*	102,31	18,02*
	A_2	150,56		79,56	
B	B_1	207,78	24,36*	105,12	16,88*
	B_2	146,81		76,75	
C	C_1	191,88	31,53 n.s.	107,43	15,67*
	C_2	162,81		74,43	

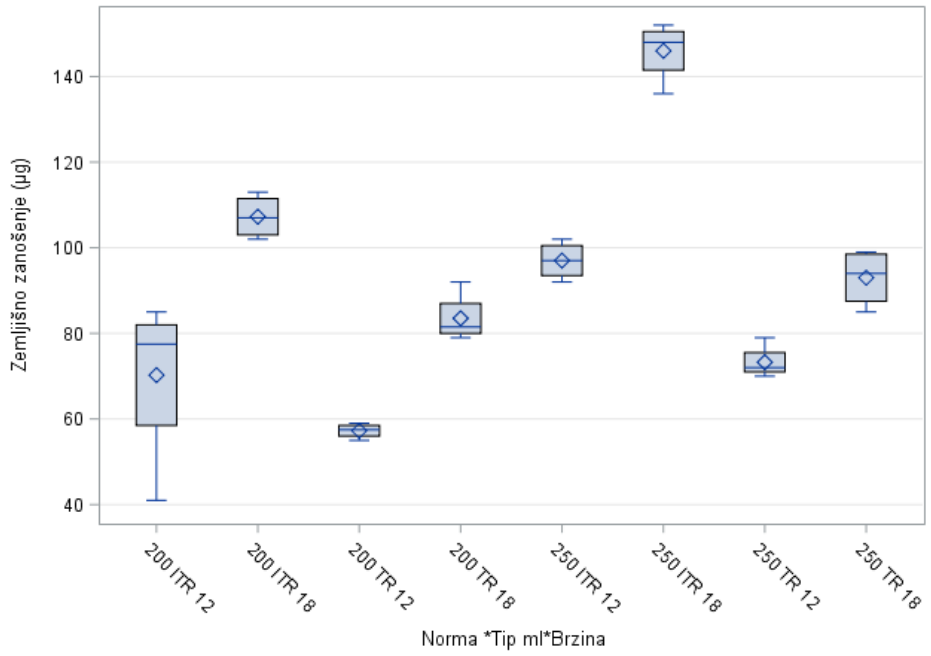
A - norma raspršivanja (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

Primjenom $LSD_{0,05}$ testa (Tablica 11.) uočava se da je norma raspršivanja od 250 l/ha (A_1) ostvarila statistički značajno veće zemljišno zanošenje ($LSD_{0,05}$ = 26,70) za 26,24 % u odnosu na normu raspršivanja A_2 - 200 l/ha eksploatacijom konvencionalnog raspršivača *Agromehanika*. Za čimbenik *B* utvrđene su statistički značajne razlike primjenom različitih tipova mlaznica konvencionalnim raspršivanjem ($LSD_{0,05}$ = 24,36). Standardna mlaznica *TR* čimbenik (B_1) ostvarila je veće vrijednosti zemljišnog zanošenja tekućine za 29,35 % u odnosu na *ITR* mlaznicu čimbenik (B_2). Brzina zračne struje C_1 nema statistički značajno veće zemljišno zanošenje tekućine u odnosu na brzinu zraka C_2 primjenom konvencionalnog raspršivača. Eksploatacijom raspršivača opremljenog senzorskim sustavom sve ispitivane nezavisne varijable ostvarile su statistički značajne razlike za svojstvo zemljišnog zanošenja tekućine. Vrijednosti distribucije zemljišnog zanošenja tekućine uporabom različitih sustava raspršivanja, s različito podešenim tehničkim čimbenicima raspršivanja prikazuju Grafikoni 5 i 6.



Grafikon 5. Distribucija zemljišnog zanošenja tekućine konvencionalnim raspršivanjem

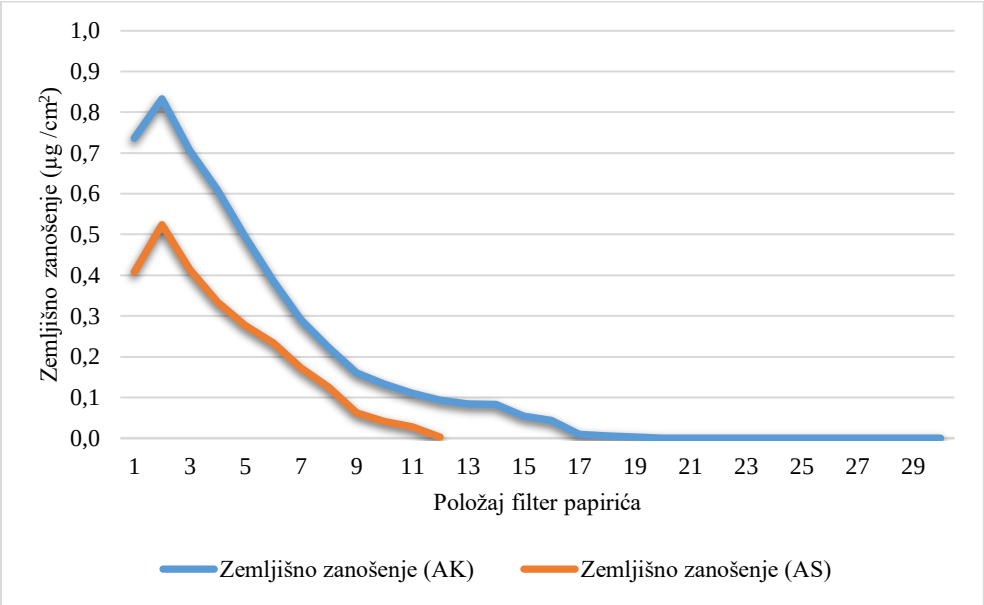
U Grafikonu 5. prikazani su rezultati ostvarenih vrijednosti distribucije po jedinici površine (µg/1.050 cm^2) zemljišnog zanošenja tekućine primjenom konvencionalnog raspršivača. Iz promatranog grafikona uočava se da tretman *200 TR 12* (norma 200 l/ha; *TR* mlaznica; brzina traka 12 m/s) ostvaruje najmanje vrijednosti distribucije, dok su najveće vrijednosti distribucije zemljišnog zanošenja tekućine ostvarene tretmanom *250 ITR 18* (norma 250 l/ha; *ITR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s).



Grafikon 6. Distribucija zemljišnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom

Grafikon 6. prikazuje ostvarene vrijednosti distribucije zemljišnog zanošenja tekućine po jedinici površine (µg/1.050 cm^2) gdje je tretman *200 TR 12* (norma 200 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 12 m/s) ostvario najmanje vrijednosti distribucije. Najveće vrijednosti distribucije zemljišnog zanošenja tekućine ostvarene su tretmanom *250 ITR 18* (norma 250 l/ha; *ITR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s) raspršivačem sa sustavom senzora. Usporedbom prikazanih rezultata u Grafikonima 5. i 6. vidljivo je smanjenje vrijednosti distribucije zemljišnog zanošenja tekućine primjenom raspršivača sa senzorskim sustavom.

Raspodjela vrijednosti ukupnog zemljišnog zanošenja tekućine ostvarenih s različito podešenim tehničkim čimbenicima raspršivanja s obzirom na različite sustave raspršivanja (*AK* - konvencionalni raspršivač *Agromehanik*a i *AS* - raspršivač *Agromehanika* sa senzorskim sustavom) prikazane su u Grafikonu 7.



Grafikon 7. Ukupno zemljišno zanošenje za oba sustava raspršivanja

Iz Grafikona 7. vidljivo je da se povećanjem udaljenosti od tretiranog reda vrijednost zemljišnog zanošenja tekućine smanjuje. Ostvarene vrijednosti zemljišnog zanošenja uporabom senzorskog sustava značajno su smanjene u odnosu na konvencionalni sustav raspršivanja

Tablica 12. prikazuje rezultate $LSD_{0,05}$ testa za vrijednosti zemljišnog zanošenja tekućine ostvarenih u svim tretmanima uporabom raspršivača *Agromehanika* s različitim sustavima raspršivanja.

Tablica 12. $LSD_{0,05}$ test zemljišnog zanošenja za različite sustave raspršivanja

Sustav raspršivanja	$\overline{x}$	*F-test*	*p*	$LSD_{0.05}$	Otklon (%)
AK	177,34	85,30*	<,0001	18,70	51,20
AS	90,93				

AK - Agromehanika konvencionalno; *AS - Agromehanika* senzorski

Promatranjem Tablice 12. uočava se statistički značajno smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine uporabom senzorskog sustava ($LSD_{0,05}$ = 18,70) za 51, 20 % .

5.6.2. Zračno zanošenje s raspršivačem *Agromehanika* na 5 m

Filter papirići prikupljeni su i analizirani metodologijom propisanom *ISO normom 12866,* kao i u prethodnom poglavlju. U Tablici 13. prikazani su rezultati mjerenja zračnog zanošenja tekućine na nosaču postavljenom 5 m od tretiranog reda.

Tablica 13. Rezultati zračnog zanošenja tekućine na 5 m raspršivačem *Agromehanika*

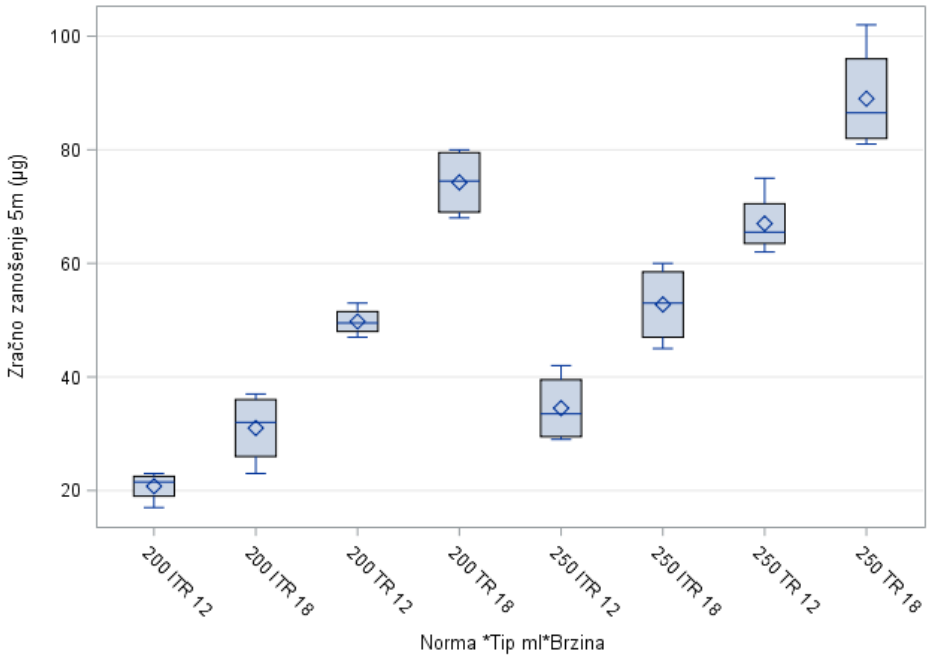
Tretman	N_r (l/ha)	Tip mlaznice	v_z (m/s)	Konvencionalni sustav			Senzorski sustav			Otklon (%)
				$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	
$A_1B_1C_1$	250	*TR*	12,00	19,14	0,56	8,35	10,07	0,13	4,38	47,39
$A_1B_1C_2$	250	*TR*	18,00	25,43	0,95	10,66	14,14	0,34	6,90	44,39
$A_1B_2C_1$	250	*ITR*	12,00	9,86	0,61	17,79	3,64	0,17	13,39	63,08
$A_1B_2C_2$	250	*ITR*	18,00	15,07	0,69	13,17	7,07	0,19	7,65	53,08
$A_2B_1C_1$	200	*TR*	12,00	14,21	0,25	10,81	5,36	0,30	15,93	62,28
$A_2B_1C_2$	200	*TR*	18,00	21,21	0,61	8,26	8,57	0,20	6,67	59,59
$A_2B_2C_1$	200	*ITR*	12,00	5,92	0,26	12,67	0,00	0,00	0,00	100,00
$A_2B_2C_2$	200	*ITR*	18,00	8,86	0,63	20,40	0,00	0,00	0,00	100,00

N_r - norma raspršivanja (l/ha), v_z - brzina zračne struje (m/s)

Raspršivanjem tekućine bez sustava senzora (konvencionalno) tretman $A_1B_1C_2$ (norma 250 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s) ostvario je najveće zračno zanošenje tekućine od 25,43 g/ha. Minimalna količina zračnog zanošenja tekućine od 5,92 g/ha dobivena je tretmanom $A_2B_2C_1$ (norma 200 l/ha; *ITR* mlaznica; brzina zračne struje 12 m/s).

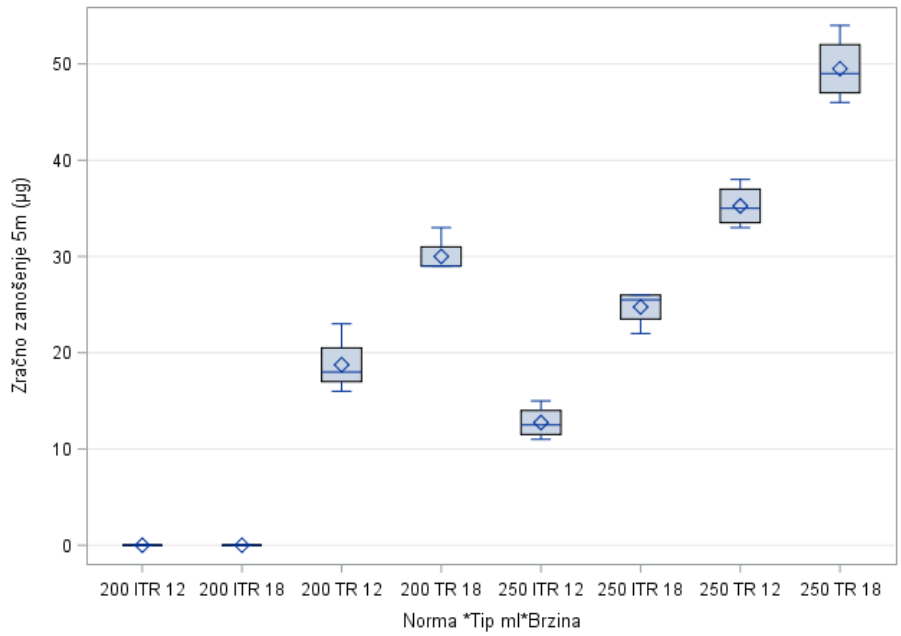
Najveća zabilježena vrijednost zračnog zanošenja tekućine uporabom senzorskog sustava na raspršivaču iznosila je 14,14 g/ha tretmanom $A_1B_1C_2$ (norma 250 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s). Prilikom raspršivanja normom od 200 l/ha, gdje je korištena *ITR* mlaznica, niti u jednom slučaju nije zabilježeno zračno zanošenje tekućine. Uspoređujući vrijednosti zračnog zanošenja tekućine dobivenih uporabom dva različita sustava raspršivanja, uočava se značajno smanjenje zanošenja tekućine (Tablica 13.).

Grafikoni 8. i 9. prikazuju vrijednosti distribucije zračnog zanošenja tekućine po jedinici površine (µg/350 cm^2) na 5 m udaljenosti od tretiranog reda, s različito podešenim glavnim tehničkim čimbenicima raspršivanja.



Grafikon 8. Distribucija zračnog zanošenja konvencionalnim raspršivanjem na 5 m

Analizirajući Grafikon 8. uočava se da je tretman *200 ITR 12* (norma 200 l/ha; *ITR* mlaznica; brzina zračne struje 12 m/s), ostvario najmanje vrijednosti distribucije zanesene tekućine konvencionalnim načinom raspršivanja. Istim načinom raspršivanja tretman *250 TR 18* (norma 250 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s) ostvario je najveću vrijednost distribucije zračnog zanošenja tekućine.



Grafikon 9. Distribucija zračnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom na 5 m

Najveća vrijednost distribucije zračnog zanošenja tekućine po jedinici površine (µg/350 cm^2) ostvarena je tretmanom *250 TR 18* (norma 250 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s) raspršivačem sa senzorskim sustavom (Grafikon 9.). Potpuno smanjenje distribucije zanesene tekućine ostvareno smanjenjem norme (200 l/ha) i uporabom *ITR* mlaznica. Usporedbom Grafikona 8. i 9. uočava se smanjenje vrijednost distribucije zračnog zanošenja tekućine uporabom senzorskog sustava, dok distribucija nije zabilježena u tretmanima *200 ITR 12* i *200 ITR 18*. Tablica 14. prikazuje analizu varijance za ispitivano svojstvo zračnog zanošenja tekućine na 5 m udaljenosti od tretiranog reda, za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije.

Tablica 14. Analiza varijance zračnog zanošenja na 5 m

ANOVA	Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
	F-test	*p*	*F-test*	*p*
A	61,16*	<,0001	600,25*	<,0001
B	266,86*	<,0001	1024,00*	<,0001
C	75,50*	<,0001	156,25*	<,0001
AB	0,16 n.s.	0,688	0,25 n.s.	0,621
AC	0,41 n.s.	0,530	25,00*	<,0001
BC	4,35 n.s.	0,047	20,25*	0,0001
ABC	1,48 n.s.	0,235	9,00*	0,006

A - norma raspršivanja (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

U Tablici 14. prikazane su vrijednosti analize varijance za ispitivano svojstvo zračnog zanošenja tekućine na 5 m udaljenosti od tretiranog reda. S obzirom na dobivene rezultate, vidljivo je da glavna svojstva istraživanja pokazuju statističku značajnost na ostvareno zanošenje tekućine. Međutim, njihove interakcije nisu ostvarile statistički značajnu razliku primjenom konvencionalnog raspršivača *Agromehanika*.

Primjenom istog raspršivača opremljenog senzorskim sustavom zabilježena je statistički značajna razlika osim interakcije (*AB*) norma raspršivanja x tip mlaznice (F = 0,25 n.s.).

Rezultati $LSD_{0,05}$ testa za ispitivano svojstvo zemljišnog zanošenja tekućine prikazani su u Tablici 15.

Tablica 15. $LSD_{0,05}$ test za zračno zanošenje na 5 m

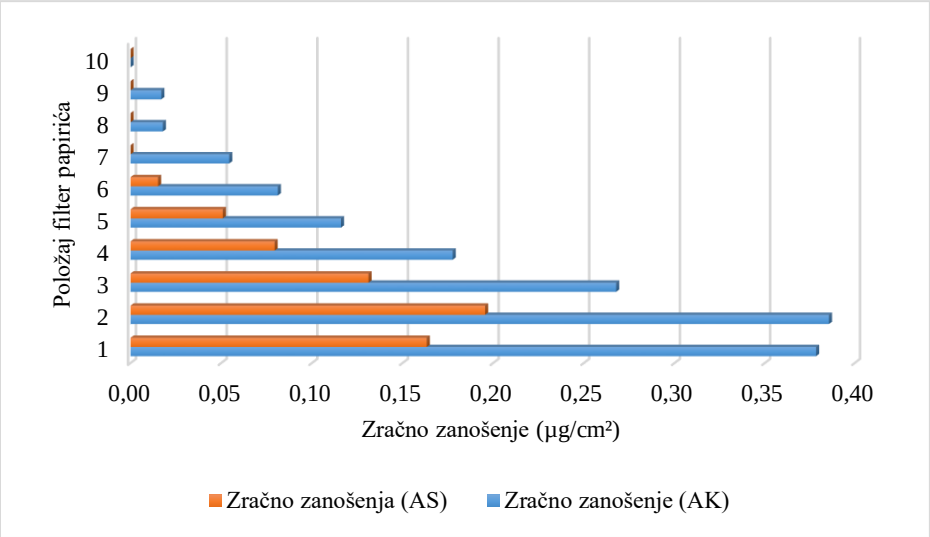
Čimbenici raspršivanja		Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
		$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$	$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$
A	A_1	60,81	15,53*	30,56	9,92*
	A_2	43,93		12,18	
B	B_1	70,00	10,39*	33,37	8,08*
	B_2	34,75		9,37	
C	C_1	61,75	15,23*	26,06	11,54*
	C_2	43,00		16,68	

A - norma raspršivača (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

Tablica 15. prikazuje vrijednosti $LSD_{0,05}$ testa gdje je utvrđeno da primjenom konvencionalnog raspršivača *Agromehanika*, norma raspršivanja 250 l/ha (A_1) ostvaruje statistički značajno veće zračno zanošenje ($LSD_{0,05}$ = 15,53) za 32,70 % u odnosu na normu raspršivanja A_2 - 200 l/ha. Između primijenjenih tipova mlaznica uočava se statistička značajnost ($LSD_{0,05}$ = 10,39) pri čemu je mlaznica *TR* čimbenik (B_1) ostvarila veće vrijednosti zračnog zanošenja tekućine od 50,35 % u odnosu na mlaznicu *ITR* čimbenik (B_2). Brzina zračne struje 18 m/s (čimbenik C_1) ostvarila je veće zračno zanošenje za 30,36 % u odnosu na čimbenik C_2 (brzina zračne struje 12 m/s) $LSD_{0,05}$ = 15,23. Analizom podataka ostvarenih raspršivačem opremljenim sa senzorskim sustavom vidljivo je da norma raspršivanja A_1 ima statistički značajno veće zračno zanošenje ($LSD_{0,05}$ = 9,92) za 60,15 % u odnosu na normu A_2 (200 l/ha). Statistička značajnost zračnog zanošenja ostvarena je primjenom čimbenika B_1 (*TR* mlaznica) za 71,92 % u odnosu na uporabu mlaznice *ITR* čimbenik B_2 ($LSD_{0,05}$ = 8,08).

Čimbenik C_1 (brzina zračne struje 18 m/s) ostvaruje veću statistički značajnost zračnog zanošenja ($LSD_{0,05}$ = 11,54) za 36 % od čimbenika C_2 (brzina zračne struje 12 m/s).

Raspodjelu ukupnih vrijednosti zračnog zanošenja tekućine na udaljenosti 5 m od tretiranog reda prikazuje Grafikon 10.



Grafikon 10. Zračno zanošenje na 5 m za sve tretmane konvencionalnim i senzorskim raspršivanjem

Iz Grafikona 10. vidljiv je trend smanjenja ukupne količine zračnog zanošenja tekućine za sve tretmane s povećanjem visine postavljenih filter papirića. Analizirajući vrijednosti količine zanesene tekućine između dva sustava raspršivanja uočava se smanjenje vrijednosti uporabom senzorskog sustava u odnosu na konvencionalno raspršivanje.

Ostvarene rezultate primjenom $LSD_{0,05}$ testa za ukupne vrijednosti zemljišnog zanošenja tekućine uporabom raspršivača *Agromehanik*a (konvencionalnim i senzorskim sustavom) prikazuje Tablica 16.

Tablica 16. $LSD_{0,05}$ test zračnog zanošenja na 5 m za različite sustave raspršivanja

Sustav raspršivanja	$\overline{x}$	*F-test*	*p*	$LSD_{0.05}$	Otklon (%)
AK	52,37	38,86*	<,0001	9,94	59,16
AS	21,37				

AK - Agromehanika konvencionalno, *AS- Agromehanika* senzorski

Na temelju dobivenih rezultata $LSD_{0,05}$ testa (Tablica 16.) uočava se statistički značajno smanjenje zračnog zanošenja uporabom raspršivača sa senzorskim sustavom ($LSD_{0,05}$ = 9,94) za 59,16 %.

5.6.3. Zračno zanošenje tekućine raspršivačem *Agromehanika* na 10 m

Tablica 17. prikazuje rezultate zračnog zanošenja tekućine na 10 m od tretiranog reda dobivenih eksploatacijom raspršivača *Agromehanika* s dva sustava raspršivanja (konvencionalnim i senzorskim sustavom).

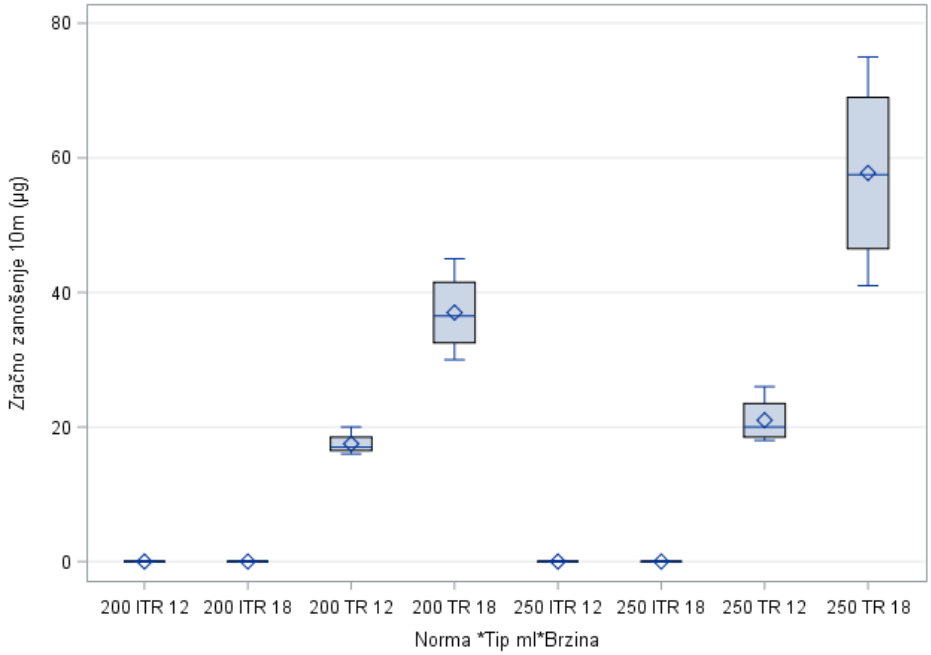
Tablica 17. Rezultati zračnog zanošenja na 10 m raspršivačem *Agromehanika*

Tretman	N_r (l/ha)	Tip mlaznice	v_z (m/s)	Konvencionalni sustav			Senzorski sustav			Otklon (%)
				$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	
$A_1B_1C_1$	250	*TR*	12,00	6,00	0,36	16,95	0,00	0,00	0,00	100
$A_1B_1C_2$	250	*TR*	18,00	12,79	0,82	18,8	4,21	0,10	6,49	67,1
$A_1B_2C_1$	250	*ITR*	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$A_1B_2C_2$	250	*ITR*	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$A_2B_1C_1$	200	*TR*	12,00	5,00	0,17	9,90	0,00	0,00	0,00	100
$A_2B_1C_2$	200	*TR*	18,00	10,5	0,63	16,95	3,00	0,17	16,50	71,43
$A_2B_2C_1$	200	*ITR*	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$A_2B_2C_2$	200	*ITR*	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

N_r - norma raspršivanja (l/ha), v_z - brzina zračne struje (m/s)

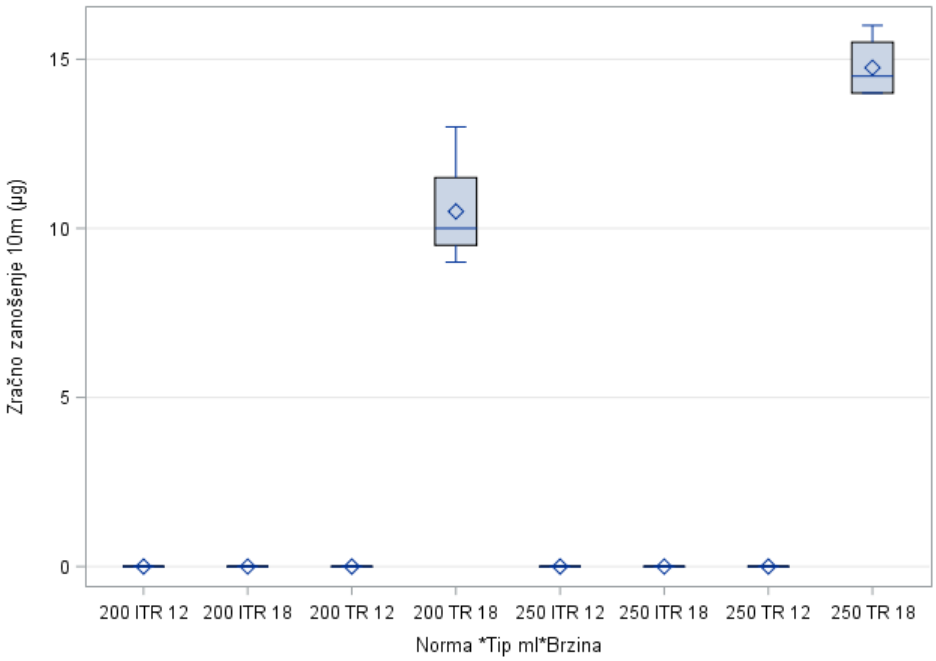
Rezultati prikazani u Tablici 17. dobiveni su konvencionalnim raspršivanjem gdje je tretman $A_1B_1C_2$ (norma 250 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s) ostvario najveću vrijednost zračnog zanošenja od 12,79 g/ha. Tretmani s *ITR* mlaznicom nisu zabilježili zračno zanošenje tekućine. Najveća vrijednost zračnog zanošenja sa senzorskim sustavom zabilježena je tretmanom $A_1B_1C_2$ (norma 250 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s) u iznosu od 4,21 g/ha. Ostali tretmani nisu ostvarili zračno zanošenje osim tretmana $A_2B_1C_2$ (3,00 g/ha). Usporedbom ostvarenih vrijednosti zračnog zanošenja s dva sustava raspršivanja uočava se smanjenje zanošenja od 100 % kod tretmana $A_1B_1C_1$ i $A_2B_1C_1$.

Distribuciju zabilježenih vrijednosti zračnog zanošenja na udaljenosti 10 m od tretiranog reda sa oba sustava raspršivanja prikazuju Grafikoni 11. i 12.



Grafikon 11. Distribucija zračnog zanošenja konvencionalnim raspršivanjem na 10 m

U grafikonu 11. prikazane su vrijednosti distribucije zračnog zanošenja po jedinici površine (µg/350 cm^2) ostvarenih na 10 m od tretiranog reda konvencionalnim raspršivanjem. Ovim sustavom raspršivanja najveće vrijednosti zračnog zanošenja ostvario je tretman *250 TR 18* (norma 250 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s), dok tretmani s *ITR* mlaznicom nisu zabilježili zračno zanošenje tekućine.



Grafikon 12. Distribucija zračnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom na 10 m

Distribucija zanesene tekućine sa senzorskim sustavom ostvarena je tretmanom s normom 250 l/ha, *TR* mlaznicama i brzinom zraka od 18 m/s, te normom raspršivanja 200 l/ha, *TR* mlaznicama i brzinom zraka od 18 m/s. Preostali tretmani nisu zabilježili distribuciju zanesene tekućine (Grafikon 12.).

Tablica 18. prikazuje vrijednosti analize varijance za ispitivano svojstvo zemljišnog zanošenja tekućine na 10 m udaljenosti sa oba sustava rada.

Tablica 18. Analiza varijance zračnog zanošenja na 10 m

ANOVA	Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
	F-test	*p*	*F-test*	*p*
A	8,78*	0,007	18,45*	<,0001
B	265,09*	<,0001	651,13*	<,0001
C	47,24*	<,0001	651,13*	<,0001
AB	8,78*	0,007	18,45*	0,0002
AC	4,44 n.s.	0,05	18,45*	0,0002
BC	47,24*	<,0001	651,13*	<,0001
ABC	4,44 n.s.	0,05	18,45*	0,0002

A - norma raspršivanja (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

Glavna nezavisna svojstva istraživanja i njihove interakcije pokazuju statistički značajan utjecaj osim interakcija *AC* - norma x brzina zračne struje (F = 0,05 n.s.) i *ABC* - norma x tip mlaznice x brzina zračne struje (F = 0,05 n.s.) za konvencionalni sustav. Statistički značajan utjecaj utvrđen je u svim slučajevima primjenom raspršivača sa senzorskim sustavom.

Tablica 19. prikazuje $LSD_{0,05}$ vrijednosti za ispitivano svojstvo zračnog zanošenja tekućine na 10 m udaljenosti od tretiranog reda.

