

# Utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja na pokrivenost lisne površine s aksijalnim raspršivačem u nasadu jabuke

---

Šurk, Boris

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:251539>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-27**



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**

**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Boris Šurk, apsolvent

Diplomski studij

**UTJECAJ TEHNIČKIH ČIMBENIKA RASPRŠIVANJA NA  
POKRIVENOST LISNE POVRŠINE S AKSIJALNIM RASPRŠIVAČEM U  
NASADU JABUKE**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2016.**

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA**

**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Boris Šurk, apsolvent

Diplomski studij

**UTJECAJ TEHNIČKIH ČIMBENIKA RASPRŠIVANJA NA  
POKRIVENOST LISNE POVRŠINE S AKSIJALNIM RASPRŠIVAČEM U  
NASADU JABUKE**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. prof.dr.sc. Đuro Banaj, predsjednik
2. doc.dr.sc. Vjekoslav Tadić, mentor
3. doc.dr.sc. Ivan Plaščak, član

**Osijek, 2016.**

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	3
2.1. Metode evaluacije pokrivenosti tretirane lisne površine pomoću vodoosjetljivih papirića i računalne analize slike.....	3
2.2. Veličina kapljica .....	5
2.3. Zanošenje tekućine ( <i>drift</i> ).....	6
2.4. Mlaznice na tehničkim sustavima u zaštiti bilja.....	8
2.5. Norma raspršivanja i bujnost nasada .....	8
2.6. Pokrivenost tretirane površine i depozit tekućine.....	9
2.7. Vertikalna raspodjela tekućine .....	9
2.8. Gustoća sredstva za raspršivanje .....	10
2.9. Novosti u tehničkim sustavima u zaštiti bilja.....	11
3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZA .....	12
4. MATERIJAL I METODE .....	13
4.1. Raspršivač <i>Hardi Zatum</i> .....	13
4.1.1. Teorija rada raspršivača.....	14
4.2. Karakteristike i uzgojni oblik nasada jabuke.....	14
4.3. Utvrđivanje <i>LAI</i> -a i <i>LAD</i> -a u nasadu jabuke .....	15
4.4. Utvrđivanje brzine i protoka zraka .....	17
4.5. <i>LechlerTR 80</i> mlaznice .....	18
4.6. Vodoosjetljivi papirići (VOP) .....	19
4.7. Utvrđivanje zanošenja tekućine ( <i>drifta</i> ) .....	21
4.8. Računalna metoda analize slike.....	23
4.9. Utvrđivanje veličine i broja kapljica /cm <sup>2</sup> tretirane površine .....	25
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	27
5.1. Rezultati utvrđivanja <i>LAI</i> -a i <i>LAD</i> -a u nasadu jabuke .....	27
5.2. Rezultati brzine i protoka zraka.....	28
5.3. Rezultati ostvarenih vremena potrebnih za obavljanje pojedinih tretmana.....	30
5.4. Rezultati mjerenja glavnih svojstava istraživanja .....	31
5.4.1. Rezultati mjerenja pokrivenosti tretirane površine.....	31
5.4.2. Rezultati mjerenja veličine i broja kapljica/cm <sup>2</sup> .....	35

5.4.3. Rezultati mjerenja zanošenja tekućine (drift).....	39
6. RASPRAVA.....	43
6.1. Uzgojne karakteristike nasada jabuke .....	43
6.2. Glavna svojstva istraživanja tijekom eksploatacije aksijalnog raspršivača ( <i>Hardi Zatur</i> ) u nasadu jabuke .....	44
6.2.1. Pokrivenost tretirane površine .....	44
6.2.2. Broj kapljica/cm <sup>2</sup> .....	45
6.2.3. Prosječni promjer kapljica .....	46
6.2.4. Zanošenje tekućine (drift).....	47
7. ZAKLJUČAK.....	49
8. POPIS LITERATURE.....	52
9. SAŽETAK .....	56
10. SUMMARY .....	57
11. POPIS TABLICA.....	58
12. POPIS SLIKA .....	59
<b>TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....</b>	<b>60</b>
<b>BASIC DOCUMENTATION CARD .....</b>	<b>61</b>

## 1. UVOD

Poljoprivreda je gospodarska djelatnost koja se bavi uzgajanjem biljaka i životinja s ciljem proizvodnje proizvoda koji primarno zadovoljavaju prehrambene potrebe stanovništva. Stalnim povećanjem stanovništva povećavaju se i potrebe za hranom. Povećanjem proizvodnje hrane povećava se i negativni utjecaj poljoprivredne tehnike na okoliš. Negativni utjecaj poljoprivredne tehnike na ekosustav možemo podijeliti na biološku degradaciju i destrukciju te emisiju štetnog otpada. Biološka degradacija i destrukcija karakterizira se kao oštećenje tala i živih organizama koji egzistiraju u istom. U skupinu biološke degradacije i destrukcije ulazi i izravno uništavanje flore i faune između ostalog i kemijskom zaštitom bilja. Cilj je razviti nova tehnička rješenja na poljoprivrednim strojevima, te uvesti mjere i postupke koje bi rezultirale minimalnim utjecajem na okoliš. Razvoj strojeva i uređaja za aplikaciju pesticida od iznimnog je značenja u suvremenoj poljoprivredi.

Zbog povećanja negativnog utjecaja poljoprivrede na okoliš zemlje zapadne Europe uvele su načela i programe održivog razvoja poljoprivrede. Tako je uvedena nitratna direktiva, proizvodnja biodizela, integrirana proizvodnja, obavezno testiranje tehničkih sustava u zaštiti bilja i ostalo. Neka od ovih načela već su uvedene u Hrvatskoj. Precizna aplikacija pesticida podjednako je važna iz ekoloških razloga, efikasnosti kemijske zaštite i potrebe smanjenja utroška inputa u proizvodnji. Povećanjem preciznosti aplikacije, a time i potpune djelotvornosti postupka zaštite, tehnički sustavi moraju ostvariti tehničku i konstrukcijsku ispravnost kako bi se ostvario odgovarajući radni potencijal. Zbog toga su u zemljama Europske unije uvedeni pravilnici obaveznog pregleda tehničkih sustava u zaštiti bilja direktivom 2009/128/EC i 2006/42/EC, kojima je temelj standard EN 13790.

Unatoč intenzivnim istraživanjima u alternativnim metodama zaštite bolja, kemijska metoda je najdjelotvornija te ima važnu ulogu u postizanju visokih priroda i kvakvoće proizvoda. Kako je sasvim izvjesno da će se kemijska metoda zaštite koristiti i u buduće, pesticidi bi se morali koristiti racionalnije kako bi se smanjila količina kemijskih tvari koja se primjenjuje kao i broj prskanja. Zbog navedenog važno je primijeniti poboljšane metode i suvremenu tehniku aplikacije pesticida kako bi se postigla djelotvornija zaštita.

Poljoprivredi je danas na raspolaganju djelotvorna tehnika za aplikaciju zaštitnih sredstava u pogledu visokog kapaciteta, usmjeravanja na ciljanu površinu, ujednačenosti nanošenja i obzirnost prema okolišu. Dostupni su razni oblici raspršivača sa različitim tehničkim izvedbama ventilatora, usmjerivača zraka, položajem mlaznica i ostalog. Koriste se raspršivači s aksijalnim i radijalnim ventilatorom, raspršivači s fleksibilnim vodovima, tangencijalni usmjerivačima i drugo. Navedene izvedbe raspršivača koriste se za razne uzgojne oblike te utječu na kvalitetu raspršivanja pesticida (pokrivenost tretirane površine, veličinu kapljica, depozit pesticida po nasadu).

Za kvalitetno obavljanje aplikacije pesticida iznimno je važno koristiti tehnički ispravan stroj, te je važno pravilno podesiti parametre prskanja – brzinu rada, radni tlak, količinu tekućine po jedinici površine i tip mlaznice. Nepravilno podešeni parametri prskanja i neispravnost stroja utječu na smanjenje pokrivenosti površine, pojavu zanošenja tekućine, povećanje potrošnje zaštitnog sredstva i niz drugih negativnih utjecaja koji dovode do neadekvatne zaštite.

U našem agroekološkom okruženju najčešće se koriste raspršivači sa aksijalnim istrujavanjem zraka koji najbolje odgovara kulturama u našem području. U Svijetu se koristi čitav niz kombinacija istrujavanja, tako se mogu naći sustavi s radijalnim ventilatorima, kombinacija radijalnih i aksijalnih ventilatora, sustavi s dvostrukim aksijalnim ventilatorima i drugi.

U ovom istraživanju ispitivati će se utjecaj aksijalnog ventilatora preko glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (tip mlaznice, brzina rada stroja i norma raspršivanja) na pokrivenost tretirane lisne površine u nasadu jabuke. Statističkom obradom podataka dobivenih istraživanjem biti će dan zaključak koje podešavanje tehničkih čimbenika raspršivanja rezultira najvećom pokrivenošću površine. Interakcijom glavnih čimbenika raspršivanja odrediti će se statistički najznačajnija razlika za svaki tretman.

## **2. PREGLED LITERATURE**

Tijekom eksploatacije raspršivača potrebno je poštovati temeljne tehničke čimbenike raspršivanja jer navedeni određuju kvalitetu zaštite bilja. Pri zaštiti bilja potrebno je osigurati optimalnu : zračnu struju ventilatora, brzinu rada stroja, kvalitet mlaza, količinu tekućine za prskanje, optimalne mlaznice i ostalo. Pri izvođenju aplikacije rukovatelj stroja mora posjedovati osnovna znanja za rukoavnje strojem te se moraju poštovati vremenski uvjeti. Uz navedeno, vrlo važan utjecaj na kvalitet zaštite bilja ima morfologija krošnje kulture u kojoj se obavlja zaštita. Istraživanja pokazuju da se pravilnim podešavanjem tehničkih čimbenika raspršivanja postiže kvalitetnija zaštita bilja. Kemijsko sredstvo dolazi na posljednje mjesto ispunjavanja uvjeta zaštite bilja. Korištenjem tehnički ispravnog stroja, poštivanjem vremenskih uvjeta te povećanjem pokrivenosti površine značajno se smanjila količina kemijskog sredstva po tretiranoj površini uz isti biološki učinak.

### **2.1. Metode evaluacije pokrivenosti tretirane lisne površine pomoću vodoosjetljivih papirića i računalne analize slike**

Vodoosjetljivi papirići (VOP) koriste se dugi niz godina u poljoprivrednim istraživanjima te su postali najbolja metoda s umjetnim metama za evaluaciju pokrivenosti površine, veličinu kapljica i broj kapljica. VOP-i se mogu koristiti i za evaluaciju broja kapljica po jedinici površine te za mjerenje postotka pokrivenosti površine (Parenti, A. i sur., 1994). Na površini vodoosjetljivih papirića nalaze se spojevi s bromom koji u dodiru s vodom mijenjaju boju, odnosno prelaze iz žute boje u plavu. Zbog toga se pri analizi slike jasno može odrediti postotak žute ili plave boje, odnosno postotak pokrivenosti ili nepokrivenosti površine. Pri poljskom ispitivanju VOP-i se postavljaju na nekoliko različitih visina. Ako se ispitivanje obavlja na trajnom nasadu ili nekoj ratarskoj kulturi, VOP-e je potrebno postaviti na minimalno tri različite visine. Kako bi se dobio što reprezentativniji podatak o pokrivenosti površine, VOP-i se postavljaju na lice i naličje lista i to 0,3 – 0,4 m unutar krošnje. Na svakoj ispitivanoj visini potrebno je postaviti minimalno pet VOP-a. Podaci o pokrivenosti površine unutar jedne krošnje mogu značajno varirati te se ostvaruju koeficijenti varijacija 40-80% (Praat, J.P i sur., 1996).



VOP-i imaju nekoliko čimbenika koji ograničavaju poljska ispitivanja tehničkih čimbenika prskanja. Ispitivanja se mogu obavljati samo kada je relativna vlažnost zraka ispod 80% jer pri većoj vlažnosti VOP-i apsorbiraju vlagu iz zraka. Ako se istraživanje obavlja s većim normama raspršivanja (l/ha) postoji mogućnost pojave „kupanja“ VOP-a i dobivanja netočnih rezultata. Zbog toga pri ispitivanju norma prskanja ne smije biti veća od 450 l/ha. Wolf, R.E. i sur. (1999) navode da kod analize slike s manjim rezolucijama i metodama sa skeniranjem postoji mogućnost da računalni sustavi ne mogu analizirati kapljice manje od 10  $\mu\text{m}$  koje daju otisak na VOP-u. Kada se pokupe uzorci VOP-a sa kulture, stavljaju se u PVC vrećice ili kartonske kutije. U vrećicu ili kutiju potrebno je staviti sredsvo koje će vezivati vlagu iz zraka. Panneton, B. i sur., (2002) pri ispitivanju tehničkih čimbenika prskanja utvrđuju standardnu pogrešku od 3,5% pri radu sa VOP-ima.



Slika 1. Vodoosjetljivi papirić (VOP)

Pri određivanju veličine kapljica moraju se koristiti korekcijski faktori jer kapljica na vodoosjetljivom papiriću ostavlja veći otisak nego što je njezin promjer. Korekcijski faktori su određeni eksperimentalno i ne mijenjaju se pri uporabi *CIBA* i *Syngenta* vodoosjetljivih papirića. Sa podatkom veličine kapljica razvrstanih po razredima veličina, izračunavaju se različiti oblici volumnih promjera kapljica – aritmetički promjer, srednji volumni promjer i ostalo. Metoda s vodoosjetljivim papirićima je najprihvatljivija metoda za poljsko određivanje navedenih čimbenika (pokrivenost tretirane površine, broj kapljica po kvadratnom centimetru, različite srednje promjere kapljica i sl.) dok se u laboratoriju koristi laserska metoda s *PDPA* (*Phase Doppler Particle Analyser*). Laserska metoda je skupa i vrlo točna te se koristi na nekoliko instituta u Europi te u laboratorijima većih proizvođača mlaznica kao što su (*Hardi, Lechler, TeeJet*) gdje se određuje spektar veličine kapljica pri različitim radnim tlakovima i različitim protocima mlaznica.

Nekada, dok računarstvo nije bilo tehnološki razvijeno, parametri sa VOP-a određivani su vizualno pomoću povećala. Ova metoda nije znanstveno prihvatljiva ali može poslužiti kao orijentacijska metoda. Razvojem računarstva počelo je korištenje metode skeniranja VOP-a te softversko obrađivanje dobivene slike. Daljnjim razvojem tehnologije počelo je korištenje metode analize slike s visokorezolucijskim fotoaparatom. Slikanjem VOP-a dobivaju se slike koje se softverski obrađuju. Ove metode nazvane su različitim nazivima, ovisno s kojeg su instituta ili sveučilišta potekle. Tako su ove metode skeniranjem nazvane : *DropletScan* – Wolf, 1999, *Optomax* – Syngenta, 2002, *AgroScan* – 2008. Metode fotografiranjem su nazvane : *UTHSCSA Image Tool* (De Moor i sur., 2000; Derksen, R.C. i sur., 2007; Marcal, R.S. i sur., 2008) i *USDA – ARS i Swat Kit 3.0* (Hoffman, W.C. i Hewitt, A.J., 2005). Ovisno o metodi obrade vodoosjetljivih papirića, rezolucija slike kreće se od 15,6  $\mu\text{m}$ /piksel do 30  $\mu\text{m}$ /piksel. Navedene metode su pouzdane i daju prave podatke o pokrivenosti površine i veličini kapljica.

## 2.2. Veličina kapljica

Za pokrivenost površine i depozit tekućine na cilj prskanja najvažniju ulogu ima veličina kapljica. Veličina kapljica određuje intenzitet pokrivenosti površine i depozit. Ako se radi o malim kapljicama (manje od 250  $\mu\text{m}$ ) pokrivenost površine je veća nego ako se radi o velikim kapljicama (veće od 350  $\mu\text{m}$ ). Veličina i kategorizacija kapljica prema BCPC - u (*British Council for Crop Protection*) prikazana je u Tablici 1.

Tablica 1. Veličina i kategorizacija kapljica po BCPC standardu

Kategorija kapljice	Veličina kapljice ( $\mu\text{m}$ )
Vrlo male kapljice	<125
Male kapljice	125-250
Kapljice srednje veličine	250-350
Velike kapljice	350-450
Vrlo velike kapljice	450-575
Ekstremno velike kapljice	>575

Za veličinu i kategorizaciju kapljica koristi se i *ASAE (American Standards for Agricultural Engineering)* standard koji je novijeg datuma a temelji se na podacima iz *BCPC* standarda. Granice veličine kapljica prema ova dva standarda razlikuju se 50  $\mu\text{m}$ . Matthews, G.A., (1979) navodi podatak da je za suzbijanje letećih insekata potrebna veličina kapljica od 10 – 50  $\mu\text{m}$ , , za insekte na tlu 20 – 100  $\mu\text{m}$ , za biljne bolesti 20 – 200  $\mu\text{m}$  te za štetnike na tlu 250 – 500  $\mu\text{m}$ . Smanjivanjem veličine kapljica odnosno povećanjem broja kapljica povećava se mogućnost suzbijanja štetočinja.

