UTJECAJ TEHNIČKIH ČIMBENIKA RASPRŠIVANJA NA POKRIVENOST LISNE POVRŠINE U TRAJNIM NASADIMA

Tadić, Vjekoslav

Doctoral thesis / Disertacija

2013

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:535955

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

Image not found or type unknown

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Vjekoslav Tadić, dipl. ing.

UTJECAJ TEHNIČKIH ČIMBENIKA RASPRŠIVANJA NA POKRIVENOST LISNE POVRŠINE U TRAJNIM NASADIMA

DOKTORSKI RAD

Osijek, 2013.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Vjekoslav Tadić, dipl. ing.

UTJECAJ TEHNIČKIH ČIMBENIKA RASPRŠIVANJA NA POKRIVENOST LISNE POVRŠINE U TRAJNIM NASADIMA

- Doktorski rad -

Osijek, 2013.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Vjekoslav Tadić, dipl. ing.

UTJECAJ TEHNIČKIH ČIMBENIKA RASPRŠIVANJA NA POKRIVENOST LISNE POVRŠINE U TRAJNIM NASADIMA

- Doktorski rad -

Mentor: prof. dr. sc. Đuro Banaj

Povjerenstvo za ocjenu:

1. **dr. sc. Mladen Jurišić, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, predsjednik**
2. **dr. sc. Đuro Banaj, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, mentor i član**
3. **dr. sc. Luka Šumanovac, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, komentor i član**

Osijek, 2013.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Vjekoslav Tadić, dipl. ing.

UTJECAJ TEHNIČKIH ČIMBENIKA RASPRŠIVANJA NA POKRIVENOST LISNE POVRŠINE U TRAJNIM NASADIMA

- Doktorski rad -

Mentor: prof. dr. sc. Đuro Banaj

Javna obrana doktorskog rada održana je 00. listopada 2013. pred Povjerenstvom za obranu:

1. **dr. sc. Mladen Jurišić, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, predsjednik**
2. **dr. sc. Đuro Banaj, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, mentor i član**
3. **dr. sc. Luka Šumanovac, redoviti profesor Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, komentor i član**

Osijek, 2013.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorski rad

Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Poslijediplomski doktorski studij: Poljoprivredne znanosti
Smjer: Tehnički sustavi u poljoprivredi

UDK: 631.348.45.:632(043)

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Poljoprivreda
Grana: Poljoprivredna tehnika i tehnologija

UTJECAJ TEHNIČKIH ČIMBENIKA RASPRŠIVANJA NA POKRIVENOST LISNE POVRŠINE U TRAJNIM NASADIMA

Vjekoslav Tadić, dipl. ing.

Rad je izrađen na Poljoprivrednom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Mentor: Prof. dr. sc. Đuro Banaj

Sažetak

Istraživanja su obavljena u vinogradu i nasadu jabuke sa dva tipa raspršivača, aksijalni (*Hardi Zaturn*) i radijalni (*Hardi Arrow*). Istraživan je utjecaj glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (tip mlaznice, brzina rada i norma raspršivanja) na pokrivenost tretirane površine, prosječni promjer kapljica, broja kapljica/cm^2 i zanošenje tekućine. Brzina rada raspršivača podešava se na 6 i 8 km/h, a norma raspršivanja na 250, 325 i 400 l/ha za nasad jabuke te 250, 300 i 350 l/ha za vinograd. Koriste se plave (*TR 8003*), žute (*TR 8002*) i zelene (*TR 80015*) *Lechler* mlaznice. Istraživanje se postavlja kao trofaktorijalni poljski pokus sa 18 tretmana u 4 ponavljanja, kako za tip raspršivača tako i za vrstu nasada. Po tretmanu na stablo/trs postavljeno je 60 vodoosjetljivih papirića koji su obrađeni pomoću računalne analize slike i računalnog programa *ImageJ*. Uz glavna svojstva istraživanja utvrđuje se indeks lisne površine i gustoće, brzina i protok zračne struje, radni tlak, usmjerenje mlaznica te se prate vremenski uvjeti tijekom istraživanja. Prije samog istraživanja, raspršivači se testiraju prema europskom standardu *EN 13790*. Smanjivanjem *ISO* broja mlaznice, povećanjem brzine rada raspršivača te povećanjem norme raspršivanja povećava se pokrivenost tretirane površine, broj kapljica/cm^2 i zanošenje tekućine, a smanjuje se prosječni promjer kapljica. Usporedbom dobivenih rezultata istraživanja eksploatacijom aksijalnog i radijalnog raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke, bolje rezultate postiže radijalni raspršivač (*Hardi Arrow*) u oba slučaja. Najbolji odnos pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine u vinogradu ostvaruje se sa pokrivenošću tretirane površine od 64,22% i zanošenja tekućine od 17,11% (zelena mlaznica, brzina rada od 6 km/h, norma raspršivanja od 350 l/ha te radni tlak od 10,99 bar). U nasadu jabuke navedeni odnos ostvaruje se sa pokrivenošću tretirane površine od 59,55% i zanošenja tekućine od 21,10% (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h, norma raspršivanja od 325 l/ha te radni tlak od 16,84 bar).

Broj stranica: 239
Broj slika: 30
Broj tablica: 57
Broj literaturnih navoda: 141
Jezik izvornika: hrvatski
Ključne riječi: raspršivač, mlaznica, pokrivenost površine, brzina rada, norma raspršivanja

Datum obrane: 17. listopada 2013.
Povjerenstvo za obranu:

1. **prof. dr. sc. Mladen Jurišić** – predsjednik
2. **prof. dr. sc. Đuro Banaj** – mentor i član
3. **prof. dr. sc. Luka Šumanovac** – komentor i član

Rad je pohranjen u:

Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Sveučilište u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci, Sveučilište u Splitu

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

PhD thesis

Faculty of Agriculture in Osijek
Postgraduate study: Agricultural sciences
Course: Technical Systems in Agriculture

UDK: 631.348.45.:632(043)

Scientific Area: Biotechnical Sciences
Scientific Field: Agriculture
Branch: Agricultural Engineering and Technology

IMPACT OF TEHNICAL SPRAYING FACTORS ON LEAF AREA COVERAGE IN PERMANENT CROPS

Vjekoslav Tadić, dipl. ing.

Thesis performed at Faculty of Agriculture in Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Supervisor: Prof. dr. sc. Đuro Banaj

SUMMARY

Researches are conducted in vineyard and apple orchard with two different types of mist blowers, axial (*Hardi Zaturn*) and radial (*Hardi Arrow*). The influence of major technical spraying factors (type of nozzle, working speed and spray volume) were observed on coverage of the treated area, average droplet diameter, number of droplets per cm^2 and drift. The working speed of sprayer was set at 6 and 8 km/h, and spray volume on 250, 325 and 400 l/ha for apple orchard and 250, 300 and 350 l/ha for vineyard. Researchers used Lechler blue (*TR 8003*), yellow (*TR 8002*) and green (*TR 80015*) nozzles. The research was set as three - factorial field experiment with 18 treatments in 4 repetitions, for different type of sprayer and permanent crops. We used 60 water sensitive papers for that treatment, which were processed with digital image analysis and *ImageJ* software. In addition to the main features of the research, research showed leaf area index and density, speed and flow of air current, working pressure, orientation of the nozzles and weather conditions, which were monitored during the study. Before the research, mist blowers are tested according to the European standard 1*3790*. 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. Also, by comparing the results of research exploitation by axial and radial mist blower in the vineyards and apple orchards, better results are achieved with radial mist blower (*Hardi Arrow*) in both cases. The best relationship of area coverage and liquid drift in vineyard were achieved with 64,22% area coverage and 17,11% of liquid drift (green nozzle, working speed of 6 km/h, spray volume of 350 l/ha, and working pressure of 10,99 bar). In apple orchard the best relationship of area coverage and liquid drift were achieved with 59,55% area coverage and 21,10% of liquid drift (green nozzle, working speed of 8 km/h, spray volume of 325 l/ha, and working pressure of 16,84 bar).

Number of pages: 239
Number of figures: 30
Number of tables: 57
Number of references: 141
Original in: croatian
Key words: mistblower, nozzle, area coverage, working speed, spray volume

Date of the thesis defense: 00. October 2013.
Reviewers:

1. **PhD Mladen Jurišić, professor –** president
2. **PhD Đuro Banaj, professor –** supervisor and member
3. **PhD Luka Šumanovac –** co-supervisor and member

Thesis deposited in:

Nacional and University Library of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, University of Zagreb, University of Zagreb, University of Rijeka, University of Split

Predgovor i zahvala

Disertacija pod naslovom „Utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja na pokrivenost lisne površine u trajnim nasadima“ izrađena je u okviru znanstvenog projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa naziva „Inovativne tehnike aplikacije pesticida u funkciji uštede i zaštite okoliša“ (079 – 0792067 – 1936), čiji je voditelj prof. dr. sc. Đuro Banaj. Problematika utvrđena ovim istraživanjem dio je svjetskih trendova koji teže ostvarenju što veće pokrivenosti tretirane površine u trajnim nasadima sa optimalno podešenim tehničkim čimbenicima raspršivanja. Postizanjem visoke pokrivenosti tretirane površine ostvaruje se prvi preduvjet za učinkovitu zaštitu bilja i općenito smanjenje gubitaka.

Ovim putem zahvaljujem se svojim profesorima Mladenu Jurišiću i Luki Šumanovcu, a posebice svome mentoru profesoru Đuri Banaju, koji su me vodili tijekom istraživanja i znanstvenog rada. Uz njih zahvaljujem se profesoru Draženu Horvatu na pomoći oko statističkih metoda i obrade rezultata istraživanja. Veliku zahvalu dugujem docentici Jasmini Lukinac Čačić sa Prehrambeno tehnološkog fakulteta u Osijeku, koja je zaslužna za softversku obradu vodoosjetljivih papirića.

Ovim putem zahvaljujem se kolegama Damiru Špoljariću, dipl.ing. i Zdravku Ragužu, dipl.ing. na ustupljenim raspršivačima i vinogradu u vlasništvu Kutjeva d.d., te kolegi Iliji Žiliću, dipl.ing. na ustupljenom nasadu jabuke. Zahvale se pripisuju i kolegi Zvonimiru Žiliću, dipl.oec. na koordinaciji između djelatnika Kutjeva d.d.

Na kraju najveće zahvale idu mojim roditeljima Vladimiru i Vinki, te sestri Valentini na potpori tijekom dugogodišnjeg školovanja.

Non progredi est regredi

KAZALO:

1. UVOD 1

2. PREGLED LITERATURE 5

2.1.Metode evaluacije pokrivenosti tretirane lisne površine pomoću vodoosjetljivih papirića (VOP) i računalna analiza slike 5

2.2. Vodoosjetljivi papirići (VOP) 7

2.3. Veličina kapljica 8

2.4. Zanošenje tekućine (*drift*) 10

2.5. Norma raspršivanja (l/ha) i bujnost nasada 12

2.6. Pokrivenost tretirane površine i depozit tekućine 13

2.7. Mlaznice na tehničkim sustavima u zaštiti bilja 14

2.8. Protok i brzina zraka pri radu raspršivača 15

2.9. Vertikalna raspodjela tekućine 17

2.10. Usmjerenje mlaznica 18

2.11. Gustoća sredstva za raspršivanje 18

2.12. Novosti o tehničkim sustavima u zaštiti bilja 19

3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZA 20

4. MATERIJAL I METODE RADA 22

4.1. Uzgojni oblik i karakteristike nasada jabuke i vinograda 22

4.2. Utvrđivanje *LAI* – a i *LAD* – a u nasadu jabuke i vinogradu 24

4.3. Raspršivači *Hardi Zaturn* i *Hardi Arrow* 26

4.3.1. Teorija rada raspršivača 28

4.3.2. Turbulentnost zračne struje 34

4.4. Testiranje ispravnosti rada raspršivača prema standardu *EN 13790* 36

4.5. *Lechler TR 80* mlaznice 39

4.6. Određivanje radne brzine raspršivača 42

4.7. Određivanje norme raspršivanja 43

4.8. Utvrđivanje radnog tlaka 45

4.9. Utvrđivanje brzine i protoka zraka 47

4.10. Utvrđivanje usmjerenja mlaznica 49
4.11. Vodoosjetljivi papirići (VOP) 51
4.12. Mjerenje vremenskih uvjeta tijekom istraživanja 53 .....
4.13. Utvrđivanje zanošenja tekućine 54
4.14. Računalna metoda analize slike 57
4.15. Utvrđivanje veličine i broja kapljica/cm^2 tretirane površine 60 .....
4.16. Statistička obrada podataka 61
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 63
5.1. Rezultati testiranja ispravnosti rada raspršivača prema standardu *EN 13790*... 63
5.1.1. Rezultati mjerenja protoka mlaznica 63
5.1.2. Rezultati mjerenja kapaciteta crpke 65
5.1.3. Rezultati mjerenja ispravnosti manometara 66
5.1.4. Rezultati ostalih mjerenja ispravnosti rada raspršivača 67
5.2. Rezultati određivanja norme raspršivanja i radnog tlaka 69
5.2.1. Rezultati određivanja norme raspršivanja i radnog tlaka u vinogradu 69
5.2.2. Rezultati određivanja norme raspršivanja i radnog tlaka u nasadu jabuke 70
5.2.3. Rezultati određivanja obujma nasada i teorijske norme raspršivanja 71
5.3. Podešavanje usmjerenja mlaznica 72
5.3.1. Podešavanje usmjerenja mlaznica aksijalnog raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke 72
5.3.2. Podešavanje usmjerenja mlaznica radijalnog raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke 73
5.4. Rezultati brzine i protoka zraka 73
5.4.1. Rezultati brzine i protoka zraka aksijalnog raspršivača u vinogradu 74
5.4.2. Rezultati brzine i protoka zraka aksijalnog raspršivača u nasadu jabuke . 76
5.4.3. Rezultati brzine i protoka zraka radijalnog raspršivača u vinogradu 78
5.4.4. Rezultati brzine i protoka zraka radijalnog raspršivača u nasadu jabuke . 79
5.5. Rezultati utvrđivanja *LAI* – a i *LAD* – a 81
5.5.1. Rezultati utvrđivanja *LAI* – a i *LAD* – a u vinogradu 82
5.5.2. Rezultati utvrđivanja *LAI* – a i *LAD* – a u nasadu jabuke 83

5.6. Stanje vremenskih uvjeta tijekom istraživanja 84
5.6.1. Vremenski uvjeti tijekom rada aksijalnog raspršivača u vinogradu 84
5.6.2. Vremenski uvjeti tijekom rada aksijalnog raspršivača u nasadu jabuke ... 86
5.6.3. Vremenski uvjeti tijekom rada radijalnog raspršivača u vinogradu 88
5.6.4. Vremenski uvjeti tijekom rada radijalnog raspršivača u nasadu jabuke ... 90
5.6.5. Sunčeva radijacija i atmosferski tlak zraka tijekom provođenja istraživanja 92
5.7. Rezultati ostvarenih vremena potrebnih za obavljanje pojedinih tretmana 93
5.7.1. Rezultati ostvarenih vremena tijekom rada aksijalnog raspršivača 94
5.7.2. Rezultati ostvarenih vremena tijekom rada radijalnog raspršivača 95
5.7.3. Rezultati teorijske brzine rada raspršivača 96
5.8. Rezultati mjerenja glavnih svojstva istraživanja 97
5.8.1. Rezultati mjerenja glavnih svojstva istraživanja sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) u vinogradu 97
5.8.1.1. Rezultati mjerenja pokrivenosti tretirane površine 97
5.8.1.2. Rezultati mjerenja veličine i broja kapljica/cm^2 101
5.8.1.3. Rezultati mjerenja zanošenja tekućine (*drift*) 107
5.8.2. Rezultati mjerenja glavnih svojstva istraživanja sa radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u vinogradu 112
5.8.2.1. Rezultati mjerenja pokrivenosti tretirane površine 112
5.8.2.2. Rezultati mjerenja veličine i broja kapljica/cm^2 116
5.8.2.3. Rezultati mjerenja zanošenja tekućine (*drift*) 123
5.8.3. Usporedba glavnih svojstava istraživanja između aksijalnog (*Hardi Zaturn*) i radijalnog (*Hardi Arrow*) raspršivača u vinogradu 128
5.8.4. Rezultati mjerenja glavnih svojstva istraživanja sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) u nasadu jabuke 130
5.8.4.1. Rezultati mjerenja pokrivenosti tretirane površine 130
5.8.4.2. Rezultati mjerenja veličine i broja kapljica/cm^2 134
5.8.4.3. Rezultati mjerenja zanošenja tekućine (*drift*) 140
5.8.5. Rezultati mjerenja glavnih svojstva istraživanja sa radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u nasadu jabuke 144
5.8.5.1. Rezultati mjerenja pokrivenosti tretirane površine 144

5.8.5.2. Rezultati mjerenja veličine i broja kapljica/cm^2 148
5.8.5.3. Rezultati mjerenja zanošenja tekućine (*drift*) 154
5.8.6. Usporedba glavnih svojstava istraživanja između aksijalnog (*Hardi Zaturn*) i radijalnog (*Hardi Arrow*) raspršivača u nasadu jabuke 159
6. RASPRAVA 162
6.1. Testiranje ispravnosti rada raspršivača prema europskoj normi *EN 13790* 162
6.2. Podešavanje glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja 163
6.3. Uzgojne karakteristike vinograda i nasada jabuke 169
6.4. Vremenski uvjeti u funkciji pokrivenosti tretirane površine i zanošenja 171
6.5. Glavna svojstva istraživanja tijekom eksploatacije aksijalnog (*Hardi Zaturn*) i radijalnog (*Hardi Arrow*) raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke 173
6.5.1.Pokrivenost tretirane površine 173
6.5.2. Broj kapljica/cm^2 179
6.5.3. Prosječni promjer kapljica 183
6.5.4. Zanošenje tekućine 187
7. ZAKLJUČCI 193
8. POPIS LITERATURE 199
9. SAŽETAK 212
10. SUMMARY 213
11. PRILOZI 214
12. ŽIVOTOPIS 239

1. UVOD

Poljoprivreda je nedjeljivi dio sveukupnog globalnog ekološkog sustava, gdje se međusobno prožimaju aktivnosti ljudi, životinja, biljaka, klime i poljoprivredne tehnike. Poljoprivredna tehnika je sastavnica svake poljoprivrede i jedan od najznačajnijih čimbenika kvantitativne i kvalitativne proizvodnje hrane. Intenzifikcija proizvodnje hrane zahtjeva među inim i intenzivniju uporabu tehnike koja može neprikladnom primjenom narušiti krhku ekološku ravnotežu. Cilj je unaprijediti, poboljšati ili razviti nova tehnička rješenja na poljoprivrednim strojevima, te uvesti mjere i postupke koje bi rezultirale minimalnim zahvatima u ekosustav. Razvoj strojeva i uređaja u suvremenoj aplikaciji pesticida od iznimnog je značenja u suvremenoj poljoprivredi. Intenzivna uporaba pesticida, doprinosi povećanju prinosa, ali i narušava sklad ekosustava.

Krajem pedesetih godina prošloga stoljeća pod utjecajem poljoprivredne tehnike, genetike, zaštite bilja i gnojidbe, udvostručeni su prinosi gotovo svim poljoprivrednim kulturama. Ovo je rezultat navedenog tehnološkog napretka, ali i sve veće potrebe za hranom rastućeg svjetskog stanovništa. Stoga, poljoprivreda postaje jedan od strateških dijelova gospodarstva svake zemlje Svijeta. Kako razvijene zemlje Svijeta imaju hiperprodukciju hrane, tako i poljoprivreda postaje jedan od najvećih zagađivača okoliša. Negativni utjecaj poljoprivredne tehnike na ekosustav mogu se podijeliti na biološku degradaciju i destrukciju te emisiju štetnog otpada. Biološka degradacija i destrukcija karakterizira se primarno u oštećenju tala i živih organizama koji egzistiraju u istom. U skupinu biološke degradacije i destrukcije ulazi i izravno uništavanje flore i faune između ostalog i kemijskom zaštitom bilja.

Neodrživi razvoj civilizacije ili društva nije povijesna novina. Mnoštvo je poznatih primjera propadanja i potpunog iščezavanja društava uzrokovanih neodrživim korištenjem njihove resursne osnove. Novost u slučaju današnjeg Svijeta, odnosno civilizacije, jest da je civilizacija, a onda i kriza po prvi put globalna. Dokaz tomu su brojni simptomi krize okoliša, vidljivi u različitim oblicima u cijelom Svijetu. Simptomi krize sve su očitiji i sve je teže ignorirati njihovu poruku, pa ljudi postupno postaju svjesni da zdrav okoliš nije nešto zajamčeno bez obzira što činili, već nešto što zahtijeva obzir i brigu. Upravo iz ovih razloga razvijene zemlje zapadne Europe uvele su načela i programe održivog razvoja poljoprivrede koje su inkorporirale u svoje zakone. Tako je uvedena nitratna direktiva, integrirana proizvodnja, proizvodnja biodizela, obavezno testiranje tehničkih sustava u zaštiti bilja i ostalo. Neke od ovih načela već su uvedene u Hrvatskoj.

Precizna aplikacija pesticida podjednako je važna iz ekoloških razloga, efikasnosti kemijske zaštite kao i potrebe smanjenja utroška inputa u proizvodnji. Postizanjem što veće preciznosti aplikacije, a time i potpune djelotvornosti postupaka zaštite, tehnički sustavi (prskalice, raspršivači) moraju ostvarivati konstrukcijsku i tehničku ispravnost da bi se ostvario odgovarajući radni potencijal. S obzirom na navedene činjenice, u zemljama EU uvode se pravilnici obaveznog pregleda tehničkih sustava u zaštiti bilja direktivom *2009/128/EC i 2006/42/EC,* kojima je temelj standard *EN 13790.* U Republici Hrvatskoj utvrđena je nezadovoljavajuća ispravnost tehničkih sustava u zaštiti bilja, te se svi strojevi moraju evidentirati i testirati do početka 2016. godine.

Unatoč intenzivnim istraživanjima u alternativnim metodama zaštite bilja od bolesti, štetnika i korova, kemijska metoda je najdjelotvornija te ima važnu ulogu u postizanju visokih priroda i kakvoće poljoprivrednih proizvoda. Kako je sasvim izvjesno da će se navedena zaštita koristiti i u buduće, pesticidi bi se morali koristiti racionalnije da se smanji količina kemijskih tvari koja se primjenjuje kao i broj prskanja. Sredstva za zaštitu bilja novije generacije daleko su više selektivna, manje otrovna za ljude i životinje te znatno više biološki aktivna (primjrice, zahtjeva se samo nekoliko grama sredstva po hektaru). Zbog navedenoga neophodno je primijeniti poboljšane metode i suvremenu tehniku za aplikaciju pesticida ukoliko se želi postići djelotvornija zaštita.

Poljoprivredi je danas na raspolaganju djelotvorna tehnika za aplikaciju zaštitnih sredstava u pogledu visokoga kapaciteta, usmjeravanja na ciljanu površinu, ujednačenosti nanošenja i obzirnost prema okolišu. Kako cjelokupna svjetska tehnologija napreduje tako napreduju i

tehnički sustavi u zaštiti bilja. Dostupni su različiti oblici raspršivača sa različitim tehničkim izvedbama ventilatora, usmjerivača zraka, položaja mlaznica i ostalog. Mogu se koristiti raspršivači sa aksijalnim i radijalnim ventilatorom, raspršivači sa tangecijalnim usmjerivačima, raspršivači sa fleksibilnim vodovima i drugo. Nabrojane izvedbe raspršivača koriste se za različite uzgojne oblike trajnih kultura te uvelike utječu na kvalitetu raspršivanja pesticida, tj. na pokrivenost tretirane površine, veličinu kapljica mlaza i depozit pesticida po trajnom nasadu. Uz tehničku ispravnost radnog stroja u zaštiti bilja posebice je važno pravilno podesiti parametre prskanja – brzinu rada stroja, radni tlak, količinu zraka, količinu 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 štetočinja.

U voćarstvu i vinogradarstvu najčešće se koriste mlaznice koje proizvode šuplji konusni mlaz. Mlaznice su izvršni dio cijelog tehničkog sustava te je vrlo bitno da budu tehnički ispravne, tj. da se njihov protok tekućine poklapa sa *ISO* standardima. Najčešće se koriste žute, zelene, plave i crvene mlaznice te se često u eksploataciji događa da se mlaznice potroše ili začepe što dovodi do čitavog niza nepravilnosti pri zaštiti. Stoga je potreban stalan nadzor svih sastavnih dijelova tehničkih sustava u zaštitit bilja, a pogotovo mlaznica. Posebice je važan parametar radnog tlaka koji utječe na količinu protoka kroz mlaznice te na veličinu kapljica. Područje radnog tlaka pri radu raspršivača iznosi od 5 do 20 bar. Manjim tlakom od 5 bar dobivaju se manje količine protoka tekućine te veće kapljice koje ostvaruju manju pokrivenost tretirane površine, dok radni tlak veći od 15 bar uzrokuje veće količine protoka i manje kapljice koje su podložne zanošenju i gubitku zaštitnog sredstva. Vrlo male kapljice nisu poželjne u zaštiti bilja jer su podložne zanošenju i isparavanju. Ovom pojavom gubi se pesticid na cilju prskanja, ali se i nepotrebno zagađuje okoliš. Također, važan parametar prskanja je radna brzina stroja. Optimalno područje radih brzina je u okviru agrotehničkih brzina od 4 do 10 km/h. Sve brzine koje su veće ili manje od optimalnih dovode do smanjenja koeficijenta pokrivenosti površine.

Kapacitet ventilatora raspršivača iznosi do 40.000 m^3/h sa brzinom zraka do 40 m/s pri radu aksijalnih ventilatora. Radijalni ventilatori ostvaruju manje protoke zraka do 20.000

m^3/h, ali veće brzine zraka, do 100 m/s. Kod starijih nasada veća količina zraka bitna je da prenese pesticid unutar krošnje, dok kod mlađih nasada ona mora biti pravilno optimirana da ne dođe do prevelikog zanošenja. Kako postoje različiti oblici uzgoja trajnih kultura tako postoje i tehničke izvedbe ventilatora koje se trebaju primjenjivati pri zaštiti takvih „specijalnih“ kultura. U našem agroekološkom okruženju većinom se koriste raspršivači sa aksijalnim istrujavanjem zraka koji najbolje odgovaraju kulturama s vlastitog područja, dok u Svijetu postoje čitav niz kombinacija sustava istrujavanja. Tako se mogu naći sustavi sa radijalnim ventilatorima, kombinacija radijalnih i aksijalnih ventilatora, sustavi sa dvostrukim aksijalnim ventilatorima, radijalnim ventilatorom i tangencijalnim usmjerivačima zraka, te sustavi sa četverostrukim aksijalnim ventilatorima i slično. Intenzivnijim uzgojom trajnih kultura u Hrvatskoj i željom za što većom preciznošću aplikacije te većom pokrivenosti tretirane površine, počeli su su se koristiti radijalni ventilatori pomoću kojih se usmjerava struja zraka i mlaz izravno na cilj prskanja.

Ulaskom Republike Hrvatske u EU, svi tehnički sustavi (prskalice, raspršivači) koji imaju obujam spremnika veći od pet litara moraju zadovoljiti tražene kriterije. To znači da će se svaka prskalica ili raspršivač morati provjeriti tj. ispitati, a na osnovu ostvarenog rezultata izdati rukovatelju dozvolu za njegovu primjenu pri zaštiti bilja. Svaki poljoprivredni proizvođač imati će pregledan tehnički sustav za zaštitu bilja koji će obavljati pravilnu aplikaciju pesticida s točno određenom dozacijom da bi se izbjegla nepotrebna dodatna količina koja će dodatno onečistiti okoliš. Osnovni zahtjev koji mora udovoljiti tehnički sustav pri raspodjeli pesticida je preciznost. Precizna aplikacija pesticida podjednako je važna iz ekoloških razloga, efikasnosti kemijske zaštite bilja kao i potrebe smanjenja utroška pri proizvodnji.

U ovome istraživanju ispitivati će se utjecaj dva različita tipa raspršivača (radijalni i aksijalni ventilator) preko glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (tip mlaznice, brzina rada stroja te norma raspršivanja) na pokrivenost tretirane lisne površine. Statističkom obradom podataka dobivenih istraživanjem biti će dan zaključak koje podešavanje tehničkih čimbenika raspršivanja rezultira najvećom pokrivenošću površine u trajnim nasadima (vinograd i nasad jabuke). Interakcijom glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja odrediti će se statistički signifikantna razlika za svaki tretman.

Zbog specifičnosti problematike tehničkih sustava pri zaštiti bilja i novog zakonodavstva posebice je važno detaljno istražiti ovu tematiku, jer nitko u Hrvatskoj nema znanstveno utemeljenih zaključaka vezano za navedenu tematiku.

2. PREGLED LITERATURE

Tijekom eksploatacije raspršivača moraju se poštovati temeljni tehnički čimbenici raspršivanja jer navedeni determiniraju kvalitetu zaštite bilja. Prema tome, pri zaštiti bilja mora se osigurati optimalna: zračna struja ventilatora, kvalitet mlaza, brzina rada stroja, količina tekućine za prskanje, optimalna mlaznica i ostalo. Uz navedene tehničke čimbenike raspršivanja, pri izvođenu aplikacije moraju se poštovati vremenski uvjeti te rukovatelj stroja mora posjedovati osnovna znanja za rukovanje. Također, vrlo važan utjecaj na kvalitet zaštite bilja ima morfologija krošnje kulture u kojoj se obavlja zaštita. Dakle, istraživanja u prvom desetljeću ovoga stoljeća tendiraju prema stanovištu da se pravilnim podešavanjem tehničkih čimbenika raspršivanja postiže bolji učinak zaštite bilja. Kemijsko sredstvo dolazi na zadnje mjesto ispunjavanja uvjeta zaštite bilja. Korištenjem tehnički ispravnog stroja, povećavanjem pokrivenosti površine te poštivanjem vremenskih uvjeta uvelike se smanjila količina kemijskog sredstva po tretiranoj površini uz isti biološki učinak (McFadden - Smith, W., 2003).

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

VOP-i (vodoosjetljivi papirići) koriste se dugi niz godina u poljoprivrednim poljskim istraživanjima (Turner i sur., 1970; Hill, B.D. i sur., 1989; Parreti, A. i sur., 1994; Mahmood i sur., 2004; Wolf, R.E., 2004; Panneton, B. i sur., 2004; Hoffman, W.C. i sur., 2005; Wolf, T.

i sur., 2006; Deveau, S.T., 2010) te su postali najpopularnija i najbolja metoda s umjetnim metama za evaluaciju pokrivenosti površine, veličine i broja kapljica kako na ratarskim kulturama tako i u trajnim nasadima (Parenti, A. i sur., 1994; Manktelow, W.L., 1998; Salyani, M. i sur., 1999; Wolf, R.E. i sur., 1999, 2003, 2004; De Moor i sur., 2000; Sumner, R.H. i sur., 2000; Fox, R.D. i sur., 2001, 2003; Holownicki, R. i sur., 2002, 2006; Panneton, B. i sur., 2002, 2005; Cross, J.W. i sur., 2003; Turner, C.R. i sur., 2003; Porras Sorriano i sur., 2005; Tekele, D.D. i sur., 2007; Derksen, R.C. i sur., 2007; Godyn, A. i sur., 2008; Marcal, R.S. i sur., 2008; Banaj, Đ. i sur., 2010; Foqué, D., 2012).

VOP-i također služe za evaluaciju broja kapljica po jedinici površine i mjerenja postotka pokrivenosti površine (Wolf, R.E. i sur., 1999, 2003, 2004; Syngenta, 2002; Cross, J.W. i sur., 2003; Mahmood i sur., 2004; Hoffman, W.C. i sur., 2005; Porras Sorriano i sur., 2005; Banaj, Đ. i sur., 2010). Pomoću njih određuje se veličina kapljica, ali se koriste korekcijski faktori jer kapljica na VOP-u ostavlja veći otisak nego što je uistinu njezin promjer te se navedeno izražava koeficijentom razljevenosti kapljice (Šumanovac, L. i sur., 1994). Ovi 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 daje netočni 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 časopisima (Fox, R.D. i sur., 2003; Hoffman, W.C. i sur., 2005; Marcal, R.S. i sur., 2008). Sa podatkom veličine kapljica razvrstanih po razredima veličina, izračunavaju se različiti oblici srednjih volumnih promjera kapljica – aritmetički promjer, srednji volumni promjer i ostalo (Salyani, M. i sur., 1999; Etridge, R.E. i sur., 1999; Wolf, R.E., 1999, 2003, 2005; Fox, R.D. i sur., 2001, 2003; Cross, J.W. i sur., 2003).