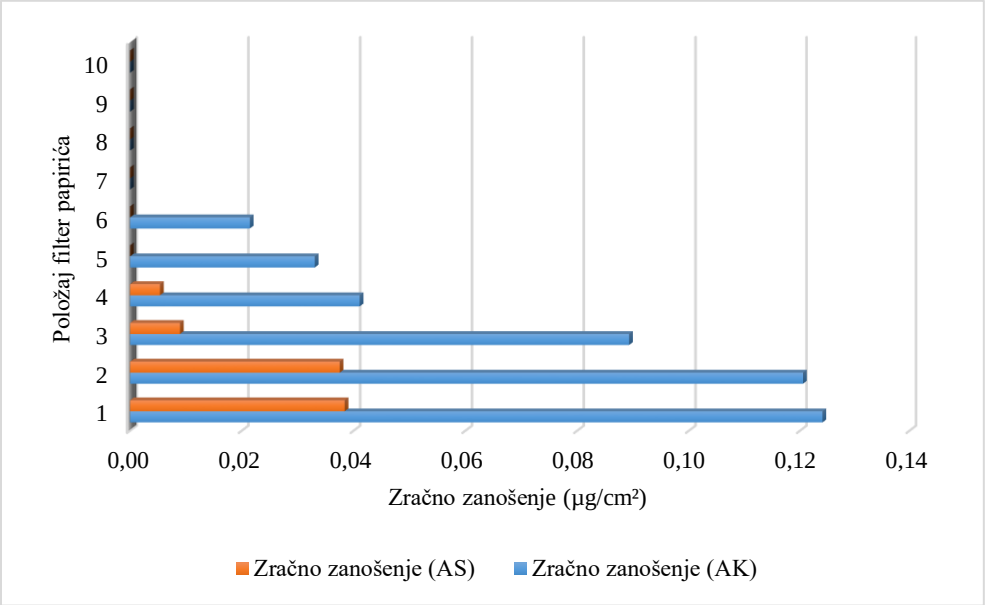
Tablica 19. $LSD_{0,05}$ test za zračno zanošenje na 10 m

Čimbenici raspršivanja		Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
		$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$	$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$
A	A_1	19,68	15,28 n.s.	3,68	4,15 n.s.
	A_2	13,62		2,62	
B	B_1	33,31	9,18*	6,31	3,45*
	B_2	0,00		0,00	
C	C_1	23,68	14,53 n.s.	6,31	3,45*
	C_2	9,62		0,00	

A - norma raspršivanja (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

Iz Tablice 19. vidljivo je da uporabom konvencionalnog sustava raspršivanja norma raspršivanja od 250 l/ha (A_1) ne ostvaruje statistički značajnu razliku ($LSD_{0,05}$ = 15,28 n.s.) u odnosu na normu raspršivanja od 200 l/ha (A_2). Tip mlaznice (B_1) ostvario je statistički značajnu razliku ($LSD_{0,05}$ = 9,18*) u odnosu na tip mlaznice B_2 za 100 %. Utjecaj čimbenika C_1 (brzina zračne struje 18 m/s) nije statistički značajan ($LSD_{0,05}$ = 14,53 n.s.) u odnosu na brzinu zraka od 12 m/s (čimbenik C_2). Eksploatacijom raspršivača opremljenog senzorskim sustavom samo norma raspršivanja A_1 (250 l/ha) nije ostvarila statistički značajno zračno zanošenje tekućine ($LSD_{0,05}$ = 4,15 n.s.) u odnosu na normu A_2 (200 l/ha).

Raspodjelu ukupnih vrijednosti zračnog zanošenja tekućine na udaljenosti 10 m od tretiranog reda za sve tretmane prikazane su u grafikonu 13.



Grafikon 13. Zračno zanošenje na 10 m za sve tretmane konvencionalnog i senzorskog sustava raspršivanja

Na osnovu prikazanih rezultata uočava se trend smanjenja ukupne količine zračnog zanošenja tekućine s povećanjem visine postavljenih filter papirića. Usporedbom dobivenih podataka između dva sustava raspršivanja uočava se smanjenje vrijednosti ostvarenih raspršivačem sa senzorskim sustavom u odnosu na konvencionalni način raspršivanja.

$LSD_{0,05}$ test za ukupne vrijednosti zračnog zanošenja tekućine ostvarene na 10 m tretiranog reda za sve tretmane uporabom raspršivača *Agromehanika* konvencionalnim i senzorskim sustavom prikazuje Tablica 20.

Tablica 20. $LSD_{0,05}$ *test* zračnog zanošenja na 10 m za različite sustave raspršivanja

Sustav raspršivanja	$\overline{x}$	*F-test*	*p*	$LSD_{0,05}$	Otklon (%)
AK	16,65	12,27*	0,0009	7,70	80,83
AS	3,15				

AK - Agromehanika konvencionalno , *AS - Agromehanika* senzorski

$LSD_{0,05}$ testom (Tablica 20.) utvrđen je statistički značajan utjecaj senzorskog sustava raspršivanja u odnosu na konvencionalni način ($LSD_{0,05}$ = 7,70), dok je ostvareno smanjenje zanošenja iznosilo 80,83 %.

5.6.4. Rezultati mjerenja depozita u krošnji raspršivačem *Agromehanika*

Analizom filter papirića postavljenih na tri razine krošnje: donjoj, srednjoj i gornjoj razini za prikupljanje depozita u krošnji dobivene su vrijednosti prikazane u Tablici 21.

Tablica 21. Depozit u krošnji raspršivačem *Agromehanika*

Tretman	N_r (l/ha)	Tip mlaznice	v_z (m/s)	Konvencionalni sustav			Senzorski sustav			Otklon (%)
				$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	
$A_1B_1C_1$	250	*TR*	12,00	301,42	0,82	1,04	299,44	1,13	0,90	0,66
$A_1B_1C_2$	250	*TR*	18,00	305,71	0,65	0,50	303,84	0,63	0,50	0,62
$A_1B_2C_1$	250	*ITR*	12,00	305,84	0,76	0,59	304,41	0,96	0,75	0,46
$A_1B_2C_2$	250	*ITR*	18,00	312,02	1,54	1,18	307,92	0,97	0,75	1,31
$A_2B_1C_1$	200	*TR*	12,00	274,63	8,24	7,14	272,91	6,05	5,28	0,62
$A_2B_1C_2$	200	*TR*	18,00	281,72	4,14	3,50	278,02	7,31	6,25	1,31
$A_2B_2C_1$	200	*ITR*	12,00	278,21	8,35	7,14	275,22	3,44	2,98	1,08
$A_2B_2C_2$	200	*ITR*	18,00	285,21	4,67	3,90	283,32	4,97	4,18	0,67

A - norma raspršivanja (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

Prema rezultatima prikazanim u Tablici 21. najveća vrijednost depozita u krošnji izmjerena je tretmanom $A_1B_2C_2$ u iznosu od 312 g/ha, dok je minimalna vrijednost od 274,6 g/ha ostvarena tretmanom $A_2B_1C_1$ konvencionalnim načinom raspršivanja. Vrlo slične vrijednosti zabilježene su uporabom raspršivača sa senzorskim sustavom gdje je maksimalno zabilježena vrijednost iznosila 307,9 g/ha ($A_1B_2C_2$). Tretman $A_2B_1C_1$ ostvario je minimalnu vrijednost depozita u

krošnji od 272,9 g/ha. Usporedbom rezultata dobivenih primjenom konvencionalnog i senzorskog načina raspršivanja nije zabilježena statistička značajna razlika. Najveći otklon od 1,31 % ostvaren je tretmanom $A_1B_2C_2$ između dva sustava raspršivanja, dok je minimalni otklon od 0,46 % zabilježen tretmanom $A_1B_1C_2$. Analiza varijance za ispitivano svojstvo depozita u krošnji prikazana je u Tablici 22.

Tablica 22. Analiza varijance depozita u krošnji

ANOVA	Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
	F-test	*p*	*F-test*	p
A	2,81 n.s.	0,11	0,18 n.s.	0,67
B	0,00 n.s.	0,95	1,66 n.s.	0,21
C	2,39 n.s.	0,14	2,64 n.s.	0,12
AB	0,51 n.s.	0,48	2,75 n.s.	0,11
AC	0,90 n.s.	0,77	0,00 n.s.	0,98
BC	0,25 n.s.	0,62	0,02 n.s.	0,89
ABC	0,90 n.s.	0,76	0,09 n.s.	0,76

A - norma raspršivanja (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

Na osnovu rezultata u Tablici 22. nije utvrđena statistička značajnost između ispitivanih čimbenika uporabom konvencionalnog načina raspršivanja. Također, rezultati dobiveni uporabom raspršivača sa senzorskim sustavom ne pokazuju statistički značajne razlike između ispitivanih čimbenika i njihovih interakcija. Primjenom $LSD_{0,05}$ testa dobivene su vrijednosti za ispitivano svojstvo depozita u krošnji koje prikazuje Tablica 23.

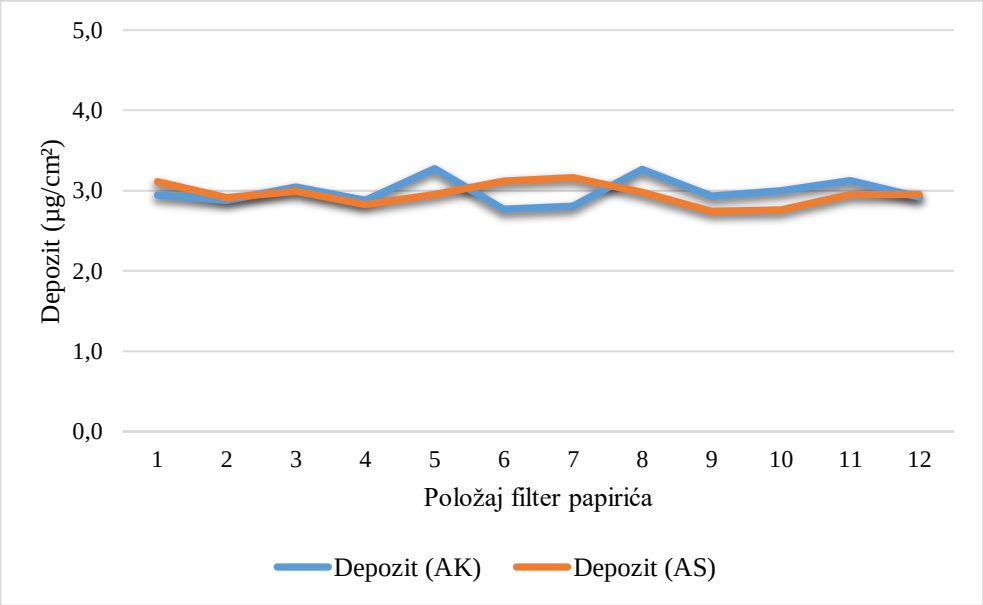
Tablica 23. $LSD_{0,05}$ test za depozit u krošnji

Čimbenici raspršivanja		Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
		$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$	$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$
A	A_1	1.268,38	32,36 n.s.	1.244,00	30,19 n.s.
	A_2	1.240,88		1.237,81	
B	B_1	1.254,19	33,94 n.s.	1.250,25	29,46 n.s.
	B_2	1.255,06		1.231,60	
C	C_1	1.257,31	32,60 n.s.	1.252,69	28,97 n.s.
	C_2	1.241,94		1.229,13	

A - norma raspršivanja (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

U Tablici 23. prikazane su vrijednosti $LSD_{0,05}$ testa za ispitivano svojstvo depozita u krošnji, gdje je utvrđeno da čimbenici *A* - norma raspršivanja, *B* - tip mlaznice i *C* - brzina zračne struje nisu ostvarili statističku značajnosti uporabom konvencionalnog raspršivača. Promatranjem rezultata dobivenih uporabom raspršivača sa senzorskim sustavom vrijednosti $LSD_{0,05}$ testa za ispitivane čimbenike nisu pokazale statistički značajne razlike depozita u krošnji.

Raspodjela ukupnih vrijednosti depozita u krošnji s različito podešenim tehničkim čimbenicima raspršivanja s obzirom na različite sustave raspršivanja prikazane su u Grafikonu 14.



Grafikon 14. Depozit u krošnji za sve tretmane konvencionalnog i senzorskog raspršivanja

Vrijednosti depozita u krošnji uporabom senzorskog sustava (*AS*) nisu značajno različite u odnosu na vrijednosti dobivene uporabom konvencionalnog načina raspršivanja (*AK* - Agromehanika konvencionalno) Grafikon 14.

Vrijednosti $LSD_{0,05}$ testa depozita u krošnji primjenom raspršivača *Agromehanika* s različitim sustavima raspršivanja prikazuje Tablica 24.

Tablica 24. $LSD_{0,05}$ test depozita u krošnji za različite sustave raspršivanja

Sustav raspršivanja	$\overline{x}$	*F-test*	*p*	$LSD_{0,05}$	Otklon (%)
AK	1.254,63	1,57 n.s.	0,215	21,90	1,10
AS	1.240,91				

AK - *Agromehanika* konvencionalno, *AS* - *Agromehanika* senzorski

Na temelju dobivenih rezultata prikazanih u Tablici 24. vidljivo je da primjena raspršivača sa senzorskim sustavom nije statistički značajno utjecala na depozit u krošnji ($LSD_{0,05}$ = 21,90). Otklon depozita u krošnji uporabom konvencionalnog raspršivača u odnosu na dobivene vrijednosti uporabom senzorskog sustava iznosio je 1,10 %.

5.6.5. Zemljišno zanošenje tekućine raspršivačem *Tifone*

Za prikupljanje zemljišnog zanošenja uporabljeni su filter papirići smješteni na drvenom nosaču postavljenim na tlo. Analizom filter papirića dobivene su vrijednosti zemljišnog zanošenja tekućine prikazane u Tablici 25. Promatranjem rezultata uočava se smanjenje vrijednosti zanošenja uporabom raspršivača sa senzorskim sustavom.

Tablica 25. Rezultati zemljišnog zanošenja raspršivačem *Tifone*

Tretman	N_r (l/ha)	Tip mlaznice	v_z (m/s)	Konvencionalni sustav			Senzorski sustav			Otklon (%)
				$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	
$A_1B_1C_1$	250	*TR*	12,00	15,95	0,13	0,77	7,57	0,94	10,06	52,54
$A_1B_1C_2$	250	*TR*	18,00	20,81	0,65	2,95	10,90	0,48	4,19	47,62
$A_1B_2C_1$	250	*ITR*	12,00	23,05	0,91	4,21	13,98	0,90	6,10	39,35
$A_1B_2C_2$	250	*ITR*	18,00	25,05	0,42	1,61	17,93	1,43	7,58	28,42
$A_2B_1C_1$	200	*TR*	12,00	9,98	0,38	3,60	5,95	0,50	9,28	40,38
$A_2B_1C_2$	200	*TR*	18,00	15,69	1,02	6,22	8,81	0,50	5,35	43,85
$A_2B_2C_1$	200	*ITR*	12,00	13,95	0,31	2,12	7,88	0,88	10,60	43,51
$A_2B_2C_2$	200	*ITR*	18,00	17,50	1,70	9,23	10,55	1,68	15,19	39,71

N_r - norma raspršivanja (l/ha), v_z - brzina zračne struje (m/s)

Najveći gubitak tekućine uporabom konvencionalnog raspršivača *Tifone* iznosio je 25,05 g/ha, dobiven s tretmanom $A_1B_2C_2$ (norma 250 l/ ha; *ITR* mlaznice; brzina zračne struje 18 m/s).

Najmanje zemljišno zanošenje od 9,98 g/ha ostvareno je s tretmanom $A_2B_1C_1$ (norma 200 l/ha; *TR* mlaznice; brzina zračne struje 12 m/s).

Eksploatacijom raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom ostvarena je najveća vrijednost zemljišnog zanošenja tekućine tretmanom $A_1B_2C_2$ (norma 250 l/ha; *ITR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s) od 17,93 g/ha. Isti raspršivač sa senzorskim sustavom ostvario je najmanju vrijednost s tretmanom $A_2B_1C_1$ (norma 200 l/ha; *T*R mlaznica; brzina zračne struje 12 m/s).

Promatrajući rezultate dobivenih konvencionalnim i senzorskim načinom raspršivanja vidljiv je najveći otklon kod tretmana $A_1B_1C_1$ (norma 250 l/ ha; *TR* mlaznice; brzina zračne struje 12 m/s;) u iznosu od 52,54 % (Tablica 25.).

U Tablici 26. prikazana je analiza varijance za ispitivano svojstvo zemljišnog zanošenja tekućine uporabom raspršivača *Tifone* s dva različita sustava raspršivanja, te interakcija između glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja.

Tablica 26. Analiza varijance zemljišnog zanošenja

ANOVA	Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
	F-test	*p*	*F-test*	*p*
A	640,28*	<,0001	190,15*	<0,001
B	157,53*	<,0001	171,98*	<0,001
C	241,41*	<,0001	119,07*	<,0001
AB	41,17*	<,0001	65,39*	<,0001
AC	14,70 n.s.	0,0008	0,99 n.s.	0,33
BC	5,29 n.s.	0,0304	0,38 n.s.	0,541
ABC	5,29 n.s.	0,0304	0,16 n.s.	0,697

A - norma raspršivanja (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

Promatrajući rezultate analize varijance u Tablici 26. za svojstvo zemljišnog zanošenja konvencionalnim raspršivačem *Tifone* uočava se statistički značajna razlika ($p < 0,05$) za sve ispitivane čimbenike, osim interakcije (*A*C) norma raspršivanja x brzina zračne struje (F = 14,70 n.s.); (*BC*) tip mlaznice x brzina zrak (F = 5,29 n.s.) i (*ABC*) norma raspršivanja x tip mlaznice x brzina zračne struje (F = 5,29 n.s.).

Eksploatacijom raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom nije utvrđena statistički značajna razlika u interakciji čimbenika (*A*C) norma raspršivanja x brzina zračne struje (F = 0,99 n.s.); (*BC*) tip mlaznice x brzina zračne struje (F = 0,38 n.s.) i (*ABC*) norma raspršivanja x tip mlaznice x brzina zračne struje (F = 0,16 n.s.).

Vrijednosti $LSD_{0,05}$ testa za ispitivano svojstvo zemljišnog zanošenja tekućine prikazani su u Tablici 27.

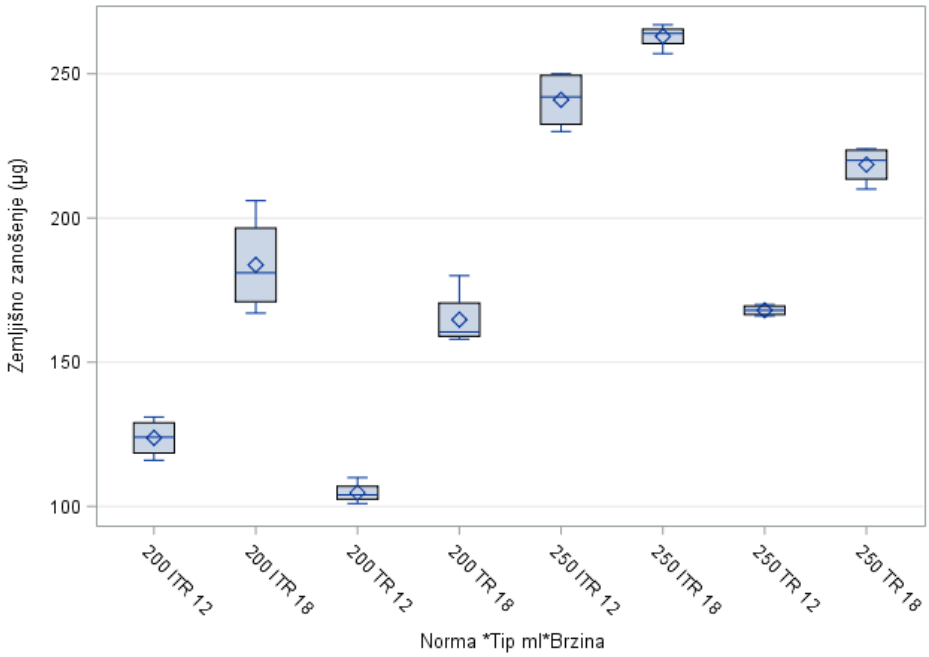
Tablica 27. $LSD_{0,05}$ test za zemljišno zanošenje

Čimbenici raspršivanja		Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
		$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$	$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$
A	A_1	222,63	25,55*	127,69	27,61*
	A_2	144,25		88,53	
B	B_1	202,88	36,01*	130,71	25,71*
	B_2	164,00		82,88	
C	C_1	207,50	34,42*	126,53	27,60*
	C_2	159,38		87,31	

A - norma raspršivanja (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

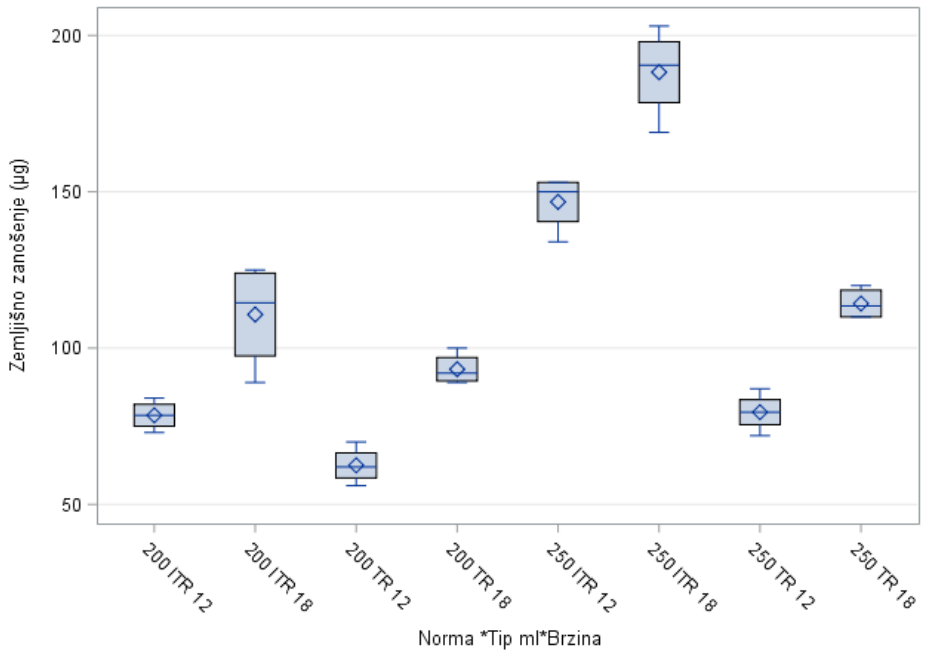
Analizom rezultata dobivenih $LSD_{0,05}$ testom uočava se da norma raspršivanja A_1 (250 l/ha) ostvaruje značajno veće zemljišno zanošenje za 35,20 % u odnosu na čimbenik A_2 (norma 200 l/h) primjenom konvencionalnog raspršivača *Tifon*e ($LSD_{0,05}$ = 25,55). Promatrajući čimbenik *B*, uočava se da *TR* mlaznice u odnosu na *ITR* mlaznice ostvaruju veće zemljišno zanošenje ($LSD_{0,05}$ = 36,01) za 19,16 %. Veće zemljišno zanošenje tekućine za 23,19 % ($LSD_{0,05}$ = 34,42) ostvario je čimbenik C_1 (brzina zračne struje od 18 m/s) u odnosu na čimbenik C_2 (brzina zračne struje od 12 m/s). Primjenom raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom, sukladno rezultatima u navedenoj tablici, utvrđeno je veće zemljišno zanošenje s normom raspršivanja od 250 l/ha (A_1) za 30,66 % u odnosu na normu raspršivanja od 200 l/ha ($LSD_{0,05}$ = 27,61). Istim sustavom raspršivanja utvrđena je statistička značajnost zemljišnog zanošenja ($LSD_{0,05}$ = 25,71) između čimbenika B_1 (*TR* mlaznica) za 36,67 % u odnosu na uporabu mlaznice *ITR* čimbenik B_2. Brzina zračne struje 18 m/s (čimbenik C_1) ostvarila je veće zemljišno zanošenja tekućine za 30,99 % od čimbenika C_2 (brzina zračne struje od 12 m/s). Usporedbom rezultata uzimajući u obzir sve čimbenike raspršivanja u navedenoj tablici uočava se da raspršivač sa sustavom senzora ostvaruje statistički značajno smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine.

Ostvarene vrijednosti distribucije zemljišnog zanošenja tekućine po jedinici površine (µg/1.050 cm^2) primjenom različitih sustava raspršivanja, s različitim tretmanima raspršivanja prikazane su u Grafikonima 15. i 16.



Grafikon 15. Distribucija zemljišnog zanošenja tekućine konvencionalnim raspršivanjem

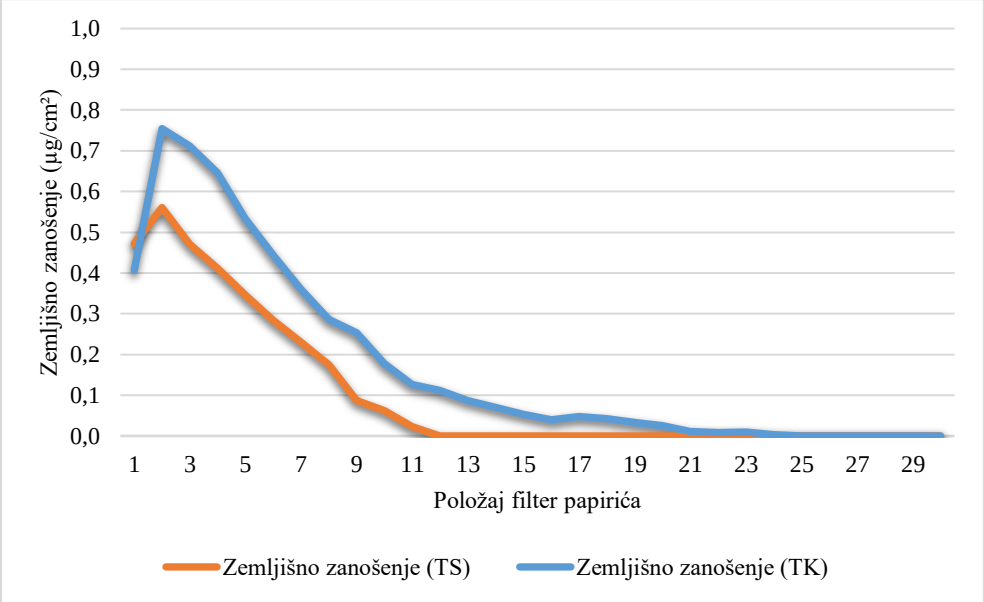
Analizirajući Grafikon 15. uočava se da tretman *200 TR 12* (norma 200 l/ha; *TR* mlaznice; brzina zračne struje 12 m/s) ostvaruje minimalne vrijednosti distribucije zemljišnog zanošenja, dok je najveća vrijednost distribucije zabilježena tretmanom *250 ITR 18* (norma 250 l/ha; *ITR* mlaznice; brzina zračne struje18 m/s).



Grafikon 16. Distribucija zemljišnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom

Promatrajući rezultate distribucije zemljišnog zanošenja eksploatacijom raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom uočava se da tretman *200 TR 12* (norma 200 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 12 m/s) ostvaruje najmanju vrijednost distribucije zemljišnog zanošenja tekućine, a najveću vrijednost distribucije ostvario je tretman *250 ITR 18* (norma 250 l/ha; *ITR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s).

Vrijednosti raspodjele zemljišnog zanošenja tekućine ostvarene s različitim sustavima raspršivanja (*TK - Tifone* konvencionalno i *TS - Tifone* senzorski) prikazane su u Grafikonu 17.



Grafikon 17. Ukupno zemljišno zanošenje za oba sustava raspršivanja

Analizom rezultata za sve primijenjene tretmane utvrđeno je smanjenje ukupnih vrijednosti zemljišnog zanošenja tekućine s povećanjem udaljenosti filter papirića od tretiranog reda. Uspoređujući dva sustava raspršivanja uočava se smanjenje vrijednosti zemljišnog zanošenja tekućine uporabom senzorskog sustava

Rezultati $LSD_{0,05}$ testa za zemljišno zanošenje tekućine raspršivačem *Tifon*e (konvencionalnim i senzorskim sustavom) za sve tretmanu prikazuje Tablica 28.

Tablica 28. $LSD_{0,05}$ test zemljišnog zanošenja za različite sustave raspršivanja

Sustav raspršivanja	Zemljišno zanošenje				
	$\overline{x}$	*F-test*	*p*	$LSD_{0,05}$	Otklon (%)
TK	183,42	40,0*	<,0001	23,45	40,46
TS	109,24				

TK - Tifone konvencionalno, *TS - Tifone* senzorski

Primjenom $LSD_{0,05}$ testa (Tablica 28.) utvrđeno je statistički značajno smanjenje zemljišno zanesene tekućine ($LSD_{0,05}$ = 23,45) uporabom senzorskog sustava od 40,46 %.

5.6.6. Zračno zanošenje s raspršivačem *Tifone* na 5 m

Tablica 29. prikazuje rezultate zračnog zanošenja tekućine na udaljenosti 5 m od tretiranog reda raspršivačem *Tifone*.

Tablica 29. Rezultati zračnog zanošenja tekućine na 5 m raspršivačem *Tifone*

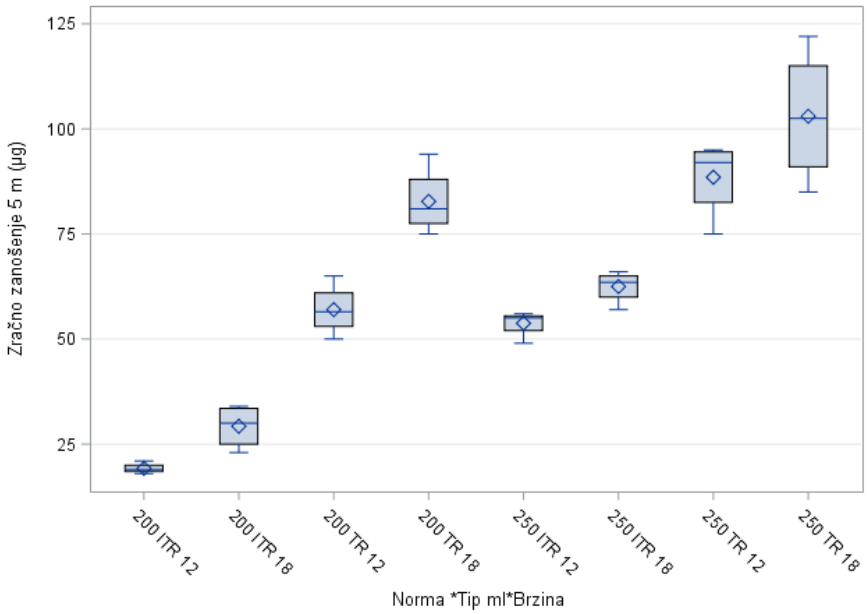
Tretman	N_r (l/ha)	Tip mlaznice	v_z (m/s)	Konvencionalni sustav			Senzorski sustav			Otklon (%)
				$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	
$A_1B_1C_1$	250	*TR*	12,00	25,27	0,93	10,46	8,00	0,10	3,58	68,34
$A_1B_1C_2$	250	*TR*	18,00	29,43	1,58	15,31	13,93	0,42	8,60	52,67
$A_1B_2C_1$	250	*ITR*	12,00	15,36	0,32	5,96	0,00	0,00	0,00	100,00
$A_1B_2C_2$	250	*ITR*	18,00	17,86	0,39	6,20	6,92	0,30	12,31	61,25
$A_2B_1C_1$	200	*TR*	12,00	16,29	0,62	10,81	6,35	0,29	12,91	61,02
$A_2B_1C_2$	200	*TR*	18,00	23,64	0,81	9,74	11,29	0,52	13,15	52,24
$A_2B_2C_1$	200	*ITR*	12,00	7,14	0,39	10,80	0,00	0,00	0,00	100,00
$A_2B_2C_2$	200	*ITR*	18,00	8,36	0,52	17,74	2,86	0,22	21,60	65,79

N_r - norma raspršivanja (l/ha), v_z - brzina zračne struje ventilatora (m/s)

Analizom prikupljenih filter papirića na nosaču postavljenom na 5 m ostvarene su vrijednosti zračnog zanošenja koje su prikazane u Tablici 29. Iz navedene tablice utvrđeno je da tretman $A_1B_1C_2$ (norma 250 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s) ostvaruje najveće zračno zanošenje (29,43 g/ha) uporabom konvencionalnog sustava raspršivanja s *Tifone* raspršivačem.