Najbolji učinak insekticida ostvaruje se s 60 do 70 kapljica na kvadratnom centimetru, a za fungicide 80 do 90 kapljica na kvadratnom centimetru. Veći broj kapljica po kvadratnom centimetru može se postići povećanjem radnog tlaka. Veličina kapljica smanjuje se smanjivanjem kuta mlaza prema zračnoj struji te udaljavanjem mlaza od cilja prskanja. Kada se radi o upotrebi skupih pesticida, zahtjeva se jednolika i velika pokrivenost površine biljke kako bi se ostvario izravni kontakt pesticida s štetočinjama. Ako se zaštita bilja obavlja s malom pokrivenošću površine, dolazi do slabe kontrole bolesti iako je zaštita obavljena pravovremeno. Ova pojava je vrlo česta na hrvatskim poljoprivrednim površinama, gdje se trajne kulture prskaju više od 20 puta tijekom vegetacije. Razlog navedenom često su neadekvatno podešeni raspršivači ili neispravni sastavni dijelovi strojeva kao što su manometri i mlaznice. Ostvarivanjem velike pokrivenosti tretirane površine, moguće je smanjenje dozacije pesticida po jedinici površine uz jednak biološki učinak.

Uz veličinu kapljica postoje i mnogi drugi faktori koji uvjetuju učinkovitost zaštite bilja, neki od njih su : doba vegetacije, rukovatelj, *LAI*, učinkovit stroj (brzina rada, zračna potpora, obujam prskanja, tip usmjerivača zraka, kut prskanja, uzorak mlaza), metoda prskanja, vremenski uvjeti i ostali. Autor Williams, W. i sur. (1999) navodi da su veličina kapljica, tip mlaznice i radni tlak, glavna tri čimbenika s kojima manipulira da bi se ostvarila najveća moguća pokrivenost tretirane površine.

### **2.3. Zanošenje tekućine (*drift*)**

Tijekom procesa aplikacije zaštitnih sredstava na polju sve ono što skreće kapljice mlaza s zamišljenog pravca, s kojim bi one trebale pasti na predmet zaštite, naziva se

zanošenje ili „*drift*“. Male kapljice su osjetljive na zanošenje iz nasada te treba voditi računa o granici njihovog smanjenja, a da pri tome ostane dobar biološki učinak. Intenzitet zanošenja se mjeri pomoću vodoosjetljivih papirića koji se postavljaju na različite udaljenosti od cilja prskanja. Veličina kapljica je glavni čimbenik aplikacije pesticida s kojim se manipulira kako bi se ostvario željeni rezultat zaštite bilja, tj. optimizacija između veličine kapljica, tipa mlaznice i radnog tlaka. Kapljice manje od 200  $\mu\text{m}$  su najosjetljivije na zanošenje.

Pri zaštiti poljoprivrednih kultura treba poštovati pravila struke koja nalažu da se sa standardnim mlaznicama može obavljati zaštita bilja samo onda kada to vremenski uvjeti dopuštaju (Tadić, V. i sur., 2009). Ovo se odnosi na tri vremenska čimbenika : brzinu vjetra manju od 4 m/s, relativnu vlažnost zraka iznad 50% i temperaturu ispod 20°C. Zaštita bilja se može obavljati i pri nepovoljnim vremenskim uvjetima ako su na uređaju instalirane zračno – injektorske ili *low drift* mlaznice. (Tadić, V. i sur., 2009) navode načela smanjenja zanošenja prije i za vrijeme zaštite bilja. Prije prskanja vodi se računa o : planiranju akcije prskanja samo kada to vremenski uvjeti nalažu, odabiru najbolje mlaznice i radnog tlaka, korištenju aditiva koji smanjuju zanošenje, provjeri prskalice s čistom vodom prije samog rada, osiguravanju potrebne logistike prskanja tako da se aplikacija obavi u što kraćem vremenskom razdoblju i ostalo.

Tijekom prskanja zanošenje se može smanjiti na nekoliko načina : rukovatelj prskalice mora ostati pažljiv te ako se vremenski uvjeti pogoršaju treba prekinuti aplikaciju, održavanjem konstantnog radnog tlaka za vrijeme trajanja aplikacije, održavanjem konstantne brzine kretanja stroja i ostalo.



Slika 2. Zanošenje tekućine (*drift*)

## 2.4. Mlaznice na tehničkim sustavima u zaštiti bilja

Mnogi autori proučavali su odnos veličine radnog tlaka i *ISO* broja mlaznice, njihova istraživanja su pokazala da se povećanjem radnog tlaka smanjuje veličina kapljica u mlazu (Hewitt, A.J., 1998; Ozkan, H.E., 1998; Šumanovac, L. i sur., 2008). Mnogi autori su utvrdili da zračno – injektorske mlaznice proizvode veće kapljice nego standardne mlaznice kod istog *ISO* broja i pri istom radnom tlaku. Zbog toga zračno – injektorske mlaznice ostvaruju manji depozit i manju pokrivenost površine te kapljice koje su otproniže na zanošenje i isparavanje (Ozkan, H.E., 1998; Butler Ellis i sur., 1999).

Na tržištu Republike Hrvatske mogu se naći različite mlaznice nerenominiranih proizvođača koje ne odgovaraju *ISO* standardima. Osim što im je upitan nazivni protok, upitna im je i površinska raspodjela tekućine sa velikim koeficijentima varijacije (Banaj, Đ. i sur., 2009; Tadić, V., i sur., 2010).

Mlaznice svojim radom propuštaju tekućinu te procesom kapljevinske erozije povećavaju izlazni otvor što dovodi do povećanja veličina kapljica i protoka te nepravilne raspodjele tekućine. Potrošene mlaznice je potrebno što prije zamjeniti s novima kako bi se osigurala pravilna raspodjela tekućine i uniformna pokrivenost tretirane površine (Tadić, V. i sur., 2009). Duvnjak, V. i sur. (1998) navodi da se mlaznice s manjim izlaznim otvorom brže troše nego mlaznice s većim otvorom, te da potrošene mlaznice imaju znatno veći protok u centru mlaza u odnosu na nove. Slična pojava događa se i kod zračno – injektorskih mlaznica gdje se povećanjem venturijeva otvora povećava i veličina kapljica (Butler Ellis i sur., 2002). Zračno – injektorske mlaznice se rijetko koriste u voćarstvu i vinogradarstvu, osim u slučajevima visoke temperature zraka i veće brzine vjetra.

## 2.5. Norma raspršivanja i bujnost nasada

Veliki problemi nastaju kad se govori o količini vode koja će se koristiti pri zaštiti bilja. Količina vode ovisi o : gustoći nasada, habitusu, vegetacijskom dobu, *LAI*-u (*leaf area indeks*) i *LAD*-u (*leaf area density*). Može se zaključiti da je potrebno koristiti veću normu raspršivanja ako se radi o većoj lisnoj masi. Moderne tehnologije i razvijena poljoprivredna područja određuju *LAI* pomoću GPS tehnologije i satelita, pa u svakom

trenutku razvoja biljaka mogu odrediti optimalnu normu raspršivanja (Johnson, L.F. i sur., 2001; Jurišić, M. i Plaščak, I., 2009). Ako ova tehnologija nije dostupna, točna količina teško se određuje i ovisi o stručnosti rukovatelja i modelima izračunavanja. Koriste se različiti sustavi procjene norme raspršivanja koji su temeljeni na različitim metodama kao što su : *CAS – Crop Adapted Spraying*, *PACE +*, *TRV – Tree Row Volume* i *UCR - Unit Canopy Row* (Manktelow, W.L., 1998; Weisser, P. i sur., 2002; Deveau, S.T., 2010). Norma raspršivanja utječe na pokrivenost površine i depozit sredstva kod trajnih kultura. Kod nekih je utjecaj manji, a kod nekih veći. Glavni razlog ove varijacije je uzgojni oblik i bujnost krošnje te se za svaki nasad mora posebno određivati norma raspršivanja. Povećanjem količine tekućine povećava se pokrivenost površine do granice kada norma raspršivanja postaje prevelika i dolazi do kapanja tekućine s lista i gubitaka.

## **2.6. Pokrivenost tretirane površine i depozit tekućine**

Vrlo važan tehnički čimbenik zaštite bilja je depozit zaštitnog sredstva unutar krošnje (trajni nasadi) ili unutar sklopa (ratarske kulture). Depozit tekućine je usko povezan s pokrivenošću površine iako se u puno toga razlikuje od njega primjerice, jedna kapljica veličine 300  $\mu\text{m}$  može na list donijeti koncentraciju sredstva kao i dvadeset sedam kapljica veličine 100  $\mu\text{m}$ , ali njihov biološki učinak nije jednak (Matthews, G.A.,1992). Metoda istraživanja koristi filter papiriće koji se postavljaju jednako kao i vodoosjetljivi papirići samo što se kod njih tekućina ispire, a nakon toga se obavlja kolorimetrija ili neki drugi postupak određivanja koncentracije tekućine. Prskanje se ne vrši s pesticidima već sa različitim organskim bojilima kao što je tartazin. Rezultat se izražava kao koncentracija po tretiranoj površini ( $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ ). U većini istraživanja depozit se smanjuje kretanjem prema sredini krošnje kod trajnih nasada što je jedan od razloga ponovnih pojava bolesti.

## **2.7. Vertikalna raspodjela tekućine**

Neppravilna vertikalna raspodjela tekućine predstavlja jedan od glavnih problema nedovoljne pokrivenosti, tj. zaštite nasada. Svake sezone prije početka rada raspršivač je potrebno testirati na vertikalnu raspodjelu tekućine pomoću mjernog uređaja za ispitivanje

vertikalne raspodjele tekućine - *engl. vertical patternator* (Vieri, M. i sur., 1998). Raspršivači koji na testiranju nemaju dobre rezultate vertikalne raspodjele tekućine teško će postići zadovoljavajuće poljske rezultate pokrivenosti i depozita sredstva. Uređaj za testiranje vertikalne raspodjele tekućine predstavlja vrlo dobro tehničko rješenje za kalibraciju raspršivača, ali treba voditi računa da uređaj bude podešen prema geometriji i veličini nasada. Za svaki nasad je potrebno obaviti poljska ispitivanja vertikalne raspodjele tekućine tako da se mlaznice usmjere prema geometriji nasada, odnosno da se testiranjem utvrde najbolji kutovi usmjerenja mlaznica za optimalnu pokrivenost površine (Fox, R.D. i sur. 1992; Holownicki, R. i sur., 2000).

## **2.8. Gustoća sredstva za raspršivanje**

Mnogi istraživači proveli su ispitivanja s različitim kemijskim sredstvima koja smanjuju viskozitet i površinsku napetost tekućine kako bi dobili manje ili veće kapljice. Istraživanja su pokazala da se povećanjem viskoziteta tekućine stvaraju veće kapljice, a smanjivanjem površinske napetosti tekućine stvaraju manje kapljice (Duvnjak, V. i sur., 2000; Spanoghe, P. i sur., 2007). Miller, H.C. i Butler Ellis, M.C. (2000) su proveli istraživanje utjecaja različitih sredstva na veličinu kapljica pri radu standardnih i zračno – injektorskih mlaznica. Ispitivali su utjecaj dodatka 0,5% orošivača na bazi amina, utjecaj dodatka 1% biljnog ulja i tretman s čistom vodom. Najmanja veličina kapljica ostvarena je kod tretmana s aminom, a najveća veličina kapljica je ostvarena kod tretmana s biljnim uljem. Ovaj trend povećanja kapljica je izraženiji kod zračno – injektorskih mlaznica nego kod standardnih mlaznica. Ova istraživanja je moguće provesti samo s *PPDA* uređajem koji može odrediti trenutačnu veličinu kapljica u letu. Ako se u tekućinu za prskanje dodaju različita kemijska sredstva (povećava se ili smanjuje gustoća tekućine), onda se pomoću VOP-a ne može točno utvrditi veličina kapljica jer su korekcijski faktori utvrđeni za čistu vodu (Harz, M., Knoche, M., 2001; Zhu, H. i sur., 2011).

## 2.9. Novosti u tehničkim sustavima u zaštiti bilja

Moderni raspršivači koriste reciklirajući sustav. Reciklirajući sustav koristi manje količine pesticida s obzirom na konvencionalne raspršivače uz jednak ili bolji biološki učinak. Istraživanja su pokazala da su gubitci na tlu s ovim sustavom manji od 5% te da je tekućina zadržana na listovima bila oko 87% (Ade, G. i sur., 2005). Doruchowski, G., i sur. (2000) navodi da ovaj sustav može uštedjeti 85% pesticida pri zaštiti bilja jer se kemijsko sredstvo koje ne dođe do cilja prskanja vraća nazad u sustav. Također navodi kako treba težiti novijim tehničkim rješenjima izrade raspršivača i to u smjeru mogućnosti uštede i zaštite okoliša. Prema ovome razvijen je raspršivač koji sustavom detekcije, pomoću senzora bilježi podatke o gustoći krošnje te na temelju toga stroj vrši prskanje s manjom ili većom količinom sredstva. Ovaj sustav može uštedjeti oko 30% pesticida i smanjiti zanošenje za 50%.

Hrvatska je ulaskom u Europsku uniju usvojila pravilnike i zakone vezane za obavezni tehnički pregled sustava koji obavljaju zaštitu bilja. Sve prskalice i raspršivači s obujmom spremnika većim od 5 litara moraju imati valjani certifikat o ispravnosti. Trenutačno stanje u Republici Hrvatskoj je veoma loše, te će rukovatelji tehničkih sustava u zaštiti bilja morati posvetiti punu pozornost vlatitim strojevima kako bi se zadovoljile europske norme (*EN 13790*) i *ISO* standardi testiranja.



### 3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZA

Cilj ovog istraživanja se temelji na pretpostavci da se povećanjem norme raspršivanja i povećanjem brzine rada raspršivača povećava pokrivenost tretirane površine uz povećanje radnog tlaka. Također, cilj je istražiti hipotezu da se smanjivanjem *ISO* broja mlaznice povećava pokrivenost tretirane površine.

Navedene tvrdnje će se ispitati poljskim pokusom kroz eksploataciju aksijalnog raspršivača. Pri radu raspršivača kombinirati će se različito postavljene glavni tehnički čimbenici raspršivanja (norma raspršivanja, brzina rada uređaja i *ISO* broj mlaznice) da se dobije podatak o koeficijentu pokrivenosti lisne površine, tj. postotku pokrivenosti tretirane površine pri svakom tretmanu. Statističkom obradom podataka (relevantne statističke metode : analiza varijance, korelacija i regresija, *LSD post hoc* test, *sign* test) istraživanja donijeti će se zaključak o podešavanju tehničkih čimbenika raspršivanja koji rezultira najvećom pokrivenošću površine u nasadu jabuke, te će se njihovom interakcijom odrediti statistički značajna razlika za svaki tretman.

Navedena hipoteza će se provjeriti praćenjem slijedećih svojstava u poljskom pokusu :

- utvrđivanje utjecaja *ISO* broja mlaznice na pokrivenost tretirane lisne površine, broj kapljica po  $\text{cm}^2$ , zanošenje tekućine i promjer kapljica
- utvrđivanje utjecaja radne brzine raspršivača na pokrivenost tretirane lisne površine, broj kapljica po  $\text{cm}^2$ , prosječni promjer kapljica i zanošenje tekućine
- utvrđivanje norme raspršivanja na pokrivenost tretirane lisne površine, broj kapljica po  $\text{cm}^2$ , prosječni promjer kapljica i zanošenje tekućine

Uz navedeno, utvrdit će se koeficijenti *LAI* i *LAD* za nasad jabuke te će se pratiti utjecaj radnog tlaka na navedena svojstva istraživanja.

## 4. MATERIJAL I METODE

Istraživanje je izvedeno u petogodišnjem nasadu jabuke s ciljem utvrđivanja utjecaja tehničkih čimbenika raspršivanja na pokrivenost lisne površine. U istraživanju je korišten aksijalni raspršivač (*Hardi Zatum*) sa različitim podešenjima najvažnijih tehničkih čimbenika raspršivanja. Navedeni raspršivač je prije istraživanja testiran prema europskom standardu *EN 13790*, testiranjem je utvrđeno da raspršivač zadovoljava navedeni standard. Tijekom istraživanja utvrđena je površina i gustoća krošnje nasada. Za prikupljanje podataka o pokrivenosti tretirane površine, veličine i broja kapljica korišteni su vodoosjetljivi papirići (VOP-i). Vodoosjetljivi papirići su obrađeni metodom računalne analize fotografije. Tijekom eksploatacije raspršivača često se pojavljuje gubitak sredstva u obliku zanošenja (drifta). Intenzitet zanošenja je također određen pomoću vodoosjetljivih papirića. Nakon provedenih istraživanja i dobivanja rezultata, obavljena je obrada podataka na temelju koje su donešeni zaključci.

### 4.1. Raspršivač *Hardi Zatum*

*Hardi Zatum* je aksijalni vučeni raspršivač s visinskim usmjerivačima zraka, dimenzija 150 x 14 cm. Na raspršivač je montiran ventilator promjera 820 mm, ventilator čine osam prilagodljivih lopatica. Dijelovi ventilatora i lopatica izrađeni su od aluminija i sintetičkih polimera pa su otporni na udarce stranih predmeta. Moguće je podešavati dvije brzine okretaja ventilatora i pet stupnjeva zakošenja lopatica. Maksimalni protok zraka kod navedenog raspršivača iznosi 52.000 m<sup>3</sup>/h.



Slika 3. Raspršivač *Hardi Zatum*

Na raspršivač je instalirana *Hardi* klipno – membranska crpka s kapacitetom od 140 l/min (model crpke 363 s dvije membrane) pri radnom tlaku od 20 bar i elektronski uređaj (*ECV*) za kontrolu i upravljanje raspršivanjem (*Hardi Matic*). Pomoću elektromagnetskog uređaja je moguće neovisno zatvaranje i otvaranje lijeve ili desne strane mlaznica pomoću elektromagnetskih ventila te podešavanje radnog tlaka pomoću elektromotora. Raspršivač ima 16 mlaznica koje su poslagane polukružno uz vanjski rub usmjerivača zraka (8 s lijeve strane i 8 s desne strane). Tehničke karakteristike stroja : obujam spremnika 1.000 l, dužina stroja 3,3 m, širina stroja 1,2 m, visina stroja 1,5 m, masa stroja 450 kg (bez tekućine u spremniku).

