Utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja na pokrivenost lisne površine s radijalnim raspršivačem u vinogradu

Kalčić, Dubravko

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 Josip Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:873293

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

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

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Dubravko Kalčić, apsolvent

Diplomski studij Mehanizacija

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

Diplomski rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Dubravko Kalčić, apsolvent

Diplomski studij Mehanizacija

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

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, 2017.

SADRŽAJ

1. UVOD 12

2. PREGLED LITERATURE 14

2.1. Mlaznice u tehničkim sustavima pri zaštiti bilja, ostaviti 14

2.2. Veličina kapljica, ostaviti 15

2.3. Zanošenje tekućine (drift), ostaviti 16

2.4. Metode evaluacije pokrivenosti tretirane lisne površine pomoću vodoosjetljivih papirića (VOP) i računalna analiza slike, ostaviti 18

2.5. Norma raspršivanja i bujnost nasada, ostaviti 19

3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZA 20

4. MATERIJALI I METODE 21

4.1. Raspršivač *Hardi Arrow* 21

4.2. Lechler TR 80 mlaznice 22

4.3. Određivanje brzine raspršivača 23

4.4. Određivanje norme raspršivanja 24

4.5. Vodoosjetljivi papirići (VOP) 26

4.6. Računalna metoda analize slike 27

4.7. Utvrđivanje veličine i broja kapljica/cm^2 tretirane površine 27

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 29

5.1. Rezultati utvrđivanja LAI – a i LAD – a 29

5.2. Rezultati mjerenja brzine i protoka zraka 30

5.3. Rezultati ostvarenih vremena potrebnih za obavljanje tretmana 32

5.4. Rezultati mjerenja glavnih svojstva istraživanja 33

5.4.1. Rezultati mjerenja pokrivenosti tretirane površine 33

5.4.2. Rezultati mjerenja veličine i broja kapljica/cm^2 37

5.4.3. Rezultati mjerenja zanošenja tekućine (drift) 41

6. RASPRAVA 44

6.1. Glavna svojstva istraživanja tijekom eksploatacije radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u nasadu vinograda 44
6.1.1. Pokrivenost tretirane površine 44
6.1.2. Broj kapljica 45
6.1.3. Prosječni promjer kapljica 45
6.1.4. Zanošenje tekućine (drift) 46
7. ZAKLJUČAK 48
8. POPIS LITERATURE 50
9. SAŽETAK 54
10. SUMMARY 55
11. POPIS TABLICA 56
12. POPIS SLIKA 57
13. POPIS GRAFIKONA 57

1. UVOD

Tijekom povijesti poljoprivredne djelatnosti imale su značajnu ulogu u čovjekovu razvoju i preživljavanju. Poljoprivreda obuhvaća sve sfere globalnog ekološkog sustava, u kojima se međusobno isprepliću aktivnosti i djelatnosti ljudi, životinja i biljaka, ali i klime i poljoprivredne tehnike. Poljoprivredna tehnika nezaobilazni je dio svake poljoprivredna grane i ima iznimno kvantitativno i kvalitativno značenje pri proizvodnji hrane. Neprikladna primjena tehnike u proizvodnji hrane vrlo lako može negativno utjecati na kompletni ekološki sustav. U suvremenoj poljoprivredi veliko značenje ima razvoj strojeva i uređaja u suvremenoj aplikaciji pesticida gdje intenzivna uporaba pesticida s jedne povećava prinose, dok s druge strane narušava sklad ekosustava. Stoga, jedan od glavnih današnjih ciljeva u poljoprivredi je razviti, unaprijediti i usavršiti nova tehnička rješenja na poljoprivrednim strojevima, te uvesti mjere i postupke koji bi rezultirali minimalnim zahvatima u ekosustav.

Poljoprivreda je veliki zamah dobila krajem pedesetih godina 20. stoljeća gdje su pod utjecajem poljoprivredne tehnike, zaštite bilja i gnojidbe, udvostručeni prinosi u gotovo svim poljoprivrednim kulturama. Tehnološki napredak nije jedini razlog tomu, već i povećanje stanovništva koje je imalo sve veće i veće potrebe za hranom. To je rezultiralo time da je poljoprivreda postala glavna gospodarska djelatnost gotovo svake zemlje svijeta, ali i jedan od najvećih zagađivača okoliša. Negativni utjecaj poljoprivredne tehnike na ekosustav dijeli se na biološku degradaciju i destrukciju te emisiju štetnog otpada. Biološku degradaciju i destrukciju primarno karakteriziraju oštećenje tala i živih organizama koji egzistiraju u istom. Uz to, također se ubraja i izravno uništavanje flore i faune te između ostalog i kemijska zaštita bilja.

Iako su provedena mnoga istraživanja s ciljem pronalaska alternativnih rješenja zaštite bilja od bolesti, štetnika i korova, kemijska metoda se još uvijek pokazuje kao najdjelotvornija. Budući da će se kemijska metoda intenzivno koristiti i u budućnosti potrebno je racionalnije koristiti pesticide, odnosno smanjiti količinu kemijskih tvari i broj prskanja. Zbog navedenoga ključno je primijeniti poboljšane metode i suvremenu tehniku za aplikaciju pesticida kako bi se postigla djelotvornija zaštita. Kako svijet tehnološki napreduje tako napreduju i tehnički sustavi za zaštitu bilja, pa se u današnje vrijeme u poljoprivredi nudi djelotvorna tehnika za aplikaciju zaštitnih sredstava u pogledu visokog kapaciteta, usmjeravanja na ciljanu površinu, ujednačenosti nanošenja i obzirnost prema okolišu. Tako su dostupni različiti oblici raspršivača s različitim tehničkim izvedbama ventilatora, usmjerivača

zraka, položaja mlaznica i ostalog. Mogu se primjenjivati raspršivači s aksijalnim i radijalnim ventilatorom, raspršivači s tangencijalnim usmjerivačima, raspršivači s fleksibilnim vodovima i drugi. Navedene vrste raspršivača koriste se za različite uzgojne oblike trajnih kultura te umnogome utječu na kvalitetu raspršivanja pesticida, odnosno na pokrivenost tretirane površine, veličitnu kapljica mlaza i depozit pesticida po trajnom nasadu.

Uz tehničku ispravnost radnog stroja u zaštiti bilja posebice je važno pravilno podesiti čimbenike prskanja – brzinu rada stroja, radni tlak, protok i brzinu zračne struje, normu tekućine po jedinici površine i tip mlaznice. Samo sinergija pravilno podešenih parametara prskanja i tehnička ispravnost stroja daju adekvatne rezultate. Nepravilno podešeni parametri prskanja utječu na smanjenu pokrivenost površine, pojavu zanošenja kapljica, povećane potrošnje zaštitnog sredstva, povećanu potrošnju vode po jedinici površine, slabo prodiranje zaštitnog sredstva u krošnju te niz drugih negativnih utjecaja koje dovode do opetovane pojave štetočina.

U ovome istraživanju ispitivan je utjecaj raspršivača s radijalnim ventilatorom preko glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (tip mlaznice, brzina rada stroja te norma raspršivanja) na pokrivenost tretirane lisne površine. Na temelju statističke obrade dobivenih podataka u istraživanju dan je zaključak koje podešavanje tehničkih čimbenika raspršivanja rezultira najvećom pokrivenošću površine u trajnim nasadima vinograda.

2. PREGLED LITERATURE

Za vrijeme eksploatacije raspršivača potrebno je poštovati temeljne tehničke čimbenike raspršivanja jer o njima ovisi kvaliteta zaštite bilja. Sukladno tome, pri zaštiti bilja potrebno je osigurati optimalnu: zračnu struju ventilatora, kvalitet mlaza, brzinu rada stroja, količinu tekućine za prskanje, optimalnost mlaznica i drugo. Uz navedene tehničke čimbenike, tijekom eksploatacije raspršivača trebaju se poštovati i vremenski uvjeti, te rukovatelj stroja treba biti obučen za rukovanje. Iznimno važan utjecaj na kvalitetu zaštite bilja ima i morfologija krošnje kulture u kojoj se obavlja zaštita. Istraživanja početkom ovoga stoljeća potvrđuju da se pravilnim podešavanjem tehničkih čimbenika raspršivanja postiže bolji učinak zaštite bilja. Tek na zadnje mjesto ispunjavanja uvjeta zaštite bilja dolazi kemijsko sredstvo jer korištenjem tehnički ispravnog stroja, povećanjem pokrivenosti površine i poštivanjem vremenskih uvjeta osjetno se smanjuje količina kemijskog sredstva po tretiranoj površini uz isti biološki učinak (McFadden - Smith, W., 2003).

2.1. Mlaznice u tehničkim sustavima pri zaštiti bilja

Osnovna namjena mlaznica je raspršivanje i usmjeravanje sredstva za zaštitu na željenu površinu. Pri tome mlaz treba što učinkovitije i ravnomjernije rasporediti zaštitno sredstvo na željenu površinu. Kvaliteta prskanja i rada samog uređaja ocjenjuje se prema kvaliteti nanošenja kapljica, što ponajviše ovisi o radu mlaznica. Svaki tip mlaznice ima specifični mlaz, s karakterističnim oblikom i sastavom kapljica. Oblik mlaza služi kao mjerilo za distribuciju i način korištenja mlaznice. Pri prskanju iznimno je važan radni tlak, koji utječe na protok, sastav kapljica, domet i kut prskanja.

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

Istraživanja mnogih autora pokazala su kako se povećanjem radnog tlaka smanjuje veličina kapljica u mlazu. Također, utvrdili su kako zračno – injektorske mlaznice proizvode veće kapljice nego standardne mlaznice kod istog *ISO* broja i pri istom radnom tlaku. Na tržištu Republike Hrvatske mogu se naći različite mlaznice nerenomiranih proizvođača koje ne odgovaraju *ISO* standardima. Osim što im je upitan nazivni protok, upitna im je i površinska raspodjela tekućine s velikim koeficijentima varijacije (Banaj, Đ. i sur., 2009, 2010; Tadić, V., i sur., 2010).

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 μm) pokrivenost površine veća je nego ako se radi o velikim kapljicama (veće od 350 μm). 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 (μm)
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 suvremeniji standard, ASAE (*American Standards for Agricultular Engineering*), i temelji se na podacima iz BCPC standarda. Granice veličine kapljica prema ova dva standarda razlikuju se 50 μm. Za suzbijanje letećih insekata potrebna veličina kapljica je od 10 – 50 μm, za insekte na tlu 20 – 100 μm, za biljne bolesti 20 – 200 μm dok za štetnike na tlu 250 – 500 μm (Metthews, G.A. 1979). Smanjivanjem veličine kapljica, a s time i povećanjem broja kapljica povećava se mogućnost suzbijanja štetočina.

Najefikasniji učinak insekticida ostvaruje se sa 60 do 70 kapljica na kvadratnom centimetru dok za fungicide 80 do 90 kapljica na kvadratnom centimetru (Deveau, S.T., 2010). Povećanjem radnog tlaka povećava se i broj kapljica na kvadratnom centimetru (Wolf,

R.E. i sur. 1999; Cross, J.V. i sur., 2003), odnosno povećanjem radnog tlaka postiže se veća pokrivenost tretirane površine (Porras Sorriano i sur., 2005). Veličina kapljica smanjuje se smanjivanjem kuta mlaza prema zračnoj struji te udaljavanjem mlaza od cilja prskanja (Deveau, S.T., 2010). Pri upotrebi skupih pesticida zahtjeva se jednolika i velika pokrivenost površine biljke kako bi se ostvario direktni kontakt pesticida sa štetočinama (Frankel, H., 1986). Ako se zaštita bilja obavlja s malom pokrivenošću površine, rezultat je slaba kontrola bolesti unatoč tome što je zaštita obavljena u pravo vrijeme (Furness, G. i sur., 2003). To je česti slučaj na hrvatskim poljoprivrednim površinama, gdje se trajne kulture prskaju i više od 20 puta tijekom vegetaije. Nažalost, to je posljedica neadekvatno podešenih raspršivača ili neispravnih sastvanih dijelova strojeva kao što su manometri i mlaznice (Banaj, Đ. i sur., 2010). Ostvarivanjem velike pokrivenosti tretirane površine, moguće je smanjenje doziranja pesticida po jedinici površine uz jednak biološki učinak (McFadden – Smith, W., 2003).

Uz veličinu kapljica postoje mnogi drugi faktori koji uvjetuju učinkovitost zaštite bilja, a neki od njih su: obuka rukovatelja, doba vegetacije, *LAI*, habitus biljke, učinkovitost stroja (zračna potpora, brzina rada, obujam prskanja, tip usmjerivača zraka, kut prskanja mlaznica, uzorak mlaza), vremenski uvjeti, metoda prskanja i drugi (Praat, J.P. i sur., 1996; Fox, R.D. i sur., 1998; Hoffman, W.C. i sur., 2005; Deveau, S.T., 2009; Tadić, V. i sur., 2009). Veličina kapljica, tip mlaznice i radni tlak, glavna su tri čimbenika s čijom manipulacijom se ostvaruje najveća moguća pokrivenosti tretirane površine (Williams, W. 1999).