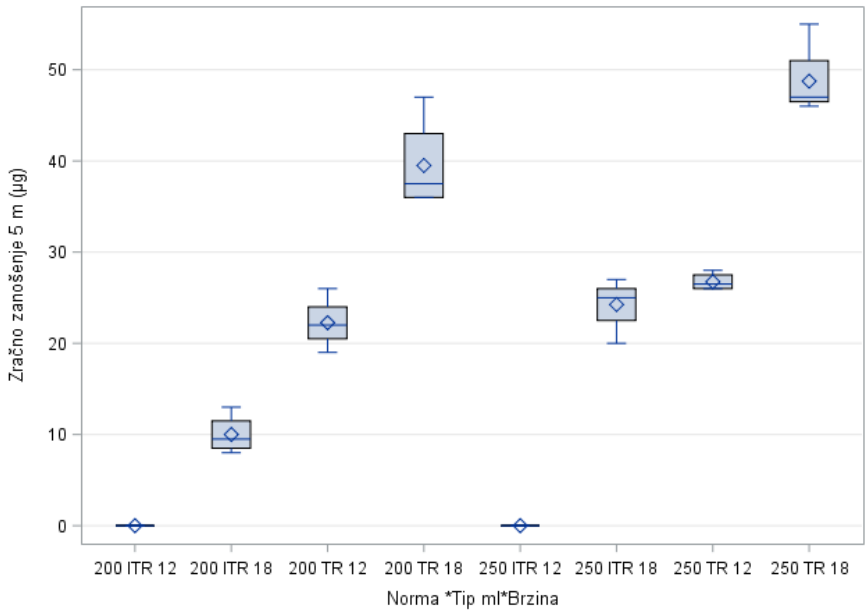
Istim raspršivačem minimalno zračno zanošenje iznosilo je 7,14 g/ha, a ostvareno je tretmanom $A_2B_2C_1$ (norma 200 l/ha; I*TR* mlaznica; brzina zračne struje 12 m/s). Najveće zračno zanošenje od 13,93 g/ha ostvareno je tretmanom $A_1B_1C_2$ raspršivačem *Tifone* sa senzorskim sustavom, dok je minimalna vrijednost (2,86 g/ha) zabilježena tretmanom $A_2B_2C_2$ (norma 200 l/ha; *ITR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s). Potpuni izostanak zračnog zanošenja ostvaren je tretmanima: $A_1B_2C_1$ i $A_2B_2C_1$.

Distribuciju zabilježenih vrijednosti zračnog zanošenja po jedinici površine (µg/350 cm^2) na udaljenosti 5 m od tretiranog reda sa oba sustava raspršivanja prikazuju Grafikoni 18. i 19.



Grafikon 18. Distribucija zračnog zanošenja konvencionalnim raspršivanjem na 5 m

Iz rezultata u Grafikonu 18. uočava se najveća ostvarena vrijednost distribucije zračnog zanošenja s tretmanom *250 TR 18* (norma 250 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s), dok je najmanja vrijednost distribucije ostvarena tretmanom *200 ITR 12* (norma 200 l/ha; *ITR* mlaznica; brzina zračne struje 12 m/s) konvencionalnim sustavom raspršivanja s *Tifone* raspršivačem.



Grafikon 19. Distribucija zračnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom na 5 m

Tretman *250 TR 18* (norma 250 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s) ostvario je najveću vrijednost distribucije zračnog zanošenja, dok tretmani *200 ITR 12* i *250 ITR 12* nisu zabilježili zračno zanošenje tekućine eksploatacijom raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom.

Analiza varijance za zračno zanošenje tekućine na 5 m udaljenosti od tretiranog reda, za glavne tehničke čimbenike raspršivanje te njihove interakcije prikazuje Tablica 30.

Tablica 30. Analiza varijance zračnog zanošenja na 5 m

ANOVA	Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
	F-test	*p*	*F-test*	*p*
A	84,14*	<,0001	46,57*	<0,001
B	178,45*	<,0001	630,24*	<0,001
C	14,33*	0,0009	320,93*	<,0001
AB	0,00 n.s.	0,9645	0,01 n.s.	0,90
AC	0,13 n.s.	0,7248	21,45*	0,0001
BC	11,45 n.s.	0,025	1,49 n.s	0,23
ABC	5,57 n.s.	0,0267	5,36*	0,03

A - norma raspršivanja (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

Analizom varijance za zračno zanošenje ispitivani čimbenici su: dvije norme raspršivanja (A_1 - 250 l/ha i A_2 - 200 l/ha), dva tipa mlaznica, (B_1 - *TR* mlaznica i B_2 - *ITR* mlaznica) i dvije brzine zraka (C_1 - 18 m/s i C_2 - 12 m/s). S obzirom na rezultate prikazane u Tablici 30. vidljiva je statistička značajnost ($p < 0,05$), utjecaja čimbenika *A* (F = 84,14*), čimbenika *B* (F = 178,45*) i čimbenika *C* (F = 14,33*), dok u slučaju njihovih interakcija nije zabilježena statistička značajnosti uporabom konvencionalnog sustava raspršivanja s *Tifone* raspršivačem. Primjenom raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom nije ostvarena statistički značajna razlika kod interakcije čimbenika norma x tip mlaznice (F = 0,01 n.s.) te tip mlaznice x brzina zračne struje (F = 1,49 n.s.).

Tablica 31. prikazuje rezultate $LSD_{0,05}$ testa za ispitivano svojstvo zračnog zanošenja na 5 m udaljenosti od tretiranog reda.

Tablica 31. $LSD_{0,05}$ test za zračno zanošenje na 5 m

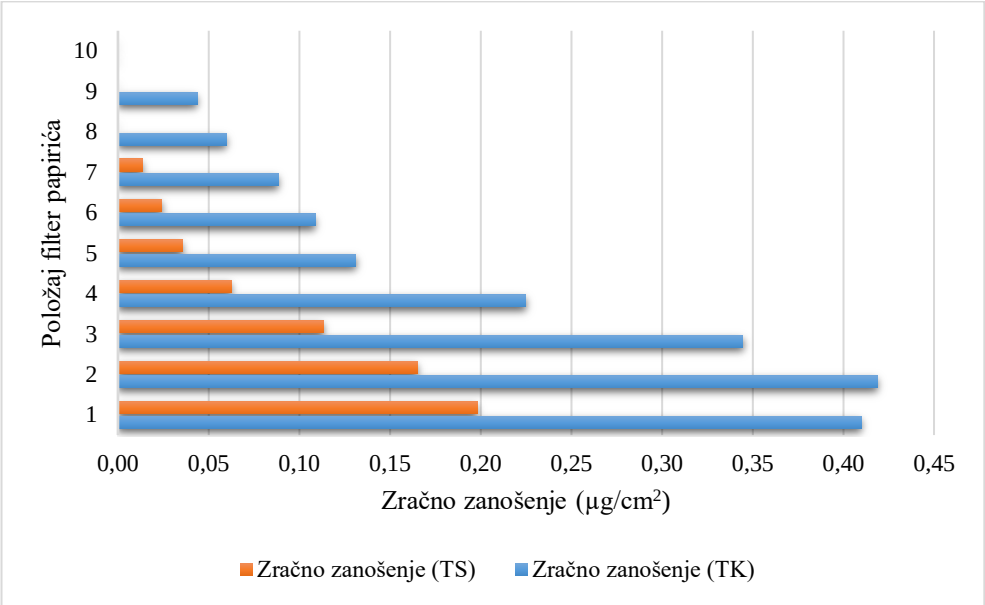
Čimbenici raspršivanja		Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
		$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$	$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$
A	A_1	76,94	16,90*	24,94	12,11 n.s.
	A_2	48,50		17,94	
B	B_1	82,81	13,17*	34,31	7,83*
	B_2	42,63		8,56	
C	C_1	69,38	19,32 n.s.	30,62	10,33*
	C_2	56,06		12,25	

A - norma raspršivača (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

Primjenom $LSD_{0,05}$ testa utvrđeno je da norma raspršivanja A_1 - 250 l/ha ostvaruje statistički značajno veće zanošenje ($LSD_{0,05}$ = 16,90) za 36,97 % u odnosu na normu raspršivanja 200 l/ha (A_2) primjenom konvencionalnog sustava raspršivanja s *Tifone* raspršivačem. Tip mlaznice *TR* (čimbenik B_1) ostvario je statistički značajno veće zanošenje tekućine ($LSD_{0,05}$ = 13,17) za 48,52 % s obzirom na mlaznice *ITR* (B_2). Za čimbenik C_1 (brzina zračne struje 18 m/s) nije utvrđeno statistički značajno veće zračno zanošenje s s obzirom na brzinu zraka 12 m/s (C_2). Analizom rezultata ostvarenih raspršivačem *Tifone* sa senzorskim sustavom uočava se da norma raspršivanja 250 l/ha (A_1) nije ostvarila statistički značajno veće zanošenje ($LSD_{0,05}$ = 19,32) u odnosu na čimbenik A_2 (norma 200 l/ha).

Statistička značajnost zračnog zanošenja ostvarena je primjenom čimbenika B_1 (*TR* mlaznica) za 75,05 % u odnosu na uporabu mlaznice *ITR* (čimbenik B_2). Brzina zračne struje 12 m/s (čimbenik C_2) ostvarila je statistički značajno manje zračno zanošenje ($LSD_{0,05}$ = 10,33) za 59,99 % , s obzirom na brzinu zraka od 18 m/s. Navedeni rezultati $LSD_{0,05}$ testa prikazani su u Tablici 31.

Grafikon 18. prikazuje raspodjelu prosječnih vrijednosti zračnog zanošenja na 5 m udaljenosti od tretiranog reda za sve tretmane.



Grafikon 20. Zračno zanošenje na 5 m konvencionalnim i senzorskim raspršivanjem

Promatrajući Grafikon 20. uočava se značajno smanjenje prosječne vrijednosti zračno zanesene tekućine na 5 m udaljenosti sa povećanjem visine postavljenih filter papirića primjenom raspršivača sa senzorskim sustavom (*TS*).

Tablica 31. prikazuje rezultate $LSD_{0,05}$ testa za ukupne vrijednosti zračnog zanošenja tekućine ostvarene za sve tretmane uporabom raspršivača *Tifone*.

Tablica 32. $LSD_{0,05}$ test zračnog zanošenja na 5m za različite sustave raspršivanja

Sustav raspršivanja	$\overline{x}$	*F-test*	*p*	$LSD_{0,05}$	Otklon (%)
TK	64,12	62,39*	<,0001	10,78	66,70
TS	21,43				

TK - *Tifone* konvencionalno, *TS* - *Tifone* senzorski

Promatrajući rezultate $LSD_{0,05}$ testa vidljivo da je konvencionalni sustav raspršivanja s *Tifone* raspršivačem ostvario statistički veće zračno zanošenje tekućine za 66,70 % u odnosu na raspršivač *Tifone* sa senzorskim sustavom ($LSD_{0,05}$ = 10,78).

5.6.7. Zračno zanošenje tekućine raspršivačem *Tifone* na 10 m

Ostvarene rezultate zračnog zanošenja tekućine na 10 m udaljenosti pojedinim tretmanom primjenom raspršivača *Tifone* s dva sustava raspršivanja prikazuje Tablica 33.

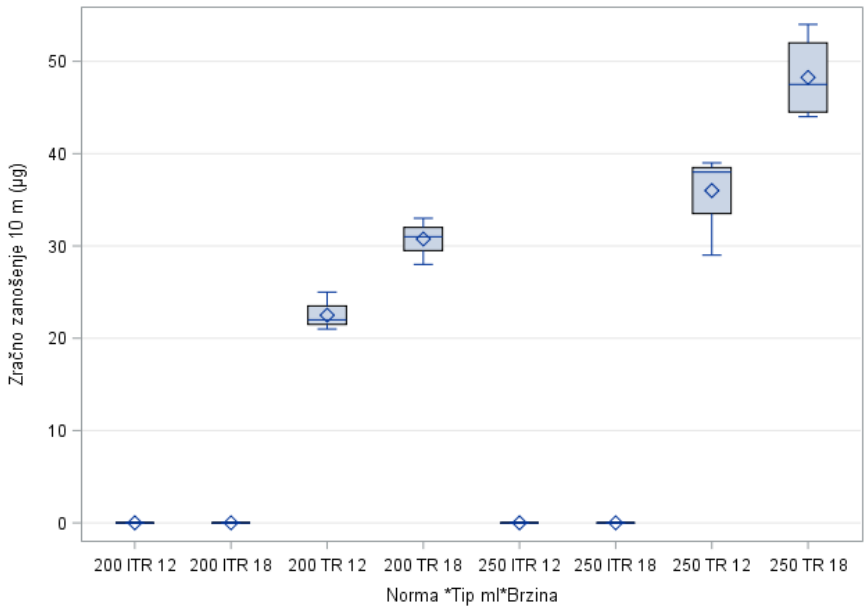
Tablica 33. Rezultati zračnog zanošenja na 10 m raspršivačem *Tifone*

Tretman	N_r (l/ha)	Tip mlaznice	v_z (m/s)	Konvencionalni sustav			Senzorski sustav			Otklon (%)
				$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	
$A_1B_1C_1$	250	*TR*	12,00	10,29	0,47	13,03	0,00	0,00	0,00	100,00
$A_1B_1C_2$	250	*TR*	18,00	13,79	0,46	9,63	5,79	0,33	16,32	58,01
$A_1B_2C_1$	250	*ITR*	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$A_1B_2C_2$	250	*ITR*	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$A_2B_1C_1$	200	*TR*	12,00	9,29	0,31	9,57	0,00	0,00	0,00	100,00
$A_2B_1C_2$	200	*TR*	18,00	7,42	0,41	15,70	2,29	0,24	30,62	69,14
$A_2B_2C_1$	200	*ITR*	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$A_2B_2C_2$	200	*ITR*	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

N_r - norma raspršivanja (l/ha), v_z - brzina zračne struje (m/s)

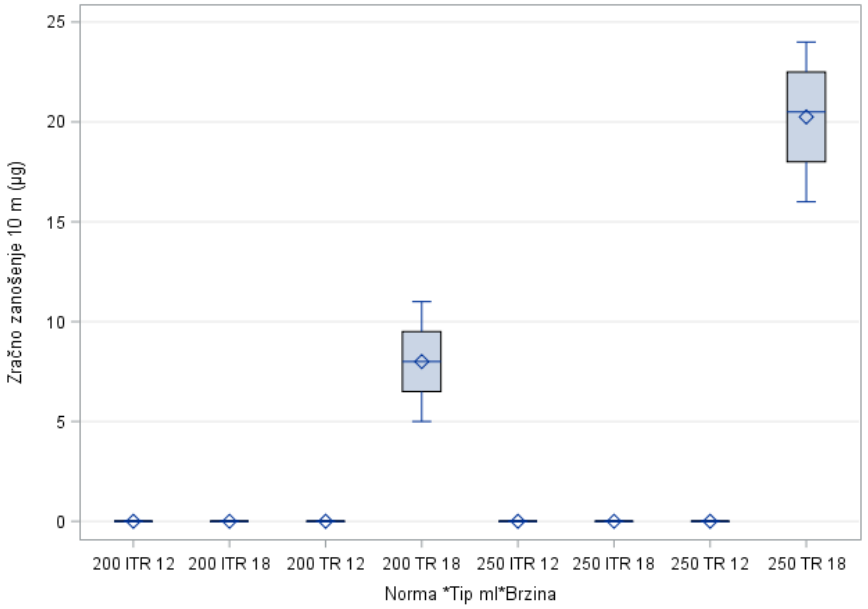
Promatrajuću rezultate zračnog zanošenja konvencionalnim sustavom raspršivanja s *Tifone* raspršivačem uočava se da je najveće zanošenje od 13,79 g/ha ostvario tretman $A_1B_1C_2$ (norma 250 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s), dok tretmani s *ITR* mlaznicom nisu ostvarili zračno zanošenje. Eksploatacijom raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom tretman $A_1B_1C_2$ (norma 250 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s) ostvario je najveće zračno zanošenje od 5,79 g/ha, dok je najmanju vrijednost od 2,29 g/ha ostvario tretman $A_2B_1C_2$ (norma 200 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s). Usporedbom ostvarenih vrijednosti zračnog zanošenja s dva sustava raspršivanja uočava se smanjenje zanošenja od 100 % kod tretmana $A_1B_1C_1$ i $A_2B_1C_1$.

Grafikoni 21. i 22. prikazuju distribuciju zračnog zanošenja na 10 m udaljenosti od tretiranog reda, s različito podešenim glavnim tehničkim čimbenicima raspršivanja.



Grafikon 21. Distribucija zračnog zanošenja konvencionalnim raspršivanjem na 10 m

Najveća vrijednost distribucije zračnog zanošenja po jedinici površine (µg/350 cm^2) ostvarena je tretmanom *250 TR 18* (norma 250 l/ha; *TR* mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s), dok tretmani gdje je uporabljena *ITR* mlaznica nisu zabilježili distribuciju zanesene tekućine (Grafikon 21.).



Grafikon 22. Distribucija zračnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom na 10 m

Eksploatacijom raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom ostvarene su vrijednosti distribucije zračnog zanošenja koje prikazuje Grafikon 22.

U navedenom grafikonu vidljivo je da vrijednost distribucije zanesene tekućine ostvaruju tretmani *250 TR 18* (norma 250 l/ha; TR mlaznica; brzina zračne struje 18 m/s) i *200 TR 18* (norma 200 l/ha; TR mlaznica; brzina zračne struje 18m/s), dok u ostalim tretmanima nije zabilježena distribucija zračnog zanošenja.

Rezultati analize varijance za ispitivano svojstvo zračnog zanošenja tekućine na 10 m udaljenosti od tretiranog reda prikazani su u Tablici 34.

Tablica 34. Analiza varijance zračnog zanošenja na 10 m

ANOVA	Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
	F-test	*p*	*F-test*	*p*
A	75,62*	<,0001	35,48*	<0,001
B	187,70*	<,0001	188,70*	<0,001
C	33,07*	<,0001	188,70*	<,0001
AB	75,62 *	<,0001	35,48*	<,0001
AC	1,26 n.s.	0,273	35,48*	<,0001
BC	33,07*	<,0001	188,70*	<,0001
ABC	1,26 n.s.	0,273	35,48*	<,0001

A - norma raspršivača (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

Analizirajući navedenu tablicu uočava se statistička značajnost svih ispitivani čimbenika, osim interakcije čimbenika *AC* (F = 1,26 n.s.) i *ABC* (F = 1,26 n.s.) uporabom konvencionalnog sustava raspršivanja s Tifone raspršivačem. Rezultati analize varijance pokazuju da je uporabom raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom u svim slučajevima ostvarena statistička značajnost između ispitivanih čimbenika i interakcije između njih.

Tablica 35. prikazuje rezultate $LSD_{0,05}$ testa zračnog zanošenja na 10 m udaljenosti od tretiranog reda uporabom raspršivača *Tifone* s dva sustava raspršivanja.

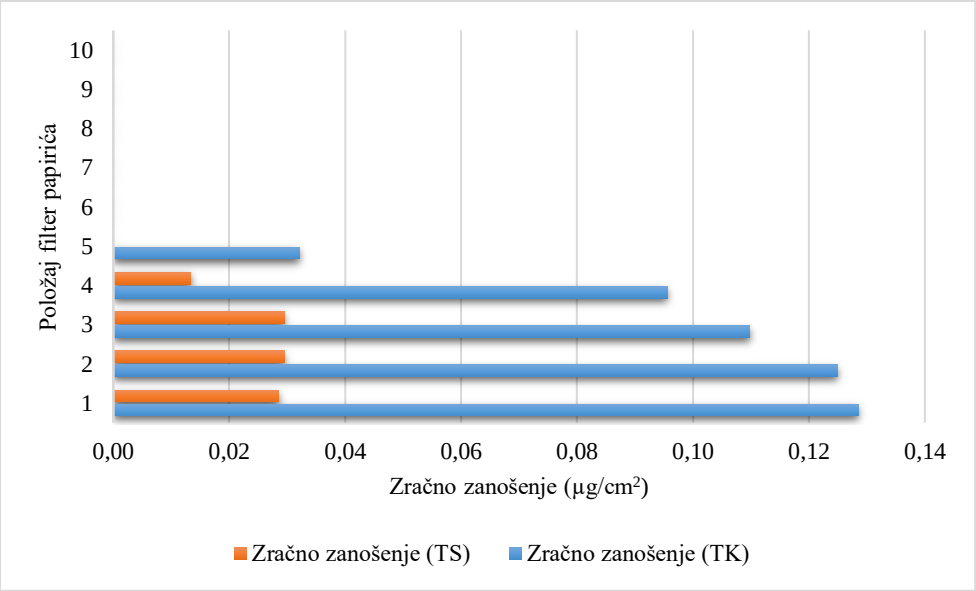
Tablica 35. $LSD_{0,05}$ test za zračno zanošenje na 10 m

Čimbenici raspršivanja		Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
		$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$	$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$
A	A_1	21,06	13,52 n.s.	5,06	5,05 n.s.
	A_2	13,31		2,00	
B	B_1	34,37	0,52*	7,06	4,46*
	B_2	0,00		0,00	
C	C_1	19,75	13,69 n.s.	7,06	4,46*
	C_2	14,63		0,00	

A - norma raspršivača (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

Primjenom $LSD_{0,05}$ testa utvrđeno je da tip mlaznice *TR* (čimbenik B_1) statistički značajno utječe na smanjenje zračnog zanošenja ($LSD_{0,05}$ = 0,52) za 100 % u odnosu na *ITR* mlaznicu (čimbenik B_2). Za ostale ispitivane čimbenike nije zabilježena statistička značajnost primjenom konvencionalnog sustava raspršivanja s *Tifone* raspršivačem. Promatranjem dobivenih vrijednosti uporabom raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom uočava se da norma raspršivanja 250 l/ha (čimbenik - A_1) ne ostvaruje statistički značajno povećanje zračnog zanošenja ($LSD_{0,05}$ = 5,05 n.s.) u odnosu na normu raspršivanja 200 l/ha (čimbenik - A_2). Statistički značajne razlike smanjenja zračnog zanošenja utvrđene su za čimbenik *B* ($LSD_{0,05}$ = 4,46 *) i čimbenik *C* ($LSD_{0,05}$ = 4,46 *).

Grafikon 23. prikazuje prosječne vrijednosti zračno zanesene tekućine na udaljenosti 10 m od tretiranog reda za sve tretmane.



Grafikon 23. Zračno zanošenje na 10 m konvencionalnog i senzorskog raspršivanja

Smanjenje prosječne količine zračno zanesene tekućine s povećanjem visine filter papirića vidljivo je u Grafikonu 23. Iz navedenog grafikona uočava se da su vrijednosti zračnog zanošenja tekućine uporabom senzorskog sustava značajno manje u odnosu na konvencionalno raspršivanje. Tablica 36. prikazuje vrijednosti $LSD_{0,05}$ testa za vrijednosti zračnog zanošenja na 10 m ostvarene za sve tretmane uporabom raspršivača *Tifone* s dva sustava raspršivanja.

Tablica 36. $LSD_{0,05}$ test zračnog zanošenja na 10 m za različite sustave raspršivanja

Sustav raspršivanja	$\overline{x}$	*F-test*	*p*	$LSD_{0,05}$	Otklon (%)
TK	17,22	14,74*	0,0003	7,10	79,65
TS	3,51				

TK - *Tifone* konvencionalno, *TS* - *Tifone* senzorski

Konvencionalni sustava raspršivanja s *Tifone* raspršivačem ostvario je prosječnu vrijednost zračnog zanošenja tekućine od 17,22 dok je senzorskim sustavom ostvarena prosječna vrijednost iznosila 3,51. Primjenom $LSD_{0,05}$ testa utvrđeno je statistički značajno smanjenje zračnog zanošenja ($LSD_{0,05}$ = 7,10) za 79,65 % između dva sustava raspršivanja.

5.6.8. Rezultati mjerenja depozita u krošnji raspršivačem *Tifone*

Analizom filter papirića za prikupljanje depozita postavljenima u tri razine krošnje dobiveni su rezultati po pojedinom tretmanu s različitim sustavima raspršivanja (Tablica 37.).

Tablica 37. Rezultati mjerenja depozita u krošnji raspršivačem *Tifone*

Tretman	N_r (l/ha)	Tip mlaznice	v_z (m/s)	Konvencionalni sustav			Senzorski sustav			Otklon (%)
				$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	$\overline{x}$ (g/ha)	σ	*K.V.* (%)	
$A_1B_1C_1$	250	*TR*	12,00	295,42	0,70	0,57	289,00	1,38	1,14	2,17
$A_1B_1C_2$	250	*TR*	18,00	299,17	1,01	0,81	299,30	1,31	1,04	0,04
$A_1B_2C_1$	250	*ITR*	12,00	297,00	1,29	1,04	293,10	2,70	2,20	1,31
$A_1B_2C_2$	250	*ITR*	18,00	314,20	2,52	0,39	309,80	2,41	1,85	1,40
$A_2B_1C_1$	200	*TR*	12,00	281,10	6,48	5,49	277,00	8,95	7,69	1,46
$A_2B_1C_2$	200	*TR*	18,00	284,00	3,29	2,76	280,00	8,61	7,32	1,41
$A_2B_2C_1$	200	*ITR*	12,00	285,80	2,14	1,78	281,60	4,35	3,85	1,47
$A_2B_2C_2$	200	*ITR*	18,00	287,20	6,08	5,04	282,10	6,33	5,34	1,78

A - norma raspršivanja (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

U Tablici 37. prikazane su vrijednosti depozita od najvećih 314,20 g/ha (tretman $A_1B_2C_2$) do najmanjih 281,10 g/ha (tretman $A_2B_1C_1$) primjenom konvencionalnog sustava raspršivanja s *Tifone* raspršivačem. Maksimalni depozit u krošnji uporabom raspršivača sa senzorskim sustavom zabilježen je tretmanom $A_1B_2C_2$ (309,80 g/ha), dok je tretman $A_2B_1C_1$ ostvario minimalnu vrijednost depozita u krošnji od 277,00 g/ha. Promatrajući rezultate ostvarene različitim sustavima raspršivanja uočava se da nema značajne razlike između dobivenih vrijednosti. Najveći otklon između konvencionalnog i senzorskog sustava iznosio je 2,17 % (tretman $A_1B_1C_1$), dok je minimalni otklon 0,04 % dobiven u tretmanu $A_1B_1C_2$. Analiza varijance za ispitivano svojstvo depozita u krošnji prikazana je u Tablici 38.

Tablica 38. Analiza varijance za ispitivano svojstvo depozita u krošnji

ANOVA	Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
	F-test	*p*	*F-test*	*p*
A	3,31 n.s.	0,08	1,90 n.s.	0,18
B	0,12 n.s.	0,73	0,29 n.s.	0,59
C	1,37 n.s.	0,25	1,19 n.s.	0,29
AB	0,01 n.s.	0,93	0,05 n.s.	0,82
AC	0,00 n.s.	0,99	0,02 n.s.	0,90
BC	0,02 n.s.	0,90	0,20 n.s.	0,66
ABC	0,02 n.s.	0,90	0,00 n.s.	0,97

A - norma raspršivača (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

Na osnovu rezultata dobivenih analizom varijance prikazanih u Tablici 38. uočava se da između svih ispitivanih čimbenika i njihovih interakcija nema statistički značajnih razlika eksploatacijom oba sustava raspršivanja raspršivačem *Tifone*.

Tablica 39. prikazuje $LSD_{0,05}$ vrijednosti za ispitivano svojstvo depozita u krošnji raspršivačem *Tifone* s dva sustava raspršivanja.

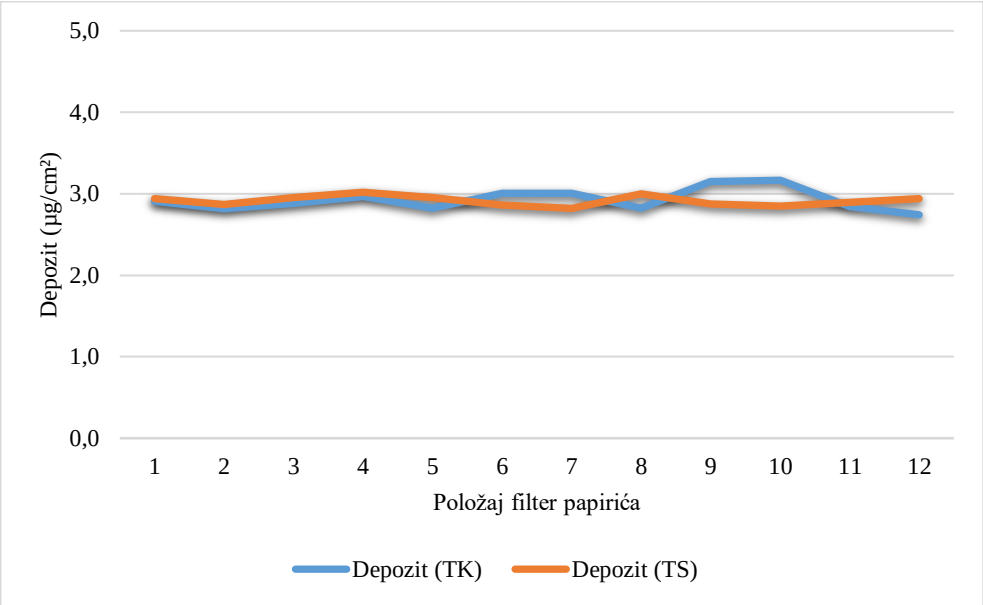
Tablica 39. $LSD_{0,05}$ test za depozit u krošnji

Čimbenici raspršivanja		Konvencionalni sustav		Senzorski sustav	
		$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$	$\overline{x}$	$LSD_{0,05}$
A	A_1	1.238,00	17,86 n.s.	1.233,99	26,44 n.s.
	A_2	1.220,13		1.214,75	
B	B_1	1.231,63	18,89 n.s.	1.227,13	27,26 n.s.
	B_2	1.228,75		1.229,96	
C	C_1	1.235,93	18,47 n.s.	1.231,00	26,80 n.s.
	C_2	1.224,87		1.215,74	

A - norma raspršivača (l/ha); *B* - tip mlaznice; *C* - brzina zračne struje (m/s)

Iz Tablice 39. vidljivo je da čimbenici: norma raspršivanja (*A*), tip mlaznice (*B*) i brzina zračne struje (*C*) kao i njihove interakcije nisu ostvarile statističku značajnosti uporabom konvencionalnog i senzorskog sustava raspršivanja.

Grafikon 24. prikazuje raspodjelu prosječnih vrijednosti depozita u krošnji ostvarenih različito podešenim tehničkim čimbenicima raspršivanja s obzirom na različite sustave raspršivanja.



Grafikon 24. Depozit u krošnji za sve tretmane konvencionalnog i senzorskog raspršivanja

Na osnovu dobivenih vrijednosti prosječne raspodjele depozita u krošnji. uočava se vrlo mali otklon u dobivenim vrijednostima između dva sustava raspršivanja.Vrijednosti $LSD_{0,05}$ testa za sve tretmane primjenom raspršivača *Tifone* s dva različita sustava raspršivanja prikazuje Tablica 40.

Tablica 40. $LSD_{0,05}$ test depozita u krošnji za različite sustave raspršivanja

Sustav raspršivanja	$\overline{x}$	*F-test*	*p*	$LSD_{0,05}$	Otklon (%)
TK	1.229,43	0,68 n.s.	0,41	14,97	0,50
TS	1.223,27				

TK - *Tifone* konvencionalno, *TS* - *Tifone* senzorski

Usporedbom rezultata $LSD_{0,05}$ testa utvrđeno je da nema statistički značajne razlike depozita u krošnji primjenom senzorskog načina raspršivanja u odnosu na konvencionalni način. Otklon između dva sustava raspršivanja iznosio je 0,5 %.

5.6.9. Rezultati usporedbe svojstava istraživanja za raspršivače *Agromehanika* i *Tifone*

Pravilan odabir raspršivača prema vrsti i uzgojnom obliku nasada jedan je od glavnih preduvjeta za uspješnu aplikaciju. Na osnovu rezultata ovog istraživanja uspoređena su dva tipa raspršivača s različitim sustavima raspršivanja s ciljem određivanja pogodnijeg sustava za ispitivani nasad. Vrijednosti $LSD_{0,05}$ testa za glavne čimbenike raspršivanja s obzirom na strojeve u eksploataciji konvencionalnim i senzorskim sustavom aplikacije prikazuje Tablica 41.