#### **4.1.1. Teorija rada raspršivača**

Aksijalni ventilator se sastoji od rotora koji je postavljen u kućište. Rotor se sastoji od vratila s zakrivljenim lopaticama. Pri radu lopatice rotiranjem povlače zrak te ga potiskuju paralelno s vratilom. Oko rotora se postavljaju usmjerivači koji usmjeravaju zračnu struju prema mlaznicama. Ovim načinom se oblikuje mlaz zgusnute lepeze. Na usisnoj strani kućišta nalazi se zaštitna mreža. Dezintegracija tekućine se većim dijelom obavlja pritiskom crpke, a dodatna dezintegracija i transport kapljica se obavlja zračnom strujom ventilatora. Aksijalni ventilatori proizvode velike količine zraka, ali s malim tlakom te su zbog toga osjetljivi na svaku promjenu otpora protoka zraka. Zbog toga je mlaz zgusnute lepeze nesimetričan te ga je teško prilagoditi geometriji nasada i gustoći lisne mase. Za pokretanje aksijalnog ventilatora je potrebna snaga od 10 – 23 kW. Broj okretaja lopatica može biti od 2.000 do 5.000 o/min. Kod većine aksijalnih ventilatora brzina zraka na izlazu iz usmjerivača iznosi od 20 – 40 m/s, a protok zraka 10 – 50.000 m<sup>3</sup>/ha. Ovaj tip ventilatora postiže teorijsko iskorištenje od 60 – 80 %.

#### **4.2. Karakteristike i uzgojni oblik nasada jabuke**

Istraživanje je obavljeno u petogodišnjem nasadu jabuke koji je u vlasništvu OPG-a Žilić. Voćnjak se nalazi pokraj mjesta Kunovci na području požeške kotline. Voćnjak se pružao u smjeru sjever - jug na nadmorskoj visini od 232 m. Sorta nasada jabuke u kojemu

su obavljena istraživanja bila je *Idared* i *Zlatni deliches* Uzgioni oblik nasada je vitko vreteno, sastoji se od kratkih primarnih grana koje na sebi nose rodno drvo ili se sastoji od provodnice i primarnih grana koje su ujedno i rodno drvo. Kod ovog uzgojnog oblika plodovi se uzgajaju maksimalno do visine 2,2 – 2,5 m. Razmak redova u nasadu u kojem je obavljeno istraživanje iznosi 3,5 m, a razmak u redu iznosi 1,0 m. Prosječna visina stabla je iznosila 2,33 m. Prosječna visina krošnje je iznosila 1,87 m.

### 4.3. Utvrđivanje *LAI*-a i *LAD*-a u nasadu jabuke

*LAI* (*leaf area indeks*) označava indeks ukupne lisne površine stabla s obzirom na uzgojnu površinu, tj. tlo na kojem se stablo nalazi. *LAD* (*leaf area density*) označava ukupnu površinu listova u određenom obujmu krošnje.

*LAI* je određen na način da se sa svakog stabla u istraživanju prikupilo po 45 listova pomoću kojih je određena prosječna lisna površina. Dobivena prosječna lisna površina je pomnožena s ukupnim brojem listova na stablu kako bi se dobila ukupna lisna površina koja je stavljena u odnos s veličinom uzgojne površine. Listovi su prikupljeni tako da se iz svake zone (Slika 4.) sakupilo po 5 listova. Sakupljeni listovi su skenirani pomoću skenera *HP ScanJet 3800*, te je analizom slike određena lisna površina. U rezultatima istraživanja biti će prikazan *LAI* za svako stablo i za cijeli voćnjak.

*LAI* je izračunat prema izrazu :

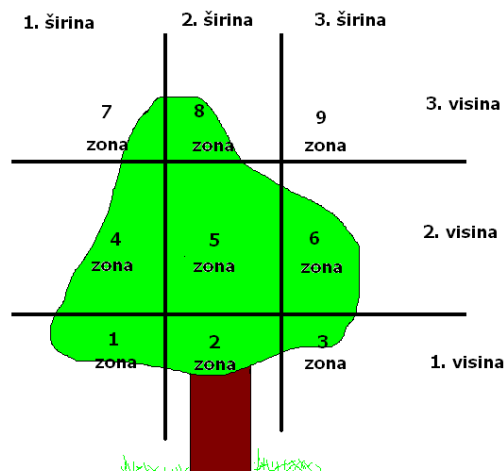
$$LAI = \frac{\bar{A}_{lp} \cdot n_{lis}}{A_u} \text{ (m}^2\text{/m}^2\text{)}$$

*LAI* – indeks lisne površine, m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>

$\bar{A}_{lp}$  – prosječna lisna površina, m<sup>2</sup>

$n_{lis}$  – broj listova na stablu

$A_u$  – uzgojna površina, m<sup>2</sup>



Slika 4. Podjela stabla po zonama

*LAD* je određen na način da se sa svakog stabla prikupio ukupan broj listova koji se nalazio u mjeracu obujma ( $0,027 \text{ m}^3$ ), postavljen u zonu 5 (Slika 4.) gdje je najveća lisna gustoća. Pomoću prikupljenih listova određena je ukupna lisna površina prikazana u određenom obujmu krošnje (Matthews, G.A., 1992) te iskazana u  $1 \text{ m}^3$ . Sakupljeni listovi su obrađeni pomoću skenera *HP ScanJet 3800* i računalnom analizom slike. U rezultatima istraživanja će biti prikazan *LAD* za svako stablo i za cijeli voćnjak.

*LAD* je izračunat prema izrazu :

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

*LAD* – indeks lisne gustoće,  $\text{m}^2/\text{m}^3$

$A_{lp}$  – ukupna lisna površina,  $\text{m}^2$

$l_r$  – dužina promatrane regije, m

$b_r$  – širina promatrane regije, m

$h_r$  – visina promatrane regije, m

#### 4.4. Utvrđivanje brzine i protoka zraka

U istraživanju je korišten raspršivač s aksijalnim ventilatorom. Ventilator rotacijom lopatica stvara određenu količinu i protok zraka koji su važni tehnički čimbenici raspršivanja te imaju funkciju dezintegracije mlaza i transporta tekućine na cilj prskanja. Brzina i protok stvaraju struju zraka s turbulentnim vrtloženjem čija je uloga („otvaranje krošnje“) odnosno pomicanje grana i listova koji omogućuju prolazak tekućine do sredine krošnje i pokrivanje obje strane lista. Aksijalni ventilatori stvaraju veliki turbulentni protok sa relativno malim tlakom i brzinom zraka.

Vrlo je važno da optimalna brzina zraka dolazi do cilja prskanja, tj. da cijeli predmet zaštite ima podjednaku brzinu zraka na vanjskim rubovima krošnje. Na ovaj način se postiže zadovoljavajuća pokrivenost tretirane površine jer će zrak omogućiti „otvaranje krošnje“. Glavne karakteristike ventilatora su : protok zraka, brzina zraka i vertikalna distribucija zraka.

Protok zraka pri radu raspršivača je potrebno podesiti prema uzgojnom obliku i gustoći lisne površine. Kod nasada s bujnijom krošnjom, brzinu zraka treba podesiti na veće vrijednosti i obrnuto. Teorijski protok zraka potreban za aplikaciju u pojedinom nasadu može se odrediti pomoću izraza (*Hardi International*) :

$$Q_z = \frac{1.000 \cdot v \cdot b_m \cdot h_n}{f}$$

$Q_z$  – protok zraka, m<sup>3</sup>/h

$v$  – brzina rada raspršivača, km/h

$b_m$  – širina mlaza, m

$h_n$  – visina nasada, m

$f$  – faktor folijacije (za bujnije nasade od 1,5 – 2,5, a za rijede od 2,5 – 3,5)

Specifični protok zraka može se odrediti pomoću izraza :

$$Q_s = \frac{Q_z}{1.000} \cdot v$$

$Q_s$  – specifični protok zraka, m<sup>3</sup>/km

$Q_z$  – protok zraka raspršivača, m<sup>3</sup>/h

$v$  – brzina rada raspršivača, km/h

U istraživanju, brzina zraka je podešena na optimalnu vrijednost za nasad jabuke. Brzina zraka je bila konstantna za sve tretmane pokusa. Optimalna brzina zraka je podešena zakretanjem lopatica ventilatora i regulatora broja okretaja ventilatora. Brzina zraka mjerena je pomoću ručnog anemometra tvrtke *Silva Windwatch*. U istraživanju je podešena konstantna brzina zraka za sve tretmane, a raspodjela brzine zraka mjerena je na izlazu iz usmjerivača te na vanjskim rubovima krošnje. Brzina zraka mjerena je neposredno pored svake mlaznice, a na kulturama prema pojedinim visinama.



Slika 5. Anemometar *Silva Windwatch*

#### 4.5. *Lechler*TR 80 mlaznice

U istraživanju na raspršivaču su instalirane *Lechler TR 80* mlaznice. Korištena su tri tipa mlaznica : *Lechler TR 80 – 03*, *Lechler TR 80 – 02* i *Lechler TR 80 – 015*. Mlaznice su izrađene od plastičnih polimera s keramičkim uloškom koji se može izvaditi iz tijela mlaznice radi lakšeg čišćenja. Oko mlaznice u nosaču raspršivača instaliran je gumeni zaptivač koja sprječava kapanje tekućine te su ugrađeni protukapajući ventili i pročistači mlaznica (50 *mesha*). Navedene mlaznice ostvaruju šuplji konusni mlaz i većinom se koriste u zaštiti voćnjaka i vinograda. Svaki od navedenih tipova mlaznica označen je pojedinom bojom koja odgovara kapacitetu mlaznice pri određenom radnom tlaku.

Mlaznica *Lechler TR 80 – 03* je označena plavom bojom, mlaznica *Lechler TR 80 – 02* je označena žutom bojom, a mlaznica *TR 80 – 015* je označena žutom bojom. Kodiranje mlaznica prema bojama određeno je *ISO 10625* standardom prema kojem svaka mlaznica uz navedenu boju ostvaruje specifični protok tekućine izraženim u američkim galonima (1AG = 3,785 l), te je definirana radnim kutom i protokom.



Slika 6. Mlaznice - *Lechler TR 80 – 03*, *Lechler TR 80 – 02* i *Lechler TR 80 – 015*

Mlaznice koje su korištene u ovom istraživanju ostvaruju radni kut od  $80^\circ$  i specifične protoke od 0,3 AG/min (plava mlaznica), 0,2 AG/min (žuta mlaznica) i 0,15 AG/min (zelena mlaznica) pri radnom tlaku od 2,756 bar.

Stoga, mlaznice prema *ISO 10625* standardu ostvaruju slijedeće protoke :

*Lechler TR 80 – 03*, plava boja: 0,3 AG/min ili 1,19 l/min;

*Lechler TR 80 – 02*, žuta boja: 0,2 AG/min ili 0,80 l/min;

*Lechler TR 80 – 015*, zelena boja: 0,15 AG/min ili 0,59 l/min.

#### **4.6. Vodoosjetljivi papirići (VOP)**

Vodoosjetljivi papirići predstavljaju najprihvatljiviju poljsku metodu za određivanje pokrivenosti tretirane lisne površine i veličine kapljica. Metoda je postajala sve popularnija kako su se razvijala računala, fotoaparati i skeneri. U današnje vrijeme ova metoda služi za izračune s visokom točnošću.



Vodoosjetljive papiriće čine žute trake dimenzija 75 x 25 mm, koje na površini imaju tanki film bromfenola. Bromfenol u dodiru s vodom poplavi. Kada kapljica tekućine padne na VOP ona ostavlja plavi otisak koji može poslužiti za određivanje stupnja pokrivenosti tretirane površine i veličine kapljica korištenjem korekcijskog faktora. U istraživanju su se koristili VOP-i tvrtke *Syngenta*.

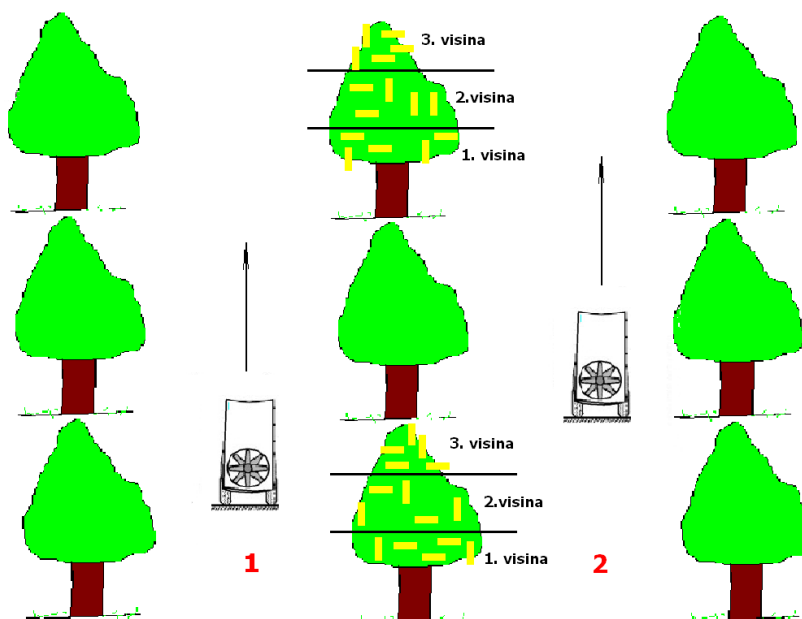


Slika 7. Vodoosjetljivi papirići

Metodika postavljanja VOP-a temeljila se na metodici autora De Moor, A. i sur., 2000. VOP-i su postavljeni na tri razine krošnje, koje su razmjerno postavljene (donja, srednja i vršna razina). Donja razina bila je od 0 – 62 cm, srednja od 62 – 124 cm i vršna od 124 – 187 cm. Kako bi se dobio podatak o uniformnoj pokrivenosti tretirane površine cijelog stabla na svaku razinu postavlja se pet VOP-a te se koristi četiri stabla u ponavljanju. Za svako stablo je potrebno 15 VOP-a, a za cijeli tretman 60 VOP-a. VOP-i se postavljaju na lice i naličje listova. Ukupna površina po tretmanu na kojoj je mjerena pokrivenost površine iznosi 1.125 cm<sup>2</sup> (30 x 37,5 cm).

Kretanje raspršivača u istraživanju određeno je tako da se prvo kroz red 1 desnom stranom stroja tretira ispitivani red kulture, a kroz red 2 to se čini lijevom stranom stroja. Jedno stablo tretirano je s obje strane stroja. Raspršivač je prije ulaska u ispitni red postigao potrebnu brzinu rada prema planu pokusa (6 ili 8 km/h). Navedeni način gibanja raspršivača određen je zbog usklađivanja s mjerenjem zanošenja te smanjenja pogreške u održavanju radnog tlaka i brzine raspršivača a u konačnici i norme raspršivanja. Također, smanjena je pogreška u mjerenju zanošenja zbog preklapanja prolazaka raspršivača.

VOP-i su postavljani uvijek na ista stabla za svaki tretman jer su na njima određeni LAI i LAD.



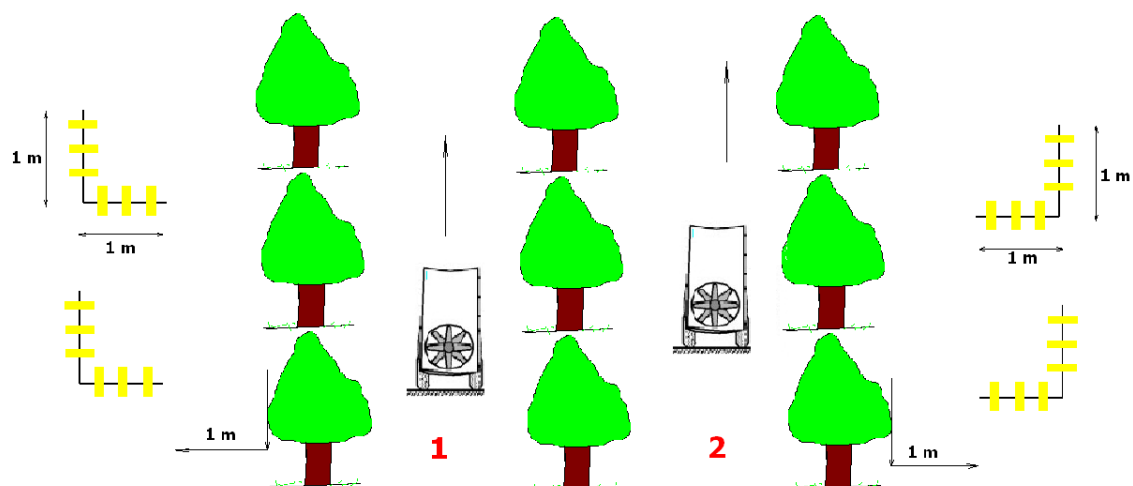
Slika 8. Schema postavljanja VOP-a

#### 4.7. Utvrđivanje zanošenja tekućine (drifta)

Tijekom eksploatacije raspršivača u poljskim uvjetima često dolazi do pojave zanošenja (drifta). Na zanošenje utječu razni čimbenici, najznačajniji čimbenici su vremenski uvjeti i različito podešeni tehnički čimbenici raspršivanja. Intenzitet zanošenja može biti uočljiv i bez mjerenja, gdje se jasno vidi dio tekućine koja pada na tlo između redova nasada jabuke.

Mjerenje zanošenja obavljeno je pri svakome tretmanu istraživanja. Metodika mjerenja zanošenja koncipirana je na taj način da je izražen intenzitet zanošenja preko pokrivenosti površine VOP-a, koji su obrađeni računalnom analizom fotografije. Mjerenje zanošenja obavljeno je u dva bočna netretirana reda s četiri ponavljanja za svaki tretman. U svakome ponavljanju postavljeno je 6 VOP-a (3 vodoravno i 3 okomito), ukupno 24 VOP-a.

