

Utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja na pokrivenosti lisne površine s aksijalnim raspršivačem u vinogradu

Draganić, Andrijana

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:151:923691>

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**

Andrijana Draganić

Diplomski studij Ekološka proizvodnja

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

Diplomski rad

Osijek, 2016.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Andrijana Draganić, apsolvant

Diplomski studij Ekološka proizvodnja

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

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog 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
1.1 Cilj istraživanja	2
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1. Veličina kapljica	4
2.2. Brzina zraka i protok pri radu raspršivača	5
2.3. Zanošenje tekućine (drift)	6
2.4. Mlaznice na tehničkim sustavima u zaštiti bilja	7
2.5. Vodoosjetljivi papirići (VOP)	7
2.6. Metode evaluacije pokrivenosti tretirane lisne površine pomoću vodoosjetljivih papirića (VOP) i računalna analiza slike	8
3. MATERIJAL I METODE	9
3.1. Raspršivač <i>Hardi Zatur</i>	9
3.2. Teorija rada raspršivača	10
3.3. <i>Lechler TR 80</i> mlaznice	11
3.4. Utvrđivanje brzine i protoka zraka	12
3.5. Vodoosjetljivi papirići (VOP)	14
3.6. Utvrđivanje zanošenja tekućine	15
3.7. Računalna metoda analize slike	16
3.8. Utvrđivanje veličine i broja kapljica/cm² tretirane površine	16
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	18
4.1. Rezultati mjerenja brzine i protoka zraka	18
4.1.1. Rezultati mjerenja brzine i protoka zraka aksijalnog raspršivača u vinogradu	18
4.2. Rezultati utvrđivanja <i>LAI</i> – a i <i>LAD</i> – a	20
4.2.1. Rezultati utvrđivanja <i>LAI</i> – a i <i>LAD</i> – a u vinogradu	20
4.3. Rezultati mjerenja vremena potrebnih za obavljanje pojedinih tretman	21
4.3.1. Rezultati ostvarenih vremena tijekom rada aksijalnog raspršivača	22

4.2. Rezultati mjerenja glavnih svojstava istraživanja	22
4.5. Rezultati mjerenja glavnih svojstava istraživanja s aksijalnim raspršivačem (Hardi Zaturu) u vinogradu	23
4.5.1. Rezultati mjerenja pokrivenosti tretirane površine.....	23
4.5.2. Rezultati mjerenja veličine i broja kapljica/cm²	22
4.5.3. Rezultati mjerenja zanošenja tekućine (drift)	30
5. RASPRAVA	31
5.1. Uzgojne karakteristike vinograda	31
5.2. Glavna svojstva istraživanja tijekom eksploatacije aksijalnog raspršivača (Hardi Zaturu) u vinogradu.....	31
5.3. Broj kapljica/cm²	31
5.4. Prosječni promjer kapljica	32
5.5. Zanošenje tekućine (drift)	33
6. ZAKLJUČAK.....	35
7. POPIS LITERATURE.....	36
8. SAŽETAK.....	40
9. SUMMARY.....	41
10. POPIS TABLICA	42
11. POPIS SLIKA.....	43
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	44
BASIC DOCUMENTATION CARD	45

1. UVOD

Smatra se da počeci ratarenja datiraju prije otprilike 10 000 - 12 000 godina, na Bliskom Istoku. Prva oruđa za obradu tla su izražena od drveta, kamena ili od željeza. Na početku su se koristili najjednostavniji alati za pravljenje kanalića u koje su zatim polagali sjeme. Kasnije su iz tog najjednostavnijeg oruđa razvijena i druga složena oruđa. Danas na tržištu postoje različite izvedbe oruđa koji se prilagođavaju današnjem načinu ratarenja i sve većem očuvanju ekološke ravnoteže, koja je od presudne važnosti za budućnost. Ekološka poljoprivredna proizvodnja je proizvodnja širokog spektra proizvoda čija proizvodnja ne šteti okolišu, zdravlju ljudi, biljaka i životinja. Ona bi trebala biti: ekološki povoljna, ekonomski opravdana, socijalno pravedna i humana poljoprivreda. Takvom načinu proizvodnje bi se u budućnost trebalo težiti. Cilj u budućnosti je da se poljoprivrednom tehnikom minimalno utječe na ekosustav. Najveće značenje u takvom načinu proizvodnje je razvoj strojeva i uređaja za aplikaciju pesticida.

Tehnologija sve više napreduje, u okviru cjelokupnog razvoja poljoprivredne tehnike dolazi i do velikog zaokreta u tehničkim sustavima zaštite bilja. Razvojem tehnologije poljoprivredi je omogućeno apliciranje sredstava za zaštitu bilja korištenjem uređaja s većim kapacitetom. Proširilo se vrijeme primjene sredstava uvođenjem uređaja koji sredstvo usmjeravaju na ciljano površinu i u slučaju da vremenske prilike nisu najpovoljnije za primjenu sredstava. Za apliciranje zaštitnih sredstava u voćnjacima i vinogradima koriste se raspršivači. Osim u voćarstvu i vinogradarstvu primjenjuju se za dezinfekciju skladišnih prostora, te u šumarstvu i rasadnicima. Ova vrsta uređaja za apliciranje sredstava za zaštitu se rjeđe koriste u ratarstvu, koriste se eventualno samo za apliciranje insekticida i fungicida. Prskalice u odnosu na raspršivače koriste puno veću količinu vode po jedinici površine. Postoje različite izvedbe raspršivača koji se koriste u voćarstvu i vinogradarstvu. Raspršivači mogu biti s različitim izvedbama ventilatora, usmjerivača zraka, položaja mlaznica. Raspršivači mogu biti s aksijalnim i radijalnim ventilatorom, raspršivači s fleksibilnim vodovima, raspršivači s tangencijalnim usmjerivačima. Ovisno o uzgojnim oblicima trajnih kultura moraju se odabirati raspršivači. Razlog tome je utjecaj na kvalitetu pokrivenosti tretirane lisne površine. Svaki uređaj koji se u poljoprivredi koristi za primjenjivanje sredstava za zaštitu bilja mora biti tehnički ispravan. Osim tehničke ispravnosti uređaja, važno je pravilno podešavanje parametara prskanja. Parametri prskanja koji se moraju pravilno podesiti su: brzina rada stroja, radni tlak, količina zraka, količina tekućine po jedinici površine i tip mlaznice.

1.1 Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja je utvrditi utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja. U ovome istraživanju ispitivati će se utjecaj aksijalnim raspršivačem preko glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (radni tlak, brzina gibanja stroja, tip mlaznice, norma raspršivanja) na pokrivenost lisne površine, broja kapljica/cm², prosječni promjer kapljica i zanošenje tekućine. Istraživanje se provodilo u vinogradu .

Nakon obavljenog pokusa, statističkom obradom podataka (relativne statističke metode: analiza varijance, korelacija i regresija, LSD *post hoc* test, *sign* test) dobiti će se zaključak kako mora biti podešen raspršivač da bi pokrivenost lisne površine bila najveća u vinogradu. Interakcijom ovih statističkih metoda odrediti će se statistički značajna razlika za svaki pojedini tretman.

2. PREGLED LITERATURE

Primjenjivanje pesticida u tekućem obliku kada su kapljice veličine od 50-150 mikro milimetara naziva se raspršivanje. Raspršivači nanose sitne kapljice na biljnu površinu.

Intenzivna primjena raspršivača u zaštiti bilja počela je 1950. godine. Nazivaju se još i ventilatorske prskalice zato što koriste zračnu struju proizvedenu u ventilatoru. Još precizniji naziv je pneumatsko hidraulične ili samo pneumatske prskalice ako su bez pumpe. (Bošnjaković, 1981).

Raspršivači se koriste u vinogradarstvu zbog dobre pokrivenosti lisne površine, osim toga primjenom raspršivača utrošak tekućine po jedini površine je manji. Raspršivači za tretiranje koriste jako sitne kapljice, upravo to je razlog zanošenja čestica. Primjena pesticida mora se provoditi za povoljnog vremena.

Glavni radni organ kod raspršivača je crpka. Kapacitet crpke se određuje u odnosu na maksimalnu količinu tekućine koju izbacuje kroz raspršivače.

Tehnički čimbenici koji su jako važni za zaštitu trajnih nasada su brzina zraka i protok.

Upravo ti čimbenici razbijaju mlaz i stvaraju male kapljice.

Raspršivači imaju prednost u odnosu na prskalice zbog smanjenog utroška. Osim smanjenog utroška tekućine, raspršivači imaju manju potrošnju pogonskog goriva. Velika prednost raspršivača je u tome što raspršivači zbog svoje manje mase i manje sabijaju tlo u odnosu na prskalice.

Testiranje prema maksimalnoj brzini i protoku zraka za pojedini trajni nasad preporučuju Banaj i sur. (2010). Navedeni autori proveli su istraživanje u kojem su testirali tri različita aksijalna raspršivača (Tifone Vento, Myers N1500 i Hardi Zenit) najveći protok zraka od 44 590 m³/h ostvario je Hardi Zenit.

Pesticide je potrebno pravilno upotrebljavati. Korištenje pesticida u skladu s uputstvima za upotrebu je od presudne važnosti, upotrebljavati je potrebno točno propisanu koncentraciju. Rukovanje pesticidima potrebno je prepustiti osobama koje su obrazovane. Poštivanje mjera opreza je jedan od ključnih mjera prilikom primjene pesticida. Mjere opreza mora se odnositi na očuvanje zdravlja ljudi i životinja, te očuvanju okoliša.

Kvaliteta zaštite bilja ovisi o tehničkim čimbenicima raspršivanja.

Najvažniji čimbenici koje je potrebno osigurati prilikom zaštite bilja su:

- zračna struja ventilatora,
- brzina rada stroja,
- količina tekućine za prskanje,
- optimalna mlaznica.

Na posljednje mjesto prilikom tretiranja neke površine dolazi kemijsko sredstvo. Ako tretiranje provodi stručna osoba i ako se zadovoljavaju svi čimbenici efekt obavljenog tretiranja je puno veći.

2.1. Veličina kapljica

Jedan od najvažnijih ciljeva prskanja je veličina kapljica. Veličina kapljica određuje koliki će biti intenzitet pokrivenosti lisne površine. Različita pokrivenost površine se ostvaruju ovisno o veličini kapljica, ako imamo manje kapljice pokrivenost površine je veća, a veće kapljice ostvaruju manju pokrivenost površine.

Za suzbijanje određenih štetnika važna je određena veličina kapljica. Te prema tome imamo podjelu prema veličini kapljica za :

- leteće insekte 10-50 μm ,
- insekti na tlu 20-100 μm ,
- biljne bolesti 20-200 μm ,
- štetnici na tlu 250-500 μm .

Efikasna i kvalitetna zaštita ovisi o broju kapljica na kvadratnom centimetru, tj. o pokrivenosti površine. Ostvarivanje većeg broja kapljica na kvadratnom centimetru ostvaruje se povećanjem radnog tlaka (Wolf, R.E. i sur. 1999). Najčešća greška kod poljoprivrednika prilikom obavljanja zaštite je upravo ta, ne ravnomjerna pokrivenost površine, te veličina kapljica.

Prilikom obavljanja zaštite postoje mnogi čimbenici koje je potrebno zadovoljiti. Izostanak samo jednog čimbenika može biti presudan za kvalitetno obavljenju zaštitu. Osim svih tehničkih postavki uređaja kojim se obavlja zaštita važno je i da se prilagodi veličina kapljica i pokrivenost površine zaštita.