Tablica 41. $LSD_{0,05}$ test za čimbenike konvencionalnog raspršivanja s različitim raspršivačima

Ispitivana svojstva	*Agromehanika*	*Tifone*	Statističke vrijednosti			
	$\overline{x}$	$\overline{x}$	*F-test*	*p*	$LSD_{0,05}$	Otklon (%)
Zemljišno zanošenje	177,34	183,44	0,24 n.s.	0,62	24,64	3,33
Zračno zanošenje 5 m	52,38	64,06	3,74 n.s.	0,06	12,08	18,24
Zračno zanošenje 10 m	16,66	17,19	0,01 n.s.	0,92	9,98	3,09
Depozit u krošnji	1.254,62	1.229,40	7,26*	0,01	18,71	2,01

* statistički značajno

Analizom rezultata $LSD_{0,05}$ testa uočava se da nema statistički značajnih razlika između primjene konvencionalnih raspršivača (*Agromehanika* i *Tifone*) osim za ispitivano svojstvo depozita u krošnji ($LSD_{0,05}$ = 7,26). Najveći otklon ostvaren je za svojstvo zračnog zanošenja tekućine na 5 m udaljenosti od tretiranog reda u iznosu od 18,24 %, dok je minimalni otklon od 2,01 % zabilježen za vrijednosti depozita u krošnji.

Tablica 42. prikazuje ostvarene vrijednosti $LSD_{0,05}$ test za ispitivana svojstva raspršivanja s različitim raspršivačima (*Agromehanika* i *Tifone*) sa senzorskim sustavom.

Tablica 42. $LSD_{0,05}$ test za čimbenike raspršivanja s različitim raspršivačima sa senzorskim sustavom

Ispitivana svojstva	*Agromehanika*	*Tifone*	Statističke vrijednosti			
	$\overline{x}$	$\overline{x}$	*F-test*	*p*	$LSD_{0,05}$	Otklon (%)
Zemljišno zanošenje	90,94	106,97	3,11 n.s.	0,08	18,17	14,98
Zračno zanošenje 5 m	21,34	21,44	0,00 n.s.	0,99	8,32	0,29
Zračno zanošenje 10 m	3,16	3,53	0,05 n.s.	0,82	3,21	10,62
Depozit u krošnji	1.240,90	1.223,34	3,19 n.s.	0,08	19,66	1,41

* statistički značajno

Rezultati $LSD_{0,05}$ testa pokazuju da nije utvrđena statistički značajna razlika za svojstva raspršivanja prijmjenom dvaju različitih raspršivača (*Agromehanika* i *Tifone*) opremljenih senzorskim sustavom.

Rezultati $LSD_{0,05}$ za raspršivače *Agromehanika* i *Tifone* s konvencionalnim i senzorskim načinom raspršivanja prikazani su u Tablici 43.

Tablica 43. $LSD_{0,05}$ test za ispitivana svojstva različitim raspršivačima sa oba sustava raspršivanja

Ispitivana svojstva	*Agromehanika*	*Tifone*	Statističke vrijednosti			
	$\overline{x}$	$\overline{x}$	*F-test*	*p*	$LSD_{0,05}$	Otklon (%)
Zemljišno zanošenje	134,14	145,20	1,11 n.s.	0,29	20,81	7,61
Zračno zanošenje 5 m	36,86	42,75	1,42 n.s.	0,24	9,75	13,74
Zračno zanošenje 10 m	9,91	10,36	0,02 n.s.	0,87	5,68	4,37
Depozit u krošnji	1.247,76	1.226,38	9,89*	0,01	13,46	1,71

* statistički značajno

Iz Tablice 43. jasno je vidljivo da nema statistički značajnih razlika za ispitivana svojstva raspršivanja, osim za depozit tekućine u krošnji ($LSD_{0,05}$ = 9,89), primjenom oba sustava rada raspršivača.

6. RASPRAVA

6.1. Tehnički pregled raspršivača

Krajem 80-tih godina započeo je tehnički pregled prskalica i raspršivača u Europskoj uniji. Republika Hrvatska kao članica Europske unije preuzela je zakonodavstvo iz područja poljoprivrede koje nalaže provođenje akcijskog plana o održivoj uporabi pesticida na osnovu direktive *2009/128/EC i 2006/42/EC*. Usvojeni zakon o održivoj uporabi pesticida sadrži skup pravila i smjernica za utvrđivanje ispravnosti tehničkih sustava u zaštiti bilja, te provedbu postupka pregleda prskalica i raspršivača.

Istraživači koji proučavaju unaprjeđenje tehničkih sustava u zaštiti bilja i kvalitetom aplikacije zaštitnih sredstava navode da tehnički ispravan stroj može u velikoj mjeri poboljšati učinkovitost stroja i smanjiti onečišćenje okoliša (Tadić, 2013.;Wegener, 2014.).

Prema McFadden-Smith, (2003.) strojevi za zaštitu bilja trebaju biti tehnički ispravni da bi ostvarili odgovarajući radni potencijal. Testiranja tehničke ispravnosti raspršivača i prskalica tijekom 2012. godine u Republici Hrvatskoj provode Banaj i sur. (2012.), te utvrđuju da su u 60 % slučajeva glavni razlozi lošeg stanja strojeva neispravni manometri i istrošene mlaznice.

Tehnička ispravnosti raspršivača *Agromehanika* i *Tifone* korištenih u ovom istraživanju testirana je prema Zakonu o održivoj uporabi pesticida. Broj okretaja *PVT*-a na traktoru *Torpedo 6006K* s kojim su pogonjeni eksploatirani raspršivači iznosio je 542 min^{-1} što je u skladu sa zadanim vrijednostima te omogućuje nastavak tehničkog pregleda raspršivača. Tehnički pregled crpke obavljen je elektromagnetskim mjeračem protoka tvrtke *Krohne* gdje su crpke ostvarile kapacitet s dozvoljenim odstupanjem manjim od 10 % (*Agromehanika BM 65/30 4,69 % i Tifone 110 VD 2,74 %*).

Izmjereni protoci mlaznica u skladu su s *ISO 22866* standardom: *Lechler TR 8002C* (0,83 l/min; KV = 0,76 %) i *Lechler ITR 8002C* (0,83 l/min; KV = 0,75 %) što u potpunosti zadovoljava tehničku ispravnost. Slične rezultate ispitivanja ispravnosti mlaznica ostvarili su Solanelles i sur. (2012.) ispitujući protok 11 tipova mlaznica od četiri proizvođača s radnim tlakovima preporučenima za određeni tip mlaznice.

Na osnovu rezultata uočena su odstupanja izmjerenih protoka mlaznica *Lechler TR* 80015; 8002; 8003 manja od 5 % u odnosu na dopuštene vrijednosti pri radnom tlaku od 10 bar što je u skladu s rezultatima zabilježenim u ovom istraživanju gdje je prosječno odstupanje iznosilo 3,61 %.

Ispravnost manometara instaliranih na raspršivačima tehnički je pregledana prema navedenom zakonu koji dozvoljava otklon od 10 % s obzirom na radne tlakove u različitim ispitnim područjima. Manometar *Agromehanika Cl. 1,6* (promjera 63 mm), instaliran na raspršivaču *Agromehanika* ostvario je otklon od 1,28 do 4,21 % dok su vrijednosti ispitivanog manometra istog proizvođača instaliranog na raspršivač *Tifone* iznosile od 0,4 do 9,09 %. Prema navedenim rezultatima utvrđena je tehnička ispravnost ispitivanih manometara jer su odstupanja manja od 10 %.

Vrijednosti sukladne s provedenim mjerenjima zabilježio je Tadić (2013.) testiranjem manometara na raspršivačima *Hardi Zaturni* i *Hardi Arrow* gdje su izmjerene vrijednosti iznosile od minimalnih 0,99 % do maksimalnih 4 % otklona od deklariranih vrijednosti.

6.2. Meteorološki uvjeti

Istraživanje je obavljeno tijekom svibnja 2017. godine, pri čemu su ispoštovani svi preporučeni vremenski uvjeti za uspješnu aplikaciju pesticida. Pod preporučenim vremenskim uvjetima podrazumijeva se temperatura zraka između 15-22 °C, brzina vjetra manja od 3 m/s i relativna vlažnost zraka iznad 60 %. Utjecaj vremenskih uvjeta prilikom primjene zaštitnih sredstava proučava cijeli niz autora, koji zaključuju da nepovoljna brzina i smjer vjetra u znatnoj mjeri mogu povećati zračno zanošenje tekućine.

U prilog tome Nuyttens i sur. (2005.) navode da su najznačajniji meteorološki uvjeti prilikom aplikacije temperatura zraka i brzina vjetra te je poštivanjem preporučenih vrijednosti moguće značajno unaprijediti aplikaciju i smanjiti zanošenje tekućine.

Iz navedenih razloga ovo istraživanje se provodilo samo kada su vremenski uvjeti zadovoljavali preporučene vrijednosti vremenskih čimbenika bitnih za pravilnu primjenu zaštitnih sredstava.

Prosječna temperatura zraka izmjerena tijekom eksploatacije konvencionalnog sustava raspršivanja s raspršivačem *Agromehanika* iznosila je 21,9 °C, s vrijednostima od 19,8 do 24,3 °C. Prosječna temperatura zraka za sve tretmane primjenom raspršivača *Agromehanika* sa senzorskim sustavom iznosila je 21,9 °C, s rasponom vrijednosti (19,8-24,2 °C).

Vrlo slični rezultati zabilježeni su primjenom konvencionalnog sustava raspršivanja s raspršivačem *Tifone* s prosječnom temperaturom zraka od 21,8 °C (od 19,4 do 24,8 °C). Prosječna temperatura zraka izmjerena tijekom tretmana raspršivačem sa senzorskim sustavom iznosila je 21,6 °C (od 19,2 do 25,1 °C). S obzirom na zabilježene vrijednosti možemo utvrditi da je utjecaj temperature zraka na ispitivana svojstva bio minimalan i u skladu s preporučenim vrijednostima. Ovakve male razlike u vrijednostima temperature zraka između pojedinog tretmana (konvencionalnog i senzorskog sustava) zabilježene su zbog vrlo male vremenske razlike u obavljanu tretmana koje je iznosilo oko 20 min. Slične rezultate temperature zraka od 16,9 do 21,2 °C zabilježili su Jejčič i sur. (2011.) prilikom istraživanja uporabe ultrazvučnih senzora u nasadu jabuke.

Prosječna relativna vlažnost zraka u vrijeme primjene konvencionalne aplikacije **s** raspršivačem *Agromehanika* iznosila je 61,7 %, dok je tijekom eksploatacije raspršivača sa senzorskim sustavom prosječna relativna vlažnost iznosila 61,6 %. Eksploatacijom raspršivača *Tifone* (konvencionalno i sa senzorskim sustavom) zabilježena je prosječna vrijednost relativne vlažnosti zraka od 60,9 %.

Brzina vjetra zabilježena je od minimalnih 0,2 m/s do maksimalnih 1,4 m/s, s prosječnom vrijednosti od 0,68 m/s eksploatacijom konvencionalnog sustava raspršivanja s raspršivačem *Agromehanika*. Usporedbom brzine vjetra izmjerenom za vrijeme rada raspršivača *Agromehanika* sa senzorskim sustavom dobiveni su vrlo slični rezultati (0,3-1,4 m/s) s prosjekom od 0,75 m/s (Tablica 7.). Zabilježene brzine vjetra tijekom primjene konvencionalnog sustava raspršivanja s raspršivačem *Tifone* iznosile su od 0,4 do 1,2 m/s, dok je prosječna brzina iznosila 0,79 m/s . Prosječna brzina vjetra uporabom raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom iznosila je 0,94 m/s s vrijednostima od 0,7 do 1,3 m/s (Tablica 8.).

S obzirom na ovo istraživanje koje se provodilo u poljskim uvjetima brzina vjetra kao čimbenik koji utječe na pojavu zanošenja tekućine ne može se potpuno isključiti. Međutim, prema izmjerenim brzinama vjetra može se zaključiti da su vrijednosti u skladu s *ISO* normom *22866:2005* koja propisuje dozvoljene brzine vjetra do 3 m/s.

Važnost utjecaja brzine i smjera vjetra na zračno i zemljišno zanošenje tekućine analiziraju Grella i sur. (2017.). Temeljem dobivenih rezultata utvrđuju 24 % varijabilnosti zračnog zanošenja tekućine promjenom smjera i povećanjem brzine vjetra veće od 3 m/s (1,1-10,8 m/s). Također, uočavaju da nepovoljna brzina i smjer vjetra poništavaju povoljan utjecaj smanjenja brzine zračne struje ventilatora na zračno zanošenje tekućine.

Usporedbom izmjerenih brzina vjetra u ovom istraživanju s vrijednostima navedenog autora može se utvrditi da je utjecaj vjetra minimaliziran. Prosječna brzina zračne struje nije prelazila 1 m/s, koju autor navodi kao granicu početka varijabilnosti zanošenja tekućine. Iz prikazanih rezultata praćenja vremenskih uvjeta prilikom izvođenja ovog istraživanja može se zaključiti da su brzina vjetra, temperatura zraka i relativna vlažnost bili gotovo u idealnim granicama i u skladu s pravilima zaštite bilja. Radno područje ultrazvučnih senzora za selektivnu aplikaciju korištenih u ovom istraživanju je od -25 do +70 °C, te je u potpunosti otklonjen utjecaj temperature zraka na točnost očitanja.

6.3. Glavni tehnički čimbenici raspršivanja

Postoji niz izazova s kojima se susreću istraživači prilikom mjerenja depozita i zanošenja tekućine tijekom raspršivanja zaštitnih sredstava. Mnogi čimbenici utječu na preciznost i ponovljivost mjerenja da bi se ostvarili reprezentativni rezultati koji bi pomogli u shvaćanju pojave zanošenja tekućine. Problem pravilnog određivanja čimbenika raspršivanja i odabira odgovarajućeg stroja je velika heterogenost kultura (masline, voćnjaci, vinogradi), njihovih uzgojnih oblika, te varijacija tijekom vegetativne sezone u pojedinom nasadu. S obzirom na niz čimbenika koji utječu na pojavu zanošenja tekućine bilo je potrebno osmisliti metode mjerenja zanesene tekućine u poljskim uvjetima.

U tu svrhu osmišljena je norma *ISO 22866:2005* koja navodi točno određene postupke i mjere za postavljanje kolektora i evaluaciju zanesene tekućine, te definira zanošenje tekućine kao količinu sredstva za zaštitu bilja koja nije stigla do ciljanog objekta u području tretiranja. Čitav niz autora uspješno koristi navedenu normu za potrebe istraživanja zanošenja tekućine i evaluaciju depozita u krošnji (Herbst i Wehmann, 2014.; Salcedo i sur., 2015.; Grella i sur., 2017.).

Neželjeno zanošenje tekućine izvan ciljanog prostora zaštite bilja prepoznato je kao pojava koja najviše onečišćuje okoliš prilikom tehnološke operacije raspršivanja (Maski i Durairaj 2010.). Primjenjuje se nekoliko načina za kvantitativno određivanje zanesene tekućine: u postotcima od primijenjene norme raspršivanja, mikrolitrama ili gramima po jedinici površine. Analizom podataka u ovom radu rezultati zanošenja tekućine i depozita prikazani su u g/ha, kao što u svojim istraživanjima koriste Jejčič i sur. (2011.), te Duga i sur. (2015.).

U ovom istraživanju korištena je organska boja *Tartrazine* koja je služila kao bojilo tekućine s kojom se obavljala aplikacija. Navedenu otopinu boje u koncentraciji 20 g/l koristili su Jejčič i sur. (2011.) za određivanje depozita u krošnji primjenom dva različita sustava raspršivanja (konvencionalni i senzorski sustav). Istu organsku boju *Tartrazine* u koncentraciji 5 g/l koriste Balsari i sur. (2014.) za detekciju zanesene tekućine u dva različita nasada (vinogradu i voćnjaku) primjenom različitih tipova raspršivača i čimbenika raspršivanja.

Za prikupljanje depozita u krošnji Foqué i sur. (2014.) upotrebljavaju filter papiriće, te navode niz pozitivnih karakteristika za primjenu u znanstvene svrhe (ujednačenost površine, dobra adsorpcijska svojstva i ne-voštana svojstva površine). Posljednja dva svojstva omogućavaju manje odbijanje kapljica tekućine od površine filter papirića i povećavaju količinu prikupljene tekućine. Korišteni filter papirići za prikupljanje depozita u krošnji i zanesene tekućine u ovom istraživanju imaju navedene karakteristike te su uspješno korišteni u prijašnjim istraživanjima (De Schampheleire i sur., 2008.; Godyn i sur., 2008.; Celen 2010.; Chen i sur., 2013.; Dekeyser i sur., 2012., 2014.; Duga i sur., 2015.; Gregorio i sur., 2016.).

Pravilno određena brzina gibanja raspršivača može u znatnoj mjeri poboljšati uspješnost aplikacije pesticida, te mora biti usklađena s ostalim čimbenicima raspršivanja. Kao negativna pojava povećanja brzine gibanja tijekom raspršivanja pojavljuje se potreba za povećavanjem radnog tlaka i brzine zračne struje ventilatora što rezultira većim zračnim zanošenjem tekućine zbog smanjenja veličine kapljica. Zbog ovakvih korelacija brzine gibanja raspršivača i povećanja zanošenja tekućine znanstvenici kontinuirano provode istraživanja u vezi navedenog.

Prema navedenom Miller i Smith (1997.) utvrđuju da povećanje brzine gibanja od 4 do 8 km/h, uzrokuje povećanje zanošenja tekućine za 51 %, dok je daljnjim povećanjem brzine na 16 km/h zanošenje bilo veće za 144 %.

Utjecaj brzine gibanja raspršivača na depozit tekućine u vinogradu proučavaju Celen i sur. (2008). Na temelju rezultata utjecaja različitih brzina gibanja (2,1; 4,9; 7,7 km/h) na depozit tekućine po visini trsa uočavaju da smanjenje brzine gibanja značajno povećava depozit u krošnji.

Triloff i sur. (2012.) koriste slične agrotehničke brzine gibanja raspršivača od 3 do 9 km/h s ciljem istraživanja utjecaja brzine gibanja agregata i brzine ventilatora na zanošenje tekućine. Prema dobivenim rezultatima zaključuju da je smanjena brzina gibanja povoljno djelovala na smanjenje zanošenja tekućine.

S obzirom na uvođenje novih tehnologija za potrebe selektivne aplikacije pesticida (primjena senzorskih sustava) istraživači u području poljoprivredne mehanizacije i tehnike uočavaju potrebu intenziviranja istraživanja utjecaja brzine gibanja raspršivača. Na osnovu navedenog proveden je čitav niz istraživanja na temu utjecaja brzine gibanja na zanošenje tekućine, depozita u krošnji i učinkovitost senzorskih sustava.

Provedenim istraživanjem utjecaja brzine gibanja raspršivača na točnost očitanja ultrazvučnih senzora Giles i sur. (1989.) utvrđuju da nema opravdanih razlika između ispitivanih agrotehničkih brzina od 2 do 6 km/h.

U prilog tome govori istraživanje koje su obavili Zaman i Salyani (2004.) koji navode da u okviru agrotehničkih brzina (1,6; 3,4 i 4,7 km/h) nije ostvaren značajan utjecaj između primjene konvencionalnog i ultrazvučnog senzorskog sustava određivanja volumena krošnje.

Utjecaj brzine gibanja (2, 4, 6 i 8 km/h) prototipa *CIS* raspršivača (*engl. Crop Identification System*) opremljenog sustavom ultrazvučnih senzora na točnost očitanja prisutnosti krošnje i negativne pojave interferencije između senzora istražuju Balsari i sur. (2008). Vrijednosti mjerenja ne pokazuju značajan utjecaj brzine gibanja na ispitivane čimbenike te omogućavaju uspješnu primjenu senzora za potrebe selektivne aplikacije.

Brzinu gibanja raspršivača od 4 km/h koriste Magdalena i sur. (2011.) da bi ostvarili smanjenu normu raspršivanja od 1.560 l/ha s obzirom na optimalnu normu od 1.800 l/ha određenu pomoću *TRV* metode. U navedenom istraživanju proučavaju utjecaj kvalitete mlaznica, radnog tlaka, te smanjenja norme raspršivanja na zanošenje tekućine.

Prema dosadašnjim istraživanjima koja navode uspješnu primjenu senzorskih sustava u okviru agrotehničkih brzina od 2 do 6 km/h i u ovom istraživanju brzina gibanja raspršivača od 4 km/h određena je zbog ostvarivanja potrebne norme raspršivanja, uporabe ultrazvučnih senzora za detekciju prisutnosti krošnje te smanjenja negativnog utjecaja na povećanje zanošenja tekućine.

6.3.1. Utjecaj norme raspršivanja

Za uspješno provođenje zaštite bilja jedan od ključnih koraka je pravilno određivanje norme raspršivanja. Dosadašnja praksa poljoprivrednih proizvođača je uporaba konstantne norme raspršivanja tijekom cijelog vegetativnog razvoja biljke. Ovakav način primjene norme raspršivanja dovodi do prekomjerne uporabe zaštitnih sredstava ili suprotno tome nedovoljne količine sredstva za biološku učinkovitost.

Svjetske tehnologije raspršivanja zaštitnih sredstava preporučuju uporabu prilagođenih normi raspršivanja prema trenutnim potrebama nasada. Jedan od načina određivanje prilagođene norme raspršivanja je pomoću *TRV* metode *(*engl. *Tree Row Volume*) koju uspješno koristi Deveau, (2010.).

Za potrebe ovog istraživanja optimalna norma raspršivanja određena je pomoću navedene metode koja uzima u obzir sljedeće čimbenike: visinu nasada, međuredni razmak i širinu krošnje.

S obzirom na izračunatu normu raspršivanja određena je brzina gibanja raspršivača od 4 km/h i odgovarajući radni tlak. Sukladno tome za normu od 250 l/ha**,** potreban protok iznosi 1,67 l/min pri radnom tlaku od 13 bar, dok je za normu od 200 l/ha mlaznica morala ostvariti protok od 1,33 l/min pri radnom tlaku od 9 bar. Radni tlakovi korišteni u ovom istraživanju za ostvarivanje protoka u skladu su s preporukama proizvođača *Lechler* koji navodi radne tlakove (3-20 bar) za postizanje optimalnih rezultata korištenjem *TR* i *ITR* mlaznica.

Smanjenje norme raspršivanja kao što je prikazano u istraživanjima Cunningham i Harden (1998., 1999.) donosi niz prednosti poput povećanja depozita na ciljanom području (krošnji) i smanjenje izgubljene tekućine kapanjem s listova. Isti autori navode da doza zaštitnog sredstva mora biti u cijelosti jednako raspršena po jedinici površine.

U prilog prethodno spomenutom, uporabljena optimalna norma raspršivanja u ovom istraživanju određena je prema trenutnom stadiju nasada (puna lisna masa) od 250 l/ ha za oba sustava raspršivanja (konvencionalno i selektivno). Reduciranjem optimalne norme raspršivanja za 20 % provjerena je mogućnost smanjenja zemljišnog i zračnog zanošenja tekućine. Dobiveni rezultati uporabom konvencionalnog sustava raspršivanja s raspršivačem *Agromehanika* pokazuju značajno smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine od 20,91 do 31,99 % primjenom norme od 200 l/ha pri istim čimbenicima raspršivanja. Promatrajući ostvarene vrijednosti zemljišnog zanošenja primjenom konvencionalnog sustava raspršivanja s raspršivačem *Tifone* uočava se smanjenje od 24,60 do 39,47 %. Analizirajući vrijednosti ostvarenih primjenom senzorskog sustava (selektivna aplikacija) uočavaju se vrlo slične zakonitosti dobivenih rezultata. Raspršivač *Agromehanika* ostvario je smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine od 10,27 do 27,05 %, dok su ostvarene vrijednosti primjenom raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom iznosile od 19,17 do 43,63 %.

Primjenu reducirane norme raspršivanja koristeći norme (759 i 381 l/ha) u nasadu jabuke s ciljem smanjenja zemljišnog zanošenja tekućine istražuju Sedlar, i sur. (2013.). Na osnovu rezultata utvrđena je uspješna primjena smanjene norme bez značajne promjene biološke učinkovitosti na bolest jabuke (*Venturia inaequalis* i *Podosphaera leucitricha*).

Provedeno istraživanje slično je s ovim istraživanjem i pretpostavkom da smanjenje norme ne narušava biološku učinkovitost, jer je na osnovu dobivenih vrijednosti vidljivo značajno smanjenje zanošenja tekućine.

Primjenom norme raspršivanja od 200 l/ha ostvarena su značajna smanjenja zračnog zanošenja tekućine u odnosu na normu od 250 l/ha. Rezultati zračnog zanošenja tekućine na 5 m eksploatacijom konvencionalnog sustava raspršivanja s raspršivačem *Agromehanika* sa smanjenom normom raspršivanja od (200 l/ha) pokazuju smanjenje zračnog zanošenja od 16,59 do 41 %. Ostvareno smanjenje zračnog zanošenja primjenom konvencionalnog sustava raspršivanja s raspršivačem *Tifone* iznosilo je 19,67-53,19 %. Na osnovu rezultata zračnog zanošenja tekućine na 5 m raspršivačem *Agromehanika* sa senzorskim sustavom vidljivo je smanjenje zračnog zanošenja od 16,67 do 17,90 %. Primjenom raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom ostvareno smanjenje zanošenja na 5 m iznosilo je 18,95-58,67 %.

Dobivene vrijednosti smanjenja zračnog zanošenja na 10 m od tretiranog reda uporabom konvencionalnog raspršivača *Agromehanika* iznosile su 16,66-21,42 %, dok je konvencionalni raspršivač *Tifone* ostvario nešto veće vrijednosti smanjenja zanošenja od 9,71 do 46,19 %. Smanjenje zračnog zanošenja na 10 m primjenom raspršivača *Agromehanika* sa senzorskim sustavom iznosilo je od 28,74 %, dok je raspršivač *Tifone* sa senzorskim sustavom ostvario smanjenje zračnog zanošenja od 60,44 %.

Vrijednosti depozita u krošnji primjenom norme od 200 l/ha nisu se značajno smanjile u odnosu na optimalnu normu od 250 l/ha. Smanjenje depozita konvencionalnim sustavom raspršivanja s raspršivačem *Agromehanika* iznosilo je od 3,77 do 8,60 % , dok je konvencionalni sustav raspršivanja s raspršivačem *Tifone* ostvario nešto veće vrijednosti smanjenja depozita između navedenih normi (7,85-9,02 %). Smanjenja depozita tekućine u krošnji s raspršivačem *Agromehanika* sa senzorskim sustavom iznosila su od 7,98 do 9,59 % , dok je raspršivač *Tifone* sa senzorskim sustavom ostvario manje vrijednosti smanjenja depozita (3,9-8,9 %). Temeljem dobivenih rezultata u ovom istraživanju uočava se sličnost s prethodno provedenim istraživanjima gdje smanjenje norme raspršivanja za 20 % nije značajno utjecalo na smanjenje depozita u krošnji.

Vrlo slične rezultate prikazuju Araújo i sur. (2013.) gdje navode moguće smanjenje optimalne norme raspršivanja za 47 % prilikom zaštite limuna na *CBS* (engl. C*itrus Black Spot)* bez statistički značajnog utjecaja na biološku učinkovitost. Daljnjim smanjenjem norme na 1.333 l/ha utvrđena je statistička značajnost biološke učinkovitosti, te s obzirom na rezultate istraživanja autori ne preporučuju smanjenje norme raspršivanja veće od 50 %.

Normu određenu prema gustoći krošnje u voćnjaku kruške primjenjuju Michielsen i sur. (2014.), izračunavajući potrebnu normu raspršivanja prema stadiju razvoja biljke. U odnosu na optimalnu normu od 200 l/ha tijekom različitih stadija rasta biljke norma je varirala od 170 do 240 l/ha, te su ovakvim načinom određivanja norme raspršivanja ostvarene prosječne uštede od 30 % zaštitnog sredstva.

6.3.2. Utjecaj tipa mlaznica

Mlaznice kao izvršni element raspršivanja izravno utječu na kvalitetu raspršivanja zaštitnog sredstva. Najčešće korištene mlaznice za primjenu pesticida u voćarstvu su: standardne mlaznice sa šupljim konusnim mlazom, mlaznice s punim konusnim mlazom i zračno-injektorske mlaznice. Mnogi autori navode da je ekonomski najisplativiji i najučinkovitiji način za poboljšanje primjene zaštitnih sredstava tj. povećanje pokrivenosti lisne površine i depozita u krošnji odabir odgovarajućih mlaznica (Sayinci i Bastaban 2011.; Jensen i sur. 2007., 2012.).

Prema ostvarenim rezultatima primjene dva različita tipa mlaznica (standardne i mlaznice za smanjenje zanošenja *engl. Low drift*) Behmer i sur. (2010.) uočavaju reduciranje zanošenja tekućine. Ostvareno smanjenje na 7 m udaljenosti od tretiranog reda primjenom *low drift* mlaznica iznosilo je 60 % u odnosu na standardne mlaznica. Promatrajući vrijednosti zanesene tekućine na visini od 6 m zabilježeno je 75 % smanjenje uporabom istog tipa mlaznica. Primjenom mlaznica za smanjenje zanošenja tekućine vrijednosti zemljišnog zanošenja na posudama ispod krošnje povećane su za 50 %.

Uspoređujući rezultate prethodno navedenih autora u ovom istraživanju uočavaju se vrlo slični rezultati gdje je utvrđeno smanjenje zračnog zanošenja na 5 m zračno-injektorskim mlaznicama (*ITR*) od 40,73 do 58,48 %, u odnosu na *TR* mlaznice, eksploatacijom konvencionalnog sustava raspršivanja s raspršivačem *Agromehanika*. Promatrajući ostvarene vrijednosti konvencionalnim raspršivanjem na vertikalnom nosaču 10 m udaljenosti od tretiranog reda uočava se 100 % smanjenje zračnog zanošenja tekućine uporabom *ITR* mlaznica (0 g/ha) u odnosu na *TR* mlaznice (12,79 g/ha). Konvencionalni sustav raspršivanja s raspršivačem *Tifone* ostvario je slične rezultate zračnog zanošenja tekućine na 5 m udaljenosti od tretiranog reda (39,31-64,63 %), dok je na 10 m udaljenosti ostvareno 100 % smanjenje zračnog zanošenja tekućine uporabom *ITR* mlaznica (0 g/ha) u odnosu na *TR* mlaznice (13,79 g/ha).

Prema provedenom istraživanju Petrović i sur. (2018.) navode mogućnost smanjenja zračnog zanošenja optimizacijom glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja. Isti autori navode da se uporabom zračno-injektorskih mlaznica prilikom aplikacije u znatnoj mjeri smanjuje zračno zanošenje tekućine u odnosu na standardne mlaznice.

Analizirajući zemljišno zanošenje primjenom *ITR* mlaznica uočava se spomenuta pojava povećanja vrijednost zemljišnog zanošenja od 25,49 do 34,2 % s obzirom na *TR* mlaznice eksploatacijom konvencionalnog raspršivača *Agromehanika*. Primjenom *ITR* mlaznica na konvencionalnom raspršivaču *Tifone* zabilježeno je povećanje zemljišnog zanošenja od 10,34 do 30,80 %, u odnosu na standardne mlaznice.

Promatrajući vrijednosti depozita u krošnji zabilježene konvencionalnim sustavom raspršivanja s raspršivačem *Agromehanika* uočava se smanjenje od 1,22 do 2,01 % primjenom različitih tipova mlaznica ($LSD_{0,05}$ = 33,94 n.s.). Slični rezultati smanjenja depozita u krošnji izmjereni su eksploatacijom konvencionalnog raspršivača *Tifon*e gdje je smanjenje iznosilo od 0,53 do 4,78 %, primjenom različitih tipova mlaznica bez statistički značajne razlike depozita u krošnji ($LSD_{0,05}$ = 18,89 n.s.).

Uporabom senzorskog sustava na ispitivanim raspršivačima ostvarena su slična zanošenja tekućine i depozita u krošnji. Izmjereno smanjenje zračnog zanošenja tekućine na 5 m udaljenosti primjenom *ITR* mlaznica (*Agromehanika* sa senzorskim sustavom) iznosilo je od 50 do 100 %, u odnosu na *TR* mlaznice. Analizom rezultata na vertikalnom nosaču na 10 m udaljenosti uočava se 100 % smanjenje zračnog zanošenja tekućine uporabom *ITR* mlaznica (0 g/ha) u odnosu na *TR* mlaznice (4,21 g/ha).