Metoda sa VOP-ma je svjetski najprihvatljivija metoda za poljsko određivanje navedenih čimbenika (pokrivenost tretirane površine, različite srednje promjere kapljica, broj kapljica po kvadratnom centimetru 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 (Tuck, C.R. i sur., 1997; Duvnjak, V. i sur., 2000; Nuyttens, D. i sur., 2006, 2007). Metoda sa laserskim uređajem koristi se samo u laboratorijima većih renomiranim proizvođača mlaznica (*Lechler, Hardi, TeeJet*) gdje se određuje spektar veličine kapljica pri različitim radnim tlakovima i različitim protocima mlaznica.

Nekada, dok računarstvo nije bilo tehnološki razvijeno, parametri sa VOP-a određivani su vizualno, brojanjem kapljica, ispod povećala (*Syngenta*, 2002). Ova metoda nije znanstveno prihvatljiva i može tek poslužiti kao orijentacijska metoda. Napretkom tehnologije počelo je korištenje metode skeniranja VOP-a te softversko obrađivanje dobivene slike (Wolf, R.E.,1999, 2003, 2004; Sumner, R.H. i sur., 2000; Mahmood i sur., 2004). Daljnjim razvojem tehnologije počelo je korištenje metode analize slike sa visokorezolucijskim fotoaparatima. Slikanjem VOP-a dobivaju se slike koje se dalje softverski obrađuju (Salyani, M. i sur., 1999; Hoffman, W.C. i sur., 2005; Banaj, Đ. i sur. 2010; Zhu, H. i sur., 2011). Ove metode nazvane su različitim imenima, ovisno s kojeg su instituta ili sveučilišta potekle. Tako su metode sa skeniranjem nazvane: *DropletScan - Wolf, 1999*; *Optomax - Syngenta, 2002*; *AgroScan - 2008*, a sa fotografiranjem nazvana su *UTHSCSA Image Tool* (De Moor i sur., 2000; Derksen, R.C. i sur., 2007; Marcal, R.S. i sur., 2008) te *USDA – ARS i Swat Kit 3.0* (Hoffman, W.C. i Hewitt, A.J., 2005).

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* sa faktorima za preračunavanje veličine kapljica daju približno isti podatak o veličini kapljica za sve tri metode do veličine kapljica od 800 μm (Hoffman, W.C. i Hewitt, A.J., 2005). Navedene tri metode pokazale su statistički značajnu signifikantnost u međusobnim interakcijama pa se utvrđuje da su metode pouzdane i daju pravi podatak o pokrivenosti površine i veličine kapljica.

2.2. Vodoosjetljivi papirići (VOP)

Površina VOP-a je žute boje i na površini se nalaze spojevi s bromom koji u dodiru s kapljicama vode mijenjaju boju, odnosno prelaze iz žute u plavu boju. Stoga pri analizi slike jasno se može odrediti postotak žute ili plave boje, tj. postotak pokrivene ili nepokrivene površine (Hill, B.D. i sur., 1989; Franz, E., 1993; Praat, J.P. i sur., 1996; Manktelow, D.W., 1998; Wolf, R.E.,1999, 2003, 2004; De Moor i sur., 2000; Holownicki i sur., 2002; Cross, J.W. i sur., 2003; Mahmood i sur., 2004; Porras Sorriano i sur., 2005; Godyn, A. i sur., 2008; Banaj, Đ. i sur., 2010).

VOP-i se postavljaju na nekoliko različitih visina u nasadima pri poljskom ispitivanju. Zavisno da li se radi o trajnom nasadu ili ratarskoj kulturi (nikako manje od tri). Također, da bi se dobio što reprezentativniji podatak pokrivenosti površine, VOP-i se postavljaju na lice i na naličje lista i to 0,3 - 0,4 m unutar krošnje (Salyani, M. i Fox, R.D., 1999). Na svakoj ispitivanoj visini treba biti postavljeno minimalno pet VOP-a (Manktelow, D.W., 1998; Porras Sorriano i sur., 2005; Banaj, Đ. i sur. 2010). Podatci o pokrivenosti površine unutar jedne krošnje mogu značajno varirati te se ostvaruju koeficijeti varijacija 40 – 80% (Praat, J.P i sur., 1996).

VOP ima nekoliko ograničavajućih čimbenika glede poljskih ispitivanja tehničkih čimbenika prskanja. Istraživanja se obavljaju samo kada je relativna vlažnost zraka manja od 80% jer pri većim vlažnostima VOP-i apsorbiraju vlagu iz zraka te poplave bez doticaja tekućine (Holownicki i sur., 2002; Banaj, Đ. i sur., 2010). Ako se istraživanje obavlja sa većim normama raspršivanja (l/ha) postoji mogućnost „kupanja" VOP-a i dobivanja netočnih rezultata. Stoga, pri istraživanju se ne treba koristi norma prskanja veća od 450 l/ha (Salyani, M. i sur., 1999). Wolf, R.E. i sur. (1999) navode da kod analize slike s manjim rezolucijama i metodama sa skeniranjem postoji mogućnost da računalni sustavi ne mogu analizirati kapljice manje od 10 μm koje daju otisak na VOP-u. Također, kada se pokupe uzorci VOP-a sa kulture, stavljaju se u PVC vrećice ili kartonske kutije u kojima se mora nalaziti sredstvo koje će vezivati vlagu iz zraka (Wolf, R.E. i sur. 2006). Panneton, B. i sur., (2002) pri ispitivanju tehničkih čimbenika prskanja utvrđuju standardnu pogrešku od 3,5% pri radu sa VOP-ma.

2.3. Veličina kapljica

Za pokrivenost površine i depozit tekućine na cilj prskanja najvažnija je veličina kapljica, te ona određuje intenzitet pokrivenosti površine i depozita. Ako se radi o malim kapljicama (manje od 250 μm – *BCPC*[1]; *ASAE*[2]) pokrivenost površine je veća, a ako se radi o velikim kapljicama (veće od 350 μm - *BCPC*; *ASAE*) pokrivenost površine je manja (Banaj, Đ. i sur. 2010). *ASAE* standard je novijeg datuma i temeljen je na podatcima od *BCPC* standarda. Granice veličine kapljica prema ova dva standarda razlikuju se 50 μm. Metthews, G.A., (1979) daje podatak da je za suzbijanje letećih insekata potrebna veličina kapljica od 10 – 50 μm, za insekte na tlu 20 – 100 μm, za biljne bolesti 20 – 200 μm te za štetnike na tlu 250 –

[1] British Council for Crop Protection (1985.)
[2] ASAE (American Standards for Agricultular Engineering) standard, S – 572.1 (ožujak, 2009.)

500 μm. Dakle, povećanjem broja kapljica, tj. njihovim smanjivanjem povećava se mogućnost suzbijanja štetočinja.

Najbolji biološki učinak fungicida ostvaruje se sa 80 do 90 kapljica na kvadratni centimetar, a za insekticide 60 – 70 kapljica (Deveau, S.T., 2010). Veći broj kapljica po kvadratnom centimetru postiže se povećavanjem radnog tlaka (Wolf, R.E. i sur. 1999; Cross, J.V. i sur., 2003), tj. povećavanjem radnog tlaka postiže se veća pokrivenost 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). Kada se radi o upotrebi skupih pesticida, zahtijeva se uniformna i velika pokrivenost površine biljke da se ostvari izravni kontakt pesticida sa štetočinjama (Frankel, H., 1986). Ako se zaštita bilja obavlja sa malom pokrivenošću površine, dolazi do slabe kontrole bolesti iako je zaštita obavljena u pravo vrijeme (Furness, G. i sur., 2003). Ova pojava vrlo je česta na hrvatskim poljoprivrednim površinama, gdje se trajne kulture prskaju više od 20 puta tijekom vegetacije. Razlog navedenom često su neadekvatno podešeni raspršivači te neispravni sastavni dijelovi strojeva, prvenstveno mlaznice i manometri (Banaj, Đ. i sur., 2010). Ostvarivanjem velike pokrivenosti tretirane površine, moguće je smanjenje dozacije pesticida po jedinici površine uz isti biološki učinak (McFadden – Smith, W., 2003).

Istraživanja autora Wolf, R.E. i sur. (1999) jasno su pokazala da se povećavanjem radnog tlaka smanjuje veličina kapljica. U istraživanju korištena je *Dropletscan* metoda određivanja veličine kapljica za dvije vrste mlaznica i pri dva različita radna tlaka. Tako je mlaznica *XR 11004* pri tlaku od 138 kPa ostvarila *VMD* od 506 μm, te $VD_{0.1}$ 312 μm i $VD_{0.9}$ 661μm. Ista mlaznica pri radnom tlaku od 551 kPa ostvarila je *VMD* od 350 μm te $VD_{0.1}$ 350 μm i $VD_{0.9}$ 504 μm. Druga ispitivana mlaznica bila je zračno – injektorska *AI 11004* te je pri tlaku od 138 kPa ostvarila *VMD* od 663 μm uz $VD_{0.1}$ 381 μm i $VD_{0.9}$ 788 μm. Ista zračno – injektorska mlaznica pri tlaku od 551 kPa ostvarila *VMD* od 582 μm uz $VD_{0.1}$ 341 μm i $VD_{0.9}$ 745 μm. Iz navedenih tvrdnji jasno se zaključuje da se povećavanjem radnog tlaka smanjuje veličina kapljica te da zračno – injektorske mlaznice ostvaruju veće kapljice s obzirom na stardardne mlaznice pri oba radna tlaka. Slično istraživanje obavio je Etheridge, R.E. i sur. (1999), koji je istraživao spektar kapljica pri prskanju sa različitim sredstvima i različitim mlaznicama. Došao je do zaključka da su kapljice manje od 205 μm u mlazu zračno – injektorskih mlaznica zastupljene sa 17%, dok je taj broj kod standardnih mlaznica iznosio 65% (crvene mlaznice i radni tlak od 3 bar). Cross, J.V. i sur. (2003) u svom istraživanju

obavljaju ispitivanje utjecaja tri veličine kapljica na pokrivenost površine (*VMD* 156 μm – vrlo male kapljice; *VMD* 198 μm – male kapljice i *VMD* 237 μm – kapljice srednjih veličina). Najveća pokrivenost tretirane površine utvrđena je kod malih kapljica, jer su manje osjetljive na zanošenje od vrlo malih kapljica, a ostvaruju veću pokrivenost od kapljica srednjih veličina.

Autori Wolf, T. i Caldwell, B. (2006) su proučavali broj kapljica po kvadratnom centimetru pri zaštiti bilja sa tri različite norme raspršivanja po hektaru (45, 85 i 125 l/ha) i tri različite veličine kapljica (kapljice srednjih veličina – 295 μm; velike kapljice 370 μm i vrlo velike kapljice – 510 μm). Analiza pokrivenosti površine preko VOP-a pokazala je da se broj kapljica po kvadratnom centimetru smanjuje kada se smanjuje norma raspršivanja ili kada se povećava veličina kapljica. Kombinacija malih normi raspršivanja po hektaru sa velikim kapljicama ostvaruje najlošije rezultate, tj. ostvaruje se najmanji broj kapljica po kvadratnom centimetru. Također navode, da se pri normama po hektaru većim od 85 l mogu koristiti velike kapljice.

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

2.4. Zanošenje tekućine (drift)

Male kapljice osjetljive su na zanošenje (drift) iz nasada te treba voditi računa o granici njihovog smanjenja, a da bi pri tome ostao dobar biološki učinak. Intenzitet zanošenja se mjeri sa VOP-a koji se postavljaju na različite udaljenosti od cilja prskanja (Chapple, A.C. i sur., 1997; Thistle, H.W. i sur., 1998; Ozkan, H.E.,1998, 2004; Doruchowski, G. i sur. 2000; Zhu, H. i sur., 2005; Knežević, D. i sur., 2007; Wenneker, M.C., 2008; Bozdogan, N.Y. i sur., 2009). Iz navedenog se zaključuje da je veličina kapljica glavni čimbenik aplikacije pesticida s kojim se manipulira da bi se ostvarili željeni rezultati zaštite bilja, tj. optimizacija između veličine kapljica, radnog tlaka i tipa mlaznice (Williams, W. i sur., 1999). Ozkan, H.E. (2004)

navodi da su kapljice manje od 200 μm najosjetljivije na zanošenje, tj. odnošenje izvan nasada ili isparavanje. Isti autor (1998) navodi da kapljice promjera 25 μm pri temperaturi od 23,88 °C i relativnoj vlažnosti zraka od 100% mogu biti zanešene i do 119,27 m od cilja prskanja, a iste kapljice pri većim temperaturama i manjim vlažnostima zraka potpuno ispare prije nego što dođu do cilja prskanja. Iz navedenih istraživanja zaključuje se da pojavom zanošenje definira bilo koji gubitak sredstva za zaštitu bilja, tj. gubitak tekućine isparavanjem i zanošenjem od cilja prskanja.

Pri zaštiti poljoprivrednih kultura treba poštovati pravila struke koja nalažu da se sa standardnim mlaznicama može obavljati zaštita bilja samo onda kada to vremenski uvjeti dopuštaju (Tadić, V. i sur., 2009). Ovo se 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. Isti autor navodi načela smanjenja zanošenja prije i za vrijeme zaštite bilja. Prije prskanja vodi se računa o: planiranju akcije prskanja samo kada to vremenski uvjeti nalažu, odabiru 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. 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 sa manjim protokom (narančaste s oznakom 01, zelene s oznakom 015 i žute sa 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* je svrstana 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 gubitci 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. Pri normi prskanja od 47 l broj kapljica manjih od 200 μm iznosio je: 2.580 za mlaznicu *XR110015*; 1.612 za mlaznicu *TT11015* i 590 za mlaznicu *AI 110015*. Povećavanjem norme prskanja na 94 l/ha ostvareni su slijedeći rezultati: 1.975 kapljica manjih od 200 μm za mlaznicu *XR110015*; 1.012 za mlaznicu *TT11015* i 589 za mlaznicu *AI 110015*. Pri najvišoj normi prskanja od 187 l/ha rezultati su slijedeći: 1.028 kapljica manjih od 200 μm za mlaznicu *XR110015*; 848 za mlaznicu *TT11015* i 663 za mlaznicu *AI 110015*. Iz navedenog se može zaključuje da standardne mlaznice proizvode puno više kapljica manjih od 200 μm nego zračno – injektorske i *turbo* mlaznice. Dakle, pri radu standardnih mlaznica veća je vjerojatnost zanošenja nego pri radu ostala dva tipa mlaznica. Također, vidljivo je da se povećavanjem doze po hektaru smanjivao broj malih kapljica kod sva tri tipa mlaznica. Povezano s ovim istraživanjem autori Ozkan, H.E. i Derksen, R.C. (1998) navode da pri radu *TT 11005* mlaznica i radnom tlaku od 2,5 bar, u mlazu se nalazi 4% kapljica koje su manje od 100 μm.

2.5. Norma raspršivanja i bujnost nasada

Veliki problemi nastaju kad se govori o količini vode koja će se koristiti pri zaštiti bilja. Ona ovisi o gustoći nasada, habitusu, vegetacijskom dobu i *LAI* – u i *LAD* – u. Logično je za zaključiti ako se radi o većoj lisnoj masi da se koristiti veća norma raspršivanja. Moderne tehnologije i razvijena poljoprivredna područja određuju *LAI* pomoću GPS tehnologije i satelita, pa u svakom trenutku razvoja biljaka mogu odrediti optimalnu normu raspršivanja (Johnson, L.F. i sur., 2001; Jurišić, M. i Plaščak, I., 2009). Ako ova tehnologija nije dostupna, točna količina teško se određuje i ovisi o stručnosti rukovatelja i razvijenim modelima izračunavanja. U Svijetu se koriste različiti sustavi procjene norme raspršivanja (l/ha) koji su temeljeni na različitim metodama: *CAS – Crop Adapted Spraying, PACE +, TRV – Tree Row*

Volume i *UCR - Unit Canopy Row* (Manktelow, W.L., 1998; Weisser, P. i sur., 2002; Deveau, S.T., 2010;). Istraživači su kasnijim istraživanjima povećavali ili smanjivali norme raspršivanja da bi bolje proučili utjecaj količine tekućine na pokrivenost površine (Bound, S.A. i sur., 1997; Manktelow, W.L., 1998; Farooq, M. i Salyani, M., 2003; Lopresti, J., 2004, Wolf, T. i sur., 2006). Različiti autori navode kako norma raspršivanja utječe na pokrivenost površine i depozit sredstva kod trajnih kultura. Kod nekih je utjecaj veći, a kod nekih manji. Glavni razlog ove varijacije je uzgojni oblik i bujnost krošnje te se za svaki nasad mora posebno određivati norma raspršivanja (Farooq, M. i sur., 2002), dok je Carlton, J.B.i sur. (1993) utvrdio izravni utjecaj norme raspršivanja na pokrivenost tretirane lisne površine. On navodi da se povećavanjem količine tekućine povećava pokrivenost površine do granice kada norma raspršivanja postaje prevelika i dolazi do kapanja tekućine sa lista i gubitaka.

Na temelju različite bujnosti krošnje u različitim godinama ili različitom razvojnom stadiju, Matthews, G.A. (1992) uvodi parametre *LAI* – a (*leaf area indeks*) i *LAD* – a (*leaf area density*) za izračunavanje potrebne norme raspršivanja, prema predloženim formulama. *LAI* dovodi u odnos veličinu lisne površine sa površinom tla nad kojom se nalazi krošnja, a *LAD* dovodi u odnos lisnu površinu s obzirom na obujam u kojem se istraživani listovi nalaze.

2.6. Pokrivenost tretirane površine i depozit tekućine

Vrlo bitan tehnički čimbenik zaštite bilja je depozit zaštitnog sredstva unutar sklopa (ratarska kultura) ili unutar krošnje (trajni nasad). Navedeni čimbenik je usko povezan sa pokrivenošću površine iako se u puno toga razlikuje od njega primjerice, jedna kapljica veličine 300 μm može na list donijeti koncentraciju sredstva kao i dvadeset sedam kapljica veličine 100 μm, ali njihov biološki učinak nije jednak (Matthews, G.A.,1992). Metoda istraživanja koristi filter papiriće koji se postavljaju jednako kao i VOP-e samo što se s njih tekućina ispire, a nakon toga obavlja se kolorimetrija ili neki drugi postupak određivanja koncentracije tekućine. Prskanje se ne vrši s pesticidima već sa različitim organskim bojilima (npr. tartazin). Rezultat depozita se izražava kao koncentracija po tretiranoj površini ($\mu l/cm^2$). U većini istraživanja depozit se smanjuje kretanjem prema sredini krošnje kod trajnih nasada što je jedan od razloga ponovnih pojava bolesti (Yates, W.E. i sur., 1992; Parenti, A. i sur., 1994; Fox, R.D. i sur., 1998; Sumner, R.H. i sur., 2000; Salyani, M. i sur., 2000; Farooq, M. i sur., 2002; Cross, J.V. i sur., 2003; Manktelow, D.W. i sur., 2004; Pergher, G., 2004; Zhu, H. i sur., 2004; Salyani, M. i sur., 2006; Celen, I.H. i sur., 2009).

Jedno od opsežnijih istraživanja (Manktelow, D.W., 1998) u kojem su sinergirana znanja poljoprivredne mehanizacije, fitopatologije i entomologije, odnosi se na ispitivanja utjecaja pokrivenosti tretirane površine i depozita mlaza na suzbijanje medića i crne pjegavosti u novozelandskim nasadima jabuke. Istraživan je depozit sredstva i pokrivenost tretirane površine s obzirom na različita podešavanja tehničkih čimbenika prskanja (norma raspršivanja, brzine kretanja stroja, veličina kapljica) sa dva različita tipa ventilatora raspršivača (*Trifan – stacked axial fan tower sprayer* i *Silvan – six head air – shear tower sprayer*). Sa različitim optimiranjima navedenih čimbenika pratio se učinak na suzbijanje navedenih štetočinja, tj. tražilo se nabolje moguće podešavanje stroja koje ima signifikantno najbolji učinak na suzbijanje štetočinja. Uz variranje čimbenika prskanja, variran je i uzgojni oblik nasada jabuke. Ostvarivanjem dobre pokrivenosti tretirane površine, dokazala stopostotna smrtnost medića pri pokrivenosti površine od 62,40 do 70,39%. Tako je Mahmood., H.S. i sur. (2004) istraživao utjecaj pokrivenosti tretirane površine na suzbijanje *Helicoverpe sp.* u nasadu pamuka, te je utvrdio da stopostotna smrtnost štetnika ostvarena pri pokrivenosti površine od 52,00 – 61,75%. Porras Soriano, A. i sur. (2005) istraživali su utjecaj različitih tipova raspršivača na pokrivenost listova vinove loze pri različitim radnim tlakovima. Tako je prosječna pokrivenost lista sa klasičnim aksijalnim raspršivačem iznosila 19,24% pri radnom tlaku od 0,3 MPa, dok je pri radnom tlaku od 0,6 MPa iznosila 25,40%. Najbolje rezultate ostvario je raspršivač sa zračnim tunelom, kod kojeg je lice lista prosječno bilo pokriveno 54,30%, a naličje 9,87%. Svi raspršivači u istraživanju s porastom radnog tlaka ostvarili su veću pokrivenost površine.

2.7. Mlaznice na tehničkim sustavima u zaštiti bilja

Mnogi autori proučavali su odnos veličine radnog tlaka i *ISO* broja mlaznice, te su istraživanja pokazala da se povećavanjem radnog tlaka smanjuje veličina kapljica u mlazu (Hewitt, A.J., 1998; Ozkan, H.E., 1998; Wolf, R.E. i sur., 1999, 2005, 2006; Etheridge i sur., 1999; Butler Ellis i sur., 1999, Zhu, H. i sur., 2005, Šumanovac, L. i sur., 2008). Veliki broj autora utvrdili su da zračno – injektorske mlaznica proizvode veće kapljice nego standardne mlaznice kod istog *ISO* broja i pri istom radom tlaku. Kao rezultat ovog svojstva, navedene mlaznice ostvaruju manji depozit i manju pokrivenost površine te proizvedene kapljice koje su više otporne na zanošenje i isparavanje (Ozkan, H.E., 1998; Butler Ellis i sur., 1999; Van de Zande i sur., 2008; Wenneker, M.C. i sur., 2008).

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 sa velikim koeficijentima varijacije (Banaj, Đ. i sur., 2009, 2010; Tadić, V., i sur., 2010).

Mlaznice svojim radom propuštaju tekućinu te procesom kapljevinske erozije povećavaju izlazni otvor što dovodi do povećavanja protoka i veličina kapljica te nepravilne raspodjele tekućine. Potrošene mlaznice treba što prije zamijeniti novima da bi se osigurala pravilna raspodjela tekućine i uniformna pokrivenost tretirane površine (Tadić, V. i sur., 2009). Duvnjak, V. i sur. (1998) navodi da se mlaznice sa manjim izlaznim otvorom brže troše od mlaznica sa 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.

2.8. Protok i brzina zraka pri radu raspršivača

Protok i brzina zraka također su važni tehnički čimbenici zaštite trajnih nasada. Služe kao dodatno sredstvo razbijanja mlaza i stvaranja malih kapljica (hidropneumatska dezintegracija), te kao sredstvo koje će tekućinu mlaza dodatno usmjeriti i transportirati na cilj prskanja. Brzina zraka ima bitan utjecaj na pomicanje listova i grana (tzv. otvaranje krošnje) da bi zaštitno sredstvo bilo deponirano u sredini krošnje. Vrlo važno je da pri zaštiti trajnih nasada brzina zraka bude veća od 12,2 m/s (Randall, J.M., 1971). Zhu, H. i sur. (2006) u svome istraživanju navode podatak, gdje pri radu konvencionalnog aksijalnog raspršivača bez visinskih usmjerivača zraka, brzina zraka sa 40 m/s na izlazu iz usmjerivača zraka pada na 19,4 m/s kad struja zraka počne doticati rubove krošnje na udaljenosti 1,79 m od raspršivača. Svensson, S.A. (2001), Farooq, M. i sur. (2002) te Fox, R.D. i sur. (1998) navode da je povećana brzina zraka na izlazu usmjerivača zraka preduvjet za bolji depozit i pokrivenost površine unutar krošnje. Ovo nije slučaj kod mladih trajnih nasada gdje je mala lisna površina te povećavanje brzine zraka dovela do povećanog zanošenja kapljica (Landers, A. i sur., 2004). Navedeni autor utvrđuje da se smanjivanjem brzine zraka (mladi trajni nasadi) za 25% povećava *VMD* za 31%, te se tako osigurava optimalna pokrivenost površine i smanjeno zanošenje. Za nasade koje imaju bujnu krošnju ili koji su u kasnijim razvojnim

stadijima, treba koristiti strojeve koji mogu razviti veću brzinu i protok zraka. Banaj, Đ. i sur. (2010) preporučuju testiranje strojeva prema maksimalno ostvarenoj brzini i protoku zraka za pojedini trajni nasad. U njihovom istraživanju testirana su tri različita aksijalna raspršivača (*Tifone Vento, Myers N1500 i Hardi Zenit*) od kojih je *Hadi Zenit* ostvario najveći protok zraka od 44.590 m^3/h.

Jedan od problema brzine zraka je u tome što energija zračne struje slabi udaljavanjem od izlaza ventilatora pa je na udaljenosti do 3,5 m manja za oko 60 % (Fox, R.D. i sur., 1992). Stoga, pri određivanju brzine zraka za pojedini nasad treba voditi računa da optimalna brzina zraka stiže do cilja prskanja (De Moor., i sur., 2000; Zhu, H. i sur., 2006). Vrlo često se događa da kod uzgojnih oblika koji su veći od 3 – 4 m optimalna brzina zraka ne dolazi do vršnih grana. Pokrivenost površine tih djelova krošnje je realtivno mala i štetnici nalaze mjesta na kojima će preživjeti utjecaj pesticida. Razlog navedenom je nepravilno podešna brzina zraka na usmjerivačima ili korištenje neadekvatnog raspršivača. Ovi problemi mogu se riješiti pravilnim optimiranjem brzine zraka po cijeloj vertikalnoj osnovici kulture ili korištenjem radijalnih raspršivača s tangencijalnim usmjerivačima. Naravno, moguće je korištenje i specijalnih izvedbi aksijalnih raspršivača sa visinskim usmjerivačima zraka (Manktelow, D.W., 1998; De Moor, A. i sur., 2000; Farooq, M. i Salyani, M., 2002). Vođeni ovom problematikom Salyani, M., i Fox, R.D. (1999) su istraživali pokrivenost površine (VOP-i i analiza slike) pri istim parametrima prskanju i vremenskim uvjetima za devet različitih tipova raspršivača. Raspršivač koji je ostvario najbolji rezultat pokrivenosti površine preporučen je za eksploataciju u nasadu gdje su raspršivači bili ispitivani.

Brzina zraka često se kombinira sa čimbenicima brzine kretanja raspršivača i norme raspršivanja. Tako je Marucco, P. i sur. (2008) istraživao 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) u nasadu breskve. Istraživanje je pokazalo da je najbolji rezultat pokrivenost površine i depozita ostvaren pri brzini rada stroja od 7 km/h, brzini zraka od 14 m/s i normi raspršivanja od 400 l/ha. Povezano s ovim istraživanjem autori Panneton, B. i sur. (2004), Salyani, M. i sur. (2000) i Derksen, R.C. i sur. (1995) utvrdili su da se smanjivanjem brzine kretanja stroja, (do 5 km/h) u trajnim nasadima (vinograd, jabuka), pokrivenost površine poveća za signifikantnu vrijednost. Panneton, B. i sur. (2005) navode pojam specifičnog protoka zraka (%) koji se mjeri preko dva čimbenika: brzina rada stroja (km/h) i ukupnog protoka zraka kroz usmjerivače (m^3/s). Isti autor navodi da se smanjenjem

brzine rada sa 5,8 na 4,4 km/h pokrivenost tretirane površine u vinogradu povećala sa 9 na 18% (Panneton, B. i Lacase, B., 2004).

Berčič, S. (1999) navodi da je za depoziciju kapi od posebnog značaja brzina rada stroja i brzina zračne struje. Male kapi u laminarnoj struji slijede strujnice zraka i zaobilaze prepreku (bitno za pokrivenost površine unutar krošnje), dok velike kapi zbog svoje inercije ne zaobilaze prepreke nego se deponiraju na njima (na vanjskim listovima krošnje). Ova tvrdnja govori u prilog malim kapljicama, jer probijaju duboko u krošnju i ostvaruju dobre depozite i pokrivenost površine unutar krošnje. Povezano s ovime, Derksen, R.C. i sur. (2007) navode da se pri zaštiti trajnih kultura sa zračno – injektorskim mlaznicama (formiraju velike kapljice) treba stvoriti povećana turbulentnost zraka, da se velike kapljice uspiju deponirati unutar krošnje.

Jedan od nedostataka klasičnih aksijalnih raspršivača bez usmjerivača zraka je manja količina zraka s desne strane stroja za 8 – 11%. Ova greška je konstrukcijske prirode i smjera rotacije ventilatora pa bi se trebali koristiti aksijalni raspršivači s dva ventilatora, koji rotiraju u suprotnim smjerovima ili aksijalni raspršivači s usmjerivačima zraka (Godyn. A., i sur., 2008).

2.9. Vertikalna raspodjela tekućine

Nepravilna vertikalna raspodjela tekućine jedan je od glavnih problema nedovoljne pokrivenosti, tj. zaštite nasada. Svake sezone prije početka rada raspršivač treba testirati na vertikalnu raspodjelu tekućine pomoću mjernog uređaja za ispitivanje vertikalne raspodjele tekućine – *engl. vertical patternator* (Vieri, M. i sur., 1998; Pergher, G. i sur., 2002, 2005; Gil, E. i sur., 2007). Raspršivači koji na testiranju prije rada u polju nemaju dobre rezultate vertikalne raspodijele tekućine teško je za očekivati da će postići dobre poljske rezultate pokrivenosti površine i depozita sredstva (Vieri, M. i sur., 1998). Uređaj za testiranje vertikalne raspodjele tekućine (*vertical patternator*) predstavlja vrlo dobro tehničko rješenje za kalibraciju raspršivača, ali treba voditi računa da uređaj bude što bolje podešen prema veličini i geometriji nasada (Pergher, G. i sur., 2002; Gil, E. i sur., 2004, Biocca, M. i sur., 2005). Za svaki nasad potrebno je obaviti poljska ispitivanja vertikalne raspodijele tekućine tako da se mlaznice usmjere prema geometriji nasada, tj. da se istraživanjem utvrde najbolji kutovi usmjerenja mlaznica za optimalnu pokrivenost površine (Fox, R.D. i sur. 1992; Holownicki, R. i sur., 2000; Pergher, G. i sur., 2005; Derken, R.C. i sur., 2006; Celen, I.H. i

sur., 2008). Ovu tvrdnju potvrdio je Pergher, G. (2004), koji je u svome istraživanju ispitivao utjecaj kalibracije raspršivača s obzirom na pokrivenost površine i depozit sredstva unutar krošnje. Prvi tretman u istraživanju bio je bez kaliblacije, tj. pozicija mlaznica ostavljena je prema tvorničkom podešenju; drugi tretman je obavljen prema poljskoj kalibraciji, a treći tretman je obavljen prema kalibraciji na vertikalnom paternatoru. Najbolji rezultat s obzirom na pokrivenost površine i depozit sredstva ostvario je tretman prema poljskoj kalibraciji raspršivača. S obzirom na navedeno istraživanje, oblik raspodjele tekućine pri radu aksijalnih raspršivača treba imati oblik okomite sinusoide.