Da povećanje radnog tlaka uzrokuje smanjenje kapljica istraživao je Wolf, R.E. i sur. (1999). Istraživanja su se provodila na dva različita radna tlaka, a određivanje veličina kapljica

određivala se pomoću *Dropletsan* metode. U istraživanju su korištene standardne i zračno-injektorske mlaznice.

Tablica 1. Prikaz različitih tipova mlaznica i radnog tlaka

Mlaznica	Radni tlak/kPa	VMD/ μm	VD _{0.1} / μm	VD _{0.9} / μm
XR 11004	138	506	312	661
XR 11004	551	350	350	504
AI 11004	138	663	381	788
AI 11004	551	582	341	745

U tablici (1.). vidljivo je kako povećanje radnog tlaka rezultira smanjenje kapljica. U ovom istraživanju je vidljivo kako zračno- injektorske mlaznice ostvaruju veće kapljice u odnosu na standardne mlaznice pri oba radna tlaka.

Broj kapljica po kvadratnom centimetru proučavali su autori Wolf, T. i Caldwell, B. (2006). istraživanja su se provodila pri tri različite norme raspršivanja po hektaru. Norme raspršivanja po hektaru u istraživanju su bile 45, 85 i 125 l/ha. Osim različitih normi prskanja korištene su različite veličine kapljica.

Veličine kapljica podijeljene su u tri grupe:

- kapljice srednjih veličina 295 μm ,
- velike kapljice 370 μm ,
- vrlo velike kapljice 510 μm .

Analiza je rađeno pomoću VOP-a. Nakon obavljenog istraživanja rezultat je pokazao kako broj kapljica po kvadratnom centimetru utječe na normu raspršivanja. Smanjenjem norme raspršivanja po hektaru ili povećanjem veličina kapljica dovodi do smanjenja broja kapljica po kvadratnom centimetru. Najlošiji rezultat u istraživanju pokazao se tretman kod kojeg je bila kombinacija malih normi raspršivanja s velikim kapljicama.

2.2. Brzina zraka i protok pri radu raspršivača

Tehnički važni čimbenici za zaštitu trajnih nasada su protok i brzina zraka. Ovi tehnički čimbenici služe za razbijanje mlaza i stvaranje malih kapljica. Osim ovih karakteristika brzina i protok zraka služe i za dodatno usmjeravanje mlaza na cilj prskanja. Jako je važno da prilikom zaštite sredstvo dospije na sva mjesta u krošnji, upravo to omogućuje brzina zraka. Brzinu zraka jako je važno prilagoditi starosti nasada, te se u starim nasadima gdje je krošnja

veća koristi veća brzina zraka. Energija zračne struje slabi udaljavanjem od izlaza ventilatora pa je na udaljenosti do 3,5 m manja za oko 60% (Fox, R.D. i sur., 1992.).

Dva su čimbenika pomoću kojih se mjeri specifičnost protoka zraka (%) a to su: brzina rada stroja (km/h) i ukupan protok zraka kroz usmjerivače (m³/s) Panneton, B. i sur. (2005.).

Smanjenje brzine rada s 5,8 na 4,4 km/h rezultira povećanjem pokrivenosti površine u vinogradu s 9 % na 18% (Panneton, B. i Lacase, B., 2004.).

2.3. Zanošenje tekućine (drift)

Najvažniji zadatak zaštite je da prilikom obavljanja samog postupka raspršivanja sredstvo dospije na tretiranu površinu, te gubitaka sredstva bude što manji. Zanošenje tekućine s ciljane površine ima mnogo štetnih utjecaja. Najveći nedostatak je što ciljane površina nije u potpunosti zaštićena od štetnika i bolesti. Još jedan od vrlo značajnih nedostataka zanošenih čestica je onečišćenje okoliša.

Posljedice koje se još mogu dogoditi zanošenjem čestica (driftom) :

- oštećenja na susjednim površinama,
- zagađivanje vodotoka,
- opasnost za ljude i životinje,
- mogućnost predoziranja tretirane površine.

Zanošenje čestica događa se prilikom obavljanja postupka apliciranja tekućine bez obzira o kojem se načinu primjene radi. Bez obzira na napredak tehnologije jako je važno prilagoditi vrijeme apliciranja tekućine s klimatskim uvjetima. Klimatski uvjeti su najveći uzrok nekvalitetno obavljanje zaštite. Osim klimatskih uvjeta postoje još niz faktora koji utječu na kvalitetu, neki od njih su: tehnički parametri uređaja, osoba koja obavlja apliciranje, tko, biljka, te mnogi drugi.

Tri vremenska čimbenika koji najviše utječu na zanošenje čestica su: temperatura, brzina vjetra i relativna vlažnost zraka. Tretiranje je važno prilagoditi tim čimbenicima. Prilikom obavljanja tretiranja relativna vlažnost zraka trebala bi biti iznad 50 %, temperatura ne smije prelaziti 20 °C i brzina vjetra manja od 4 m/s. Važnost relativne vlažnosti zraka prilikom primjene sredstva je zbog primjene sredstava koji se u biljku upijaju pomoću stoma koje se nalaze na lisnoj površini. Čimbenik koji ima najveći utjecaj na drift je brzina vjetra, povećanjem brzine vjetra rezultira i povećanjem drifta. Upravo iz tog razloga bi se tretiranja trebala provoditi za vrijeme mirnog dijela dana koji je najčešće rano ujutro i kasno navečer.

Pravilnim tehničkim prilagođavanjem klimatskim prilikama može se smanjiti zanošenje čestica. Planiranje i pravovremeno tretiranje je jako važno, tehnički se uređaj može prilagoditi vremenskim uvjetima. Postoje mlaznice koje povećavaju period u kojem se može obavljati tretiranje nazivaju se zračno – injektorske. Osim mlaznica važno je prilagoditi radni tlak kako bi zanošenje bilo što manje.

2.4. Mlaznice na tehničkim sustavima u zaštiti bilja

Mlaznica izbacuje otopinu kroz male otvore, izbacivanje otopine se događa pod određenim radnim tlakom i određenom brzinom. Prilikom izbacivanja otopine formira se određeni oblik mlaza koji se razbija na sitne kapljice (Banaj i sur. 2010). Postoje različiti oblici mlazova koje stvaraju pojedine mlaznice. Oblik mlaza se prilagođava kulturi na kojoj se obavlja određeno tretiranje.

Mlaznice su označene ISO brojevima i bojom. Broj i boja označavaju koji je protok određene mlaznice. Mogućnost zanošenja je veća kod mlaznica koje su označene s manjim ISO brojem zbog manjih kapljica koje stvaraju koje su podložnije zanošenju.

2.5. Vodoosjetljivi papirići (VOP)

Vodoosjetljivi papirići postavljeni u nasadu nakon tretiranja promjenom boje na svojoj površini pokazuju koliko je kapljica dospjelo na tu površinu i koje veličine kapljica su. Papirići su žute boje, a promjena boje papirića nakon što dospije voda na njih uzrokuje spoj bromom koji se nalazi na površini papirića. Dolaskom kapljice na papirić boja papirića prelazi u plavu. To je način pomoću kojeg je vidljivo s kolikim postotkom je pokrivenost neke površine.

Ovisno o tome na kojoj kulturi se provode ispitivanja papirići se postavljaju na različitim visinama u nasadu. Postavljaju se na tri visine i to na lice i naličje lista. Minimalno pet VOP-a papirići bi trebalo biti postavljeno na određenoj visini kako bi rezultat bio što reprezentativniji.

Prilikom obavljanja istraživanja i korištenja VOP-a jako je važno relativna vlaga zraka ne prelazi 80 %. Ako je relativna vlažnost zraka veća od toga može doći do reakcije na papiriću prije obavljenog tretiranja. S obzirom da se analiziraju kapljice na papirićima važno je i

norma prskanja koja ne smije prelaziti 450 l/ha kako ne bi dovela do „kupanja“ papirića koji onda ne bi pokazivali točne podatke.

2.6. Metode evaluacije pokrivenosti tretirane lisne površine pomoću vodoosjetljivih papirića (VOP) i računalna analiza slike

Papirići u analizi služe za određivanje veličine kapljice. Svaka kapljica koja dospije na papirić razlije se, te veličina koja je pokazana na papiriću nije stvaran promjer kapljice. Za svaku kapljicu je potrebno izračunavanje njezinog promjera prije razlijevanja na papirić. Izračunavanje se provodi pomoću koeficijenta razlivenosti kapljice. Faktori preračunavanja određeni su pomoću magnezij oksid metode (May, K.R. 1950), a usavršeni su metodom koja koristi silikonsko ulje (Harz, M. i Knoche, 2001).

Poljska metoda koja se koristi za određivanje srednjeg promjera kapljica, broja kapljica po kvadratnom centimetru, pokrivenosti površine je metoda s VOP-ma koje je svjetski najprihvatljivija, a u laboratoriju je laserska metoda s *PDPA (Phase Dopler Particale Analyser)*

3. MATERIJAL I METODE

Postavljeni cilj istraživanja utvrđivanje utjecaja važnijih čimbenika raspršivanja na pokrivenost lisne površine provedeno je na dvanaesto godišnjem vinogradu. U istraživanju su korišten tipa raspršivača. Korišten raspršivač je Hardi Zaturm (Slika 1.). Parametri koji su još praćeni tijekom istraživanja su vremenski uvjeti, površina i gustoća krošnje nasada.

Podatci o pokrivenosti tretirane površine, veličine i broja kapljica/cm² korišteni su vodosjetljivi papirići, podatci s vodoosjetljivih papirića su obrađivani metodom računalne analize fotografije.

Vodosjetljivi papirići korišteni su i za određivanje intenziteta zanošenja tekućine. Kao i kod svake primjene raspršivača došlo je zanošenja tekućine, podatci su statistički obrađeni te su na temelju njih doneseni zaključci.

S obzirom na obavezu da strojevi za primjenu zaštitnih sredstava budu testirani prema europskom standardu EN 13790, korišteni raspršivači su prošli navedeno testiranje prije početka samog istraživanja.

3.1. Raspršivač *Hardi Zaturm*

Klasični aksijalni vućeni raspršivač s visokim usmjerivačima zraka naziva se Hardi Zaturm. Dimenzije Hardi Zaturm raspršivača su 150 cm x 14 cm. Ventilator čine osam prilagodljivih lopatica, dok je promjer samog ventilatora 820 mm. Ventilator se može podešavati s dvije brzine okretaja, a zanošenje lopatica je moguće u pet stupnjeva lopatica. Sve te karakteristike ostvaruju maksimalni protok zraka od 52 000 m³/h.

Aluminij i sintetički polimer su materijali od kojih su izrađeni dijelovi ventilatora i lopatice. Upravo taj materijal daje otpornost na udarce stranih predmeta.

Raspršivač je mase 450 kg kada se u njemu ne nalazi tekućina. Dimenzije koje karakteriziraju ovaj raspršivač su: dužina od 3,3 m; visina od 1,5 m; širina od 1,2 m. Spremnik ovog raspršivača je obujma od 1 000 litara.

Raspršivač na sebi ima instaliran elektronski uređaj (ECV) taj uređaj služi za kontrolu i upravljanje raspršivanja. Elektromagnetski ventil i elektronski uređaj služi za neovisno

otvaranje i zatvaranje lijeve i desne strane mlaznica, osim toga elektronski uređaj služi i za podešavanje radnog tlaka (elektromotor). Uz vanjski rub usmjerivača zraka postavljene su mlaznice polukružno. Na raspršivaču se ukupno nalazi 16 mlaznica, mlaznicu su podijeljene na pola na lijevu stranu i pola na desnu stranu.

Hardi klipno - membranska crpka je instalirana na raspršivaču, kapacitet je 140 l/min pri radnom tlaku od 20 bara. Model crpke koji je instaliran na raspršivaču je 363 i ima dvije membrane.