Raspršivač *Tifone* sa senzorskim sustavom ostvario je vrlo slične rezultate zračnog zanošenja tekućine na 5 m od tretiranog reda (50,32-100 %). Na vertikalnom nosaču 10 m udaljenosti od tretiranog reda uočava se 100 % smanjenje zračnog zanošenja tekućine uporabom *ITR* mlaznica (0 g/ha) u odnosu na standardne mlaznice (5,9 g/ha). Ovakva smanjenja zračnog zanošenja primjenom *ITR* mlaznica možemo objasniti veličinom kapljica i reduciranjem brzine zračne struje. Kapljice koje stvaraju *ITR* mlaznice imaju veću masu a time i inerciju u odnosu na kapljice generirane *TR* mlaznicama te su manje podložne zračnom zanošenju.

Promatrajući rezultate zemljišnog zanošenja tekućine primjenom *ITR* mlaznica uočava se povećanje vrijednost od 21,59 do 36,26 % s obzirom *TR* mlaznice primjenom raspršivača *Agromehanika* sa senzorskim sustavom. Primjenom *ITR* mlaznica zabilježeno je povećanje zemljišnog zanošenja tekućine od 16,49 do 45,85 %, u odnosu na *TR* mlaznice eksploatacijom raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom.

Raspršivač *Agromehanika* sa senzorskim sustavom nije zabilježio statistički značajno smanjenje depozita u krošnji uporabom različitih tipova mlaznica ($LSD_{0,05}$ = 29,46 n.s.), uz smanjenje od 0,83 do 1,87 %. Smanjenje depozita u krošnji primjenom senzorskog sustava na raspršivaču *Tifone* s različitim tipovima mlaznica iznosilo je od 0,74 do 3,38 % te nije ostvarena statistička značajnost ($LSD_{0,05}$ = 27,26 n.s.).

Dobiveni rezultati u ovom istraživanju potvrđuju opravdanost uporabe mlaznica za smanjenje zanošenja tekućine jer su ostvarile značajno smanjenje zračnog zanošenja u odnosu na standardne mlaznice uz nepromijenjen depozit u krošnji. Uporabom ovog tipa mlaznica povećava se zemljišno zanošenje tekućine u odnosu na standardne.

Pozitivan utjecaj zračno-injektorskih mlaznica na smanjenje zemljišnog i zračnog zanošenja utvrđuju Grella i sur. (2017.). Na temelju dobivenih rezultata objašnjavaju varijabilnost u smislu smanjenja zanošenja tekućine od 51 % zračno-injektorskim mlaznicama u odnosu na standardne mlaznice.

6.3.3. Utjecaj brzine zračne struje

Biološka učinkovitost primjene sredstva za zaštitu bilja ne ovisi samo o svojstvima proizvoda nego i od tehnike aplikacije. Svaki raspršivač proizvodi specifičan oblik zračne struje s određenom distribucijom tekućine za raspršivanje (Dekeyser, i sur., 2011., 2012.), zato je za svaki nasad potrebno podešavanje zračne struje prema karakteristikama nasada i tipu raspršivača. Volumen i brzina zračne struje podešavaju se prema brzini gibanja raspršivača zbog optimalnog „otvaranja“ krošnje, bez vidljivog prolaza tekućine kroz krošnju u susjedni red.

Smanjenje brzine zračne struje preporučava se u ranoj fazi rasta nasada te kod uskih uzgojnih oblika, dok se veće brzine protoka zraka koriste za starije i gušće uzgojne oblike trajnih nasada, većih brzina gibanja i nepovoljne brzine vjetra (Doruchowski i sur., 2012.).

S obzirom na spoznaje o ponašanju zračne struje navedene od prethodno spomenutih autora u ovom istraživanju brzina zračne struje podešena je prema starosti nasada i volumenu lisne mase.

Primjenom raspršivača zračna struja nosi kapljice tekućine na ciljanu površinu, te ima ključnu ulogu transportu kapljica u krošnju (Endalew i sur., 2010a.).

Za uspješnu aplikaciju potrebno je uskladiti sljedeća tri parametra strujanja zraka: brzinu zraka, protok zraka i smjer strujanja zraka. Volumen protoka zraka treba biti dovoljan da prodre u krošnju, ali ne prevelik da prođe kroz krošnju i time smanji depozit.

Zbog boljeg razumijevanja ponašanja zračne struje u krošnji i oko nje Hong i sur. (2017.) uspoređuju rezultate dobivene *CFD* modelom (*engl.* C*omputational Fluid Dynamics*) i terenskog mjerenja zračne struje raspršivača. Na temelju dobivenih rezultata uočavaju visoku korelaciju između veličine i gustoće krošnje u odnosu na prodiranje zračne mase. Računalna simulacija kretanja fluida pokazala je varijacije brzine zračne struje u krošnji što za posljedicu ima neravnomjernu raspodjelu tekućine unutar krošnje te mogućnost pojave bolesti.

Landers i sur. (2004.) uočavaju da se kod mlađih trajnih nasada povećavanjem brzine zraka povećava zanošenje tekućine. Također, utvrđuju da se smanjivanjem brzine zraka za 25 % povećava veličina kapljica za 31 %, te se osigurava optimalna pokrivenost površine i smanjeno zanošenje.

U prilog tome govore dobiveni rezultati u ovom istraživanju gdje je reduciranjem optimalne brzine zračne struje ostvareno smanjenje zemljišnog zanošenja od 10,07 do 19,03 % primjenom konvencionalnog sustava raspršivanja s raspršivačem *Agromehanika*. Smanjenje zemljišnog zanošenja ostvarenog konvencionalnim sustavom raspršivanja s raspršivačem *Tifone* iznosilo je od 7,98 do 36,39 %. Analizirajući rezultate ostvarene sa senzorskim sustavom na ispitivanim raspršivačima primjećuju se vrlo slični odnosi ostvarenih vrijednosti, ali s većim postocima smanjenja zanošenja tekućine. Sukladno navedenom, raspršivač *Agromehanika* sa senzorskim sustavom ostvario je smanjenje zemljišnog zanošenja od 21,21 do 33,52 %, dok je kod raspršivača *Tifone* sa senzorskim sustavom smanjenje iznosilo od 22,03 do 32,46 %.

Prilagođavanje brzine zračne struje prema stadiju razvoja biljke s ciljem smanjenja zanošenja tekućine primjenjuju Zande i sur. (2014.). Smanjenje zanošenja na 5 m udaljenosti od zadnjeg reda stabala u trajnom nasadu iznosilo je od 11 do 23 % norme raspršivanja kod nasada u punoj lisnoj masi pri najvećoj brzini ventilatora. Prilagođavanjem izlazne brzine zraka u istom nasadu ostvareno je smanjenje zanošenja tekućine od 25 do 77 %.

Rezultati dobiveni u ovom istraživanju vrlo su slični s vrijednostima spomenutog autora gdje je smanjenje zračnog zanošenja na 5 m udaljenosti eksploatacijom konvencionalnog sustava raspršivanja s raspršivačem *Agromehanika* iznosilo od 24,73 do 34,57 %.

Konvencionalni sustav raspršivanja s raspršivačem *Tifone* ostvario je nešto manje smanjenje vrijednosti zračnog zanošenja na 5 m udaljenosti u iznosu od 13,99 do 31,09 %.

Dobiveni rezultati zračnog zanošenja na 5 m primjenom raspršivača *Agromehanika* sa senzorskim sustavom ukazuju na smanjenje od 28,78 do 48,51 %, u odnosu na raspršivač *Tifone* gdje je reduciranje zanošenja iznosilo 42,57 %. Smanjenje zračnog zanošenja na 10 m uporabom konvencionalnog sustava raspršivanja s raspršivačem *Agromehanika* iznosilo je od 52,38 do 53,05 %, u odnosu na konvencionalni sustav raspršivanja s raspršivačem *Tifone* gdje je ostvareno smanjenje od 13,79-25,38 %. Primjenom senzorskog sustava na oba raspršivača uočava se 100 % smanjenje zračnog zanošenja tekućine na 10 m.

Ovakva značajna smanjenja zračnog zanošenja tekućine možemo objasniti pravilnim određivanjem brzine i volumena zračne struje koja je dovoljna za transport kapljica tekućine do krošnje bez nepotrebnog odnošenja kapljica izvan ciljanog objekta zaštite.

Vrlo slične rezultate prilagođavanjem brzine zračne struje pomoću naprednog sustava kontrole zračne struje u voćnjacima u ranoj i srednjoj fazi razvoja u smislu smanjenja zanošenja tekućine od 63 % ostvarili su Landers i sur. (2012.).

Promatrajući utjecaj smanjenja zračne struje na depozit u krošnji konvencionalnim raspršivačima uočavaju se slične ostvarene vrijednosti (1,40-2,52 %) uspoređujući dvije različite brzine ventilatora. Rezultati također jasno pokazuju da se optimiziranjem brzine zračne struje statistički značajno ne mijenja depozit u krošnji. Analizirajući vrijednosti depozita u krošnji primjenom senzorskog sustava na oba raspršivača vidljive su slične vrijednosti (od 0,18 do 5,39 %). Na osnovu ostvarenih vrijednosti depozita u krošnji vidljivo je da nema statistički značajnih razlika reduciranjem brzine zračne struje što otvara daljnje mogućnosti optimizacije čimbenika raspršivanja. Također je potrebno obaviti daljnja istraživanja s ciljem utvrđivanja do koje granice je moguće smanjiti brzinu zračne struje bez izostanka biološke učinkovitosti.

Suprotno tome, nepravilno određen volumen i smjer zračne struje utječu na jednoliki depozit unutar krošnje s povećanjem gubitaka tekućine izvan ciljanog objekta raspršivanja (Salcedo i sur., 2015.). Opisana pojava uočava se iz rezultata terenskih istraživanja u nasadima s malom lisnom masom i gustoćom lišća koji pokazuju smanjenje depozita u krošnji i povećanje zanošenja tekućine uporabom prevelikih brzina zračne struje (Hołownicki i sur., 2002.).

Garcera i sur. (2017.) uočavaju velike gubitke prilikom zaštite citrusa u Španjolskoj raspršivačima s aksijalnim ventilatorima. Na osnovu rezultata vidljivo je da samo 45 % norme raspršivanja dospije u krošnju dok je ostatak izgubljen u obliku zemljišnog i zračnog zanošenja tekućine. Također, navode da je povećanje gubitka zanesene tekućine u izravnoj vezi s povećanjem zračne struje ventilatora i brzine vjetra.

Dodatni problem kod ostvarivanja precizne i jednolike distribucije zaštitnog sredstva je konstrukcijsko rješenje ventilatora za stvaranje zračne potpore ispitivanih raspršivača. Triloff i sur. (2014.), te Czaczyk i sur. (2014.) navode da pri radu raspršivača nejednolika brzina zračne struje između lijeve i desne strane usmjerivača zraka uzrokuje nejednoliku raspodjelu tekućine.

Navedena pojava nejednolike brzine zračne struje zabilježena je ovom istraživanju gdje je lijeva strana usmjerivača zraka ostvarila veće brzine od desne strane. Prosječna brzina zračne struje na desnoj strani raspršivača *Agromehanika* iznosila je 15,74 m/s, dok je lijeva strana raspršivača ostvarila prosječnu brzinu zraka od 18,30 m/s pri 4. položaju lopatica. Otklon između lijeve i desne strane iznosio je 13,99 % (Grafikon 1.). Zakošenjem lopatica ventilatora u 2. položaj smanjena je prosječna brzina zračne struje s desne strane raspršivača na 10,45 m/s, dok je vrijednost prosječne brzine zraka s lijeve strane iznosila 11,69 m/s. Smanjenje brzine zračne struje s desne strane raspršivača iznosilo je 10,62 % u odnosu na lijevu stranu stroja (Grafikon 2.).

Uporabom raspršivača *Tifone* prosječna brzina zračne struje na lijevoj strani stroja iznosila je 18,33 m/s, dok je desna strana raspršivača ostvarila prosječnu brzina zračne struje od 16,62 m/s (Grafikon 3.). Razlika u brzini zračne struje između lijeve i desne strane raspršivača iznosila je 9,34 %. Promjenom lopatica ventilatora u 1. položaj prosječna brzina zračne struje na lijevoj strani iznosila je 12,39 m/s, a ostvarena prosječna brzina zračne struje s desne strane stroja iznosila je 10,26 %. Razlika u prosječnoj brzina zračne struje s lijeve i desne strane raspršivača *Tifone* iznosi 17,20 % (Grafikon 4.).

Vidljivo smanjenje brzine zračne struje između lijeve i desne strane kod aksijalnih raspršivača uvjetovano je konstrukcijskom izvedbom ventilatora. Kao drugi problem konstrukcijske izvedbe raspršivača s aksijalnim ventilatorima je pad brzine zračne struje s povećanjem visine usmjerivača zraka. Opisani problem može se smanjiti pažljivim podešavanjem usmjerivača zraka postavljenim na raspršivaču.

6.3.4. Selektivna aplikacija

Kranji cilj tehnološke operacije raspršivanja u voćnjacima je pravovremena primjena zaštitnog sredstva točno na ciljanu površinu, sa što manjim utroškom sredstva bez narušavanja biološke učinkovitosti. U mladim nasadima postoji prazni prostor između voćaka što konvencionalnim načinom raspršivanja generira gubitke u vidu zemljišnog i zračnog zanošenja tekućine.

Zbog navedenih problema intenziviraju se istraživanja vezana uz mogućnost primjene selektivne aplikacije kao preciznog poljoprivrednog gospodarenja. Prvi korak u primjeni precizne aplikacije zaštitnih sredstava tj. uporabe prilagođene norme je karakterizacija vegetacije u trajnim nasadima. Informacije o geometrijskim i strukturnim karakteristikama voćnjaka (visina i širina krošnje, gustoća lisne mase, volumen krošnje, površina lišća) od velikog su značaja za optimizaciju inputa u proizvodnji. Konkretno, kod primjene zaštitnih sredstava poznavanje navedenih karakteristika krošnje omogućava primjenu prilagođene norme raspršivanja čime se ostvaruje uspješnija aplikacija i smanjenje negativnog utjecaja na okoliš (Rosell i Sanz, 2012.).

Također, opremanjem raspršivača sa senzorima za detekciju prisutnosti stabala moguće je, uz relativno mala ulaganja ostvariti uštede u potrošnji pesticida i smanjiti zanošenje tekućine, jer se u prostorima između biljaka ne obavlja raspršivanje (Sedlar i sur., 2009.).

Prilagođenu normu raspršivanja prema vegetativnom stadiju biljke koristili su Chen i sur. (2013.) primjenom selektivne aplikacije pomoću senzora. Norma raspršivanja varirala je od 140 l/ha u početnom stadiju listanja, 157 l/ha u sredini vegetacijskog razdoblja te 223 l/ha u punoj lisnoj masi. To je značajno manje u odnosu na konstantne norme od 421 l/ha i 526 l/ha. Pokrivenost lisne površine primjenom konstante norme raspršivanja iznosila je od 80 % do 100 % što je više od potrebne za uspješnu biološku učinkovitost, a kao posljedica prekomjerne količine sredstva javlja se kapanje viška tekućine s listova i onečišćenje okoliša.

Za potrebe ovog istraživanja s obzirom da ispitivani nasad karakterizira veliki međuredni razmak i velike praznine između stabala za detekciju prisutnosti krošnje, primijenjeni su ultrazvučni senzori *Sick UM30-215111*. Senzori imaju mogućnost detekcije objekata na udaljenosti od 0,6 do 6 m, a minimalna površina predmeta koju mogu detektirati je 0,02 m^2 što je dovoljno precizno za potrebe provedenog istraživanja.

Prilikom postavljanja ultrazvučnih senzora vrlo je bitno poštivati preporučeni razmak između senzora. Kod senzora postavljenih na maloj međusobnoj udaljenosti postoji mogućnost pojave interferencije tj. smetnji koji se očituju u pogrešnom očitanju udaljenosti. S obzirom na navedeno u ovom istraživanju senzori su postavljeni na visinu najšireg dijela krošnje (170 cm) sa svake strane raspršivača po jedan senzor. Zbog navedenog načina postavljenja nije postojala opasnost od pojave interferecije između senzora. Rezultati koje su dobili Escola i sur. (2011.) pri istraživanju međusobne udaljenosti postavljenih senzora na točnost očitanja opisuju navedeni problem. Na osnovu dobivenih rezultata zaključuju da je učinak smetnji veći kada su senzori na međusobnoj udaljenosti od 30 cm (± 17,46 cm), povećavanjem razmaka između senzora na 60 cm, prosječna pogrješka smanjuje se na ± 9,29 cm.

Ultrazvučne senzore sa sličnim rasporedom postavljanja na vučeni raspršivač koristili su Sedlar i sur. (2011.) s kojima ispituju mogućnost smanjenja zemljišnog i zračnog zanošenja tekućine u nasadu kajsije. Ostvareni rezultati ukazuju da selektivna aplikacija u mladim nasadima kajsije ostvaruje značajno smanjenje norme raspršivanja od 17,78 % u trogodišnjem nasadu kajsije, odnosno 19,03 % u dvogodišnjem nasadu.

Dobiveni rezultati opravdavaju tvrdnju da u ranim godinama razvoja nasada postoji prazan prostor između voćaka što poveća mogućnost pojave zemljišnog i zračnog zanošenja tekućine. Smanjenje norme raspršivanja u kombinaciji sa smanjenim zanošenjem tekućine daju prednost primjeni selektivne aplikacije uporabom senzora u mladima nasadima, u odnosu na klasičnu aplikaciju.

Smanjenje zanošenja tekućine od 50 % uporabom selektivne aplikacije pomoću senzora proizvođača *JacoLogic system* u odnosu na konvencionalni način raspršivanja ostvarili su Koch i Weisser, (2000.) u voćnjaku višnje od fenološke faze cvjetanja do opadanja lišća.

Rezultati ovog istraživanja pokazuju veliku sličnost s dosadašnjim istraživanjima u pogledu smanjenja zanošenja tekućine pri uporabi ultrazvučnih senzora za detekciju krošnje. Eksploatacijom konvencionalnog sustava raspršivanja s raspršivačem *Agromehanika* ostvarena je vrijednost zemljišnog zanošenja tekućine od 17,73 g/ha, u odnosu na senzorski sustav gdje je ukupno ostvarena vrijednost iznosila 9,09 g/ha. Uočava se značajno smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine uporabom senzorskog sustava za 51,2 % (Tablica 12.).

Zemljišno zanošenje konvencionalnim sustavom raspršivanja s raspršivačem *Tifone* iznosilo je 18,34 g/ha dok je senzorski sustav ostvario 10,92 g/ha, u ovom slučaju smanjenje zanošenja uporabom senzorskog sustava iznosilo je 40,46 % (Tablica 27.).

Dobiveni rezultati u provedenom istraživanju podudaraju se s rezultatima Chen i sur. (2013.) koji su ostvarili smanjenje zemljišnog zanošenja u voćnjaku jabuke od 68 sve do 90 % primjenom varijabilne norme, dok je smanjenje zračnog zanošenja iznosilo 70-92 %.

Promatrajući rezultate zračnog zanošenja tekućine na 5 m udaljenosti uočava se da je konvencionalni sustav raspršivanja s raspršivačem *Agromehanika* ostvario 5,24 g/ha, dok je vrijednost uporabom senzorskog sustava iznosila 2,14 g/ha. Značajno smanjenje zračnog zanošenja uporabom raspršivača sa senzorskim sustavom iznosilo je 59,16 % (Tablica 16.). Konvencionalni sustava raspršivanja s raspršivačem *Tifone* ostvario je veće zračno zanošenje na 5 m udaljenosti za 66,7 % u odnosu na raspršivač *Tifone* sa senzorskim sustavom (Tablica 32.).

Analizirajući rezultate dobivene eksploatacijom konvencionalnog sustava raspršivanja s raspršivačem *Agromehanika* vidljiva je vrijednost zračnog zanošenja na 10 m od 1,67 g/ha, dok je senzorski sustav ostvario 0,32 g/ha (Tablica 20.). Ostvareno smanjenje zračnog zanošenja tekućine na 10 m udaljenosti uporabom raspršivača sa senzorskim sustavom iznosilo je 80,83 %. Konvencionalni sustav raspršivanja s raspršivačem *Tifone* ostvario je zračno zanošenje tekućine na 10 m udaljenosti od 1,72 g/ha, dok je uporabom senzorskog sustava vrijednost iznosila 0,35 g/ha. Utvrđeno je značajno smanjenje zračnog zanošenja tekućine za 79,65 % između ova dva sustava raspršivanja (Tablica 34.).

Ostvareni rezultati podudaraju se s istraživanjem Sollanelles i sur. (2006.) koji su sustavom ultrazvučnih senzora za određivanje prisutnosti krošnje u različitim nasadima (masliniku, nasadu kruške i jabuke), ostvarili značajne uštede od 70, 28 i 39 % u usporedbi s konvencionalnim načinom raspršivanja. Međutim kako je istraživanje bilo u početnoj fazi (prototip raspršivača) zabilježene su i značajne razlike u smanjenju depozita tekućine u krošnji.

Na slično smanjenje ukazuju Llorens i sur. (2011), gdje je ostvarena ušteda primijenjene norme raspršivanja selektivnom aplikacijom pomoću ultrazvučnih senzora za određivanje veličine i oblika krošnje iznosila 58 %. Depozit u krošnji nije se značajno mijenjao. Smanjenje norme za više od 70 % ostvarili su Jeon i sur. (2011.) i Jeon i Zhu (2012.) uporabom ultrazvučnih senzora za selektivni sustav raspršivanja u rasadniku.

Otklon depozita u krošnji uporabom konvencionalnog sustava raspršivanja s raspršivačem *Agromehanika* u odnosu na dobivene vrijednosti uporabom senzorskog sustava iznosio je 1,10 % (Tablica 24.), dok je raspršivač *Tifone* ostvario otklon od 0,5 % (Tablica 39.).

Uporaba ultrazvučnog senzorskog sustava nije negativno utjecala na depozit u krošnji, jer iz dobivenih rezultata u ovom istraživanju nije zabilježena značajnost između ova dva načina raspršivanja.

Slično navedenim rezultatima Maghsoudi i sur. (2015.) prototipom raspršivača sa sustavom ultrazvučnih senzora za selektivnu aplikaciju ostvaruju uštedu od 35,5 % od primijenjene norme raspršivanja, bez značajne promjene kvalitete aplikacije.

Unapređenjem sustava senzora, posebice brzine i točnosti detekcije prisutnosti krošnje, uvelike se poboljšala primjena navedenih sustava, a što je ponajprije vidljivo u ostvarenju značajnih ušteda pri raspršivanju. Istraživanja provedena unazad nekoliko godina dokazuju prethodno spomenute tvrdnje jer nisu zabilježene statistički značajne razlike u depozitu unutar krošnje.

7. ZAKLJUČCI

Iz provedenog istraživanja o utjecaju glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja na zemljišno i zračno zanošenje tekućine te depozit u krošnji s različitim sustavima raspršivanja mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- Provjerom ispravnosti strojeva prema *ISO normi 13790 i* Zakonu o održivoj uporabi pesticida utvrđena je tehnička ispravnost oba raspršivača rabljena u istraživanju.
- Prema rezultatima vremenskih uvjeta tijekom istraživanja utvrđeni su vrlo mali otkloni od idealnih vremenskih uvjeta.
- Smanjenje norme raspršivanja povoljno je utjecalo na smanjenje zemljišnog i zračnog zanošenja na 5 i 10 m udaljenosti od tretiranog reda uporabom konvencionalnih sustava raspršivanja s raspršivačima *Agromehanika i Tifone*. Depozit tekućine u krošnji nije se značajno mijenjao prilagođavanjem norme raspršivanja.
- Utvrđeno je smanjeno zračno zanošenje primjenom *ITR* u odnosu na standardne *TR* mlaznice s konvencionalnim i senzorskim sustavom raspršivanja kod oba raspršivača na 5 m udaljenosti. Rezultati na 10 m udaljenosti od tretiranog reda pokazali su potpuno smanjenje zračnog zanošenja tekućine.
- Intenzitet zemljišnog zanošenje tekućine uporabom *ITR* mlaznica povećao se s obzirom na *TR* mlaznice primjenom oba raspršivača konvencionalnim i senzorskim sustavom raspršivanja. Depozit tekućine u krošnji nije se značajno mijenjao primjenom različitih tipova mlaznica.
- Smanjenjem optimalne brzine zračne struje ostvareno je smanjenje zemljišnog, te zračnog zanošenje na 5 i 10 m udaljenosti od tretiranog reda.
- Unaprjeđenjem konvencionalnih raspršivača *Agromehanika* i *Tifone* s ultrazvučnim senzorskim sustavom za selektivnu aplikaciju, ostvareno je značajno smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine.
- Utvrđeno je smanjenje zračnog zanošenja na 5 m uporabom raspršivača sa senzorskim sustavom i to od 59,16 do 66,7 % u odnosu na konvencionalno raspršivanje. Ostvareno je smanjenje zračnog zanošenja na 10 m, a iznosilo je od 79,65 do 80,83 %.

- Uporaba ultrazvučnog senzorskog sustava nije negativno utjecala na depozit u krošnji, jer iz dobivenih rezultata nije zabilježena značajna razlika između dva načina raspršivanja. Otklon depozita u krošnji uporabom konvencionalnih u odnosu na dobivene vrijednosti uporabom senzorskog sustava iznosio je od 0,5 do 1,10 %.
- Optimizacijom glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (norme raspršivanja, tipa mlaznice i brzine zraka) značajno se smanjilo zemljišno i zračno zanošenje bez značajnih razlika u pogledu depozita u krošnji.
- Usporedbom raspršivača *Agromehanika* i *Tifone* (konvencionalno i selektivno raspršivanje) nije utvrđena značajna razlika u ostvarenim vrijednostima zemljišnog i zračnog zanošenja. Značajna razlika ostvarena je za depozit u krošnji uporabom raspršivača *Agromehanika* s oba načina raspršivanja ($LSD_{0,05}$ = 9,89).

Opremanje konvencionalnih raspršivača naprednim sustavima za selektivnu aplikaciju značajno doprinosi smanjenju gubitaka u proizvodnji i negativnih utjecaja na okoliš. Stoga je u budućnosti potrebno provoditi daljnja istraživanja s posebnim naglaskom na utvrđivanje granice do koje je moguće optimizirati čimbenike raspršivanja. Posebno se to odnosi na normu raspršivanja te brzinu zračne struje, bez narušavanja biološke učinkovitosti.

Određivanje zanošenja tekućine pomoću *LIDAR* senzora uvelike je uznapredovalo te je u procesu kreiranje nove poboljšane *ISO* norme za prikupljanje i evaluaciju zanošenja tekućine. Primjenom novih načina određivanja zanošenja i depozita tekućine očekuju se još precizniji rezultati. S obzirom na razvoj novih tehnologija za potrebe selektivne aplikacije (novih algoritama), te povećanjem brzine komunikacije računala i senzora, potrebno je kontinuirano provođenje ovakvih istraživanja. Svjetski trendovi u pogledu razvijanja prototipova raspršivača opremljenih *LIDAR* senzorima, *GPS* sustavom, meteorološkom postajom i varijabilnim mlaznicama pokazuju još veće mogućnosti precizne poljoprivrede prilikom raspršivanja. Primjenom ovakvih sustava moguće je daljnje smanjenje onečišćenja okoliša. Uporaba sustava senzora sa ciljem smanjenja zanošenja tekućine u potpunosti je opravdala očekivanja i u znatnoj mjeri smanjila gubitke. To rezultira dugoročno održivom poljoprivrednom proizvodnjom. U bližoj budućnosti treba provesti istraživanje unaprijeđenim raspršivačem s najnovijim tehnologijama radi što preciznijeg raspršivanja i prikupljanja zanesene tekućine.

8. LITERATURA

1. ASAE (American Standards for Agricultular Engineering) standard, S – 572.1 (ožujak, 2009.).
2. Araújo, D., Carlos, G. R., Hamilton, H. R., Marcel, B. S., Evandro, P. P. (2013.): Interference of spray volume reduction in citrus black spot (Guignardia citricarpa Kiely) control in Valencia citrus fruits. Summa Phytopathologica, Botucatu, 39 (3): 172-179.
3. Araújo, D., Raetano, C. G., Ramos, H. H., Ribeiro da Rocha, D. S., Prado, E. P., Aguiar, V. C. (2016.): Interference of spray volume, fruit growth and rainfall on spray deposits in citrus black spot control periods. Rural engineering, 46 (5): 825-831.
4. Balsari, P., Doruchowski, G., Marucco, P., Tamagnone, M., Van de Zande, J., Wenneker M., (2008.): A System for Adjusting the Spray Application to the Target Characteristics. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript ALNARP 08 005, 10: 1-12.
5. Balsari, P., Gil, E., Marucco P., Gallart, M., Bozzer, C., Llop, J. i Tamagnone, M. (2014.): Study and development of a test methodology to assess potential drift generated by air-assisted sprayers. International Advances in Pesticide Application, Aspects of Applied Biology, 122: 339-346.
6. Balsari, P., Gil, E., Marucco, P., Zande, J. C., Nuyttens, D., Herbst, A., Gallart, M. (2017.): Field-crop-sprayer potential drift measured using test bench: Effects of boom height and nozzle type. Biosystems engineering, 154: 3-13.
7. Banaj, Đ., Tadić, V., Petrović, D. (2012.): Testiranje tehničkih sustava u zaštiti bilja u Republici Hrvatskoj. 40. međunarodni simpozij „Aktualni zadatci mehanizacije poljoprivrede“, 305-310.
8. Banaj, Đ., Tadić, V., Banaj, Ž., Lukač, P. (2013.): Unapređenje tehnike aplikacije pesticida, Sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
9. Banaj, Đ., Tadić, V., Petrović, D., Knežević, D., Banaj, A. (2014.): Vertikalna raspodjela zračne struje raspršivača AGP 200 ENU. Proceedings of the 42nd International Symposium on Agricultural Engineering "Actual Tasks on Agricultural Engineering", 167-177.

10. Banaj, A., Tadić, V., Petrović, D., Knežević, D., Banaj, Đ., Duvnjak, V. (2016.): Vertikalna raspodjela zračne struje kod raspršivača Agp 200 ENU i Tifone Vento 1500. Proceedings of the 44rd International Symposium on Agricultural Engineering "Actual Tasks on Agricultural Engineering", 167-175.
11. Barani, A.; Franchi, A.; Bugiani, R.; Montermini, A. (2008.): Efficacy of unit canopy row spraying system for control of European vine moth (Lobesia botrana) in vineyards. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript ALNARP 08 005, X: 1-5.
12. Barčić, S. (1999): Composed air flow in pesticide spraying, Agriculturae conspectus scientificus, 64 (3): 161-177.
13. Behmer, S. Prinzio, A., Striebeck, G., Magdalena, J. (2010.): evaluation of low-drift nozzles in agrochemical applications in orchards. chilean journal of agricultural research 70 (3): 498-502.
14. Bjugstad, N., Hermansen, P. (2009.): Field Measurements of Spray Drift in Strawberry. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript PM 1048, XI: 1-13.
15. Bondesan, D., Rizzi, C., Giuliani, G., Angeli, G., Ioriatti, C. (2012.): Technical solutions to reduce drift of pesticides in apple orchards of Trentino. Fourth European Workshop on Standardised Prodedure for the Inspection of Sprayers-SPISE 4: 224-227.
16. Butler, E., Tuck, C. R. i Miller, P. C. H. (1997.): The Effect of Some Adjuvants on Sprays Produced by Agricultural Flat Fan Nozzles. Crop Prot., 16: 41-50.
17. Catania, P., Inglese, P., Pipitone, F., Vallone, M. (2011.): Assessment of the wind influence on spray application using an artificial vineyard. Eur. J. Hortic. Sci., 102-108.
18. Celen; I. H., Arin; S., Durgut; M. R. (2008.): The effect of the air blast sprayer speed on the chemical distribution in vineyard. Pak. J. Biol. Sci. 11: 1472-1476.
19. Celen, I. H., Durgut, M.R., Avci, G.G., Kilic, E. (2009.): Effect of air assistance on deposition distribution on spraying by tunnel - type electrostatic sprayer. African Journal of Agricultural Research, 4 (12): 1392-1397.
20. Celen, I. H., (2010.): The effect of spray mix adjuvants on spray drift. Bulg. J. Agric. Sci., 16: 105-110.
21. Chen, Y., Ozkan, H.E., Zhu, H., Derksen, R.C., Krause, C.R., (2013.): Spray deposition inside tree canopies from a newly developed variable-rate air-assisted sprayer. Trans. ASABE, 56 (6): 1263-1272.