2.3. Zanošenje tekućine (drift)

Zanošenje tekućine definira se kao fizički pokret tekućine kroz zrak u trenutku apliciranja ili ubrzo nakon toga, na bilo koju površinu osim one za koju je postupak apliciranja namijenjen. Do zanošenja tekućine dolazi prilikom korištenja raspršivača ili drugih uređaja za apliciranje tekućine jer ti uređaji u obliku kapljica propuštaju određeni dio tekućine van pomoću mlaznica. Na zanošenje tekućine utječu mnogi faktori poput vremenskih uvjeta, topografije, biljke ili tla za koje je apliciranje namijenjeno, tehnički parametri uređaja za apliciranje, rukovatelji i drugo. Zanošenje tekućine može biti opasno za zdravlje čovjeka i okoliš pa treba maksimalno smanjiti kapljice tekućine, ali da pri tome ostane dobar biološki učinak.

Pri zaštiti poljoprivrednih kultura treba poštovati i pravila struke koja nalažu kako se sa standardnim mlaznicama može obavljati zaštita bilja samo onda kada to vremenski uvjeti dopuštaju. Ovo se prvenstveno odnosi na tri vremenska čimbenika: relativnu vlažnost zraka

iznad 50%, temperaturu ispod 20 °C i brzinu vjetra manju od 4 m/s. Ako su na uređaju instalirane *low drift* ili zračno – injektorske mlaznice, zaštita bilja može se obavljati i pri nepovoljnijim vremenskim uvjetima. Prije prskanja treba voditi računa o: planiranju akcije prskanja samo kada to vremenski uvjeti nalažu, odabiru najprihvatljivije mlaznice i radnog tlaka, korištenju aditiva koji smanjuju zanošenje, provjeri prskalice sa čistom vodom prije samog rada, osiguravanju potrebne logistike prskanja tako da se aplikacija obavi u što kraćem vremenskom razdoblju i ostalo. Ako aplikacija već traje, 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 (Tadić, V. i sur., 2009). Ulaskom Hrvatske u EU prihvaćeni su pravilnici koji zabranju aplikaciju pesticida blizu otvorenih vodotokova, prema poštivanju vodozaštitne, tzv. *buffer* zone.

Male kapljice dobivaju se pri radu mlaznica s manjim ISO brojem, tj. kod mlaznica s manjim protokom (narančaste s oznakom 01, zelene s oznakom 015 i žute s oznakom 02), a povećanjem protoka povećava se veličina kapljica kod mlaznica s većim ISO brojevima (plava s oznakom 03, crvena s oznakom 04, smeđa s oznakom 05 i siva s oznakom 06) (Nuyttens, D. i sur., 2006; Banaj, Đ. i sur., 2010). S obzirom na ISO broj, svaka mlaznica ostvaruje nazivni protok pri određenom radnom tlaku te stvara specifični spektar kapljica. Mlaznice manjih ISO brojeva ostvaruju manje kapljice te je mogućnost zanošenja kapljica veća. Tako je Van de Zande, J.C. i sur. (2008) svrstao nekoliko ispitivanih mlaznica u pojedine razrede smanjenja zanošenja s obzirom na ishodišnu *Albuz lila* mlaznicu. Mlaznica *TeeJet DG 8002* svrstana je u razred 50% smanjenja zanošenja; mlaznica *Albuz AVI 80015* svrstana je u razred 75% smanjenja zanošenja; mlaznica *Lechler ID 9001* svrstana je u razred 90% smanjenja zanošenja, a mlaznica *Albuz TVI 80025* je svrstana u razred 95% smanjenja zanošenja kapljica.

Negativna strana malih kapljica (promjer manji od 200 μm) očituje se u tome da su podložne zanošenju, te da gubici zanošenjem malih kapljica sežu sve do 70% (Ozkan, H.E., 1998). Wolf, R.E. i Minihan, C.L. (2003) istraživali su broj kapljica u mlazu manjih od 200 μm pri radnom tlaku od 276 kPa i normi prskanja od 47, 94 i 187 l kod zračno – injektorskih (*AI*), standardnih (*XR*) i *turbo* lepezastih (*TT*) mlaznica. Iz dobivenih rezultata zaključili su kako se pri radu standardnih mlaznica proizvodi puno više kapljica manjih od 200 μm od ostala dva tipa mlaznica pa to i povećava vjerojatnost zanošenja tekućine pri radu sa standarnim mlaznicama nego pri radu s ostala dva tipa mlaznica. Također, zaključili su i

kako se s povećavanjem doze po hektaru smanjivao i broj malih kapljica kod sva tri tipa mlaznica.

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

Intenzitet zanošenja tekućine mjeri se s vodoosjetljivim papirićima (u daljnjem tekstu VOP) koji se postavljaju na različite udaljenosti od cilja prskanja (Ozkan, H.E.,1998). Površina VOP - a žute je boje i na površini se nalaze spojevi s bromom koji u dodiru s kapljicama vode mijenjaju boju, tj. prelaze iz žute u plavu boju. Prema tome, pri analizi slike jasno se može odrediti postotak žute ili plave boje, tj. postotak pokrivene ili nepokrivene površine (Wolf, R.E. i sur., 1999; Banaj, Đ. i sur., 2010).

VOP - i postavljaju se na nekoliko različitih visina u nasadima pri poljskom ispitivanju ovisno radi li se o trajnom nasadu ili ratarskoj kulturi (nikako manje od tri). VOP - i koriste se dugi niz godina u poljoprivrednim poljskim istraživanjima (Wolf, R.E., 2004) te su postali najpopularnija metoda za evaluaciju pokrivenosti površine, veličine i broja kapljica kako na ratarskim kulturama tako i u trajnim nasadima (Wolf, R.E. i sur., 1999; Banaj, Đ. i sur., 2010).

Pomoću njih određuje se veličina kapljica, ali uz korištenje korekcijskih faktora jer kapljica na VOP - u ostavlja veći otisak nego što je uistinu njezin promjer te se navedeno izražava koeficijentom razlivenosti kapljice (Šumanovac, L. i sur., 1994). Korekcijski faktori određeni su eksperimentalno i ne mijenjaju se pri uporabi *Syngenta* i *CIBA* VOP - a. Dakle, ako se pomoću VOP - a određuje veličina kapljica, koriste se faktori preračunavanja koji su laboratorijski određeni za standardne VOP - e (*Syngenta* i *CIBA*). Kapljica koja padne na VOP poveća svoj promjer te tako daje netočan podatak o veličine kapljice, tj. prelazi iz trodimenzionalnog stanja u dvodimenzionalno. Stoga, primjenom laboratorijski određenog korekcijskog faktora izbjegavaju se greške o veličini kapljica. 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). Dobivene korekcijske faktore za određivanje veličine kapljica koriste znanstvenici širom svijeta u svjetski poznatim radovima (Fox, R.D. i sur., 2003). S podatkom veličine kapljica razvrstanih po razredima veličina, izračunavaju se različiti oblici srednjih volumnih promjera kapljica – aritmetički promjer, srednji volumni promjer i ostalo (Wolf, R.E. i sur., 1999).

Metoda s VOP - ima svjetski je najprihvatljivija metoda za poljsko određivanje navedenih čimbenika (srednji promjer kapljica, broj kapljica po kvadratnom centimetru, pokrivenost tretirane površine i slično) dok se u laboratoriju koristi laserska metoda s *PDPA* (*Phase Dopler Particle Analyser*). Metoda je skupa i vrlo točna, te je koristi nekoliko instituta u Europi (Nuyttens, D. i sur., 2007). Ovisno o metodi obrade VOP - a, rezolucija slike kreće se od 15,6 μm/piksel do 30 μm/piksel. Metode *USDA – ARS, DopletScan* i *Swat Kit 3.0* s faktorima za preračunavanje veličine kapljica daju približno isti podatak o veličini kapljica do 800 μm (Hoffman, W.C. i Hewitt, A.J., 2005). Navedene tri metode pokazale su statistički značaj u međusobnim interakcijama što je utvrdilo njihovu pouzdanost te daju prave podatke o pokrivenosti površine i veličine kapljica.

2.5. Norma raspršivanja i bujnost nasada

Na temelju različite bujnosti krošnje u različitim godinama ili različitom razvojnom stadiju, Matthews, G.A. (1992) uvodi parametre *LAI* (*leaf area indeks*) i *LAD* (*leaf area density*) za izračunavanje potrebne norme raspršivanja, prema predloženim formulama. *LAI* dovodi u odnos veličinu lisne površine s površinom tla nad kojom se nalazi krošnja, a *LAD* dovodi u odnos lisnu površinu s obzirom na obujam u kojem se istraživani listovi nalaze. Uz navedene parametre norma raspršivanja ovisi i o gustoći nasada, habitusu i vegetacijskom dobu. Veliki problemi nastaju kad se govori o količini vode koja će se koristiti pri zaštiti bilja. Očekivano, ako se radi o većoj lisnoj masi koristi se i veća norma raspršivanja. Suvremena tehnologija i razvijena poljoprivredna područja određuju *LAI* pomoću GPS tehnologije i satelita, pa u svakom trenutku razvoja biljaka moguće je odrediti optimalnu normu raspršivanja (Johnson, L.F. i sur., 2001; Jurišić, M. i Plaščak, I., 2009). U područjima gdje je ta tehnologija nedostupna, točna količina teško se određuje i ovisi o stručnosti rukovatelja i razvijenim modelima izračunavanja. Različiti autori tvrde kako norma raspršivanja utječe na pokrivenost površine i depozit sredstva kod trajnih kultura. Kod nekih je utjecaj veći, a kod nekih manji. Glavni razlog te varijacije je uzgojni oblik i bujnost krošnje pa se za svaki nasad mora posebno određivati norma raspršivanja (Farooq, M. i sur., 2002).

3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZA

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

Navedenje tvrdnje ispitivane su poljskim pokusom kroz ekploataciju radijalnog raspršivača. Pri radu raspršivača kombinirani su različito postavljeni glavni tehnički čimbenici raspršivanja (norma raspršivanja, brzina rada uređaja i *ISO* broj mlaznice) kako bi se dobili podaci o koeficijentu pokrivenosti lisne površine, tj. postotku pokrivene tretirane površine pri svakom tretmanu. Statističkom obradom podataka (relevantne statističke metode: analiza varijnce, korelacija i regresija, *LSD post hoc* test, *sign* test) istraživanja izveden je zaključak o podešavanju tehničkih čimbenika raspršivanja koji rezultira najvećom pokrivenošću površine u nasadu vinograda, te je njihovom zajedničkom interakcijom određena statistički značajna razlika za svaki tretman.

Glavni cilj ovog istraživanja bio je provjeriti navedenu hipotezu za radijalni raspršivač u nasadu vinograda praćenjem sljedećih svojstava u poljskom pokusu:

- utvrđivanje utjecaja *ISO* broja mlaznice na pokrivenost tretirane lisne površine, broj kapljica po centimetru kvadratnom, promjer kapljica i zanošenje tekućine;
- utvrđivanje utjecaja radne brzine raspršivača na pokrivenost tretirane lisne površine, broj kapljica/cm^2, promjer kapljica i zanošenje tekućine;
- utvrđivanje utjecaja norme raspršivanja na pokrivenost tretirane lisne površine, broj kapljica/cm^2, prosječni promjer kapljica i zanošenje tekućine.

Prilikom istraživanja praćen je utjecaj radnog tlaka na dana svojstva istraživanja te korištena različita radna brzina i protok zračne struje. Uz navedena svojstva istraživanja utvrđeni su i koeficijenti *LAI* te *LAD* za trajni nasad vinograda.

4. MATERIJALI I METODE

4.1. Raspršivač *Hardi Arrow*

Hardi Arrow (slika 1.) klasični je radijalni vučeni raspršivač sa sljedećim fizičkim karakteristikama: obujam spremnika od 1 000 l, dužine 3 m, visine 2,1 m i širine 1,5 m. Na raspršivač je instaliran radijalni ventilator promjera 800 mm sa 40 lopatica s kojima se može ostvariti maksimalni protok zraka do 27 000 m^3/h. Radijalni ventilator stvara manji protok zraka uz veće brzine. Dijelovi ventilatora i lopatica izrađeni su od aluminija i sintetičkih polimera pa su otporni na udarce stranih predmeta. Također, instalirana je *Hardi* klipno – membranska crpka kapaciteta 140 l/min (model crpke 363 – dvije membrane) pri radnom tlaku od 20 bar te elektronska regulacija i kontrola raspršivanja (ECV). Na ovome tipu raspršivača mlaznice se nalaze na krajevima savitljivih vodova, po jedna mlaznica u svakome vodu, s ukupno pet vodova sa svake strane stroja. Struja zraka iz radijalnog ventilatora prolazi kroz te savitljive vodove, zahvaća tekućinu iz mlaznica te se time obavlja hidropneumatska dezintegracija mlaza i transport tekućine na cilj raspršivanja.



Slika 1. Radijalni raspršivač *Hardi Arrow*

4.2. Lechler TR 80 mlaznice

U ovom istraživanju na radijalnom raspršivaču instalirane su mlaznice *Lechler TR 80* koje su označene kao faktor A u statističkoj obradi podataka. U obradi podataka prvo je ispitivan utjecaj tipa mlaznice na pokrivenost površine. Korištena su tri tipa mlaznica:

- 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.