Slika 1. Raspršivač Hardi Zatum

3.2. Teorija rada raspršivača

Ventilatori koji stvaraju mlaz u pravcu vratila nazivaju se aksijalni ili propelerni ventilatori. Ti ventilatori preusmjeravaju mlaz u radijalnom pravcu. Osjetljivi su na svaku promjenu otpora protoka zraka zato što stvaraju velike količine zraka s malim tlakom. Zračnu struju prema mlaznicama postavlja se limeni usmjerivač čija uloga je da usmjerava zračnu struju prema mlaznicama. Mlaz koji se ovim načinom stvara naziva se mlaz zgusnute lepeze. Mlaz zgusnute lepeze je nesimetričan geometriji nasada i gustoći lisne mase ga je vrlo teško prilagoditi.

Broj okretaja lopatica je od 2 000 do 5 000 o/min za to je potrebna snaga 10 – 23 kW.

Aksijalni ventilatori stvaraju brzinu zraka od 20 do 40 m/s, dok je protok zraka od 10 – 50 000 m³.

3.3. Lechler TR 80 mlaznice

U ovom istraživanju u statističkoj obradi podataka kao faktor A označene su mlaznice. Mlaznice koje su bile instalirane na raspršivaču nazivaju se *Lechler TR 80*.

U ovom istraživanju korištene su mlaznice koje se razlikuju po boji, a njihovo kodiranje određeno je *ISO 10625* standardom. Boja mlaznice označava koliki protok tekućine ostvaruje pojedina mlaznica pri određenom radnom tlaku. Protok tekućine određen je u američkim galonima (1 AG = 3,785 l). Osim protokom svaka je mlaznica i definirana radnim kutom. Radni kut mlaznica (šuplje konusni) korištenih u ovom istraživanju je 80°, pri radnom tlaku od 2,756 bara.

Prilikom obrade podataka utjecaj tipa mlaznica na pokrivenost lisne površine je čimbenik koji je prvi ispitan.

Na raspršivaču su za vrijeme istraživanja bile postavljene tri tipa mlaznica.

Tablica 2. Tipovi mlaznica korištenih u istraživanju

Naziv mlaznica	Boja mlaznica	Protok	
		AG/min	l/min
<i>Lechler TR80 – 03</i>	Plava	0,3	1,19
<i>Lechler TR 80 – 02</i>	Žuta	0,2	0,80
<i>Lechler TR 80 – 015</i>	Zelena	0,15	0,59



Slika 2. *Lechler TR 80* mlaznice

U tablici 3. može se vidjeti kako se kreće protok mlaznica prema SI sustavu jedinica (l/min). Protok mlaznica se mijenja s obzirom na promjenu radnog tlaka, da bi se ostvario dvostruki protok mlaznica potrebno je radni tlak povećati četiri puta.

Tablica 3. Pregled protoka mlaznica prema ISO 10625 standardu

Mlaznica	Sito	Protok, l/min	Radni tlak, bar								
			3	5	7	9	10	11	13	15	17
TR 80015	50 M	0,59	0,76	0,9	1,02	1,07	1,13	1,22	1,31	1,4	1,48
TR 8002	50 M	0,8	1,03	1,22	1,38	1,45	1,53	1,67	1,79	1,9	2,01
TR 8003	50 M	1,19	1,53	1,81	2,06	2,17	2,28	2,48	2,66	2,83	2,99
TR 8004	50 M	1,58	2,04	2,41	2,74	2,88	3,03	3,29	3,53	3,76	3,98
TR 8005	25 M	1,97	2,55	3,01	3,42	3,6	3,77	4,1	4,41	4,69	4,96

izvor: www.lechler.de

Korištene mlaznice su izrađene od plastičnog polimera s keramičkim uloškom. Mlaznice se mogu čistiti na način da se iz tijela mlaznica izvadi keramički uložak. Gumeni zatikač kod mlaznica služi za sprječavanje kapanja tekućine i on se nalazi oko mlaznice u nosaču raspršivača. Osim ovih dijelova tu se još nalazi i protu kapajući ventili i pročistači mlaznica.

3.4. Utvrđivanje brzine i protoka zraka

Važni tehnički čimbenici za raspršivanje su ventilatori koji rotacijom lopatica stvaraju određenu brzinu i protok zraka, te odvede tekućinu na mjesto koje je cilj prskanja. Pokrivanje listova s obje strane i pomicanje grana krošnje kroz koju onda prolazi tekućina omogućuje struju zraka s turbulentnim vrtloženjem koje stvaraju protok i brzina.

Raspršivač koji je korišten u ovom istraživanju ima aksijalne ventilatore. Navedeni ventilatori s relativno malim tlakom i brzinom zraka stvaraju veliki turbulentni protok.

Cjelokupna površina na pojedinom stablu biva pokrivena zbog „otvaranja krošnje“ koju omogućava brzina zraka, koja mora biti optimalna.

Glavne karakteristike ventilatora su:

- protok zraka, m³/h,
- brzina zraka, m/s,
- vertikalna distribucija zraka.

Raspršivač, točnije protok zraka na raspršivaču trebaju biti podešeni ovisno o tome koja se kultura tretira. Svaki nasad ima svoje specifičnosti ovisno o tome koliko je nasad star, tj. koliko je bujna njegova lisna masa. U ovisnosti s tim brzina zraka treba biti podešena na veće vrijednosti i obrnuto.

Protok zraka koji je potreban za aplikaciju određuje se prema izrazu (*Hardi International*):

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

gdje je:

Q_z – protok zraka, m³/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 rjeđe od 2,5 – 3,5)

Specifični protok zraka:

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

gdje je:

Q_s – specifični protok zraka, m³/km

Q_z – protok zraka raspršivača, m³/h

v – brzina rada raspršivača, km/h

Brzina zraka u istraživanju je bila konstantna za sve tretmane. Podešavanje brzine zraka obavljalo se pomoću regulatora broja okretaja ventilatora i zakretanjem lopatica ventilatora. Mjerenje brzine zraka obavljeno je pomoću ručnog anemometra *Silva Windwatch* tvrtke *E.J. Motiwalla* (Slika 3).

Mjerenja su se obavljala pored svake pojedine mlaznice.



Slika 3. Anemometar Silva Windwatch

3.5. Vodoosjetljivi papirići (VOP)

Razvojem računalne tehnologije sve popularnija metoda za određivanje pokrivenosti tretirane površine i veličine kapljica koriste se vodoosjetljivi papirići. Računalnom tehnologijom izračunavanja su sve točnija, tome pridonose fotoaparati visoke rezolucije ili skeneri s kojima se VOP-i pretvaraju u oblik s kojeg je moguća analiza fotografije. Daljnju problematiku preračunavanja obavljaju visoko razvijeni softveri.

Švicarski proizvođač *Syngente* proizveo je VOP-i papiriće koji su se koristili u ovom istraživanju. To su pravokutne trake, žute boje. Dimenzija traka je 75 x 25 mm. Traka poprimi plavu boju nakon na što na dopiše kap vode. Plavu boju trake proizvodi bromfenol, koji se u tankom filmu nalazi na površini traka.

U vinogradu su se VOP-i postavljali su se na tri razine:

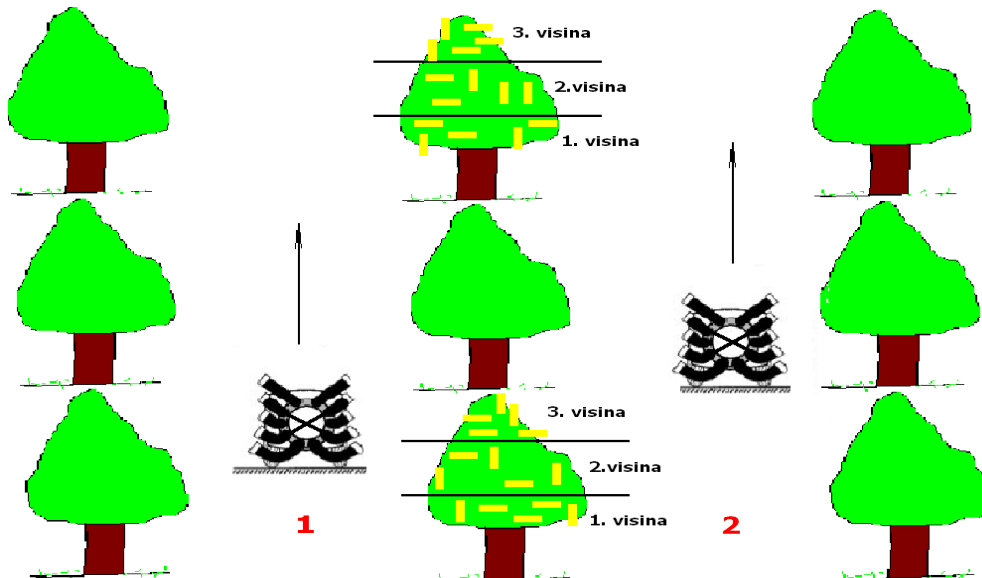
- donja razina 0-43 cm,
- srednja razina 43-86 cm,
- vršna razina 86-130 cm.

Način postavljanja VOP-a uzet je po metodici autora De Moor, A i sur., (2000.).

Brzina rada od 6 ili 8 km/h postignuta je prije ulaska u ispitni red. Tretiranje se obavljalo na način da se red poprskao s obje strane bez okretanja stroja na uvratinama. Tretiranje se

obavilo na način se da se prolaskom kroz prvi red prskanje obavljalo s desnom stranom stroja, dok prolaskom kroz drugi red se tretiranje obavljalo lijevom stranom stroja (Slika 4).

Na stablima na kojima su određeni LAI i LAD postavljani su VOP-i.



Slika 4. Shema postavljanja VOP-a

3.6. Utvrđivanje zanošenja tekućine

Prilikom svake primjene pesticida dolazi do zanošenja tekućine u većoj ili manjoj mjeri. Navedeno zanošenje može uzrokovat niz čimbenika. Najznačajniji čimbenici za zanošenje tekućine su vremenski uvjeti, te tehnički čimbenici stroja. Ponekad se zanošenje može uočiti i bilo kakvog mjerenja.

Zanošenje tekućine mjerilo se na način da su postavili VOP-i na susjedne redove koji nisu tretirani i to između dva trsa. VOP-i su postavljeni okomito i vodoravno. Vodoravno postavljene listiće nalazili su na tlu na 1-2 m udaljenosti i od ruba krošnje. Dok su se okomiti listiće nalazili na 1 m visine i to na 2 m udaljenosti od vanjskog ruba krošnje. Sveukupno je bilo postavljeno 6 listića, 3 su se nalazili okomito i 3 vodoravno, na međusobnoj udaljenosti od 30 cm.

3.7. Računalna metoda analize slike

Sve daljnje analize papirića rađene su pomoću računalne analize slika. Svi papirići su obilježeni, evidentirani, fotografirani, te dalje obrađivani. Korištena računalna metoda je jeftina, brza, objektivna, vrlo se lako može ponoviti. Računalna metoda analize slike naziva se (*eng. Digital Image Analysis, DIA*).

Najvažniji element prilikom obrade fotografija računalnom analizom je rasvjeta. Kako bi se dobio što objektivniji i precizniji rezultat važna je količina svjetlosti koja se reflektira s površine uzorka.

Analiza slike izražena u koracima:

1. digitalizacija uzroka (fotografiranje),
2. pohranjivanje slika na računalo u TIFF formatu,
3. obrada slike (program *ImageJ*).