22. Chen, Y. Zhu, H. Ozkan, H.E. Derksen, R.C. Krause, C.R. (2013.): Spray drift and off-target loss reductions with a precision air-assisted sprayer. Trans. ASABE, 56 (6): 1273-1281.
23. Chueca, P., Garcera, C., Molto, E., Gutierrez, A. (2008.): Development of a sensor-controlled sprayer for applying lowvolume bait treatments. Crop Protection, 27: 1373-1379.
24. Czaczyk, Z. (2012.): Influence of Air Flow Dynamics on Droplet Size in Condition of Air-assisted Sprayers. Atomization Sprays, 22: 275-282.
25. Czaczyk, Z., Bäcker, G., Keicherr, R., Müller, R. (2014.): Air flow characteristics – proposed as mandatory requirement for airblast sprayers. Julius-Kühn-Archiv 449| Fifth European Workshop on Standardised Prodedure for the Inspection of Sprayers - SPISE, 5: 168-171.
26. Cross, J. V., Walklate, P. J., Murray, R. A., Richardson, G.M. (2003.): Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer, Crop protection, 25: 2.
27. Cunningham, G.P., Harder, J. (1998.): Reducing spray volumes applied to mature citrus trees. Crop Protection, 17 (4): 289-292.
28. Cunningham, G.P., Harder, J. (1999.): Sprayers to reduce spray volumes in mature citrus trees. Crop Protection, 18: 275-281.
29. De Schampheleire, M., Baetens, K., Nuyttens, D., Spanoghe, P. (2008.): Spray driftmeasurements to evaluate the Belgian drift mitigation measures in field crops. Crop Protection, 27: 577-589.
30. De Moor, A., Langenakens, J., Vereecke, E., Jaeken, P., Lootens, P., Vandecasteele, P. (2000.): Image analysis of water sensitive paper as a tool for the evaluation of spray distribution of orchard sprayers. Asp. Appl. Biol., 57: 329-342.
31. Derksen; R.C., Zhu; H., Fox, R.D., Brazee, R.D., Krause, C.R. (2007): Coverage and drift produced by air induction and conventional hydraulic nozzles used for orchard applications. Trans. ASABE, 50: 1493-1501.
32. Dekeyser D, Goossens T, Endalew A M, Verboven P, Hendrickx N, Nuyttens D. (2011.): Performance assessment of orchard sprayers, Part 1: Machine characterisation. SuProFruit 2011.

33. Dekeyser, D., Foqué, D., Endalew, A.M., Verboven, P., Goossens, T., Hendrickx, N., Nuyttens, D. (2012.): Assessment of orchard sprayers using laboratory trials. Aspects of Applied Biology, 114: 395-403.
34. Dekeyser, D., Foqué, D., Duga, A.T., Verboven, P., Hendrickx, N., Nuyttens, D. (2014.): Spray deposition assessment using different application techniques in artificial orchards tree. Crop Protection, 64: 187-198.
35. Deveau, S.T. (2010.): Fungicide Spray Coverage, Hort. Matters, 10: 2.
36. Dorr, G. J., Hewitt, A.J., Adkins, S.W., Hanan, J., Zhang, H., Noller, B. (2013.): A comparison of initial spray characteristics produced by agricultural nozzles. Crop Protection, 53: 109-117.
37. Dorr, G. J., Kempthorne, D. M., Mayo, L. C., Forster, W. A., Zabkiewicz, J. A., McCue, S. W., Belward, J. A., Turner, I. W. and Hanan, J. (2014.): Towards a Model of Spray-canopy Interactions: Interception, Shatter, Bounce and Retention of Droplets on Horizontal Leaves. Ecol. Modell, 290: 94-101.
38. Doruchowski, G., Swiechowski, W., Godyn, A., Holownicki, R. (2011.): Automatically controlled sprayer to implement spray drift reducing application strategies in orchards. J. fruit Ornam. Plant Res., 19: 175-182.
39. Doruchowski, G., Holownicki, R., Godyn, A., Swiechowski, W. (2012.): Calibration of orchard sprayers – the parameters and methods, Fourth European Workshop on Standardised Procedure fot the Inspection of sprayers, SPISE, 4: 140-144.
40. Duga A.T., Ruysen K., Dekeyser D., Nuyttens D., Bylemans D., Nicolai B. M., Verboven P. (2015.): Spray deposition profiles in pome fruit trees: Effects of sprayer design, training system and tree canopy characteristics. Crop Protection, 67: 200-213.
41. Endalew, A.M., Debaer, C., Rutten, N., Vercammen, J., Delele, M.A., Ramon, H., Nicolaï, B.M., Verboven, P. (2010a.): A new integrated CFD modelling approach towards air-assisted orchard spraying.Part I. Model development and effect of wind speed and direction on sprayer airflow. Computers and Electronics in Agriculture, 71: 128-136.
42. Escola, A., J., Planas, S. Rosell, J.R. Gràcia, F., Gil, E., Val, L. (2007.): Variable dose rate sprayer prototype for dose adjustment in tree crops according to canopy characteristics measured with ultrasonic and laser lidar sensors Conference: 6th European Conference on Precision Agriculture - ECPA, At Skiathos.

43. Escola, A., Planas, S., Rosell, J.R., Pomar, J., Camp, F., Solanelles, F., Gracia, F., Llorens, J., Gil, E. (2011.): Performance of an Ultrasonic Ranging Sensor in Apple Tree Canopies. Sensors, 11: 2459-2477.
44. Escola, A., Rosell-Polo, J.R., Planas, S., Gil, E., Pomar, J., Camp, F., Llorens, J., Solanelles, F. (2013.): Variable rate sprayer. Part 1 orchard prototype: design, implementation and validation. Comput. Electron. Agric., 95: 122-135.
45. Farooq, M., Salyani, M. (2002.): Spray Penetration into the Citrus Tree Canopy from Two Air - Carrier Sprayers, ASAE Annual Conference and Trade Show, 45 (5): 1287-1293.
46. Foqué, D., Pieters, J.G., Nuyttens, D. (2012.): Spray deposition and distribution in a bay laurel crop as affected by nozzle type, air assistance and spray direction when using vertical spray booms. Crop Protection, 41: 77-87.
47. Foqué, D., Dekeyser, D, Zwertvaegher, I., Nuyttens, D. (2014.): Accuracy of a multiple mineral tracer methodology for measuring spray deposition. Aspects of Applied Biology, 122: 203-212
48. Fox, R. D., Derksen, R. C., Zhu, H., Brazee, R. D., Svensson, S. (2008.): A history of air-blast sprayer development and future prospects. Trans. ASABE, 51 (2): 405-410.
49. Fritz, B. K., Hoffmann, W. C., Bagley, W. E., Kruger, G. R., Czaczyk, Z. and Henry, R. S. (2014.): Measuring Droplet Size of Agricultural Spray Nozzles-measurement Distance and Airspeed Effects. Atomization Sprays, 24 (9): 747-760.
50. Gamarra-Diezma, J. L., Miranda-Fuentes, A., Llorens, J., Cuenca, A., Gregorio L. Blanco-Roldán., Rodríguez-Lizana, A. (2015.): Testing Accuracy of Long-Range Ultrasonic Sensors for Olive Tree Canopy Measurements. Sensors, 15: 2902-2919.
51. Garcerá, C., Enrique M., Patricia C. (2017.): Spray Pesticide Applications in Mediterranean Citrus Orchards: Canopy Deposition and off-Target Losses.” Science of the Total Environment, 599/600: 1344-1362.
52. Giles, D. K., Delwiche, M.J., Dodd, R. B. (1987.): Control of Orchard Spraying Basedon Electronic Sensing of Target Characteristics, Trans. ASAE, 30: 1624-1630.
53. Giles, D. K., Delwiche, M.J., Dodd, R. B. (1988.): Electronic Measurement of Tree Canopy Volume, Trans. ASAE, 31: 264-272.
54. Giles, D. K., Delwiche, M. J., Dodd, R. B. (1989.): Sprayer control by sensing orchard crop characteristics: orchard architecture and spray liquid savings. Journal of Agricultural Engineering Research, 43: 271-289.

55. Gil, E., Badiola, J. (2007.): Design and Verification of a Portable Vertical Patternator for Vineyard Sprayer Calibration, Engineering in Agriculture, 23 (1): 35-42.
56. Gil, E., Gallart, M., Llorens, J., Llop, J. (2012.): Determination of Drift Potential Value (DPV) for different flat fan nozzles using a horizontal drift test bench. Power and Machinery. International Conference of Agricultural Engineering-CIGR-AgEng, Agriculture and engineering for a healthier life, Valencia, 1364.
57. Godyn, A., Holownicki, R., Doruchowski, G., Swiechowski, W. (2008.): Dual-fan Orchard Sprayer with Reversed Air-stream–Preliminary Trials, Agricultural Engineering International, The CIGR Ejournal, Manuscript ALNARP 08 007, 10: 1-13.
58. Gregorio, E., Torrent, X., Planes de Marti, S., Solanelles, F., Sanz, R., Rocadenbosch, F., Masip, J., Ribes-Dasi, M., Rosell-Polo, J. (2016.): Measurement of spray drift with a specifically designed lidar system. Sensors, 16 (4): 499.
59. Grella, G., Gallart, M., Marucco,P., Balsari, P., Gil. E. (2017.): Ground Deposition and Airborne Spray Drift Assessment in Vineyard and Orchard: The Influence of Environmental Variables and Sprayer Settings. Sustainability 9, 728: 1-26.
60. Herbst, A. i Weehmann, H. J. (2014.): Studies on drift potential from nozzles with angular spray fans. Aspects of Applied Biology, 122: 347-352.
61. European Standard *EN 13790*:2003. Part 1: Field crop sprayers
62. Holownicki, R., Doruchowski, G., Godyn, A., Swiechowski, W. (2000.): Variation of spray deposit and loss with air-jet directions applied in orchards. Journal of Agricultural Engineering Research, 77 (2): 129-136.
63. Holownicki, R., Doruchowski, G., Godyn, A., Swiechowski, W. (2002): The effect of air jet velocity on spray deposit in an apple orchard. Aspects of Applied Biology 66: 277-283.
64. Hong, S.W., Zhao, W. L., Zhu, H. (2017.): CFD simulation of airflow inside tree canopies discharged from air-assisted sprayers. Computers and Electronics in Agriculture, 149: 121-132.
65. ISO TC 23/SC 06 N 22866:2005. Equipment for crop protection-Methods for the field measurement of spray drift.
66. Jaeken, P., Vandermersch, M., De Moor, A., Langenakens, J. (2001.): Vertical spray distribution and influence on foliar nutrient distribution in fruit trees. Parasitica, 57: 99-113.

67. Jejčič, V., Godeša, T., Hočevar, M., Širok, B., Malneršič, A., Štancar, A., Lešnik, M., Stajnko, D. (2011.): Design and Testing of an Ultrasound System for Targeted Spraying in Orchards. Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering, 57 (7-8): 587-598.
68. Jensen, P.K., (2007.) Nonvertical spray angles optimize graminicide efficacy. Weed Technol., 21: 1029-034.
69. Jensen, P.K., (2012.) Increasing efficacy of graminicides with a forward angled spray. Crop Prot., 32: 17-23.
70. Jeon, H.Y., Zhu, H., Derksen, R.C., Ozkan, H.E., Krause, C.R., Fox, R.D. (2011.): Performance evaluation of a newly developed variable-rate sprayer for nursery liner applications. Trans. ASABE, 54 (6): 1997-2007.
71. Jeon; H.Y. i Zhu, H. (2012.): Development of a variable-rate sprayer for nursery liner applications. Trans. ASABE, 55 (1): 303-312.
72. Jurišić, M. Plaščak, I. (2009.): Geoinformacijski sustavi GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša, Sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
73. Jurišić, M., Šumanovac, L., Zimmer, D., Barač, Ž. (2015.): Tehnički i tehnološki aspekti pri zaštiti bilja u sustavu precizne poljoprivrede, Poljoprivreda, 1: 75-81.
74. Koch, H., Weisser, P., Cross, J., Gilbert, A., Glass, C., Taylor, W., Walklate, P., Western, N. (2000.): Sensor equipped orchard spraying-efficacy, savings and drift reduction. Pesticide application, 17-18: 357-362.
75. Koch, H. (2007.): How to achieve conformity with the dose expression and sprayer function in high crops. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 60 (1): 71-84.
76. Landers, A., Farooq, M. (2004.): Reducing drift and improving deposition in orchards. Aab, 9 (1): 380-384.
77. Landers, A., Muise, B., Balsari, P., Carpenter, P., Cooper, S., Glass, C., Magri, B., Mountford-Smith, C., Robinson, T., Stock, D. (2010.): The development of an automatic precision canopy sprayer for fruit crops. International Advances in Pesticide Application, Association of Applied Biologists, 29-34.
78. Landers A.J., Larzelere, W and Muise, B. (2012.): Advances in autonomous pesticide application technology for orange groves In: Aspects of Applied Biology, 114: 91-98.
79. Landers, A., Palleja, T., Llorens, J. (2017.): Technologies for the precise application of pesticides into vineyards. www.infowine-internet journal of enology and viticulture, 2 (1): 1-8.

80. Larbi, P.A., Salyani, M. (2012.): Model to predict spray deposition in citrus airblast sprayer applications: part 2. Spray deposition. Trans. ASABE, 55: 41-48.
81. Li, H., Zhai C., Weckler, P., Wang, N., Yang, S., Zhang, B. (2017.): A Canopy Density Model for Planar Orchard Target Detection Based on Ultrasonic Sensors. Sensors, 17: 31.
82. Llorens, J., Gil, E., Llop, J., Escola, A. (2010.): Variable rate dosing in precision viticulture: use of electronic devices to improve application efficiency. Crop Prot., 29: 239-248.
83. Llorens, J., Gil, E., Llop, J., Escola, A. (2011.): Ultrasonic and LIDAR Sensors for Electronic Canopy Characterization in Vineyards: Advances to Improve Pesticide Application Methods. Sensors, 11: 2177-2194.
84. Llorens Calveras, J., Landers, A.J. and Larzelere, W. (2013.): Precision application of pesticides in orchards – adjusting liquid flow. NY Fruit Quarterly, 21. (4): 7-10.
85. Llorens, J. i Landers A. J. (2014.): Variable rate spraying: digital canopy measurement for air and liquid electronic control. International advances in pesticide application. Aspects of Applied Biology, 114: 1-8.
86. Lopresti, J. (2004.): Determining dilute water volumes in viticulture, CRC for Viticulture, Pesticide application fact sheet, 9. (2/3): 16-25.
87. Magdalena, J., Benitez Piccini, E. Di Prinzio, A; Behmer, S. Villarroel, L.; Gabbanelli, M.; Daga, G. (2011.): Effects of volume rate and spray pressure of an air assisted sprayer on pesticide distribution and drift on pear trees. Acta Hort., 909: 639-644.
88. Maghsoudi, H., Minaei, S. (2013.): Variable rate spraying: a methodology for sustainable development. The 1st national conference on solutions to access sustainable development in agriculture,natural resources and the environment, Iran (Tehran) In Farsi.
89. Maghsoudi, H., Minaeia, S., Ghobadiana, B., Masoudi, H. (2015.): Ultrasonic sensing of pistachio canopy for low-volume precisionspraying. Computers and Electronics in Agriculture, 112: 149-160.
90. Manktelow, D.W. (1998.): Factors affecting spray deposits and their biological effects on New Zealand apple canopies, Doctor disertation, Massey University, Auckland, New Zeland.
91. Marucco, P., Tamagnone, M., Balsari, P. (2008.): Study of air velocity adjustment to maximise spray deposition in peach orchards. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript, X: 1-13.

92. Maski D, Durairaj D, (2010.): Effects of charging voltage, application speed, target height, and orientation upon charged spray deposition on leaf abaxial and adaxial surfaces. Crop Prot, 29 (2): 134-141.
93. Matthews, G.A. (1992): Pesticide application methods, 2nd edition, Blackwell, University of Oxford
94. Maynagh, B. M., Ghobadian, B., Jahannama, M. R. and Hashjin, T. T. (2009.): Effect of Electrostatic Induction Parameters on Droplets Charging for Agricultural Application. J. Agr. Sci. Tech., 11: 249-257.
95. McFadden-Smith, W. (2003.): Evaluation of vineyard sprayer performance and environmental impact using image analysis and other techniques, Ministry of Agriculture and Food, Ontario, Canada
96. Michielsen, P., Nieuwenhuizen, A., Zande, C., Wenneker, M., Stallinga, H i Velde, P. (2014.): Canopy density spraying in orchards in the Netherlands. International Advances in Pesticide Application. Aspects of Applied Biology, 122: 9-16.
97. Mihoci, M. (2015.): Spektrofotometrijsko određivanje boje, Osvrti, Kem. Ind., 64 (11-12): 681-694.
98. Miller, P. i Smith, R. (1997.): The effects of forward speed on the drift from boom sprayers. Brighton Crop Protection Conference-Weeds, BCPC, 399-406.
99. Miller, P. C. H. i Butler E, M. C. (2000.): Effects of Formulation on Spray Nozzle Performance for Applications from Groundbased Boom Sprayers. Crop Prot., 19: 609-615.
100. Miranda-Fuentes, A., Gamarra-Diezma, J. L., Blanco-Roldán, G. L., Cuenca, A., Llorens, J., Rodríguez-Lizana, A., Gil, E., Agüera-Vega, J., Gil-Ribes, J .A. (2015.): Testing the influence of the air flow rate on spray deposit, coverage and losses to the ground in a super-intensive olive orchard in southern Spain. SuproFruit 2015 - 13th Workshop on Spray Application in Fruit Growing, Julius-Kühn-Archiv, 448: 17-18.
101. Moltó, E., Martín, B.; Gutiérrez, A. (2000.): PM–Power and Machinery: Design and testing of an automatic machine for spraying at a constant distance from the tree canopy. Journal of Agricultural Engineering Research, 77: 379-384.
102. Nuyttens, D., Sonck, B., de Schampheleire, V., Steurbaut, W., Baetens, K., Verboven, P., Nicolaï, B., Ramon, H. (2005.): Spray drift as affected by meteorological conditions. In: Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences, 70 (4): 947-959.

103. Nuyttens, D., Baeten, K., De Schampheleire, M., Sonck, B. (2007a.): Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics, Biosystems Engineering, 97: 333-345.
104. Nuyttens, D., De Schampheleire, M., Baetens, K., Sonck, B. (2007b.): The influence of operator controlled variables on spray drift from field crop sprayers. Transactions of the ASABE, 50(4): 1129-1140.
105. Nuyttens, D., Taylor, W.A., De Schampheleire, M., Verboven, P., Dekeyser, D. (2009.): Influence of nozzle type and size on drift potential by means of different wind tunnel evaluation methods. Biosyst. Eng., 103: 271-280.
106. Palleja T., Landers, A. (2014.): Precision Spraying in the Orchard and Vineyard: Measuring Canopy Density. New York fruit quarterly, 22: 4.
107. Palleja T., Landers, A. (2015.): Precision fruit spraying: measuring canopy density and volume for air and liquid controlT. SuproFruit – 13th Workshop on Spray Application in Fruit Growing, 448: 76-77.
108. Palleja T., Landers, A. J. Orchard and vineyard real time spraying adjustments using ultrasonic echoes. Aspects of Applied Biology, 132: 405-410.
109. Palleja T., Llorens, J. Landers, A. J. (2017.): Measuring crop canopy – the development of a dynamic system for precision fruit crop spraying. Advances in Animal Biosciences: Precision Agriculture ECPA, 8 (2): 250-254.
110. Panneton, B., Lacasse, B., Piche, M. (2005.): Effect of air-jet configuration on spray coverage invineyards. Biosyst. Eng., 90: 173-184.
111. Pergher, G., Gubiani, R., Tonetto, G. (1997.): Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. Crop Protection, 16: 25-33.
112. Pergher, G. i Petris, R. (2008a.): The effect of air flow rate on spray deposition in a Guyot-trained vineyard. Agric. Eng. Int. CIGR E J. X: 1-15.
113. Perry, R. i Cordero, R. (1995.): Sensor controlled orchard sprayers. Proceedings of the National Conference on Pesticide Application Technology, 164-171.
114. Petrović, D., Banaj, Đ., Tadić, V., Knežević, D., Banaj, A. (2018.): Utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja na zemljišno i zračno zanošenje tekućine u nasadu višnje. 46. Symposium "Actual Tasks on Agricultural Engineering", 213-222.
115. Pfeifer, N., Gorte, B., Winterhalder, D. (2004.): Automatic reconstruction of single trees from terrestrial laser scanner data. In: XXth ISPRS Congress. In: Proceedings of Geo-Imagery Bridging Continentsvol, 1682-1750.

116. Rosell, J. R., Sanz, R., Llorens, J., Arnó, J., Ribes-Dasi, M., Masip, J., Camp, F., Gràcia,F., Solanelles, F. and Pallejà, T. (2009.): A tractor-mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: A comparison with conventional destructive measurements. Biosystems Engineering, 102: 128-134.
117. Rosell, J.R., Llorens, J., Sanz, R., Arnó, J., Ribes-Dasi, M., Masip, J., Escolà, A., Camp, F., Solanelles, F., Gràcia, F., Gil, E., Val, L., Planas, S., Palacín, J. (2009a.): Obtaining the three-dimensional structure of tree orchards from remote 2D terrestrial LIDAR scanning. Agricultural and Forest Meteorology, 149: 1505-1515.
118. Rosell, J.R., Sanz, R., Llorens, J., Arnó, J., Escolà, A., Ribes-Dasi, M., Masip, J., Camp, F., Gràcia, F., Solanelles, F., Pallejà, T., Val, L., Planas, S., Gil, E., Palacín, J. (2009b.): A tractor-mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: A comparison with conventional destructive measurements. Biosystems Engineering, 102 (2): 128-134.
119. Rosell, J.R., Sanz, R. (2012.): A review of methods and applications of the geometric characterization of tree crops in agricultural activities. Comput. Electron. Agric., 81: 124-141.
120. Rovira-Más, F., Reid, J. F., Zhang, Q., Will, J. D. (2005.): Hough transform based vision algorithm for crop row detection of an automated agricultural vehicle. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 219 (8): 999-1010.
121. Salcedo, R., Garcera, C., Granell, R., Molto, E., Chueca, P. (2015.): Description of the airflow produced by an air-assisted sprayer during pesticide applications to citrus anish Journal of Agricultural Research, 13 (2): 15.
122. Salyani, M., Sweeb, R.D., Farooq, M., (2006.): Comparison of string and ribbon samplers in orchard spray applications. Transactions of the ASABE, 49: 1705-1710.
123. Sayinci, B., Bastaban, S., (2011.): Spray distribution uniformity of different types of nozzles and its spray deposition in potato plant. Afr. J. Agric. Res., 6: 352-362.
124. Schumann, A. i Zaman, Q. (2005.): Software development for real-time ultrasonic mapping of tree canopy size. Computers and Electronics in Agriculture, 47: 25-40.
125. Sedlar A, Đukić N, Bugarin R. (2009.): Ekološki prihvatljive mašine za aplikaciju pesticida u voćnjacima i vinogradima, Savremena poljoprivredna tehnika, 35 (1-2): 16-25.

126. Sedlar, A. D., Bugarin, R., Đukić, N. (2011.):Tehno-ekonomska analiza i ekološki aspekt klasične i selektivne aplikacije pesticida u zasadu kajsije. Savremena poljoprivredna tehnika Cont. Agr. Engng., 37 (1): 65-74.
127. Sedlar, A. D., Bugarin, R. M., Nuyttens, D., Turan, J.J., Zoranovic, M.S. (2013.): Quality and efficiency of apple orchard protection affected by sprayer type and application rate. Span. J. Agric. Res., 11: 935-944.
128. Shirley, P. A. (1989.): An introduction to ultrasonic sensing. Sensors, , 6(11): 6.
129. Solanelles, F., Escola, A., Planas, S., Rosell, J. R., Camp, F., Gracia, F. (2006.): An electronic control system for pesticide application proportional to the canopy width of tree crops. Biosystems Eng., 95 (4): 473-481.
130. Solanelles, F., Tarrado, A., Camp, F., Gracia, F. (2012.): Assessment of nozzle low rate measurement methods for the inspection of sprayers in use, Fourth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe – SPISE, 4: 186-190.
131. Stajnko, D., Berk, P., Lešnik, M., Jejčič, V., Lakota, M., Štrancar, A., Hočevar, M., Rakun, J. (2012.): Programmable ultrasonic sensing system for targeted spraying in orchards. Sensors, 12: 15500-15519.
132. Świechowski, W., Hołownicki, R., Godyń, A., Doruchowski, G. (2015.): Effect of spray application parameters on the airborne drift. Scientific quarterly journal. Agricultural Engineering, 2 (154): 119-126.
133. Tadić, V., Banaj, Đ., Banaj, Ž. (2009.): Smanjenje zanošenja pesticida u funkciji zaštite okoliša. 2nd International Scientific/Professional Conference, Agriculture in Nature and Environment Protection, 148-156.
134. Tadić, V. (2013.): Utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja na pokrivenost lisne površine u trajnim nasadima. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Sveučilište J.J. Strossmayera, Osijek.
135. Tadić, V., Banaj, Đ., Petrović, D., Knežević, D., Lukinac Čačić, J., Menđušić, I. (2014.): Brzina i protok zraka s različitim tipovima raspršivača. Agronomski glasnik, 75 (4): 181-196.
136. Triloff, P., Knoll, M., Lind, K., Herbst, E., Kleisinger, S. (2012.): Low-Loss-Spray-Application-The Scientiic Basis, Fourth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe - SPISE, 4: 127-134.

137. Triloff, P., Lind, K., Matzer, W., Knoll, M., Klesinger, S. (2014.): Adjusting and straightening the air distribution of sprayers for three dimensional crops: The state of the art. Fifth European workshop on standardized procedure for the inspection of sprayers, 133-138.
138. Vallet, A., Tinet, C. (2013.): Characteristics of droplets from single and twin jet air induction nozzles: a preliminary investigation. Crop Protection, 48: 63-68.
139. Vercruysse, F., Steurbaut, W., Drieghe, S., Dejonckheere, W. (1999.): Off target ground deposits from spraying a semi-dwarf orchard. Crop Prot., 18: 565-570.
140. Wang, S., Dorr, G. J. Khashehchi, He, X. (2015.): Performance of Selected Agricultural Spray Nozzles using Particle Image Velocimetry. J. Agr. Sci. Tech., 17: 601-613.
141. Wei, Q.; Sanqin; Z.; Weimin; D.; Chengda; S.; Jiang; L.; Yinian; L.; Jiabing; G. (2016.): Effects of fan speed on spray deposition and drift for targeting air-assisted sprayer in pear orchard; Int J Agric & Biol Eng., 9 (4): 53.
142. Weisser P., Koch H. (2002): Expression of dose rate with respect to orchard sprayer function, Aspects of Applied Biology, 66: 353-358.
143. Wegener, J.K. (2014.): Sprayer inspection parameters as a basis for risk assessment for human health and the environment. Fifth European Workshop on Standardised Prodedure for the Inspection of Sprayers, SPISE, 5: 142-147.
144. Wenneker, M. i Zande, J.C. (2008.): Drift Reduction in Orchard Spraying Using a Cross Flow Sprayer Equipped with Reflection Shields (Wanner) and Air Injection Nozzles. Agricultural Engineering International, The CIGR Ejournal. Manuscript, X: 1-10.
145. Xiongkui, H., Aijun, Z., Yajia, L., Jian Li, S. (2011.): Precision orchard sprayer based on automatically infrared target detecting and electrostatic spraying techniques. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 4: 35-40.
146. Zaman, Q. i Salyani, M. (2004.): Effects of foliage density and ground speed on ultrasonic measurement of citrus tree volume. Applied Engineering in Agriculture, 20 (2): 173-178.
147. Zande, J C., Butler Ellis, M C ., Wenneker, M ., Walklate, P J., Kennedy, M. (2014.): Spray drift and bystander risk from fruit crop spraying. Aspects of Applied Biology, 122: 177-186.
148. Zhu, H., Dorner, J., Rowland, D., Derksen, R. and Ozkan, H. (2004.). Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. Biosystems Engineering, 87: 275-283.

149. Zhu, H., Brazee, R.D., Derksen,R.C., Fox, R.D., Krause, C.R., Ozkan, H.E., Losely, K. (2006.): A specially designed air – assisted sprayer to improve spray penetration and air jet velocity distribution inside dense nursery crops, Transactions of he ASABE, 49 (5): 1285-1294.
150. Zhu, H., Derksen, R. C., Guler, H., Krause, C. R., Ozkan. H. E. (2006.): Foliar deposition and off-target loss with different spray techniques in nursery applications. American Society of Transactions of the ASABE. Agricultural and Biological Engineers 49 (2): 325-334.

Mrežni izvori

1. https://www.dzs.hr/
2. https://www.lechler.com/de-en/products/product-range/agriculture/nozzles-for-viticulture-orchard-speciality-crops/tr/
3. https://www.lechler.com/de-en/products/product-range/agriculture/nozzles-for-viticulture-orchard-speciality-crops/itr/
4. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_02_14_269.html
5. https://www.spritzenteile.de/Armaturen-komplett/Arag-BRAVO-Computer/arag-bravo140-fuer-reihenspritzung.html

9. PRILOG

Prilog 1. Tumač kratica

$\bar{A}_{lp}$	prosječna lisna površina, m^2
AAMS	*engl. Advanced Agricultural Measuring System* – sustav za mjerenje protoka tekućine
AG	*engl. American Gallon* – američki galon, 3,785 l
A_u	uzgojna površina, ha
b_k	širina krošnje, m
b_r	širina reda nasada, m
d	norma potrebna za tretiranje, l
d_k	promjer kapljice, µm
EN (13790)	oznaka standarda za testiranje tehničkih sustava u zaštiti bilja
f	faktor folijacije
h_n	visina nasada, m
h_r	visina promatrane regije, m
ISO (10625)	oznaka standarda za označavanje mlaznica
L_a	površina filter papirića cm^2
LAD	*engl. Leaf Area Density* – indeks lisne gustoće, m^2/m^3
LAI	*engl. Leaf Area Index* – indeks lisne površine, m^2/m^2
l_r	dužina promatrane regije, m
M_d	depozit tekućine na filter papiriću, µg/cm^2
n	broj mlaznica u radu
n_{lis}	broj listova na stablu/trsu
N_r	norma raspršivanja, l/ha
p	radni tlak, bar
PVT	priključno vratilo traktora
Q_m	protok mlaznice, l/min
Q_s	specifični protok zraka, m^3/ km
Q_z	protok zraka raspršivača, m^3/h
T_{cl}	koncentracija boje s kojom se obavlja aplikacija µg/ml
TR	oznaka mlaznice
TRV	*engl. Three Row Volume* – obujam nasada, m^3/ha
T_z	temperatura zraka, °C
v_r	brzina rada raspršivača, km/h
v_v	brzina vjetra, m/s
V_z	obujam zraka, m^3
W	količina deionizirane vode za ispiranje filter papirića, ml
ω_z	relativna vlažnost zraka, %

Prilog 2. Popis slika

Slika 1.	Nasad višnje (rasadnik *Karolina*)	18.
Slika 2.	Filter papirići na drvenim nosačima	19.
Slika 3.	Shema pokusa	19.
Slika 4.	Shema postavljenih filter papirića	20.
Slika 5.	Filter papirić u krošnji	20.
Slika 6.	Shema senzorskog sustava na raspršivaču	21.
Slika 7.	Sustav ultrazvučnih senzora	22.
Slika 8.	Nošeni raspršivač *Agromehanika ENU 200*	23.
Slika 9.	Vučeni raspršivač *Tifone Vento 1500*	24.
Slika 10.	Određivanje obujma nasada *TRV* metodom	26.
Slika 11.	Mlaznica *Lechler TR 8002*	28.
Slika 12.	Mlaznic *Lechler ITR 8002*	29.
Slika 13.	Mlaznice *Lechler ITR 8002C* i *TR 8002C*	29.
Slika 14.	Mjerenje brzine zraka anemometrom *Kestrel 4500 BT*	31.
Slika 15.	Mjerenje vertikalne raspodjele zraka anemometrom *Kestrel 4500 BT*	32.
Slika 16.	Mjerač obujma u krošnji	34.
Slika 17.	Meteorološka postaja *Hobbo*	35.