Slika 2. *Lechler TR 80* mlaznice

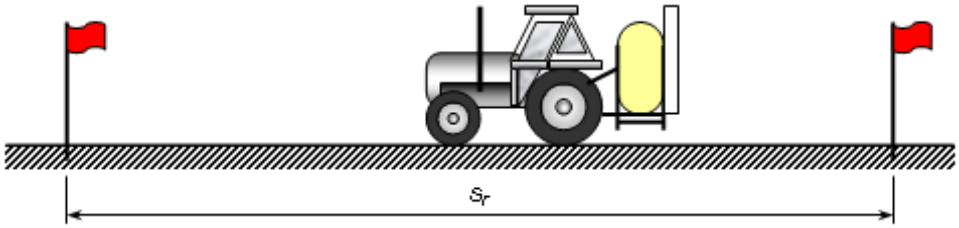
Svaki od navedenih tipova mlaznica označen je pojedinom bojom prema *ISO 10625* standardu. Prema tom standardu svaka mlaznica uz navedenu boju ostvaruje specifični protok tekućine u američkim galonima (1 AG = 3,785 l), te je definirana radnim kutom i protokom. Mlaznica *Lechler TR 80 – 03* označena je plavom bojom, mlaznica *Lechler TR 80 – 02* žutom bojom, a mlaznica *Lechler TR 80 – 015* zelenom bojom (slika 2.).

Povećanje protoka mlaznice s obzirom na povećanje radnog tlaka nije linearno, već se za dobivanje dvostrukog iznosa protoka mlaznice, radni tlak treba povećati četverostruko.

Već je navedeno kako *Lechler TR 80* mlaznice ostvaruju mlaz pod radnim kutom od 80° koji je šuplje konusne izvedbe i uglavnom se koristi u zaštiti voćnjaka i vinograda. Mlaz ulazi u zračnu struju te se hidropneumatskom dezintegracijom nanosi na cilj zaštite. Mlaznice su izrađene od plastičnih polimera s keramičkim uloškom kojeg je moguće izvaditi iz tijela mlaznice zbog čišćenja. Oko mlaznice u nosaču raspršivača instaliran je gumeni zaptivač koji onemogućuje kapanje tekućine te su ugrađeni protukapajući ventili i pročistači mlaznica (50 *mesha*).

4.3. Određivanje brzine raspršivača

Brzina rada raspršivača za vrijeme eksploatacije vrlo je bitan tehnički čimbenik raspršivanja, pa je u statističkoj obradi podataka označena kao faktor B. U istraživanju se variralo s dvije brzine rada (6 i 8 km/h). Točnost traktorskog uređaja za mjerenje brzine rada provjereno je mjerenjem vremena (zaporni sat) u kojem je traktor prelazio zadani poljski put (unutar vinograda u kojem je obavljeno istraživanje) na udaljenosti od 100 m (razmjeren metrom i označen zastavicama), (slika 3.). Za vrijeme mjerenja na traktor je agregatiran raspršivač s napunjenim spremnikom i uključenim ventilatorom. Prije prve mjerne zastavice traktor je postigao traženu radnu brzinu.



Slika 3. Mjerenje brzine rada raspršivača

Računanje brzine rada određeno je prema izrazu:

$$v_r = \frac{s_r}{t_r}$$

gdje je:

v_r – brzina rada raspršivača, m/s

s_r – prijeđeni put raspršivača, m

t_r – vrijeme potrebno za prelazak zadanog puta, s

Teorijska brzina rada raspršivača usko je povezana s učinkom ventilatora. Ventilatori s manjim protokom zraka mogu ostvariti bolje rezultate pokrivenosti površine, ako se brzina rada smanjuje. Teorijska brzina rada raspršivača može se izračunati iz izraza (*Hardi International*):

$$v_t = \frac{Q_z \cdot f}{1.000 \cdot b_m \cdot h}$$

gdje je:

v_t – teorijska brzina rada raspršivača, km/h

Q_z – protok zraka, m^3/h

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

b_m – širina mlaza, m

h – visina nasada, m

Tijekom istraživanja mjerenje je ponovljeno pet puta (za obje brzine rada) te je ostvarena prosječna brzina rada uspoređena s brzinom rada traktora koju očitava traktorist. Nakon usklađivanja brzina obavila su se poljska ispitivanja, gdje je brzina rada traktora održavana ručnim gasom. Zabilježen je stupanj prijenosa i broj okretaja motora traktora koji se ostvaruje pri traženoj brzini rada u ispitivanju.

4.4. Određivanje norme raspršivanja

Još jedan važan tehnički čimbenik u istraživanju je i norma raspršivanja i označena je kao faktor C. Norma raspršivanja daje podatak o količini vode (l/ha) koja će se raspršiti po nasadu. Za potrebe vinograda korištene su manje količine tekućine zbog manjeg uzgojnog oblika i manje lisne površine, te se variralo s tri norme raspršivanja: 250, 300 i 350 l/ha.

Kako je navedeno u pregledu literature u svijetu se koriste različite teorijske metode određivanja norme raspršivanja. Najčešće korištena metoda je TRV (tree row volume) koja koristi čimbenike visine i širine nasada te širine krošnje (slika 4.) Ovom metodom izračunava se obujam vegetacije, tj. obujam nasada koji se nalazi na uzgojnom prostoru (1ha) i može se izračunati iz izraza (Deveau, S.T., 2010; Doruchowski, G. i sur., 2012):

$$TRV = \frac{h_n \cdot b_k \cdot 10.000}{b_r}$$

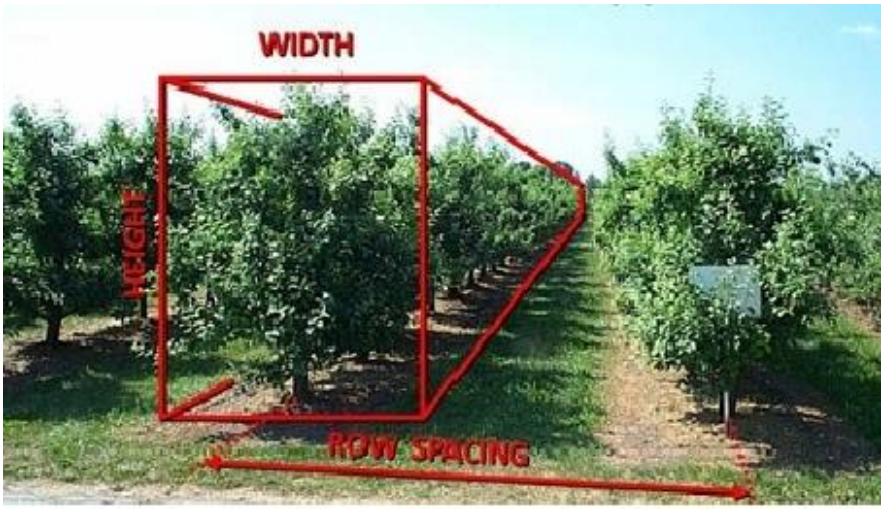
gdje je:

TRV (*three row volume*) – obujam nasada, m^3/ha

h_n – visina nasada, m

b_k – širina krošnje, m

b_r – širina reda, m



Izvor: Doruchowski, G. i sur. 35

Slika 4. Određivanje obujma nasada

Metoda je utemeljena na mjerenju obujma vegetacije koja se nalazi na 1 ha i količini tekućine koja je potrebna za raspršivanje u tom obujmu. Pomoću TRV metode može se izračunati teorijska norma raspršivanja pomoću izraza (*Hardi International*):

$$N_r = \frac{TRV \cdot k}{1.000}$$

gdje je:

N_r – norma raspršivanja, l/ha

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

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

Teorijska norma potrebna za tretiranje kreće se od 10 – 125 l/1 000 m^3, ali u našim agroekološkim uvjetima, uzgojnim oblicima i indeksu lisne gustoće najčešće se koristi od 20 – 80 l/1 000 m^3.

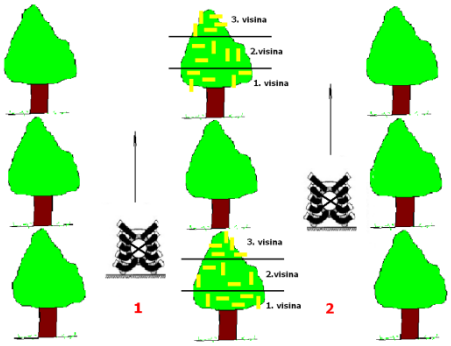
4.5. Vodoosjetljivi papirići (VOP)

U pregledu literature navedeno je kako VOP - i predstavljaju najprihvatljiviju poljsku metodu za određivanje pokrivenosti tretirane lisne površine i veličine kapljica. S razvojem tehnologije (računala, fotoaparati i skeneri) ova metoda je postajala sve popularnija te u današnje vrijeme služi za izračune s visokom točnošću. VOP - e čine žute trake dimenzija 75 x 25 mm i na površini imaju tanki film bromfenola koji u dodiru s vodom poplavi. Kada kapljica tekućine padne na VOP ostavlja plavi otisak koji služi za određivanje stupnja pokrivenosti tretirane površine i veličine kapljica korištenjem korekcijskog faktora. U ovom istraživanju koristili su se VOP - i tvrtke *Syngenta*.



Slika 5. Vodoosjetljivi papirić (VOP) na vinovoj lozi

Metodika postavljanja VOP - a na istraživanu kulturu temeljena je prema metodici autora De Moor, A. i sur., 2000. VOP –i su u istraživanju postavljeni na lice i naličje listova na tri razine trsa u vinogradu. Donja razina bila je od cca. 0 – 43 cm, srednja od 43 – 86 cm, te vršnu od 86 – 130 cm. Zbog dobivanja podataka o uniformnoj pokrivenosti tretirane površine cijelog trsa na svaku razinu postavlja se pet VOP - a te se koriste četiri trsa u ponavljanju. Za svaki trs koristi se 15, a za tretman 60 VOP - a. Postavljani su uvijek na iste trsove za svaki tretman jer su na njima određeni *LAI* i *LAD*.



Slika 6. Shema postavljanja VOP - a

4.6. Računalna metoda analize slike

Nakon poljskih ispitivanja, VOP - i su obilježeni, evidentirani i sakupljeni zbog fotografiranja i obrađivanja računalnom analizom slike. Računalna analiza slike je brza, lako ponovljiva, objektivna i relativno jeftina metoda. Ispitivanje pokrivenosti lisne površine (PLP) započinje digitalizacijom uzorka odnosno fotografiranjem u kontoliranim uvjetima komore za slikanje prema adekvatnim postavkama digitalne kamere i rasvjete.

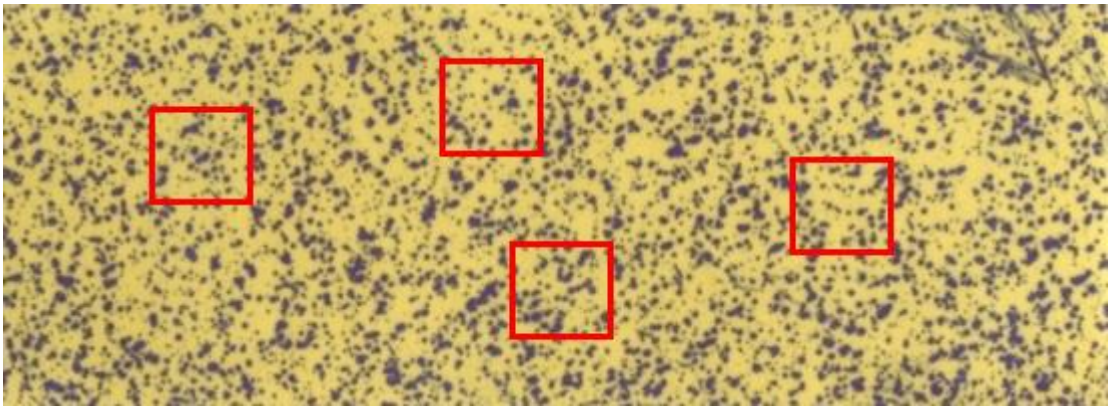
Sustav za analizu slike sastoji se od: rasvjete, fotoaparata/skenera i računala. Sustav registrira promjenu PLP uzorka pomoću tri senzora. Rasvjeta, tj. vrsta svjetlosti predstavlja važan element pri računalnoj analizi slike jer boja analiziranog uzorka ovisi o količini svjetlosti koja se reflektira s površine uzorka. Kako bi rezultat analize boje bio što precizniji važno je osigurati osvijetljenje prikladno svojstvima uzorka kojeg se fotografira. Nakon fotografiranja uzorka slijedi pohrana slike na računalo u TIFF formatu gdje se na slikama primijenjuje 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).