VOP-i koji su postavljeni na tlu nalazili su se na udaljenosti od 1 – 2 m od vanjskog ruba krošnje, a VOP-i koji su postavljeni okomito nalazili su se na udaljenosti od 2 m od vanjskog ruba krošnje do 1 m u vis. Papirići su postavljeni u dva bočna netretirana reda između dva stabla gdje je zanošenje najveće. Nakon prolaska raspršivača, VOP-i su sakupljeni i obilježeni, te je obavljena računalna analiza fotografije. Mjerenje zanošenja obavljeno je istovremeno s mjerenjem pokrivenosti tretirane površine.



Slika 9. Shema postavljanja vodoosjetljivih papirića za mjerenje zanošenja



Slika 10. Mjerenje zanošenja pomoću VOP-a

#### 4.8. Računalna metoda analize slike

Nakon poljskih ispitivanja, VOP-i su obilježeni, evidentirani i sakupljeni zbog fotografiranja i obrađivanja računalnom analizom slike. Pokrivenost lisne površine (PLP) pomoću VOP-a i računalne analize slike (*engl. Digital Image Analysis, DIA*) određuje se beskontaktno tj. nema dodira uzorka i uređaja. Računalna analiza slike je brza, lako ponovljiva, objektivna i relativno jeftina metoda. Metoda za praćenje pokrivenosti lisne površine može se koristiti kao alat za automatsko praćenje kvalitete rada raspršivača.

Sustav za analizu slike sastoji se od : rasvjete, fotoaparata/skenera i računala. Sustav registrira promjenu PLP uzorka pomoću tri senzora. Rasvjeta tj. vrsta svjetlosti predstavlja važan element pri računalnoj analizi slike jer boja analiziranog uzorka ovisi o količini svjetlosti koja se reflektira s površine uzorka. Kako bi rezultat analize boje bio što precizniji važno je osigurati osvjetljenje prikladno svojstvima uzorka kojeg se fotografira.

Digitalni fotoaparat pohranjuje fotografije na elektronskom svjetlosnom senzoru koji se sastoji od milijun piksela. Značajke fotoaparata koje utječu na kvalitet fotografije su rezolucija i kompresija snimljene fotografije. Što je količina piksela veća time je veća rezolucija odnosno kvalitet snimljene fotografije. Preporučuje se rezolucija od 1,2 – 1,6 MP te mogućnost pohrane fotografije u TIFF (*engl. Tag – based Image File*) formatu. Kako bi se osigurala iste postavke fotoaparata (tablica 2.), a time omogućilo kontinuirano praćenje fotografiranih uzoraka te usporedba dobivenih rezultata analize slike, potrebno je provesti kalibracijski postupak fotoaparata prije fotografiranja uzorka (Papadakis, D.E. i sur., 2000; Wee, A.G. i sur., 2006).

Za obradu pokrivenosti lisne površine, broja, veličine i raspodjele kapljica na vodoosjetljivim papirićima korištena je metoda računalne analize slike. Mjerenje PLP računalnom analizom slike provodi se u nekoliko koraka. Prvi korak je digitalizacija uzorka tj. fotografiranje u kontroliranim uvjetima komore za slikanje prema postavkama digitalne kamere i rasvjete kako je prikazano u tablici 2. U komori za slikanje nalazi se digitalni fotoaparat koji je smješten na gornjem dijelu komore na udaljenosti od  $60 \pm 10$  cm od uzorka te rasvjeta. Osvjetljenost uzorka od  $850 \pm 10$  Lux-a osigurana je pomoću donje rasvjete (štedna žarulja *Philips Genie*, 8 W, 405 Lm, temperature 6500 K) koja je smještena ispod podloge pjeskarenog stakla na koju se stavlja uzorak i gornje rasvjete koja

se sastoji od 8 led žarulja (*CE Lighting, DX – MR16 – 18LED, 2 W, 12 V, 15 – 60°* temperature 6.500 K) postavljenih u krug.

Prije digitalizacije uzorka potrebno je provjeriti osvjetljenost unutar komore za slikanje pomoću svjetlomjera (*Digital light meter, YF-170, YU – Fong Eletronics, Taiwan*), te kalibraciju ravnoteže bjeline pomoću bijele keramičke pločice (*CR – A43, Konica Minolta, Japan*).

Tablica 2. Postavke sustava za analizu slike

Karakteristike	Postavke
Fotoaparat	Canon PowerShot EOS 1000D Digitalni, zrcalno – refleksi, AF/AE fotoaparat s ugrađenom bljeskalicom
Senzor slike	CMOS (veličina senzora 22.2 mm x 14.8 mm) Rezolucija $\approx$ 10.10 MP
Objektiv	Canon EF – S18 – 55 mm (f/3.5 – 5.6 IS)
Način rada	Ručno
ISO osjetljivost	200
Brzina okidača	1/60 s
Sustav boje	sRGB
Otvor blende	f/4.5
Ravnoteža bjeline	Ručno – keramička bijela pločica (CR-A43)
Format slike	JPEG+RAW (3888 x 2592 pix); $\approx$ 2.0 MP
Programska podrška	Canon Remote Capture Software: EOS Utility 2.3.0.2 (Canon Inc., USA)

Nakon fotografiranja uzorka slijedi pohrana slike na računalo u TIFF formatu. Na slikama je primijenjena automatska računalna naredba (engl. *macro*) u programu *Adobe Photoshop* s ciljem segmentacije uzorka i odjeljivanja podloge. Idući korak je obrada slike u *ImageJ* programu (Zhu, H. i sur., 2011; Prodanov, D. i Verstreken, K., 2012). Kako bi se izvela računalna analiza slike uzoraka VOP-a kreirana je makro naredba u programu *ImageJ* za analizu slike.

Analizom slike u u *ImageJ* programu očitane su vrijednosti :

- *A* (engl. *Area*) – ukupna površina na VOP-ma, mm<sup>2</sup> ili pix<sup>2</sup>
- *TPA* (engl. *Total Particle Area*) – ukupna površina koju prekrivaju kapljice na VOP-u, mm<sup>2</sup> ili pix<sup>2</sup>
- *AF* (engl. *Area Fraction*) – udjel kapljica na VOP-u, %
- *PC* (engl. *Particle Count*) – broj kapljica na VOP-u,
- *PS<sub>AVG</sub>* (engl. *Average Particle Size*) – prosječna veličina otiska kapljica - mm<sup>2</sup>, pix<sup>2</sup> ili μm

Za određivanje pokrivenosti lisne površine korišteni su algoritmi u programu *ImageJ* za izračun ukupne površine VOP-a (*A*) i ukupne površine koje prekrivaju kapljice VOP-u prema izrazu:

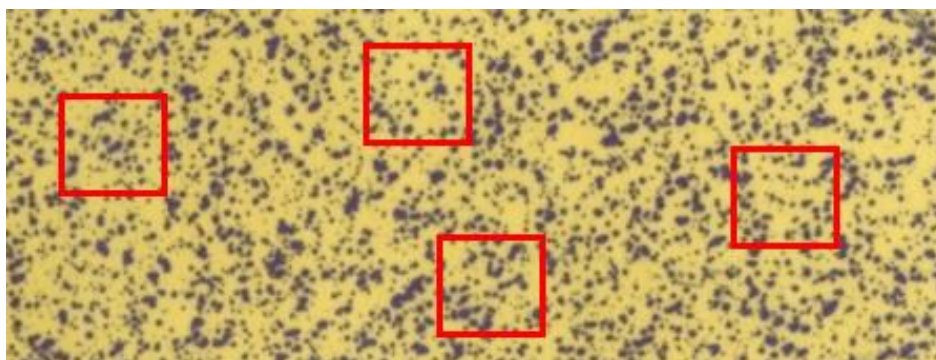
$$AF = \frac{A}{TPA} \cdot 100(\%)$$

#### 4.9. Utvrđivanje veličine i broja kapljica /cm<sup>2</sup> tretirane površine

U pregledu literature navedeno je da se veličina kapljica smanjuje s povećanjem radnog tlaka te da raste ukupni broj kapljica. Istraživanje je usmjereno na utvrđivanje veličine i broja kapljica pomoću vodoosjetljivih papirića. Za određivanje veličine i broja kapljica korišteni su isti VOP-i kao i za određivanje pokrivenosti površine. Primjerice, za tretman s raspršivačem *Hardi Zatum*, žutom mlaznicom, normom raspršivanja od 300 l i brzinom rada od 6 km/h određena je pokrivenost površine s ukupno 60 VOP-a. Pomoću 60 papirića određena je veličina kapljica i broj kapljica za navedeni tretman, uz razliku što računalnom analizom slike nije obrađen cijeli VOP nego četiri specifične površine od 1

cm<sup>2</sup> po listiću (Fox, R.D., 2005). Na površini od 4 cm<sup>2</sup> po listiću koje su uzete slučajnim odabirom određena je veličina kapljica i njihov broj. Obradena površina po stablu iznosi 60 cm<sup>2</sup>, a za cijeli tretman površina od 240 cm<sup>2</sup>.

Program za računalnu analizu slike (*ImageJ*) lagano određuje broj kapljica po ispitnoj površini (*PC – particle count*) te ih svrstava u 6 razreda veličine otiska kapljice (*PS<sub>AVG</sub> – Average Particle Size*) na VOP-u.



Slika 11. Specifične površine na VOP-u

Tablica 3. Razredi otiska kapljice i faktori preračunavanja

Razred otiska kapljice	$d_k$ , $\mu\text{m}$	Faktor preračunavanja otiska kapljice u promjer kapljice, $\mu\text{m}$
1.	0 - 100	1,6 - 1,7
2.	100 - 200	1,7 - 1,8
3.	200 - 300	1,8 - 1,9
4.	300 - 400	1,9 - 2,0
5.	400 - 500	2,0 - 2,1
6.	500 - 600	2,1 - 2,2

Kapljica koja se rasprši kreće se u prostoru do cilja zaštite, tada pada na list (u ovom slučaju na VOP) te se razlijeva po površini i dobiva dvodimenzionalni karakter. Kako bi se odredio prvobitni promjer kapljice koriste se korekcijski faktori za dobivanje podatka o veličini kapljice. Korekcijski faktori su eksperimentalno određeni (Harz, M. i Knoche, 2001). Korekcijski faktori korišteni su za preračunavanje otiska kapljica na VOP-u (PS) u rezultat stvarne veličine kapljica.

## 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U ovom istraživanju utvrđeni su koeficijenti *LAI* i *LAD* (poglavlje 5.1.), izvršeno je mjerenje brzine i protoka zraka (poglavlje 5.2.) te je izvršeno mjernje vremena potrebnog za obavljenje pojedinog tretmana (poglavlje 5.3.). Nakon obavljenog istraživanja obavljena je računalna analiza slike s ciljem određivanja glavnih svojstava istraživanja – pokrivenost tretirane površine, mjerenje veličine i broja kapljica/cm<sup>2</sup> te zanošenje tekućine (poglavlje 5.4.).

### 5.1. Rezultati utvrđivanja *LAI*-a i *LAD*-a u nasadu jabuke

Međuredni razmak u nasadu jabuke iznosi 3,50 m, a razmak u redu iznosi 1,00 m. Prosječna visina stabla u nasadu iznosi 2,33 m, dok je prosječna visina krošnje 1,87 m. Prosječna širina krošnje iznosi 1,13 m dok je prosječna širina krošnje u redu iznosi 1,29 m. Iz navedenih uzgojnih karakteristika nasada dobiva se uzgojna površina koja iznosi 1,47 m<sup>2</sup>.

Tablica 4. Uzgojne karakteristike nasada jabuke

Broj stabla	Visina stabla, cm	Visina krošnje, m	Širina krošnje, m	Širina krošnje u redu, m	Uzgojna površina, m <sup>2</sup>	<i>LAI</i>	<i>LAD</i>
						m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
1	2,50	2,13	1,16	1,27	1,47	1,60	4,68
2	2,30	1,79	1,30	1,38	1,79	1,81	4,68
3	2,30	1,92	1,20	1,26	1,51	1,53	4,75
4	2,30	1,81	1,14	1,22	1,39	1,77	4,09
5	2,41	2,05	1,10	1,21	1,33	1,70	3,59
6	2,24	1,78	1,10	1,48	1,63	1,72	4,85
7	2,35	2,01	1,10	1,44	1,58	1,71	4,51
8	2,60	2,04	1,21	1,26	1,52	1,80	4,85
9	2,41	1,97	1,15	1,10	1,27	1,79	3,87
10	2,21	1,75	1,21	1,50	1,82	1,43	5,37
11	2,41	1,75	0,98	1,20	1,18	2,19	4,60
12	1,93	1,46	0,99	1,16	1,15	2,02	5,20
$\bar{x}$	<b>2,33</b>	<b>1,87</b>	<b>1,13</b>	<b>1,29</b>	<b>1,47</b>	<b>1,76</b>	<b>4,59</b>
$\sigma$	0,17	0,18	0,09	0,13	0,22	0,20	0,52
<i>K.V.</i> , %	7,17	9,88	8,06	10,06	14,85	11,62	11,25



Prema tablici 4. može se uočiti da prosječni *LAI* iznosi  $1,76 \text{ m}^2/\text{m}^2$  s koeficijentom varijacije od 11,62% (minimalna vrijednost  $1,43 \text{ m}^2/\text{m}^2$ , a maksimalna  $2,19 \text{ m}^2/\text{m}^2$ ). Prosječni *LAD* iznosi  $4,59 \text{ m}^2/\text{m}^3$  s koeficijentom varijacije od 11,25% (minimalna vrijednost  $3,59 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , a maksimalna  $5,37 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ).

## 5.2. Rezultati brzine i protoka zraka

Pri eksploataciji raspršivača *Hardi Zaturm* u nasadu jabuke potrebno je podesiti broj okretaja ventilatora na 1. poziciju s zakošenjem lopatica ventilatora na poziciju 4. Navedenim podešavanjem desna strana stroja na usmjerivačima ostvaruje prosječnu brzinu zraka od 15,58 m/s, a lijeva strana stroja ostvaruje prosječnu brzinu zraka od 19,38 m/s. Može se uočiti da lijeva strana stroja ostvaruje veću prosječnu brzinu zraka za 19,60%.

Na najnižem dijelu desne strane usmjerivača prosječna brzina zraka iznosi 20,00 m/s do 11,00 m/s na najvišem dijelu uz koeficijent varijacije od 27,20%. Prosječna brzina zraka na najnižem dijelu lijeve strane stroja iznosi 25,00 m/s do 11,00 m/s na najvišem dijelu uz koeficijent varijacije od 26,28%. Može se zaključiti da povećanjem visine usmjerivača dolazi do smanjenja brzine zraka uz neravnomjernu vertikalnu raspodjelu brzine zraka s visokim koeficijentom varijacije. Gibanjem struje zraka prema krošnji dolazi do smanjenja prosječne brzine zraka, pa na desnoj strani stroja brzina zraka iznosi 8,63 m/s, a na lijevoj strani stroja 12,04%. Brzina se smanjila na desnoj strani stroja za 44,57%, a na lijevoj za 37,61%.

Za obavljanje svih tretmana u nasadu jabuke koristi se ukupni protok zraka od  $14.154,74 \text{ m}^3/\text{h}$ . Teorijski protok zraka za brzinu rada od 6 km/h iznosi  $13.980,00 \text{ m}^3/\text{h}$ , a za brzinu rada od 8 km/h iznosi  $18.400,00 \text{ m}^3/\text{h}$ . Specifični protok zraka iznosi  $84,92 \text{ m}^3/\text{km}$  za radnu brzinu od 6 km/h i  $113,23 \text{ m}^3/\text{km}$  za radnu brzinu od 8 km/h. Rezultati ostvarenih brzina zraka i protoka zraka prikazani su u tablici 5.

Tablica 5. Prosječne vrijednosti mjerenja brzine i protoka zraka aksijalnog raspršivača *Hardi Zatum* u nasadu jabuke

Visina mjerenja, cm	Desna strana stroja - brzina zraka			Lijeva strana stroja - brzina zraka		
	Na usmjerivač, m/s	Na rubu krošnje, m/s	Smanjenje brzine zraka, %	Na usmjerivaču, m/s	Na rubu krošnje, m/s	Smanjenje brzine zraka, %
150	11,00	5,50	50,00	11,00	7,00	36,36
125	10,25	7,25	29,27	15,50	10,00	35,48
100	14,75	5,50	62,71	21,25	14,00	34,12
75	18,50	9,75	47,30	20,75	12,50	39,76
50	19,00	11,75	38,16	22,75	12,75	43,96
25	20,00	12,00	40,00	25,00	16,00	36,00
$\bar{X}$	<b>15,58</b>	<b>8,63</b>	<b>44,57</b>	<b>19,38</b>	<b>12,01</b>	<b>37,61</b>
$\sigma$	4,24	2,96	11,51	5,17	3,16	3,63
<i>K.V.</i> , %	27,20	34,33	25,82	26,68	26,21	9,64
Protok zraka pri izvođenju istraživanja						
			6 km/h		8 km/h	
Stvarno korišteni protok zraka m <sup>3</sup> /h			<b>14.154,75</b>			
Teorijski protok zraka, m <sup>3</sup> /h(f=1,5)			13.980,00		18.400,00	
Specifični protok zraka, m <sup>3</sup> /km			84,92		113,23	

### 5.3. Rezultati ostvarenih vremena potrebnih za obavljanje pojedinih tretmana

Mjerenje vremena za obavljanje pojedinog tretmana tijekom cjelokupnog istraživanja obavljeno je pomoću zapornog sata. Planom istraživanja postavljene su dvije radne brzine – 6 km/h i 8 km/h. Pri zadanoj brzini rada od 6 km/h traktor mora prolaziti put od 100 m za 60 s. Pri zadanoj brzini rada od 8 km/h traktor mora prolaziti isti put za 45 s. Za obavljanje cjelokupnog tretmana raspršivač ispitni red tretira u dva prohoda uz mjerenje vremena potrebnog za obavljanje istih. Kontrolna ploča traktora je tijekom istraživanja točno prikazivala traktorsku brzinu rada zbog čega su vremenski otkloni za obavljanje tretmana bili minimalni. U tablici 6. prikazani su rezultati mjerenja vremena za obavljanje pojedinog tretmana u oba prohoda kao i njihov prosječni otklon od zadanog vremena.