2.10. Usmjerenje mlaznica

Svensson, S.A. i sur. (2003) mjerio je prodiranje zraka unutar krošnje nasada jabuke, u središtu reda jabuke i na uvratini (mjereno sa *hot film* anemometrom). Mjerena je pokrivenost površine sa različitim usmjerenjima mlaznica (gornja mlaznica pod kutom od 15°, a donja pod kutom od 12°), sa različitim brzinama rada stroja (od 4,8 do 8 km/h) te različitim brzinama zraka. Autor Celen I.H. (2008) u svom istraživanju daje podatak o različitom usmjerenju mlaznica pri zaštiti trajnog nasada, tj. mlaznice su za vrijeme rada bile postavljene pod kutovima 0, 20 i 40° s obzirom na horizontalnu ravninu. Tehnički čimbenici prskanja bili su postavljeni jednako za sva tri tretmana (400 l/ha norma raspršivanja, 12 bar radni tlak i 6 km/h brzina rada stroja). Najbolji radni položaj mlaznice pokazao se sa kutom od 20°, jer pri položaju od 0° (mlaznica paralelna sa tlom) ostvareno je previše gubitaka tekućine na tlu, a pri kutu od 40° previše je gubitaka tekućine nastalo zbog pojave zanošenja.

2.11. Gustoća sredstva za raspršivanje

Mnogi svjetski istraživači proveli su ispitivanja sa različitim kemijskim sredstvima koji smanjuju viskozitet i površinsku napetost tekućine da bi se dobile veće ili manje kapljice. Istraživanja su pokazala da se povećavanjem viskoziteta tekućine stvaraju veće kapljica, a smanjivanjem površinske napetosti tekućine stvaraju se manje kapljice (Duvnjak, V. i sur., 2000; Spanoghe, P. i sur., 2007). Miller, H.C. i Butler Ellis, M.C. (2000) provode istraživanje utjecaja različitih sredstva na veličinu kapljica pri radu standardnih i zračno – injektorskih mlaznica. Ispitivan je utjecaj dodatka 0,5% orošivača na bazi amina, utjecaj dodatka 1% biljnog ulja te tretmana sa čistom vodom. Najmanja veličina kapljica ostvarena je kod tretmana sa aminom, a najveća kod tretmana sa biljnim uljem. Navedeni trend povećanja

kapljica jače je izražen kod zračno – injektorskih mlaznica nego kod standardnih mlaznica. Navedena istraživanja provede se samo sa *PDPA* uređajem koji može odrediti trenutačnu veličinu kapljica u letu. Ako se u tekućinu za prskanje dodaju različita kemijska sredstva (povećava se ili smanjuje njezina gustoća), onda se pomoću VOP-a ne može utvrditi točna veličina kapljica jer su korekcijski faktori utvrđeni za čistu vodu (Harz, M., Knoche, M., 2001; Zhu, H. i sur., 2011).

2.12. Novosti o tehničkim sustavima u zaštiti bilja

Nove svjetske tehnologije koriste raspršivače sa reciklirajućim sustavom. Ovaj sustav koristi manje količine pesticida s obzirom na konvencionalne raspršivače uz isti ili bolji biološki učinak. Istraživanja su pokazala da su gubitci na tlu s ovim sustavom manji od 5% te da je tekućina zadržana na listovima bila oko 87% (Ade, G. i sur., 2005). Doruchowski, G., i sur. (2000) i Baldoin, C. i sur. (2008) navode da ovaj sustav može uštedjeti 85% pesticida pri zaštiti bilja jer se kemijsko sredstvo koje ne dođe do cilja prskanja vraća nazad u sustav. Također navode da treba težiti novijim tehničkim rješenjima izrade raspršivča i to u smjeru mogućnosti uštede i zaštite okoliša. Prema ovome razvijen je raspršivač koji sustavom detekcije, pomoću senzora bilježi podatke o gustoći krošnje i na temelju toga stroj prska s manjom ili većom količinom sredstva. Ovaj sustav može uštedjeti 30% pesticida, te smanjiti zanošenje za čak 50%.

Ulaskom Hrvatske u Europsku uniju naslijedili su se pravilnici i zakoni vezani za obavezni tehnički pregled sustava koji obavljaju zaštitu bilja. Sve prskalice i raspršivači s obujmom spremnika većim od pet litara morati će imati valjani certifikat o ispravnosti. Trenutno stanje u Republici Hrvatskoj veoma je loše (Banaj, Đ. i sur., 2012), te će rukovatelji tehničkih sustava u zaštiti bilja morati posvetiti punu pozornost vlastitim strojevima da bi se zadovoljile sve europske norme (EN 13790) i *ISO* standardi testiranja (Herbst, A., Ganzelmeier, H., 2002).

3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZA

Cilj ovog istraživanja temelji se na pretpostavci da se povećavanjem brzine rada raspršivača (km/h) i povećavanjem norme raspršivanja (l/ha) povećava pokrivenost tretirane površine uz povećanje radnog tlaka (bar). Također, cilj je istražiti hipotezu da se smanjivanjem *ISO* broja mlaznice povećava pokrivenost tretirane površine.

Navedene tvrdnje ispitati će se poljskim pokusom kroz eksploataciju dva raspršivača sa različitim sustavima istrujavanja zraka (askijalni i radijalni ventilator). Pri radu navedenih raspršivača kombinirati će se različito postavljeni glavni tehnički čimbenici raspršivanja (*ISO* broj mlaznice, brzina rada uređaja te norma raspršivanja) da se dobije spoznaja o koeficijentu pokrivenosti lisne površine, tj. postotku pokrivene tretirane površine pri svakome tretmanu. Statističkom obradom podataka (relevantne statističke metode: analiza varijance, korelacija i regresija, *LSD post hoc* test, *sign* test) istraživanja donijeti će se zaključak koje podešavanje tehničkih čimbenika raspršivanja rezultira najvećom pokrivenošću površine u trajnim nasadima (vinograd i nasad jabuke), te će se njihovom interakcijom odrediti statistički signifikantna razlika za svaki tretman.

Glavni ciljevi ovog istraživanja, biti će provjeriti gore navedenu hipotezu (aksijalni i radijalni raspršivač u vinogradu i nasadu jabuke) praćenjem slijedećih svojstava u poljskom pokusu:

- utvrđivanje utjecaja *ISO* broja mlaznice na pokrivenost tretirane lisne površine, broj kapljica/cm^2, 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.

Uz navedeno, praćen je utjecaj radnog tlaka na gore navedena svojstva istraživanja. Jedan od ciljeva istraživanja je utvrditi moguću statistički značajnu razliku između dva tipa raspršivača s obzirom na navedena svojstva u vinogradu i nasadu jabuke.

Nadalje, s obzirom na konstrukcijske razlike dva raspršivača i razlike uzgojnih oblika dva trajna nasada, korištena je različita brzina i protok zračne struje. Uz navedena svojstva trajnih nasada utvrđuju se njihovi koeficijenti *LAI* – a i *LAD* – a.

Od sporednih ciljeva istraživanja koji će se pratiti ovim istraživanjem kroz postojeću hipotezu su:

- mjerenje vremenskih uvjeta kroz izvođenje pojedinog djela istraživanja,
- utvrđivanje vertikalne raspodjele brzine zraka pri radu aksijalnog raspršivača s obzirom na dva različita protoka zraka,
- utvrđivanje vertikalne raspodjele brzine zraka pri radu radijalnog raspršivača s obzirom na dva različita protoka zraka,
- utvrđivanje razlika u lisnoj površini i gustoći (*LAI* i *LAD*) između vinograda i nasada jabuke,
- utvrđivanje usmjerenja mlaznica pri radu aksijalnog i radijalnog raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke,
- mjerenje radnih brzina potrebnih za obavljanje pojedinog tretmana,
- utvrđivanje ispravnost rada oba raspršivača prema *EN 13790* standardu i europskoj direktivi *2009/128/EC*.

Jedan od važnijih sporednih ciljeva istraživanja biti će utvrditi tehničku ispravnost strojeva koji će se korisititi u poljskom pokusu prema europskom standardu *EN 13790*. Od važnijih sustava raspršivača biti će pregledno/kontrolirano:

- kapacitet crpke;
- protok pojedine mlaznice;
- broj okretaja priključnog vratila traktora;
- ispravnost manometra;
- ispravnost svakog od postavljenih pročistača;
- povratni tijek tekućine u spremnik;

- ispravnost i zaštita ventilatora;
- prestanak kapanja iz mlaznica nakon isključivanja stroja iz rada;
- ispravnost vodova tekućina;

te će se obaviti vizualni pregled oba stroja.

Na temelju određenih ciljeva dobiti će se glavni rezultati istraživanja pomoću kojih će se empirijski zaključiti dali je postavljena hipoteza utemeljena ili će se ista opovrgnuti.

4. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno u petogodišnjem nasadu jabuke i dvanaestogodišnjem vinogradu sa ciljem utvrđivanja utjecaja važnijih čimbenika raspršivanja na pokrivenost lisne površine u nasadu jabuke i vinogradu (poglavlje 4.1.). U istraživanju su korištena dva različita tipa raspršivača (*Hardi Zaturn i Hardi Arrow* – poglavlje 4.3.) sa različitim podešenjima glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (poglavlja od 4.5 do 4.10.). Uz glavne čimbenike raspršivanja praćeni su vremenski uvjeti tijekom istraživanja (poglavlje 4.12.), te je utvrđena površina i gustoća krošnje nasada u kojemu su istraživanja provedena (4.2.). Za prikupljanje podataka o pokrivenosti tretirane površine, veličine i broja kapljica/cm^2 (poglavlje 4.15.) korišteni su vodoosjetljivi papirići (VOP-i – poglavlje 4.11.), a obrađivani su metodom računalne analize fotografije (poglavlje 4.14.). Tijekom eksploatacije raspršivača redovito se pojavljuje gubitak sredstva u obliku zanošenja tekućine (poglavlje 4.13.), pa je također s pomoću VOP-a određen intenzitet zanošenja. Nakon provedenih istraživanja i dobivanja rezultata, obavljena je statistička obrada podataka (poglavlje 4.16.) na temelju koje su donešeni relevantni zaključci.

Prije samog početka istraživanja korišteni raspršivači testirani su prema europskom standardu *EN 13790* s ciljem utvrđivanja ispravnost rada svakog od njihovih sastavnih sustava (poglavlje 4.4.).

4.1. Uzgojni oblik i karakteristike nasada jabuke i vinograda

Istraživanja su obavljena u petogodišnjem nasadu jabuke (slika 1.) u vlasništvu OPG-a Žilić pokraj mjesta Kunovci na području požeške kotline. Voćnjak se pružao u smjeru sjever - jug

na nadmorskoj visini od 232 m. Geografske koordinate voćnjaka su 45°22'37" szš i 17°37'23" izd. Uzgojni oblik nasada jabuke je vitko vreteno koji predstavlja standardni uzgojni oblik u našem agroekološkom okruženju. Sastoji se od provodnice i primarnih grana koje su ujedno i rodno drvo ili se sastoji od kratkih primarnih grana koje na sebi nose rodno drvo. Ovaj uzgojni oblik kao skelet ima stožac, a poluskeltene grane su nosači rodnog drva i obrastajućih grančica koje se nalaze direktno na provodnici. Kod ovog oblika plodovi se najčešće uzgajaju maksimalno do visine 2,2 – 2,5 m. Razmak redova u nasadu jabuke u kojem su obavljena istraživanja iznosio je 3,5 m; razmak u redu iznosio je 1,0 m sa prosječnom visinom stabla od 2,33 m. Prosječna visina krošnje iznosila je 1,87 m. Sorta nasada jabuke u kojemu su obavljena istraživanja bila je *Idared i Zlatni deliches* u fazi porasta plodova.

Drugi dio istraživanja obavljen je u vinogradu na površinama Kutjeva d.d., u mjestu Krivaj, na području požeške kotline. Vinograd se pružao u smjeru sjever – jug, na nadmorskoj visini od 224 m. Geografske koordinate vinograda su 45°23'56" szš i 17°36'58" izd. Dvanaestogodišnji vinograd (slika 2.) je uzgojnog oblika Guyot koji je najrasprostranjeniji uzgojni oblik u cijelom Svijetu. To je jedan od najjednostavnijih sustava uzgoja male ekspanzije koji se sastoji od reznika i lucnja sa malim opterećenjem, cca. 8-12 pupova (reznik 2 pupa, lucanj 6-10 pupova). U trećoj godini rozgva se reže na visinu uzgoja od 60 do 100 cm te se tijekom vegetacije dvije vršne mladice njeguju i vežu uz žicu, a ostale se uklone ili oštro prikraćuju. U četvrtoj godini rozgva se reže na najnižoj poziciji na reznik i lucanj te se takav rez koristi i u slijedećim godinama. Oblikovanje i održavanje je jednostavno, pa je zbog toga ovo najraširenij uzgojni oblik vinograda, posebice pri užim razmacima sadnje. Vinograd u kojem su obavljena istraživanja imao je prosječnu visinu od 1,84 m; razmak trsova u redu iznosio je 0,9 m, a razmak između redova vinograda iznosio je 2,8 m. Sorta vinove loze u kojemu su obavljena istraživanja bila je *Graševina* u fazi pred cvatnju.



Slika 1. Nasad jabuke sorte *Idared* i *Zlatni deliches*



Slika 2. Vinograd sorte *Graševina*

4.2. Utvrđivanje *LAI* – a i *LAD* – a u nasadu jabuke i vinogradu

Izračunat je indeks lisne površine (*LAI*) te gustoća lisne površine (*LAD*) kao jedni od pokazatelja pokrivenosti lisne površine. *LAI* označava indeks ukupne lisne površine stabla ili trsa s obzirom na uzgojnu površinu, tj. tlo na kojemu se stablo/trs nalazi, a *LAD* označava ukupnu površinu listova u određenom obujmu krošnje.

LAI je određen na taj način da se sa svakog stabla/trsa u istraživanju prikupilo po 45 listova sa kojih je određena prosječna lisna površina. Dobivena prosječna lisna površina pomnožena je sa ukupnim brojem listova na stablu/trsu da bi se dobila ukupna lisna površina koja je stavljena u odnos sa veličinom uzgojne površine (Matthews, G.A., 1992). Listovi su prikupljani tako da se iz svake zone sakupilo 5 listova (slika 3.). Sakupljeni listovi su skenirani (*HP ScanJet 3800*), te je analizom slike određena lisna površina. U rezultatima istraživanja biti će prikazan *LAI* za svako stablo (trs), te u konačnici za cijeli voćnjak (vinograd). *LAI* je izračunat prema izrazu:

$$LAI = \frac{\bar{A}_{lp} \cdot n_{lis}}{A_u} \ (\mathrm{m^2/m^2}) \qquad (4.2.1.)$$

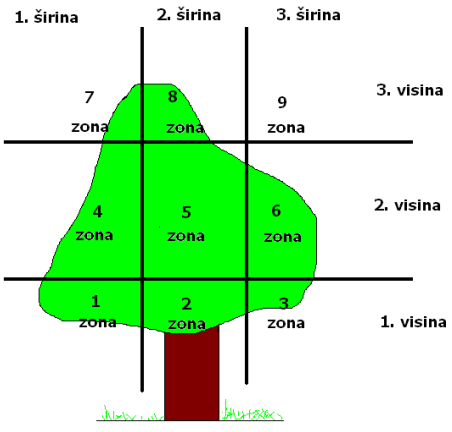
gdje je:

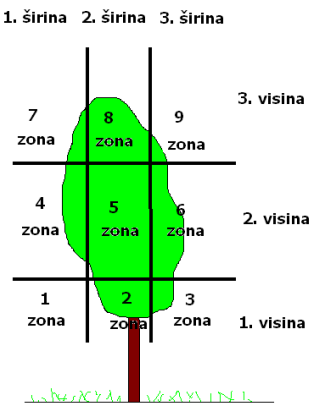
LAI (*leaf area index*) – indeks lisne površine, m^2/m^2

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

n_{lis} – broj listova na stablu/trsu

A_u – uzgojna površina, m^2





Slika 3. Podjela stabla (lijevo) i trsa (desno) po zonama

LAD je izračunat na taj način da se sa svakog stabla/trsa prikupio ukupan broj listova koji se nalazio u mjeraču obujma (0,027 m^3), postavljen u zonu 5 – najveća lisna gustoća (slika 3.). Sa prikupljenih listova određena je ukupna lisna površina prikazana u određenom obujmu krošnje (Matthews, G.A., 1992) te iskazana u 1 m^3. Sakupljeni listovi obrađeni su isto kao i kod određivanja *LAI* – a (skeniranjem listova i računalnom analizom slike). U rezultatima istraživanja biti će prikazan *LAD* za svako stablo/trs zahvaćeno ispitivanjem te u konačnici za cijeli nasad jabuke/vinograd. *LAD* je izračunat prema izrazu:

$$LAD = \frac{A_{lp}}{l_r \cdot b_r \cdot h_r} \ (m^2 / m^3) \qquad (4.2.2.)$$

gdje je:

LAD (*leaf area density*) – indeks lisne gustoće, m^2/m^3

A_{lp} – ukupna lisna površina, m^2

l_r – dužina promatrane regije, m

b_r – širina promatrane regije, m

h_r – visina promatrane regije, m

4.3. Raspršivači *Hardi Zaturn* i *Hardi Arrow*

Hardi Zaturn je klasični aksijalni vučeni raspršivač (slika 4.) s visinskim usmjerivačima zraka, dimenzija 150 cm x 14 cm. Promjer ventilatora iznosi 820 mm kojeg čine osam prilagodljivih lopatica. Moguće je podešavati dvije brzine okretaja ventilatora te pet stupnjeva zakošenja lopatica sa kojim je moguće ostvariti maksimalni protok zraka do 52.000 m^3/h. Dijelovi ventilatora i lopatica izrađeni su od aluminija i sintetičkih polimera pa su otporni na udarce stranih predmeta. Na raspršivač je instalirana *Hardi* klipno – membranska crpka kapaciteta 140 l/min (model crpke 363 – dvije membrane) pri radnom tlaku od 20 bar. Također, na raspršivač je instaliran elektronski uređaj (*ECV*) za kontrolu i upravljanje raspršivanja (*Hardi Matic*). Pomoću njega omogućeno je neovisno otvaranje i zatvaranje lijeve ili desne strane mlaznica pomoću elektromagnetskih ventila, te podešavanje radnog tlaka (elektromotor). Mlaznice raspršivača poslagane su polukružno uz vanjski rub usmjerivača zraka – ukupno 16 mlaznica (8 sa lijeve strane i 8 sa desne strane). Raspršivač ima obujam spremnika od 1.000 l, te ovaj tip raspršivača karakteriziraju slijedeće dimenzije:

dužina raspršivača od 3,3 m; visina raspršivača od 1,5 m, širina raspršivača od 1,2 m i masa stroja bez tekućine u spremniku od 450 kg.



Slika 4. Raspršivač *Hardi Zaturn*

Hardi Arrow je klasični radijalni vučeni raspršivač (slika 5.). 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. S obzirom na aksijalni ventilator, radijalni ventilator ostvaruje manje vrijednosti protoka zraka pri većim brzinama. Također, kao i na *Hardi Zaturnu,* na *Hardi Arrow*-u je instalirana *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). Mlaznice kod ovog tipa raspršivača poslagane su na krajevima savitljivih vodova i to jedna mlaznica u svakome vodu, sa ukupno pet vodova sa svake strane stroja. Struja zraka iz radijalnog ventilatora prolazi kroz savitljive vodove i zahvaća tekućinu iz mlaznica. Time se obavlja hidropneumatska dezintegracija mlaza i nošenje tekućine na cilj raspršivanja.



Slika 5. Raspršivač *Hardi Arrow*

Ista dezintergracija obavlja se i kod rada aksijalnog ventilatora, samo što su kod radijalnog ventilatora mlaznice drugačije postavljene i postoji mogućnost usmjeravanja savitljivih vodova na željena mjesta zaštite. Uz mogućnost usmjeravanja mlaza zraka, razlika je i u obliku zračnog mlaza, pri različitim oblicima usmjerivača. Dakle, mlaznice se u oba slučaja nalaze „ispred struje zraka“, tj. mlaznice prskaju u struju zraka. Zbog tehničke konstrukcije aksijalni ventilator stvara veći protok zraka uz manje brzine, a radijalni ventilator stvara manji protok zraka uz veće brzine. Raspršivač ima obujam spremnika od 1.000 l, te ovaj tip raspršivača karakteriziraju slijedeće dimenzije: dužina raspršivača od 3,0 m, visina raspršivača od 2,1 m i širina raspršivača od 1,5 m.

4.3.1. Teorija rada raspršivača

Već je navedeno da su u istraživanju korištena dva različita tipa raspršivača, tj. dva raspršivača sa različitim istrujavanjem zraka. Dakle, aksijalni tip vetilatora (*Hardi Zaturn*) i radijalni tip ventilatora (*Hardi Arrow*).

Aksijalni ventilatori nazivaju se i propelerni venilatori te stvaraju mlaz u pravcu vratila (*eng. axel* – vratilo) i preusmjeravaju ga u radijalnom pravcu. Većinom se oko rotora ventilatora postavlja limeni usmjerivač čija je uloga usmjeravanje zračne struje prema mlaznicama. Ovim

načinom oblikuje se mlaz zgusnute lepeze. Aksijalni ventilatori proizvode velike količine zraka, ali sa malim tlakom i zbog toga su vrlo osjetljivi na svaku promjenu otpora protoka zraka. Također, brzina zraka u izlaznom presjeku usmjerivača zraka je neravnomjerna. Zbog toga mlaz zgusnute lepeze je nesimetričan i vrlo ga je teško prilagoditi geometriji nasada i gustoći lisne mase. Brzina zraka na izlazu iz usmjerivača kod većine aksijalnih ventilatora iznosi od 20 do 40 m/s, a protok zraka od 10 do 50.000 m^3/ha. Ovaj tip ventilatora postiže teorijsko iskorištenje od 60 – 80%. Za pokretanje ventilatora potrebna je snaga 10 – 23 kW, a broj okretaj lopatica može biti od 2.000 do 5.000 o/min.

Radijalni ventilator stvara mlaz (ovisno o izlaznom otvoru usmjerivača) valjkastog ili lepezastog oblika. Ovaj tip ventilatora potiskuje manje količine zraka uz znatno veći tlak te mlaz nije toliko osjetljiv na promjene otpora okolnog zraka. Na radijalni ventilator spojene su savitljive cijevi koje protok zraka usmjeravaju točno na ciljana mjesta u nasadu i time se bolje prilagođavaju uzgojnim oblicima biljaka. Radijalne ventilatore odlikuje velika izlazna brzina zraka od 20 – 80 m/s, ali sa relativno malim protokom zraka 5.000 – 30.000 m^3/h. Teorijsko iskorištenje ovog tipa ventilatora kreće se 50 – 60%. Snaga potrebna za pokretanje ventilatora kreće se 10 – 25 kW, uz maksimalni broj okretaja lopatica do 3.000 o/min. Svaki sustav prenosi određenu količinu energije, tako da energija koju sadrži zračni tijek je ovisna o obujmu zraka u strujanju. Dakle, ako se obujam poveća i smanji se brzina struje zraka, istovremeno se povećava turbulentnost strujanja zraka. Turbulentnim strujanjem zraka povećava se nanošenje tekućine na listove i ostvaruju se bolji koeficijenti pokrivenosti tretirane površine. O tehničkoj konstrukciji ventilatora ovisi i način istrujavanja kapljica mlaza. Najčešće se primjenjuju hidropneumatski i pneumatski sustavi istrujavanja kapljica. Kod oba tipa raspršivača u istraživanju koristi se hidropneumatski način istrujavanja (slika 6.).

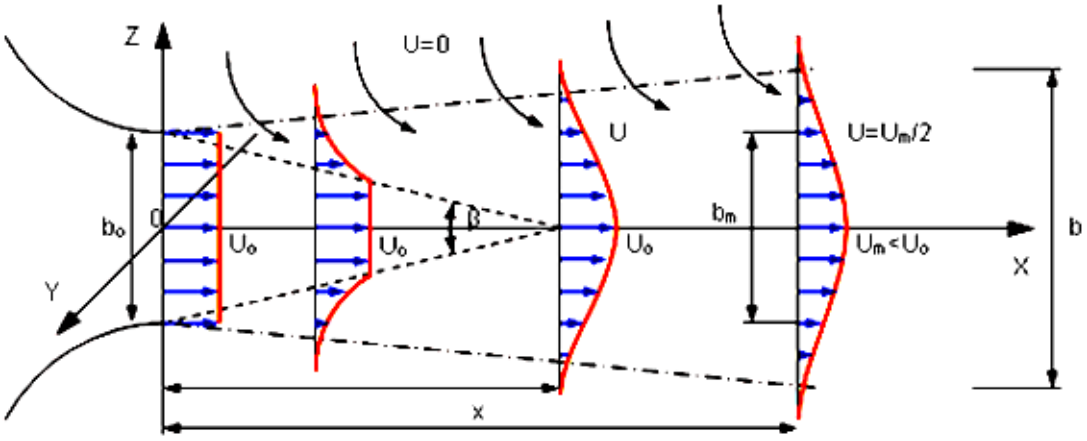


Slika 6. Sustav istrujavanja zraka (*Hardi Zaturn* lijevo i *Hardi Arrow* desno)

Svi zračni tijekovi mogu se podijeliti u grupe tijekova iz osnosimetričnih otvora, te tijekova iz pravokutnih otvora (slika 6.). Tijekovi zraka iz pravokutnih otvora u velikoj se mjeri primjenjuju pri radu tehničkih sustava u zaštiti bilja, tj. zračni mlaz iz radijalnog i aksijalno ventilatora usmjerava se kroz bočno smještene otvore. Pri radu oba tipa ventilatora iz otvora izlazi neka količina zraka [U_0] koja se svojim kretanjem prema biljci zbog turbulencija miješa sa okolnim zrakom i povlači za sobom. Uslijed ove pojave masa zraka u gibanju stalno se povećava.

Izlaskom struje zraka iz usmjerivača granični slojevi zraka taru se o okolni zrak pa se zbog trenja usporavaju. Središnji dio struje zraka iz usmjerivača ili savitljivog voda, još uvijek ostvaruje početnu brzinu koja zbog trenja okolnog zraka postaje sve uža. Udaljavanjem struje zraka od usmjerivača počinje se smanjvati i srednja brzina tijeka koja se mjeri na udaljenosti [X_0]. Vrlo teško je odrediti širinu tijeka zraka jer brzina nikada ne dostigne vrijednost [U=0] kada struja zraka počinje doticati krošnju. Zbog navedenog, granica zračnog tijeka određuje se sa unaprijed izabranom najmanjom brzinom zraka iskazanom u odnosu na najveću u središnjem dijelu, gdje nema intenzivnog trenja. Ograničenje se tako postiže kod 50%, 5%, 0,5% ili 0,05% od vrijednosti srednje brzine [U_m].

Navedene tvrdnje služe za teorijsko istraživanje zakonitosti širenja zračnog tijeka i određivanja stupnja turbulentnosti. Na slici 7. prikazani su osnovni čimbenici slobodnog zračnog mlaza.



Izvor: Berčič, S. [13]

Slika 7. Osnovni čimbenici slobodnog zračnog mlaza

Iz slike se mogu zamijetiti slijedeći čimbenici zračnog mlaza:

b_m – širina mlaza , tj. odnos $U = \frac{U_m}{2}$, m

b_1 – širina mlaza pravokutnog oblika, m

U_0, U_m, U – brzina zraka, m/s

x_0, x – udaljenost od izlaznog otvora (usmjerivača), m

β – kut širenja mlaza.

Uz navedeno, može se izraziti i energija mlaza po zakonu o očuvanju energije izrazom:

$$E = E_k + E_p + E_t + E_a + E_g = \text{const.} \qquad (4.3.1.1.)$$

gdje je:

E_k – kinetička energija, J

E_p – potencijalna energija, J

E_t – tlačna energija, J

E_a – enerija ubrzanja, J

E_g – energija gubitaka, J

U navedenom sustavu energija se može podijeliti na: kinetičku i potencijalnu koju ostvaruje struja zraka; tlačnu energiju s kojom okolni zrak tlači struju zraka; energiju ubrzanja koju mlaz dobiva svojim kretanjem prema krošnji i pojavljuju se energetski gubitci uslijed pojave trenja (okolni zrak tare struju zraka iz ventilatora). Ako se izraz 4.3.1.1. odnosi na dvije

točke u slobodnom mlazu, među kojima nema energetskih razlika, onda dobiva pojednostavljeniji oblik:

$$E_g = E_{kA} - E_{kB} \tag{4.3.1.2.}$$

gdje je:

E_g – energija gubitaka, J

E_{kA} – kinetička energija za točku A, J

E_{kB} – kinetička energija za točku B, J

Izgubljena energija naziva se razlikom kinetičkih energija ponajprije zbog trenja između slojeva zraka. Zbog trenja slojeva zraka različitih brzina izgubljena energija se pretvorila u energiju vrtložnog kretanja, te na kraju u toplinsku energiju. Ova izgubljena energija može se prikazati slijedećim izrazom:

$$E_g = E_0 - E_x = \frac{U_0^{\,2} \cdot V_z}{2} - \frac{U_x^{\,2} \cdot V_z}{2} \ (\mathrm{J/m^3}) \tag{4.3.1.3.}$$

gdje je:

E_g – energija gubitaka, J

E_o – kinetička energija na izlazu usmjerivača, J

E_x – kinetička energija na udaljenosti x od usmjerivača, J

U_0 – početna brzina zraka, m/s

U_x – brzina zraka na udaljnosti x, m/s

V_z – obujam zraka, m^3

Ukupna energija u bilo kojoj točki mlaza može se definirati sa sadržajem kinetičke energije i energije koja se vrtloženjem mlaza pretvara u toplinsku energiju. Navedena tvrdnja vrijedi iako se brzine kretanja mlaza smanjuje udaljavanjem od usmjerivača, a povećava se obujam zraka u njemu (odstupa od fizikalne definicije zakona o očuvanju energije). Smanjivanje kinetičke energije kroz dužinu puta mlaza može se prikazati i omjerom prema početnoj vrijednosti koje je određeno koeficijentom disipacije energije:

$$K_{dis} = \frac{E_x}{E_0} = \left(\frac{U_x}{U_0}\right)^2 \tag{4.3.1.4.}$$

gdje je:

K_{dis} – koeficijent disipacije energije

E_x – kinetička energija na udaljenosti x od usmjerivača, J

E_o – kinetička energija na izlazu usmjerivača, J

U_x – brzina zraka na udaljnosti x, m/s

U_0 – početna brzina zraka, m/s

S obzirom na oblik zračne struje može se razlikovati:

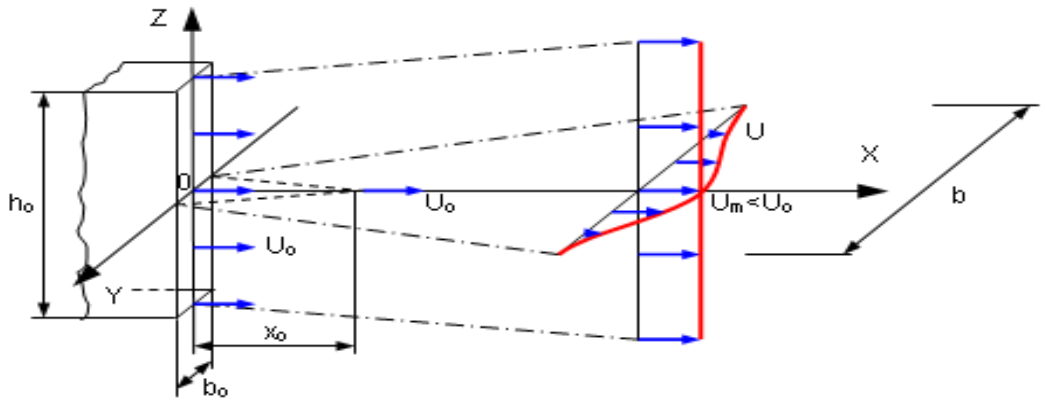
- pravokutni mlaz u ravnini (*Hardi Zaturn*) i
- osnosimetrični zračni mlaz (*Hardi Arrow*).

Razlike u obliku zračne struje temelje se na dimenzijama i obliku usmjerivača zraka, tj. dali su dimenzije usmjerivča strogo definirane. Ovo je bitno jer se zrak na izlazu iz usmjerivača tare od njegove plohe i poprima karakterističnu oblik. Tako radijalni ventilator na *Hardi Arrow* raspršivaču na krajevima savitljivih cijevi ima točno određeni kružni izlaz zraka pa se stvara osnosimetrični zračni mlaz, tj. zrak se tare kroz cijeli presjek usmjerivača. Venilator na *Hardi Zaturn* raspršivaču ima samo strogo definiranu širinu usmjerivača (zrak se tare samo o dužu stranicu pravokutnika), pa se stvara pravokutni mlaz u ravnini.