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:

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

4.7. Utvrđivanje veličine i broja kapljica/cm^2 tretirane površine

Tijekom pregleda literature navedeno je kako se veličina kapljica smanjuje s povećavanjem radnog tlaka te kako raste njihov ukupni broj u mlazu. Isto tako, smanjivanjem *ISO* broja mlaznice smanjuje se veličina kapljica. Istraživanje je usmjereno na utvrđivanje veličine i broja kapljica pomoću VOP - a (za određivanje navedenog korišteni su isti papirići kao i za određivanje pokrivenosti površine). Pomoću 60 papirića određena je veličina i broj kapljica za navedeni tretman, uz razliku što računalnom analizom slike nije obrađen cijeli VOP nego četiri specifične površine od 1 cm^2 po listiću (Fox, R.D. i sur., 2003), što je vidljivo na slici 7. Na površini od 4 cm^2 po listiću, uzete slučajnim odabirom određena je veličina kapljica i njihov broj. Prema tome, po stablu obrađena je površina od 60 cm^2, a za cijeli tretman površina od 240 cm^2.



Slika 7. Slučajno odabrane površine na VOP - u

Program koji se koristi za računalnu analizu slike ImageJ (opisano u prethodnom poglavlju) lako određuje broj kapljica po ispitivanoj površini i svrstava ih u 6 razreda veličine otiska kapljice na VOP - u (tablica 2.). Dakle, određen je broj kapljica/cm^2 (*PC – particle count*) i prosječna veličina otiska kapljica (*PS_{AVG} – Average Particle Size*).

Tablica 2. Razredi veličine otiska kapljice i faktori preračunavanja

Razred otiska kapljice	d_k	Faktor preračunavanja otiska kapljice u promjer kapljice,µm
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 raspršri kreće se u trodimenzionalnom prostoru do cilja zaštite, tada pada na list (u ovom slučaju VOP) i dobiva dvodimenzionalni karakter razlijevajući se po površini. Kako bi se odredio njezin prvobitni promjer koriste se korekcijski faktori za dobivanje podatka o veličini kapljica. Korekcijski faktori su eksperimentalno određeni (Harz, M. i Knoche, 2001) i koristili su ih mnogi autori (Fox, R.D. i sur., 2003; Hoffman, W.C. i sur., 2005; Marcal, R.S. i sur., 2008). Stoga, korekcijski faktori korišteni su za preračunavanje otiska kapljica na VOP - u (PS) u rezultat stvarne veličine kapljica. U tablici 2. prikazana je podjela otisaka kapljica na VOP - u prema razredima veličine otiska (µm) i faktori preračunavanja za pojedine razrede.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U ovom istraživanju utvrđeni su LAI i LAD za vinograd (poglavlje 5.1.), izmjerena je brzina i protok zraka raspršivača (poglavlje 5.2.) te je provedeno i mjerenje brzine rada raspršivača (poglavlje 5.3.). Nakon provedenih istraživanja metodom računalne analizen slike određena su glavna svojstva istraživanja – broj kapljica/cm^2, prosječni promjer kapljica, pokrivenost tretirane površine te zanošenje tekućine (poglavlje 5.4.).

5.1. Rezultati utvrđivanja LAI – a i LAD – a

Već je navedeno kako indeks lisne površine (*LAI*) i indeks lisne gustoće (*LAD*) daju podatke o karakteristikama vegetativne površine trajnog nasada. Indeks lisne površine predstavlja omjer ukupne lisne površine nasada i uzgojne površine nad kojom se biljka nalazi, dok indeks lisne gustoće govori o ukupnoj lisnoj površini u određenom obujmu krošnje. Tijekom razvoja nasada, *LAI* i *LAD* rastu do ostvarenja punog uzgojnog oblika (4 – 5 godina razvoja) koji malo varira u kasnijim godinama, a određen je razmacima biljaka unutar reda i između redova, te načinom rezanja i održavanja trajnog nasada. Tijekom jednog vegetacijskog razdoblja navedeni indeksi rastu do pojave cvatnje i oplodnje, nakon čega su manje - više konstantni do kraja vegetacije. Istraživanja u vinogradu provode se krajem svibnja i početkom lipnja dok se vinova loza nalazi u fazi pred cvatnju.

Tablica 3. Uzgojne karakteristike vinograda

Broj trsa	Visina trsa, 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
$\overline{X}$	**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

U tablici 3. prikazane su uzgojne karakteristike vinograda u kojem je provedeno istraživanje. Rezultati su prikazali kako vinograd s međurednim razmakom od 2,8 m i razmakom u redu od 0,90 m ostvaruje prosječnu visinu trsova od 1,84 m, dok je prosječna visina krošnje 1,30 m. Prosječna širina krošnje iznosi 1,19 m dok prosječna širina krošnje u redu iznosi 0,60 m. S navedenim uzgojnim karakteristikama vinograda dobiva se prosječna uzgojna površina od 0,73 m^2. Također, u tablici 3. uočava se kako prosječni *LAI* za vinograd iznosi 1,65 m^2/m^2 s koeficijentom varijacije od 10,49% (minimalna vrijednost 1,27 m^2/m^2, a maksimalna 1,85 m^2/m^2). Prosječni *LAD* za vinograd iznosi 15,45 m^2/m^3 s koeficijentom varijacije od 13,97 % (minimalna vrijednost 12,31 m^2/m^3, a maksimalna 20,03 m^2/m^3).

5.2. Rezultati mjerenja brzine i protoka zraka

Uzgojni oblici nasada i tehhnička izvedba raspršivača uvjetuju različite brzine i protoke zraka. Tako se za vinograd podešavaju relativno manji protoci zraka u odnosu na nasade s bujnijim krošnjama zbog različitog uzgonog oblika i lisne mase. Primjerice, radijalni raspršivač (*Hardi Arrow*) u nasadu jabuka ostvaruje protok zraka 10 256,16 m^3/h što je znatno veći protok nego u vinogradu, gdje iznosi 6 248,33 m3/h.

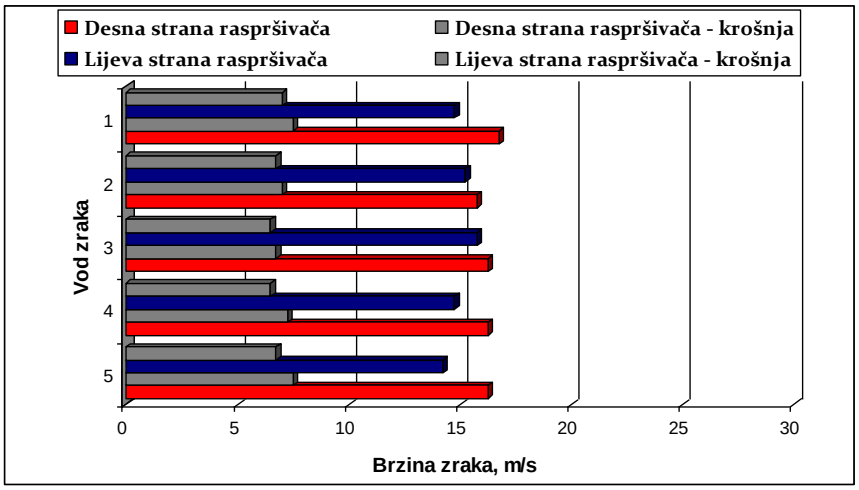
Tablica 4. Prosječne vrijednosti mjerenja brzine zraka radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu

Radijalni raspršivač *Hardi Arrow*						
	Desna strana stroja – brzina zraka			Lijeva strana stroja – brzina zraka		
Mjerenje*	Na usmjerivaču, m/s	Na rubu krošnje, m/s	Smanjenje brzine zraka, %	Na usmjerivaču, m/s	Na rubu krošnje, m/s	Smanjenje brzine zraka, %
1. vod	16,75	7,50	55,22	14,75	7,00	52,54
2. vod	15,75	7,00	55,56	15,25	6,75	55,74
3. vod	16,25	6,75	58,46	15,75	6,50	58,73
4. vod	16,25	7,25	55,38	14,75	6,50	55,93
5. vod	16,25	7,50	53,85	14,25	6,75	52,63
$\overline{X}$	**16,25**	**7,20**	**55,69**	**14,95**	**6,70**	**55,11**
σ	0,35	0,33	1,69	0,57	0,21	2,59
K.V., %	2,18	4,53	3,03	3,81	3,12	4,71

* najniže postavljeni vod na raspršivaču označen je s brojem 5

Prilikom eksploatacije radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu broj okretaja ventilatora podešen je na 1. poziciju (tablica 4.). U tom slučaju desna strana stroja na usmjerivaču zraka ostvaruje prosječnu brzinu zraka od 16,25 m/s, a lijeva strana stroja 14,95 m/s. Na najnižem dijelu desne strane stroja prosječna brzina zraka iznosi 16,25 m/s do 16,75

m/s na najvišem dijelu uz koeficijent varijacije od 2,18 %. Što se tiče lijeve strane stroja na najnižem dijelu prosječna brzina zraka iznosi 14,25 m/s do 14,75 m/s na najvišem dijelu uz koeficijent varijacije od 3,81 %. Povećanje visine mjerenja ne rezultira smanjenjem brzine zraka već se ostvaruje ravnomjerna vertikalna distribucija uz relativno male koeficijente varijacija. Uspoređujući desnu i lijevu stranu rada radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu rezultati pokazuju kako su brzine usmjerene na desnu stranu u odnosu na lijevu, s razlikom od 8 %. Također, utvrđeno je kako je verikularna distribucija zraka ravnomjerna s relativno malom devijacijom i koeficijentom varijacije, koji kod desne strane stroja iznosi 2,18 % dok kod lijeve 3,81 %. Uslijed kretanja struje zraka prema krošnji dolazi do smanjenja prosječne brzine zraka pa na desnoj strani stroja iznosi 7,20 m/s (smanjenje brzine zraka za 55,69 %), a na lijevoj strani 6,70 m/s (smanjene brzine zraka za 55,11 %), (grafikon 1.).



Grafikon 1. Vertikalna distribucija brzine zraka radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu

Svi tretmani u vinogradu s radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) koriste ukupni protok zraka od 6 248,33 m^3/h. Teorijski protok zraka za brzinu rada od 6 km/h iznosi 7 176,00 m^3/h, a za brzinu rada od 8 km/h iznosi 9 568,00 m^3/h. Specifični protok zraka za radnu brzinu od 6 km/h iznosi 38,09 m^3/km dok za radnu brzinu od 8 km/h iznosi 50,79 m^3/km (tablica 5.).

Tablica 5. Rezultati protoka zraka radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu pri izvođenju istraživanja

Protok zraka pri izvođenju istraživanja		
	6 km/h	8 km/h
Stvarno korišteni protok zraka, m^3/h	**6.248,33**	
Teorijski protok zraka, m^3/h (f=2)	7.176,00	9.568,00
Specifični protok zraka, m^3/km	38,09	50,79

5.3. Rezultati ostvarenih vremena potrebnih za obavljanje tretmana

Pomoću zapornog sata obavljeno je mjerenje vremena za obavljanje pojedinog tretmana tijekom cjelokupnog istraživanja. U planu istraživanja postavljenje 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, dok pri brzini rada od 8 km/h isti put za 45 s. Za obavljanje cjelokupnog tretmana raspršivač ispitni red tretira u dva prohoda uz mjerenje vremena potrebnog za obavljanje istih. Vremenski otkloni za obavljanje tretmana bili su minimalni jer je kontrolna ploča traktora tijekom istraživanja točno prikazivala traktorsku brzinu rada. U tablici 6. prikazani su rezultati mjerenja vremena za obavljanje pojedinog tretmana u oba prohoda te njihov prosječni otklon od zadanog vremena.

Tablica 6. Rezultati mjerenja vremena pri obavljanju tretmana s radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u vinogradu

Tretman	Brzina rada	I. prohod, s	II. prohod, s	Prosjek otklona*, %
1.	1, 6 km/h	58,44	60,22	1,52
2.	2, 6 km/h	59,51	60,36	0,71
3.	3, 6 km/h	60,89	59,81	0,89
4.	4, 8 km/h	45,54	45,39	1,02
5.	5, 8 km/h	45,39	45,35	0,82
6.	6, 8 km/h	46,01	46,11	2,30
7.	7, 6 km/h	60,07	60,89	0,79
8.	8, 6 km/h	61,12	61,23	1,92
9.	9, 6 km/h	58,88	61,71	2,34
10.	10, 8 km/h	46,82	45,74	2,77
11.	11, 8 km/h	45,85	45,38	1,35
12.	12, 8 km/h	45,49	45,79	1,40
13.	13, 6 km/h	60,51	60,43	0,78
14.	14, 6 km/h	60,58	60,59	0,97
15.	15, 6 km/h	61,78	61,49	2,65
16.	16, 8 km/h	45,49	46,08	1,71
17.	17, 8 km/h	46,48	45,44	2,09
18.	18, 8 km/h	45,88	45,49	1,50
Vrijeme obavljanja tretmana, s				
	6 km/h		8 km/h	
$\overline{X}$	60,47		45,76	
σ	0,90		0,41	
K.V., %	1,50		0,90	
Prosječni otklon, %	**0,78**		**1,67**	

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

5.4. Rezultati mjerenja glavnih svojstva istraživanja

Nakon završetka poljskog istraživanja prikupljeni su VOP - i, evidentirani te 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 postavlja se 15 papirića, a za izvođenje jednog tretmana koriste se 4 stabla u ponavljanju.