Tablica 6. Rezultati mjerenja vremena pri obavljanju tretmana sa aksijalnim raspršivačem  
(Hardi Zaturm)

Tretman i brzina rada	I. prohod, s	II. prohod, s	Prosječni otklon*, %
1,6 km/h	62,23	59,93	1,92
2,6 km/h	59,84	61,11	1,06
3,6 km/h	60,33	60,22	0,46
4,8 km/h	45,6	45,56	1,27
5,8 km/h	45,45	45,79	1,36
6,8 km/h	45,65	45,69	1,47
7,6 km/h	60,07	59,22	0,71
8,6 km/h	59,45	59,65	0,75
9,6 km/h	59,79	60,12	0,27
10,8 km/h	45,11	45,44	0,61
11,8 km/h	45,14	45,55	0,76
12,8 km/h	45,66	45,17	0,91
13,6 km/h	58,54	60,79	1,87
14,6 km/h	59,89	59,65	0,38
15,6 km/h	60,38	59,33	0,87
16,8 km/h	45,35	45,67	1,12
17,8 km/h	45,76	45	0,84
18,8 km/h	45,46	45,41	0,96
	Vrijeme obavljanja tretmana, s		
	6 km/h	8 km/h	
$\bar{x}$	60,03	45,47	
$\sigma$	0,8	0,24	
K.V., %	1,34	0,52	
Prosječni otklon, %	<b>0,05</b>	<b>1,03</b>	

## 5.4. Rezultati mjerenja glavnih svojstava istraživanja

Nakon poljskog istraživanja vodoosjetljivi papirići su prikupljeni, evidentirani i pripremljeni za računalnu analizu slike. Sa svakog papirića određena je ukupna površina papirića –  $A$  (eng. *Area*) i ukupna površina koju prekrivaju kapljice –  $TPA$  (engl. *Total Particle Area*). Iz navedenih parametara računalni program *ImageJ* izračunava udjel kapljica na papiriću –  $AF$  (*Area Fraction*). Na svako stablo se postavlja 15 papirića, a koristi se 4 stabla u ponavljanju za izvođenje jednog tretmana.

Pri određivanju broja i veličine kapljica korišteni su isti VOP-i. U ovom slučaju računalni program *ImageJ* određuje broj kapljica s 4 specifične površine papirića -  $PC$  (engl. *Particle Count*). Uz broj kapljica računalni program određuje i prosječni promjer kapljica -  $PS_{AVG}$  (engl. *Average Particle Size*). Dobivena vrijednost  $PS_{AVG}$  predstavlja prosječni promjer otiska kapljice na VOP-u. Pomoću prosječnog promjera i korekcijskih faktora moguće je odrediti stvarni promjer kapljica.

Za određivanje zanošenja tekućine, također se koriste vodoosjetljivi papirići i računalni program *ImageJ* koji određuje ukupnu površinu papirića  $A$  i ukupnu površinu koju prekrivaju kapljice  $TPA$ . Iz navedenih parametara izračunava se  $AF$ . Zanošenje se mjeri u dva bočna netretirana reda (između dva stabla gdje je pojava zanošenja najveća) s 4 ponavljanja za svaki tretman. Dobivene vrijednosti zanošenja izražavaju se po kategorijama intenziteta.

### 5.4.1. Rezultati mjerenja pokrivenosti tretirane površine

Rezultati istraživanja o pokrivenosti tretirane površine u nasadu jabuke s aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zatur*) prikazani su u tablici 7. U navedenoj tablici s jednom zvjezdicom (\*) označena je prosječna pokrivenost tretirane površine po tretmanu, a s dvije zvjezdice (\*\*) označena je prosječna pokrivenost tretirane površine po visinama i podijeljena je na tri stupca (D – donja razina, S – srednja razina, V – vršna razina).

Tablica 7. Rezultati ostvarene prosječne pokrivenosti tretirane površine po pojedinom tretmanu aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zatum*) u nasadu jabuke

Tretman			Prosječna pokrivenost*, %			$\sigma$	K.V., %
Mlaznice	$v_r$ , km/h	$N_r$ , l/ha	Po visinama**				
			D	S	V		
TR 8003C	6	250	28,46			3,32	11,67
			25,01	28,03	50,38	3,65	12,38
TR 8003C	6	325	32,59			1,27	3,90
			25,18	27,13	45,45	11,18	34,32
TR 8003C	6	400	36,32			3,21	8,84
			28,01	43,55	37,39	7,82	21,54
TR 8003C	8	250	26,03			1,52	5,85
			24,77	24,46	31,87	5,32	20,43
TR 8003C	8	325	35,07			4,03	11,48
			24,84	35,98	44,38	9,80	28,27
TR 8003C	8	400	46,00			3,92	8,52
			35,87	52,09	50,04	8,83	19,20
TR 8002C	6	250	28,84			3,98	13,82
			23,91	30,08	32,52	4,43	15,38
TR 8002C	6	325	33,01			1,76	5,34
			22,85	30,79	45,40	11,44	34,64
TR 8002C	6	400	39,10			4,25	10,88
			35,15	42,68	39,47	3,77	9,64
TR 8002C	8	250	41,44			5,60	13,51
			28,30	45,91	53,64	12,98	30,47
TR 8002C	8	325	40,16			3,76	9,37
			37,95	41,44	41,10	1,93	4,80
TR 8002C	8	400	53,80			3,96	7,36
			48,15	51,49	61,75	7,09	13,17
TR 80015C	6	250	30,52			4,18	13,71
			29,53	26,49	35,55	4,61	15,10
TR 80015C	6	325	41,01			4,37	10,65
			25,45	37,60	59,98	17,52	42,71
TR 80015C	6	400	47,19			4,50	9,52
			35,48	50,00	56,10	10,59	22,44
TR 80015C	8	250	41,24			2,69	6,53
			27,67	36,94	60,53	16,94	40,61
TR 80015C	8	325	45,96			6,53	14,20
			39,15	45,67	53,07	6,96	15,15
TR 80015C	8	400	54,40			3,06	5,63
			40,55	46,46	76,23	5,88	10,81
$\bar{x}$ Tretmana			38,90			3,66	9,49
$\bar{x}$ Visina			31,39	38,91	46,41	8,37	21,73

U tablici 7. Može se uočiti da najveću pokrivenost tretirane površine od 54,40% ostvaruje tretman sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 400 l/ha. Također, može se uočiti da najmanju pokrivenost tretirane površine od 28,46% ostvaruje tretman sa plavom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 250 l/ha. Eksploatacijom aksijalnog raspršivača (*Hardi Zatur*) u nasadu jabuke prosječna pokrivenost tretirane površine iznosi 38,90% s prosječnim otklonom između ponavljanja od 9,49%.

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici statistički vrlo značajni ( $P < 0,01$ ) i značajni ( $P < 0,05$ ), osim interakcije (AC) tip mlaznice i norma raspršivanja ( $F = 1,46$ ;  $P > 0,05$ ) i interakcije ABC ( $F = 2,39$ ;  $P > 0,05$ ). Prosječne vrijednosti pokrivenosti tretirane površine za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u tablici 8.

Tablica 8. Analiza varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine

A	B <sub>1</sub>			B <sub>2</sub>		
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	28,45	32,58	36,31	26,03	35,06	46,00
A <sub>2</sub>	28,83	33,01	39,10	41,43	40,16	53,79
A <sub>3</sub>	30,52	41,01	47,19	41,23	45,96	54,39
$\bar{X}$ BC	29,27	35,53	40,87	36,23	40,39	51,39

	Interakcija AB		Interakcija AC			$\bar{X}$ A
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	
A <sub>1</sub>	32,45	35,69	27,24	33,82	41,15	34,07
A <sub>2</sub>	33,65	45,13	35,13	36,58	46,45	39,39
A <sub>3</sub>	39,57	47,19	35,87	43,48	50,79	43,38
$\bar{X}$ B	35,22	42,67	$\bar{X}$ C	32,75	37,96	46,13

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD <sub>0,05</sub>	3,17	0,87	2,37	1,67	4,60	3,55	7,84
LSD <sub>0,01</sub>	4,30	1,14	3,22	2,35	6,70	4,98	13,00
F - test	34,76**	66,31**	72,48**	6,76**	1,46 n.s.	3,26*	2,39 n.s.
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023	0,227	0,0456	0,0615

A = tip mlaznice; B = brzina rada, km/h; C = norma raspršivanja, l/ha

Iz tablice 8. mogu se uočiti tri različita tipa mlaznice ( $A_1$  - plava mlaznica,  $A_2$  - žuta mlaznica,  $A_3$  - zelena mlaznica), dvije brzine rada ( $B_1$  - 6 km/h,  $B_2$  - 8 km/h) i tri norme raspršivanja ( $C_1$  - 250 l/ha,  $C_2$  - 300 l /ha,  $C_3$  - 350 l/ha). S obzirom na tip mlaznice, pokrivenost tretirane površine sa aksijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Zatur*) kreće se od 34,07% (plava) do 43,38% (zelena). Razlike u pokrivenosti tretirane površine su bile vrlo značajne. Žuta mlaznica pokazuje bolju pokrivenost od plave za 13,50%, dok zelena mlaznica pokazuje bolju pokrivenost za 21,46% u odnosu na plavu mlaznicu i 9,19% u odnosu na žutu mlaznicu. Promatranjem brzine rada, pokrivenost tretirane površine kreće se od 35,22% (6 km/h) do 42,67% (8 km/h). Pri radnoj brzini od 8 km/h ostvaruje se bolja pokrivenost površine za 17,45%. S obzirom na normu raspršivanja, pokrivenost tretirane površine kreće se od 32,75% (250 l/ha) do 46,13% (400 l/ha). Razlike u pokrivenosti tretirane površine bile su vrlo značajne i to norma od 325 l/h u odnosu na 250 l/ha za 13,72%. Norma raspršivanja od 400 l/ha pokazuje bolju pokrivenost za 29,00% u odnosu na 250 l/ha i 17,71% u odnosu na 325 l/ha.

Analizom varijance statističku značajnost pokazuje interakcija (AB) tipa mlaznice i brzine rada, pokrivenost površine se kreće od 32,45% (plava mlaznica i brzina rada od 6km/h) do 47,19% (zelena mlaznica i brzina rad od 8 km/h). Za navedene interakcije vrijedi minimalna značajnost između interakcija od 1,67%. Statistički značajnu razliku pokazuje interakcija (BC) brzine rada i norme raspršivanja, a pokrivenost tretirane površine se kreće od 29,27 (brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 51,39% (brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha). Za ove interakcije vrijedi signifikantnost između interakcija od 3,55%. Korelacijskom i regresijskom analizom utvrđuje se povećavanje prosječne pokrivenosti tretirane površine uslijed povećavanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ( $r = 0,89$ ,  $p < 0,05$ ).

#### 5.4.2. Rezultati mjerenja veličine i broja kapljica/cm<sup>2</sup>

Rezultati istraživanja prosječnog promjera kapljica i broja kapljica/cm<sup>2</sup> u nasadu jabuke s aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zatum*) prikazani su u tablici 9.

Tablica 9. Rezultati ostvarene veličine i broja kapljica/cm<sup>2</sup> sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zatum*) u nasadu jabuke

Tretman	$p$ , bar	$\bar{n}_k$ / cm <sup>2</sup>	$\sigma$	$K.V.$ , %	$\bar{d}_k$ , $\mu\text{m}$	$\sigma$	$K.V.$ , %
P6250	1,51	51,83	6,10	11,77	184,34	19,65	10,67
P6325	2,56	57,08	4,08	7,14	191,27	22,31	11,69
P6400	3,88	77,67	2,94	3,79	196,57	21,00	10,73
P8250	2,69	64,88	6,32	9,74	194,94	7,37	3,81
P8325	4,56	69,83	9,03	12,93	172,81	6,40	3,72
P8400	6,90	72,92	1,99	2,72	163,57	12,12	7,46
Ž6250	3,25	76,08	5,56	7,31	204,41	24,04	11,79
Ž6325	5,50	79,21	9,77	12,33	183,82	14,25	7,81
Ž6400	8,33	92,83	1,67	1,80	167,44	8,33	4,99
Ž8250	5,78	83,58	9,18	10,99	190,43	17,05	8,97
Ž8325	9,78	86,00	6,77	7,87	164,93	19,96	12,21
Ž8400	14,81	108,17	18,43	17,04	148,89	12,58	8,51
Z6250	5,60	77,25	4,38	5,67	196,07	21,98	11,23
Z6325	9,47	101,33	8,78	8,67	163,55	12,18	7,46
Z6400	14,35	107,75	10,02	9,30	146,37	13,52	9,26
Z8250	9,96	99,58	16,31	16,37	155,71	14,46	9,36
Z8325	16,84	111,75	6,53	5,85	151,96	18,73	12,43
Z8400	25,52	155,67	4,53	2,91	131,15	15,08	11,51

$p$  – radni tlak;  $\bar{n}_k$  - prosječni broj kapljica;  $\bar{d}_k$  - prosječni promjer kapljica

U tablici 9. može se uočiti kako najmanji prosječni broj kapljica/cm<sup>2</sup> (51,83) ostvaren kod tretmana s plavom mlaznicom, pri brzini od 6 km/h, normi raspršivanja od 250 l/ha te radnim tlakom od 1,51 bar. Najveći prosječni broj kapljica/cm<sup>2</sup> (155,67) ostvaren je kod tretmana sa zelenom mlaznicom, pri brzini rada od 8 km/h, normom raspršivanja od 400 l/ha te radnim tlakom od 25,52 bar.

Također, u tablici može se uočiti kako je najmanji prosječni promjer kapljica (131,15  $\mu\text{m}$ ) ostvaren kod tretmana sa zelenom mlaznicom, pri brzini rada od 8 km/h, normom raspršivanja od 400 l/ha te radnim tlakom od 25,52 bar. Najveći prosječni promjer



kapljica (204,41  $\mu\text{m}$ ) ostvaren je kod tretmana s žutom mlaznicom, pri brzini rada od 6 km/h, normom raspršivanja od 250 l/ha te radnim tlakom od 3,25 bar.

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm<sup>2</sup>, na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici vrlo značajni ( $P < 0,01$ ), osim interakcije (BC) brzine rada i norme raspršivanja ( $F = 1,86$ ;  $P > 0,05$ ).

Prosječne vrijednosti broja kapljica/cm<sup>2</sup> za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u tablici 10. (A<sub>1</sub> - plava mlaznica, A<sub>2</sub> - žuta mlaznica, A<sub>3</sub> - zelena mlaznica; B<sub>1</sub> - 6 km/h, B<sub>2</sub> - 8 km/h; C<sub>1</sub> - 250 l/ha, C<sub>2</sub> - 325 l/ha, C<sub>3</sub> - 400 l/ha).

Tablica 10. Analiza varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm<sup>2</sup>

A	B <sub>1</sub>			B <sub>2</sub>		
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	51,83	57,08	77,66	64,87	69,83	72,91
A <sub>2</sub>	76,08	79,20	92,83	83,58	86,00	108,16
A <sub>3</sub>	77,25	101,33	107,75	99,58	111,75	155,66
$\bar{X}$ BC	68,38	79,20	92,75	82,68	89,19	112,25

	Interakcija AB		Interakcija AC			$\bar{X}$ A
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	
A <sub>1</sub>	62,19	69,20	58,35	63,45	75,29	65,70
A <sub>2</sub>	82,70	92,58	79,93	82,60	100,50	87,64
A <sub>3</sub>	95,44	122,33	88,41	106,54	131,70	108,88
$\bar{X}$ B	80,11	94,70	$\bar{X}$ C	75,53	84,20	102,50

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD <sub>0,05</sub>	7,44	3,74	4,26	7,21	8,25	3,55	14,05
LSD <sub>0,01</sub>	10,01	4,93	5,78	10,11	12,01	4,98	23,31
F - test	153,48**	52,56**	62,37**	9,49**	5,78**	1,86 n.s.	5,83**
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0005	0,1643	0,0005

A = tip mlaznice; B = brzina rada, km/h; C = norma raspršivanja, l/ha

S obzirom na broj kapljica/cm<sup>2</sup> s aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zatur*) u nasadu jabuke kreće se od 65,70 (plava mlaznica) do 108,88 kapljica (zelena mlaznica). Razlike u broju kapljica/cm<sup>2</sup> bile su vrlo značajne, žuta mlaznica u odnosu na plavu za 25,03%. Zelena mlaznica raspršuje 39,65% više kapljica/cm<sup>2</sup> u odnosu na plavu mlaznicu i 19,50% u odnosu na žutu mlaznicu. S obzirom na brzinu rada broj kapljica/cm<sup>2</sup> kreće se od 80,11

(6 km/h) do 94,70% (8 km/h). Značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja raspršuje više kapljica/cm<sup>2</sup> za 15,40%. S obzirom na normu raspršivanja, broj kapljica/cm<sup>2</sup> se kreće od 75,53 (250 l/ha) do 102,50 kapljica (400 l/ha). Razlike u broju kapljica/cm<sup>2</sup> bile su vrlo značajne i to norma od 325 l/ha raspršuje veći broj kapljica/cm<sup>2</sup> za 10,29% u odnosu na normu od 250 l/ha. Norma od 400 l/ha raspršuje veći broj kapljica/cm<sup>2</sup> za 26,31% u odnosu na 250 l/ha i 17,85% u odnosu na 325 l/ha.