Za svaki mlaz može se opisati vrijednost [m] koja se naziva koeficijent miješanja, a ovisi o strupnju turbulencije mlaza na izlazu iz usmjerivača, tj. to je vrijednost koja govori o stupnju miješanja zračne struje i okolnog zraka. Njegova vrijednost kreće se od 0,1 do 0,4 i ovisi o kvaliteti konstrukcije ventilatora, tj. kod kvalitetnijih izvedbi koeficijent miješanja je znatno veći. Također, svaki zračni mlaz može se podjeliti na dva područja:

- područje formiranja mlaza ($X = 0$ do $X = X_0$),
- područje prostiranja mlaza (za sve $X > X_0$).

Kod pravokutnog mlaza u ravnini (*Hardi Zaturn*) oblik Gaussove krivulje pokazuje mlaz samo u ravnini x – y, te se zbog toga miješa sa okolim zrakom sa dvije plohe u ravnini (slika 8.).



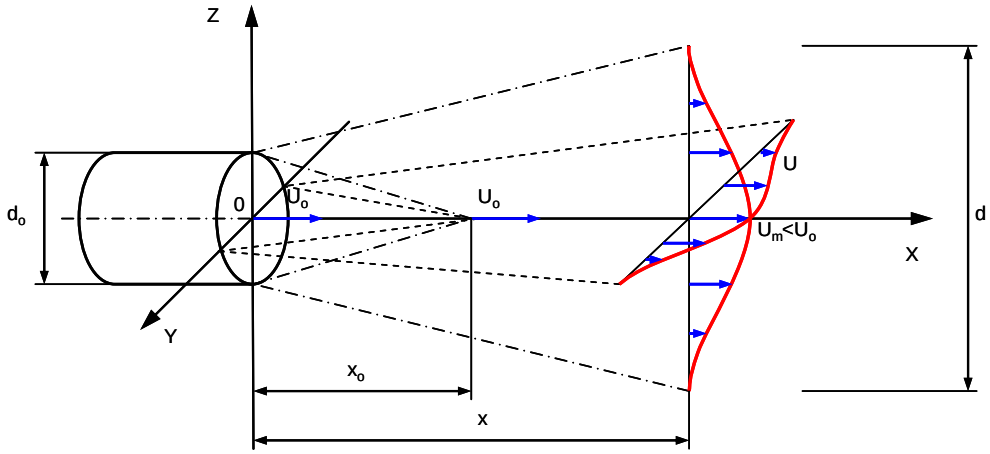
Izvor: Berčič, S. [13]

Slika 8. Pravokutni mlaz u ravnini

Kod pravokutnog mlaza u ravnini zamjećuje se malo opadanje brzine gibanja te obujam gibajućeg zraka ima usporeniji porast, a s time je manje smanjenje kinetičke energije. Područje stvaranja mlaza X_0 ovisi o koeficijentu miješanja, kao i o širini izlaza usmjerivača. Zbog toga oba čimbenika utječu na domet zračnog tijeka. Stoga, prema autoru Regenscheit, B. (1959), definirane su jednadžbe za izračun geometrijskih energetskih čimbenika pravokutnog mlaza u ravnini koje se odnose na područje $X > X_0$:

- srednja brzinamlaza (kod $k < 1$) - $U_m = \frac{1}{x^k}$, m/s (4.3.1.5.)
- kut širenja mlaza $tg\alpha = m \cdot \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \sqrt{\ln \frac{U_m}{U}}$,° (4.3.1.6.)
- širina mlaza za $\frac{U}{U_m} = 0{,}5$ - $b_m = \sqrt{\ln \frac{2}{\pi} \cdot x}$, m (4.3.1.7.)
- obujam mlaza - $V_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot x}{x_0}}$, m^3 (4.3.1.8.)
- energija mlaza - $E_x = E_0 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot x_0}{3 \cdot x}}$, J (4.3.1.9.)

Kod osnosimetričnog zračnog mlaza (*Hardi Arrow*) prilikom izlaska zračne struje kroz okrugli presjek, zrak po cijelom presjeku ostvaruje istu početnu brzinu. Na udaljenosti x_0 od polazišta (kraj usmjerivača) zbog trenja i mješanja zračne struje u graničnim slojevima sa okolnim zrakom, zračni mlaz se pretvara u oblik koji se približava *Gaussovoj* krivulji (slika 9.).



Izvor: Berčič, S. [13]

Slika 9. Osnosimetrični zračni mlaz

Prema izračunu Regenscheita (1959) brzina u sredini mlaza počinje opadati i to obrnuto proporcionalno sa udaljenosti x. Na osnovi navedenog i ovaj zračni mlaz može se podijeliti na dva područja:

- područje formiranja mlaza ($X = 0$ do $X = X_0$),
- područje prostiranja mlaza (za sve $X > X_0$).

Također, za određivanje osnovnih parametara mlaza definirane su jednadžbe za izračun geometrijskih energetskih čimbenika osnosimetričnog zračnog mlaza koje se odnose na područje $X > X_0$:

- srednja brzina mlaza (pogledati 4.3.1.5.), kut širenja mlaza (pogledati 4.3.1.6.) i širina mlaza (pogledati 4.3.1.7.)
- obujam mlaza - $V = V_0 \frac{2 \cdot x}{x_0}$, m^3
- energija mlaza - $E_x = E_0 \frac{2 \cdot x_0}{3 \cdot x}$, J

4.3.2. Turbulentnost zračne struje

U raznim sustavima u kojima su medij kapljice ili čestice plina dolazi do pojave da je srednja poprečna brzina konstantna, te da se onda takvo kretanje naziva stacionaranim. U kratkome vremenu mogu se ostvariti drugačiji uvjeti; neravnomjerno kretanje medija (kapljice, zrak i slično) i brzine počinju odstupati od srednje poprečne brzine. Ovakvo stanje se onda naziva turbulentnim. Prema tome, stvarna brzina mlaza u nekoj točki računa se u tri smjera – u

pravcu x, y i z osi. Odstupanja od srednje poprečne brzine tijeka zračne struje stalno se mijenjaju po osima, ali je njihov zbroj u istome vremenskom intervalu jer uvijek 0. Stvarna brzina u nekoj točki iznosi:

- u pravcu x osi - $U = \bar{U} + U^I$
- u pravcu y osi - $V = \bar{V} + V^I$
- u pravcu z osi - $\omega = \bar{\omega} + \omega^I$

Cijelokupna energija zračne struje u gibanju kod neturbulentnog protoka na jedinicu obujma protočne količine zraka iznosi:

$$E_1 = \frac{\rho_z \cdot U_1^2}{2} \qquad (4.3.2.1.)$$

gdje je:

E_1 – kinetička energija zraka u kretanju, J

ρ_z – gustoća medija, g/cm^3

U_1 – brzina medija u pravcu x osi, m/s

Nadalje, uvažavanjem pojave turbulentnosti dobiva se slijedeći izraz:

$$E_{t1} = (\overline{U}^2 + \overline{U}^{I2}) \cdot \frac{\rho_z}{2} \qquad (4.3.2.2.)$$

gdje je:

E_{t1} – cjelokupna kinetička energija turbulentnog protoka, J

$\bar{U}$ – prosječna brzina u smjeru x, m/s

$\bar{U}'$ - odstupanje od prosječne brzine, m/s

Turbulentni protok složeni je način kretanja, te teorijski još nije objašnjen. Pošto u njemu brzina i tlak variraju, nije ih moguće odrediti samo u ovisnosti puta i vremena. Turbulentnost je uvijek pojava koja se događa u trodimenzionalnom prostoru pa se sve tri komponente mijenjaju prema istim zakonitostima. Svojstva koje pokazuje turbulencija preko jedne osi koordinatnog sustava vrijedi za ostale dvije. Turbulentnost zračnog protoka u nekoj točki moguće je izračunati preko srednje vrijednosti njihanja brzine na kvadrat; korijenom prosječnih brzina na kvadrat brzine, koeficijentom intenziteta turbuencije i preko energije turbulencije.

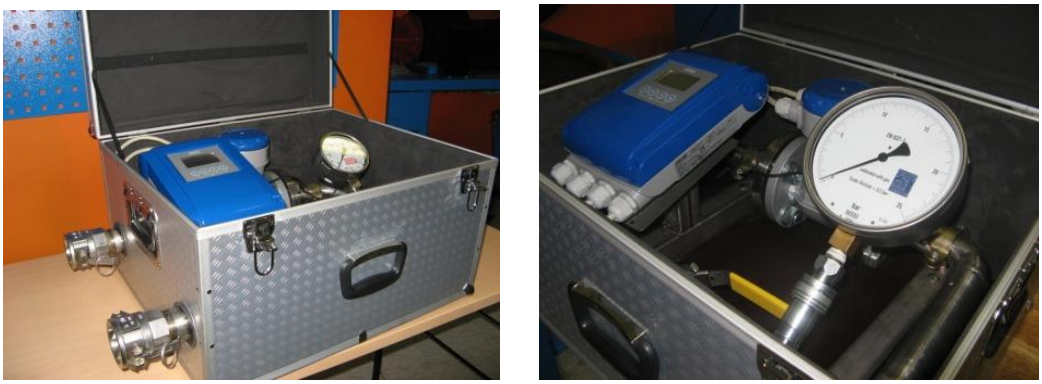
4.4. Testiranje ispravnosti rada raspršivača prema standardu *EN 13790*

Prije početka istraživanja, testirana je ispravnost rada oba raspršivača prema europskom standardu *EN 13790,* koji je temelj europske direktive *2009/128/EC i 2006/42/EC* o obaveznim testiranju tehničkih sustava u zaštiti bilja. Pri testiranju se ispitivalo:

- kapacitet crpke,
- ispravnost manometra,
- protok mlaznica,
- brzina zraka na izlazu usmjerivača,
- protok povrata tekućine u spremnik,
- integralnost tri spremnika tekućine,
- pojava kapanja/curenja tekućine na vodovima i mlaznicama nakon i za vrijeme rada,
- broj okretaja priključnog vratila traktora (PVT),

te svi ostali čimbenici uz vizualni pregled koji se prate pri redovnom pregledu tehničkih sustava u zaštiti bilja. Testiranje raspršivača obavljeno je sa opremom Zavoda za mehanizaciju Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, koji posjeduje sve potrebne uređaje i opremu neophodnu za izvođenje testiranja, a usaglašenu sa *EN 13790* standardom.

Mjerenje kapaciteta crpke obavljeno je pomoću elektromagnetskog mjerača protoka tekućine tvrtke *Krohne* (slika 10.). Prema navedenom standardu, crpka mora ostvariti minimalni kapacitet od 90% s obzirom na nazivni, da se zadovolji standard.



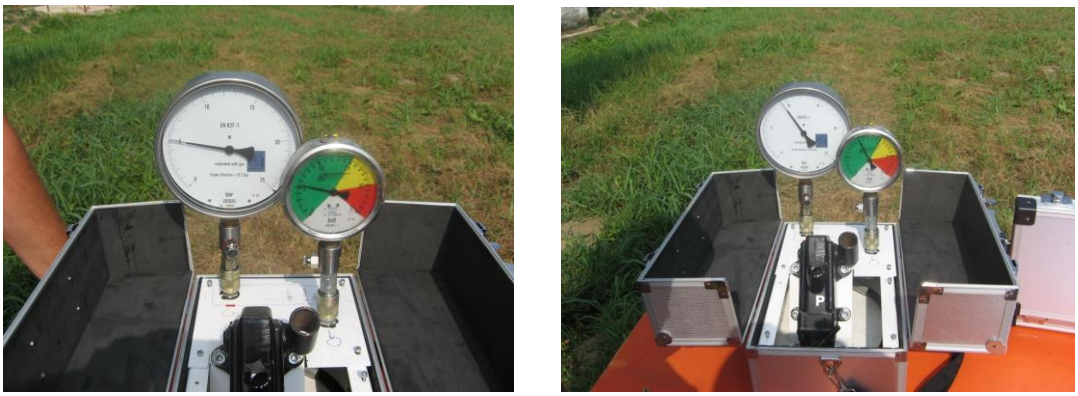
Slika 10. Elektromagnetski mjerač protoka crpke tvrtke *Krohne*

Mjerenje ispravnosti rada manometra testirano je pomoću uređaja *Volos* koji prema standardu *EN 837 – 1* (dio *EN 13790* standarda) na konstrukciji ima ugrađen ispitni manometar sa

radnim certifikatom. Ovaj manometar ostvaruje klasu točnosti 06 sa mjernim područjem do 25 bar. Na *Volos* se postavlja ispitni manometar i manometar koji se treba ispitivati. Prema *EN 13790* standardu svi manometri koji se postavljaju na tehničke sustave u zaštiti bilja moraju imati minimalni promjer od 63 mm. Maksimalni otklon koji manometri mogu ostvarivati, a da prema standaru budu ispravni, su:

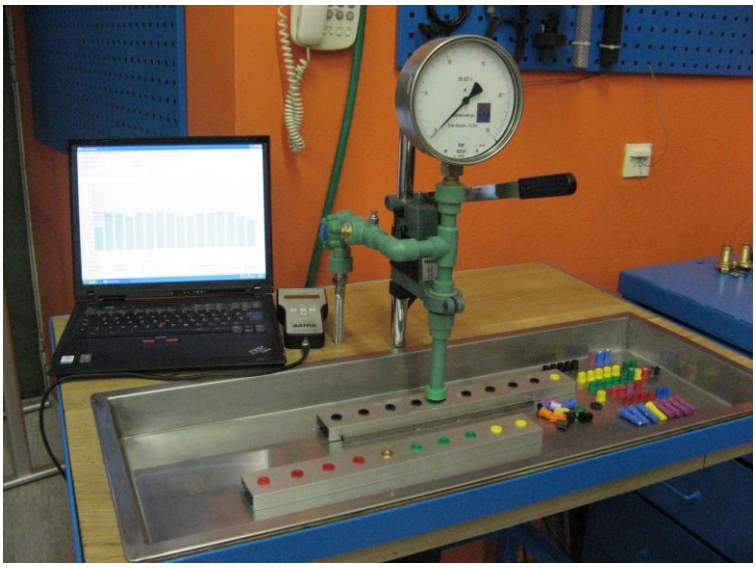
- ± 0,2 bar u ispitnom području od 0 do 2 bar,
- ± 10 % u ispitnom području većem od 2 bar.

Na slici 11. prikazan je uređaj za ispitivanje ispravnosti rada manometra.



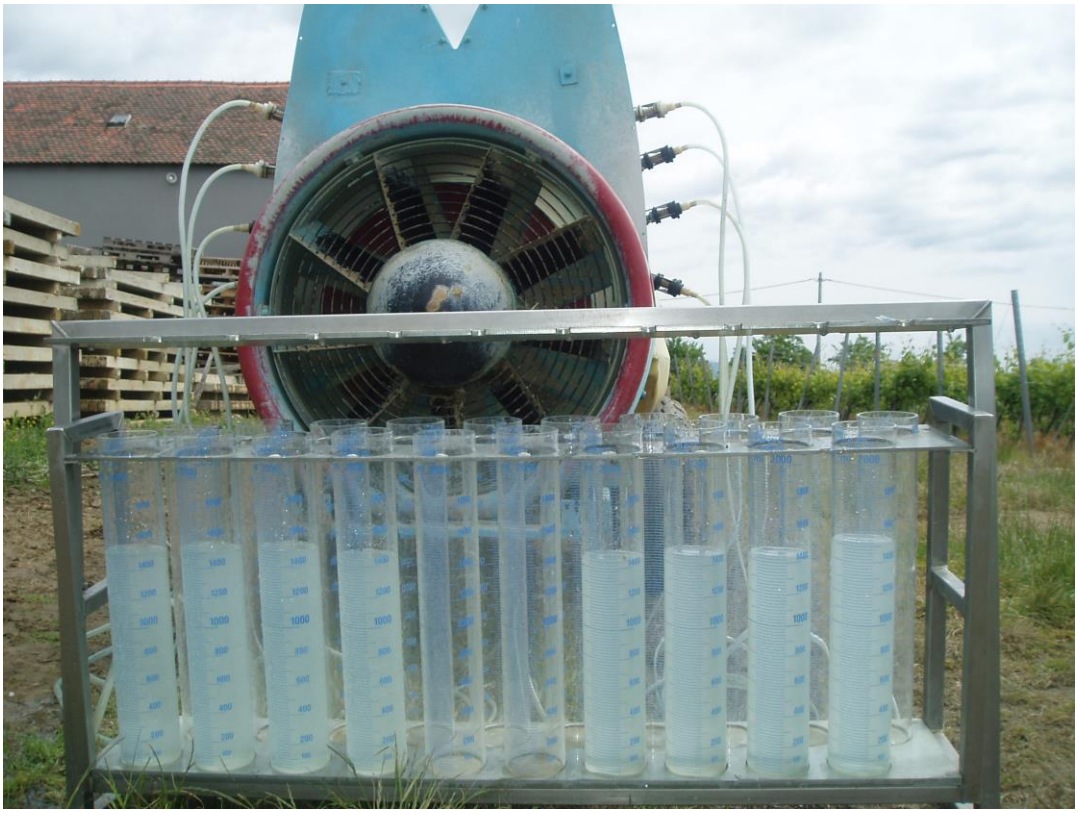
Slika 11. Uređaj *Volos*

Mlaznice su prvo testirane u laboratoriju Zavoda za mehanizaciju na stolno - elektronskom uređaju koji se sastoji od prijenosnog računala, uređaja za dotok vode sa ventilima, uređaja *AAMS* za mjerenje protoka tekućine te kontrolnog manometra (slika 12.).



Slika 12. Stolno – elektronski uređaj za mjerenje protoka mlaznica

Dakle, obavljeno je mjerenje protoka plavih, žutih i zelenih *Lechler TR 80* koji su korištene u istraživanju. Nakon laboratorijskog mjerenja protoka, mlaznice su postavljene na raspršivače te je još jedanput obavljeno mjerenje protoka u eksploatacijskim uvjetima pomoću uređaja *Volos 2* (slika 13.). Konstrukcija uređaja izrađena je od nehrđajućeg čelika na koji su instalirane menzure sa obujmom od 2 l. Tekućinu do menzura dobavljaju plastični vodovi koji su posebno dizajniranim kopčama povezani sa mlaznicama. Prema *ISO* standardu mlaznice mogu ostvarivati otklon od ± 10% s obzirom na nazivni protok.



Slika 13. Uređaj *Volos 2* za mjerenje protoka mlaznica

Uz navedena tri glavna mjerenja (kapacitet crpke, ispravnost manometra i protok mlaznica), obavljeno je mjerenje brzine zraka na izlazu iz usmjerivača sa anemometrom *Silva Windwatch*, te je obavljeno mjerenje broja okretaja PVT – a sa optičkim mjeračem tvrtke *Kimo*. Protok povrata tekućine u spremik mjeren je mjeračem protoka tvrtke *Krohne*. Integralnost tri spremnika tekućine, pojave kapanja tekućine (na svim zaptivenim spojevima) te pregled svih ostalih sastavnih sustava raspršivača obavljen je vizualnom metodom.
Ukupni pregled testiranja rasprivača u istraživanju prema standardu *EN 13790* biti će prikazan u rezultatima istraživanja.

4.5. *Lechler TR 80* mlaznice

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

- *Lechler TR 80 – 03,*
- *Lechler TR 80 – 02,*
- *Lechler TR 80 – 015.*

Svaki od navedenih tipova mlaznica označen je pojedinom bojom koja odgovara kapacitetu mlaznice (protoku tekućine) pri određenom radnom tlaku. Tako je mlaznica *Lechler TR 80 – 03* označena plavom bojom, mlaznica *Lechler TR 80 – 02* označena je žutom bojom, a mlaznica *Lechler TR 80 – 015* označena je zelenom bojom (slika 14.).



Slika 14. *Lechler TR 80* mlaznice

Kodiranje mlaznica prema bojama određeno je *ISO 10625* standardom. Prema standardu svaka mlaznica uz navedenu boju ostvaruje specifični protok tekućine u američkim galonima (1AG =3,785 l), te je definirana radnim kutom i protokom.

Korištene mlaznice u ovome istraživanju ostvaruju radni kut od 80° i specifične protoke tekućine od 0,3 (plava), 0,2 (žuta) i 0,15 (zelena) AG/min pri radnom tlaku od 2,756 bar. Stoga, mlaznice prema *ISO 10625* standardu ostvaruju slijedeće protoke tekućine, tj. nazivne kapacitete:

- *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.

U daljnjem tekstu koristiti će se protoci prema SI sustavu jedinica (l/min). U tablici 1. prikazan je pregled protoka koje mlaznice pri određenim radnim tlakovima ostvaruju i teme odgovaraju *ISO* standardu. Povećanje protoka mlaznice s obzirom na povećanje radnog tlaka nije linearno, nego se za dobivanje dvostrukog iznosa protoka mlaznice, radni tlak treba četiri puta povećati (žuta mlaznica pri tlaku od 3 bar ostvaruje protok od 0,8 l/min, a pri tlaku od 12 bar ostvaruje protok od 1,60 l/min).

Tablica 1. Pregled protoka mlaznica prema *ISO 10625* standardu

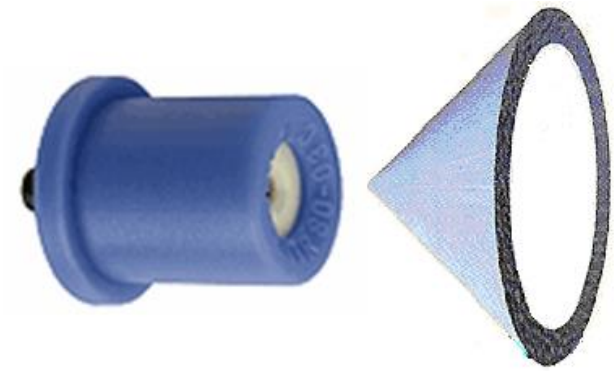
Mlaznica	Sito	Protok, l/min									
		Radni tlak, bar									
		3	5	7	9	10	11	13	15	17	19
TR 80015	50 M	0,59	0,76	0,90	1,02	1,07	1,13	1,22	1,31	1,40	1,48
TR 8002	50 M	0,80	1,03	1,22	1,38	1,45	1,53	1,67	1,79	1,90	2,01
TR 8003	50 M	1,19	1,53	1,81	2,06	2,17	2,28	2,48	2,66	2,83	2,99
TR 8004	50 M	1,58	2,04	2,41	2,74	2,88	3,03	3,29	3,53	3,76	3,98
TR 8005	25 M	1,97	2,55	3,01	3,42	3,60	3,77	4,10	4,41	4,69	4,96

Izvor: www.lechler.com [61]

U praksi se radi lakšeg računanja često koriste okvirni protoci mlaznica (zaokruženi na cijele vrijednosti). Tako se za mlaznicu 03 koristi protok od 1,2 l/min, za mlaznicu 02 koristi se protok od 0,8 l/min te za mlaznicu 015 koristi se protok od 0,60 l/min. Navedeni protoci dobiveni su množenjem protoka izraženog u američkim galonima i koeficijenta 4 (jedinica 1 AG ≈ 4 l, a radni tlak ≈ 3 bar).

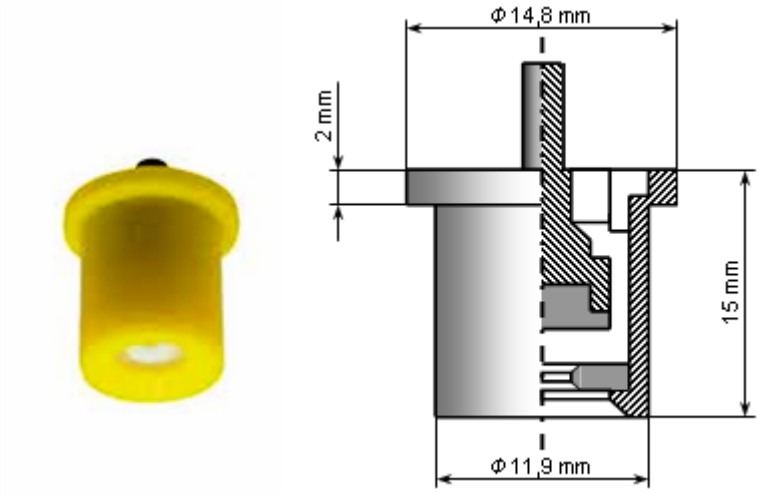
Već je navedeno da *Lechler TR 80* mlaznice ostvaruju mlaz pod radnim kutom od 80° koji je šuplje konusne izvedbe i većinom se koristi u zaštiti voćnjaka i vinograda (slika 15.). Mlaz ulazi u zračnu struju te se hidropneumatskom dezintegracijom nanosi na cilj zaštite.

Mlaznice su izrađene od plastičnih polimera sa keramičkim uloškom koji se može izvaditi iz tijela mlaznice radi čišćenja. Oko mlaznice u nosaču raspršivača instaliran je gumeni zaptivač koja sprječava kapanje tekućine te su ugrađeni protukapajući ventili i pročistači mlaznica (50 *mesha*).



Slika 15. Šuplji konusni mlaz pri radu *Lechler TR 80* mlaznice

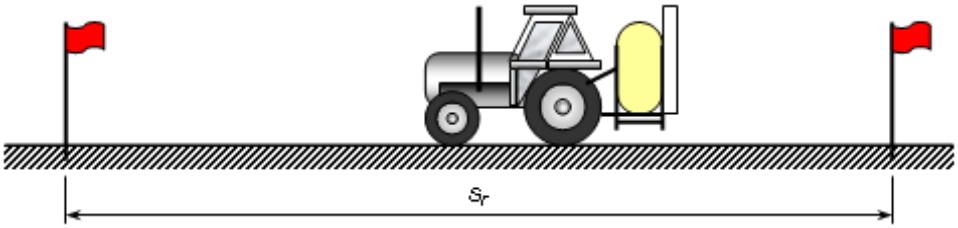
Lechler TR 80 mlaznice dostupne su od 005 do 05 *ISO* broja i koriste se pri radu sa radnim tlakovima do 25 bar. U mlaznice se ugrađuju pročistači od 60 mesha za mlaznica od 005 do 04, a za mlaznice 05 koristi se pročistač od 25 mesha. Sve rade sa radnim kutom od 80°. Promjer mlaznicinog vršnog djela iznosi 14,8 mm te 11,9 mm donjeg dijela. Dužina mlaznice iznosi 15 mm, a dužina dijela mlaznice koji se uglavljuje u nosač iznosi 2 mm. Tehničke karakteristike mlaznica *Lechler TR 80* prikazane su na slici 16.



Slika 16. Tehničke karakteristike mlaznica *Lechler TR 80*

4.6. Određivanje radne brzine raspršivača

Brzina rada raspršivača za vrijeme eksploatacije vrlo je bitan tehnički čimbenik raspršivanja, stoga je u statističkoj obradi podataka označena kao faktor B. U istraživanju se variralo sa 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 nasada u kojem je obavljeno istraživanje) na udaljenosti od 100 m (razmjeren metrom i označen zastavicama), slika 17. Za vrijeme mjerenja na traktor je agregatiran raspršivač sa napunjenim spremnikom i uključenim ventilatorom. Prije prve mjerne zastavice traktor je postigao traženu radnu brzinu.



Slika 17. Mjerenje brzine rada raspršivača

Računanje brzine rada određeno je prema izrazu:

$$v_r = \frac{s_r}{t_r} \tag{4.6.1.}$$

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 sa učinkom ventilatora. Ventilatori sa 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*):

$$v_t = \frac{Q_z \cdot f}{1.000 \cdot b_m \cdot h} \quad (4.6.2.)$$

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

Mjerenje je ponovljeno pet puta (za obje brzine rada) te je ostvarena prosječna brzina rada uspoređena sa 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.

Rezultati ostvarenih vrijednosti brzina rada raspršivača (kronometriranje) biti će prikazani u rezultatima istraživanja.

4.7. Određivanje norme raspršivanja

Treći tehnički čimbenik u istraživanju je norma raspršivanja i označeno je kao faktor C. Ovaj čimbenik daje podatak o količini vode (l/ha) koja će se raspršiti po nasadu. Za vinograd su korištene manje količine tekućine zbog manjeg uzgojnog oblika i manje lisne mase. U istraživanju se variralo sa tri norme raspršivanja:

- 250, 325 i 400 l/ha za nasad jabuke,
- 250, 300 i 350 l/ha za vinograd.

U Svijetu, kako je navedeno u pregledu literature postoje 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 18.). Metodom se izračunava obujam vegetacije, tj. obujam nasada koja se nalazi na uzgojnom prostoru (1 ha) i može se izračunati iz izraza (Deveau, S.T., 2010; Doruchowski, G. i sur., 2012):

$$TRV = \frac{h_n \cdot b_k \cdot 10.000}{b_r} \quad (4.7.1.)$$

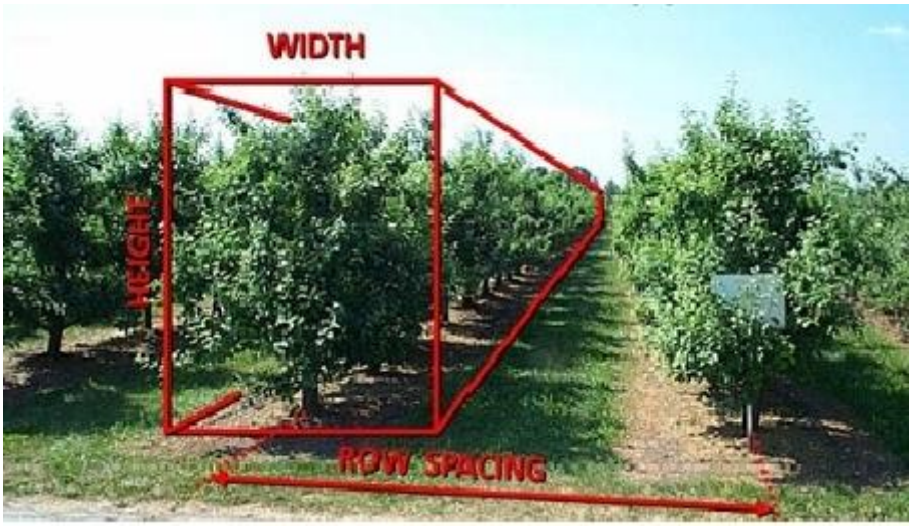
gdje je:

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 18. 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 izračuniti teorijska norma raspršivanja pomoću izraza (*Hardi International*):

$$N_r = \frac{TRV \cdot k}{1.000} \quad (4.7.2.)$$

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. Stoga za nasad sa visinom od 3 m, međurednim razmakom od 3 m i širini

krošnje od 1,7 obujam nasada iznosi ≈ 12.750 m^3/ha (4.7.1.). Uvrštavanjem obujma nasada u izraz 4.7.2. i koristeći 40 l/1.000 m^3 (uzgojni oblik vitko vreteno u petoj godini razvoja i punoj vegetaciji *LAD* iznosi cca. 3 m^2/m^3) dobiva se norma od ≈ 510 l/ha kojom se tretira trajni nasad.

Rezultati *TRV* metode za nasad jabuke i vinograd u kojem su obavljena istraživanja biti će prikazani u rezultatima istraživanja.

4.8. Utvrđivanje radnog tlaka

Također vrlo važan tehnički čimbenik raspršivanja je radni tlak. O radnom tlaku ovisi veličina kapljica i broj kapljica u mlazu te protok tekućine kroz mlaznicu. Ovisnost između veličina protoka mlaznice i veličine radnog tlaka može se izračunati iz izraza (Banaj, Đ., i sur., 2010):

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\sqrt{p_1}}{\sqrt{p_2}} \qquad (4.8.1.)$$

gdje je:

Q_1– protok tekućine pri tlaku p_1, l/min

Q_2 – protok tekućine pri tlaku p_2, l/min

p_1 – radni tlak pri protoku Q_1, bar

p_2 – radni tlak pri protoku Q_2, bar

Prema izrazu 4.8.1. žuta mlaznica (02) koja po *ISO 10625* standardu ostvaruje protok tekućine od 0,8 l/min pri radnom tlaku od 3 bar, a pri radnom tlaku od 4 bar ostvaruje protok tekućine 0,92 l/min. Povećavanjem radnog tlaka povećava se protok tekućine kroz mlaznicu. Ista mlaznica (02) pri radnom tlaku od 1,38 bar ostvaruje prosječnu veličinu kapljica (*VMD*) od 380 µm, a pri radnom tlaku od 5,51 bar ostvaruje prosječnu veličinu kapljica od 140 µm (Wolf, R.E., i sur., 1999). Povećavanjem radnog tlaka smanjuje se veličina kapljica. Istovremeno, smanjivanjem veličine kapljica, raste njihov broj u mlazu (Wolf, R.E. i Minihan, C.L., 2003). Radni tlak je podešen tako da pri svakom tretmanu osigura količinu vode koja je određena prema zadanoj količini tekućine po ha, primjerice za nasad jabuke:

- radni tlak za tretman sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i količinom vode od 400 l/ha iznositi će 14,35 bar ili,
- radni tlak za tretman sa žutom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i količinom vode od 400 l/ha iznositi će 8,33 bar, itd.