Pri određivanju broja i veličine kapljica korišteni su isti VOP - i. Uz to što u određuje broja kapljica sa 4 specifične površine papirića - *PC (engl. Particle Count)* računalni program *ImageJ* određuje i prosječni promjer kapljica - PS_{AVG} *(engl. Average Particle Size).* Dobivena vrijednost PS_{AVG} predstavlja prosječni promjer otiska kapljice na VOP – u. Prosječni promjer kapljica uz korekcijske faktore omogućuje određivanje stvarnog promjera kapljica.

Računalni program *ImageJ* pruža mogućnost i određivanja zanošenja tekućine, budući da određuje ukupnu površinu papirića *A* i ukupnu površinu koju prekrivaju kapljice *TPA* iz kojih se izračunava *AF*. Zanošenje se mjeri u dva bočna netretirana reda (između dva stabla gdje je pojava zanošenja najveća) sa četiri ponavljanja za svaki tretman. Dobivene vrijednosti zanošenja izražavaju se po kategorijama intenziteta (tablica 7.).

Tablica 7. 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

5.4.1. Rezultati mjerenja pokrivenosti tretirane površine

U tablici 8. prikazani su ostvareni rezultati prilikom provođenja istraživanja pokrivenosti tretirane površine u vinogradu s radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*). U tablici 8. s jednom zvjezdicom (*) označena je prosječna pokrivenost tretirane površine po tretmanu, a s dvije zvjezdice (**) označena je prosječna pokrivenost tretirane površine po

visinama koja je podijeljena na tri stupca (D - donja razina, S - srednja razina, V - vršna razina).

Tablica 8. Rezultati ostvarene prosječne pokrivenosti tretirane površine po pojedinom tretmanu – radijalni raspršivač (*Hardi Arrow*) 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	38,24			4,00	10,46
			43,81	36,46	34,44	4,93	12,90
TR 8003C	6	300	41,27			2,44	5,90
			44,60	34,80	44,40	5,60	13,57
TR 8003C	6	350	54,42			6,30	11,58
			53,13	53,49	56,63	1,92	3,53
TR 8003C	8	250	47,84			5,00	10,45
			58,38	44,69	40,44	9,37	19,59
TR 8003C	8	300	53,10			6,15	11,58
			49,50	54,10	55,70	3,22	6,06
TR 8003C	8	350	41,25			5,14	12,30
			53,00	34,34	36,42	10,22	24,78
TR 8002C	6	250	46,07			5,39	11,71
			48,11	45,00	45,12	1,76	3,82
TR 8002C	6	300	43,87			2,74	6,26
			44,78	37,99	48,84	5,48	12,50
TR 8002C	6	350	67,56			3,66	5,42
			65,96	74,19	62,53	6,00	8,88
TR 8002C	8	250	44,75			2,90	6,48
			39,81	41,32	47,96	4,34	10,08
TR 8002C	8	300	63,59			3,63	5,71
			65,33	59,06	66,40	3,97	6,24
TR 8002C	8	350	61,70			8,09	13,11
			55,15	63,96	65,98	5,76	9,34
TR 80015C	6	250	48,02			2,08	4,33
			43,08	47,39	53,59	5,39	11,71
TR 80015C	6	300	61,48			6,90	11,11
			57,15	63,46	63,82	3,75	6,10
TR 80015C	6	350	61,24			8,16	13,32
			50,25	62,14	71,34	10,57	17,26
TR 80015C	8	250	49,38			7,21	12,71
			49,01	44,67	57,56	6,56	13,01
TR 80015C	8	300	64,08			5,89	12,99
			53,52	61,93	76,79	11,78	18,39
TR 80015C	8	350	67,87			2,13	3,13
			68,85	58,48	76,29	8,94	13,18
		$\overline{X}$ tretmana	53,15			4,88	9,36
		$\overline{X}$ visina	52,41	50,99	56,08	6,09	11,72

Iz tablice 8. očigledno je kako najveću pokrivenost tretirane površine (67,87 %) ostvaruje tretman sa zelenom mlaznicom pri brzini rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 350 l/ha. Nasuprot tome, najmanja pokrivenost tretirane površine (38,24 %) ostvarena je tretmanom s plavom mlaznicom pri brzini rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 250 l/ha. Prosječna pokrivenost tretirane površine iznosi 53,15 % s prosječnim otklonom između ponavljanje od 9,36 %. Rezultati pokazuju kako je prosječno najbolje pokrivena vršna (56,08 %), zatim donja (52,41 %), a najmanje srednja razina trsa (50,99 %).

U tablici 9. prikazane su prosječne vrijednosti pokrivenosti tretirane površine za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije (A_1 - plava mlaznica, A_2 - žuta mlaznica, A_3 - zelena mlaznica; B_1 - 6 km/h, B_2 - 8 km/h; C_1 - 250 l/ha, C_2 - 300 l /ha, C_3 - 350 l/ha).

Tablica 9. Analiza varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine

		B_1			B_2	
A	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3
A_1	38,16	41,61	54,13	48,64	52,67	41,88
A_2	46,10	43,87	65,31	44,69	63,71	62,17
A_3	48,98	59,17	64,22	50,32	62,63	67,60
$\overline{x}$ BC	44,41	48,22	61,88	47,88	59,67	56,55

	Interakcija AB		Interakcija AC			
	B_1	B_2		C_1	C_2	C_3	$\overline{x}$ A
A_1	44,63	47,73		43,40	47,14	48,00	46,18
A_2	52,43	56,86		45,39	53,79	64,74	54,64
A_3	57,46	59,52		49,65	60,90	64,91	58,49
$\overline{x}$ B	51,50	54,70	$\overline{x}$ C	46,15	53,49	59,22	

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD $_{0,05}$	5,42	2,48	3,73	4,78	7,23	5,58	12,31
LSD $_{0,01}$	7,36	3,26	5,06	6,70	10,52	7,82	20,43
F - test	21,78**	4,21*	23,76**	0,19 n.s.	3,02*	9,68**	3,39*
p	0,0000	0,0449	0,0000	0,8243	0,0254	0,0002	0,0150

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

Rezultati iz tablice 9. prikazuju kako je s obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo kako su svi ispitivani čimbenici signifikantni ($P < 0,01$-$0,05$), osim interakcije tipa mlaznice i brzina rada.

Pokrivenost tretirane površine s obzirom na tip mlaznice kreće se od 46,18 % (plava) do 58,48 % (zelena). Značajne su i razlike u pokrivenosti tretirane površine pa zelena mlaznica pokazuje najbolju pokrivenost tretirane površine (21,04 % više u odnosu na plavu i 6,58 % u odnosu na žutu mlaznicu), dok žuta pokazuje bolju pokrivenost tretirane površine za 15,48 % u odnosu na plavu mlaznicu, nesignifikantno.

S obzirom na brzinu rada, pokrivenost tretirane površine kreće se od 51,50 % (6 km/h) do 54,70 % (8 km/h). Brzina rada od 8 km/h ostvaruje statistički značajan bolji rezultat pokrivenosti tretirane površine za 5,85 %.

Gledajući normu raspršivanja, pokrivenost tretirane površine kreće se od 46,15 % (250 l/ha) do 59,22 % (350 l/ha). Razlike u pokrivenosti tretirane površine bile su statistički vrlo značajne i to norma od 300 l/h u odnosu na 250 l/ha za 13,71 %. Norma raspršivanja od 350 l/ha pokazuje bolju pokrivenost za 22,07 % u odnosu na 250 l/ha i 9,67 % u odnosu na 300 l/ha.

Analizom varijance statistički značajnu razliku pokazuje interakcija (AC) tipa mlaznice i norme raspršivanja, a pokrivenost se kreće od 43,40 % (plava mlaznica i brzina rada od 6 km/h) do 64,91 % (zelena mlaznica i brzina rad od 8 km/h). Između navedenih interakcija vrijedi minimalna statistička značajnost ($\alpha_{0,05}$) od 7,23 %. Značajna razlika utvrđuje se interakcijom (BC) brzine rada i norme raspršivanja, a pokrivenost tretirane površine kreće se od 44,41 % (brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 61,88 % (brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha). Minimalna značajna razlika ($\alpha_{0,05}$) između ovih interakcija iznosi 5,58%.

Kombinirajući sva tri tehnička čimbenika raspršivanja ostvaruje se statistički značajna razlika jer se vrijednosti kreću od 38,16 % (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 67,60 % (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha) uz signifikantnost ($\alpha_{0,05}$) između interakcija od 12,31 %.

5.4.2. Rezultati mjerenja veličine i broja kapljica/cm^2

Tablica 10. prikazuju ostvarene rezultate potrebne za utvrđivanje prosječnog promjera kapljica i broja kapljica/cm^2 u istraživanju provedenom s radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u vinogradu.

Tablica 10. Rezultati mjerenja veličine i broja kapljica/cm^2 s radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u vinogradu

Tretman	*p*, bar	$\bar{n}_k$ /cm^2	σ	*K.V.*, %	$\bar{d}_k$, µm	σ	*K.V.*, %
P6250	1,51	39,75	4,45	11,48	289,21	11,84	4,10
P6300	2,18	29,50	3,25	11,40	214,35	23,07	10,81
P6350	2,97	40,67	5,50	13,53	203,37	10,66	5,26
P8250	2,69	48,17	3,20	6,65	214,84	6,35	2,97
P8300	3,88	36,75	4,01	11,22	204,83	15,43	7,56
P8350	5,29	96,25	8,69	9,03	166,49	23,31	14,04
Ž6250	3,25	63,33	6,28	9,91	185,15	18,38	9,94
Ž6300	4,68	96,42	13,17	13,66	182,59	5,85	3,22
Ž6350	6,38	81,26	6,38	7,85	162,27	12,69	7,84
Ž8250	5,78	75,92	11,33	15,12	171,17	10,31	6,04
Ž8300	8,33	87,58	6,58	7,61	175,58	13,70	7,85
Ž8350	11,34	117,52	15,45	13,27	166,28	6,50	3,92
Z6250	5,60	104,94	4,27	4,11	182,49	10,41	5,73
Z6300	8,07	96,29	10,26	10,66	191,11	15,21	7,96
Z6350	10,99	110,08	11,78	10,70	161,14	9,63	5,98
Z8250	9,96	105,14	3,00	2,85	160,92	9,29	5,83
Z8300	14,35	115,83	4,26	3,71	131,77	20,05	15,31
Z8350	19,53	124,77	12,57	10,82	120,96	4,86	4,04

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

Rezultati iz tablice 10. pokazuju sljedeće: pri tretmanu s plavom mlaznicom uz brzinu rada od 6 km/h, normom raspršivanja 300 l/ha i radnim tlakom od 2,18 bar utvrđen je najmanji prosječni broj kapljica/cm^2, 29,50. Najveći prosječni broj kapljica/cm^2, 124,77, utvrđen je kod tretmana sa zelenom mlaznicom pri brzini rada od 8 km/h, normom raspršivanja od 350 l/ha i radnim tlakom od 19,53 bar. Najmanji prosječni promjer kapljica, 120,96 µm, utvrđen je kod tretmana sa zelenom mlaznicom pri brzini rada od 8 km/h, normom raspršivanja od 350 l/ha te radnim tlakom od 19,53 bar. Najveći prosječni promjer kapljica, 289,21 µm, utvrđen je kod tretmana s plavom mlaznicom pri brzini rada od 6 km/h, normom raspršivanja od 250 l/ha te radnim tlakom od 1,51 bar.

U tablici 11. prikazane su prosječne vrijednosti broja kapljica/cm^2 za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije (A_1 - plava mlaznica, A_2 - žuta mlaznica, A_3 - zelena mlaznica; B_1 - 6 km/h, B_2 - 8 km/h; C_1 - 250 l/ha, C_2 - 300 l /ha, C_3 - 350 l/ha).

Tablica 11. Analiza varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm^2

		B_1			B_2	
A	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3
A_1	38,75	28,50	40,66	48,16	35,37	96,25
A_2	63,33	96,41	81,25	74,91	86,58	116,50
A_3	103,91	96,25	110,08	105,08	114,83	123,75
$\overline{X}$ BC	68,66	73,72	77,33	76,05	79,05	112,16

	Interakcija AB		Interakcija AC			
	B_1	B_2	C_1	C_2	C_3	$\overline{X}$ A
A_1	35,97	60,05	43,45	32,12	68,45	48,01
A_2	80,33	92,66	69,12	91,50	98,87	86,50
A_3	103,41	114,55	104,50	105,54	116,91	108,98
$\overline{X}$ B	73,24	89,09	$\overline{X}$ C 72,36	76,38	94,75	

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD $_{0,05}$	4,58	4,97	5,61	9,57	10,86	8,38	18,49
LSD $_{0,01}$	6,20	6,54	7,60	13,43	15,80	11,75	30,68
F - test	261,26**	51,79**	39,14**	3,51*	9,42**	18,63**	5,96**
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0367	0,0000	0,0000	0,0004

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

Prema rezultatima iz tablice 11. gledajući faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm^2, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je kako su svi ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$) i signifikantni ($P < 0,05$).