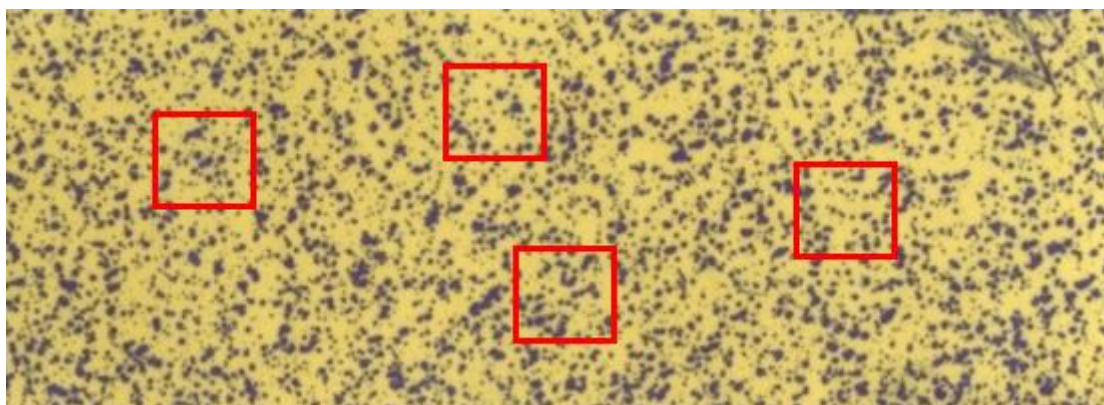
Kao rezultat analize slike u programu *ImageJ* očitane su vrijednosti:

- *A* (*eng. Area*) – ukupna površina na VOP-ima, mm² ili pix²,
- *TPA* (*engl. Total Particle Area*) – ukupna površina koju prekrivaju kapljice na VOP-u, mm² ili pix²,
- *AF* (*engl. Area Fraction*) – udjel kapljica na VOP-u, %,
- *PC* (*engl. Particle Count*) – broj kapljica na VOP-u,
- *PS_{AVG}* (*engl. Average Particle Size*) – prosječna veličina otiska kapljica - mm², pix² ili μm.

3.8. Utvrđivanje veličine i broja kapljica/cm² tretirane površine

Literatura spominje kako se povećanjem radnog tlaka veličina kapljica se smanjuje, te da raste ukupan broj kapljica u mlazu. Osim povećanjem radnog tlaku veličina kapljica smanjuje se i smanjivanjem ISO broja mlaznica.

Veličina i broj kapljica analizirani su s 60 listića. Sa svakog listića uzete su 4 površine od 1 cm² (Slika 5). Dakle, sa svakog listića je analizirano 4 cm², s te površine je analizirana veličina kapljica i broj kapljica. Proučavala se površina od 240 cm² za svaki tretman.



Slika 5. Četiri slučajno odabrane površine na VOP-u

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U ovom istraživanju provedeno je mjerenje brzine i protoka zraka raspršivača. VOP papirići analizirali su se računalnom analizom slike. Analizom slike određen je broj kapljica/cm², promjer kapljica, pokrivenost lisne površine, te zanošenje čestica.

4.1. Rezultati mjerenja brzine i protoka zraka

Različite brzine i protoci koriste se zbog različitih uzgojnih oblika svakog nasada. Vinograd ima manju lisnu masu u odnosu na nasad jabuke te se iz tog razloga i koriste manji protoci zraka.

- aksijalni raspršivač u vinogradu 10.995,75 m³/h,
- radijalni raspršivač u vinogradu 6.248,33 m³/h.

Lijeva i desna strana stroja razlikuju se po distribuciji brzine zraka, te je tako vertikalna distribucija pri radu raspršivača:

- Hardi Arrow u vinogradu: koeficijent varijacije izmjerenih vrijednosti desne strane stroja iznosi 2,18 %, a lijeva strana stroja 3,81%.
- Hardi Zaturm u vinogradu: : koeficijent varijacije izmjerenih vrijednosti desne strane stroja iznosi 31,30 %, a lijeva strana stroja 31,04%.

4.1.1. Rezultati mjerenja brzine i protoka zraka aksijalnog raspršivača u vinogradu

Raspršivač Hardi Zaturm se u vinogradu podesi da desna strana stroja ostvaruje prosječnu brzinu zraka od 11 m/s, a lijeva strana 14,96 m/s. Lopatice raspršivača podešene su na 1. poziciju sa zakošenjem lopatica na poziciji 2. Kada je raspršivač podešen na ovaj način lijeva strana stroja ostvaruje za 25,06% veću prosječnu brzinu zraka u odnosu na desnu stranu.

Prosječne brzine zraka razlikuju se ovisno da li se nalaze na najnižem ili na najvišem dijelu usmjerivača. Prema tome na lijevoj strani stroja na najnižem dijelu brzina zraka iznosi 19,50 m/s, dok na najvišoj strani iznosi 7,25 m/s, te je za tu stranu koeficijent varijacije 31,04 %. Desna strana se razlikuje od lijeve, na najnižem dijelu usmjerivača na desnoj strani brzina iznosi 14,50 m/s, dok na najvišem iznosi 7,00 m/s uz koeficijent varijacije od 31,30 %.

Smanjenje brzine zraka događa se kada se povećava visina usmjerivača, to rezultira neravnomjernu raspodjelu brzine zraka, osim toga uzrokuje i visoki koeficijent varijacije.

Krošnja također smanjuje prosječnu brzinu zraka.

Tablica 4. Prosječne vrijednosti mjerenja brzine i protoka zraka aksijalnog raspršivača u vinogradu

	Lijeva strana	Desna strana	Lijeva strana	Desna strana	Lijeva strana	Desna strana
Visina mjerenja, cm	Na usmjerivaču, m/s	Na usmjerivaču, m/s	Na rubu krošnje, m/s	Na rubu krošnje, m/s	Smanjenje brzine zraka, %	Smanjenje brzine zraka, %
150	7,00	7,25	4,25	5,25	39,29	27,59
125	6,75	11,50	5,75	7,75	14,81	32,61
100	11,50	17,00	5,25	11,50	54,35	32,35
75	13,50	16,50	8,00	10,50	40,75	30,30
50	14,00	18,00	9,75	10,50	30,36	41,97
25	14,50	19,50	10,00	13,50	31,03	30,77
x	11,21	14,96	7,17	9,83	35,10	32,55
σ	3,51	4,64	2,43	2,91	13,19	4,82
K.V.. %	31,30	31,04	33,94	26,93	37,59	14,80

Istraživanja koja su se obavljala u vinogradu obavljala su se s Hardi Zatrurn raspršivačem. Navedeni raspršivač koristio je ukupan protok zraka od 10 995,75 m³/h. S promjenom brzine mijenja se protok, te tako s brzinom od 6 km/h protok iznosi 8 280,00 m³/h, dok kod brzine od 8 km/h protok se povećava na 11 040,00 m³/h.

Na određenoj brzini i specifični protoci se razlikuju, te tako specifični protok kod brzine od 6 km/h iznosi 65,97 m³/h, dok kod radne brzine od 8 km/h iznosi 87,96 m³/h.

Tablica 5. Protok zraka pri izvođenju istraživanja

Protok pri izvođenju istraživanja		
Brzina	6 km/h	8 km/h
Stvarno korišteni protok zraka, m ³ /h	10. 995,75	
Teoretski protok zraka, m ³ /h (f=2)	8.280,00	11.040,00
Specifični protok zraka, m ³ /km	65,97	87,96

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

Karakteristike vegetativne površine trajnog nasada određuje se pomoći indeksa lisne površine (*LAI*) i indeks gustoće (*LAD*). Indeks lisne površine je omjer ukupne lisne površine nasada i uzgojne površine na kojoj se nalazi biljka. Te tako indeks lisne gustoće govori koliko je u određenom obujmu krošnje ukupne lisne površine. Indeksi *LAI* i *LAD* variraju ovisno o tome o kojoj se godini uzgoja određene kulture radi. Kada je nasad u ranim stadijima razvoja ima manji indeks. Starenjem nasada povećavaju se i indeksi. Osim različitih indeksa u različitim godinama razvoja, indeksi se razlikuju i u jednoj vegetacijskoj godini. Indeksi u jednom vegetacijskom razdoblju rastu do cvatnje i oplodnje, do kraja vegetacije indeksi ostaju konstanti.

Prilikom provođenja istraživanja vinograd se nalazio u fazi pred cvatnju u kalendarskoj godini je to krajem svibnja i početkom lipnja.

4.2.1. Rezultati utvrđivanja *LAI* – a i *LAD* – a u vinogradu

Prosječna uzgojna površina vinograda je 0,73 m² vidljivo u tablici 6. Međuredni razmak je 2,8 m razmak u redu od 0,90 m. Krošnja je prosječne širine 1,19 m, a prosječna širina krošnje u redu iznosi 0,60 m. Dok je prosječna visina trsova od 1,84 m, a prosječna visina krošnje 1,30 m.

Tablica 6. Uzgojne karakteristike vinograda

Broj stabla	Visina stabla, cm	Visina krošnje, m	Širina krošnje, m	Širina krošnje u redu, m	Uzgojna površina, m ²	LAI, m ² /m ²	LAD m ² /m ³
1.	2,00	1,30	1,00	0,47	0,47	1,73	12,31
2.	1,74	1,20	1,07	0,51	0,55	1,64	14,45
3.	1,80	1,24	1,26	0,47	0,59	1,74	16,04
4.	2,03	1,45	1,27	0,63	0,80	1,46	14,83
5.	2,07	1,55	1,11	0,68	0,75	1,68	20,03
6.	1,82	1,39	1,02	0,58	0,59	1,65	14,16
7.	1,93	1,27	1,04	0,57	0,59	1,70	13,54
8.	1,74	1,25	1,20	0,79	0,95	1,85	18,80
9.	1,71	1,21	1,24	0,62	0,83	1,46	14,83
10.	1,78	1,28	1,38	0,76	1,05	1,84	15,50
11.	1,81	1,30	1,07	0,58	0,62	1,27	14,50
12.	1,70	1,21	1,62	0,57	0,92	1,79	16,40
\bar{X}	1,84	1,30	1,19	0,60	0,73	1,65	15,45
Σ	0,13	0,11	0,18	0,10	0,18	0,17	2,16
K.V., %	7,04	8,22	15,15	16,88	25,33	10,49	13,97

4.3. Rezultati mjerenja vremena potrebnih za obavljanje pojedinih tretman

Unutar reda na udaljenosti od 100 m nalazile su se zastavice, upravo između tih zastavica mjerilo se vrijeme za obavljanje tretmana u istraživanju. Mjerenja su se obavljala pomoću zapornoga sata.

U istraživanju su korištene dvije brzine i to od 6 km/h i 8 km/h. S obzirom na brzinu traktor ima određeno vrijeme za koje mora prijeći taj put između zastavica. Kod brzine od 6 km/h je to vrijeme od 60 sekundi, a kod brzine od 8 km/h za 45 sekundi. Cjelokupni tretman sastoji se od tretiranja reda u dva prohoda uz mjerenje potrebnog vremena za obavljanje svakog od njih. Na kontrolnim pločama u traktoru su vidljive brzine kretanja traktora.

4.3.1. Rezultati ostvarenih vremena tijekom rada aksijalnog raspršivača

Pri radu s aksijalnim raspršivačem prosječan vremenski otklon iznosi 0,64 %, a s brzinom rada od 8 km/h prosječan otklon iznosi 0,44 %. Svi ti podatci vidljivi su u tablici 7.