Za određivanje potrebog radnog tlaka pomoću kojeg se ostvaruje zadana norma raspršivanja, korišten je softver *Caliplot* tvrtke *Hardi International*. Ukupni pregled korištenih radnih tlakova prema pojedinim tretmanima prikazan je u prilogu IV. Softver za izračunavanje potrebnog protoka mlaznice koristi slijedeći izraz (Doruchowski, G. i sur., 2012):

$$Q_m = \frac{N_r \cdot v_r \cdot b_r}{n \cdot 600} \tag{4.8.2.}$$

gdje je:

Q_m – protok mlaznice, l/min

N_r – norma raspršivanja, l/ha

v_r – brzina rada raspršivača, km/h

b_r – širina reda nasada, m

n – broj mlaznica u radu

Primjerice: ako se koristi norma raspršivanja od 325 l, brzina rada stroja od 6 km/h, raspršivanje sa 10 mlaznica i međurednim razmak redova od 3,5 m, dobiva se traženi protok od 1,13 l/min. Navedeni protok će se ostvariti ako se raspršuje sa žutim mlaznicama pri radnom tlaku od 5,50 bar ili ako se raspršuje sa zelenim mlaznicama pri radnom tlaku od 9,47 bar, prema izračunu iz izraza 4.8.1. Dakle, softver koristi kombinaciju izraza 4.8.1. i 4.8.2. za dobivanje potrebnog protoka i tipa mlaznice. Rezultati ostalih utvrđenih radnih tlakova prema pojedinom tretmanu biti će prikazani u rezultatima istraživanja.

4.9. Utvrđivanje brzine i protoka zraka

Kako je navedeno u poglavlju 4.3. u istraživanju su korištena dva raspršivača sa dva tipa ventilatora, aksijalni i radijalni. Ventilatori rotacijom lopatica stvaraju određenu brzinu i protok zraka koji su važni tehnički čimbenici raspršivanja i imaju funkciju dezintegracije mlaza, te nošenja tekućine na cilj prskanja. Protok i brzina stvaraju struju zraka sa turbulentnim vrtloženjem čija je uloga pomicanje grana i listova koji omogućuju prolazak tekućine do sredine krošnje i pokrivanje obje strane lista (tzv. „otvaranje krošnje“). Aksijalni ventilatori stvaraju veliki turbulentni protok sa relativno malim tlakom i brzinom zraka. Za razliku od njih, radijalni ventilatori stvaraju veliki tlak i brzinu zraka, ali sa malim protokom.

Uz sve navedeno vrlo je značajno da optimalna brzina zraka dolazi do cilja prskanja, tj. da cijeli predmet zaštite (trs/stablo) ima podjednaku brzinu zraka na vanjskim rubovima krošnje. Uslijed navedene ujednačenosti ostvaruje se zadovoljavajuća pokrivenost tretirane površine, jer će zrak omogućiti „otvaranje krošnje“. S obzirom na navedenu problematiku te uslijed tehničke izvedbe raspršivača, radijalni ventilatori ostvaruju bolju vertikalnu raspodjelu brzine zraka u odnosu na aksijalne (Manktelow, D.W., 1998). Prema tome glavne karakteristike ventilatora su:

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

Protok zraka pri radu raspršivača treba biti podešen prema uzgojnom obliku i gustoći lisne površine. Dakle, za nasade sa bujnijom krošnjom, brzina zraka treba biti podešena na veće vrijednosti i obrnuto. Teorijski protok zraka potreban za aplikaciju u pojedinom nasadu može se odrediti prema izrazu (*Hardi International*):

$$Q_z = \frac{1.000 \cdot v \cdot b_m \cdot h_n}{f} \qquad (4.9.1.)$$

gdje je:

Q_z – protok zraka, m^3/h

v – brzina rada raspršivača, km/h

b_m – širina mlaza, m

h_n – visina nasada, m

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

Također, izačunava se i specifični protok zraka (Panneton, B. i sur., 2005) koji stavlja u odnos protoka zraka i brzine rada raspršivača prema izrazu:

$$Q_s = \frac{Q_z}{1.000} \cdot v \qquad (4.9.2.)$$

gdje je:

Q_s – specifični protok zraka, m^3/km

Q_z – protok zraka raspršivača, m^3/h

v – brzina rada raspršivača, km/h

U istraživanju, brzina zraka na oba raspršivača podešena je na optimalnu vrijednost za pojedini nasad (vinograd/nasad jabuke) te je bila konstantna za sve tretmane pokusa. Optimalna brzina zraka podešena je pomoću regulatora broja okretaja ventilatora i zakretanjem lopatica ventilatora. U istraživanju je podešena konstantna brzina zraka za sve tretmane, a raspodjela brzine zraka mjerena je na izlazu iz usmjerivača te na vanjskim rubovima krošnje. Brzina zraka mjerena je neposredno pored svake mlaznice, a na kulturama prema pojedinim visinama. Brzina zraka mjerena je pomoću ručnog anemometra tvrtke *Silva Windwatch* (slika 19.).

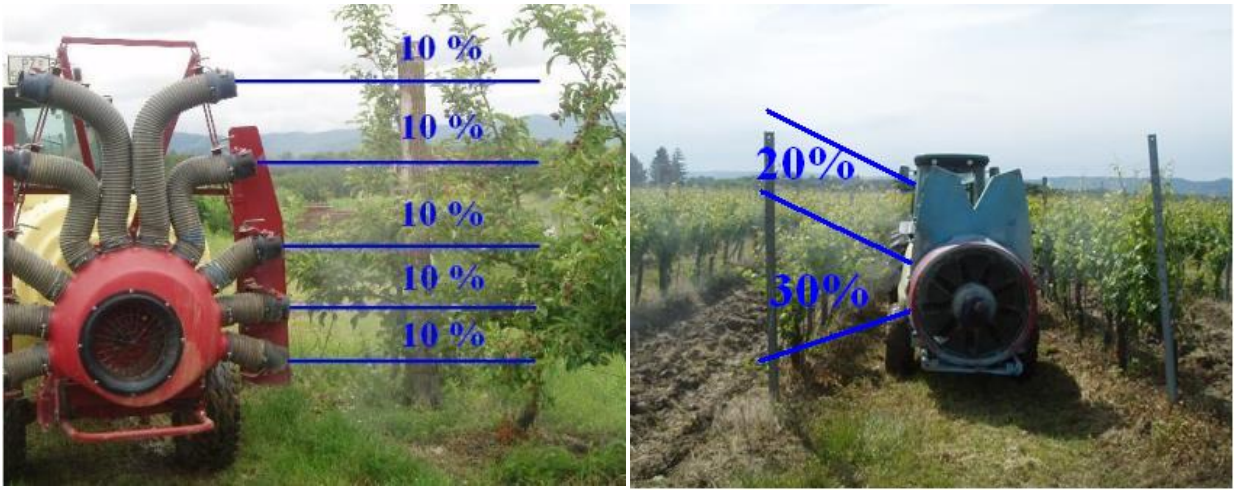
Rezultati određivanja protoka i brzine zraka uz vertikalnu raspodjelu biti će prikazani u rezultatima istraživanja.



Slika 19. Anemometar *Silva Windwatch*

4.10. Utvrđivanje usmjerenja mlaznica

Pri radu raspršivača vrlo je značajno da se svi tehnički čimbenici raspršivanja podese prema geometriji nasada. Prvenstveno, bitno je da mlaznice obavljaju raspršivanje u onome smjeru gdje se nalazi najveća lisna masa. U našim uzgojnim uvjetima, tj. uzgojnim oblicima najveća lisna masa se nalazi u području 1 – 3 m od tla. Najveća količina tekućine treba biti usmjerena prema tome području. Uz usmjerenje tekućine treba se ostvariti i pravilna raspodjela tekućine. Veliku prednost u kvaliteti vertikalne raspodjele tekućine ostvaruju radijalni raspršivači s obzirom na aksijalne. Ova prednost očituje se u tehničkoj prirodi same izvedbe raspršivača, gdje radijalni raspršivači pomoću savitljivih vodova točno usmjeravaju mlaznice na ciljana mjesta zaštite (slika 20.). Iz slike se može vidjeti zaštita kulture sa desnom stranom stroja, dakle 50% tekućine. Kod radijalnog raspršivača (lijevo) tekućina se ravnomjerno raspodređuje po cijeloj vertikali kulture (na pojedinu visinu kulture dolazi po 10% tekućine), dok se kod aksijalnog raspršivača količina raspodjeljuje neravnomjerno (30% na donju polovicu i 20% na gornju polovicu kulture).



Slika 20. Raspodjela tekućine sa radijalnim (lijevo) i aksijalnim ventilatorom (desno)

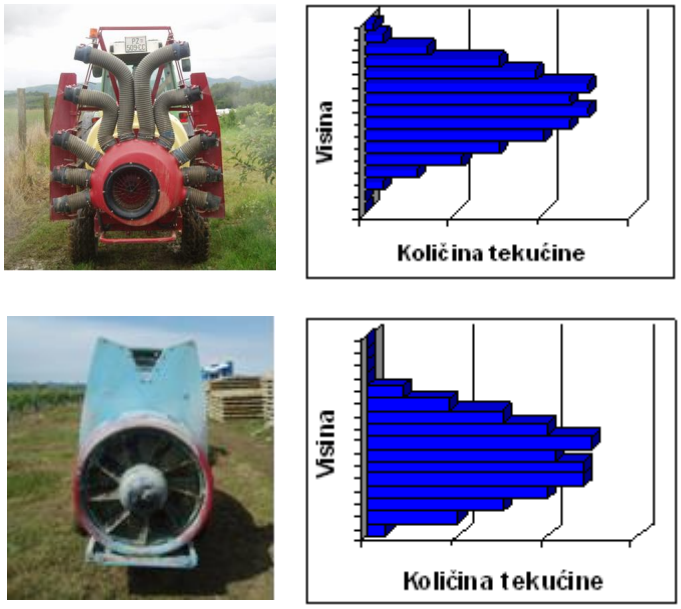
Svaka mlaznica prema *ISO* standardu ostvaruje određeni kut prskanja. Već je navedeno da mlaznice koje se postavljaju na raspršivače većinom ostvaruju radni kut od 80°. Uz radni kut mlaznice, vrlo je bitno da se mlaznice pravilno usmjerene prema geometriji nasada. Pod usmjerenjem mlaznica podrazumjeva se kut koji simetrala mlaznice zatvara sa tlom. Prema tome, u ovome istraživanju mlaznice su usmjerene pod točno određenim

kutovima za rad u vinogradu, ali i u nasadu jabuk (slika 21.). Rezultati usmjerenja svake mlaznice za pojedini nasad prikazane su u rezultatima istraživanja.



Slika 21. Usmjerenje mlaznica

Radijalni raspršivači imaju mogućnost usmjeravanja mlaznica na ciljana područja zaštite, grafikon vertikalne raspodjele tekućine ima drugačiji oblik s obzirom na aksijalni raspršivač (slika 22.). Iz slike se može vidjeti da vertikalna raspodjela tekućine sa radijalnim raspršivačem ostvaruje približnu *Gaussovu* raspodjelu, za razliku od aksijalnog raspršivača, gdje je više položena prema tlu. To znači da se veće količine tekućine raspršuju po tlu, a manje po vršnim dijelovima kulture. Dakle, zbog tehničkih karakteristika aksijalni raspršivači ostvaruju prekomjernu aplikaciju tekućine po nižim visinama. Jedino rješenje je isključivanje iz rada mlaznice koja je najniže postavljena na raspršivaču. Ovo za posljedicu ima veće gubitke tekućine, slabiju pokrivenost treirane površine i slabiji biološki učinak pesticida.



Slika 22. Vertikalna raspodjela tekućine za radijalni (gore) i aksijalni (dolje) raspršivač [94]

4.11. Vodoosjetljivi papirići (VOP)

U pregledu literature navedeno je da metoda sa vodoosjetljivim papirićima predstavlja najprihvatljiviju poljsku metodu za određivanje pokrivenosti tretirane površine i veličine kapljica. Metoda je postajala sve popularnija kako se razvijala računalna tehnologija, pa tako u današnje vrijeme služi za izračune sa visokom točnošću. Velika točnost odnosi se na visoke rezolucije fotoaparata ili skenera sa kojom se VOP-i pretvaraju u oblik s kojeg je moguća računalna analiza fotografije te korištenje visoko razvijenih softvera za proučavanje navedene problematike.

VOP-i čine žute pravokutne trake dimenzija 75 x 25 mm, koje na površini imaju tanki film bromfenola koji u dodiru sa vodom poplavi. Dakle, kapljica koja padne na VOP ostavi otisak koji može poslužiti za određinaje stupnja pokrivenosti tretirane površine i veličine kapljica korištenjem korekcijskog faktora. U istraživanju su korišteni VOP-i od švicarskog proizvođača *Syngente.* Na slici 23. prikazani su VOP-i na kojima su plavi otisci kapljica.



Slika 23. Vodoosjetljivi papirići (VOP) na vinovoj lozi (lijevo) i na jabuci (desno)

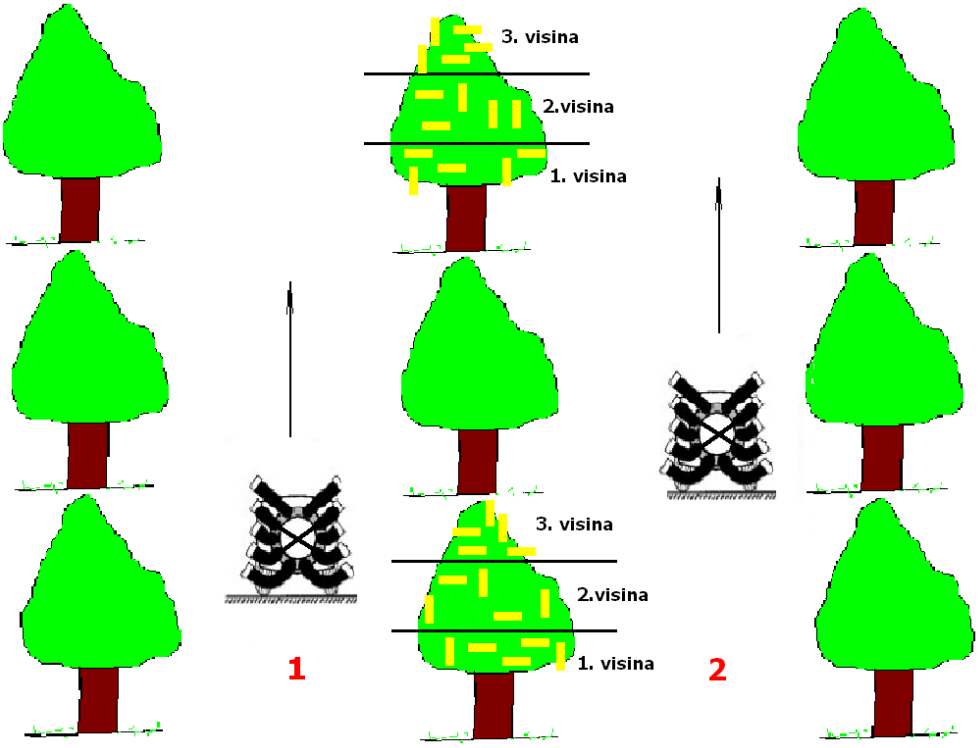
Metodika postavljanja VOP-a na istraživanu kulturu temeljna je prema metodici autora De Moor, A. i sur., 2000. VOP-i u istraživanju postavljeni su na tri razine krošnje (loze), koje su razmjerno postavljene (vršna, srednja i donja razina). Kod nasada jabuke donja razina bila je od cca. 0 – 62 cm, srednja od 62 – 124m, te vršna od 124 – 187 cm. Vinograd je imao donju razinu od cca. 0 – 43 cm, srednju od 43 – 86 cm, te vršnu od 86 – 130 cm.

Radi dobivanja podataka o uniformnoj pokrivenosti tretirane površine cijelog stabla/trsa na svaku razinu postavlja se pet VOP-a te se koristi četiri stabla/trsa u ponavljanju. Za svako stablo/trs koristi se 15 VOP-a, a za tretman 60 VOP-a. Ukupna površina po tretmanu na kojoj je mjerena pokrivenost površne iznosi 1.125 cm^2 (30 x 37,5 cm). U istraživanju korištena su stabla/trsovi koji se nalaze u istraživanom području, tj. u istraživanoj dužini reda od 100 m, a VOP-i se postavljaju na lice i naličje listova.

Kretanje raspršivača u istraživanju određeno je tako da se prvo kroz red 1 desnom stranom stroja tretira ispitivani red kulture, a kroz red 2 to se čini lijevom stranom stroja, tj. bez okretanja stroja na uvratini (slika 24.). Jedno stablo/trs tretirano je sa obje strane stroja. Prije ulaska u ispitni red, raspršivač je postigao potrebnu brzinu rada prema planu pokusa (6 ili 8 km/h).

Navedeni način gibanja raspršivača u istraživanju određen je zbog usklađivanja sa mjerenjem zanošenja te smanjenja pogreške u održavanju radnog tlaka i brzine raspršivača (u konačnici i norme raspršivanja). Također, smanjena je pogreška u mjerenju zanošenja zbog preklapanja prolazaka raspršivača.

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



Slika 24. Shema postavljanja VOP-a

4.12. Mjerenje vremenskih uvjeta tijekom istraživanja

Tijekom istraživanja mjereni su vremenski uvjeti pomoću *Hobbo* meteorološke postaje. Od glavnih vremenskim čimbenika mjereni su: temperatura i vlažnost zraka, insolacija, brzina vjetra, smjer vjetra i tlak zraka. Prije početka poljskog istraživanja meteorološka postaja je spojena sa prijenosnim računalom. Nakon uključenja meteorološke postaje, počelo je mjerenje navedenih čimbenika u intervalu od 30 s, a podatci su pohranjivani na tvrdi disk (*hard disc*) postaji. U rezultatima istraživanja prikazani su samo vremenski uvjeti za vrijeme istraživanja u nasadima, tj. za vrijeme rada raspršivača. U rezultatima istraživanja dan je podatak o prosječnim vremenskim uvjetima za vrijeme istraživanja. Softver meteorološke postaje grafički prikazuje vremenske uvjete tijekom istraživanja, tj. na oordinati grafikona nalaze se vrijednosti mjerenja pojedine pojave (primjerice, vlažnost zraka u %; temperatura zraka u °C i drugo), a na apcisi vrijeme trajanje istraživanja. Tijekom istraživanja, meteorološka postaja je postavljena unutar nasada te je mjerena temeperatura i vlažnost zraka, brzina i smjer vjetra, sunčeva insolacija, tlak zraka. Unutar krošnje kulture (nasad jabuke/vinograd) mjerena je temperatura i vlažnost zraka. Na slici 25. prikazana je meterološka postaja *Hobbo* korištena u istraživanju.



Slika 25. Meteorološka postaja *Hobbo*

4.13. Utvrđivanje zanošenja tekućine

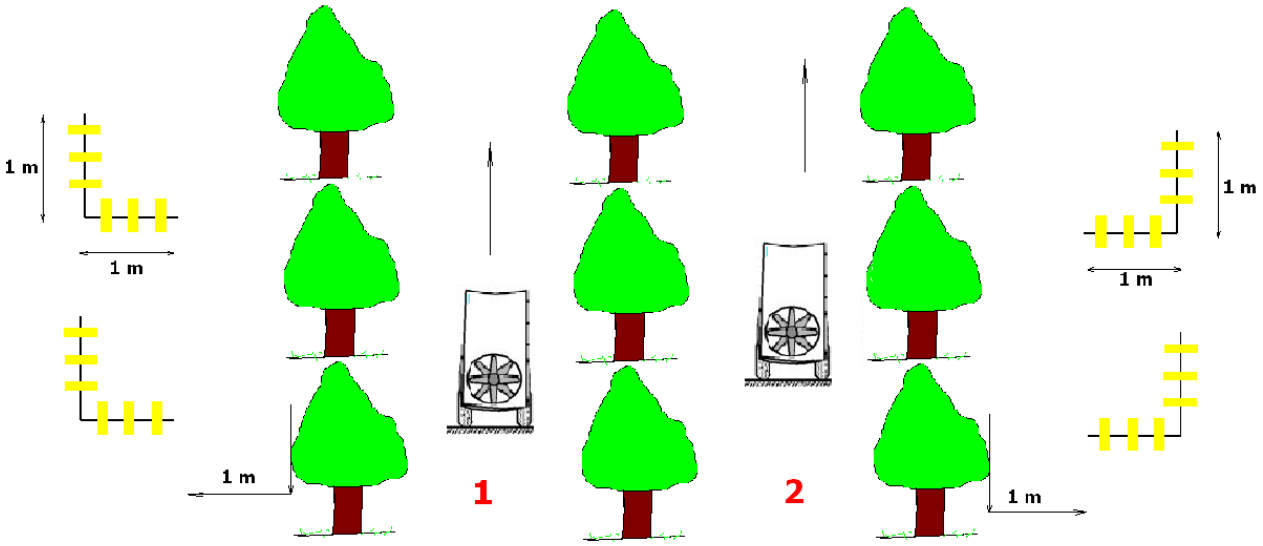
Kako je navedeno u literaturi, eksploatacijom raspršivača u poljskim uvjetima redovito dolazi do pojave zanošenja (drifta) tekućine. Puno čimbenika utječe na zanošenje, ali od značajnijih su vremenski uvjeti i različito podešeni tehnički čimbenici raspršivanja. Intenzitet zanošenja može se uočiti i bez mjerenja, gdje se jasno vidi dio tekućine koja pada na tlo između redova nasada jabuke (slika 26.).



Slika 26. Zanošenje u nasadu jabuke

Mjerenje zanošenja obavljeno je pri svakome tretmanu istraživanja. Metodika mjerenja zanošenja koncipirana je na taj način da je izražen intenzitet zanošenja preko pokrivenosti površine vodoosjetljivih papirića, koji su obrađeni računalnom analizom fotografije. Zanošenje je mjereno u dva bočna netretirana reda sa 4 ponavljanja za svaki tretman. U svakome ponavljanju postavljeno je 6 vodoosjetljivih papirića (3 okomito i 3 vodoravno – ukupno 24 vodoosjetljiva papirića).

Papirići koji su postavljeni na tlu nalazili su se na udaljenosti od 1 – 2 metra od vanjskog ruba krošnje, a papirići koji postavljeni okomito nalazili su se udaljenosti od 2 metra od vanjskog ruba krošnja do 1 m u vis. Papirići su postavljani u dva bočna netretirana reda između dva stabla (trsa) gdje je pojava zanošenja najveća. Nakon prolaska raspršivača, papirići su sakupljeni i obilježeni, te obavljena računalna analiza fotografije s ciljem utvrđivanja intenziteta zanošenja tekućine. Mjerenje zanošenja obavljeno je pri radu oba tipa raspršivača. Shema postavljanja vodoosjetljivih papirića za mjerenje zanošenja prikazana je na slici 27., te je obavljeno istovremeno sa mjerenjem pokrivenosti tretirane površine (poglavlje 4.11.).



Slika 27. Shema postavljanja vodoosjetljivih papirića za mjerenje zanošenja

Na slici 28. prikazan je način mjerenja zanošenja pomoću vodoosjetljivih papirića. Papirići su postavljeni okomito prema tlu i vodoravno na tlu na međusobnoj udaljenosti od 30 cm.



Slika 28. Mjerenje zanošenja sa vodoosjetljivim papirićima

4.14. Računalna metoda analize slike

Nakon poljskih ispitivanja, vodoosjetljivi papirići su obilježeni, evidentirani i sakupljeni radi fotografiranja i obrađivanja pomoću računalne analize slike. Pokrivenost lisne površine (PLP) pomoću vodoosjetljivih papirića primjenom računalne analize slike (*engl. Digita Image Analysis*, DIA) određuje se beskontaktno (nema dodira uređaja i uzorka). Računalna analiza slike je brza, objektivna, nedestruktivna, lako ponovljiva i relativno jeftina metoda. Ova metoda za praćenje PLP može se koristiti kao alat za automatsko praćenje kvalitete rada raspršivača pri radu u trajnim nasadima. Prednost sustava za analizu slike, nad praćenjem PLP ljudskim okom je objektivnost i kontinuiranost u procjeni.

Sustav za analizu slike promjenu PLP uzorka registrira s tri senzora boje, a sastoji se od tri najvažnija elementa: rasvjete, fotoaparata/skenera (uređaja za ″hvatanje″ slike) i računala. Rasvjeta ili vrsta svjetlosti predstavlja vrlo važan element pri računalnoj analizi slike, obzirom da boja analiziranog uzorka ovisi o količini svjetlosti koja se reflektira s površine uzorka. Kako bi rezultat analize boje bio objektivan i precizan važno je osigurati kontrolirano osvjetljenje prikladno svojstvima uzorka kojega se fotografira. Osvijetljeni objekti prenose primljenu svjetlosti apsorpcijom, refleksijom i propuštanjem, te se razlika boja pojedinih uzoraka prati određivanjem razlike u količini reflektirane svjetlosti s njegove površine.

Digitalni fotoaparat pohranjuje fotografije na elektronskom svjetlosnom senzoru (*engl. electric light sensor*) koji se sastoji od milijun malenih točkica (piksela). Značajke kamere koja utječe na kvalitet fotografije jesu rezolucija i kompresija snimljene fotografije: što je količina piksela veća time i veća rezolucija to je i kvalitet snimljene fotografije bolja kao i informacija o uzorku koji je fotografiran. Preporučuje se rezolucija kamere 1,6 –1,2 MP te mogućnost pohrane fotografije u TIFF (engl. *Tag – based Image File*) formatu. Kako bi se osigurale iste postavke fotoaparata (tablica 2.), a time omogućilo kontinuirano praćenje fotografiranih uzoraka te usporedba dobivenih rezultata analize slike, potrebno je provesti kalibracijski postupak fotoaparata prije fotografiranja uzorka (Papadakis, D.E. i sur., 2000; Wee, A.G. i sur., 2006).

Za određivanje PLP, veličine, broja i raspodjele kapljica na VOP-ma korištena je metoda računalne analize slike. Mjerenje PLP računalnom analizom slike provodi se u nekoliko koraka.

Tablica 2. Postavke sustava za analizu slike

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

Prvi korak je digitalizacija uzoraka (fotografiranje) u kontroliranim uvjetima komore za slikanje prema postavkama digitalne kamere i rasvjete kako je prikazano u tablici 2. Unutar komore za slikanje nalazi se digitalni fotoaparat (*Canon EOS – 1100D*) smješten na gornjem dijelu komore na udaljenosti 60 ± 10 cm od uzorka te rasvjeta. Osvijetljenost uzoraka od 850 ± 10 Lux – a osiguravala je gornja rasvjeta koja se sastoji od 8 led žarulja (*CE Lighting, DX – MR16 – 18LED, 2 W, 12 V, 15 – 60°* sa temperaturom 6.500 K) raspoređenih u krug i donje rasvjete (Štedna žarulja *Philips Genie*, 8 W, 405 Lm, temperature 6500 K) koja je smještena ispod podloge od pjeskarenog stakla na koju se stavlja uzorak (Papadakis, D.E. i sur., 2000; Wee, A.G. i sur., 2006). Neposredno prije digitalizacije uzoraka, osvijetljenost unutar komore za slikanje provjerena je pomoću svjetlomjera (*Digital light meter, YF-170, YU – Fong Eletronics, Taiwan*), a kalibracija ravnoteže bjeline napravljena pomoću standardne bijele keramičke pločice (*CR – A43, Konica Minolta, Japan*).

Nakon fotografiranja uzoraka, slike su pohranjene na računalo u TIFF formatu, slikama je primijenjena automatska računalna naredba (engl. *macro*) u programu *Adobe Photoshop* s

ciljem segmentacije uzorka i odjeljivanja podloge. Idući korak je obrada slike u *ImageJ* programu (Zhu, H. i sur., 2011; Prodanov, D. i Verstreken, K., 2012). Kako bi se provela računalna analiza slike uzoraka VOP-a kreirana je makro naredba u programa *ImageJ* (eng. *macro*) za analizu slike, a kod programa je prikazan na slici 29.

```
requires("1.33n");
  dir = getDirectory("Choose a Directory ");
  list = getFileList(dir);
  run("Set Measurements...", "area bounding display redirect=None       decimal=0");
  roi = "";
  start = getTime();
  titles = newArray(list.length);
  run("Clear Results");
  setBatchMode(true); // runs up to 20 times faster
  j = 0;
  for (i=0; i<list.length; i++) {
      path = dir+list[i];
      if (endsWith(path, ".roi"))
          roi = path;
      else {
          open(path);
          title = getTitle();
          titles[j++] = title;
          //print(i+"  "+title);
          selectImage(title);
        run("Set Scale...", "distance=118 known=10 pixel=1 unit=mm");
        run("8-bit");
        //run("Threshold...");
        setAutoThreshold("Otsu");
        setThreshold(0, 142);
        run("Convert to Mask");
        run("Watershed");
        run("Set Measurements...", "area perimeter bounding feret's area_fraction display redirect=None decimal=3");
        run("Analyze Particles...", "size=0-Infinity circularity=0.00-1.00 show=Nothing display include summarize add");
        close();

      }
  }
```

Slika 29. Kod programa za provedbu računalne analize uzoraka VOP-a u *ImageJ* – u

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

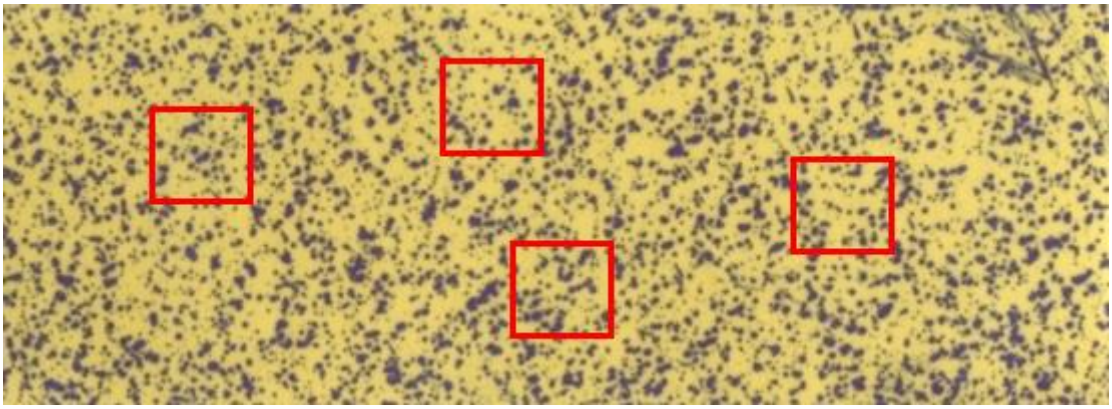
- *A (eng. Area)* – ukupna površina na VOP-ma, mm^2 ili pix^2
- *TPA (engl. Total Particle Area)* – ukupna površina koju prekrivaju kapljice na VOP-u, mm^2 ili pix^2
- *AF (engl. Area Fraction)* – udjel kapljica na VOP-u, %
- *PC (engl. Particle Count)* – broj kapljica na VOP-u,
- PS_{AVG} *(engl. Average Particle Size)* – prosječna veličina otiska kapljica - mm^2, pix^2 ili μm

Za određivanje pokrivenosti lisne površine (ili podatak udjela kapljica na VOP-u (*AF*) izražen u postotku) korišteni su odgovarajući algoritmi u programu *ImageJ* za izračun ukupne površine VOP-a (*A*) i ukupne površine koje prekrivaju kapljice VOP-u prema izrazu:

$$AF = \frac{A}{TPA} \cdot 100\,(\%) \qquad 4.14.1.$$

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

U literaturnom pregledu navedeno je da se veličina kapljica smanjuje s povećavanjem radnog tlaka te da raste njihov ukupni broj u mlazu. Također, smanjivanjem *ISO* broja mlaznice smanjuje se veličina kapljica. Istraživanje je usmjereno na utvrđivanje veličine i broja kapljica po pomoću VOP-a (za određivanje navedenog korišteni su isti papirići kao za određivanje pokrivenosti površine). Primjerice, za tretman sa *Hardi Zaturn* raspršivačem, žutom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 300 l određena je pokrivenost površine na ukupno 60 VOP-a, za navedene čimbenike u tretmanu. Pomoću ovih 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., 2005), slika 30. 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 30. Specifične površine na VOP-u

Program koji se koristi za računalnu analizu slike (poglavlje 4.14.) lako određuje broj kapljica po ispitnoj površini i svrstava ih u 6 razreda veličine otiska kapljice na VOP-u (tablica 3.). Dakle, određen je broj kapljica/cm^2 (*PC – particle count*) i prosječna veličina otiska kapljica (PS_{AVG} – *Average Particle Size*).