Uzimajući u obzir tip mlaznice, broj kapljica/cm^2 kreće se od 48,01 (plava) do 108,98 kapljica (zelena). Razlike u broju kapljica/cm^2 bile su vrlo značajne, osobito u odnosu žute naspram plave (više za 44,49 %). Zelena mlaznica raspršuje najviše kapljica/cm^2, i to 55,94 % više u odnosu na plavu te 20,62 % više u odnosu na žutu mlaznicu.

Gledajući faktor brzine rada, broj kapljica/cm^2 kreće se od 73,24 % (6 km/h) do 89,09 % (8 km/h). Pri brzini rada od 8 km/h raspršuje se više kapljica/cm^2 za 17,79 % u odnosu na brzinu rada 6 km/h.

S obzirom na normu raspršivanja, broj kapljica/cm^2 kreće se od 72,63 (250 l/ha) do 94,75 kapljica (350 l/ha). Razlike u broju kapljica/cm^2 bile su vrlo značajne, osobito kod norme od 350 l/h koja pokazuje bolje rezultate u odnosu na 250 l/ha za 23,63 % i 19,38 % u

odnosu na normu raspršivanja od 300 l/ha. Između normi raspršivanja od 250 i 300 l/ha nije utvrđena statistički značajna razlika iz razloga što norma raspršivanja od 300 l/ha raspršuje veći broj kapljica za samo 5,26 %.

Analizom varijance značajnu razliku pokazuje interakcija (AB) tipa mlaznice i brzine rada, gdje se vrijednosti broja kapljica/cm^2 kreću se od 35,97 (plava mlaznica pri brzini rada od 6 km/h) do 114,55 kapljica (zelena mlaznica pri brzini rada od 8 km/h). Između navedenih interakcija vrijedi minimalna signifikantnost ($\alpha_{0,05}$). Interakcijom (AC) tipa mlaznice i norme raspršivanja utvrđena je statistički značajna razlika, gdje se broj kapljica/cm^2 kreće od 32,12 (plava mlaznica i norma raspršivanja od 300 l/ha) do 116,91 kapljica (zelena mlaznica i norma raspršivanja od 350 l/ha). Između ovih interakcija minimalna značajna razlika ($\alpha_{0,05}$) iznosi 10,86 kapljica. Statistički je značajna i interakcija (BC) brzine rada i norme raspršivanja, gdje se vrijednosti kreću od 68,66 (brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 200 l/ha) do 112,16 kapljica/cm^2 (brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha). Minimalna signifikantnost ($\alpha_{0,05}$) između navedenih interakcija iznosi 8,38 kapljica/cm^2.

Kombinacijom sva tri tehnička čimbenika raspršivanja ostvaruje se značajna razlika pa se vrijednosti kreću od 28,50 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 300 l/ha) do 123,75 kapljica/cm^2 (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha) uz minimalnu signifikantnost ($\alpha_{0,05}$) između interakcija od 18,49 kapljica/cm^2.

U tablici 12. prikazane su prosječne vrijednosti promjera kapljica za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije (A_1 - plava mlaznica, A_2 - žuta mlaznica, A_3 - zelena mlaznica; B_1 - 6 km/h, B_2 - 8 km/h; C_1 - 250 l/ha, C_2 - 300 l /ha, C_3 - 350 l/ha).

Tablica 12. Analiza varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica

		B_1			B_2	
A	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3
A_1	288,75	213,50	202,50	213,50	204,00	166,00
A_2	185,00	181,75	161,75	170,75	174,50	165,75
A_3	181,50	191,00	161,00	159,50	131,00	120,25
$\overline{X}$ BC	218,41	195,41	175,08	181,25	169,83	150,66

	Interakcija AB		Interakcija AC			
	B_1	B_2	C_1	C_2	C_3	$\overline{X}$ A
A_1	234,91	194,50	251,12	208,75	184,25	214,70
A_2	176,16	170,33	177,87	178,12	163,75	173,25
A_3	177,83	136,91	170,50	161,00	140,62	157,37
$\overline{X}$ B	196,30	167,25	$\overline{X}$ C 199,83	182,62	162,87	

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
$LSD_{0,05}$	9,34	4,84	7,86	9,30	15,22	11,74	25,91
$LSD_{0,01}$	12,66	6,36	10,66	13,05	22,15	16,46	42,98
F - test	110,64**	79,94**	43,18**	12,77**	8,82**	1,57 n.s.	7,31**
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2177	0,0000

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

Rezultati iz tablice 12. pokazuju kako s obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, je vidljivo da su svi ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$), izuzev interakcije BC ($F = 1,57$; $P > 0,05$).

Kod tipa mlaznice, prosječni promjer kapljica kreće se od 214,70 μm (plava) do 157,37 μm (zelena). Značajne su razlike u promjeru kapljica, pa zelena mlaznica raspršuje kapljice manjeg promjera za 26,70 % u odnosu na plavu, i 9,16 % u odnosu na žutu mlaznicu. Uspoređujući žutu i plavu mlaznicu žuta raspršuje kapljice manjeg promjera za 19,30 %.

Promatrajući brzinu rada prosječni promjer kapljica kreće se od 196,30 μm (6 km/h) do 167,25 μm (8 km/h). Pri brzini rada od 8 km/h raspršuju se kapljice manje promjera za 14,79 % u odnosu na brzinu rada od 6 km/h.

Što se tiče norme raspršivanja, prosječni promjer kapljica kreće se od 199,83 μm (250 l/ha) do 162,87 μm (350 l/ha). Razlike u prosječnom promjeru bile su vrlo značajne i to norma od 300 l/h u odnosu na 250 l/ha za 8,61 %. Norma raspršivanja od 350 l/ha raspršuje kapljice manjeg promjera za 18,49 % u odnosu na 250 l/ha i 10,81 % u odnosu na 300 l/ha. Norma raspršivanja od 300 l/h u raspršuje kapljice manjeg promjera odnosu na 250 l/ha za 8,61 %.

Analizom varijance značajnom se pokazuju interakcije tipa mlaznice i brzine rada (AB), gdje se prosječni promjer kapljica kreće od 234,91 μm (plava mlaznica i brzina rada od 6 km/h) do 136,91 μm (zelena mlaznica i brzina rad od 8 km/h). Minimalna značajna razlika ($\alpha_{0,05}$) između interakcija ostvaruje se u iznosu od 9,30 μm. Interakcijom tipa mlaznice i norme raspršivanja (AC) prosječni promjer kapljica iznosi od 251,12 μm (plava mlaznica i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 140,62 μm (zelena mlaznica i norma raspršivanja od 350 l/ha). Signifikantnost ($\alpha_{0,05}$) između ovih interakcija iznosi 15,22 μm.

Kombinacija sva tri tehnička čimbenika raspršivanja ostvaruje statistički značajnu razlika i vrijednosti se kreću od 288,75 μm (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma od 250 l/ha) do 120,25 μm (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha) uz minimalnu statističku značajnost ($\alpha_{0,05}$) između interakcija od 25,91 μm.

5.4.3. Rezultati mjerenja zanošenja tekućine (drift)

U tablici 13. prikazani su ostvareni rezultati u području zanošenja tekućine (drift) prilikom istraživanja u vinogradu s radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*).

Tablica 13. Rezultati zanošenja tekućine u vinogradu s radijalnim raspršivačem(*Hardi Arrow*)

Tretman	$\bar{A}_p$, %	$\bar{v}_v$, m/s	$\overline{\uparrow}$, °	Zanošenje tekućine, %				
				LS	DS	$\overline{X}$ *	σ	*K.V.*, %
P6250	38,16	1,37	184,85	12,57	12,83	12,70	0,48	3,75
P6300	41,61			15,73	20,18	17,95	0,09	0,50
P6350	54,13			10,24	17,97	14,10	0,74	5,23
P8250	48,64	0,94	204,23	9,03	13,05	11,04	0,75	6,83
P8300	52,68			11,21	13,24	12,22	0,52	4,27
P8350	41,89			8,24	15,05	11,65	0,60	5,17
Ž6250	46,10	0,87	190,96	14,56	22,71	11,64	0,48	2,55
Ž6300	43,87			12,16	18,69	15,42	0,15	0,97
Ž6350	57,32			15,59	17,60	16,60	0,27	1,65
Ž8250	44,69	1,13	181,99	7,14	8,21	7,67	0,57	7,42
Ž8300	63,71			10,27	11,51	11,89	0,46	4,23
Ž8350	62,18			18,05	16,06	17,05	0,73	4,29
Z6250	48,99	1,24	182,70	12,33	12,07	12,20	0,54	4,45
Z6300	59,18			16,02	16,99	16,51	0,70	4,25
Z6350	64,22+			16,65	17,57	17,11+	0,49	2,84
Z8250	50,33	1,35	174,86	13,07	14,33	13,70	0,72	5,24
Z8300	62,63			14,99	16,04	15,52	0,89	5,72
Z8350	65,60			20,30	23,15	21,72	0,69	3,15
			$\overline{X}$	13,23	15,96	14,26	0,55	4,03

Prema tablici 13. najveće zanošenje tekućine od 23,15 % ostvaruje tretmanom sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 350 l/ha, dok se najmanje zanošenje tekućine od 7,67 % ostvaruje tretmanom sa žutom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 250 l/ha. Prosječno zanošenje tekućine iznosi 14,26 %, s prosječnim otklonom između ponavljanja od 4,03%. U tablici 13. s plusom (+) označen je tretman koji predstavlja najbolji odnos pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine. Stoga prema tablici 12. primjećuje se kako su tijekom istraživanja ostvarene minimalne vrijednosti *drifta,* koje su rezultat optimalno podešenih parametara aplikacije (usmjerenje mlaznica, protok i brzina zraka, radna brzina i drugi) i optimalnih vremenskih uvjeta.

U tablici 14. prikazane su prosječne vrijednosti zanošenja tekućine za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije (A_1 - plava mlaznica, A_2 - žuta mlaznica, A_3 - zelena mlaznica; B_1 - 6 km/h, B_2 - 8 km/h; C_1 - 250 l/ha, C_2 - 300 l /ha, C_3 - 350 l/ha).

Tablica 14. Analiza varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine

		B_1			B_2	
A	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3
A_1	12,69	17,95	14,10	11,03	12,22	11,64
A_2	18,63	15,42	16,59	7,67	10,89	17,05
A_3	12,19	16,50	17,10	13,70	15,51	21,72
$\overline{X}$ BC	14,51	16,62	15,93	10,80	12,87	16,80

	Interakcija AB		Interakcija AC			
	B_1	B_2		C_1	C_2	C_3	$\overline{X}$ A
A_1	14,91	11,63		11,86	15,08	12.87	13,27
A_2	16,88	11,87		13,15	13,15	16,82	14,37
A_3	15,27	16,98		12,95	16,01	19,41	16,12
$\overline{X}$ B	15,69	13,49	$\overline{X}$ C	12,65	14,75	16,37	

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD 0,05	0,25	0,34	0,23	0,66	0,45	0,34	0,76
LSD 0,01	0,34	0,45	0,31	0,93	0,65	0,48	1,27
F - test	144,55**	253,05**	242,74**	213,42**	84,68**	123,52**	70,51**
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

Prema tablici 14. uz pomoć faktorijalne analize varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$).

U pogledu tipa mlaznice, zanošenje tekućine kreće se od 13,27 % (plava – 2. kategorija) do 16,12 % (zelena – 2. kategorija). Zelena mlaznice ostvaruje veće zanošenje za 17,67% u odnosu na plavu mlaznicu i 10,85% u odnosu na žutu mlaznicu, dok žuta ostvaruje veće zanošenje za 7,65 % u odnosu na plavu mlaznicu.

S obzirom na brzinu rada, zanošenje tekućine kreće se od 15,69 % (6 km/h – 2. kategorija) do 13,49 % (8 km/h – 2. kategorija). Utvrđuje se vrlo značajna razlika za brzinu rada od 6 km/h koja ostvaruje veće zanošenje tekućine za 14,02% u odnosu na brzinu od 8 km/h.

Promatrajući normu raspršivanja, zanošenje tekućine kreće se od 12,65 % (250 l/ha – 2. kategorija) do 16,37 % (350 l/ha – 2. kategorija). Norma raspršivanja od 350 l/ha pokazuje veće zanošenje za 22,72% u odnosu na 250 l/ha i 9,89% u odnosu na 300 l/h, dok norma od 300 l/ha pokazuje veće zanošenje za 14,23 % u odnosu na normu raspršivanja od 250 l/ha.

Prilikom analize varijance vrlo značajnu razliku pokazuju sve navedene interakcije istraživanja. S obzirom na interakciju tipa mlaznice i brzine rada (AB), zanošenje tekućine iznosi od 14,91 % (plava mlaznica i brzina rada od 6 km/h) do 16,98 % (zelena mlaznica i brzina rada od 8 km/h). Signifikantnost ($\alpha_{0,05}$) između navedenih interakcija ostvaruje se s razlikom od 0,66 %. Interakcijom tipa mlaznice i norme raspršivanja (AC) zanošenje tekućine iznosi od 11,86 % (plava mlaznica i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 9,41 % (zelena mlaznica i norma raspršivanja od 350 l/ha). Signifikantnost ($\alpha_{0,05}$) između navedenih interakcija ostvaruje se s razlikom od 0,45 %. Interakcijom brzine rada i norme raspršivanja (BC) zanošenje tekućine kreće se od 14,51 % (brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 21,72 % (brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha. Signifikantnost ($\alpha_{0,05}$) između interakcija iznosi 0,34 %.