Tablica 7. Rezultati ostvarenih mjerenja pri obavljanju tretmana aksijalnim raspršivačem

Vinograd - <i>Hardi Zaturm</i>			
Tretman i brzina rada	I. prohod, s	II. prohod, s	Prosjeak otklona*, %
1, 6 km/h	58,23	60,33	1,75
2, 6 km/h	59,45	60,45	0,84
3, 6 km/h	61,23	60,21	1,20
4, 8 km/h	45,50	45,45	1,06
5, 8 km/h	45,70	45,35	1,17
6, 8 km/h	46,02	46,15	2,41
7, 6 km/h	60,09	61,49	1,32
8, 6 km/h	61,84	61,50	2,79
9, 6 km/h	59,12	60,02	0,75
10, 8 km/h	46,45	46,34	1,95
11, 8 km/h	45,98	46,47	2,65
12, 8 km/h	45,89	45,47	1,49
13, 6 km/h	60,61	60,91	1,27
14, 6 km/h	60,90	60,25	0,96
15, 6 km/h	60,02	60,27	0,24
16, 8 km/h	45,54	45,38	1,01
17, 8 km/h	45,48	45,76	1,36
18, 8 km/h	45,86	45,98	2,00
	Vrijeme obavljanja tretmana, s		
	6 km/h	8 km/h	
\bar{X}	60,38	45,82	
σ	0,89	0,37	
K.V., %	1,47	0,80	
Prosječni otklon, %	0,64	1,79	

*Otklon od potrebnog vremena za obavljanje tretmana za oba prohoda raspršivača

4.4. Rezultati mjerenja glavnih svojstava istraživanja s aksijalnim raspršivačem (Hardi Zaturm) u vinogradu

Za istraživanje o broju kapljica i njihovoj veličini korišteni su vodoosjetljivi papirići. Osim broja i veličine kapljica određivan je i promjer kapljica PS_{AVG} (eng. Avergae Particle Size). Stvarni promjer kapljica određuje se pomoću korekcijskih faktora.

Pokrivenost papirića se izračunava u postocima. Izračunava se pomoću softvera ImageJ koji izračunava udjel kapljica na papiriću. Vodosojetljiviji papirići se nakon istraživanja prvo moraju sakupiti, evidentirati i pripremiti za analizu. Prilikom postavljanja pokusa na trs je postavljeno 15 papirića, a za istraživanje se koristi sa 4 trsa

4.4.1. Rezultati mjerenja pokrivenosti tretirane površine

U tablici 8. u daljem tekstu prikazani su rezultati istraživanja pokrivenosti površine s aksijalnim raspršivačem. U tablici jedna zvjezdica označava (*) pokrivenost površine po tretmanu, dok je prosječna pokrivenost tretirane površine po visinama i podijeljena je na tri stupca (D- donja razina, S-srednja razina, V- vršna razina) označavaju dvije zvjezdice (**).

Tablica 8. Rezultati ostvarene prosječne pokrivenosti tretirane površine po pojedinom tretmanu – Hardi Zaturu u vinogradu

Tretman			Prosječna pokrivenost*, %			σ	K.V., %
Mlaznice	v_r , km/h	N_r , l/ha	Po visinama**				
			D	S	V		
TR 8003C	6	250	26,59			0,41	1,56
			27,03	26,44	26,30	0,39	1,46
TR 8003C	6	300	29,01			4,56	15,72
			22,77	26,25	38,00	7,98	27,52
TR 8003C	6	350	32,52			3,78	11,63
			17,20	34,32	46,02	14,49	44,57
TR 8003C	8	250	27,31			3,73	13,66
			15,43	32,50	33,99	10,31	37,77
TR 8003C	8	300	43,78			3,51	8,01
			31,87	45,11	54,36	11,30	25,82
TR 8003C	8	350	42,88			5,60	13,06
			39,73	30,83	37,92	6,14	14,32
TR 8002C	6	250	34,96			4,29	12,27
			31,32	37,06	36,51	3,16	9,06
TR 8002C	6	300	29,32			3,46	11,80
			21,00	35,04	31,92	7,38	25,16
TR 8002C	6	350	35,86			3,57	9,96
			30,05	35,10	42,44	6,23	17,37
TR 8002C	8	250	31,13			4,09	13,13
			26,85	34,98	36,87	5,32	16,18
TR 8002C	8	300	45,12			5,78	12,82
			41,09	43,86	50,42	4,79	10,61
TR 8002C	8	350	49,21			5,14	10,44
			42,42	49,31	55,89	6,73	13,69
TR 80015C	6	250	36,17			2,20	6,08
			28,57	40,00	44,11	3,99	11,02
TR 80015C	6	300	33,14			4,10	12,36
			30,05	35,96	33,42	2,96	8,94
TR 80015C	6	350	42,55			4,80	11,28
			37,26	53,87	25,59	4,39	10,31
TR 80015C	8	250	39,61			5,07	12,81
			44,64	47,86	53,47	3,56	9,36
TR 80015C	8	300	49,41			4,93	9,98
			47,92	64,50	60,19	5,01	10,14
TR 80015C	8	350	51,45			4,96	9,64
			46,02	47,80	60,53	7,91	15,38
\bar{X} tretmana			37,84			4,11	10,90
\bar{X} visina			32,28	38,85	42,42	6,22	17,15

Iz gore navede tablice može se zaključiti da najveću pokrivenost tretirane površine ostvaruje se pri brzini od 8 km/h i normom raspršivanja od 350l/ha, pokrivenost površine iznosi 51,45

% ostvaruje tretman sa zelenom mlaznicom. Plava mlaznica pri brzini od 6 km/h i normom prskanja od 250 l/ha ostvaruje najmanju pokrivenost površine koja iznosi 26,59 %.

Prosječna pokrivenost površine iznosi 37,84 %, između ponavljanja postoji otklon koji iznosi 10,90%. Postoje razlike između ponavljanja u pojedinoj razini, razlike su utvrđene neparametrijskom statistikom (sign test-om). Donja razina ima statistički značajno manju prosječnu pokrivenost u odnosu na srednju razinu za 16,91 %. ($Z = 3,06$ $p < 0,05$). pri analiziranju donje i vršne razine trsa, vršna razina ostvaruje veću pokrivenost tretirane površine za 2,90 % ($Z = 2,59$, $p < 0,05$). Analiziranjem srednje i vršne razine, uočava se veća pokrivenost vršne razine za 8,41 %, kod te dvije razine nema statistički značajne razlike ($Z = 1,17$, $p > 0,05$).

Tipovi mlaznica su u Tablici 10. označeni slovima:

- A1 - plava mlaznica,
- A2 - žuta mlaznica,
- A3 – zelena mlaznica.

Osim mlaznica u tablici su brzine označeni slovom B različitim brojevima:

- B1 - 6km/h,
- B2 - 8 km/h.

Dok su norme prskanja označene slovom C:

- C1 – 250 l/ha,
- C2 – 300 l/ha,
- C3 – 350 l/ha.

Tablica 10. Analiza varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine

A	B ₁			B ₂		
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃
A ₁	26,58	29,00	32,51	27,30	43,77	42,87
A ₂	34,96	29,32	35,86	31,12	45,12	49,20
A ₃	36,17	33,14	42,54	39,61	49,40	51,45
\bar{X}_{BC}	32,57	30,49	36,97	32,68	46,10	47,84

	Interakcija AB			Interakcija AC			\bar{X}_A
	B ₁	B ₂		C ₁	C ₂	C ₃	
A ₁	29,37	37,98		26,94	36,39	37,69	33,68
A ₂	33,38	41,81		33,04	37,22	42,53	37,60
A ₃	37,28	46,82		37,89	41,27	46,99	42,05
\bar{X}_B	33,34	42,21	\bar{X}_C	32,63	38,29	42,41	

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD _{0,05}	2,89	2,21	2,15	4,26	4,16	3,21	7,08
LSD _{0,01}	3,92	2,92	2,91	5,97	6,05	4,50	11,75
F - test	22,87**	76,70**	31,38**	0,11n.s.	1,27n.s.	20,54**	0,92n.s.
P	0,0000	0,0000	0,0000	0,8929	0,2930	0,0000	0,4233

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

Pokrivenost površine se razlikuje u odnosu na tip mlaznice, te na brzinu rada stroja. Tako je pokrivenost površine prilikom korištenja plave mlaznice bila 33,68 %, dok je pokrivenost tretirane površine kod korištenja zelene mlaznice bila 42,05 %. Statističkom obradom podataka vidljivo je da je bila statistički značajna razlika žute mlaznice u odnosu na plavu za 10,42 %. Zelena mlaznica pokazala je bolju pokrivenost površine za 19,90 % od plave, u odnosu na žutu mlaznicu pokazala je bolju pokrivenost od 10,58%.

Brzina rada od 6 km/h ostvarila je pokrivenost od 33,34%, dok je kod brzine 8 km/h pokrivenost površine iznosila 42,21 %.

Kod brzine rada od 8 km /h ostvarena je bolja pokrivenost tretirane površine za 21,01 %. Pokrivenost je različita s obzirom na normu raspršivanja, te tako kod norme raspršivanja od 250 l/ha pokrivenost iznosi 32,63 %, dok kod norme raspršivanja od 350 l/ha pokrivenost je 42,41% raspršivanja. Vrlo značajne statističke razlike bile su kod norme raspršivanja od 300 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 14,78 %. Norma raspršivanja od 350 l/ha pokazuje bolju pokrivenost za 23,06% u odnosu na 250 l/ha i 9,71% u odnosu na 300 l/ha.

Interakcija brzine rada i norme raspršivanja (BC) pokazuje statistički značajnu razliku analizom varijance. Pokrivenost tretirane površine različita je ovisno o brzini rada stroja i normi raspršivanja. Kod brzine od 6 km/h i normi raspršivanja od 350 l/ha pokrivenost se kreće od 30,49 %, dok kod brzine od 8 km/h i norme prskanja od 350 l/ha pokrivenost je 47,84 %. Statistički minimalna značajna razlika za navedene interakcije iznosi 3,21 %. Kroz tretmane istraživanja povećanje pokrivenosti površine događa se prilikom povećanja radnog tlaka.

Iz tablice je vidljivo da su svi ispitivani čimbenici statistički visoko značajni za ispitivano svojstvo pokrivenosti površine ($P < 0,01$), osim interakcija tretmana (AB) tip mlaznice i brzine rada ($F = 0,11$; $P > 0,05$), te interakcija (AC) tip mlaznice i norma raspršivanja ($F = 1,27$; $P > 0,05$), te interakcije (ABC) svih čimbenika raspršivanja ($F = 0,98$; $P > 0,05$)

4.4.2. Rezultati mjerenja veličine i broja kapljica/cm²

U tablici 11. vidljivi su rezultati istraživanja u kojem se utvrđivao prosječan promjer kapljica i broj kapljica/cm² u vinogradu s aksijalnim raspršivačem (Hardi Zatrurn).

Tablica 11. Rezultati mjerenja veličine i broja kapljica/cm² s aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zatrurn*) u vinogradu

Tretman	p , bar	\bar{n}_k /cm ²	σ	K.V., %	\bar{d}_k , μm	σ	K.V., %
P6250	1,51	35,50	5,19	14,63	266,12	11,43	4,30
P6300	2,18	33,36	4,11	12,33	191,37	15,86	16,39
P6350	2,97	40,64	5,19	12,77	202,28	16,26	8,04
P8250	2,69	48,88	2,93	6,00	217,63	32,97	15,23
P8300	3,88	61,01	3,88	6,37	208,66	24,77	11,94
P8350	5,29	73,61	2,31	3,13	198,72	25,46	12,89
Ž6250	3,25	59,04	1,58	2,68	233,19	31,60	13,55
Ž6300	4,68	87,72	6,60	7,52	170,07	7,27	4,27
Ž6350	6,38	81,45	1,76	2,16	189,69	22,86	12,10
Ž8250	5,78	70,05	2,44	3,48	175,52	14,31	8,19
Ž8300	8,33	83,31	3,81	4,58	176,27	23,30	13,26
Ž8350	11,34	109,77	3,21	2,92	158,38	13,96	8,82
Z6250	5,60	97,62	2,85	2,92	188,61	3,59	1,91
Z6300	8,07	93,57	2,68	2,87	192,49	24,76	12,88
Z6350	10,99	109,25	2,08	1,91	173,14	10,80	6,24
Z8250	9,96	101,07	1,00	0,99	193,19	25,77	13,34
Z8300	14,35	111,93	1,52	1,36	177,37	14,09	7,96
Z8350	19,53	123,02	1,04	0,85	132,29	18,08	13,75

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

Iz tablice 11. prvo je analiziran prosječan broj kapljica. Najveći prosječan broj kapljica/cm² 123,02 ostvaren kod tretmana sa zelenim mlaznicama, kod brzine rada od 8 km/h, s normom raspršivanja od 350 l/ha i tlakom od 19,53 bara. Tretman s plavim mlaznicama koji je radio pri brzini od 6 km/h, s normom raspršivanja od 300 l/ha i radnim tlakom od 2,18 bara imao je prosječan broj kapljica/cm² od 33,36.