Kapljica koja se rasprši kreće se u trodimenzionalnom prostoru do cilja zaštite, tada pada na list (u ovom slučaju VOP) i dobiva dvodimenzionalni karakter razlijevajući se po površini. Da 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). Dakle, korekcijski faktori korišteni su za preračunavanje otiska kapljica na VOP-u

(PS) u rezultat stvarne veličine kapljica. U tablici 3. prikazana je podjela otisaka kapljica na VOP-u prema razredima veličine otiska (μm) i faktori preračunavanja za pojedine razrede.

Tablica 3. Razredi veličine otiska kapljice i faktori preračunavanja

Razred otiska kapljice	d_k, μm	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

4.16. Statistička obrada podataka

Pokus je postavljen kao standardni trofaktorijelni pokus u kojemu su glavni čimbenici istraživanja *ISO* broj mlaznice (plava, žuta i zelena), brzina rada raspršivača (6 i 8 km/h) i norma raspršivanja (250, 300 i 350 l/ha za vinograd te 250, 325 i 400 l/ha za nasad jabuke). U nasadu jabuke korištena su dva tipa raspršivača, dvije brzine rada, tri tipa mlaznica i tri norme raspršivanja.Ukupan broj tretmana iznosi 36, a provode se u četiri ponavljanja. Ukupno po tretmanu sa ponavljanjem korišteno je 60 VOP-a. Sve isto ponovljeno je u vinogradu. Pod tretmanom se podrazumjevaju različito podešeni tehnički čimbenici raspršivanja, primjerice:

- 1. Tretman u nasadu jabuke - Raspršivač *Zaturn*: plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l;
- ... 36. Tretman u nasadu jabuke - Raspršivač *Arrow*: zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l.

Ukupni prikaz rasporeda tretmana prikazan je u prilogu II i III. Istraživanje je postavljeno kao standardni trofaktorijelni pokus u kojemu su glavni čimbenici istraživanja *ISO* tip mlaznice – faktor A (A_1 - plava mlaznica, A_2 - žuta mlaznica i A_3 - zelena mlaznica), brzina rada raspršivača – faktor B (B_1 – 6 km/h i B_2 – 8 km/h) te norma raspršivanja - faktor C (C_1 – 250 l/ha; C_2 – 300 l/ha u vinogradu, C_2 - 325 l/ha u nasadu jabuke; C_3 – 350 l/ha u vinogradu, C_3 – 400 l/ha u nasadu jabuke). Za statističku analizu rezultata istraživanja korišten je *STATISTICA* (*StatSoft, Inc., 2011 – data analysis software system, version 10.0*) operativni softver za slijedeće statističke metode:

- deskriptivna statistika;
- grafički prikazi raspodjele učestalosti i prirode podataka;
- trofaktorijelna analiza varijance za ispitivana svojstva istraživanja (pokrivenost tretirane površine, broja kapljica/cm^2, prosječni promjer kapljica i zanošenje tekućine) - *Analysis of Variance* (ANOVA A x B x C – 3 x 2 x 3)
- *LSD(Least Statistical Difference)* post hoc test za ispitivanje statistički značajnih razlika između podfaktora istraživanja,
- *sign test* i *Wilcoxon matched pairs test* za usporedbu svojstava istraživanja između aksijalnog (*Hardi Zaturn*) i radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u nasadu jabuke i vinogradu,
- korelacijska i regresijska analiza za ispitivana svojstva;
- grafički prikaz intenziteta ispitivanih svojstva.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Prije samog poljskog istraživanja obavljeno je testiranje oba raspršivača prema standardu *EN 13790* (poglavlje 5.1.), određivanje norme raspršivanja i radnog tlaka (poglavlje 5.2.), podešavanje mlaznica prema geometriji nasada (poglavlje 5.3.), mjerenje brzine i protoka zraka raspršivača (poglavlje 5.4.) te utvrđivanje *LAI* – a i *LAD* – a za nasad jabuke i za vinograd (poglavlje 5.5.). Tijekom izvođenja poljskog istraživanja mjereni su vremenski uvjeti (poglavlje 5.6.) te je praćena brzina rada raspršivača (poglavlje 5.7.). Nakon obavljenih poljskih istraživanja računalnom analizom slike određena su glavna svojstva istraživanja - pokrivenost tretirane površine, broj kapljica/cm^2, prosječni promjer kapljica te zanošenje tekućine (poglavlje 5.8.).

5.1. Rezultati testiranja ispravnosti rada raspršivača prema standardu *EN 13790*

Prema novom pravilniku o održivoj uporabi pesticida, koji je u primjeni u Republici Hrvatskoj od prosinca 2012. godine (*NN, 19. prosinac 2012.*), svi tehnički sustavi u zaštiti bilja trebaju biti obilježeni sa znakom o redovitoj kontroli i ispravnosti rada stroja. Zbog navedenog, obavljena je provjera rada svih glavnih sustava prema europskom standardu testiranja tehničkih sustava u zaštiti bilja - *EN 13790.* Prema navedenom standardu mjereni su slijedeći čimbenici rada raspršivača:

- protok mlaznica,
- kapacitet crpke,
- ispravnost manometra,
- brzina zraka na izlazu usmjerivača,
- protok povrata tekućine u spremnik,
- broj okretaja PVT – a,

te svi ostali čimbenici koji se prate vizualnim pregledom tehničkih sustava u zaštiti bilja.

5.1.1. Rezultati mjerenja protoka mlaznica

Protok mlaznica mjeren je sa stolno – elektronskim uređajem za mjerenja protoka mlaznica (*AAMS – Advanced Agricultular Measuring System)*. U istraživanju je korišteno deset novih plavih (*TR 8003C*), žutih (*TR 8002C*) i zelenih (*TR 80015C*) mlaznica naručenih izravno iz tvornice *Lechler (Ulmer Straße 128, Metzingen, Deutchland)*. Mjerenje protoka je ponovljeno četiri puta za svaku mlaznicu, a rezultati mjerenja su prikazani u tablici 4.

Tablica 4. Rezultati mjerenja protoka mlaznica

Broj mlaznice	Tip mlaznice								
	TR 80015C			***TR 8002C***			***TR 8003C***		
	$\overline{X}$, l/min	σ	*K.V.*, %	$\overline{X}$, l/min	σ	*K.V.*, %	$\overline{X}$, l/min	σ	*K.V.*, %
1.	0,64	0,005	0,78	0,85	0,008	0,96	1,23	0,013	1,02
2.	0,65	0,010	1,48	0,84	0,010	1,14	1,23	0,014	1,15
3.	0,64	0,010	1,50	0,84	0,010	1,14	1,23	0,012	0,94
4.	0,65	0,013	2,00	0,85	0,006	0,68	1,23	0,015	1,22
5.	0,65	0,013	2,00	0,85	0,006	0,68	1,24	0,010	0,77
6.	0,65	0,005	0,77	0,84	0,010	1,14	1,23	0,010	0,78
7.	0,64	0,005	0,78	0,84	0,010	1,14	1,24	0,010	0,77
8.	0,65	0,010	1,48	0,85	0,005	0,59	1,23	0,008	0,66
9.	0,65	0,006	0,90	0,85	0,006	0,68	1,24	0,008	0,66
10.	0,64	0,010	1,50	0,85	0,008	0,96	1,23	0,013	1,02
$\overline{X}$	**0,64**	0,008	1,32	**0,84**	0,008	0,91	**1,23**	0,011	0,90

Mjerenjem protoka utvrđeno je da zelene *TR 80015C* mlaznice ostvaruju prosječni protok od 0,64 l/min; žute *TR 8002C* mlaznice ostvaruju prosječni protok od 0,84 l/min te plave *TR 8003C* mlaznice ostvaruju prosječni protok od 1,23 l/min. Ponavljanjem mjerenja protoka mlaznica rezultati nisu varirali u velikoj mjeri pa su utvrđeni relativno mali koeficijenti varijacija (1,32% za zelenu mlaznicu, 0,91% za žutu mlaznicu i 0,90% za plavu mlaznicu). Utvrđeni prosječni protoci mlaznica korišteni su u daljnjoj određivanju norme raspršivanja i radnog tlaka (poglavlje 5.2.). Također, utvrđeni prosječni protoci mlaznica podudaraju se sa mjerenjem protoka na uređaju *Volos 2*. Prema *EN 13790* standardu dozvoljeni otklon protoka mlaznice od *ISO 10625* standardu može iznositi do 10% s obzirom na nazivni kapacitet. Sve mlaznice u ispitivanju ostvaruju protoke u dozvoljenim granicama odstupanja (*TR 80015C* ostvaruju otklon od 6,80% ili 44 ml/min; *TR 8002C* ostvaruju otklon od 5,30% ili 45 ml/min i *TR 8003C* ostvaruju otklon od 2,79% ili 35 ml/min – tablica 5.). U prilogu V. prikazana je ukupna statistička obrada podataka za mjerenje protoka mlaznica, te izvadci iz softvera *AAMS*.

Tablica 5. Otkloni protoka mlaznica od *ISO 10625* i *EN 13790* standarda

Tip mlaznice	Prosječni protok*, l/min	Otklon od *ISO 10625*, %	Dozvoljeni otklon prema *EN 13790*, %	Otklon od *ISO 10625*, ml/min	Dozvoljeni otklon prema *EN 13790*, ml/min
TR 80015C	0,64	6,80	10	44	60
TR 8002 C	0,84	5,30	10	45	80
TR 8003 C	1,23	2,79	10	35	120

* mjerenje pri radnom tlaku od 3 bar (*ISO 10625* standard)

5.1.2. Rezultati mjerenja kapaciteta crpke

Kapacitet crpke mjeren je sa elektromagnetskim mjeračem protoka tvrtke *Krohne* pri 540 o/min PVT – a. Mjerenje kapaciteta ponovljeno je četiri puta za svaku crpku (mjerenje u trajanju od četiri minute sa bilježenjem rezultata svake minute), a rezultati mjerenja su prikazani u tablici 6.

Tablica 6. Rezultati mjerenja kapaciteta crpki

Ponav.	Model crpke - *Hardi 363* (kapacitet 140 l/min)					
	Hardi Zaturn			***Hardi Arrow***		
	Protok crpke, l/min	Otklon od *EN 13790*, %	Otklon od *EN 13790*, l/min	Protok crpke, l/min	Otklon od *EN 13790*, %	Otklon od *EN 13790*, l/min
1.	132,70	5,21	7,30	131,3	6,21	8,70
2.	133,10	4,93	6,90	130,9	6,50	9,10
3.	132,80	5,14	7,20	131,2	6,29	8,80
4.	133,30	4,79	6,70	130,8	6,57	9,20
$\overline{X}$	**132,98**	**5,02**	**7,03**	**131,05**	**6,39**	**8,95**
σ	0,28	0,20	0,28	0,24	0,17	0,24
K.V., %	0,21	3,92		0,18	2,66	

Mjerenjem kapaciteta crpki utvrđeno je da crpka instalirana na raspršivač *Hardi Zaturn* ostvaruje prosječni protok od 132,98 l/min, a crpka instalirana na raspršivač *Hardi Arrow* ostvaruje prosječni protok od 131,05 l/min. Tijekom mjerenja protoka crpki rezultati nisu puno varirali pa su utvrđeni vrlo mali koeficijenti varijacija. Prema *EN 13790* standardu dozvoljeni otklon kapaciteta crpke s obzirom na nazivni može iznositi do 10%. Obje crpke u ispitivanju ostvaruju protoke u dozvoljenim granicama odstupanja (5,02% za crpku na raspršivaču *Hardi Zaturn* i 6,39% za crpku na raspršivaču *Hardi Arrow*).

5.1.3. Rezultati mjerenja ispravnosti manometara

Mjerenje ispravnosti rada manometara obavljeno je sa komparatorom tlaka *Volos*. Mjerenje ja ponavljano četiri puta za svako mjerno područje, a rezultati su prikazani u tablici 7. U prilogu VI. prikazana je ukupna statistička obrada podataka za mjerenje ispravnosti rada manometara.

Tablica 7. Rezultati mjerenja ispravnosti rada manometara

Mjerno područje, bar	***Hardi Zaturn***				***Hardi Arrow***			
	Agromehanika Cl. 1,6 – 63 mm				*Wika EN 837-1*, 100 mm			
	$\overline{X}$, bar	*K.V.*, %	Otklon*, %	Otklon*, bar	$\overline{X}$, bar	*K.V.*, %	Otklon*, %	Otklon*, bar
3	**3,05**	1,89	1,64	0,05	**3,13**	1,60	4,00	0,13
5	**5,05**	1,14	0,99	0,05	**5,13**	0,98	2,44	0,13
10	**10,13**	0,49	1,23	0,13	**10,25**	0,56	2,44	0,25
15	**15,23**	0,33	1,48	0,23	**15,20**	0,54	1,32	0,20
20	**20,25**	0,29	1,23	0,25	**20,33**	0,25	1,60	0,33

*Otklon od *EN 13790* standarda

Mjerenjem ispravnosti rada manometra instaliranog na raspršivač *Hardi Zaturn* utvrđeno je slijedeće:

- u mjernom području 3 bar pokazuje prosječni radni tlak od 3,05 bar sa KV od 1,89 % (otklon od 1,64% ili 0,05 bar prema *EN 13790* standardu),
- u mjernom području 5 bar pokazuje prosječni radni tlak od 5,05 bar sa KV od 1,14% (otklon od 0,99% ili 0,05 bar prema *EN 13790* standardu),
- u mjernom području 10 bar pokazuje prosječni radni tlak od 10,13 bar sa KV od 0,49% (otklon od 1,23% ili 0,13 bar prema *EN 13790* standardu),
- u mjernom području 15 bar pokazuje prosječni radni tlak od 15,23 bar sa KV od 0,33% (otklon od 1,48% ili 0,23 bar prema *EN 13790* standardu),
- u mjernom području 20 bar pokazuje prosječni radni tlak od 20,25 bar sa KV od 0,29% (otklon od 1,23% ili 0,25 bar prema *EN 13790* standardu).

Mjerenjem ispravnosti rada manometra instaliranog na raspršivač *Hardi Arrow* utvrđeno je slijedeće:

- u mjernom području 3 bar pokazuje prosječni radni tlak od 3,13 bar sa KV od 1,60 % (otklon od 4,00% ili 0,13 bar prema *EN 13790* standardu),
- u mjernom području 5 bar pokazuje prosječni radni tlak od 5,13 bar sa KV od 0,98% (otklon od 2,44% ili 0,13 bar prema *EN 13790* standardu),

- u mjernom području 10 bar pokazuje prosječni radni tlak od 10,25 bar sa KV od 0,56% (otklon od 2,44% ili 0,25 bar prema *EN 13790* standardu),
- u mjernom području 15 bar pokazuje prosječni radni tlak od 15,20 bar sa KV od 0,54% (otklon od 1,32% ili 0,20 bar prema *EN 13790* standardu),
- u mjernom području 20 bar pokazuje prosječni radni tlak od 20,33 bar sa KV od 0,25% (otklon od 1,60% ili 0,33 bar prema *EN 13790* standardu).

Oba manometra pokazuju radni tlak u granicama dopuštenog otklona prema *EN 13790* standarda koji dozvoljava otklon od 10% kada se radi o ispitnom području većem od 2 bar. Dobiveni rezultati mjerenja prosječnog radnog tlaka po mjernim područjima koriste se u korekciji radnog tlaka prema tretmanima izvođenja poljskog istraživanja (poglavlje 5.2.).

5.1.4. Rezultati ostalih mjerenja ispravnosti rada raspršivača

Prema *EN 13790* standardu tijekom rada raspršivača protok tekućine nazad u spremnik (povrat tekućine) treba iznositi 10 – 15% s obzirom na obujam spremnika. Tretmani sa najvećom potrošnjom tekućine zabilježeni su pri traženom protoku mlaznice od 1,86 l/min (tablica 11.). Ako je deset mlaznica u radu na raspršivaču dobiva se ukupna potrošnja tekućine od 18,6 l/min. Potrebna količina tekućine za rad mlaznica oduzima se od izmjerenog protoka crpke (tablica 6.) i dobiva se teorijski povrat tekućine koji iznosi 114,38 l/min za raspršivač *Hardi Zaturn* i 112,45 l/min za raspršivač *Hardi Arrow*. Minimalna količina tekućine koja se treba osigurati za povrat treba iznositi minimalno 100 l/min, s obzirom da je obujam spremnika oba raspršivača 1.000 l (10 – 15% od obujma spremnika, prema *EN 13790* standardu). Mjerenje povrata tekućine u spremnik obavljeno je četiri puta za svaki raspršivač sa mjeračem protoka tvrtke *Krohne* (mjerenje u trajanju od četiri minute sa bilježenjem rezultata svake minute), a rezultati mjerenja povrata prikazani su u tablici 8. Za raspršivač *Hardi Zaturn* utvrđen je prosječni povrat tekućine u spremnik od 114,16 l/min koji odgovara povratu tekućine od 11,41%. Za raspršivač *Hardi Arrow* utvrđen je prosječni povrat tekućine u spremnik od 111,82 l/min koji odgovara povratu tekućine od 11,18%. Oba raspršivača zadovoljavaju *EN 13790* standard s obzirom na traženi povrat tekućine u spremnik. Ukupni rezultati mjerenja povrata tekućine prikazani su u prilogu VI.

Tablica 8. Rezultati mjerenja povrata tekućine u spremnik

Hardi Zaturn – obujam spremnika 1.000 l				*Hardi Arrow* – obujam spremnika 1.000 l			
Protok crpke, l/min	Radni tlak*, bar	Ukupni protok mlaznica**,	Teorijski povrat tekućine,	Protok crpke, l/min	Radni tlak*, bar	Ukupni protok mlaznica**,	Teorijski povrat tekućine,

		l/min	l/min			l/min	l/min
132,98	6,90	18,60	114,38	131,05	6,90	18,60	112,45
Izmjereni povrat tekućine							
$\overline{X}$, l/min	*K.V.*, %	Povrat tekućine, %	Min.***, l/min	$\overline{X}$, l/min	*K.V.*, %	Povrat tekućine, %	Min.***, l/min
114,16	0,30	**11,41**	100	111,82	0,26	**11,18**	100

*Radni tlak potreban za obavljanje tretmana sa najvećom potrošnjom tekućine
**10 mlaznica *TR 8002C* u radu
*** Minimalno potreban povrat tekućine prema *EN 13790* standardu

Uz glavna mjerenja ispravnosti rada raspršivača obavljen je i vizualni pregled s kojim je pregledano: čistoća i oznaka pročistača, pojava kapanja/curenja tekućine za vrijeme i poslije rada, integralnost spremnika, zaštita PVT – a, zaštita ventilatora, integralnost vodova i ostalo. Vizualnom metodom utvrđena je sukladnost svih sustava sa *EN 13790* standardom. Tijekom poljskih istraživanja radijalni raspršivač se agregatira sa traktorom *Fendt 209P Vario,* a aksijalni raspršivač sa traktorom *John Deere 5615F*. Na oba traktora mjeren je broj okretaja PVT – a pri 540 o/min. Mjerenje broja okretaja obavljeno je sa optičkim mjeračem tvrtke *Kimo* model *CT100 O*. U tablici 9. prikazani su rezultati mjerenja broja okretaja PVT – a koji su uspoređeni sa brojem okretaja prikazanim na kontrolnoj ploči traktora. Kod traktora *Fendt* utvrđen je prosječni broj okretaja od 536,75 o/min sa otklonom od 0,60% prema broju okretaja na kontrolnoj ploči traktora. Kod traktora *John Deere* utvrđen je prosječni broj okretaja PVT – a od 538,50 o/min sa otklonom od 0,32% prema broju okretaja na kontrolnoj ploči traktora.

Tablica 9. Rezultati mjerenja broja okretaja PVT –a

Ponavljanje	*Fendt 209P Vario*		*John Deere 5615F*	
	Izmjereni broj okretaj, o/min	Otklon od broja okretaja na kontrolnoj ploči traktora, %	Izmjereni broj okretaj, o/min	Otklon od broja okretaja na kontrolnoj ploči traktora, %
1.	536,00	0,74	539,00	0,19
2.	537,00	0,56	539,00	0,19
3.	536,00	0,74	538,00	0,37
4.	538,00	0,37	537,00	0,56
$\overline{X}$	**536,75**	**0,60**	**538,50**	**0,32**
σ	0,96	0,18	1,29	0,18
K.V., %	0,18	29,46	0,24	54,71

5.2. Rezultati određivanja norme raspršivanja i radnog tlaka

Svaki tretman poljskog istraživanja prvenstveno je određen tipom nasada. U vinogradu prevladava relativno mala lisna masa, nasad je malog uzgojnog oblika (sva vegetativna masa na razdaljini od 120 - 155 cm) pa je pri radu strojeva korišteno osam mlaznica (četiri sa lijeve i četiri sa desne strane stroja) i norma raspršivanja od 250, 300 i 350 l/ha. Uz navedeno vrlo je bitan međuredni razmak od 2,8 m za izračunavanje potrebnog protoka mlaznice i radnog tlaka. U nasadu jabuke prevladava relativno velika lisna masa, nasad je velikog uzgojnog oblika (sva vegetativna masa na razdaljini od 146 – 213 cm) pa je pri radu strojeva korišteno deset mlaznica (pet sa lijeve i pet sa desne strane stroja) i norma raspršivanja od 250, 325 i 400 l/ha. Međuredni razmak u nasadu jabuke iznosi 3,5 m.

5.2.1. Rezultati određivanja norme raspršivanja i radnog tlaka u vinogradu

Popis tretmana istraživanja u vinogradu te rezultati traženog protoka mlaznice i radnog tlaka prikazani su u tablici 10.

Tablica 10. Rezultati potrebnog protoka mlaznice i radnog tlaka za vinograd

Hardi Zaturn* i *Hardi Arrow						
Mlaznice	Norma raspršivanja, l/ha	Brzina rada, km/h	Međuredni razmak, m	Broj mlaznica u radu	Potrebni protok mlaznice, l/min	Potrebni radni tlak, bar
TR 8003C	250	6	2,8	8	0,87	1,51
TR 8003C	300	6	2,8	8	1,05	2,18
TR 8003C	350	6	2,8	8	1,22	2,97
TR 8003C	250	8	2,8	8	1,16	2,69
TR 8003C	300	8	2,8	8	1,40	3,88
TR 8003C	350	8	2,8	8	1,63	5,29
TR 8002C	250	6	2,8	8	0,87	3,25
TR 8002C	300	6	2,8	8	1,05	4,68
TR 8002C	350	6	2,8	8	1,22	6,38
TR 8002C	250	8	2,8	8	1,16	5,78
TR 8002C	300	8	2,8	8	1,40	8,33
TR 8002C	350	8	2,8	8	1,63	11,34
TR 80015C	250	6	2,8	8	0,87	5,60
TR 80015C	300	6	2,8	8	1,05	8,07
TR 80015C	350	6	2,8	8	1,22	10,99
TR 80015C	250	8	2,8	8	1,16	9,96
TR 80015C	300	8	2,8	8	1,40	14,35
TR 80015C	350	8	2,8	8	1,63	19,53

Temeljem podataka iz tablice 10. i uvažavanjem čimbenika norme raspršivanja, brzine rada raspršivača, međurednog razmaka te broja mlaznica u radu dobiva se podatak potrebnog

protoka mlaznice za obavljanje pojedinog tretmana (izraz 4.8.2.). Primjerice: za tretman u vinogradu (2,8 m razmak redova, 8 mlaznica u radu) sa zelenom mlaznicom, normom raspršivanja od 350 l/ha te brzinom rada od 6 km/h mora se ostvariti protok mlaznice od 1,22 l/min. Uvrštavanjem traženog protoka u izraz 4.8.1. dobiva se radni tlak od 10,99 bar koji ostvaruje potrebni protok mlaznice za obavljanje tretmana.

5.2.2. Rezultati određivanja norme raspršivanja i radnog tlaka u nasadu jabuke

Popis tretmana istraživanja u nasadu jabuke te rezultati traženog protoka mlaznice i radnog tlaka prikazani su u tablici 11.

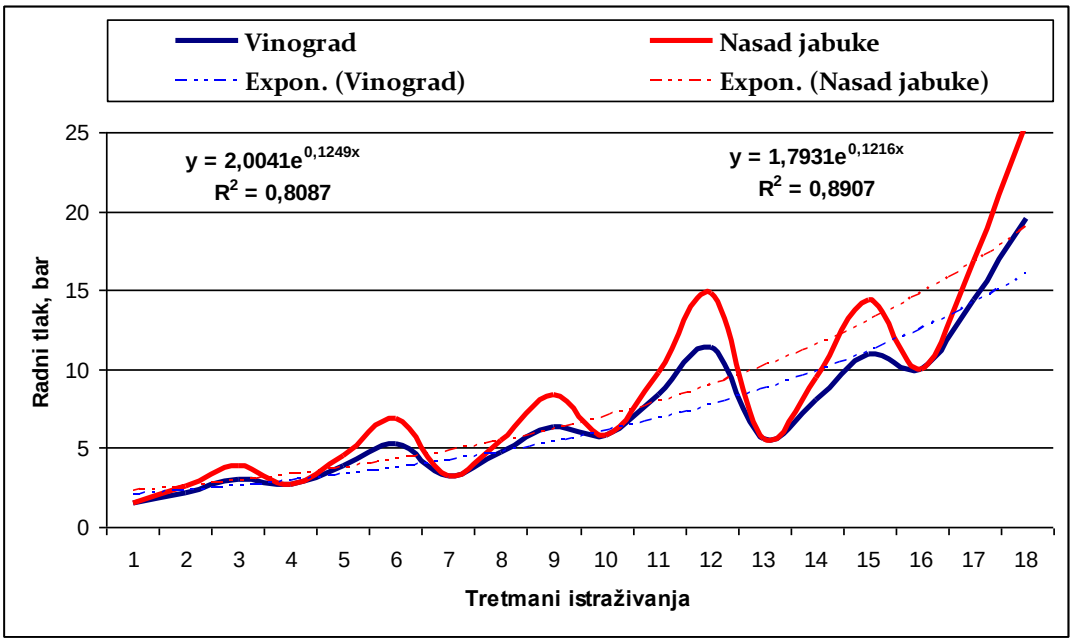
Tablica 11. Rezultati potrebnog protoka mlaznice i radnog tlaka za nasad jabuke

Hardi Zaturn* i *Hardi Arrow						
Mlaznice	Norma raspršivanja, l/ha	Brzina rada, km/h	Međuredni razmak, m	Broj mlaznica u radu	Potrebni protok mlaznice, l/min	Potrebni radni tlak, bar
TR 8003C	250	6	3,50	10	0,87	1,51
TR 8003C	325	6	3,50	10	1,13	2,56
TR 8003C	400	6	3,50	10	1,40	3,88
TR 8003C	250	8	3,50	10	1,16	2,69
TR 8003C	325	8	3,50	10	1,51	4,56
TR 8003C	400	8	3,50	10	1,86	6,90
TR 8002C	250	6	3,50	10	0,87	3,25
TR 8002C	325	6	3,50	10	1,13	5,50
TR 8002C	400	6	3,50	10	1,40	8,33
TR 8002C	250	8	3,50	10	1,16	5,78
TR 8002C	325	8	3,50	10	1,51	9,78
TR 8002C	400	8	3,50	10	1,86	14,81
TR 80015C	250	6	3,50	10	0,87	5,60
TR 80015C	325	6	3,50	10	1,13	9,47
TR 80015C	400	6	3,50	10	1,40	14,35
TR 80015C	250	8	3,50	10	1,16	9,96
TR 80015C	325	8	3,50	10	1,51	16,84
TR 80015C	400	8	3,50	10	1,86	25,52

Prema tablici 11. kod određivanja norme raspršivanja u nasadu jabuke također se koristi izraz 4.8.2. uz uvažavanje svih navedenih čimbenika osim razlike u razmaku redova i broju mlaznica u radu. Primjerice: za tretman sa žutom mlaznicom, normom raspršivanja od 400 l/ha te brzinom rada od 8 km/h mora se ostvariti protok mlaznice od 1,86 l/min. Također,

uvrštavanjem traženog protoka u izraz 4.8.1. dobiva se radni tlak od 14,81 bar koji ostvaruje potrebni protok mlaznice te obavljanje tretmana.

U grafikonu 1. prikazano je eksponencijsko povećavanje radnog tlaka kroz obavljanje tretmana u vinogradu (R^2 = 0,80) i nasadu jabuke (R^2 = 0,89). Najmanji radni tlakovi zabilježeni su pri radu plave mlaznice (*TR 80 03*), a najveći pri radu zelene mlaznice (*TR 80 015*). U grafikonu tretmani sa plavom mlaznicom označeni su sa brojevima od 1 – 6, sa žutom mlaznicom od 7 – 12, a tretmani sa zelenom mlaznicom obilježeni su sa brojevima od 13 – 18.



Grafikon 1. Korišteni radni tlakovi u vinogradu i nasadu jabuke

5.2.3. Rezultati određivanja obujma nasada (*TRV*) i teorijske norme raspršivanja

Mjerenjem visine biljaka u vinogradu utvrđena je prosječna visina trsova od 1,84 m i prosječna širina krošnje od 0,60 m, dok međuredni razmak iznosi 2,80 m. Uvrštavanjem navedenih iznosa u izraz 4.7.1. (*TRV* metoda) dobiva se obujam vinograda od 3.942 m^3/ha. Dobiveni obujam vinograda dalje se uvrštava u izraz 4.7.2. koristeći 51 l za tretiranje 1.000 m^3 te se dobiva teorijska norma raspršivanja za vinograd od 201 l/ha.

Mjerenjem visine biljaka u voćnjaku utvrđena je prosječna visina jabuka od 2,33 m sa prosječnom širinom krošnje od 1,29 m, dok međuredni razmak iznosi 3,50 m. Uvrštavanjem navedenih iznosa u izraz 4.7.1. (*TRV* metoda) dobiva se obujam nasada jabuke od 8.587 m^3/ha. Dobiveni obujam voćnjaka dalje se uvrštava u izraz 4.7.2. koristeći 61 l za tretiranje 1.000 m^3 te se dobiva teorijska norma raspršivanja za voćnjak od 523 l/ha.

5.3. Podešavanje usmjerenja mlaznica

Vrlo je važno podesiti usmjerenje mlaznica prema geometriji nasada, tj. usmjeriti mlaznice u onom smjeru gdje se nalazi najveća vegetativna masa. Ovisno o visini krošnje i fazi razvoja nasada uključuje se odgovarajući broj mlaznica. Na raspršivač *Hardi Zaturn* postavljeno je 16 mlaznica (8 sa lijeve i 8 sa desne strane stroja), a na raspršivaču *Hardi Arrow* postavljeno je 10 mlaznica (5 sa lijeve i 5 sa desne strane stroja). Ovisno o tipu nasada i raspršivača variralo se sa pozicijom i brojem uključenih mlaznica.

5.3.1. Podešavanje usmjerenja mlaznica aksijalnog raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke

Eksploatacijom aksijalnog raspršivača (*Hardi Zaturn*) u vinogradu raspršivanje se obavlja sa 8 mlaznica (4 sa lijeve i 4 sa desne strane stroja). Koristi se mlaznice postavljene na pozicijama 3., 4., 5., i 6., dok su mlaznice na pozicijama 1., 2., 7. i 8. isključene iz rada. S obzirom na horizontalnu ravninu mlaznice se usmjeravaju pod kutovima -5°, 0°, +5° i +10°.