Prilog 3. Popis tablica

Tablica 1.	Rezultati mjerenja broja okretaja *PVT*-a	38.
Tablica 2.	Vrijednosti kapaciteta crpki	38.
Tablica 3.	Vrijednosti ispravnosti manometara	39.
Tablica 4.	Rezultati mjerenja protoka mlaznica	40.
Tablica 5.	Uzgojne karakteristike nasada višnje	45.
Tablica 6.	Rezultati protoka mlaznica i radnog tlaka	46.
Tablica 7.	Vremenski uvjeti tijekom istraživanja s raspršivačem *Agromehanika*	47.
Tablica 8.	Vremenski uvjeti tijekom istraživanja raspršivačem s *Tifone*	48.
Tablica 9.	Rezultati zemljišnog zanošenja s raspršivačem *Agromehanika*	49.
Tablica 10.	Analiza varijance zemljišnog zanošenja	50.
Tablica 11.	$LSD_{0,05}$ test za zemljišno zanošenje	51.
Tablica 12.	$LSD_{0,05}$ test zemljišnog zanošenja za različite sustave raspršivanja	54.
Tablica 13.	Rezultati zračnog zanošenja tekućine na 5 m raspršivačem *Agromehanika*	54.

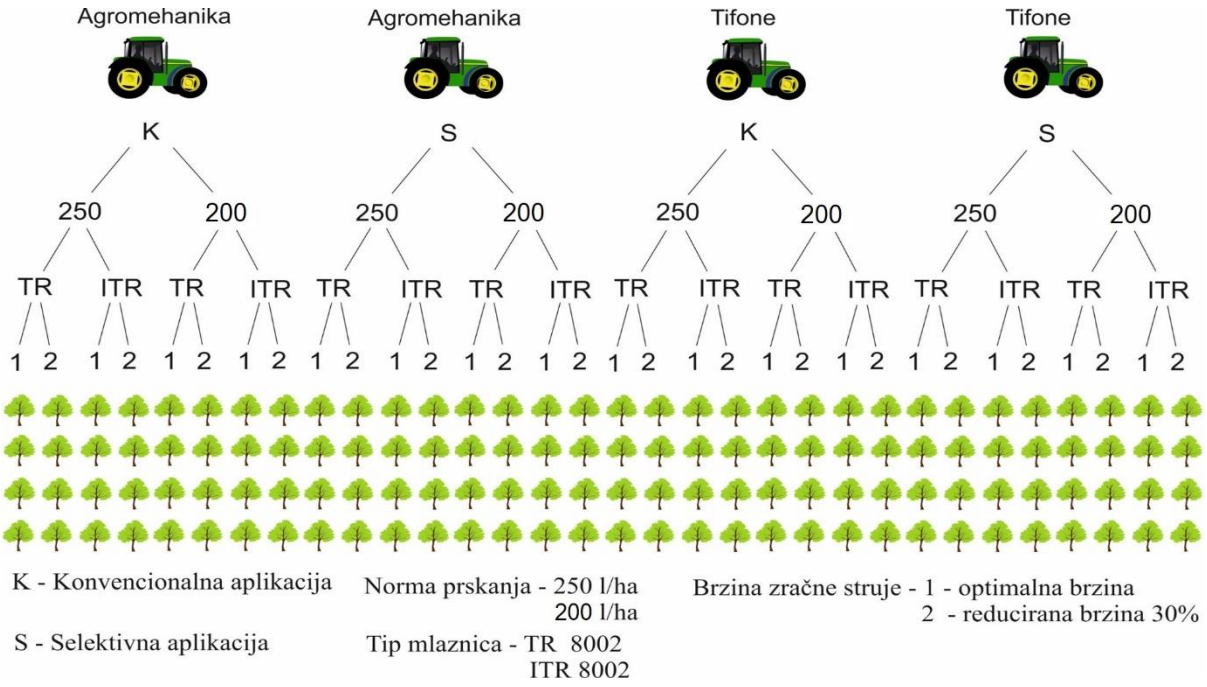
Tablica 14.	Analiza varijance zračnog zanošenja na 5 m	56.
Tablica 15.	$LSD_{0,05}$ test za zračno zanošenje na 5 m	57.
Tablica 16.	$LSD_{0,05}$ test zračnog zanošenja na 5 m za različite sustave raspršivanja	58.
Tablica 17.	Rezultati zračnog zanošenja na 10 m raspršivačem *Agromehanika*	59.
Tablica 18.	Analiza varijance zračnog zanošenja na 10 m	61.
Tablica 19.	$LSD_{0,05}$ test za zračno zanošenje na 10 m	61.
Tablica 20.	$LSD_{0,05}$ *test* zračnog zanošenja na 10 m za različite sustave raspršivanja	63.
Tablica 21.	Depozit u krošnji raspršivačem *Agromehanika*	63.
Tablica 22.	Analiza varijance depozita u krošnji	64.
Tablica 23.	$LSD_{0,05}$ test za depozit u krošnji	64.
Tablica 24.	$LSD_{0,05}$ test depozita u krošnji za različite sustave raspršivanja	65.
Tablica 25.	Rezultati zemljišnog zanošenja raspršivačem *Tifone*	66.
Tablica 26.	Analiza varijance zemljišnog zanošenja	67.
Tablica 27.	$LSD_{0,05}$ test za zemljišno zanošenje	68.
Tablica 28.	$LSD_{0,05}$ test zemljišnog zanošenja za različite sustave raspršivanja	70.
Tablica 29.	Rezultati zračnog zanošenja tekućine na 5 m raspršivačem *Tifone*	71.
Tablica 30.	Analiza varijance zračnog zanošenja na 5 m	73.
Tablica 31.	$LSD_{0,05}$ test za zračno zanošenje na 5 m	74.
Tablica 32.	$LSD_{0,05}$ test zračnog zanošenja na 5m za različite sustave raspršivanja	75.
Tablica 33.	Rezultati zračnog zanošenja na 10 m raspršivačem Tifone	76.
Tablica 34.	Analiza varijance zračnog zanošenja na 10 m	78.
Tablica 35.	$LSD_{0,05}$ test za zračno zanošenje na 10 m	79.
Tablica 36.	$LSD_{0,05}$ test zračnog zanošenja na 10 m za različite sustave raspršivanja	80.
Tablica 37.	Rezultati mjerenja depozita u krošnji raspršivačem *Tifone*	80.
Tablica 38.	Analiza varijance za ispitivano svojstvo depozita u krošnji	81.
Tablica 39.	$LSD_{0,05}$ test za depozit u krošnji	81.
Tablica 40.	$LSD_{0,05}$ test depozita u krošnji za različite sustave raspršivanja	82.
Tablica 41.	$LSD_{0,05}$ test za čimbenike konvencionalnog raspršivanja s različitim raspršivačima	83.
Tablica 42.	$LSD_{0,05}$ test za čimbenike raspršivanja s različitim raspršivačima sa senzorskim sustavom	84.
Tablica 43.	$LSD_{0,05}$ test za ispitivana svojstva različitim raspršivačima sa oba sustava raspršivanja	84.

Prilog 4. Popis grafikona

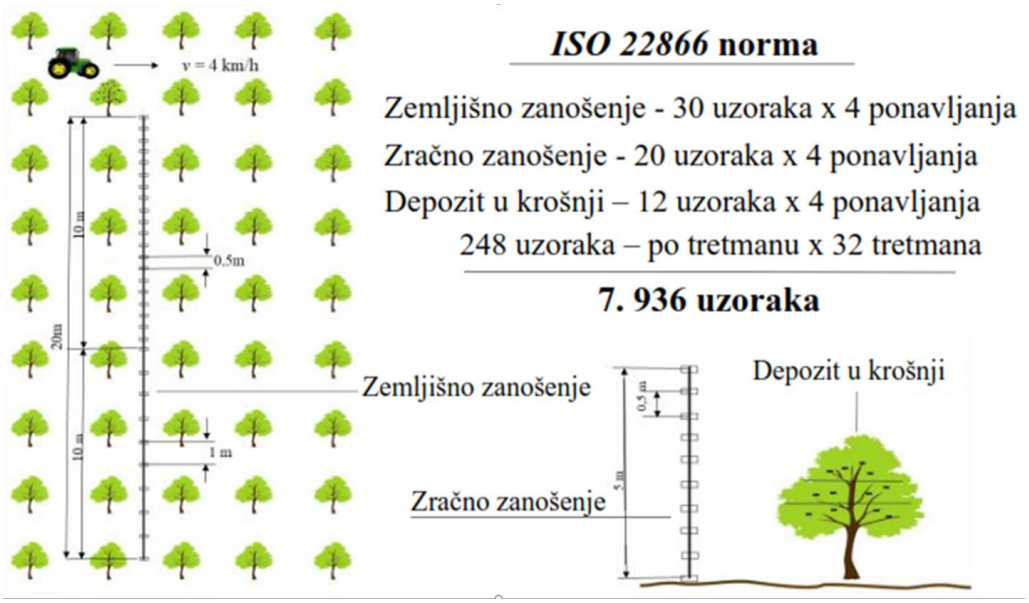
Grafikon 1.	Vertikalna raspodjela brzine zračne struje kod raspršivača *Agromehanik*a pri 4. položaju lopatica	41.
Grafikon 2.	Vertikalna raspodjela brzine zračne struje kod raspršivača *Agromehanika* pri 2. položaju lopatica	42.
Grafikon 3.	Vertikalna raspodjela brzine zračne struje kod raspršivača *Tifone* pri 3. položaju lopatica	43.
Grafikon 4.	Vertikalna raspodjela brzine zračne struje kod raspršivača *Tifone* pri 1. položaju lopatica	44.
Grafikon 5.	Distribucija zemljišnog zanošenja tekućine konvencionalnim raspršivanjem	52.
Grafikon 6.	Distribucija zemljišnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom	52.
Grafikon 7.	Ukupno zemljišno zanošenje za oba sustava raspršivanja	53.
Grafikon 8.	Distribucija zračnog zanošenja konvencionalnim raspršivanjem na 5 m	56.
Grafikon 9.	Distribucija zračnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom na 5 m	56.
Grafikon 10.	Zračno zanošenje na 5 m za sve tretmane konvencionalnim i senzorskim raspršivanjem	58.
Grafikon 11.	Distribucija zračnog zanošenja konvencionalnim raspršivanjem na 10 m	60.
Grafikon 12.	Distribucija zračnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom na 10 m	60.
Grafikon 13.	Zračno zanošenje na 10 m za sve tretmane konvencionalnog i senzorskog sustava raspršivanja	62.
Grafikon 14.	Depozit u krošnji za sve tretmane konvencionalnog i senzorskog raspršivanja	65.
Grafikon 15.	Distribucija zemljišnog zanošenja tekućine konvencionalnim raspršivanjem	69.
Grafikon 16.	Distribucija zemljišnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom	69.
Grafikon 17.	Ukupno zemljišno zanošenje za oba sustava raspršivanja	70.

Grafikon 18.	Distribucija zračnog zanošenja konvencionalnim raspršivanjem na 5 m	72.
Grafikon 19.	Distribucija zračnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom na 5 m	72.
Grafikon 20.	Zračno zanošenje na 5 m konvencionalnim i senzorskim raspršivanjem	75.
Grafikon 21.	Distribucija zračnog zanošenja konvencionalnim raspršivanjem na 10 m	77.
Grafikon 22.	Distribucija zračnog zanošenja raspršivanjem sa senzorskim sustavom na 10 m	77.
Grafikon 23.	Zračno zanošenje na 10 m konvencionalnog i senzorskog raspršivanja	79.
Grafikon 24.	Depozit u krošnji za sve tretmane konvencionalnog i senzorskog raspršivanja	82.

Prilog 5. Plan pokusa



Prilog 6. Plan postavljanja filter papirića

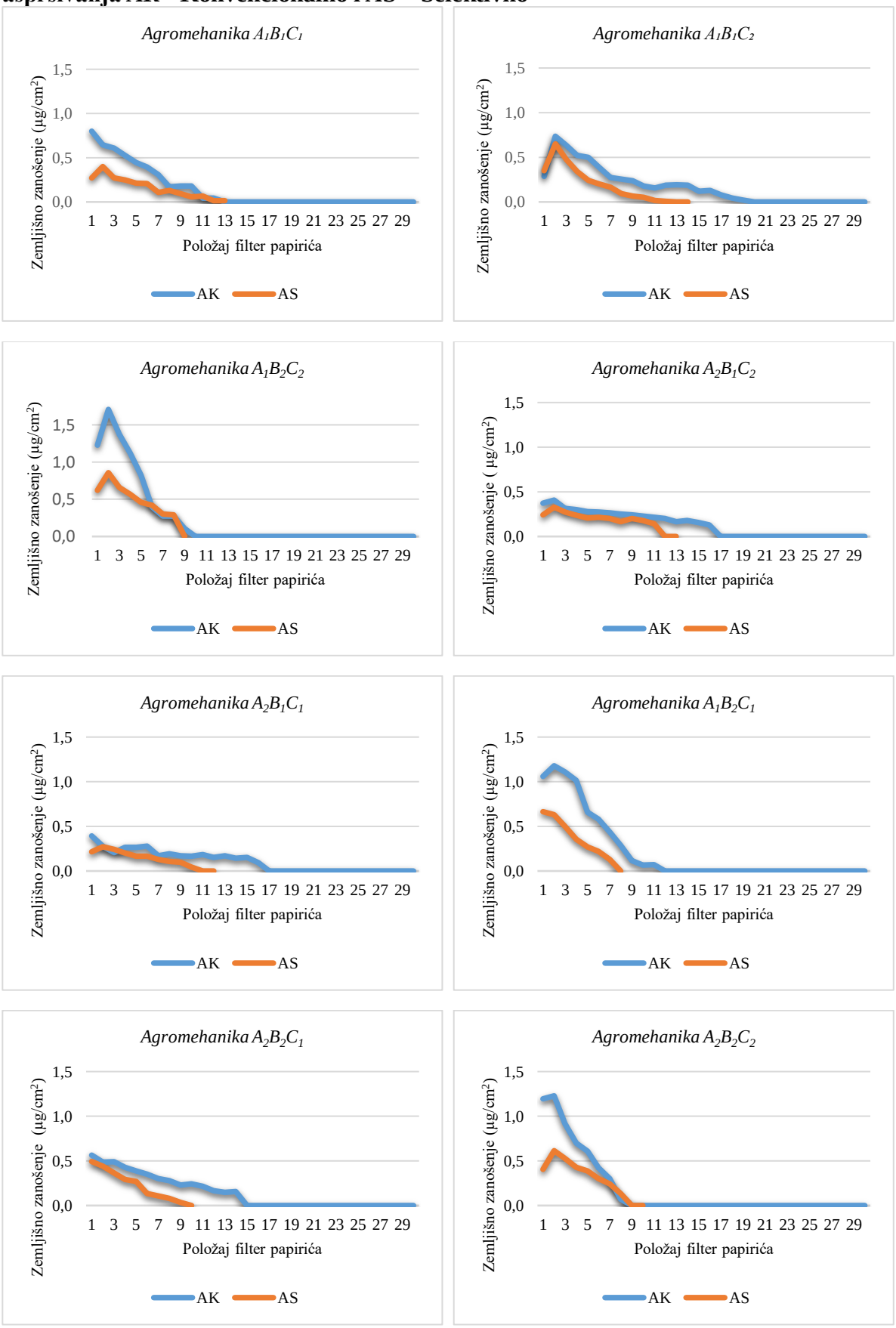


Prilog 7. Rezultati mjerenja karakteristika nasada

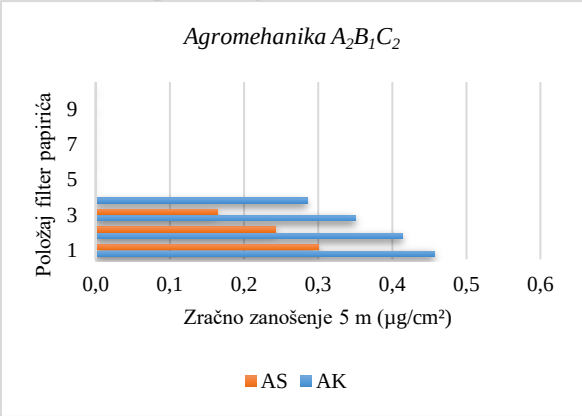
Stablo	Visina stabla (cm)	Visina krošnje (cm)	Širina krošnje (cm)	Visina krošnje od tla (cm)	Uzgojna površina (m^2)	*LAI* m^2/m^2	*LAD* m^2/m^3	Listova po stablu	Prosječna pov. lista (m^2)	Lisna površina u kocki (m^2)	Razmak između voćaka
1.	257,00	175,00	190,00	82,00	2,83	1,42	4,51	2538,00	0,001580	0,121800	355,00
2.	252,00	173,00	198,00	79,00	3,07	1,60	4,91	3250,00	0,001510	0,132700	354,00
3.	258,00	176,00	197,00	82,00	3,04	1,35	5,28	3000,00	0,001370	0,142600	352,00
4.	250,00	173,00	196,00	77,00	3,01	1,48	4,16	3128,00	0,001420	0,112400	357,00
5.	260,00	179,00	200,00	81,00	3,14	1,44	4,97	3238,00	0,001398	0,134200	350,00
6.	264,00	182,00	198,00	82,00	3,07	1,53	4,96	3154,00	0,001487	0,133800	352,00
7.	259,00	174,00	194,00	85,00	2,95	1,57	4,62	2963,00	0,001560	0,124800	348,00
8.	256,00	176,00	196,00	80,00	3,01	1,43	4,79	2836,00	0,001523	0,129400	356,00
$\bar{x}$	257,00	176,00	196,13	81,00	3,02	1,45	4,72	3013,38	0,001460	0,13	353,00
σ	4,44	3,12	3,04	2,39	0,09	0,10	0,49	238,90	0,000090	0,01	3,07
KV	1,73	1,77	1,55	2,95	3,09	7,20	10,29	7,93	5,98	7,14	0,87

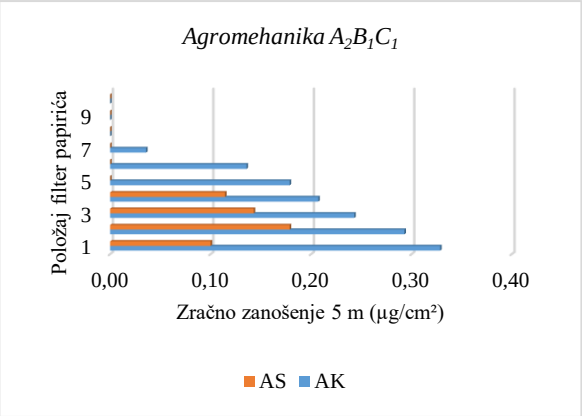
Kocka	Broj listova	Površina lista	Površina lista u kocki (cm^2)	ukupna površina lista u kocki (m^2)	Grane u krošnji	Listovi na granama	Listova po stablu	Ukupna lisna površina na stablu (cm^2)	Ukupna lisna površina na stablu (m^2)
1.	77	15,82	1218,70	0,12	54	47	2538,00	40151,16	4,01
2.	88	15,09	1327,90	0,13	65	50	3250,00	49042,50	4,90
3.	92	15,50	1426,00	0,14	50	60	3000,00	46500,00	4,65
4.	82	13,70	1124,20	0,11	68	54	3128,00	42853,60	4,28
5.	96	13,98	1342,00	0,13	72	45	3238,00	45267,24	4,52
6.	90	14,87	1338,3	0,13	61	52	3172,00	47167,64	4,72
7.	80	15,60	1248,00	0,12	58	51	2963,00	46222,80	4,62
8.	85	15,23	1294,55	0,13	75	42	3150,00	47974,50	4,79
$\bar{x}$	86,25	14,97	1289,96	0,13	62,88	50,13	3054,88	45647,43	4,56
σ	6,43	0,76	92,06	0,01	8,72	5,59	232,48	2890,12	0,29
KV	7,46	5,10	7,14	7,13	13,88	11,16	7,61	6,33	6,36

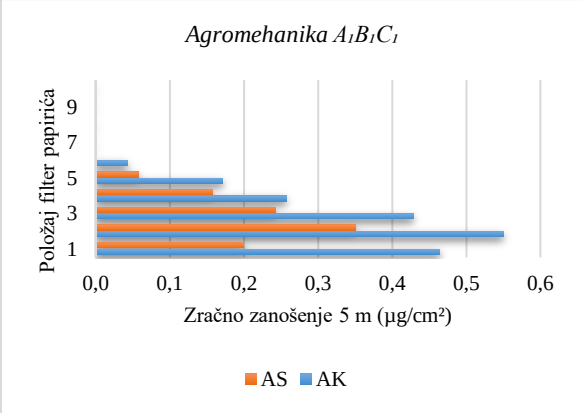
Prilog 8. Zemljišno zanošenje za sve tretmane raspršivačem *Agromehanika* s dva sustava raspršivanja *AK* - Konvencionalno i *AS* – Selektivno

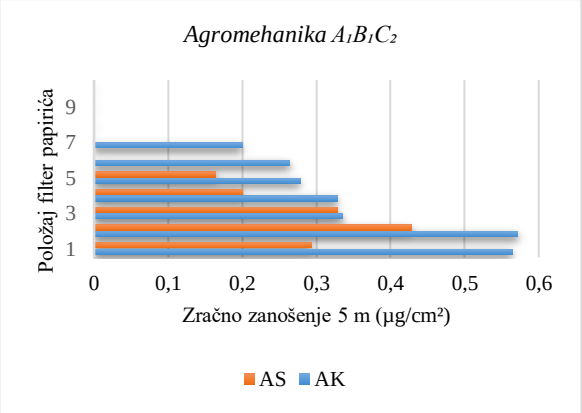


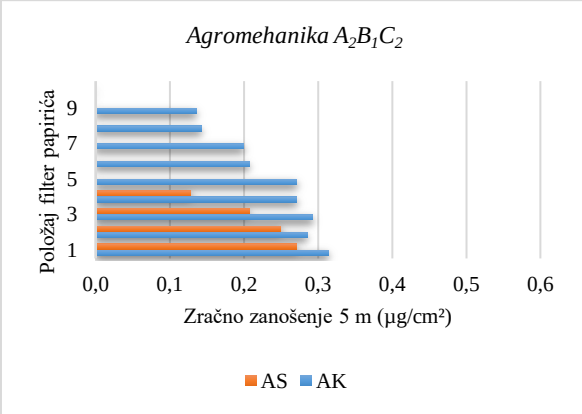
Prilog 9. Zračno zanošenje na 5 m za sve tretmane raspršivačem *Agromehanika* s dva sustava raspršivanja *AK* - Konvencionalno i *AS* – Selektivno

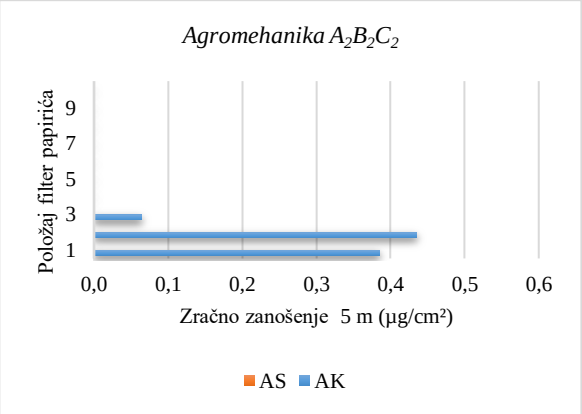


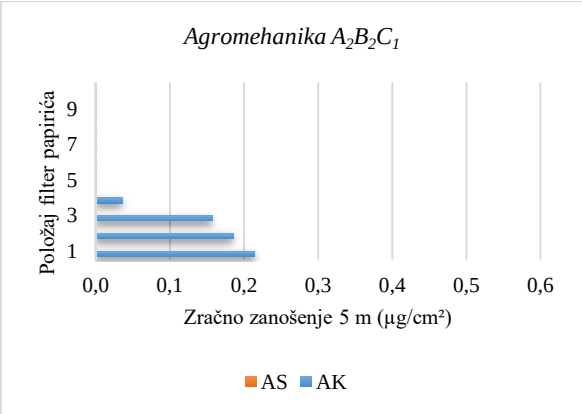


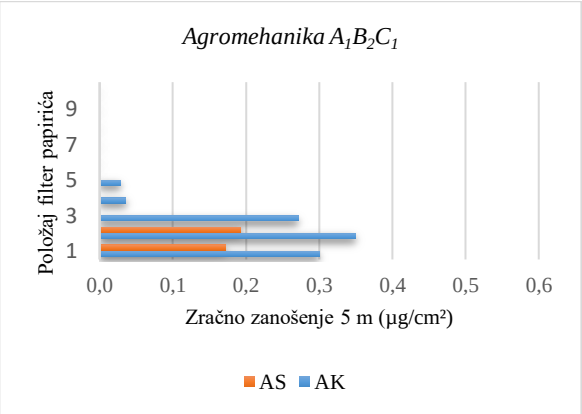




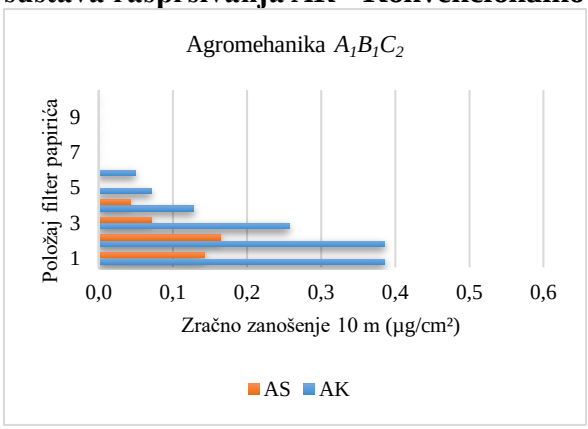


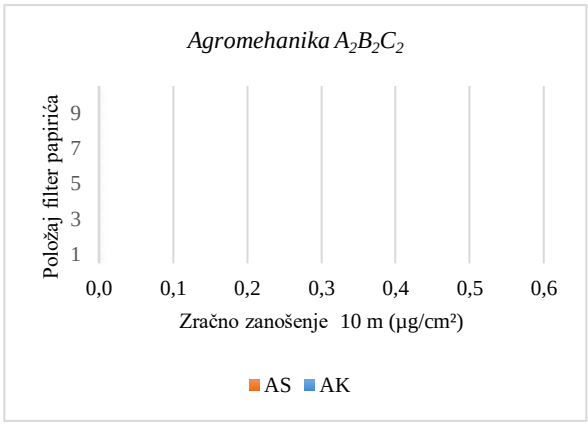


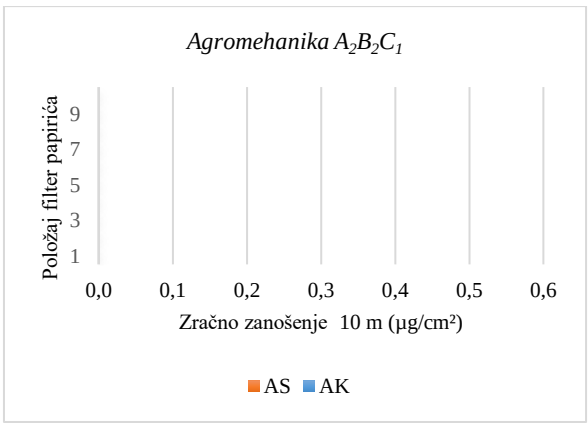


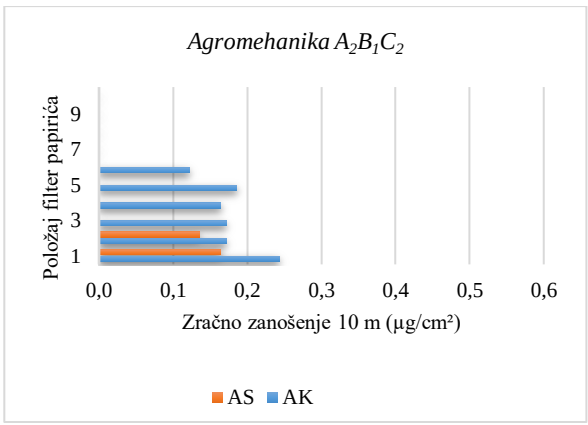


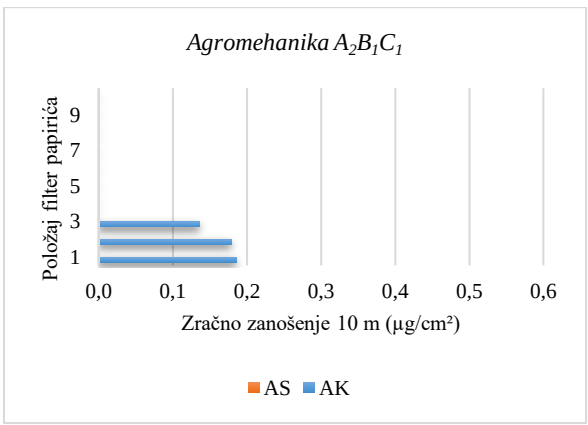
Prilog 10. Zračno zanošenje na 10 m za sve tretmane raspršivačem *Agromehanika* s dva sustava raspršivanja *AK* - Konvencionalno i *AS* – Selektivno

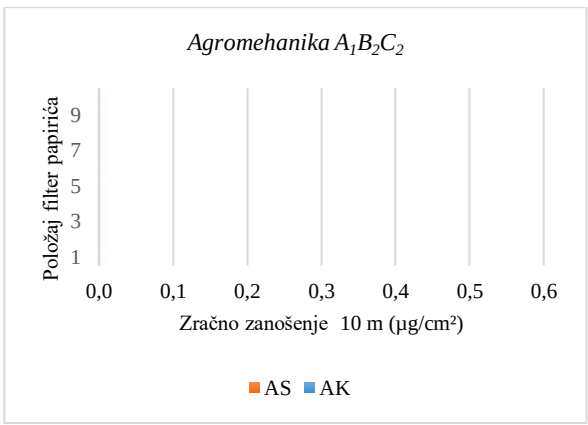


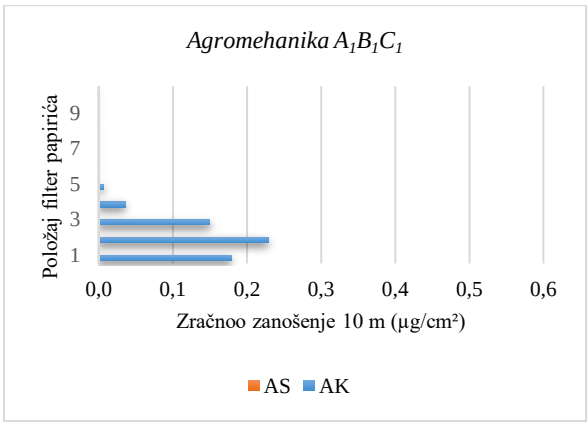


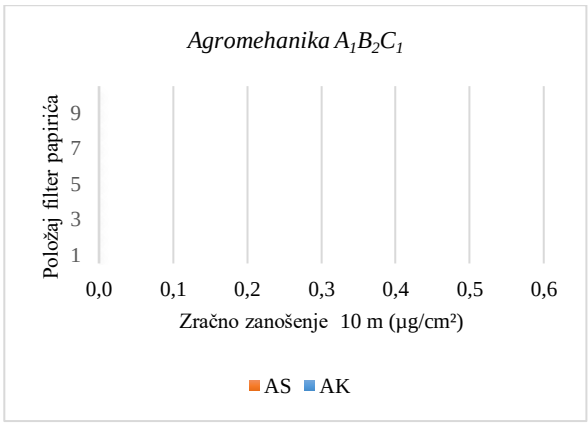




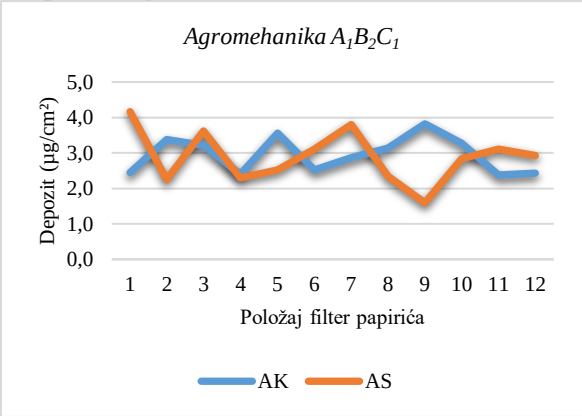


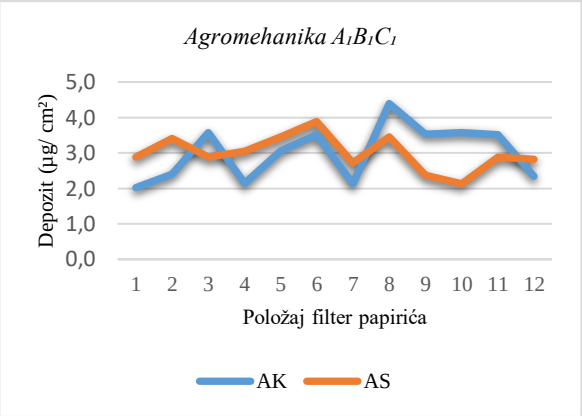


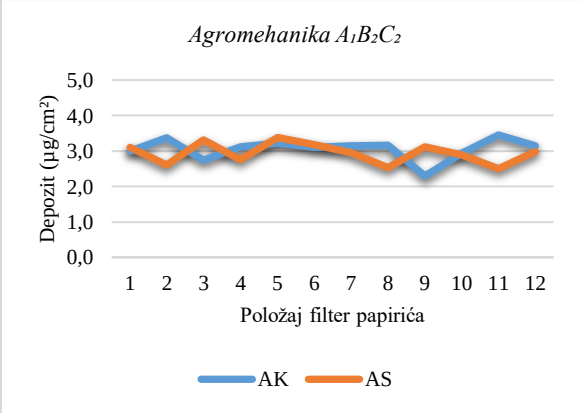


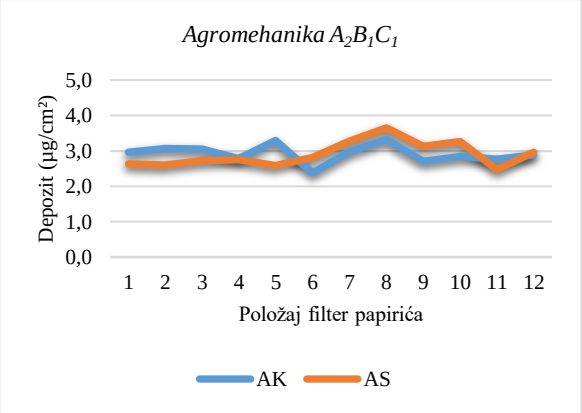


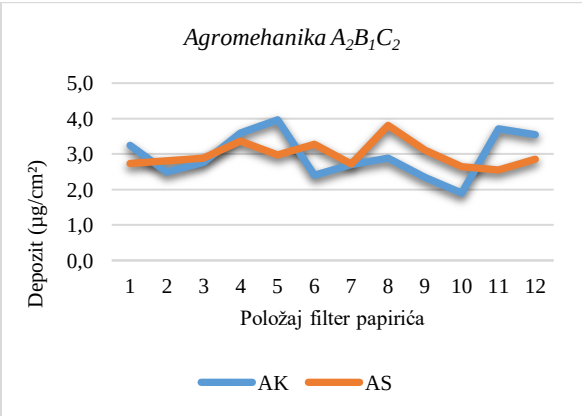
Prilog 11. Depozit za sve tretmane raspršivačem *Agromehanika* s dva sustava raspršivanja *AK* - Konvencionalno i *AS* - Selektivno