Analizom varijance utvrđena je značajna razlika koju pokazuje interakcija tipa mlaznice i brzine rada (AB). Broj kapljica/cm<sup>2</sup> kreće se od 62,19 (plava mlaznica i brzina rada od 6 km/h) do 122,33 kapljica (zelena mlaznica i brzina rada od 8 km/h). Za navedene interakcije vrijedi minimalna statistička značajnost između interakcija od 7,21 kapljica. Interakcijom tipa mlaznice i norme raspršivanja (AC) broj kapljica/cm<sup>2</sup> kreće se od 58,35 (plava mlaznica i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 131,70 kapljica (zelena mlaznica i norma raspršivanja od 400 l/ha) uz minimalnu statističku značajnost između interakcija u iznosu od 8,25 kapljica. Kombinacijama sva tri tehnička čimbenika raspršivanja ostvaruje se značajna razlika pa se vrijednosti kreću od 51,83 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 300 l/ha) do 155, kapljica/cm<sup>2</sup> (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha) uz minimalnu statističku značajnost između interakcija od 14,05 kapljica/cm<sup>2</sup>.

Regresijskom analizom utvrđuje se povećavanje prosječnog broja kapljica/cm<sup>2</sup> uslijed povećavanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ( $r = 0,96$ ,  $p < 0,05$ ).

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica, na osnovi statističkih parametara i značajnosti, može se zaključiti da su samo glavni tehnički čimbenici vrlo značajni. U tablici 11. prikazane su prosječne vrijednosti promjera kapljica za glavne tehničke čimbenike raspršivanja te njihove interakcije. (A<sub>1</sub> - plava mlaznica, A<sub>2</sub> - žuta mlaznica, A<sub>3</sub> - zelena mlaznica; B<sub>1</sub> - 6 km/h, B<sub>2</sub> - 8 km/h; C<sub>1</sub> - 250 l/ha, C<sub>2</sub> - 325 l/ha, C<sub>3</sub> - 400 l/ha).

Tablica 11. Analiza varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica

A	B <sub>1</sub>			B <sub>2</sub>		
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	184,25	190,75	195,75	193,00	170,78	165,50
A <sub>2</sub>	204,00	182,50	167,00	190,00	163,50	147,75
A <sub>3</sub>	195,75	163,25	146,00	154,50	150,75	131,00
$\bar{x}$ BC	194,66	178,83	169,58	179,16	161,66	148,03

	Interakcija AB		Interakcija AC			$\bar{x}$ A
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	
A <sub>1</sub>	190,25	176,41	188,62	180,75	180,62	183,33
A <sub>2</sub>	184,50	167,08	197,00	173,00	157,37	175,79
A <sub>3</sub>	168,33	145,41	175,12	157,00	138,00	156,87
$\bar{x}$ B	181,02	162,97	$\bar{x}$ C	186,91	170,25	158,83

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD <sub>0,05</sub>	5,34	5,23	7,22	10,07	13,97	10,78	23,78
LSD <sub>0,01</sub>	7,24	6,80	9,78	14,12	20,32	15,11	39,45
F - test	16,47**	21,68**	17,68**	0,46 n.s	2,31n.s.	0,21 n.s.	2,37 n.s.
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,6311	0,0694	0,8090	0,0635

A = tip mlaznice; B = brzina rada, km/h; C = norma raspršivanja, l/ha

S obzirom na tip mlaznice, prosječni promjer kapljica s aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturm*) u nasadu jabuke kreće se od 183,33 (plava mlaznica) do 157,87  $\mu\text{m}$  (zelena mlaznica). Razlike u prosječnom promjeru bile su vrlo velike. Žuta mlaznica raspršuje kapljice većeg promjera za 4,11% u odnosu na plavu mlaznicu. Zelena mlaznica raspršuje kapljice manjeg promjera za 10,76% u odnosu na žutu mlaznicu i 14,43% u odnosu na plavu mlaznicu. S obzirom na brzinu rada prosječni promjer kapljica kreće se od 181,02 (6 km/h) do 162,97  $\mu\text{m}$  (8 km/h). S obzirom na normu raspršivanja, prosječni promjer kapljica kreće se od 186,91 (250 l/ha) do 158,83  $\mu\text{m}$  (400 l/ha). Razlike u prosječnom promjeru bile su vrlo značajne i to norma od 325 l/h u odnosu na 250 l/ha za 8,91%. Norma od 400 l/ha raspršuje kapljice manjeg promjera za 15,02% u odnosu na 250 l/ha i 6,70% u odnosu na 325 l/ha.

### 5.4.3. Rezultati mjerenja zanošenja tekućine (drift)

Rezultati ostvarenog zanošenja tekućine (drift) u nasadu jabuke s aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturm*) prikazani su u tablici 12.

Tablica 12. Rezultati ostvarenog zanošenja tekućine u nasadu jabuke sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturm*)

Tretman	$\bar{A}_p$ , %	$\bar{v}_v$ , m/s	$\bar{\uparrow}$ , °	Zanošenje tekućine, %				
				LS	DS	$\bar{X}$ *	$\sigma$	K.V., %
P6250	28,46	0,90	206,82	12,88	12,27	10,12	0,43	3,46
P6325	32,59			18,59	5,02	11,81	0,39	3,28
P6400	36,32			22,41	20,37	21,31	0,26	1,22
P8250	26,03	0,51	102,88	19,74	12,04	15,89	0,21	1,34
P8325	35,07			21,56	12,28	16,92	0,17	0,99
P8400	46,00			41,36	13,46	27,4	0,49	1,8
Ž6250	28,84	0,28	151,19	23,56	14,25	18,9	0,19	1,02
Ž6325	33,01			21,70	16,72	19,21	0,48	2,49
Ž6400	39,10			27,63	26,56	27,09	0,49	1,82
Ž8250	41,44	0,24	321,94	10,67	9,57	12,57	0,48	4,75
Ž8325	40,16			13,64	10,67	12,16	0,47	3,88
Ž8400	53,80			31,50	34,51	33,01	0,57	1,73
Z6250	30,52	0,14	243,14	17,54	11,03	14,28	0,43	3,03
Z6325	41,01			20,65	10,92	15,79	0,25	1,6
Z6400	47,19+			35,20	9,39	22,30+	0,59	2,66
Z8250	41,24	0,16	269,64	31,19	7,22	19,21	0,54	2,79
Z8325	45,96			27,07	14,13	20,6	0,67	3,23
Z8400	54,40			44,51	36,31	40,41	0,18	0,45
$\bar{X}$				24,52	15,37	19,94	0,41	2,31

$\bar{A}_p$  - prosječna pokrivenost površine;  $\bar{v}_v$  - prosječna brzina vjetra;  $\bar{\uparrow}$  - prosječni smjer vjetra; LS – lijeva strana; DS – desna strana; \* Prosjek četiri repeticije

Analizom podataka u tablici 12. može se uočiti da se najveće zanošenje tekućine od 40,41% ostvaruje tretman s zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 400 l/ha. Najmanje zanošenje tekućine od 10,12% ostvaruje tretman s žutom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 250 l/ha. Eksploatacijom aksijalnog raspršivača (*Hardi Zaturm*) u nasadu jabuke ostvaruje se

prosječno zanošenje tekućine od 19,94%, s prosječnim otklonom između ponavljanja od 2,31%.

Intenzitet zanošenja tekućine izražava se preko pokrivenosti vodoosjetljivih papirića kako je označeno u tablici 13., u tablici 12. sa plusom je označen tretman koji predstavlja najbolji odnos pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine. Analizom tablice 12. zaključuje se da su tijekom istraživanja ostvarene minimalne vrijednosti zanošenja (osim tretmana s zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 400 l/ha – 5. kategorija zanošenja tekućine), a rezultat su optimalno podešenih parametara aplikacije (usmjerenje mlaznica, protok i brzina zraka, radna brzina i drugi) kao i optimalnih vremenskih uvjeta.

Tablica 13. Kategorije zanošenja tekućine (*drift*)

Kategorija zanošenja tekućine	Pokrivenost VOP-a, %	Ocjena intenziteta zanošenja tekućine
1.	0 – 10	Minimalno
2.	10 – 20	Vrlo malo
3.	20 – 30	Malo
4.	30 – 40	Umjereno
5.	40 – 50	Jako
6.	> 50	Vrlo jako

Pomoću neparametrijske statistike utvrđuje se veći intenzitet zanošenja tekućine s lijevom stranom raspršivača s obzirom na desnu stranu u iznosu 9,15% ( $Z=3,53$ ,  $p < 0,05$ ). Pomoću faktorijalne analize varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani tehnički čimbenici raspršivanja visoko značajni ( $P < 0,01$ ).

Tablica 14. Analiza varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine

A	B <sub>1</sub>			B <sub>2</sub>		
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	12,57	11,80	21,39	15,89	16,91	27,40
A <sub>2</sub>	18,90	19,20	27,09	10,12	12,15	33,00
A <sub>3</sub>	14,28	15,78	22,29	19,20	20,59	40,40
$\bar{x}$ BC	15,25	15,60	23,56	15,07	16,55	33,60

	Interakcija AB		Interakcija AC			$\bar{x}$ A
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	
A <sub>1</sub>	15,25	20,07	14,23	14,36	24,39	17,66
A <sub>2</sub>	21,71	18,42	14,51	15,68	30,04	20,08
A <sub>3</sub>	17,45	26,73	16,74	18,19	31,25	22,09
$\bar{x}$ B	18,14	21,74	$\bar{x}$ C	15,16	16,07	28,60

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD <sub>0,05</sub>	0,40	0,19	0,21	0,38	0,41	0,32	0,71
LSD <sub>0,01</sub>	0,55	0,26	0,29	0,53	0,60	0,45	1,17
F - test	629,3**	1239,6**	7202,8**	1301,7**	97,4**	997,2**	166,4**
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	0,0000	0,000	0,000

A = tip mlaznice; B = brzina rada, km/h; C = norma raspršivanja, l/ha

U tablici 14. koriste se slijedeće oznake : A<sub>1</sub> - plava mlaznica, A<sub>2</sub> - žuta mlaznica, A<sub>3</sub> - zelena mlaznica; B<sub>1</sub>- 6 km/h, B<sub>2</sub> - 8 km/h; C<sub>1</sub> - 250 l/ha, C<sub>2</sub> - 325 l /ha, C<sub>3</sub> - 400 l/ha. Zanošenje tekućine s aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zatur*) u nasadu jabuke, s obzirom na tip mlaznice kreće se od 17,66% (plava mlaznica – 2. kategorija) do 22,09% (zelena mlaznica – 3. kategorija). Razlike u zanošenju bile su vrlo velike. Žuta mlaznica ostvaruje veće zanošenje za 12,05% u odnosu na plavu mlaznicu, zelena mlaznica ostvaruje veće zanošenje za 20,05% u odnosu na žutu mlaznicu. Promatrajući brzinu rada, zanošenje tekućine kreće se od 18,14% (brzina rada 6 km/h – 2. kategorija) do 21,74% (brzina rada 8 km/h – 2. Kategorija). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veće zanošenje tekućine za 16,55 %. Promatrajući normu raspršivanja, zanošenje tekućine kreće se od 15,16% (250 l/ha – 2. kategorija) do 28,60% (400 l/ha – 3. kategorija). Razlike u zanošenju tekućine bile su vrlo značajne i to norma od 325 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 5,66%. Norma od 400 l/ha pokazuje veće zanošenje za 46,99% u odnosu na 250 l/ha i 43,81% u odnosu na 325 l/ha.

Analizom varijance vrlo značajnu razliku pokazuju sve interakcije istraživanja. S obzirom na interakciju AB (tip mlaznice i brzina rada), zanošenje tekućine iznosi od 15,25% (plava mlaznica i brzina rada od 6 km/h) do 26,73% (zelena mlaznica i brzina rada od 8 km/h). Minimalna statistička značajnost ( $\alpha_{0,05}$ ) između navedenih interakcija ostvaruje se sa razlikom od 0,38%. S obzirom na interakciju AC (tip mlaznice i norma raspršivanja) ostvaruje se zanošenje tekućine od 14,23% (plava mlaznica i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 31,25% (zelena mlaznica i norma raspršivanja od 400 l/ha). Minimalna značajna razlika ( $\alpha_{0,05}$ ) između navedenih interakcija ostvaruje se sa razlikom od 0,41%. S obzirom na interakciju BC (brzina rada i norma raspršivanja) ostvaruje se zanošenje tekućine od 15,07% (brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 33,60% (brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha). U ovome slučaju minimalno potrebna značajna razlika ( $\alpha_{0,05}$ ) između interakcija iznosi 0,32%.

Kombinacijom sva tri glavna tehnička čimbenika raspršivanja zanošenje se kreće od 10,12 (žuta mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 40,40% (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha). Minimalno potrebna statistički značajna razlika ( $\alpha_{0,05}$ ) između ovih interakcija iznosi 0,71 %.

## 6. RASPRAVA

### 6.1. Uzgojne karakteristike nasada jabuke

Nasad jabuke u istraživanju ima uzgojni oblik vitkog vretena koji se sastoji od provodnice i primarnih grana koje su ujedno i rodno drvo ili se sastoji od kratkih primarnih grana koje na sebi nose rodno drvo. Navedeni uzgojni oblik kao skelet ima stožac, a poluskeletne grane su nosači rodnog drva i obrastajućih grančica. Kod ovog uzgojnog oblika plodovi se najčešće uzgajaju maksimalno do visine 2,2 – 2,5 m. Nasad je sađen na međuredni razmak od 3,5 m, a razmak biljaka u redu iznosi 1,0 m. Pri navedenim razmacima, uzgojnom obliku i načinu rezanja nasad jabuke ostvaruje prosječnu visinu od 2,33 m, dok prosječna visina krošnje iznosi 1,87 m. Prosječna širina krošnje iznosi 1,13 m, a prosječna širina krošnje u redu iznosi 1,29 m. Prema navedenim podacima izračunava se prosječna uzgojna površina koja iznosi 1,47 m<sup>2</sup>.

*LAI (leaf area indeks)* označava indeks ukupne lisne površine stabla s obzirom na uzgojnu površinu, tj. tlo na kojem se stablo nalazi. *LAI* je određen na način da se sa svakog stabla u istraživanju prikupilo po 45 listova pomoću kojih je određena lisna površina. Dobivena prosječna lisna površina se pomnoži s ukupnim brojem listova na stablu kako bi se dobila ukupna lisna površina koja se stavlja u odnos s veličinom uzgojne površine. Prosječni *LAI* za nasad jabuke iznosi 1,76 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> (tablica 4.).

*LAD (leaf area density)* označava ukupnu površinu listova u određenom obujmu krošnje. *LAD* je određen na način da se sa svakog stabla prikupio ukupan broj listova koji se nalazio u mjerачu obujma (0,027 m<sup>3</sup>). Pomoću prikupljenih listova određena je ukupna lisna površina prikazana u određenom obujmu krošnje te je iskazana u 1 m<sup>3</sup>. Prosječni *LAI* za nasad jabuke iznosi 4,59 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> (tablica 4.).



## 6.2. Glavna svojstva istraživanja tijekom eksploatacije aksijalnog raspršivača (*Hardi Zatur*) u nasadu jabuke

### 6.2.1. Pokrivenost tretirane površine

Promatranjem svojstva pokrivenosti tretirane površine ostvarene s aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zatur*) u nasadu jabuke, izmjerene su vrijednosti od 26,03% (tretman s plavom mlaznicom pri brzini rada od 8 km/h i normi raspršivanja od 250 l/ha) do 54,40% (tretman s zelenom mlaznicom pri brzini rada od 8 km/h i normi raspršivanja od 400 l/ha). Prosječna pokrivenost svih tretmana iznosi 38,90%. Razlike u pokrivenosti tretirane površine po visinama krošnje su statistički vrlo značajne. Pokrivenost donje razine krošnje je za 19,32% manja u odnosu na srednju razinu, te za 32,26% u odnosu na vršnu razinu. Pokrivenost srednje razine krošnje je za 16,16% manja u odnosu na vršnu razinu.

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici vrlo značajni ( $P < 0,01$ ) i značajni ( $P < 0,05$ ) osim interakcija AC - tip mlaznice i norme raspršivanja ( $F = 1,46$ ;  $P > 0,05$ ) i ABC ( $F = 2,39$ ;  $P > 0,05$ ).

S obzirom na tip mlaznice, pokrivenost tretirane površine iznosi od 34,07% (tretman s plavom mlaznicom) do 43,38% (tretman s zelenom mlaznicom). Žuta mlaznica pokazuje bolju pokrivenost od plave za 13,50%, dok zelena mlaznica pokazuje bolju pokrivenost za 21,46% u odnosu na plavu mlaznicu i 9,19% u odnosu na žutu mlaznicu. Promatranjem brzine rada, pokrivenost tretirane površine iznosi od 35,22% (6 km/h) do 42,67% (8 km/h). Pri radnoj brzini od 8 km/h ostvaruje se bolja pokrivenost površine za 17,45%. S obzirom na normu raspršivanja, pokrivenost tretirane površine kreće se od 32,75% (250 l/ha) do 46,13% (400 l/ha). Razlike u pokrivenosti tretirane površine bile su vrlo značajne i to norma od 325 l/h u odnosu na 250 l/ha za 13,72%. Norma raspršivanja od 400 l/ha pokazuje bolju pokrivenost za 29,00% u odnosu na 250 l/ha i 17,71% u odnosu na 325 l/ha. Uslijed povećavanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno povećavanje pokrivenosti tretirane površine ( $r = 0,89$ ,  $p < 0,05$ ).