Kombinacijom sva tri glavna tehnička čimbenika raspršivanja zanošenje se kreće od 7,67 % (žuta mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 21,72 % (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha). Signifikantnost ($\alpha_{0,05}$) između ovih interakcija iznosi 0,76 %.

6. RASPRAVA

6.1. Glavna svojstva istraživanja tijekom eksploatacije radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u nasadu vinograda

6.1.1. Pokrivenost tretirane površine

Prilikom promatranja svojstva pokrivenosti tretirane površine, vrijednosti su u rasponu od 38,24 % (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 67,87 % (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha). Prosječna pokrivenost svih tretmana iznosi 53,15%. Po visinama trsa razlike nisu statistički značajne između donje i srednje te donje i vršne razine trsa. Jedina značajna razlika je u odnosu vršne i srednje razine trsa, gdje je pokrivenost vršne razine trsa tretirane površine veće za 9,07 %.

Glede tipa mlaznice, pokrivenost tretirane površine kreće se od 46,18 % (plava) do 58,48% (zelena). Zelena mlaznica pokazuje veću pokrivenost tretirane površine u odnosu na plavu za 21,04 %, te u odnosu na žutu za 6,58 %, no nesignifikantno, dok žuta pokazuje veću pokrivenost u odnosu na plavu za 15,48 %. Glede brzine rada, pokrivenost tretirane površine iznosi od 51,50 % (6 km/h) do 54,70 % (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veću pokrivenost površine za 5,85 % u odnosu na 6 km/h.

S obzirom na normu raspršivanja, pokrivenost tretirane površine kreće se od 46,15 % (250 l/ha) do 59,22 % (350 l/ha). Značajnu veću pokrivenosti tretirane površine pokazuje norma raspršivanja od 350 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 22,07 %, te u odnosu na 300 l/ha za 9,67 %, dok norma raspršivanja od 300 l/ha pokazuje veću pokrivenost u odnosu na 250 l/ha za 13,71 %. Uslijed povećavanja radnog tlaka tijekom istraživanja, utvrđuje se značajno povećavanje pokrivenosti tretirane površine ($r = 0,80$, $p < 0,05$).

Dobiveni rezultati su u skladu s provođenim istraživanjem Marucco, P. i sur. (2008.) Istraživali su 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. Utvrđeno je da je najbolji rezultat pokrivenosti površine ostvaren pri brzini rada stroja od 7 km/h, brzini zraka od 14 m/s i normi raspršivanja od 400 l/ha. Uspoređujući, najveća pokrivenost tretirane površine eksploatacijom radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu iznosi 67,87 % (brzina zraka od 15,6 m/s, brzina rada od 8 km/h, norma raspršivanja od 350 l/ha sa zelenom mlaznicom).

6.1.2. Broj kapljica

U području svojstva borja kapljica /cm^2 ostvarene vrijednosti kreću se od 29,50 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 300 l/ha) do 124,77 kapljice (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha). Prosječni broj kapljica svih tretmana je 81,67 kapljica/cm^2.

Promatranjem tipa mlaznice, broj kapljica/cm^2 kreće se od 48,01 (plava) do 108,98 kapljica (zelena). Značajno veći broj kapljica/cm^2 realizira zelena mlaznica u odnosu na plavu za 55,94 %, te u odnosu na žutu za 20,62 %. Žuta mlaznica ostvaruje veći broj kapljica u odnosu na plavu za 44,49 %.

S obzirom na brzinu rada, broj kapljica/cm^2 kreće se od 73,24 (6 km/h) do 89,09 kapljica (8 km/h). Utvrđena je visokosignifikantna razlika za brzinu rada od 8 km/h jer ostvaruje broja kapljica/cm^2 za 17,79 % u odnosu na brzinu rada od 6 km/h.

Gledajući normu raspršivanja, broj kapljica/cm^2 iznosi od 72,63 (250 l/ha) do 94,75 kapljica (350 l/ha). Norma raspršivanja od 350 l/ha ostvaruje značajno veći broj kapljica/cm^2 u odnosu na 250 l/ha za 26,63 %, kao i u odnosu na 300 l/ha za 19,38 %. Norma raspršivanja od 300 l/ha u odnosu na 250 l/ha ostvaruje veći broj za 5,26 %, ali nesignifikantno.

Povećanje radnog tlaka značajno utječe na povećavanje broja kapljica/cm^2 ($r = 0,89$; $p < 0,05$). Također, povećanjem pokrivenosti tretirane površine povećava se i broj kapljica/cm^2 ($r = 0,61$; $p < 0,05$).

6.1.3. Prosječni promjer kapljica

Prosječni promjer kapljica kreće se između vrijednosti od 289,21 μm (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 300 l/ha) do 120,96 μm (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha). Prosječni promjer svih tretmana iznosi 182,28 μm.

Prosječni promjer kapljica s obzirom na tip mlaznice iznosi od 214,70 μm (plava) do 157,37 μm (zelena). Osjetno manji prosječni promjer kapljica ostvaruje zelena mlaznica, i to u odnosu na plavu za 26,70 %, te u odnosu na žutu za 9,16 %. Žuta mlaznica ostvaruje manji prosječni promjer kapljica u odnosu na plavu za 19,30 %.

S obzirom na brzinu rada, prosječni promjer kapljica iznosi od 196,30 μm (6 km/h) do 167,25 μm (8 km/h). Brzina rada od 8 km/h koja ostvaruje statistički značajno manji promjer kapljica za 14,79 % u odnosu na brzinu rada od 6 km/h.

Glede norme raspršivanja, prosječni promjer kapljica varira između vrijednosti od 199,83 μm (250 l/ha) do 162,87 μm (350 l/ha). Osjetno manji prosječni promjer kapljica ostvaruje norma raspršivanja od 350 l/ha, i to za 18,49 % u odnosu na normu raspršivanja od 250 l/ha i za 10,81 % u odnosu na normu raspršivanja od 300 l/ha. Manji prosječni promjer kapljica za 8,61 % ostvaruje norma raspršivanja od 300 l/ha u odnosu na normu raspršivanja od 250 l/ha.

Povećanjem radnog tlaka, utvrđuje se značajno smanjenje prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,90; p < 0,05$), kao i što se povećanjem pokrivenosti tretirane površine smanjuje prosječni promjer kapljica ($r = - 0,62$, $p < 0,05$). Povećanje broja kapljica/cm^2 značajno utječe na smanjenje prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,85$, $p < 0,05$).

6.1.4. Zanošenje tekućine (drift)

Promatranjem svojstva zanošenja tekućine ostvarene vrijednosti su u rasponu od 7,67 % (žuta mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 21,72 % (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha). Prosječno zanošenje tekućine svih tretmana iznosi 14,26 %. Korištenjem neparametrijske statistike (sign test) utvrđeno je kako je veći intenzitet zanošenja tekućine na desnoj strani raspršivača u odnosu na lijevu, i to u iznosu od 2,73 % ($Z = 3,06$, $p < 0,05$). Razlog tomu je što desna strana raspršivača ostvaruje i veću brzinu zraka u odnosu na lijevu i to za 8 %, što je ipak vrlo malo odstupanje.

U pogledu tipa mlaznice, zanošenje tekućine manevrira od 13,27 % (plava) do 16,12% (zelena). Značajno veće zanošenje tekućine manifestira zelena mlaznica u odnosu na plavu i to za 17,67 %, kao i u odnosu na žutu za 10,85 %. Uspoređujući plavu i žutu mlaznicu, plava ostvaruje ostvaruje veće zanošenje tekućine za 7,67 %. Uslijed promjene brzine rada, prosječno zanošenje tekućine kreće se od 15,69 % (6 km/h) do 13,49 % (8 km/h). Brzina rada od 6 km/h ostvaruje značajno veće zanošenje tekućine u odnosu na brzinu rada od 8 km/h i to za 14,02 %.

Promatrenjem u pogledu norme raspršivanja, prosječno zanošenje tekućine iznosi od 12,65 % (250 l/ha) do 16,37 % (350 l/ha). Norma raspršivanja od 350 l/ha ostvaruje značajno veće zanošenje tekućine, za 22,72 % u odnosu na 250 l/ha, te za 9,89 % u odnosu na 300 l/ha. za 9,89%. Norma raspršivanja od 300 l/ha ostvaruje veće zanošenje u odnosu na 250 l/ha za 14,23 %.

Pri povećanju radnog tlaka značajno se utječe na povećanje zanošenja tekućine ($r = 0,71$; $p < 0,05$), kao i povećanjem pokrivenosti tretirane površine povećava se zanošenje tekućine ($r = 0,52$; $p < 0,05$ – slaba veza). Promatranjem odnosa prosječnog promjera kapljica i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno povećanje zanošenja tekućine uslijed smanjenja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,71$; $p < 0,05$). Povećanjem broja kapljica/cm^2 ne dolazi do značajnog povećanja zanošenja tekućine ($r = 0,41$; $p > 0,05$, n.s.).

Proučavajući navedenu problematiku zanošenja tekućine, Ozkan, H.E. (2004) navodi kako su kapčljice manje od 200 μm najosjetljivije na zanošenje tekućine.Također tvrdi kako se negativna strana malih kapljica očituje u tome što su vrlo podložne zanošenju, pa gubici znaošenja malih kapljica mogu biti i do 70 %. Kao rješenje tog problema predlaže da se za svaki raspršivač i nasad odredi granica smanjenja kapljica za dobivanje optimalne pokrivenosti tretirane površine i minimalnog zanošenja tekućine.

Eksploatacijom radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu optimalna pokrivenost tretirane površine ostvaruje se sa zelenom mlaznicom, pri brzini rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 350 l/ha koja se ostvaruje uz radni tlak od 10,99 bar. Tako podešeni tehnički parametri rezultiraju pokrivenošću tretirane površine u iznosu od 64,22 % uz zanošenje tekućine od 17,11 %.

7. ZAKLJUČAK

Nakon provedenog istraživanja te analize rezultata utvrđeni su sljedeći zaključci:

- Korištene norme raspršivanja u vinogradu (250, 300 i 350 l/ha) odgovaraju uzgojnom obliku (*Guyot*) i obujmu (3942 m^3/ha) nasada što slijedi svjetske trendove smanjenja norme raspršivanja;
- Radne brzine korištene u istraživanju (*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 za radijalni raspršivač (*Hardi Arrow*) od 0,54 % do 1,67 %);
- Korišteni radni tlakovi (od 1,51 do 25,52 bar) u kombinaciji s odgovarajućim mlaznicama, brzinom rada te međurednim razmakom nasada osiguravaju normu raspršivanja potrebnu za obavljanje pojedinog tretmana;
- Protok *Lechler TR 80 03, 02* i *015* mlaznica odgovara *ISO* standardu te se uz korištenje odgovarajućih radnih tlakova raspršivanjem osigurava potrebna norma;
- Korišteni protok zraka u vinogradu za radijalni raspršivač (*Hardi Arrow*) iznosi 6.248,33 m^3/h i odgovara uzgojnom obliku, razvojnoj fazi i bujnosti trajnih nasada;
- Eksploatacijom radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) utvrđena je uniformna vertikalna raspodjela prosječne brzine zraka u vinogradu (desna strana stroja s vrijednostima od 16,25 m/s do 16,75 m/s ostvaruje vrlo mali koeficijent varijacije od 2,18 %, a lijeva strana stroja s vrijednostima od 14,25 m/s do 14,75 m/s ostvaruje također vrlo mali koeficijent varijacije od 3,12 %). Prosječna brzina zraka pri radu radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu neznatno je pomaknuta na desnu stranu u odnosu na lijevu s razlikom od 8 %.
- Pri radu raspršivača *Hardi Arrow* u vinogradu utvrđeno je prosječno smanjenje brzine zraka na rubu krošnje od 55,40 %.
- S obzirom na promatrano svojstvo broja kapljica/cm^2, a na osnovi faktorijalne analize varijance, zaključuje se kako glavni tehnički čimbenici raspršivanja (tip mlaznice, brzina rada i norma raspršivanja) imaju značajan utjecaj na broj kapljica/cm^2, te se zaključuje značajno povećanje broja kapljica sa smanjenjem *ISO* broja mlaznice, povećanjem brzine rada i povećanjem norme raspršivanja (prosječni broj kapljica/cm^2 pri radu radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu iznosi od 29,50 do 124,77 kapljica).