U nasadu jabuke koristi se 10 mlaznica (5 sa lijeve i 5 sa desne strane stroja). Raspršivanje se obavlja sa mlaznicama na pozicijama 2., 3., 4., 5. i 6., dok su mlaznice na pozicijama 1., 7. i 8. isključene iz rada. S obzirom na horizontalnu ravninu mlaznice se usmjeravaju pod kutovima -5°, 0°, +5°, +10° i +15°. Redoslijed mlaznica na usmjerivaču zraka i njihovo usmjerenje prikazani su u tablici 12.

Tablica 12. Podešavanje mlaznica na raspršivaču *Hardi Zaturn*

Vinograd				Nasad jabuke			
Lijeva strana stroja		Desna strana stroja		Lijeva strana stroja		Desna strana stroja	
Mlaznica*	Kut, °	Mlaznica*	Kut, °	Mlaznica*	Kut, °	Mlaznica*	Kut, °
1.	-	1.	-	1.	-	1.	-
2.	-	2.	-	2.	**+15**	2.	**+15**
3.	**+10**	3.	**+10**	3.	**+10**	3.	**+10**
4.	**+5**	4.	**+5**	4.	**+5**	4.	**+5**
5.	**0**	5.	**0**	5.	**0**	5.	**+0**
6.	**- 5**	6.	**- 5**	6.	**- 5**	6.	**- 5**
7.	-	7.	-	7.	-	7.	-
8.	-	8.	-	8.	-	8.	-

*najniža pozicija mlaznice na usmjerivaču zraka označena je sa brojem 8.

5.3.2. Podešavanje usmjerenja mlaznica radijalnog raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke

Eksploatacijom radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu raspršivanje se obavlja sa 8 mlaznica (4 sa lijeve i 4 sa desne strane stroja). Koristi se mlaznice postavljene na pozicijama 2., 3., 4. i 5., dok su mlaznice na pozicijama 1. isključene iz rada. S obzirom na horizontalnu ravninu mlaznice su usmjerene pod kutovima 5°, 0°, +10° i +10°**.** U nasadu jabuke korišteno je 10 mlaznica (5 sa lijeve i 5 sa desne strane stroja), a raspršivanje se obavlja sa svim uključenim mlaznicama. S obzirom na horizontalnu ravninu mlaznice su usmjerene pod kutovima -5°, 0°, +10°, +10° i +10°. Redoslijed mlaznica na fleksibilnim vodovima i njihovo usmjerenje prikazani su u tablici 13.

Tablica 13. Podešavanje mlaznica na raspršivaču *Hardi Arrow*

Vinograd				Nasad jabuke			
Lijeva strana stroja		Desna strana stroja		Lijeva strana stroja		Desna strana stroja	
Mlaznica*	Kut, °	Mlaznica*	Kut, °	Mlaznica*	Kut, °	Mlaznica*	Kut, °
1.	**-**	1.	-	1.	**+10**	1.	**+10**
2.	**+10**	2.	**+10**	2.	**+10**	2.	**+10**
3.	**+10**	3.	**+10**	3.	**+10**	3.	**+10**
4.	**0**	4.	**0**	4.	**0**	4.	**0**
5.	**- 5**	5.	**- 5**	5.	**- 5**	5.	**- 5**

*najniža mlaznica na fleksibilnom vodu označena je sa brojem 5.

5.4. Rezultati brzine i protoka zraka

S obzirom na različite uzgojne oblike nasada i tehničke izvedbe raspršivača, koriste se različite brzine i protoci zraka. Za vinograd se podešavaju manji protoci zraka nego za nasad jabuke zbog različitosti uzgojnog oblika i lisne mase, prema slijedećem:

- aksijalni raspršivač u vinogradu - 10.995,75 m^3/h,
- radijalni raspršivač u vinogradu - 6.248,33 m^3/h,
- aksijalni raspršivač u nasadu jabuke - 14.154,75 m^3/h,
- radijalni raspršivač u nasadu jabuke - 10.265,16 m^3/h.

Hardi Zaturn ostvaruje veće protoke zraka uz manje brzine, dok *Hardi Arrow* ostvaruje veće brzine zraka uz manje protoke, primjerice:

- *Hardi Zaturn* (najveća prosječna brzina zraka u nasadu jabuke) - desna strana stroja 15,58 m/s, te lijeva strana stroja 19,38 m/s,
- *Hardi Arrow* (najveća prosječna brzina zraka u nasadu jabuke) - desna strana stroja 26,00 m/s, te lijeva strana stroja 24,45 m/s.

Vertikalna distribucija brzine zraka ravnomjernija je pri radu raspršivača *Hardi Arrow* sa relativno malom devijacijom i koeficijentom varijacije za razliku od *Hardi Zaturn* – a, primjerice:

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

Također, utvrđeno je da pri radu raspršivača *Hardi Zaturn* lijeva strana stroja ostvaruje veće brzine zraka, za razliku od *Hardi Arrow* – a gdje su razlike znatno manje i usmjerene na desnu stranu, primjerice:

- *Hardi Zaturn* u vinogradu sa razlikom od 25,06%,
- *Hardi Zaturn* u nasadu jabuke sa razlikom od 19,60%,
- *Hardi Arrow* u vinogradu sa razlikom od 8,00%,
- *Hardi Arrow* u nasadu jabuke sa razlikom od 5,96%.

Nadalje je utvrđeno da raspršivač *Hardi Arrow* ostvaruje veće smanjenje brzine zraka na rubu krošnje nasada, primjerice:

- *Hardi Zaturn* u nasadu jabuke sa desnom stranom stroja ostvaruje smanjenje od 44,57%, a sa lijevom stranom stroja 37,61%,
- *Hardi Arrow* u nasadu jabuke sa desnom stranom stroja ostvaruje smanjenje od 45,97%, a sa lijevom stranom stroja 46,42%.

U daljnjem tekstu prikazani su rezultati vertikalne raspodjele brzine zraka na usmjerivaču i rubu krošnje kao i rezultati stvarno korištenog, teorijskog i specifičnog protoka zraka.

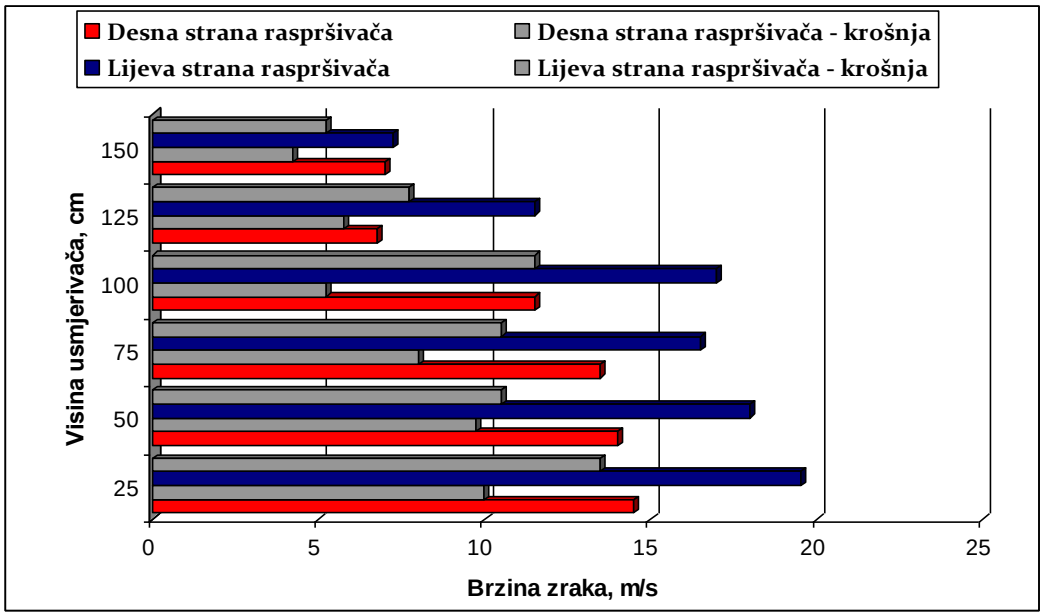
5.4.1. Rezultati brzine i protoka zraka aksijalnog raspršivača u vinogradu

Eksploatacijom raspršivača *Hardi Zaturn* u vinogradu podešava se broj okretaja ventilatora na 1. poziciju sa zakošenjem lopatica na poziciji 2. Pri navedenom podešavanju desna strana stroja na usmjerivaču zraka ostvaruje prosječnu brzinu zraka od 11,21 m/s, a lijeva strana stroja 14,96 m/s. Dakle, lijeva strana stroja ostvaruje veću prosječnu brzinu zraka za 25,06% s obzirom na desnu stranu stroja.

Prosječna brzina zraka na najnižem dijelu desne strane usmjerivača iznosi 14,50 m/s do 7,00 m/s na najvišem dijelu uz koeficijent varijacije od 31,30%. Na najnižem dijelu lijeve strane stroja brzina zraka iznosi 19,50 m/s do 7,25 m/s na najvišem dijelu uz koeficijent varijacije od

31,04%. Sa povećavanjem visine usmjerivača dolazi do smanjenja brzine zraka uz neravnomjernu vertikalnu raspodjelu brzine zraka te visokog koeficijenata varijacije.

Kretanjem struje zraka prema krošnji smanjuje se prosječna brzina zraka pa na desnoj strani stroja iznosi 7,17 m/s (smanjenje brzine zraka za 35,10%), a na lijevoj strani 9,83 m/s (smanjene brzine zraka za 32,55%), grafikon 2.



Grafikon 2. Vertikalna distribucija brzine zraka raspršivača *Hardi Zaturn* u vinogradu

Za obavljanje svih tretmana u vinogradu sa raspršivačem *Hardi Zaturn* koristi se ukupni protok zraka od 10.995,75 m^3/h, dok teorijski protok zraka za brzinu rada od 6 km/h iznosi 8,280,00 m^3/h, a za brzinu rada od 8 km/h iznosi 11.040,00 m^3/h. Specifični protok zraka iznosi 65,97 m^3/km za radnu brzinu od 6 km/h i 87,96 m^3/km za radnu brzinu od 8 km/h. Rezultati ostvarenih brzina i protoka zraka prikazani su u tablici 14.

Tablica 14. Prosječne vrijednosti mjerenja brzine i protoka zraka aksijalnog raspršivača u vinogradu

Hardi Zaturn		
	Desna strana stroja – brzina zraka	Lijeva strana stroja – brzina zraka

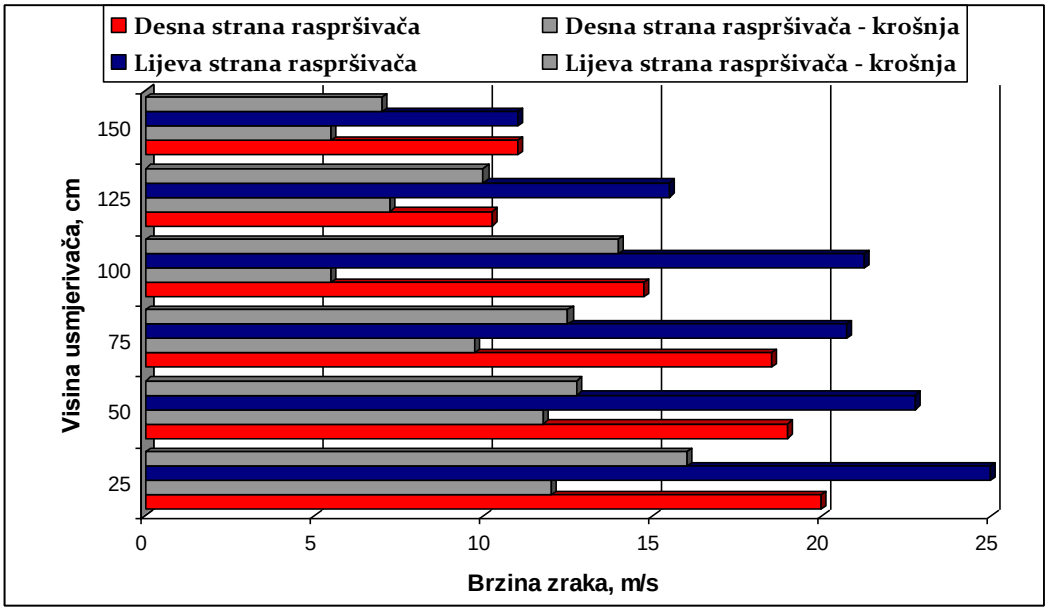
Visina mjerenja, cm	Na usmjerivaču, m/s	Na rubu krošnje, m/s	Smanjenje brzine zraka, %	Na usmjerivaču, m/s	Na rubu krošnje, m/s	Smanjene brzine zraka, %
150	7,00	4,25	39,29	7,25	5,25	27,59
125	6,75	5,75	14,81	11,50	7,75	32,61
100	11,50	5,25	54,35	17,00	11,5	32,35
75	13,50	8,00	40,74	16,50	10,5	30,30
50	14,00	9,75	30,36	18,00	10,5	41,67
25	14,50	10,00	31,03	19,50	13,5	30,77
$\overline{X}$	**11,21**	**7,17**	**35,10**	**14,96**	**9,83**	**32,55**
σ	3,51	2,43	13,19	4,64	2,91	4,82
K.V., %	31,30	33,94	37,59	31,04	29,63	14,80

Protok zraka pri izvođenju istraživanja		
	6 km/h	8 km/h
Stvarno korišteni protok zraka, m^3/h	**10.995,75**	
Teorijski protok zraka, m^3/h (f=2)	8.280,00	11.040,00
Specifični protok zraka, m^3/km	65,97	87,96

5.4.2. Rezultati brzine i protoka zraka aksijalnog raspršivača u nasadu jabuke

Eksploatacijom raspršivača *Hardi Zaturn* u nasadu jabuke podešava se broj okretaja ventilatora na 1. poziciju sa zakošenjem lopatica na poziciji 4. Pri navedenom podešavanju desna strana stroja na usmjerivaču zraka ostvaruje prosječnu brzinu zraka od 15,58 m/s, a lijeva strana stroja 19,38 m/s. Dakle, lijeva strana stroja ostvaruje veću prosječnu brzinu zraka za 19,60% s obzirom na desnu stranu stroja.

Prosječna brzina zraka na najnižem dijelu desne strane usmjerivača iznosi 20,00 m/s do 11,00 m/s na najvišem dijelu uz koeficijent varijacije od 27,20%. Na najnižem dijelu lijeve strane stroja brzina zraka iznosi 25,00 m/s do 11,00 m/s na najvišem dijelu uz koeficijent varijacije od 26,28%. Slično kao i kod manjih brzina zraka (vinograd), s povećavanjem visine usmjerivača dolazi do smanjenja brzine zraka uz neravnomjernu vertikalnu raspodjelu brzine zraka te visokog koeficijenta varijacije. Gibanjem struje zraka prema krošnji dolazi do smanjenja prosječne brzine zraka pa na desnoj strani stroja iznosi 8,63 m/s (smanjenje brzine zraka za 44,57%), a na lijevoj strani 12,04 m/s (smanjene brzine zraka za 37,61%), grafikon 3.



Grafikon 3. Vertikalna distribucija brzine zraka raspršivača *Hardi Zaturn* u nasadu jabuke

Za obavljanje svih tretmana u nasadu jabuke sa raspršivačem *Hardi Zaturn* koristi se ukupni protok zraka od 14.154,74 m^3/h, dok teorijski protok zraka za brzinu rada od 6 km/h iznosi 13.980,00 m^3/h, a za brzinu rada od 8 km/h iznosi 18.400,00 m^3/h. Specifični protok zraka iznosi 84,92 m^3/km za radnu brzinu od 6 km/h i 113,23 m^3/km za radnu brzinu od 8 km/h. Rezultati ostvarenih brzina i protoka zraka prikazani su u tablici 15.

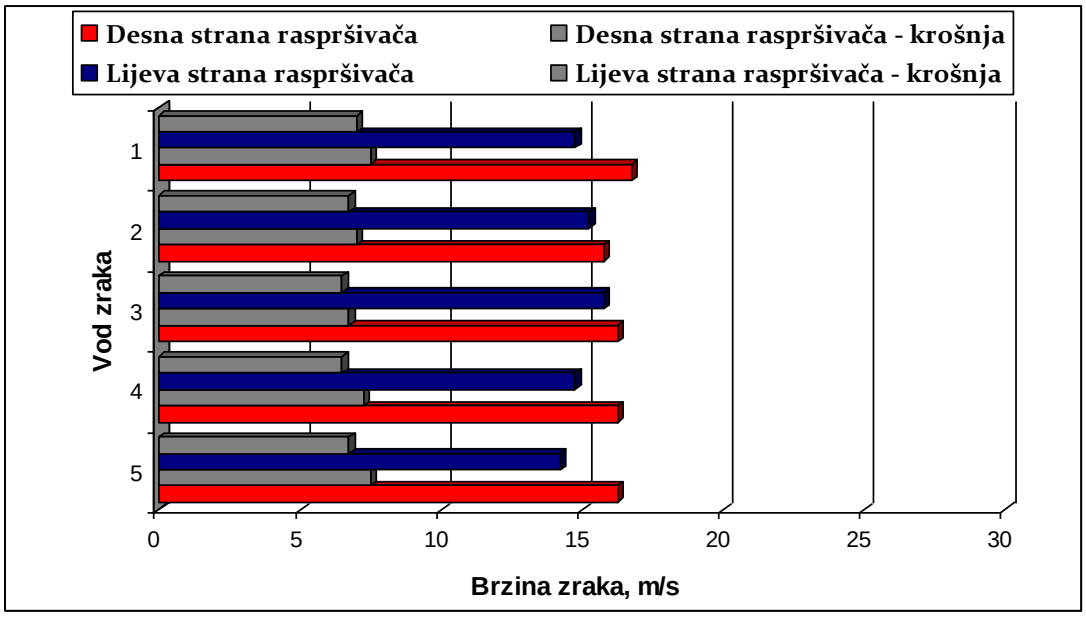
Tablica 15. Prosječne vrijednosti mjerenja brzine i protoka zraka aksijalnog raspršivača u nasadu jabuke

Hardi Zaturn						
	Desna strana stroja – brzina zraka			Lijeva strana stroja – brzina zraka		
Visina mjerenja, cm	Na usmjerivaču, m/s	Na rubu krošnje, m/s	Smanjenje brzine zraka, %	Na usmjerivaču, m/s	Na rubu krošnje, m/s	Smanjenje brzine zraka, %
150	11,00	5,50	50,00	11,00	7,00	36,36
125	10,25	7,25	29,27	15,50	10,00	35,48
100	14,75	5,50	62,71	21,25	14,00	34,12
75	18,50	9,75	47,30	20,75	12,50	39,76
50	19,00	11,75	38,16	22,75	12,75	43,96
25	20,00	12,00	40,00	25,00	16,00	36,00
$\overline{X}$	**15,58**	**8,63**	**44,57**	**19,38**	**12,04**	**37,61**
σ	4,24	2,96	11,51	5,17	3,16	3,63
K.V., %	27,20	34,33	25,82	26,68	26,21	9,64

Protok zraka pri izvođenju istraživanja		
	6 km/h	8 km/h
Stvarno korišteni protok zraka, m^3/h	**14.154,75**	
Teorijski protok zraka, m^3/h (f=1,5)	13.980,00	18.400,00
Specifični protok zraka, m^3/km	84,92	113,23

5.4.3. Rezultati brzine i protoka zraka radijalnog raspršivača u vinogradu

Eksploatacijom raspršivača *Hardi Arrow* u vinogradu podešava se broj okretaja ventilatora na 1. poziciju. Pri navedenom podešavanju desna strana stroja na usmjerivaču zraka ostvaruje prosječnu brzinu zraka od 16,25 m/s, a lijeva strana stroja 14,95 m/s. Dakle, desna strana stroja ostvaruje veću prosječnu brzinu zraka za 8,00% s obzirom na lijevu stranu stroja. Prosječna brzina zraka na najnižem dijelu desne strane stroja iznosi 16,25 m/s do 16,75 m/s na najvišem dijelu uz koeficijent varijacije od 2,18%. Na najnižem dijelu lijeve strane stroja brzina zraka iznosi 14,25 m/s do 14,75 m/s na najvišem dijelu uz koeficijent varijacije od 3,81%. Povećavanjem visine mjerenja ne dolazi do smanjenja brzine zraka, nego se ostvaruje ravnomjerna vertikalna distribucija uz relativno male koeficijente varijacija. Kretanjem 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 4.



Grafikon 4. Vertikalna distribucija brzine zraka raspršivača *Hardi Arrow* u vinogradu

Za obavljanje svih tretmana u vinogradu sa raspršivačem *Hardi Arrow* koristi se ukupni protok zraka od 6.246,33 m^3/h, dok 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 iznosi 38,09 m^3/km za radnu brzinu od 6 km/h i 50,79 m^3/km za radnu brzinu od 8 km/h. Rezultati ostvarenih brzina i protoka zraka prikazani su u tablici 16.

Tablica 16. Prosječne vrijednosti mjerenja brzine i protoka zraka radijalnog raspršivača u vinogradu

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

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

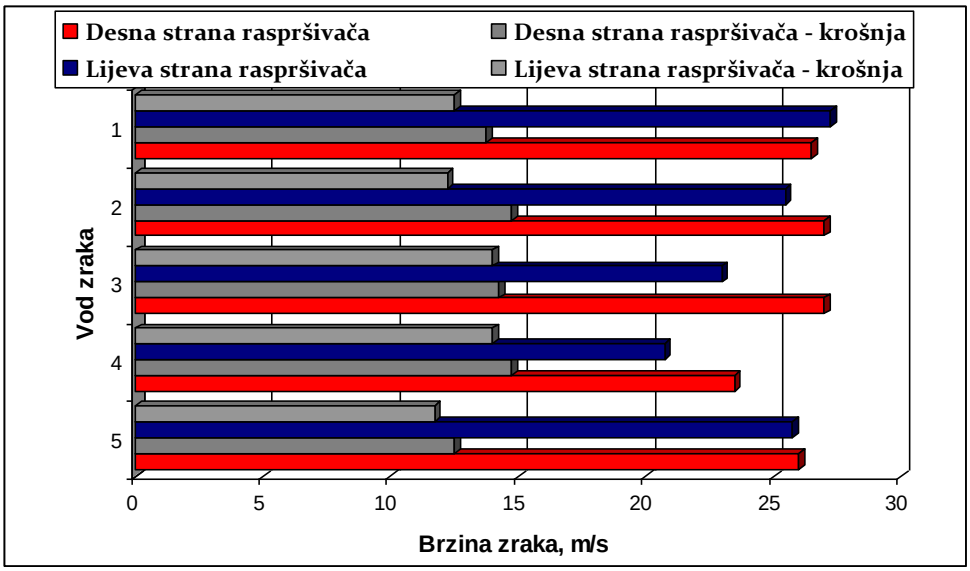
* najniže postavljeni vod na raspršivaču označen je sa brojem 5.

Zbog veće brzine zraka i mogućnosti pojave povećanog zanošenja, stvarno korišteni protok zraka podešava se na manji iznos nego kod izračunatog teorijskog protoka zraka.

5.4.4. Rezultati brzine i protoka zraka radijalnog raspršivača u nasadu jabuke

Eksploatacijom raspršivača *Hardi Arrow* u nasadu jabuke podešava se broj okretaja ventilatora na 2. poziciju. Pri navedenom podešavanju desna strana stroja na usmjerivaču zraka ostvaruje prosječnu brzinu zraka od 26,00 m/s, a lijeva strana stroja 24,45 m/s. Desna strana stroja ostvaruje veću prosječnu brzinu zraka za 5,96% s obzirom na lijevu stranu stroja. Prosječna brzina zraka na najnižem dijelu desne strane stroja iznosi 26,00 m/s do 26,50 m/s na najvišem dijelu uz koeficijent varijacije od 5,60%. Na najnižem dijelu lijeve strane stroja

brzina zraka iznosi 25,75 m/s do 27,25 m/s na najvišem dijelu uz koeficijent varijacije od 10,51%. Kao i kod manjih brzina zraka (vinograd), povećavanjem visine mjerenja ne dolazi do smanjenja brzine zraka, nego se ostvaruje ravnomjerna vertikalna distribucija uz male koeficijente varijacija. Kretanjem struje zraka prema krošnji dolazi do smanjenja prosječne brzine zraka pa na desnoj strani stroja iznosi 14,00 m/s (smanjenje brzine zraka za 45,97%), a na lijevoj strani 12,90 m/s (smanjene brzine zraka za 46,42%), grafikon 5.



Grafikon 5. Vertikalna distribucija brzine zraka raspršivača *Hardi Arrow* u nasadu jabuke

Za obavljanje svih tretmana u nasadu jabuke sa raspršivačem *Hardi Arrow* koristi se ukupni protok zraka od 10.265,16 m^3/h, dok teorijski protok zraka za brzinu rada od 6 km/h iznosi 12,116,00 m^3/h. Za brzinu rada od 8 km/h iznosi 16.154,67 m^3/h. Specifični protok zraka iznosi 61,59 m^3/km za radnu brzinu od 6 km/h i 82,12 m^3/km za radnu brzinu od 8 km/h. Rezultati ostvarenih brzina i protoka zraka prikazani su u tablici 17.

Tablica 17. Prosječne vrijednosti mjerenja brzine i protoka zraka radijalnog raspršivača u nasadu jabuke

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	26,50	13,75	48,11	27,25	12,50	54,13
2. vod	27,00	14,75	45,37	25,50	12,25	51,96
3. vod	27,00	14,25	47,22	23,00	14,00	39,13
4. vod	23,50	14,75	37,23	20,75	14,00	32,53
5. vod	26,00	12,50	51,92	25,75	11,75	54,37
$\overline{X}$	**26,00**	**14,00**	**45,97**	**24,45**	**12,90**	**46,42**
σ	1,46	0,94	5,44	2,57	1,04	9,99
K.V., %	5,61	6,68	11,83	10,51	8,06	21,52
Protok zraka pri izvođenju istraživanja						
		6 km/h		8 km/h		
Stvarno korišteni protok zraka, m^3/h	**10.265,16**					
Teorijski protok zraka, m^3/h (f=1,5)	12.116,00			16.154,67		
Specifični protok zraka, m^3/km	61,59			82,12		

* najniže postavljeni vod na raspršivaču označen je sa brojem 5.

Kao i eksploatacijom radijalnog raspršivača u vinogradu, zbog veće brzine zraka i mogućnosti pojave povećanog zanošenja tekućine, stvarno korišteni protok zraka podešava se na manji iznos nego kod izračunatog teorijskog protoka zraka. Svi rezultati mjerenja brzine zraka na usmjerivaču i na rubu krošnje prikazani su u prilogu VII.

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

Već je navedeno da indeks lisne površine (*LAI*) i indeks lisne gustoće (*LAD*) daju podatak o karakteristikama vegetativne površine trajnog nasada. To znači da 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. Također tijekom jednog vegetacijskog razdoblja navedeni indeksi rastu do pojave cvatnje i oplodnje, koji su zatim

manje-više konstantni do kraja vegetacije. Istraživanja u vinogradu i nasadu jabuke se obavljaju krajem svibnja i početkom lipnja, te se vinova loza nalazi u fazi pred cvatnju, a nasad jabuke u ranoj fazi porasta plodova.

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

Vinograd sa 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 te prosječna širina krošnje u redu iznosi 0,60 m. Iz navedenih uzgojnih karakteristika vinograda dobiva se prosječna uzgojna površine od 0,73 m^2. Uzgojne karakteristike vinograda prikazane su u tablici 18.

Tablica 18. 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

Prema tablici 18. uočava se da prosječni *LAI* za vinograd iznosi 1,65 m^2/m^2 sa 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 sa koeficijentom varijacije od 13,97% (minimalna vrijednost 12,31 m^2/m^3, a maksimalna 20,03 m^2/m^3).

5.5.2. Rezultati utvrđivanja *LAI* – a i *LAD* – a u nasadu jabuke

Nasad jabuke sa međurednim razmakom od 3,50 m i razmakom u redu od 1,00 m ostvaruje prosječnu visinu jabuka od 2,33 m, dok je prosječna visina krošnje 1,87 m. Prosječna širina krošnje iznosi 1,13 m te prosječna širina krošnje u redu iznosi 1,29 m. Iz navedenih uzgojnih karakteristika nasada jabuke dobiva se prosječna uzgojna površina od 1,47 m^2. Uzgojne karakteristike nasada jabuke prikazane su u tablici 19.

Tablica 19. Uzgojne karakteristike nasada jabuke

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

Prema tablici 19. uočava se da prosječni *LAI* za nasad jabuke iznosi 1,76 m^2/m^2 sa koeficijentom varijacije od 11,62% (minimalna vrijednost 1,43 m^2/m^2, a maksimalna 2,19 m^2/m^2). Prosječni *LAD* za nasad jabuke iznosi 4,59 m^2/m^3 sa koeficijentom varijacije od 11,25% (minimalna vrijednost 3,59 m^2/m^3, a maksimalna 5,37 m^2/m^3).

U prilogu VIII. prikazan je mjerač obujma za prikupljanja listova i određivanje *LAD* – a, te dio skeniranih listova jabuke i vinove loze.

5.6. Stanje vremenskih uvjeta tijekom istraživanja

Tijekom poljskih istraživanja mjereni su glavni vremenski čimbenici i zabilježeno je vrijeme dana kada je tretman obavljan. Prosječna sunčeva radijacija tijekom svih istraživanja iznosi od 232,63 do 475,75 W/m^2, a prosječna temperatura zraka unutar nasada i unutar reda iznosi

od 16,08 do 22,76 °C. Relativna vlažnost zraka unutar nasada i unutar reda iznosi od 41,47 do 61,54%, a prosječna brzina vjetra iznosi od 0,37 do 1,34 m/s. Smjer vjetra varira od južnog i jugozapadnog do sjevernog i sjeverozapadnog. Prosječni atmosferski tlak zraka iznosi od 1.009,2 do 1.011,5 hPa. U prilogu IX. prikazan je izvadak mjerenja rezultata (*data log*) vremenskih uvjeta tijekom rada aksijalnog raspršivača u vinogradu.

5.6.1. Vremenski uvijeti tijekom rada aksijalnog raspršivača u vinogradu

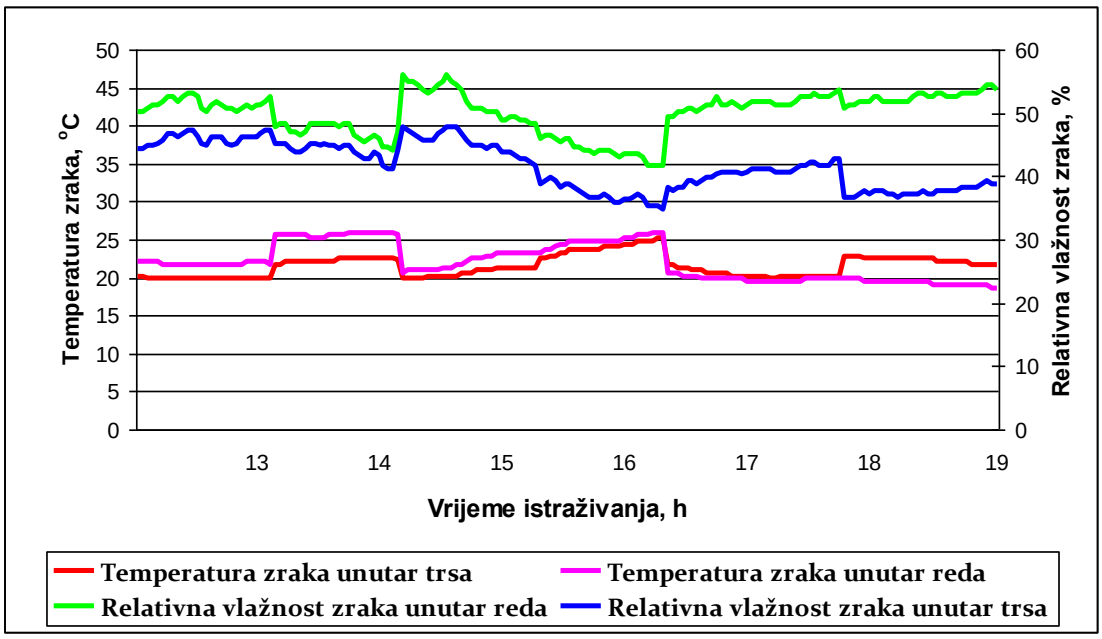
Tijekom poljskih istraživanja sa aksijalnim raspršivačem u vinogradu zabilježeni su prosječni vremenski uvjeti prikazani u tablici 20.