Slične rezultate dobili su i drugi istraživači. Tako su Marucco, P. I sur. (2008) istraživali utjecaj šest različitih brzina rada raspršivača (3,9 – 13 km/h), šest različitih brzina zraka (3,7 – 23 m/s) i četiri različite norme raspršivanja (200 – 1.000 l/ha) na

pokrivenost tretirane površine u nasadu breskve. Istraživanjem je utvrđeno da se najbolji rezultat pokrivenosti površine ostvaruje pri brzini rada raspršivača od 7 km/h, brzini zraka od 14 m/s i normi raspršivanja od 400 l/ha. U usporedbi s navedenim, najveća pokrivenost tretirane površine eksploatacijom aksijalnog raspršivača *Hardi Zatrurn* u nasadu jabuke iznosi 54,40% pri brzini rada od 8 km/h, brzini zraka od 17,48 m/s i normi raspršivanja od 400 l/ha.

### 6.2.2. Broj kapljica/cm<sup>2</sup>

Ostvarena vrijednost broja kapljica/cm<sup>2</sup> s aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zatrurn*) kreće se od 51,83 (tretman s plavom mlaznicom pri brzini rada od 6 km/h i normi raspršivanja od 250 l/ha) do 155,67 kapljica (tretman s zelenom mlaznicom, pri brzini rada od 8 km/h i normi raspršivanja od 250 l/ha). Prosječni broj kapljica svih tretmana iznosi 87,41 kapljica/cm<sup>2</sup>.

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm<sup>2</sup>, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici vrlo značajni ( $P < 0,01$ ), osim interakcije (BC) radne brzine i norme raspršivanja ( $F = 1,86$ ,  $P > 0,05$ ).

S obzirom na tip mlaznice, broja kapljica/cm<sup>2</sup> kreće se od 65,70 (plava mlaznica) do 108,88 kapljica (zeleno mlaznica). Razlike u broju kapljica/cm<sup>2</sup> bile su vrlo značajne, žuta mlaznica u odnosu na plavu za 25,03%. Zelena mlaznica raspršuje 39,65% više kapljica/cm<sup>2</sup> u odnosu na plavu mlaznicu i 19,50% u odnosu na žutu mlaznicu.

S obzirom na brzinu rada broj kapljica/cm<sup>2</sup> kreće se od 80,11 (6 km/h) do 94,70 (8 km/h). Značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja raspršuje više kapljica/cm<sup>2</sup> za 15,40%.

S obzirom na normu raspršivanja, broj kapljica/cm<sup>2</sup> se kreće od 75,53 (250 l/ha) do 102,50 kapljica (400 l/ha). Razlike u broju kapljica/cm<sup>2</sup> bile su vrlo značajne i to norma od 325 l/ha raspršuje veći broj kapljica/cm<sup>2</sup> za 10,29% u odnosu na normu od 250 l/ha. Norma od 400 l/ha raspršuje veći broj kapljica/cm<sup>2</sup> za 26,31% u odnosu na 250 l/ha i 17,85% u odnosu na 325 l/ha.

Usljed povećavanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno povećanje broja kapljica/cm<sup>2</sup> ( $r = 0,96$ ,  $p < 0,05$ ), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine povećava broj kapljica/cm<sup>2</sup> ( $r = 0,82$ ,  $p < 0,05$ ).

Slične rezultate dobili su i drugi istraživači. Primjerice, Wolf, R.E. i sur. (1999), te Cross, J.V. i sur., (2003), navode da se veći broj kapljica po cm<sup>2</sup> postiže povećanjem radnog tlaka. Porras Sorriano i sur., (2005) navode da se povećanjem radnog tlaka postiže veća pokrivenost površine. Slično je utvrđeno i u vlastitim istraživanjima gdje se broj kapljica/cm<sup>2</sup> kreće od 51,83 pri radnom tlaku od 1,51 bar do 155,67 kapljica pri radnom tlaku od 25,53 bar.

### 6.2.3. Prosječni promjer kapljica

Prosječni promjer kapljica ostvaren aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturm*) kreće se od 131,15  $\mu\text{m}$  (tretman s zelenom mlaznicom pri brzini rada od 8 km/h i normi raspršivanja od 400 l/ha) do 204,41  $\mu\text{m}$  (tretman s žutom mlaznicom pri brzini rada od 6 km/h i normi raspršivanja od 250 l/ha). Prosječni promjer kapljica svih tretmana iznosi 172,68  $\mu\text{m}$ .

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, samo su glavni tehnički čimbenici istraživanja vrlo značajni ( $P < 0,01$ ).

S obzirom na tip mlaznice, prosječni promjer kapljica iznosi od 183,33 (plava mlaznica) do 157,87 (zeleno mlaznica). Značajno manji prosječni promjer ostvaruje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 14,43%, te 10,76% u odnosu na žutu mlaznicu. Žuta mlaznica ostvaruje 4,11% manji promjer kapljica u odnosu na plavu mlaznicu.

S obzirom na brzinu rada, prosječni promjer kapljica iznosi od 181,02  $\mu\text{m}$  (pri brzini od 6 km/h) do 162,97  $\mu\text{m}$  (pri brzini od 8 km/h). Pri brzini od 8 km/h ostvaruje se manji promjer za 9,97%.

S obzirom na normu raspršivanja, prosječni promjer kapljica iznosi od 186,91  $\mu\text{m}$  (250 l/ha) do 158,83  $\mu\text{m}$  (400 l/ha). Značajno manji promjer ostvaruje norma raspršivanja od 400 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 15,02%, te u odnosu na 325 l/ha za 6,70%. Norma od

325 l/ha ostvaruje manji prosječni promjer kapljica u odnosu na normu od 250 l/ha za 8,91%.

Usljed povećanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno smanjenje prosječnog promjera kapljica ( $r = -0,90$ ;  $p < 0,05$ ), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine smanjuje prosječni promjer kapljica ( $r = -0,87$ ,  $p < 0,05$ ). Pri povećanju broja kapljica/cm<sup>2</sup> dolazi do značajnog smanjenje prosječnog promjera kapljica ( $r = -0,83$ ,  $p < 0,05$ ).

#### 6.2.4. Zanošenje tekućine (drift)

Vrijednost zanošenja ostvarenog s aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) u nasadu jabuke iznosi od 10,12% (tretman s plavom mlaznicom pri brzini rada od 6 km/h i normi raspršivanja od 250 l/ha) do 40,41% (tretman s zelenom mlaznicom pri brzini rada od 8 km/h i normi raspršivanja od 400 l/ha). Prosječno zanošenje tekućine svih tretmana iznosi 19,94%.

Neparametrijskom statistikom utvrđen je veći intenzitet zanošenja tekućine s lijevom stranom stroja za 9,15% ( $Z = 3,53$ ,  $p < 0,05$ ) u odnosu na desnu stranu stroja, jer lijeva strana stroja ostvaruje veću brzinu zraka s obzirom na desnu stranu za 19,60%.

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokoznačajni ( $P < 0,01$ ).

S obzirom na tip mlaznice, zanošenje tekućine kreće se od 17,66% (plava mlaznica) do 22,09% (zeleno mlaznica). Zelena mlaznica ostvaruje veće zanošenje u odnosu na plavu mlaznicu za 20,05%, te 9,09% u odnosu na žutu mlaznicu. Žuta mlaznica ostvaruje veće zanošenje u odnosu na plavu za 12,05 %.

S obzirom na brzinu rada, prosječno zanošenje tekućine kreće se od 18,14% (6 km/h) do 21,74% (8 km/h). Pri brzini od 8 km/h ostvaruje se veće zanošenje tekućine za 16,55%.

S obzirom na normu raspršivanja, prosječno zanošenje tekućine iznosi od 15,16 (250 l/ha) do 28,60% (400 l/ha). Značajno veće zanošenje tekućine ostvaruje norma raspršivanja od 400 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 46,99%, te u odnosu na 325 l/ha za

43,81%, dok norma raspršivanja od 325 l/ha ostvaruje veće zanošenje u odnosu na 250 l/ha za 5,66%.

Usljed povećavanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno povećavanje zanošenja tekućine ( $r = 0,74$ ;  $p < 0,05$ ), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine također povećava zanošenje tekućine ( $r = 0,72$ ,  $p < 0,05$ ). Pri promatranju odnosa prosječnog promjera kapljica i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno povećavanje zanošenja tekućine uslijed smanjivanja prosječnog promjera kapljica ( $r = - 0,78$ ,  $p < 0,05$ ), te pri povećanju broja kapljica/cm<sup>2</sup> također dolazi do značajnog povećavanja zanošenja tekućine ( $r = 0,74$ ,  $p < 0,05$ ).

S obzirom na problematiku zanošenja tekućine, Ozkan H.E. (2004) navodi da su kapljice manje od 200  $\mu\text{m}$  najosjetljivije na zanošenje. Isti autor (1998) navodi da se negativna strana malih kapljica očituje u tome što su vrlo podložne zanošenju, te da gubitci zanošenjem malih kapljica sežu do 70%. Stoga predlaže da se za svaki raspršivač i nasad odredi granica smanjenja kapljica za dobivanje optimalne pokrivenosti tretirane površine i minimalnog zanošenja tekućine. Već je navedeno da se povećanje pokrivenosti tretirane površine povećava sa smanjenjem prosječnog promjera kapljica te povećanjem broja kapljica/cm<sup>2</sup>.

Optimalna pokrivenost tretirane površine eksploatacijom raspršivača *Hardi Zetarn* ostvaruje se sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h, normom raspršivanja od 400 l/ha i radnim tlakom od 14,35 bar. Pri navedenim podešavanjima pokrivenost tretirane površine iznosi 47,19%, s zanošenjem od 22,30%.

## 7. ZAKLJUČAK

Nakon izvršenog istraživanja mogu se donijeti slijedeći zaključci :

- Korišteni protok zraka (14.154,75 m<sup>3</sup>/h) odgovara uzgojnom obliku, razvojnoj fazi i bujnosti nasada jabuke.
- Korištene norme raspršivanja (250, 325 i 400 l/ha) odgovaraju uzgojnom obliku i obujmu nasada (uzgojni oblik vitko vreteno, obujam nasada 8587 m<sup>3</sup>/ha) te slijede svjetske trendove smanjenja norme raspršivanja.
- Korištene radne brzine (6 i 8 km/h) nalaze se u okviru optimalnih agrotehničkih brzina rada (mjerenjem vremena potrebnog za obavljanje pojedinog tretmana pri određenoj radnoj brzini, ostvareni su vrlo mali prosječni vremenski otkloni od 0,05% do 1,79%).
- Mlaznice *Lechler TR 8003, 02 i 015* ostvaruju protok koji odgovara *ISO* standardu te se raspršivanjem osigurava potrebna norma uz korištenje odgovarajućih radnih tlakova.
- Radni tlakovi (od 1,51 bar do 25,52 bar) korišteni u istraživanju u kombinaciji s odgovarajućom brzinom rada, mlaznicom te međurednim razmakom nasada osiguravaju normu raspršivanja potrebnu za obavljanje pojedinog tretmana.
- Pri radu aksijalnog raspršivača prosječna brzina zraka na desnoj strani stroja je za 19,60% veća u odnosu na lijevu stranu stroja.
- Pri radu aksijalnog raspršivača utvrđena je nepravilna vertikalna raspodjela prosječne brzine zraka s padom vrijednosti prema vrhu usmjerivača (desna strana stroja s vrijednostima od 20 m/s na najnižem dijelu usmjerivača zraka do 11 m/s na vrhu usmjerivača ostvaruje koeficijent varijacije od 27,20%, dok lijeva strana stroja s vrijednostima od 25 m/s do 11 m/s ostvaruje koeficijent varijacije od 26,68%).
- Pri radu raspršivača u nasadu jabuke utvrđeno je prosječno smanjenje brzine na rubu krošnje od 41,09%.
- S obzirom na svojstvo pokrivenosti tretirane površine, a na osnovi faktorijalne analize varijance, zaključuje se da glavni tehnički čimbenici raspršivanja (tip mlaznice, brzina rada i norma raspršivanja) imaju važan utjecaj na pokrivenost tretirane površine, te se zaključuje statistički značajno povećavanje pokrivenosti sa smanjivanjem *ISO* broja mlaznice, povećanjem brzine rada i povećanjem norme raspršivanja (*Hardi Zaturm* u nasadu jabuke od 28,46 do 54,40%).

- Povećanjem radnog tlaka povećava se pokrivenost tretirane površine ( $r = 0,80 - 0,92$ ,  $p < 0,05$ ).
- S obzirom na svojstvo broja kapljica/cm<sup>2</sup>, a na osnovi faktorijalne analize varijance, zaključuje se da tehnički čimbenici (tip mlaznice, brzina rada i norma raspršivanja) imaju značajan utjecaj na broj kapljica/cm<sup>2</sup>, te se zaključuje značajno povećanje broja kapljica sa smanjenjem *ISO* broja mlaznice, povećanjem brzine rada i povećanjem norme raspršivanja (*Hardi Zatur* u nasadu jabuke od 51,83 do 155,67 kapljica).
- Povećanjem radnog tlaka povećava se broj kapljica/cm<sup>2</sup> ( $r = 0,89 - 0,96$ ,  $p < 0,05$ ), te se povećava broj kapljica/cm<sup>2</sup> uslijed povećavanja pokrivenosti tretirane površine ( $r = 0,61 - 0,88$ ;  $p < 0,05$ ).
- S obzirom na svojstvo prosječnog promjera kapljica, a na osnovi faktorijalne analize varijance zaključuje se da glavni tehnički čimbenici raspršivanja imaju značajan utjecaj na prosječni promjer kapljica, te se zaključuje značajno smanjenje promjera kapljica sa smanjivanjem *ISO* broja mlaznice, povećavanjem brzine rada i povećavanjem norme raspršivanja (*Hardi Zatur* u nasadu jabuke od 204,41 do 131,15  $\mu\text{m}$ ).
- Povećavanjem radnog tlaka smanjuje se prosječni promjer kapljica ( $r = -0,81$  do  $-0,90$ ,  $p < 0,05$ ), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine također smanjuje prosječni promjer kapljica ( $r = -0,62$  do  $-0,90$ ,  $p < 0,05$ ). Pri povećanju broja kapljica/cm<sup>2</sup> dolazi do statistički značajnog smanjenja prosječnog promjera kapljica ( $r = -0,75$  do  $-0,85$ ,  $p < 0,05$ ).
- S obzirom na promatrano svojstvo zanošenja tekućine, a na osnovi faktorijalne analize varijance, zaključuje se da glavni tehnički čimbenici raspršivanja imaju značajan utjecaj na zanošenje tekućine, te se zaključuje značajno povećavanje zanošenja sa smanjivanjem *ISO* broja mlaznice, povećanjem brzine rada i povećanjem norme raspršivanja (*Hardi Zatur* u nasadu jabuke od 10,12 do 40,41%).
- Uslijed povećavanja radnog tlaka utvrđuje se značajno povećanje zanošenja tekućine ( $r = 0,65 - 0,81$ ;  $p < 0,05$ ), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine također povećava zanošenje tekućine ( $r = 0,52 - 0,85$ ;  $p < 0,05$ ). Pri promatranju odnosa prosječnog promjera kapljica i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno povećavanje zanošenja tekućine uslijed smanjivanja prosječnog promjera kapljica ( $r = -0,62$  do  $-0,86$ ;  $p < 0,05$ ), te pri povećanju broja kapljica/cm<sup>2</sup> kroz

istraživanje također dolazi do značajnog povećavanja zanošenja tekućine ( $r = 0,61 - 0,81$ ;  $p < 0,05$ ;  $0,41$  n.s).