U tablici se mogu vidjeti promjeri kapljica, te je tako vidljivo da je najveći promjer kapljica 266,12 μm . Taj promjer kapljica ostvaren je kod tretmana u kojem su se koristile plave mlaznice, radilo se brzinom od 6 km/h i s normom raspršivanja od 250 l/ha, te radnim tlakom od 1,51 bara. Dok je najmanji promjer kapljica od 132,29 μm ostvaren u tretmanu kod kojeg su korištene zelene mlaznice, pri radu od 8 km/h i normom raspršivanja od 350 l/ha, te radnim

tlakom od 19,53 bara. S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm² a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici statistički visoko značajni (P < 0,01).

U tablici 11. provedene su statističke faktorijalne analize varijance, te je vidljivo da su svi čimbenici statistički visoko značajni (P < 0,01).

Tipovi mlaznica su u tablici 11. označeni slovima:

- A1 - plava mlaznica,
- A2 - žuta mlaznica,
- A3 – zelena mlaznica.

Osim mlaznica u tablici su brzine označeni slovom B različitim brojevima:

- B1 - 6km/h,
- B2 - 8 km/h.

Dok su norme prskanja označene slovom C:

- C1 – 250 l/ha,
- C2 – 300 l/ha,
- C3 – 350 l/ha.

Tablica 11. Analiza varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm²

A	B ₁			B ₂		
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃
A ₁	35,50	33,35	40,64	48,87	61,00	73,61
A ₂	59,04	87,71	81,44	70,04	83,31	109,76
A ₃	97,62	93,56	109,25	101,06	11,93	123,01
\bar{X} BC	64,05	71,54	77,11	73,33	85,41	102,13

	Interakcija AB		Interakcija AC			\bar{X} A
	B ₁	B ₂	C ₁	C ₂	C ₃	
A ₁	36,50	61,16	42,19	47,18	57,12	48,83
A ₂	76,06	87,70	64,54	85,51	95,60	81,88
A ₃	100,14	112,00	99,34	102,74	116,13	106,07
\bar{X} B	70,90	86,95	\bar{X} C	68,69	78,48	89,62

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD _{0,05}	2,22	1,68	1,92	3,24	3,72	2,87	6,34
LSD _{0,01}	3,01	2,21	2,61	4,55	5,42	4,03	10,52
F - test	1750,97**	409,90**	232,52**	29,49**	20,74**	34,74**	20,54**
P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

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

Broj kapljica /cm² razlikuje se u odnosu na tip mlaznice. Broj kapljica se kreće od 43,83 kod plavih mlaznica, do 106,07 kod zelenih mlaznica. Broj kapljica kod ovih dviju vrsta mlaznica razlikovali su se statistički značajno. Žute mlaznice su u odnosu na plave za 40,36%. Zelene mlaznice raspršuju više kapljica od plavih i od žutih mlaznica. U postotcima više u odnosu na plave za 53,96 % i 22,80% u odnosu na žutu mlaznicama.

Broj kapljica mijenja ovisno i tome kolika je brzina rada, te tako kod brzine rada od 6 km/h broj kapljica je 70,90 dok kod brzine rada od 8 km/h broj kapljica iznosi 86,95. Brzina rada od 8 km/h raspršuje za 18,45 % više kapljica u odnosu na brzinu rada od 6 km/h.

S normom raspršivanja također se razlikuje broj kapljica, te tako kod norme raspršivanja od 250 l/ha broj kapljica iznosi 68,69, kod norme od 300 l/ha sve do 89,62. Statistički značajne razlike pokazale su se kod norme raspršivanja od 300 l/ha u odnosu na normu od 250 l/ha i to za 12,47 %. Najveći broj kapljice raspršuje norme od 350 l/ha i to 23,35 % u odnosu na normu od 250 l/ha i 12,43 % u odnosu na normu raspršivanja od 300 l/ha.

Interakcija (AB) pokazuje statistički značajnu razliku tipa mlaznica i brzine rada, dok se broj kapljica kreće od 36,50 što je ostvarila plava mlaznica i brzina rada od 6 km/h pa sve do 112,00 kapljica što je ostvarila zelena mlaznica pri brzini rada od 8 km/h. minimalna statistička značajnost vrijedi za navedenu interakciju od 3,24 kapljice.

Broj kapljica/cm² kod interakcije (AC) tipa mlaznica kreće se od 42,19 ostvarenih primjenom plavih mlaznica i norme raspršivanja od 250 l/ha, pa sve do 116,13 ostvarenih kod zelenih mlaznica i norme raspršivanja od 350 l/ha. Minimalna statistička značajnost kod ove interakcije iznosila je 3,72 kapljice.

Broj kapljica kod interakcije (BC) brzine rada i norme raspršivanja kreće se od 64,05 kod brzine rada od 6 km/h i norme raspršivanja od 250 l/ha pa do 102,13 kapljica uz 2,87 minimalnu statistički značajnu razliku.

Minimalna statistički značajna razlika od 6,34 kapljica/cm² ostvarena je kod kombinacije svih tri čimbenika. Statistički značajna razlika kreće se od vrijednosti 33,35 kod korištenjem plave mlaznice pri brzini rada od 6 km/h i norme raspršivanja od 300 l/ha pa sve do 123,01 kapljica/cm² ostvarenih kod zelenih mlaznica pri brzini rada od 8 km/h.

4.4.3. Rezultati mjerenja zanošenja tekućine (drift)

U istraživanju provedeno je i ispitivanje zanošenja tekućine (drift) u vinogradu s aksijalnim raspršivačem (Hardi Zaturm). Rezultati koji su dobiveni prilikom obavljanja tog istraživanja vidljivi su u tablici 12.

Tablica 12. Rezultati ostvarenog zanošenja tekućine u vinogradu s aksijalnim raspršivačem (Hardi Zaturm)

Tretman	\bar{A}_p , %	\bar{v}_v , m/s	$\bar{\uparrow}$, °	Zanošenje tekućine, %				
				LS	DS	\bar{X} *	σ	K.V., %
P6250	26,59	1,34	279,63	21,87	9,52	15,69	0,55	3,50
P6300	29,01			12,74	17,05	14,89	0,21	1,44
P6350	32,52			21,59	7,43	14,51	0,40	2,73
P8250	27,31	1,22	234,64	16,19	14,70	15,45	0,10	0,68
P8300	43,78			24,53	18,62	21,58	0,50	2,34
P8350	42,88			22,12	18,49	20,30	0,48	2,34
Ž6250	34,96	1,06	324,76	26,70	12,05	19,37	0,25	1,31
Ž6300	29,32			14,05	16,03	15,04	0,75	4,98
Ž6350	35,86			25,16	15,22	20,19	0,55	2,72
Ž8250	31,13	1,64	319,01	20,18	12,16	16,17	0,58	3,56
Ž8300	45,12			26,01	14,23	20,12	0,64	3,18
Ž8350	49,21			30,11	16,25	23,18	0,57	2,44
Z6250	36,18	1,37	319,78	15,10	15,12	15,11	0,66	4,34
Z6300	33,14			24,19	8,25	16,22	0,52	3,21
Z6350	42,55			17,11	17,96	17,53	0,77	4,38
Z8250	39,62	1,43	338,39	26,95	12,05	19,50	0,71	3,63
Z8300	49,41+			20,47	20,43	20,45+	0,64	3,12
Z8350	51,45			25,70	23,41	25,83	0,58	2,23
\bar{X}				21,71	14,94	18,40	0,53	2,90

\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 ponavljanja

5. RASPRAVA

5.1. Uzgojne karakteristike vinograda

Vinograd ima uzgojni oblik koji je najjednostavniji i koji se najčešće koristi pri užim razmacima sadnje, a naziva se Guyot. Ovaj uzgojni oblik sastoji se iz reznika i lucnja koji ima malo opterećenje s 8-12 pupova. Održavanje i oblikovanje je jako jednostavno, sadi se na razmak od 2,8 m, a razmak između trsova u redu iznosi 0,9 m. Vinograd koji se uzgaja na ovaj način dosegne visinu od 1,84 m, a prosječna visina krošnje iznosi 1,3 m. Širina krošnje u prosjeku iznosi 1,19 m, a prosječna širina krošnje u redu iznosi 0,60 m. Uzgojna površina vinograda iznosi 0,73 m².

Ukupna lisna površina u vinogradu iznosila je (LAI) 1,65 cm², dok je ukupna lisna gustoća (LAD) iznosila 15,45 m²/m³.

5.2. Glavna svojstva istraživanja tijekom eksploatacije aksijalnog raspršivača (Hardi Zaturm) u vinogradu

Pokrivenost tretirane površine u vinogradu s aksijalnim raspršivačem (Hardi Zaturm) kreće se od 26,59 tu vrijednost ostvaruje plava mlaznica, kod brzine rada od 6 km/h i pri normi raspršivanja od 250 l/ha. Vrijednosti se kreću sve do 51,45 % koje ostvaruje zelena mlaznica, pri brzini rada od 8 km/h i normi raspršivanja od 350 l/ha. Svi tretmani imali su prosječnu pokrivenosti od 37,84 %.

Postoje razlike i u pokrivenosti površine ovisno o visini trsa. Te su tako statistički značajne razlike u pokrivenosti te je tako pokrivenosti donje u odnosu na srednju razinu manja za 16,91 %, te u odnosu na vršnu za 23,90%. Vršna razina ostvaruje veću pokrivenost u odnosu na srednju razinu za 8,41 %.

5.3. Broj kapljica/cm²

Vrijednosti broja kapljica/cm² kod primjene aksijalnog raspršivača varirale su od 33,36 do 123,02 kapljica. Vrijednost od 33,36 ostvarila je plava mlaznica pri brzini rada od 6 km/h i normi raspršivanja od 300 l/ha. Zelena mlaznica ostvarila je vrijednost od 123,02 kapljica/cm² pri brzini rada od 8 km/h i normi raspršivanja od 350 l/ha.

Kod ispitivanog svojstva tj. broja kapljica/cm² svi su ispitivani čimbenici visoko signifikantni ($P < 0,01$), ispitivani su na osnovi statističkih parametara i značajnosti. Prosječan broj kapljica svih tretmana iznosi 78,93 kapljica/cm².

Broj kapljica se razlikuje i ovisno o tipu mlaznica. Prilikom korištenja plavih mlaznica broj kapljica/cm² iznosi 48,83, dok kod zelenih broj ide do 106,70 kapljica. Prikazom ovih podataka vidljivo je da zelena mlaznica ostvaruje značajno veći broj kapljica i to za 53,96 % u odnosu na zelene mlaznice. Veći broj kapljica/cm² za 22,8 % ostvaruje u odnosu na žute mlaznice. Plava mlaznica u odnosu na žutu ostvaruje manji broj kapljica/cm² za 40,36 %.