- Povećanjem radnog tlaka povećava se broj kapljica/cm^2 ($r = 0,89 – 0,96$, $p < 0,05$).
- Promatrajući svojstvo prosječnog promjera kapljica, a na osnovi faktorijalne analize varijance, zaključuje se kako glavni tehnički čimbenici raspršivanja (tip mlaznice, brzina rada i norma 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 (prosječni promjer kapljica radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu iznosi od 289,21 μm do 120,96 μm).
- Povećavanjem radnog tlaka smanjuje se prosječni promjer kapljica ($r = -0,81$ do $-0,90$, $p < 0,05$).
- Gledajući svojstvo zanošenja tekućine (drift), a na osnovi faktorijalne analize varijance, zaključuje se da 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 (prosječno zanošenje tekućine radijalnog raspršivača *Hardi Arrow* u vinogradu iznosi od 7,67 do 21,72%). Znatno veće zanošenje tekućine ostvaruje brzina rada od 6 km/h.
- Povećavanjem radnog tlaka utvrđuje se značajno povećanje zanošenja tekućine ($r = 0,65 – 0,81$; $p < 0,05$).
- Povećanjem radnog tlaka radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) povećava se pokrivenost tretirane površtine ($r = 0,80 – 0,92$, $p < 0,05$).
- Optimalni odnos između pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine za radijalni raspršivač (*Hardi Arrow*) u vinogradu određuje se prema sljedećim tehničkim parametrima: korištenje zelene mlaznice, brzine rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha koja se ostvaruje s radnim tlakom od 10,99 bara. Pri navedenim podešavanjima pokrivenost tretirane površine iznosi 64,22 %, uz zanošenjem tekućine od 17,11 %.

8. POPIS LITERATURE

1. Banaj, Đ., Tadić, V., Banaj, Ž. (2010): Utjecaj radnog tlaka na površinsku raspodjelu tekućine ratarskih mlaznica, 45. hrvatski i 5 međunarodni simpozija agronoma, Opatija 2010., 1224 – 1229.
2. Banaj, Đ., Tadić, V., Banaj, Ž., Crnjac, D. (2009): Širina mlaza i raspodjela tekućine kod tri nove mlaznice različitih proizvođača, 44. hrvatski i 4. međunarodni simpozija agronoma, Opatija 2009., 902 – 906.
3. 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.
4. 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.
5. Deveau, S.T. (2009): Pesticide application factors, Faction Sheet of OMAFRA (Onario Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs).
6. Deveau, S.T. (2010): Fungicide Spray Coverage, Hort. Matters, Vol 10., No 2.
7. Doruchowski, G., Holownicki, R., Godyn, A., Swiechowski, W. (2012): Calibration of orchard sprayers – the parameters and methods, Fourth European Workshop on Standardised Procedure fot the Inspection of sprayers, SPISE 4, Lana (South Tyrol), March 27 – 29., str. 140 – 144.
8. Duvnjak, V., Banaj, Đ., Zimmer, R., Guberac, V. (1998): Influence of nozzle wear on flow rate and stram droplet size, Bodenkultur, 49(3): 189 – 192.
9. Farooq, M., Salyani, M., Whitney, J.D (2002): Improving Efficacy Abscission Sprays for Mechanical Harvesting of Oranges, Proc. Fla. State Horti. Soc. 115: 247-252.
10. Fox, R.D., Derksen, R.C., Brazee, R.D. (1998): Air-Blast/Air-Assisted Application Equipment and Drift, Proceedings of the North American Conference on Pesticide Spray Drift Management, Portland 1998., Maine USA.
11. 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.
12. Frankel, H. (1986): Pesticide application, technique and efficiency, Advisory Work in Crop Pest and Disease Management, Springer Verlag, New York, 132-160.

13. Furness, G., Campbell, K., Wicks, T., Hall, B. (2003): Improved spray coverage with the multi-head HYDRA sprayer, South Australian Research and Development Institute, http://www.sardi.sa.gov.au/.
14. Harz, M., Knoche, M. (2001): Droplet sizing using silicone oils, Crop Protection, Vol. 20 (6), 489 – 498.
15. 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.
16. 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.
17. Jurišić, M., Plaščak, I. (2009): Geoinformacijske tehnologije GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša, Sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
18. 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.
19. 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.
20. Matthews, G.A. (1992): Pesticide application methods, 2nd edition, Blackwell, University of Oxford.
21. May, K.R. (1950): The measurement of airborne droplets by the magnesium oxide method, Journal of Scientific Instruments 24, 128 – 130.
22. 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.
23. Metthews, G.A (1979): Pesticide application methods, Longmans, London.
24. Nuyttens, D., Baeten, K., De Schampheleire, M., Sonck, B. (2006): Characterization of agricultural sprays using laser techniques, Aspects of Applied Biology 77, International Advances in Pesticide Application.
25. Nuyttens, D., Baeten, K., De Schampheleire, M., Sonck, B. (2007): Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics, Biosystems Engineering 97, 333 – 345.
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. Porras Soriano, A., Porras Soriano, M.L., Porras 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.
29. Praat, J.P., Manktelow, D., Suckling, D.M., Maber, J. (1996): Can application technology help to manage pesticide resistance ? NZPPS paper, Canadian Application Technology.
30. 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.
31. 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.
32. 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.
33. 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.
34. Van de Zande, J.C., Stallinga, H., Michielsen, Van Velde P. (2008): Effect of Sprayer Speed on Spray Drift, Spray Distribution and Loss, Agricultural Engineering International, The CIGR Ejournal, Manuscript ALNARP 08 001. Vol. 10.
35. 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.
36. Wolf, R.E. (2004): Using DropletScan to Analyze Spray Quality, Faction sheet of the Biological and agricultular engineering, Kansas State Universitiy, SAD.
37. 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.

38. 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.
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.

Internet izvori:

1. Agro Elektronika d.o.o, Prskalice i raspršivači, http://agro-elektronika.hr/index.php/prskalice-i-rasprsivaci Pristupljeno: 30.3.2017.
2. Hardi International, http://www.hardi-international.com/global/ Pristupljeno: 30.3.2017.
3. 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 Pristupljeno: 3.4.2017.

9. SAŽETAK

Provedeno istraživanje je realizirano s radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u vinogradu. Glavni cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj glavnih tehničkih čimbenika (tip mlaznice, brzina rada i norma raspršivanja) na pokrivenost tretirane površine, broj kapljica cm^2, prosječni promjer kapljica i zanošenje tekućine (drift). Istraživanje je postavljeno kao trofaktorijalni poljski pokusa s 18 tretmana kroz 2 ponavljanja. Tijekom svakog tretmana na trs je postavljeno 60 vodoosjetljivih papirića koji su obrađeni računalnom analizom slike i računalnim programom *ImageJ*.U istraživanju koristila su se tri tipa *Lecler 80* mlaznica (03 – plava, 02 – žuta i 015 zelena).Brzina rada raspršivača bila ja je podešena na 6 i 8 km/h, a norma raspršivanja na 250, 300 i 350 l/ha. Uz spomenuta glavna svojstva istraživanja utvrđeni su i indeks lisne površine (*LAI*) , indeks lisne gustoće (*LAD*), brzina i protok zračne struje, te je praćen i radni tlak. Prije istraživanja ustanovljeno je kako je radijalni raspršivač (Hardi Arrow) u skladu sa standardom *EN 13 790*. Prema dobivenim rezultatima zaključeno je kako smanjivanje *ISO* broja mlaznice, povećanjem norme raspršivanja i povećanjem brzine rada se povećava pokrivenost tretirane površine, broj kapljica/cm^2 i zanošenje tekućine, dok se smanjuje prosječni promjer kapljica.

Postignuti rezultati radijalnog raspršivača (Hardi Arrow) u vinogradu bili su zadovoljavajući: pokrivenost tretirane površine kreće se od 38,24 % do 67,87 %, ostvarena vrijednost broja kapljica/cm2 iznosi od 29,50 do 124,77 kapljica, prosječni promjer kapljica kreće se od 289,21 μm do 120,96 μm, dok se vrijednosti ostvarenog zanošenja kreću od 7,67 % do 21,72 %. Optimalna pokrivenost tretirane površine u iznosu od 64,22 % sa zanošenjem tekućine od 17,11 % ostvaruje se sa zelenom mlaznicom pri brzini rada od 6km/h uz normu raspršivanja 350 l/ha.

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

10. SUMMARY

11. POPIS TABLICA

Tablica 1. Veličina i kategorizacija kapljica po BCPC standardu 15
Tablica 2. Razredi veličine otiska kapljice i faktori preračunavanja 28
Tablica 3. Uzgojne karakteristike vinograda 29
Tablica 4. Prosječne vrijednosti mjerenja brzine zraka radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu 30
Tablica 5. Rezultati protoka zraka radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu pri izvođenju istraživanja 31
Tablica 6. Rezultati mjerenja vremena pri obavljanju tretmana s radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u vinogradu 32
Tablica 7. Kategorije zanošenja tekućine (drift) 33
Tablica 8. Rezultati ostvarene prosječne pokrivenosti tretirane površine po pojedinom tretmanu – radijalni raspršivač (*Hardi Arrow*) u vinogradu 34
Tablica 9. Analiza varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine 35
Tablica 10. Rezultati mjerenja veličine i broja kapljica/cm^2 s radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u vinogradu 37
Tablica 11. Analiza varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm^2 38
Tablica 12. Analiza varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica 40
Tablica 13. Rezultati zanošenja tekućine u vinogradu s radijalnim raspršivačem(*Hardi Arrow*) 41
Tablica 14. Analiza varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine 42

12. POPIS SLIKA

Slika 1. Radijalni raspršivač *Hardi Arrow* 21
Slika 2. *Lechler TR 80* mlaznice 22
Slika 3. Mjerenje brzine rada raspršivača 23
Slika 4. Određivanje obujma nasada 25
Slika 5. Vodoosjetljivi papirić (VOP) na vinovoj lozi 26
Slika 6. Shema postavljanja VOP - a 26
Slika 7. Slučajno odabrane površine na VOP - u 28

13. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Vertikalna distribucija brzine zraka radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu 31

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

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

Utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja na pokrivenost lisne površine s radijalnim raspršivačem u vinogradu

Dubravko Kalčić

Sažetak: Provedeno istraživanje je realizirano s radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u vinogradu. Glavni cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj glavnih tehničkih čimbenika (tip mlaznice, brzina rada i norma raspršivanja) na pokrivenost tretirane površine, broj kapljica cm^2, prosječni promjer kapljica i zanošenje tekućine (drift). Istraživanje je postavljeno kao trofaktorijalni poljski pokusa s 18 tretmana kroz 2 ponavljanja. Tijekom svakog tretmana na trs je postavljeno 60 vodoosjetljivih papirića koji su obrađeni računalnom analizom slike i računalnim programom *ImageJ*.U istraživanju koristila su se tri tipa *Lecler 80* mlaznica (03 – plava, 02 – žuta i 015 zelena).Brzina rada raspršivača bila ja je podešena na 6 i 8 km/h, a norma raspršivanja na 250, 300 i 350 l/ha. Uz spomenuta glavna svojstva istraživanja utvrđeni su i indeks lisne površine (*LAI*) , indeks lisne gustoće (*LAD*), brzina i protok zračne struje, te je praćen i radni tlak. Prije istraživanja ustanovljeno je kako je radijalni raspršivač (Hardi Arrow) u skladu sa standardom *EN 13 790*. Prema dobivenim rezultatima zaključeno je kako smanjivanje *ISO* broja mlaznice, povećanjem norme raspršivanja i povećanjem brzine rada se povećava pokrivenost tretirane površine, broj kapljica/cm^2 i zanošenje tekućine, dok se smanjuje prosječni promjer kapljica. Postignuti rezultati radijalnog raspršivača (Hardi Arrow) u vinogradu bili su zadovoljavajući: pokrivenost tretirane površine kreće se od 38,24 % do 67,87 %, ostvarena vrijednost broja kapljica/cm2 iznosi od 29,50 do 124,77 kapljica, prosječni promjer kapljica kreće se od 289,21 μm do 120,96 μm, dok se vrijednosti ostvarenog zanošenja kreću od 7,67 % do 21,72 %. Optimalna pokrivenost tretirane površine u iznosu od 64,22 % sa zanošenjem tekućine od 17,11 % ostvaruje se sa zelenom mlaznicom pri brzini rada od 6km/h uz normu raspršivanja 350 l/ha.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Mentor: Vjekoslav Tadić, doc.dr.sc.
Broj stranica: 52
Broj grafikona i slika: 8
Broj tablica: 14
Broj literaturnih navoda:
Broj priloga: 0
Jezik izvornika: hrvatski
Ključne riječi: : radijalni raspršivač, mlaznica, pokrivenost površine, brzina rada, norma raspršivanja
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 Plašćak, 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 **Graduate thesis**
Faculty of Agriculture
University Graduate Studies, course Mechanization

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

Dubravko Kalčić

Abstract: Researsches are conducted with axial mistblower (*Hardi Zaturn*) 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^2 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*), lead 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^2 and drift, and decreasement of average droplet diameter. The results obtained with axial mistblower (*Hardi Zaturn*) in apple orchard are : coverage of the treated area ranges from 26,03 to 54,40%, number of drops/cm2 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:
Number of figures: 8
Number of tables: 14
Number of references:
Number of appendices: 0
Original in: Croatian
Key words: radial fan sprayer, nozzle, coverage area, working speed, spray volume

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.