## 8. POPIS LITERATURE

1. Ade, G., Molari, G., Rondelli, V. (2005): Vineyard evaluation of a recycling tunnel sprayer, Published by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan.
2. Banaj, Đ., Tadić, V., Banaj Ž. (2009): Trošenje mlaznica izrađenih od mesinga, 44. hrvatski i 4. međunarodni simpozij agronoma, 2009, Opatija 2009., 907 – 911.
3. Banaj, Đ., Tadić, V., Banaj, Ž., Lukač, P. (2010): Unapređenje tehnike aplikacije pesticida, Sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
4. British Council for Crop Protection, Standard for Droplet Sizing, 1985.
5. Butler Ellis, M. C., Swan, T., Miller, C. H., Waddelow, S., Bradley, A., Tuck, C. R. (2002): Design Factors affecting Spray Characteristics and Drift Performance of Air Induction Nozzles, Biosystems Engineering 82 (3), 289–296.
6. Butler Ellis, M.C., Tuck, C.R. (1999): How adjuvants influence spray formation with different hydraulic nozzles, Crop Protection 18, 101 – 109.
7. 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, Vol 25, No.2.
8. Deveau, S.T. (2010): Fungicide Spray Coverage, Hort. Matters, Vol 10., No 2.
9. 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, Transactions of the ASABE, Vol. 50(5): 1493-1501.
10. Doruchowski, G., Holownicki, R. (2000): Environmentally friendly spray techniques for tree crops, Crop Protection 19, 617 – 622.
11. Duvnjak, V., Banaj, Đ., Zimmer, R., Guberac, V. (1998): Influence of nozzle wear on flow rate and stream droplet size, Bodenkultur, 49(3): 189 – 192.
12. Duvnjak, V., Banaj, Đ., Zimmer, R., Jurišić, M. (2000): Utjecaj fizikalnih svojstava kapljevine na dezintegraciju uporabom mlaznica s lepezastim spljoštenim mlazom, Strojstvo, 42 (1,2), 15 – 23.
13. Fox, R.D., Brazee, R. D., Svensson, S. A., Reichard D. L. (1992): Air Jet Velocities From a Cross-flow Fan Sprayer, Transactions of the ASABE, 35(5): 1381-1384.
14. Harz, M., Knoche, M. (2001): Droplet sizing using silicone oils, Crop Protection, Vol. 20 (6), 489 – 498

15. Hewitt, A.J. (1998): The Importance of Nozzle Selection and Droplet Size Control in Spray Application, Proceedings of the North American Conference on Pesticide Spray Drift Management, Portland 1998., Maine USA.
16. Hoffmann, W. C., Hewitt, A. J. (2005): Comparasion of three imaging systems for water – sensiive papers, Applied Engineering in Agriculture, Vol. 21(6): 961– 964.
17. Holownicki, R., Doruchowski, G., Godyn, A., Swiechowski, W. (2000): Variation of Spray Deposit and Loss with Air-jet Directions applied in Orchards, J. Agric. Eng. Res., Vol. 77 (2): 129-136.
18. Johnson, L.F., Roczen, D., Youkhana, S. (2001): Vineyard density mapping with Ikonos satellite imagery, Third International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Denver 2001., Colorado, USA.
19. Jurišić, M., Plaščak, I. (2009): Geoinformacijske tehnologije GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša, Sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
20. Manktelow, D.W. (1998): Factors affecting spray deposits and their biological effects on New Zealand apple canopies, Doctor disertation, Massey University, Auckland, New Zeland.
21. Marcal,R.S (2008): Alternative Methods for Counting Overlapping Grains in Digital Images Image Analysis and Recognition, Lecture Notes in Computer Science, Volume 5112.
22. Marcal, R.S., Cunha, M. (2008): Image Processing of Artificial Targets for Automatic Evaluation of Spray Quality, Transactions of the ASABE, Vol. 51(3): 811- 821.
23. 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 ALNARP 08 009, Vol. 10.
24. Matthews, G.A. (1992): Pesticide application methods, 2nd edition, Blackwell, University of Oxford
25. Miller, H.C., Butler Ellis, M.C. (2000): Effects of formulation on spray nozzle performance for applicationsfrom ground - based boom sprayers, Crop Protection 19, 609 – 615.
26. Ozkan, H. E. (1998): New Nozzles for Spray Drift Reduction, Ohio State University Extension Fact Sheet, AEX-523-98, ohioline.ag.ohio-stete.edu, USA.
27. Ozkan, H. E., Derksen, R.C. (2004): Effectiveness of Turbodrop and Turbo Teejet Nozzles in Drift Reduction, Ohio State University Extension Fact Sheet, AEX-524-98, ohioline.ag.ohio-stete.edu, USA.

28. Panneton, B. (2002): Image analysis of water – sensitive cards for spray coverage experiments, *Applied Engineering in Agriculture*. Vol. 18(2): 179–182.
29. Papadakis, S.E., Abdul-Malek, S., Kamdem, R.E., Yam, K.L. (2000): A Versatile and Inexpensive Technique for Measurement Color of Foods, *Food Technology*, 54: 48–51.
30. Parenti, A., Vieri, M. (1994): Calibration of orchard sprayer control apparatus, *AgEng*, report 94 – D 157, Milano.
31. Porrás Soriano, A., Porrás Soriano, M.L., Porrás Piedra, A., Soriano Martín, M.L. (2005): Comparison of the pesticide coverage achieved in a trellised vineyard by a prototype tunnel sprayer, a hydraulic sprayer, an air-assisted sprayer and a pneumatic sprayer, *Spanish Journal of Agricultural Research* 3(2), 175-181.
32. Praat, J.P., Manktelow, D., Suckling, D.M., Maber, J. (1996): Can application technology help to manage pesticide resistance ? NZPPS paper, *Canadian Application Technology*.
33. Prodanov, D., Verstreken, K. (2012): Automated Segmentation and Morphometry of Cell and Tissue Structures. Selected Algorithms in ImageJ, In *tech open sciens/open minds, Molecular Imaging*, March 16th, 183 - 208
34. Spanoghe, P., De Schampheleire, M., Van der Meeren, P., Steurbaut, W. (2007): Review Influence of agricultural adjuvants on droplet spectra, *Pest Management Science*, 63: 4–16.
35. Syngenta (2002): Water-sensitive paper for monitoring spray distributions. CH-4002.
36. Šumanovac, L., Spajić, I., Kiš, D., Kraljević, D. (2008): Dynamics and deposit of spray droplets disintegrated by the nozzles of a tractor – mounted sprayer, *Cereal Research Communications* 36, 791 – 794.
37. Šumanovac, L., Žužić, Z., Kraljević, D., Jurić, T., Kiš, D., Jurišić, M. (2008): Influence of the spraying pressure and nozzle design on spray disintegration, *Balkan Agricultural Engineering Review*, Vol.12
38. 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*, Vukovar 2009.
39. Tadić, V., Banaj Đ., Banaj, Ž. (2010): Raspodjela tekućine s ratarskim mlaznicama izrađenim od mesinga, 45. hrvatski i 5 međunarodni simpozija agronoma, *Opatija 2010.*, 1219 – 1223.

40. Vieri, M., Guidi, S., Tiribilli, B. (1998): Spray Distribution Control in Orchard Sprayer : Tests on New Apparatus Equiped with a Laser Detector, Internationac Conference „AgEng“, Oslo 1998.
41. Weisser P., Koch H. (2002): Expression of dose rate with respect to orchard sprayer function, Aspects of Applied Biology 66, 353-358.
42. Wee, A.G., Lindsey, D.T., Kuo, S., Johnston, W.M. (2006): Color accuracy of commercial digital cameras for use in denistry, Dental Material, 22:553–559.
43. Williams, W., Gardisser, D., Wolf, R., Whitney, R. (1999): Field and Wind Tunnel Droplet Spectrum Data for the CP Nozzle, American Society of Agricultural Engineers/National Agricultural Aviation Association, Paper No. AA99-007, Reno, USA.
44. Wolf, R.E., Gardisser, D.R., Williams, W.L. (1999): Spray Droplet Analysis of Air Induction Nozzles Using WRK DropletScan Technology, 33rd Annual National Agricultural Aviation Association Convention, Reno 1999., USA.
45. Zhu, H., Salyani, M., Fox, R.D. (2011): A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution, Computers and Electronics in Agriculture, 76: 38–43.
46. <http://agro-elektronika.hr/> (datum pristupa : 3.5.2016)
47. <http://www.hardi-international.com/global> (datum pristupa : 3.5.2016)
48. <http://kosmospromet.com/> (datum pristupa : 5.5.2016)
49. [http://www.lechler.de/index-en\\_US](http://www.lechler.de/index-en_US) (datum pristupa : 4.5.2016)
50. <http://www.watersensitivepaper.com/de/index.html?x6cec4=5m7r0s860pnjclhi7lf0agmug7> (datum pristupa : 5.5.2016)

## 9. SAŽETAK

Istraživanja su obavljena s aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zatrurn*) u nasadu jabuke. Cilj istraživanja je utvrditi utjecaj glavnih tehničkih čimbenika (tip mlaznice, brzina rada i norma raspršivanja) na pokrivenost tretirane površine, broj kapljica  $\text{cm}^2$ , prosječni promjer kapljica i zanošenje tekućine. Brzina rada raspršivača podešava se na 6 i 8 km/h, a norma raspršivanja na 250, 325 i 400 l/ha. U istraživanju su se koristile plave (*TR 8003*), žute (*TR 8002*) i zelene (*TR 80015*) *Lechler* mlaznice. Istraživanje se postavlja kao trofaktorijalni poljski pokus sa 18 tretmana u 2 ponavljanja. Pri svakom tretmanu na stablo je postavljeno 60 vodoosjetljivih papirića koji su obrađeni računalnom analizom slike i računalnog programa *ImageJ*. Uz glavna svojstva istraživanja otvrđuju se indeks lisne površine (*LAI*) i indeks lisne gustoće (*LAD*) te brzina i protok zračne struje. Prije samog istraživanja utvrđeno je da raspršivač zadovoljava standard *EN 13790*. Smanjivanje *ISO* broja mlaznice, povećanjem norme raspršivanja te povećanjem brzine rada povećava se pokrivenost tretirane površine, broj kapljica/ $\text{cm}^2$  kao i zanošenje tekućine (*drift*) dok se prosječni promjer kapljica smanjuje.

Postignuti rezultati aksijalnog raspršivača (*Hardi Zatrurn*) u nasadu jabuke : pokrivenost tretirane površine kreće se od 26,03 do 54,40%, ostvarena vrijednost broja kapljica/ $\text{cm}^2$  kreće se od 51,83 do 155,67 kapljica, prosječni promjer kapljica kreće se od 131,15  $\mu\text{m}$  do 204,41, vrijednosti ostvarenog zanošenja tekućine kreću se od 10,12% do 40,41%. Optimalna pokrivenost tretirane površine eksploatacijom raspršivača *Hardi Zatrurn* ostvaruje se sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h, normom raspršivanja od 400 l/ha i radnim tlakom od 14,35 bar. Pri navedenim podešavanjima pokrivenost tretirane površine iznosi 47,19%, s zanošenjem od 22,30%.

Ključne riječi : raspršivač, mlaznica, pokrivenost površine, brzina rada, norma raspršivanja

## 10. SUMMARY

Researches are conducted with axial mistblower (*Hardi Zatur*) in apple orchard. The aim of the research was to determine the influence of the major technical factors (type of nozzle, working speed and spraying volume) on coverage of the treated area, average droplet diameter, number of droplets per cm<sup>2</sup> and drift. The operation speed was set at 6 km/h and 8 km/h, spray volume was set on 250, 325 and 400 l/ha. Nozzles which were used in this research are : blue (*TR 8003*), yellow (*TR 8002*) and green (*TR 80015*) *Lechler* nozzles. The research was set as three – factorial field experiment with 18 treatments in 2 repetitions. For each treatment the tree was covered with 60 water sensitive papers which were later processed with digital image analysis and *ImageJ* software. In addition to the main features of research, researches determined leaf area index (*LAI*), leaf area density (*LAD*), speed and flow of air current. Before research, researches determined that mistblower meets the *EN 13790* standard. By decreasing the *ISO* number of nozzles and by increasing the working speed and spray volume, we found increasement of area coverage, number of droplets per cm<sup>2</sup> and drift, and decrease of average droplet diameter.

The results obtained with axial mistblower (*Hardi Zatur*) in apple orchard are : coverage of the treated area ranges from 26,03 to 54,40%, number of drops/cm<sup>2</sup> ranges from 51,83 to 155,57 drops, average diameter of droplets ranges from 131,15 to 204,41 µm, the value of realized drift ranges from 10,12% to 40,41%.

Key words : mistblower, nozzle, coverage area, working speed, spray volume

## 11. POPIS TABLICA

Tablica 1. Veličina i kategorizacija kapljica po BCPC standardu

Tablica 2. Postavke sustava za analizu slike

Tablica 3. Razredi otiska kapljice i faktori preračunavanja

Tablica 4. Uzgojne karakteristike nasada jabuke

Tablica 5. Prosječne vrijednosti mjerenja brzine i protoka zraka aksijalnog raspršivača *Hardi Zatur* u nasadu jabuke

Tablica 6. Rezultati mjerenja vremena pri obavljanju tretmana sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zatur*)

Tablica 7. Rezultati ostvarene prosječne pokrivenosti tretirane površine po pojedinom tretmanu aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zatur*) u nasadu jabuke

Tablica 8. Analiza varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine

Tablica 9. Rezultati ostvarene veličine i broja kapljica/cm<sup>2</sup> sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zatur*) u nasadu jabuke

Tablica 10. Analiza varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm<sup>2</sup>

Tablica 11. Analiza varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica

Tablica 12. Rezultati ostvarenog zanošenja tekućine u nasadu jabuke sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zatur*)

Tablica 13. Kategorije zanošenja tekućine (*drift*)

Tablica 14. Analiza varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine

## 12. POPIS SLIKA

Slika 1. Vodoosjetljivi papirić (VOP)

Slika 2. Zanošenje tekućine (*drift*)

Slika 3. Raspršivač *Hardi Zaturm*

Slika 4. Podjela stabla po zonama

Slika 5. Anemometar *Silva Windwatch*

Slika 6. Mlaznice - *Lechler TR 80 – 03*, *Lechler TR 80 – 02* i *Lechler TR 80 – 015*

Slika 7. Vodoosjetljivi papirići

Slika 8. Schema postavljanja VOP-a

Slika 9. Shema postavljanja vodoosjetljivih papirića za mjerenje zanošenja

Slika 10. Mjerenje zanošenja pomoću VOP-a

Slika 11. Specifične površine na VOP-u



## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Poljoprivredni fakultet u Osijeku  
Sveučilišni diplomski studij, smjer Mehanizacija

Diplomski rad

Utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja na pokrivenost lisne površine s aksijalnim raspršivačem u nasadu  
jabuke  
Boris Šurk

**Sažetak:** Istraživanja su obavljena s aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zatrurn*) u nasadu jabuke. Cilj istraživanja je utvrditi utjecaj glavnih tehničkih čimbenika (tip mlaznice, brzina rada i norma raspršivanja) na pokrivenost tretirane površine, broj kapljica  $\text{cm}^2$ , prosječni promjer kapljica i zanošenje tekućine. Brzina rada raspršivača podešava se na 6 i 8 km/h, a norma raspršivanja na 250, 325 i 400 l/ha. U istraživanju su se koristile plave (*TR 8003*), žute (*TR 8002*) i zelene (*TR 80015*) *Lechler* mlaznice. Istraživanje se postavlja kao trofaktorijalni poljski pokus sa 18 tretmana u 2 ponavljanja. Pri svakom tretmanu na stablo je postavljeno 60 vodoosjetljivih papirića koji su obrađeni računalnom analizom slike i računalnog programa *ImageJ*. Uz glavna svojstva istraživanja otvrđuju se indeks lisne površine (*LAI*) i indeks lisne gustoće (*LAD*) te brzina i protok zračne struje. Prije samog istraživanja utvrđeno je da raspršivač zadovoljava standard *EN 13790*. Smanjivanje *ISO* broja mlaznice, povećanjem norme raspršivanja te povećanjem brzine rada povećava se pokrivenost tretirane površine, broj kapljica/ $\text{cm}^2$  kao i zanošenje tekućine (*drift*) dok se prosječni promjer kapljica smanjuje. Postignuti rezultati aksijalnog raspršivača (*Hardi Zatrurn*) u nasadu jabuke : pokrivenost tretirane površine kreće se od 26,03 do 54,40%, ostvarena vrijednost broja kapljica/ $\text{cm}^2$  kreće se od 51,83 do 155,67 kapljica, prosječni promjer kapljica kreće se od 131,15  $\mu\text{m}$  do 204,41, vrijednosti ostvarenog zanošenja tekućine kreću se od 10,12% do 40,41%.

**Rad je izrađen pri:** Poljoprivredni fakultet u Osijeku

**Mentor:** Vjekoslav Tadić, doc.dr.sc.

**Broj stranica :** 61

**Broj grafikona i slika :** 11

**Broj tablica :** 14

**Broj literaturnih navoda :** 48

**Broj priloga :** 0

**Jezik izvornika :** hrvatski

**Ključne riječi :** raspršivač, mlaznica, pokrivenost površine, brzina rada, norma raspršivanja

**Datum obrane :** 21.09.2016

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof.dr.sc. Đuro Banaj, predsjednik
2. doc.dr.sc. Vjekoslav Tadić, mentor
3. doc.dr.sc. Ivan Plaščak, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agriculture  
University Graduate Studies, course Mechanization

Graduate thesis

The impact of technical spraying factors on leaf area coverage with axial fan sprayer in apple orchard

Boris Šurk

**Abstract:** Researches are conducted with axial mistblower (*Hardi Zatur*) in apple orchard. The aim of the research was to determine the influence of the major technical factors (type of nozzle, working speed and spraying volume) on coverage of the treated area, average droplet diameter, number of droplets per cm<sup>2</sup> and drift. The operation speed was set at 6 km/h and 8 km/h, spray volume was set on 250, 325 and 400 l/ha. Nozzles which were used in this research are : blue (*TR 8003*), yellow (*TR 8002*) and green (*TR 80015*) *Lechler* nozzles. The research was set as three – factorial field experiment with 18 treatments in 2 repetitions. For each treatment the tree was covered with 60 water sensitive papers which were later processed with digital image analysis and *ImageJ* software. In addition to the main features of research, researches determined leaf area index (*LAI*), leaf area density (*LAD*), speed and flow of air current. Before research, researches determined that mistblower meets the *EN 13790* standard. By decreasing the *ISO* number of nozzles and by increasing the working speed and spray volume, we found increasement of area coverage, number of droplets per cm<sup>2</sup> and drift, and decrease of average droplet diameter. The results obtained with axial mistblower (*Hardi Zatur*) in apple orchard are : coverage of the treated area ranges from 26,03 to 54,40%, number of drops/cm<sup>2</sup> ranges from 51,83 to 155,57 drops, average diameter of droplets ranges from 131,15 to 204,41 μm, the value of realized drift ranges from 10,12% to 40,41%.

**Thesis performed at:** Faculty of Agriculture in Osijek

**Mentor:** Vjekoslav Tadić, doc.dr.sc.

**Number of pages :** 61

**Number of figures :** 11

**Number of tables :** 14

**Number of references :** 48

**Number of appendices :** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** mistblower, nozzle, coverage area, working speed, spray volume

**Thesis defended on date:** 21.09.2016

**Reviewers:**

1. prof.dr.sc. Đuro Banaj, president

2. doc.dr.sc. Vjekoslav Tadić, mentor

3. doc.dr.sc. Ivan Plaščak, member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.