Promjenom brzine mijenja se i broj kapljica/cm², te tako kod brzine od 6 km/h broj kapljica iznosi 70,90, kod brzine od 8 km/h povećava se broj kapljica/cm² za 18,45 % i to iznosi 86,95 kapljica/cm².

Broj kapljica se razlikuje promjenom norme raspršivanje, najveći broj kapljica/cm² ostvaruje se kod norme prskanja od 350 l/ha i to 89,62 kapljica/cm². Norma prskanja od 250 l/ha ostvaruje broj kapljica/cm² od 68,69. U postotcima norma od 350 l/ha ostvaruje veći broj kapljica za 23,35 % u odnosu na 250 l/ha. Dok norma od 300 l/ha ostvaruje veći broj kapljica od 250 l/ha za 12,43 %

Broj kapljica povećava se i uslijed povećanja radnog tlaka ($r = 0,95$, $p < 0,05$), povećanjem pokrivenosti tretirane površine povećava se broj kapljica/cm² ($r = 0,74$, $p < 0,05$).

5.4. Prosječni promjer kapljica

Prosječan promjer kapljica varira ovisno o tipu mlaznica, brzini rada i normi raspršivanja. Ostvarene vrijednosti prilikom istraživanja kreću se od 266,12 μm taj promjer ostvarile su plave mlaznice, prilikom brzine rada od 6 km/h i normi raspršivanja od 300 l/ha. Vrijednosti se kreću sve do 132,29 μm što je ostvareno primjenom zelenih mlaznica, pri brzini od 6 km/h i normi raspršivanja od 350 l/ha.

Prosječni promjer svih tretmana iznosi 190,11 μm . S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$), osim interakcije (AB) tipa mlaznice i brzine rada ($F = 1,70$; $p > 0,05$); interakcije (AC) tip mlaznice i norma raspršivanja ($F = 1,56$; $p > 0,05$), te interakcije ABC ($F = 2,41$; $p > 0,05$). S obzirom na tip mlaznice, prosječni promjer kapljica s aksijalnim raspršivačem u vinogradu (Hardi

Zaturn) iznosi od 209,20 (plava) do 175,87 μm (zelena). Značajno manji prosječni promjer kapljica ostvaruje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 15,93%, te žuta u odnosu na zelenu za 4,69%, no nesigifikantno. Žuta mlaznica ostvaruje manji promjer u odnosu na plavu za 11,78 %. Promatranjem brzine rada, prosječni promjer kapljica iznosi od 197,75 (6 km/h) do 181,33 μm (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje manji promjer kapljica za 8,30%. S obzirom na normu raspršivanja, prosječni promjer kapljica iznosi od 207,83 (250 l/ha) do 175,87 μm (350 l/ha). Značajno manji prosječni promjer kapljica ostvaruje norma raspršivanja od 350 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 15,67%, te u odnosu na 300 l/ha za 5,54%. Norma raspršivanja od 300 l/ha ostvaruje manji prosječni promjer u odnosu na 250 l/ha za 10,72%. Uslijed povećavanja radnog tlaka kroz istraživanje, utvrđuje se značajno smanjenje prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,81$; $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine smanjuje prosječni promjer kapljica ($r = - 0,62$, $p < 0,05$). Uz navedeno, pri povećavanju broja kapljica/cm² dolazi do značajnog smanjenja prosječnog promjera kapljica($r = - 0,75$, $p < 0,05$).

5.5. Zanošenje tekućine (drift)

Zanošenje tekućine prilikom primjene aksijalnog raspršivača varirala je od 14,51 % koji je ostvareno prilikom primjene plave mlaznice, pri brzini rada od 6 km/h i normi raspršivanja od 250 l/ha. Najveće vrijednosti do 25,83 % zanošenja ostvarene su kod primjene zelene mlaznice, pri brzini rada od 8 km/h i normi raspršivanja od 350 l/ha. Dok je prosječna vrijednost iznosila 18,40 %.

Neparametrijskom statistikom (sign test) utvrđuje se veći intenzitet zanošenja tekućine sa lijevom stranom raspršivača s obzirom na desnu u iznosu od 6,77% ($Z = 2,12$, $p < 0,05$), jer lijeva strana raspršivača ostvaruje veću brzinu zraka sa obzirom na desnu za 25,06%. S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visoko signifikantni ($P < 0,01$).

U ovisnosti o tipu mlaznica ovisi zanošenje tekućine, te tako primjene plavih mlaznica zanošenje je iznosilo od 17,07 do 19,01% kod zelenih. Zelena mlaznica ostvaruje značajno veće zanošenje u odnosu na plavu za 9,63%, te žuta u odnosu na zelenu za 0,63%, ali nesigifikantno, dok žuta mlaznica ostvaruje veće zanošenje u odnosu na plavu za 10,20%. Promatranjem brzine rada, prosječno zanošenje tekućine kreće se od 16,50 (6 km/h) do

20,14% (8 km/h). Statistički vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veće zanošenje tekućine za 18,07%.

Kao i tip mlaznica tako i različita norma raspršivanja različito djeluje zanošenje tekućine. Kod norme raspršivanja od 250 l/ha zanošenje je iznosilo 16,88 %, dok je kod norme raspršivanja od 350 l/ha iznosilo 20,041 %. Norma raspršivanja od 350 l/ha ostvaruje zanošenje za 15,76 % veće od norme od 250 l/ha, te za 9,93 % veće od norme raspršivanja od 300 l/ha. Norma raspršivanja od 300 l/ha ostvaruje veće zanošenje u odnosu na 250 l/ha za 6,48%. Uslijed povećavanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno povećavanje zanošenja tekućine ($r = 0,71$; $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine također povećava zanošenje tekućine ($r = 0,85$, $p < 0,05$). Pri promatranju odnosa prosječnog promjera kapljica i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno povećanje zanošenja tekućine uslijed smanjenja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,62$, $p < 0,05$), te pri povećanju broja kapljica/cm² također dolazi do značajnog povećanja zanošenja tekućine ($r = 0,61$, $p < 0,05$).

6. ZAKLJUČAK

Stroj je bio tehnički testiran prije početka istraživanja i zaključeno je da je tehnički ispravan. U istraživanju su korištene norme raspršivanja od 250, 300 i 350 l/ha i one odgovaraju uzgojnom obliku Guyot u vinogradu.

Radne brzine od 6 i 8 km/ha nalaze se u okviru optimalnih agrotehničkih brzina rada. Korišteni radni tlakovi (od 1,51 do 25,52 bar). Uz korištenje odgovarajućih radnih tlakova ostvaruje se potrebna norma raspršivanja s protok Lechler mlaznica TR 8003, 02, 15. U vinogradu je korišten protok zraka od 10.995,75 m³/h. Brzina zraka se podešava tako da prosjek s lijeve strane iznosi 14,96 m/s, dok s desne strane 11,21 m/s. Pri radu s aksijalnim raspršivačem u vinogradu nisu jednake brzine rada na obje strane raspršivača, brzina je veća na desnoj strani za 25,06%.

Eksploatacijom aksijalnog raspršivača (Hardi Zaturm) utvrđena je uniformna vertikalna raspodjela prosječne brzine zraka (desna strana stroja sa vrijednostima od 14,50 m/s do 7 m/s ostvaruje koeficijent varijacije od 31,30%, a lijeva strana stroja sa vrijednostima od 19,50 m/s do 7,25 m/s ostvaruje koeficijent varijacije od 31,04%).

Pri radu raspršivača Hardi Zaturm u vinogradu utvrđeno je prosječno smanjenje brzine zraka na rubu krošnje od 33,82%.

Povećanjem radnog tlaka radijalnog raspršivača povećava se pokrivenost tretirane površine ($r = 0,80 - 0,92$, $p < 0,05$).

Glavni tehnički čimbenici raspršivanja (tip mlaznice, brzina rada i norma 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 Zaturm sa prosječnim brojem kapljica od 33,66 do 123,02).

7. POPIS LITERATURE

1. Berčić, S. (1999): Composed air flow in pesticide spraying, *Agriculturae conspectus scientificus*, Vol. 64, No 3., 161-177.
2. 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.
3. 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. - Deveau, S.T. (2010): Fungicide Spray Coverage, *Hort. Matters*, Vol 10., No 2.
4. 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.
5. Etheridge, R.E., Womac, A.R., Mueller, T.C. (1999): Characterization of the SprayDroplet Spectra and Patterns of Four Venturi – Type Drift Reduction Nozzles, *Weed Technology*, Vol. 13: 765-770.
6. Fox, R.D., Derksen, R.C., Cooper, J.A., Krause, C.R., Ozkan, H.E. (2003): Visual and image system measurement of spray deposit using water – sensitive paper, *Applied Engineering in Agriculture*, Vol. 19(5): 549 –552.
7. Frankel, H. (1986): Pesticide application, technique and efficiency, *Advisory Work in Crop Pest and Disease Management*, Springer Verlag, New York, 132-160.
8. Furness, G., Campbell, K., Wicks, T., Hall, B. (2003): Improved spray coverage with the multi-head HYDRA sprayer, *South Australian Research and Development Institute*
9. Harz, M., Knoche, M. (2001): Droplet sizing using silicone oils, *Crop Protection*, Vol. 20 (6), 489 – 498.
10. 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.
11. Holownicki, R, Doruchowski, G., Swiechowski, W., Jaeken, P. (2002): Methods of evaluation of spray deposit and coverage on artificial targets, *Research Institute of Pomology and Floriculture, Skierniewice, Poland Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, Vol. 5(1).
12. International Labour Organization (1999.): *Safety and health in agriculture*, ISBN 978-92-2-111517-5

13. Košutić i sur. (2014): Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede
14. Landers, A., Farooq, M. (2004): Reducing Spray Drift From Orchards, *New York Fruit Quarterly*, Vol.12 (3).
15. Marcal,R.S (2008): Alternative Methods for Counting Overlapping Grains in Digital Images Image Analysis and Recognition, *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 5112.
16. Manktelow, D.W. (1998): Factors affecting spray deposits and their biological effects on New Zealand apple canopies, Doctor disertation, Massey University, Auckland, New Zeland.
17. 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.
18. McFadden – Smith, W. (2003): Evaluation of vineyard sprayer performance and environmental impact using image analysis and other techniques, Ministry of Agriculture and Food, Ontario, Canada.
19. Metthews, G.A (1979): Pesticide application methods, Longmans, London.
20. Nuyttens, D., Baeten, K., De Schamphelre, M., Sonck, B. (2007): Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics, *Biosystems Engineering* 97, 333 – 345.
21. 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.
22. 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.
23. Panneton, B. (2002): Image analysis of water – sensitive cards for spray coverage experiments, *Applied Engineering in Agriculture*. Vol. 18(2): 179–182.
24. 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.
25. 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.
26. Praat, J.P., Manktelow, D., Suckling, D.M., Maber, J. (1996): Can application technology help to manage pesticide resistance ? NZPPS paper, *Canadian Application Technology*.