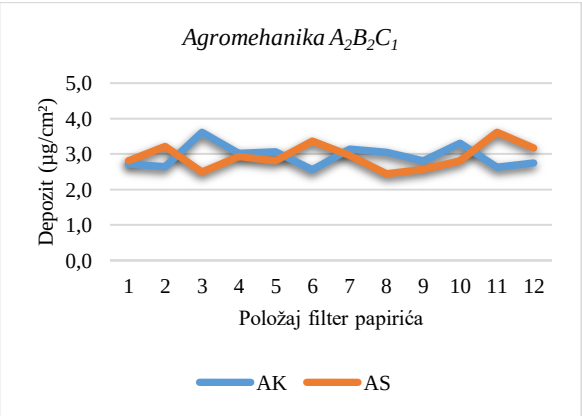


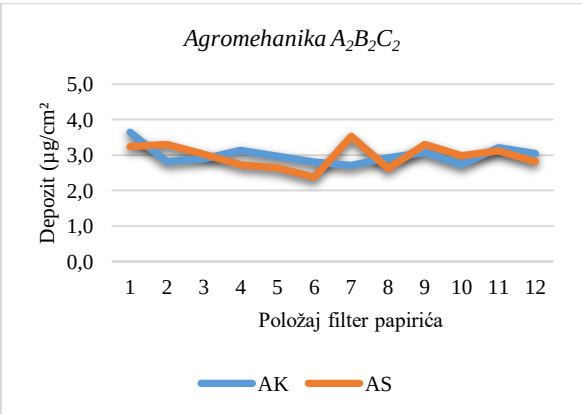


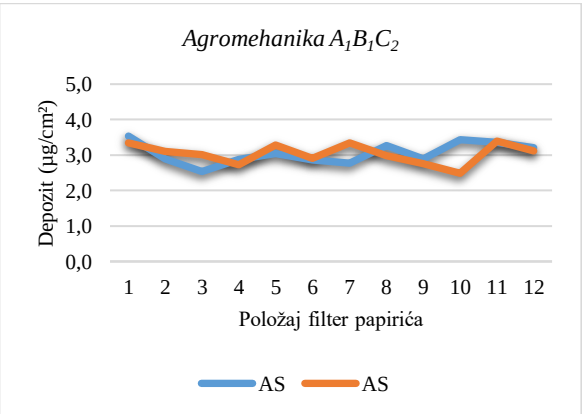




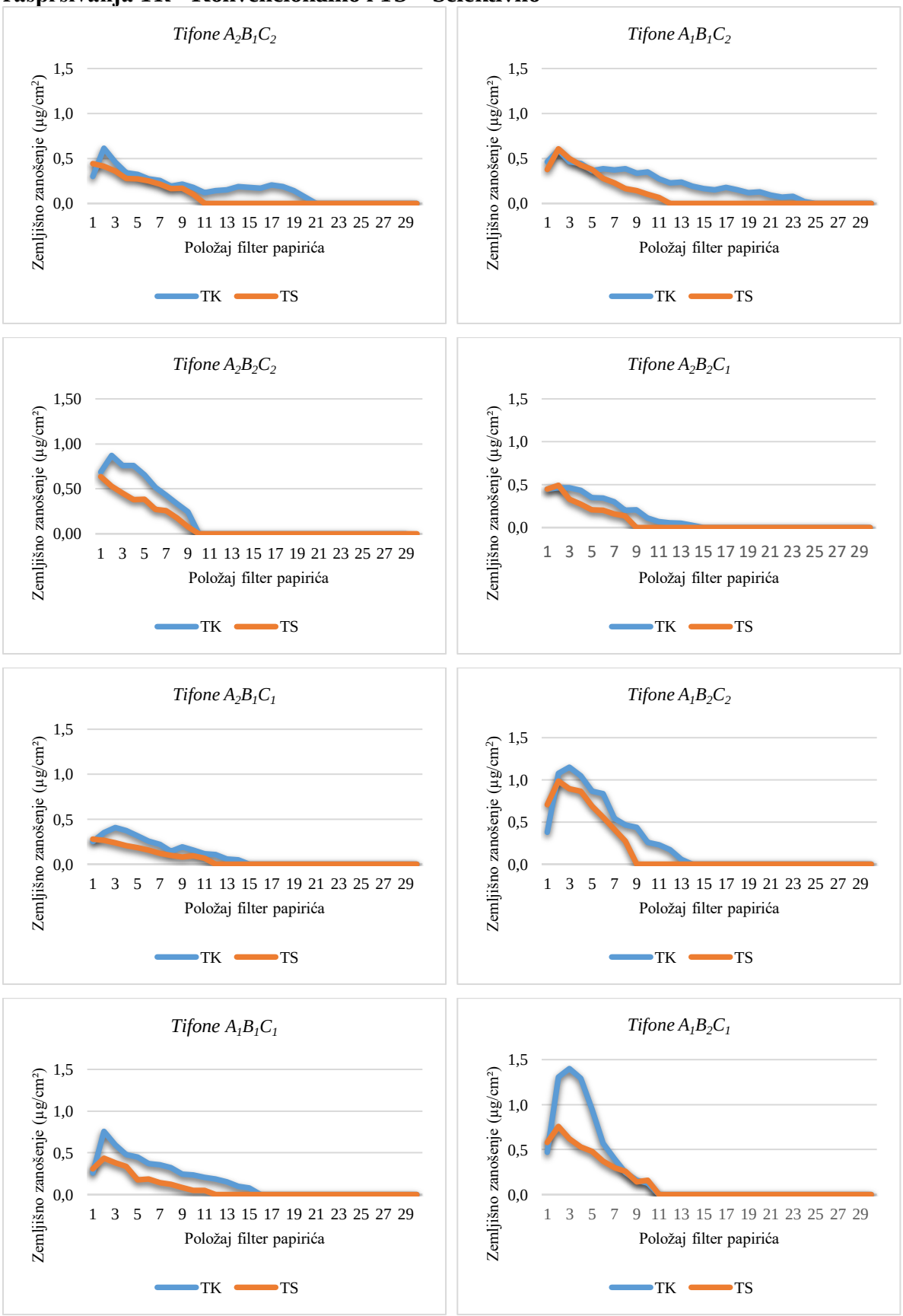




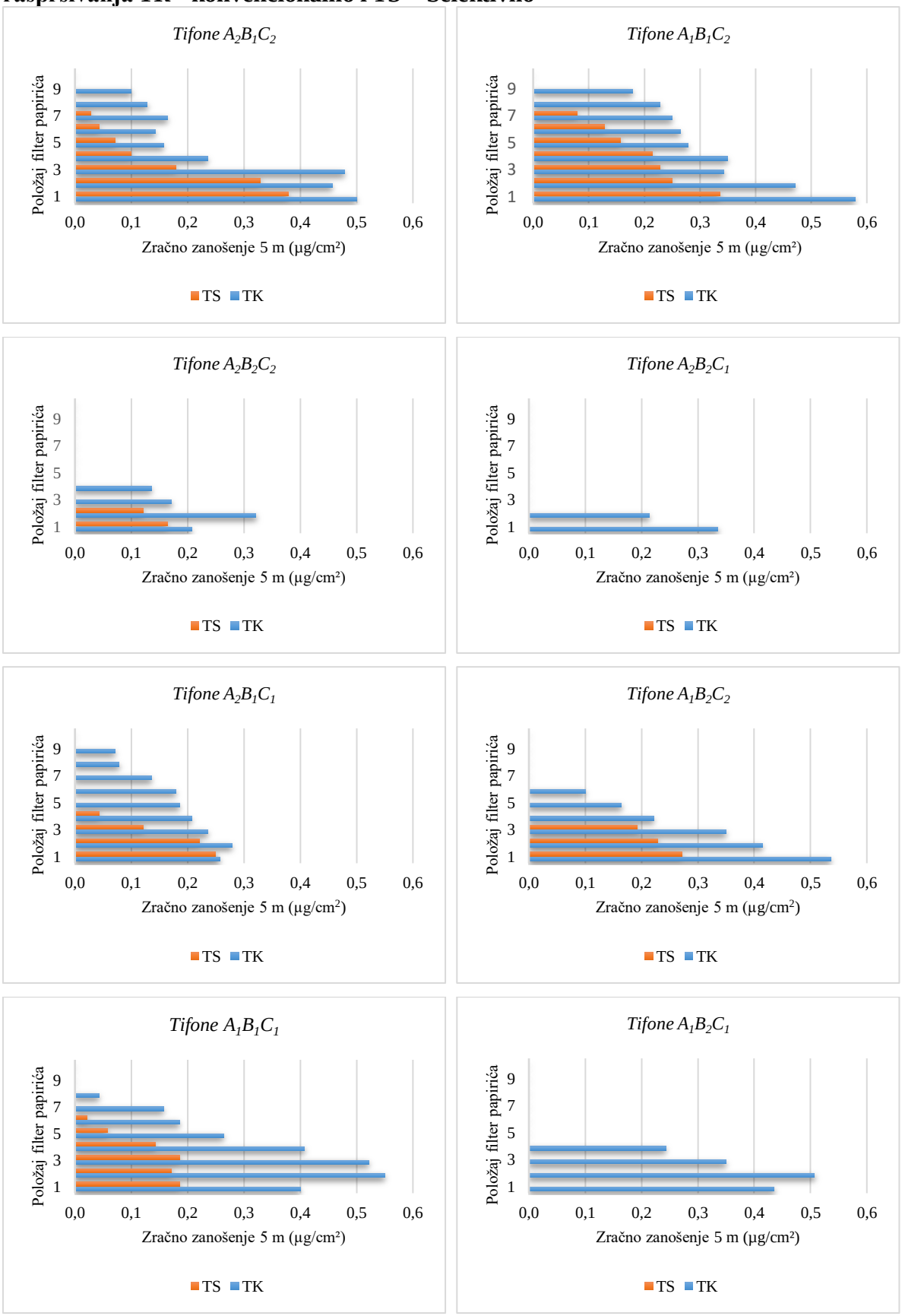




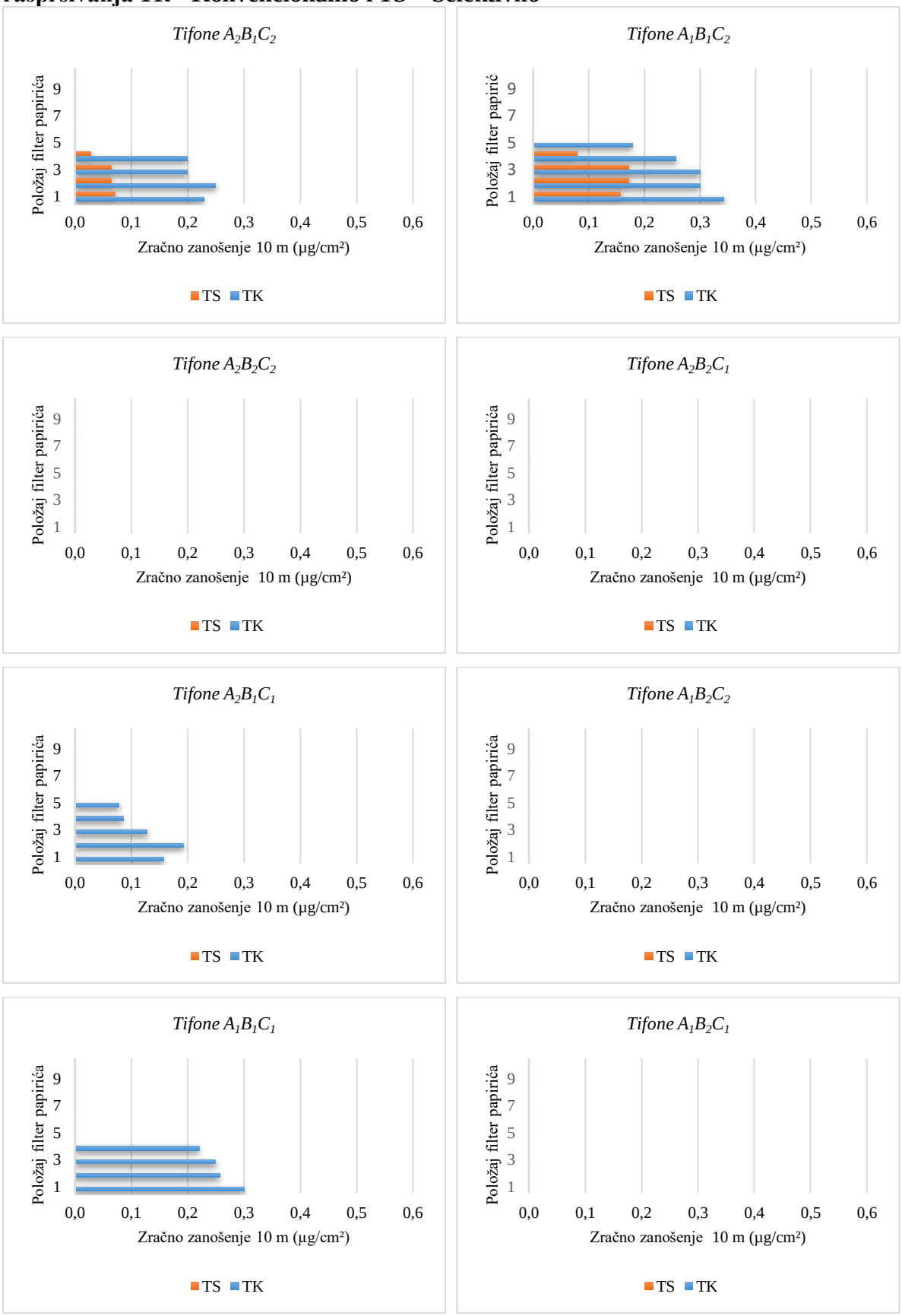
Prilog 12. Zemljišno zanošenje za sve tretmane raspršivačem *Tifone* s dva sustava raspršivanja *TK* - Konvencionalno i *TS* – Selektivno



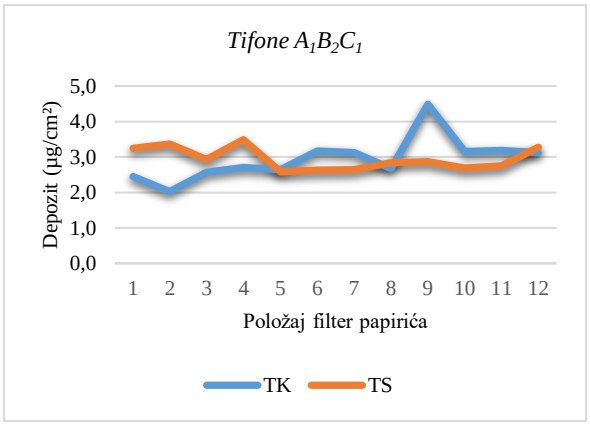
Prilog 13. Zračno zanošenje na 5 m za sve tretmane raspršivačem *Tifone* s dva sustava raspršivanja *TK* - konvencionalno i *TS* – Selektivno

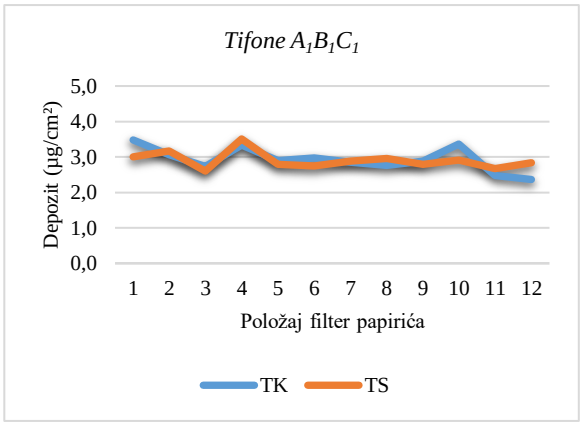


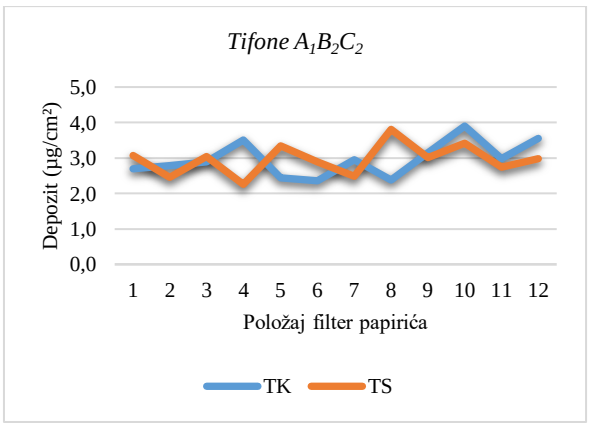
Prilog 14. Zračno zanošenje na 10 m za sve tretmane raspršivačem *Tifone* s dva sustava raspršivanja *TK* - Konvencionalno i *TS* – Selektivno

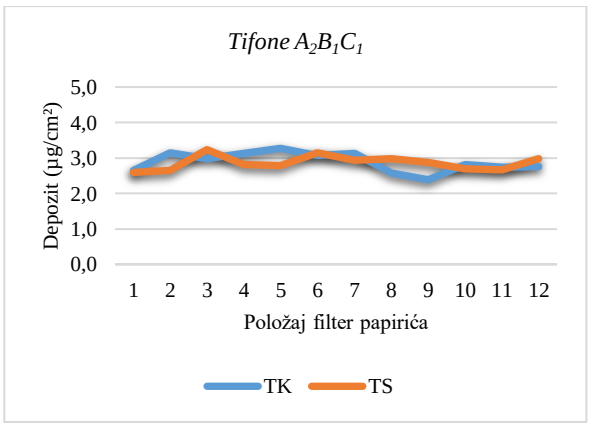


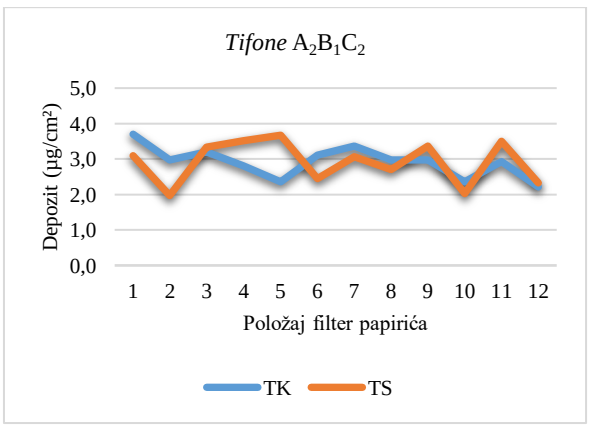
Prilog 15. Depozit za sve tretmane raspršivačem *Tifone* s dva sustava raspršivanja *TK* - Konvencionalno i *TS* – Selektivno

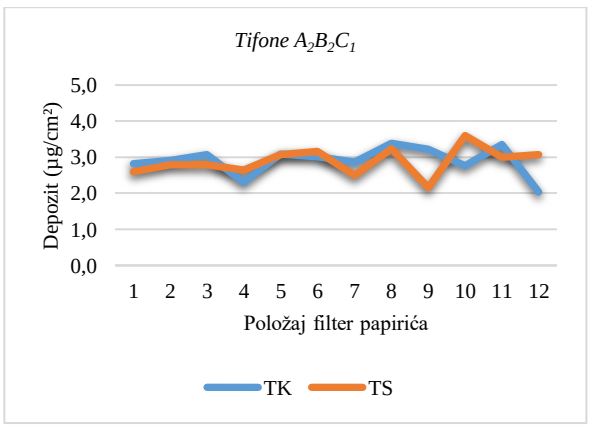


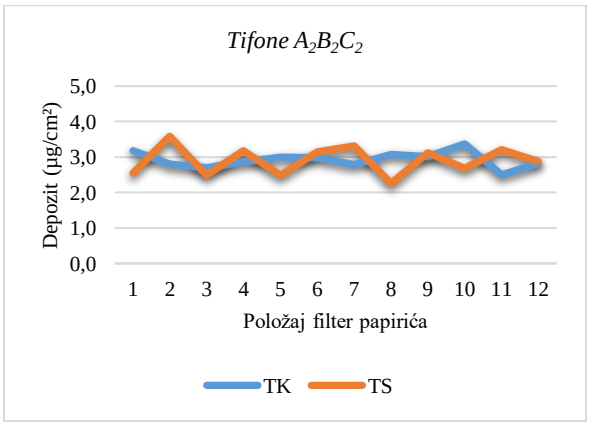


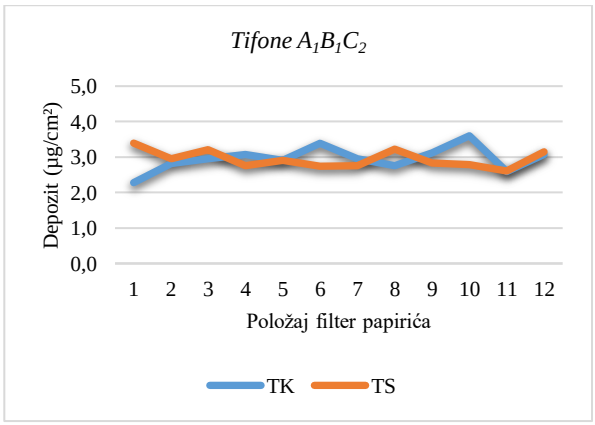












Prilog 16. Određivanje površine lista



10. SAŽETAK

Istraživanje je obavljeno u nasadu višnje starosti četiri godine s dva različita tipa raspršivača, *Agromehanika* i *Tifone*. Istraživan je utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja na zemljišno i zračno zanošenje tekućine, te depozit u krošnji s dva različita sustava raspršivanja (konvencionalni i senzorski sustav). Istraživanje je obavljeno prema *ISO* normi 22866:2005 (uređaji u zaštiti bilja-metode mjerenja zanošenja tekućine u poljskim uvjetima). Analizom varijance ispitivan je utjecaj norme raspršivanja, tipa mlaznica i brzine zračne struje na zemljišno i zračno zanošenje, te depozit u krošnji. Za raspršivanje i procjenu zanesene tekućine korištena je otopina organske boje *Tartazine* u koncentraciji od 4 %. Filter papirići postavljeni su prema navedenoj *ISO* normi izravno u područje raspršivanja. Uzorkovani filter papirići ispirani su s 10 ml deionizirane vode u laboratorijskim uvjetima. Nakon ispiranja, intenzitet obojenosti tj. valna duljina otopine očitana je spektrofotometrom (*Varian Cary 50 UV-Visible*). S različitim kombinacijama tehničkih čimbenika raspršivanja i različitim sustavima raspršivanja ostvareni su različiti intenziteti zanošenja tekućine (zemljišnog i zračnog) te depozit u krošnji. Dobiveni rezultati uporabom konvencionalnih raspršivača *Agromehanika* i *Tifone* pokazali su značajno smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine primjenom smanjene norme raspršivanja od 200 l/ha (20,91-39,47 %). Uspoređujući rezultate zračnog zanošenja tekućine na 5 m udaljenosti od tretiranog reda uočava se smanjenje zanošenja tekućine od 16,59 do 53,19 %, dok su vrijednosti smanjenja zračnog zanošenja na 10 m iznosile 9,71-46,19 %. Depozit tekućine u krošnji prilagođavanjem norme raspršivanja nije se značajno mijenjao te su zabilježene vrijednosti od 3,77 do 9,02 %. Utvrđeno je smanjeno zračno zanošenje primjenom *ITR* mlaznica od 39,31 do 40,73 %, u odnosu na *TR* mlaznice na 5 m od tretiranog reda, dok rezultati na 10 m udaljenosti pokazuju 100 % smanjenje zračnog zanošenja tekućine uporabom *ITR* mlaznica. Intenzitet zemljišnog zanošenje tekućine primjenom *ITR* mlaznica povećao se za 16,92-34,2 % s obzirom na standardne mlaznice. Reduciranjem optimalne brzine zračne struje za 33 % ostvareno je smanjenje zemljišnog zanošenja od 7,98 do 36,39 %. Rezultati zračnog zanošenja na 5 m pokazuju značajno smanjenje od 13,99 do 34,57 %, dok je smanjenje zanošenja na 10 m iznosilo 13,79-53,05 %.

Primjenom selektivne aplikacije uporabom ultrazvučnih senzora ostvareno je značajno smanjenje zemljišnog zanošenja tekućine (40,46-51,20 %). Značajno smanjenje zračnog zanošenja na 5 m uporabom raspršivača sa senzorskim sustavom iznosilo je od 59,16 do 66,7 % u odnosu na konvencionalno raspršivanje, dok je smanjenje zanošenja na 10 m iznosilo (79,65-80,83 %). Uporaba ultrazvučnog senzorskog sustava nije negativno utjecala na depozit u krošnji, jer iz dobivenih rezultata nije zabilježena statistička značajnost između ova dva načina raspršivanja. Otklon depozita u krošnji uporabom konvencionalnih raspršivača u odnosu na dobivene vrijednosti uporabom senzorskog sustava iznosio je od 0,5 do 1,10 %.

Ključne riječi: senzori, selektivna aplikacija, zanošenje tekućine, norma raspršivanja, brzina zračne struje, mlaznice, raspršivač

11. SUMMARY

Research was conducted in four year old cherry orchard with two sprayer types *Agromehanika* and *Tifone*. Research objective was to investigate impact of spraying technical factors on ground and air drift, and the liquid deposit inside the treetop, using two different spraying system (conventional and sensory). Research was carried out according to *ISO* 22866:2005 (Plant Protection Equipment-Drift Measurement Methods in Field Conditions). The impact of spraying norm, nozzle type, fan air velocity and treetop deposit was examined by the variance analysis. In order to spray and evaluate the drift, 4 % Tartrazine organic dye solution was used. The filter papers were used as collectors, placed directly in the spraying zone in accordance to the ISO norm. The sampled filter papers were washed out with 10mL of deionised water under laboratory conditions. After washing the organic dye colour intensity i.e., the solution wave length was read by a spectrophotometer (Varian Cary 50 UV-Visible). Different drift intensity (ground and air drift) and treetop deposits are realized by the usage of various combinations of technical spraying factors and various spraying systems. Reduction of ground drift was achieved with conventional sprayers *Agromehanika* and *Tifone* under reduced spraying norm of 200 L/ha (20.91-39.47 %). Comparing the air drift results at 5 m distance form treated row, reduced drift from 16.59 to 53.19 % was observed, while reduced values at 10 m distance ranged from 9.71 to 46.19 %. The deposit within the treetop using adjustable spraying norms did not show significant change, with recorded values from 3.77 to 9.02 %. Reduced air drift, ranged from 39.31to 40.73 %, was achieved by usage of ITR nozzle, in regards to TR nozzle type at 5m distance from the treated row, whilst results at 10 m distance showed 100 % reduced air drift by ITR nozzle utilisation. In comparison to standard nozzle type, intensity of ground drift using ITR nozzle was increased from 16.92 to 34.2 %. Reducing the optimal fan air velocity for 33 % reduced ground drift was achieved ranged from 7.98 to 36.39 %. Results also showed significant air drift reduction at 5 m distance ranged from 13.99 to 34.57 %, while reduction percentage at 10 m was 13.79-53.05 %. The use of a selective application of ultrasound sensor system significantly reduced ground drift (40.46-51.20 %).

Significant reduction of air drift recorded at 5 m with sensor spraying system was from 59.16 to 66.7 % in comparison to conventional spraying, while drift reduction at 10 m distance was 79.65-80.83 %. Deployment of the ultrasound sensor system did not have negative impact on treetop deposit because results showed no statistically significant differences between two spraying systems. Treetop deposit deviation using the conventional sprayers, in comparison to gathered results by sensory system application, ranged from 0.5 to 1.10 %.

Key words: sensors, selective application, drift, spraying norm, air velocity, nozzles, sprayer

12. ŽIVOTOPIS

Davor Petrović, mag. ing. poljoprivredne mehanizacije, rođen je 9. travnja 1973. godine u Osijeku. Strojarsko-tehničku školu završio je u Osijeku, a 2010. godine diplomirao na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku na smjeru mehanizacije. Kao dragovoljac Domovinskog rata bio je pripadnik Hrvatske vojske i specijalne policije Osijek u čijem sastavu je sudjelovao u obrani Republike Hrvatske u razdoblju od 1991. do 1996. godine i vojno - redarstvenim akcijama Bljesak i Oluja. Od 2011. godine radi kao stručni suradnik na Zavodu za mehanizaciju pri Katedri za strojeve i uređaje u ratarstvu i vrtlarstvu. Godine 2013. upisuje poslijediplomski doktorski studij Poljoprivredne znanosti, smjer Tehnički sustavi u poljoprivredi. U cilju usavršavanja od 2010. godine sudjeluje u provedbi županijskog projekta „Obuka rukovatelja i provjera ratarskih prskalica za smanjenje onečišćenja okoliša na područjima Osječko-baranjske i Požeško-slavonske županije“ kao dio ispitnog tima za testiranje tehničkih sustava za zaštitu bilja (voditelj prof. dr. sc. Đuro Banaj). Radio je u timu za razvoj opreme za mjerenje kapaciteta i protoka crpki na tehničkim sustavima u zaštiti bilja. Od 2013. godine radi na mjestu višeg stručnog suradnika na Zavodu za mehanizaciju. Iste godine postaje ovlašteni predavač Ministarstva poljoprivrede za provedbu izobrazbe o održivoj uporabi pesticida na modulima za profesionalne korisnike i distributere, te kao predavač na tečaju stručnog osposobljavanja voditelja i djelatnika ispitnih stanica za pregled tehničkih sustava u zaštiti bilja u okviru programa cjeloživotnog obrazovanja. Također je ovlaštena osoba od Ministarstva poljoprivrede u ispitnoj stanici Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku za testiranje tehničkih sustava za zaštitu bilja. Sudjeluje u izradi 24 znanstvena rada, od kojih su dva u kategoriji A1,tri u kategoriji A2, a ostali su radovi u zbornicima međunarodnih skupova. Na međunarodnom skupu imao je tri usmena izlaganja. Oženjen je i otac dvoje djece.