27. 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
28. Randall, J.M. (1971): The relationships between air volume and pressure on spray distribution in fruit trees, Journal of Agricultural Engineering Research 16: 1- 31.
29. Salyani, M., Fox, R.D. (1999): Evaluation of spray quality by oil - and water-sensitive papers, Trans. of ASAE, 42:37 – 43.
30. Šumanovac, L., Brkić, D., Jurišić, M. (1994): Utjecaj broja i veličine kapi na pokrivenost površine lista pšenice, Zbornik radaova „Aktualni zadatci mehanizacije poljoprivrede“, Opatija, 169 – 176.
31. 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.
32. 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.
33. 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.
34. 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.
35. 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.
36. Wolf, R.E., Minihan, C.L. (2003): Comparison of Drift Potential for Venturi, Extended Range and Turbo Flat - fan Nozzles, 37th Annual National Agricultural Aviation Association Convention, Reno 2003., USA.
37. Wolf, R.E., Williams, W.L., Gardisser, D.R., Whitney. R.W. (2004): Using DropletScan to Analyze Spray Quality, Faction shhet of the Biological and agricultural engineering, Kansas State University, SAD.
38. Wolf, T., Caldwell, B. (2006): Pesticide Rates, Water Volumes and Nozzles, Syngenta Crop Protection, The Pest Management Regulatory Agency, Agriculture and Agri-Food Canada.

39. 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.

Internetski izvori:

Agro Elektronika d.o.o, Prskalice i raspršivači, <http://agro-elektronika.hr/index.php/prskalice-i-raspršivaci>, 31.8.2016.

Bennet's Tractor Service, <http://bennettstractor.com/category/listings/sprayers/>, 14.9.2016.

Global Terrestrial Observing System, Leaf area index, veljača 2001.,
http://www.fao.org/gtos/tems/variables/Leaf_area_index.pdf, 5.8.2016.

Hardi International, <http://www.hardi-international.com/global/products/mistblowers/mercury-arrow-orchard/features-and-specs/features/>, 20.8.2016.

Lambaša Belak, Ž., Zaštita okoliša,
http://www.unizd.hr/portals/4/nastavni_mat/2_godina/zastita_ok/zastita_okolisa_01_01102006.ppt, 4.9.2016.

Lechler, Hollow cone nozzles TR, http://www.lechler.de/Products/Agriculture/Nozzles-for-Space-Crops/Hollow-cone-nozzles-TR/-cbigl_AAABSgEAAAEvsIoh.E.A-en_US, 12.9.2016

8. SAŽETAK

Provedeno istraživanje je obavljeno korištenjem aksijalnim raspršivača *Hardi Zatur* u vinogradu. Cilj istraživanja bio je dobiti spoznaju o utjecaju glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (tip mlaznice, brzina rada i norma raspršivanja) na pokrivenost tretirane površine, broj kapljica/cm², prosječni promjer kapljica te zanošenje tekućine. Korištene brzine rada raspršivača su 6 km/h te 8 km/h, a norme raspršivanja 250, 300 te 350 l/ha. Od mlaznica su se koristile plave (*TR 8003*), žute (*TR 8002*) te zelene (*TR 80015*) *Lechler* mlaznice. Istraživanje je postavljeno kao trofaktorijelni poljski pokus s 18 tretmana u 2 ponavljanja ovisno o postavkama raspršivača. Za svaki tretman na trst je bilo postavljeno 60 vodoosjetljivih papirića koji su kasnije obrađeni pomoću računalne analize slike u programu *ImageJ*. Osim glavnih svojstava istraživanja utvrdio se i indeks lisne površine te indeks lisne gustoće. Prije samog istraživanja raspršivač je bio testiran prema europskom standardu *EN 13790*. Povećanjem brzine rada raspršivača, povećanjem norme raspršivanja te smanjenjem *ISO* broja mlaznice povećava se pokrivenost tretirane površine, broj kapljica/cm², ali i zanošenje, te se smanjuje prosječni promjer kapljica. Aksijalni raspršivač *Hardi Zatur* je postigao solidne rezultate u vinogradu; pokrivenost tretirane površine se kreće od 26,59% (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h te norma raspršivanja od 250 l/ha) do 51,45,% (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h te norma raspršivanja od 350 l/ha),

Najbolji odnos pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine u vinogradu ostvaruje se sa pokrivenošću tretirane površine od 64,22% i zanošenja tekućine od 17,11% (zelena mlaznica, brzina rada od 6 km/h, norma raspršivanja od 350 l/ha te radni tlak od 10,99 bar.

9. SUMMARY

The conducted research was done by using a radial sprayer Hardi Zatur in vineyard. The aim of this study was to gain knowledge about the impact of the main technical factors of spraying (nozzle type, sprayer's working speed and the spraying standard) on the coverage of the treated area, the number of drops/cm², the average diameter of the droplets and fluid drift. The sprayer's working speeds used in this research were 6 km/h and 8 km/h and spraying standards were 250, 300 and 350 l/ha. Nozzles which were used in this research are blue (*TR 8003*), yellow (*TR 8002*) and green (*TR 80015*) *Lechler* nozzles. The study was set up as a three-factorial field experiment with 18 treatments in 2 repetitions depending on the sprayer's settings. For each treatment the tree was covered with 60 water sensitive papers which were later processed using a digital image analysis program *ImageJ*. In addition to the main factors of the research, the leaf area index and the index of leaf density were measured too. Prior to research, the sprayer has been tested according to European standard *EN 13790*. By increasing the sprayer's working speed and increasing the spraying standard while reducing the nozzles' *ISO* number, the coverage of the treated area was increased along with the number of drops/cm² and drift, while the average diameter of the droplets was decreased. Aial sprayer Hardi Zatur scored solid results in vineyard; coverage of the treated area ranges from 26,59% (blues nozzle, working speed of 6 km/h and spraying standard of 250 l/ha) to 51,45% (green nozzle, working speed of 8 km/h and spraying standard of 350 l/ha).

The best ratio of coverage of the treated area and drift of the liquid in an apple orchard is achieved by having the coverage of the treated area of 64,22% and the drift of the fluid at 17,11% (green nozzle, working speed of 6 km/h and spraying standard of 350 l/ha with working pressure of 10,99 bar).

10. POPIS TABLICA

	<i>Naziv tablice</i>	<i>Stranica</i>
Tablica 1.	Prikaz odnosa različitih tipova mlaznica i radnog tlaka	5
Tablica 2.	Tipovi mlaznica korištenih u istraživanju	11
Tablica 3.	Pregled protoka mlaznica prema ISO 10625 standardu	12
Tablica 4.	Prosječne vrijednosti mjerenja brzine i protoka zraka aksijalnog raspršivača u vinogradu	19
Tablica 5.	Protok zraka pri izvođenju istraživanja	19
Tablica 6.	Uzgojne karakteristike vinograda	21
Tablica 7.	Rezultati ostvarenih mjerenja pri obavljanju tretmana aksijalnim raspršivačem	22
Tablica 8.	Rezultati ostvarene prosječne pokrivenosti tretirane površine po tretmanu- Hardi Zaturm u vinogradu	24
Tablica 9.	Analiza varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine	25
Tablica 10.	Rezultati mjerenja veličine i broja kapljica/cm ² s aksijalnim raspršivačem u vinogradu	27
Tablica 11.	Analiza varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm ²	28
Tablica 12.	Rezultati ostvarenog zanošenja tekućina u vinogradu s aksijalnim raspršivačem (Hardi Zaturm)	30

11. POPIS SLIKA

	<i>Naziv slike</i>	<i>Stranica</i>
Slika 1.	Raspršivač Hardi Zatern	10
Slika 2.	Lechler TR 80 mlaznice	11
Slika 3.	Anemometar Silva Windwatch	14
Slika 4.	Shema postavljanja VOP-a	15
Slika 5.	Četiri slučajno odabrane površine u VOP-u	17

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

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

Diplomski rad

Utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja na pokrivenosti lisne površine s aksijalnim raspršivačem u vinogradu

Andrijana Draganić

Sažetak: Provedeno istraživanje je obavljeno korištenjem aksijalnog raspršivača *Hardi Zatrurn* u vinogradu. Cilj istraživanja bio je dobiti spoznaju o utjecaju glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (tip mlaznice, brzina rada i norma raspršivanja) na pokrivenost tretirane površine, broj kapljica/cm², prosječni promjer kapljica te zanošenje tekućine. Korištene brzine rada raspršivača su 6 km/h te 8 km/h, a norme raspršivanja 250, 300 te 350 l/ha. Od mlaznica su se koristile plave (*TR 8003*), žute (*TR 8002*) te zelene (*TR 80015*) *Lechler* mlaznice. Istraživanje je postavljeno kao trofaktorijelni poljski pokus s 18 tretmana u 2 ponavljanja ovisno o postavkama raspršivača. Za svaki tretman na trst je bilo postavljeno 60 vodoosjetljivih papirića koji su kasnije obrađeni pomoću računalne analize slike u programu *ImageJ*. Osim glavnih svojstava istraživanja utvrdio se i indeks lisne površine te indeks lisne gustoće. Prije samog istraživanja raspršivač je bio testiran prema europskom standardu *EN 13790*. Povećanjem brzine rada raspršivača, povećanjem norme raspršivanja te smanjenjem *ISO* broja mlaznice povećava se pokrivenost tretirane površine, broj kapljica/cm², ali i zanošenje, te se smanjuje prosječni promjer kapljica. Aksijalni raspršivač *Hardi Zatrurn* je postigao solidne rezultate u vinogradu; pokrivenost tretirane površine se kreće od 26,59% (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h te norma raspršivanja od 250 l/ha) do 51,45% (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h te norma raspršivanja od 350 l/ha). Najbolji odnos pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine u vinogradu ostvaruje se s pokrivenošću tretirane površine od 64,22% i zanošenja tekućine od 17,11% (zelena mlaznica, brzina rada od 6 km/h, norma raspršivanja od 350 l/ha te radni tlak od 10,99 bar.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: Vjekoslav Tadić, doc.dr.sc.

Broj stranica: 45

Broj grafikona i slika: 5

Broj tablica: 12

Broj literaturnih navoda:

Broj priloga:

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: raspršivač, mlaznica, brzina, norma, pokrivenost, zanošenje

Datum obrane:

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

Graduate thesis

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

Andrijana Draganić

Abstract: The conducted research was done by using a radial sprayer Hardi Zatur in vineyard. The aim of this study was to gain knowledge about the impact of the main technical factors of spraying (nozzle type, sprayer's working speed and the spraying standard) on the coverage of the treated area, the number of drops/cm², the average diameter of the droplets and fluid drift. The sprayer's working speeds used in this research were 6 km/h and 8 km/h and spraying standards were 250, 300 and 350 l/ha. Nozzles which were used in this research are blue (*TR 8003*), yellow (*TR 8002*) and green (*TR 80015*) *Lechler* nozzles. The study was set up as a three-factorial field experiment with 18 treatments in 2 repetitions depending on the sprayer's settings. For each treatment the tree was covered with 60 water sensitive papers which were later processed using a digital image analysis program *ImageJ*. In addition to the main factors of the research, the leaf area index and the index of leaf density were measured too. Prior to research, the sprayer has been tested according to European standard *EN 13790*. By increasing the sprayer's working speed and increasing the spraying standard while reducing the nozzles' *ISO* number, the coverage of the treated area was increased along with the number of drops/cm² and drift, while the average diameter of the droplets was decreased. Aial sprayer Hardi Zatur scored solid results in vineyard; coverage of the treated area ranges from 26,59% (blues nozzle, working speed of 6 km/h and spraying standard of 250 l/ha) to 51,45% (green nozzle, working speed of 8 km/h and spraying standard of 350 l/ha).

The best ratio of coverage of the treated area and drift of the liquid in an apple orchard is achieved by having the coverage of the treated area of 64,22% and the drift of the fluid at 17,11% (green nozzle, working speed of 6 km/h and spraying standard of 350 l/ha with working pressure of 10,99 bar).

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor: Vjekoslav Tadić, doc.dr.sc.

Number of pages: 45

Number of figures: 5

Number of tables: 12

Number of references:

Number of appendices:

Original in: Croatian

Key words: sprayer, nozzle, speed, standard, coverage, drift

Thesis defended on date:

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.