Tablica 20. Prosječne vrijednosti vremenskih čimbenika tijekom istraživanja u vinogradu sa raspršivačem *Hardi Zaturn*

Vrijeme izvođenja tretmana	E_e, W/m^2	T_z unutar trsa, °C	ω_z unutar trsa, %	T_z unutar reda, °C	ω_z unutar reda, %	v_v, m/s	↑, °
Tretman sa plavom mlaznicom – radna brzina od 6 km/h							
12:41:31 12:55:01	518,84	19,84	45,95	21,85	42,86	1,34	279,63
Tretman sa plavom mlaznicom – radna brzina od 8 km/h							
14:09:31 14:25:31	685,12	22,25	43,97	25,65	39,19	1,22	234,64
Tretman sa žutom mlaznicom – radna brzina od 6 km/h							
15:25:01 15:41:31	485,00	20,64	45,25	22,11	43,29	1,06	324,76
Tretman sa žutom mlaznicom – 8 km/h							
16:30:01 16:48:31	640,28	23,90	37,13	24,85	36,71	1,64	319,01
Tretman sa zelenom mlaznicom – radna brzina od 6 km/h							
17:40:01 17:59:31	139,58	20,46	40,61	19,79	42,96	1,37	319,78
Tretman sa zelenom mlaznicom – radna brzina od 8 km/h							
18:45:01 19:00:31	145,66	22,30	37,67	19,28	43,78	1,43	338,39
$\overline{X}$	**435,75**	**21,56**	**41,76**	**22,26**	**41,47**	**1,34**	**302,70**
σ	238,84	1,52	3,85	2,58	2,85	0,20	38,68
K.V., %	54,81	7,04	9,22	11,61	6,88	14,58	12,78

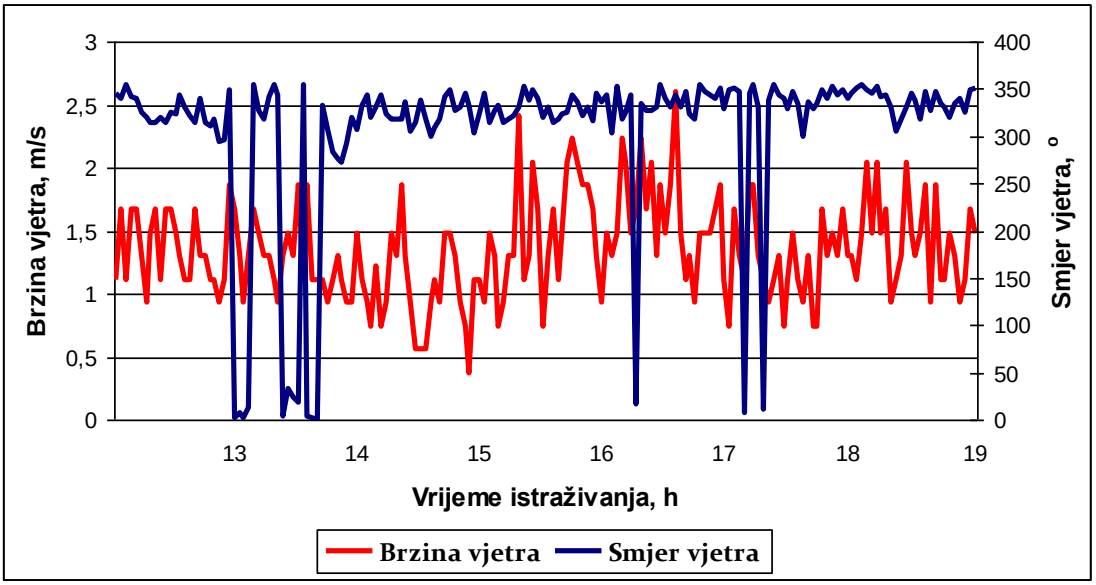
E_e – sunčeva radijacija; T_z – temperatura zraka; ω_z – relativna vlažnost zraka; v_v – brzina vjetra, ↑ - smjer vjetra

Prosječna vrijednost temperature zraka unutar trsa tijekom istraživanja sa aksijalnim raspršivačem iznosi 21,56 °C, a unutar reda 22,26 °C. Prosječna relativna vlažnost zraka unutar trsa iznosi 41,76%, a unutar reda 41,47%. Tijek vrijednosti temperature i relativne vlažnosti zraka prikazani su u grafikonu 6.



Grafikon 6. Temperatura i relativna vlažnost zraka

Prosječna vrijednost brzine vjetra tijekom istraživanja iznosi 1,34 m/s, a smjer vjetra je većinom sjeverozapadni sa kratkotrajnim promjenama prema sjevernom. Tijek vrijednosti brzine i smjera vjetra prikazani su u grafikonu 7.



Grafikon 7. Brzina i smjer vjetra

5.6.2. Vremenski uvjeti tijekom rada aksijalnog raspršivača u nasadu jabuke

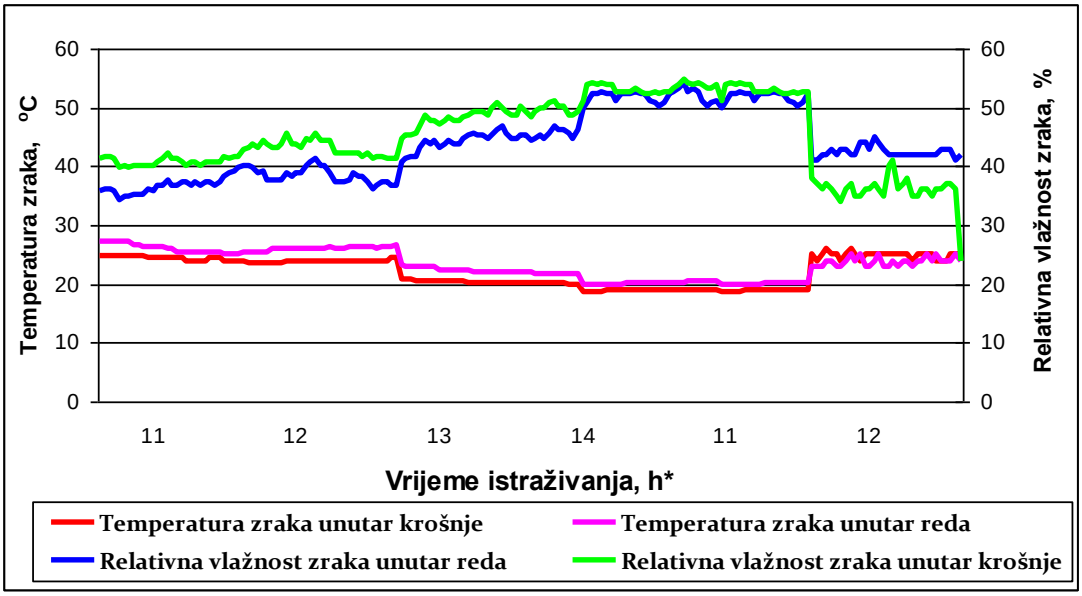
Tijekom poljskih istraživanja sa aksijalnim raspršivačem u nasadu jabuke zabilježeni su prosječni vremenski uvjeti prikazani u tablici 21.

Tablica 21. Prosječne vrijednosti vremenskih čimbenika tijekom istraživanja u nasadu jabuke sa raspršivačem *Hardi Zaturn*

Vrijeme izvođenja tretmana	E_e, W/m^2	T_z unutar trsa, °C	ω_z unutar trsa, %	T_z unutar reda, °C	ω_z unutar reda, %	v_v, m/s	↑, °
Tretman sa plavom mlaznicom – radna brzina od 6 km/h							
10:14:54 10:45:54	748,39	24,17	42,02	26,06	37,59	0,90	206,82
Tretman sa plavom mlaznicom – radna brzina od 8 km/h							
11:19:54 11:38:54	339,92	20,33	48,62	22,22	44,65	0,51	102,88
Tretman sa žutom mlaznicom – radna brzina od 6 km/h							
12:11:54 12:25:54	255,76	18,97	53,27	20,16	51,91	0,28	151,19
Tretman sa žutom mlaznicom – radna brzina od 8 km/h							
12:49:54 13:01:54	190,89	19,18	58,36	20,43	53,41	0,24	321,94
Tretman sa zelenom mlaznicom – radna brzina od 6 km/h							
10:51:22 11:10:22	658,75	24,94	36,00	23,69	42,75	0,14	243,14
Tretman sa zelenom mlaznicom – radna brzina od 8 km/h							
12:01:22 12:18:22	661,00	24,75	35,94	24,00	42,13	0,16	269,64
$\overline{X}$	**475,79**	**22,06**	**45,70**	**22,76**	**45,41**	**0,37**	**215,94**
σ	240,88	2,86	9,26	2,27	6,09	0,29	79,90
K.V., %	50,63	12,95	20,27	9,97	13,42	79,06	37,00

E_e – sunčeva radijacija; T_z – temperatura zraka; ω_z – relativna vlažnost zraka; v_v – brzina vjetra, ↑ - smjer vjetra

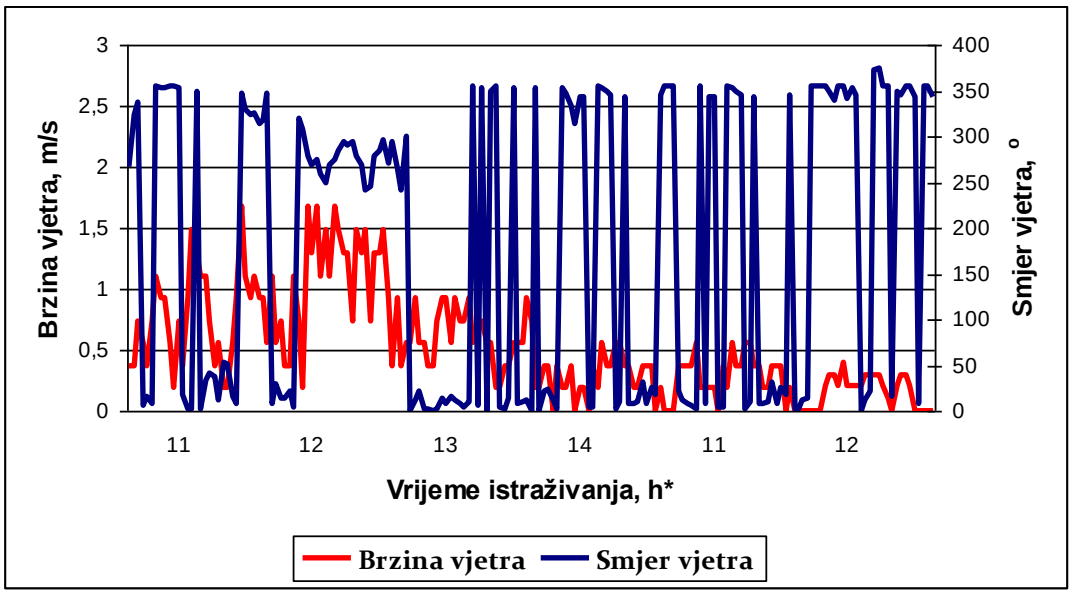
Prosječna vrijednost temperature zraka unutar krošnje tijekom istraživanja sa aksijalnim raspršivačem iznosi 22,06 °C, a unutar reda 22,76 °C. Prosječna relativna vlažnost zraka unutar trsa iznosi 45,70%, a unutar reda 45,41%. Tijek vrijednosti temperature i relativne vlažnosti zraka prikazani su u grafikonu 8.



* Istraživanje od 10:14:54 do 12:58:54 te idući dan od 10:51:22 do 12:18:22

Grafikon 8. Temperatura i relativna vlažnost zraka

Prosječna vrijednost brzine vjetra tijekom istraživanja iznosi 0,37 m/s, a smjer vjetra je većinom sjeverozapadni i sjeverni. Tijek vrijednosti brzine i smjera vjetra prikazani su u grafikonu 9.



* Istraživanje od 10:14:54 do 12:58:54 te idući dan od 10:51:22 do 12:18:22

Grafikon 9. Brzina i smjer vjetra

5.6.3. Vremenski uvjeti tijekom rada radijalnog raspršivača u vinogradu

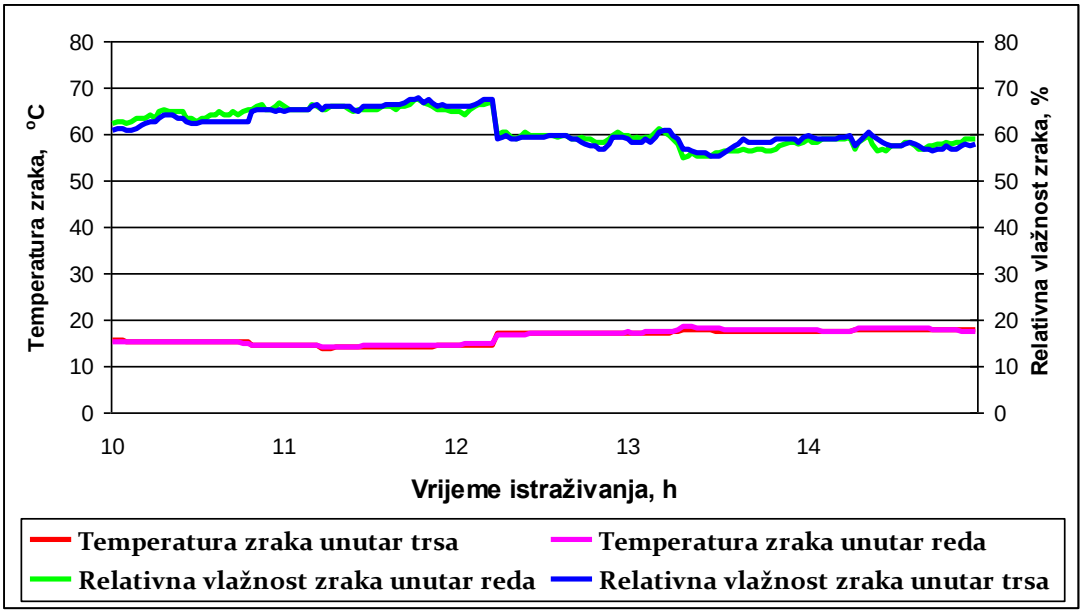
Tijekom poljskih istraživanja sa radijalnim raspršivačem u vinogradu zabilježeni su prosječni vremenski uvjeti prikazani u tablici 22.

Tablica 22. Prosječne vrijednosti vremenskih čimbenika tijekom istraživanja u vinogradu sa raspršivačem *Hardi Arrow*

Vrijeme izvođenja tretmana	E_e, W/m^2	T_z unutar trsa, °C	ω_z unutar trsa, %	T_z unutar reda, °C	ω_z unutar reda, %	v_v, m/s	↑, °
Plava mlaznica – radna brzina od 6 km/h							
10:05:24 10:22:24	181,88	15,27	62,52	15,20	63,85	1,37	184,85
Plava mlaznica – radna brzina od 8 km/h							
10:56:54 11:12:54	95,53	14,47	65,25	14,47	65,62	0,94	204,23
Žuta mlaznica – radna brzina od 6 km/h							
11:47:54 12:05:54	146,84	14,19	66,17	14,45	65,64	0,87	190,96
Žuta mlaznica – radna brzina od 8 km/h							
13:01:24 13:20:54	350,85	17,16	58,91	17,17	59,40	1,13	181,99
Zelena mlaznica – radna brzina od 6 km/h							
13:43:54 14:01:54	319,98	17,59	57,86	17,95	57,02	1,24	182,70
Zelena mlaznica – radna brzina od 8 km/h							
14:33:54 14:49:54	300,72	17,90	57,64	18,07	57,71	1,35	174,86
$\overline{X}$	**232,63**	**16,10**	**61,39**	**16,22**	**61,54**	**1,15**	**186,60**
σ	104,85	1,65	3,79	1,71	3,96	0,21	10,07
K.V., %	45,07	10,24	6,17	10,51	6,44	18,35	5,40

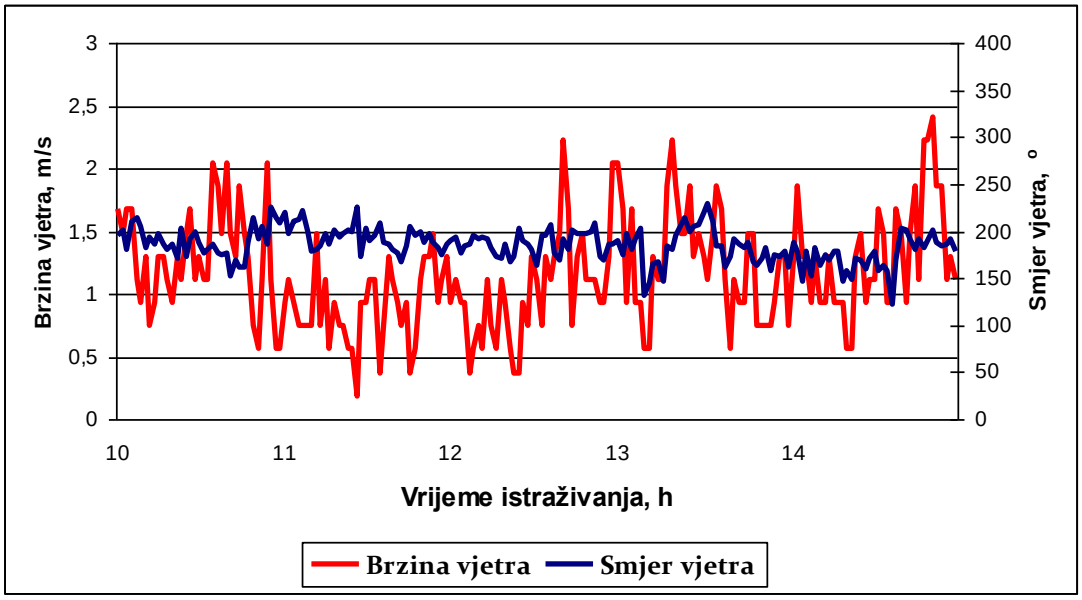
E_e – sunčeva radijacija; T_z – temperatura zraka; ω_z – relativna vlažnost zraka; v_v – brzina vjetra, ↑ - smjer vjetra

Prosječna vrijednost temperature zraka unutar trsa tijekom istraživanja sa radijalnim raspršivačem iznosi 16,10 °C, a unutar reda 16,22 °C. Prosječna relativna vlažnost zraka unutar trsa iznosi 61,39%, a unutar reda 61,54%. Tijek vrijednosti temperature i relativne vlažnosti zraka prikazani su u grafikonu 10.



Grafikon 10. Temperatura i relativna vlažnost zraka

Prosječna vrijednost brzine vjetra tijekom istraživanja iznosi 1,15 m/s, a smjer vjetra je većinom južnog smjera. Tijek vrijednosti brzine i smjera vjetra prikazani su u grafikonu 11.



Grafikon 11. Brzina i smjer vjetra

5.6.4. Vremenski uvjeti tijekom rada radijalnog raspršivača u nasadu jabuke

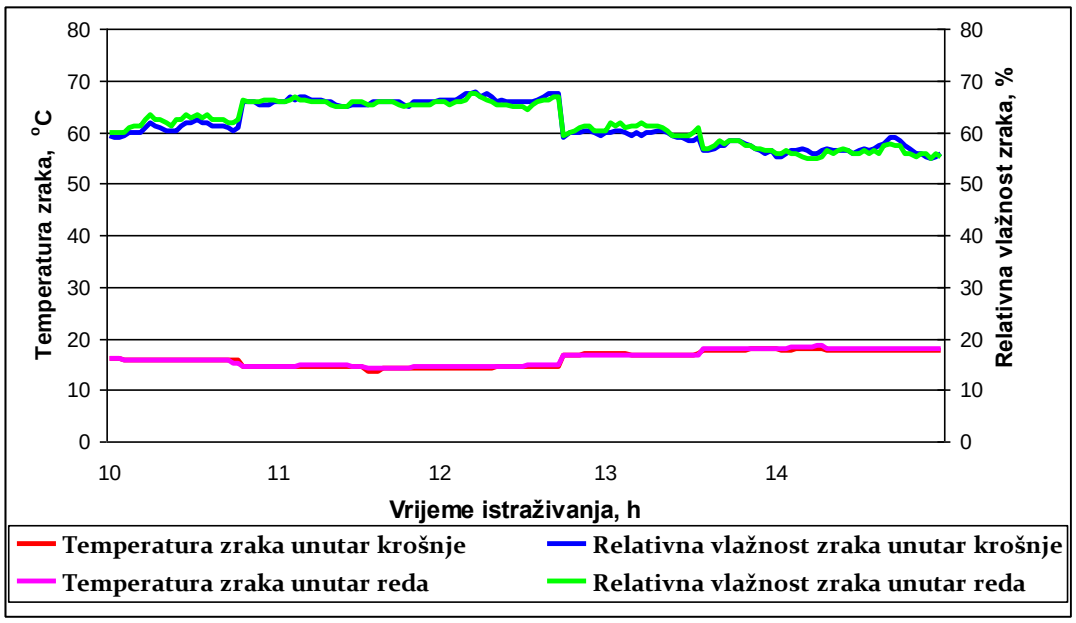
Tijekom poljskih istraživanja sa radijalnim raspršivačem u nasadu jabuke zabilježeni su prosječni vremenski uvjeti prikazani u tablici 23.

Tablica 23. Prosječne vrijednosti vremenskih čimbenika tijekom istraživanja u nasadu jabuke sa raspršivačem *Hardi Arrow*

Vrijeme izvođenja tretmana	E_e, W/m^2	T_z unutar trsa, °C	ω_z unutar trsa, %	T_z unutar reda, °C	ω_z unutar reda, %	v_v, m/s	↑, °
Plava mlaznica – radna brzina od 6 km/h							
09:52:24 10:04:54	223,75	15,66	60,63	15,63	61,83	1,44	193,36
Plava mlaznica – radna brzina od 8 km/h							
10:44:24 11:03:24	144,89	14,47	65,73	14,63	65,79	1,14	192,21
Žuta mlaznica – radna brzina od 6 km/h							
11:47:24 12:05:54	146,84	14,19	66,17	14,45	65,64	0,87	190,96
Žuta mlaznica – radna brzina od 8 km/h							
12:47:54 13:03:54	312,57	16,90	59,53	16,76	60,56	1,43	180,43
Zelena mlaznica – radna brzina od 6 km/h							
13:31:24 13:42:54	490,89	17,71	56,58	18,04	56,50	1,66	196,55
Zelena mlaznica – radna brzina od 8 km/h							
14:21:54 14:32:54	340,02	17,52	56,55	17,90	56,10	1,12	193,68
$\overline{X}$	**276,49**	**16,08**	**60,87**	**16,24**	**61,07**	**1,28**	**191,20**
σ	132,83	1,53	4,26	1,58	4,23	0,29	5,60
K.V., %	48,04	9,53	6,99	9,72	6,93	22,32	2,93

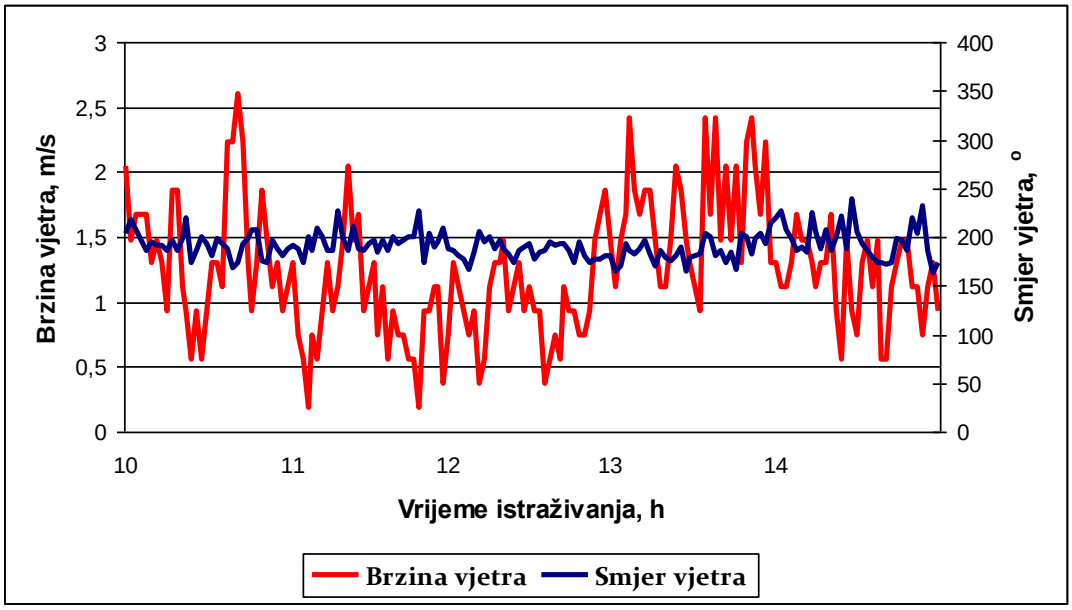
E_e – sunčeva radijacija; T_z – temperatura zraka; ω_z – relativna vlažnost zraka; v_v – brzina vjetra, ↑ - smjer vjetra

Prosječna vrijednost temperature zraka unutar krošnje tijekom istraživanja sa radijalnim raspršivačem iznosi 16,08°C, a unutar reda 16,24°C. Prosječna relativna vlažnost zraka unutar trsa iznosi 60,87%, a unutar reda 61,07%. Tijek vrijednosti temperature i relativne vlažnosti zraka prikazani su u grafikonu 12.



Grafikon 12. Temperatura i relativna vlažnost zraka

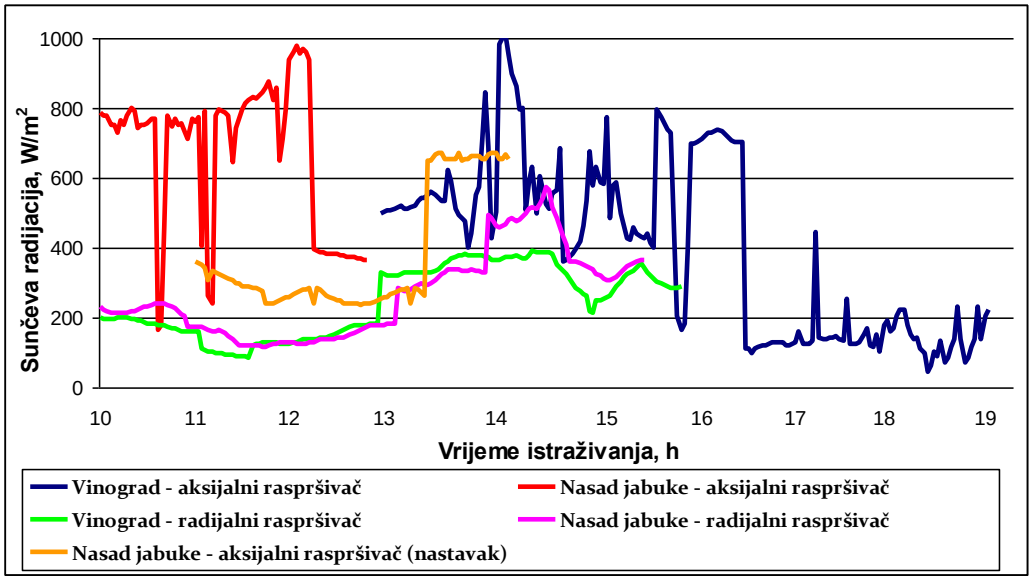
Prosječna vrijednost brzine vjetra tijekom istraživanja iznosi 1,28 m/s, a smjer vjetra je većinom južnog smjera. Tijek vrijednosti brzine i smjera vjetra prikazani su u grafikonu 13.



Grafikon 13. Brzina i smjer vjetra

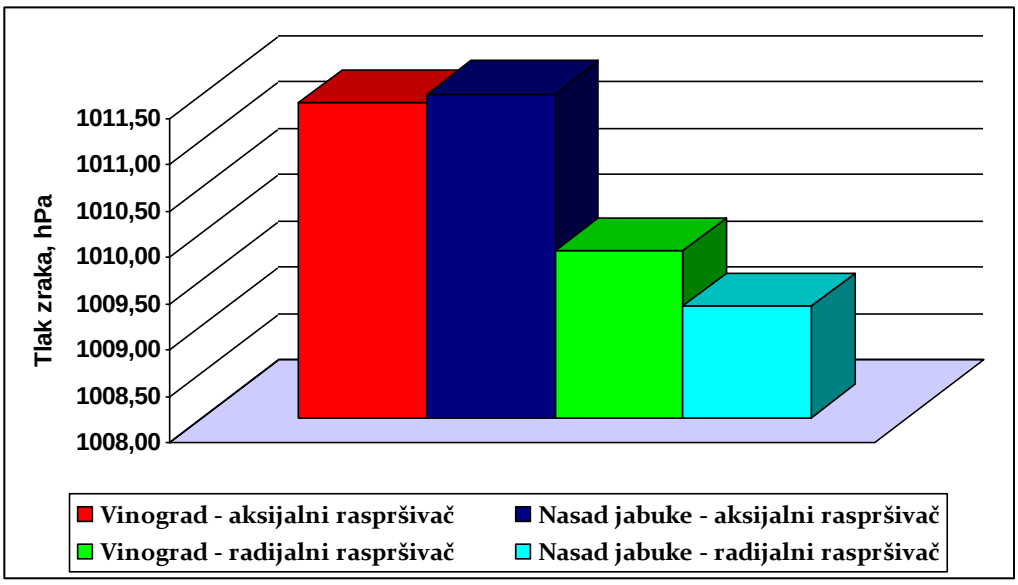
5.6.5. Sunčeva radijacija i atmosferski tlak zraka tijekom provođenja istraživanja

Prosječna vrijednost sunčeve radijacije tijekom istraživanja u vinogradu sa aksijalnim raspršivačem iznosi 435,75 W/m^2, dok sa radijalnim raspršivačem iznosi 232,63 W/m^2. Prosječna vrijednost sunčeve radijacije tijekom istraživanja u nasadu jabuke sa aksijalnim raspršivačem iznosi 475,79 W/m^2, dok sa radijalnim raspršivačem iznosi 232,63 W/m^2, grafikon 14.



Grafikon 14. Sunčeva radijacija

Prosječna vrijednost atmosferskog tlaka zraka tijekom istraživanja u vinogradu sa aksijalnim raspršivačem iznosi 1.011,4 hPa, dok u nasadu jabuke iznosi 1.011,5 hPa. Prosječna vrijednost atmosferskog tlaka tijekom istraživanja u nasadu jabuke sa radijalnim raspršivačem iznosi 1.009,2 hPa, dok u vinogradu iznosi 1.009,8 hPa (grafikon 15.).



Grafikon 15. Atmosferski tlak zraka

5.7. Rezultati ostvarenih vremena potrebnih za obavljanje pojedinih tretmana

Mjerenje vremena za obavljanje pojedinog tretmana tijekom cjelokupnih istraživanja obavlja se sa zapornim satom, a mjeri se između zastavica unutar reda nasada koje se postavljaju na udaljenosti od 100 m. Planom istraživanja postavljene su dvije radne brzine: 6 i 8 km/h. Da se osigura zadana brzina rada od 6 km/h, put od 100 m traktor mora prolaziti za 60 s. Isti put pri zadanoj radnoj brzini od 8 km/h traktor mora prolaziti za 45 s. Za obavljanje cjelokupnog tretmana raspršivač ispitni red tretira u dva prohoda uz mjerenje vremena potrebnog za obavljanje istih. Kontrolne ploče oba traktora u istraživanju iznimno točno prikazuju traktorsku brzinu rada pa vremenski otkloni za obavljanje tretmana ostvaruju minimalnu vrijednost. U tablicama 24. i 25. prikazani su rezultati mjerenja vremena za obavljanje pojedinog tretmana u oba prohoda, te njihov prosječni otklon od zadanog vremena.

5.7.1. Rezultati ostvarenih vremena tijekom rada aksijalnog raspršivača

Iz tablice 24. vidljivo je da prosječni vremenski otklon za obavljanje tretmana sa 6 km/h pri radu aksijalnog raspršivača u vinogradu iznosi 0,64%, a sa brzinom rada od 8 km/h iznosi 0,44%. Prosječni vremenski otklon za obavljanje tretmana sa 6 km/h u nasadu jabuke iznosi 0,05%, a sa brzinom rada od 8 km/h iznosi 0,24%.

Tablica 24. Rezultati mjerenja vremena pri obavljanju tretmana sa aksijalnim raspršivačem

	Vinograd - *Hardi Zaturn*			Nasad jabuke - *Hardi Zaturn*		
Tretman i brzina rada	I. prohod, s	II. prohod, s	Prosjek otklona*, %	I. prohod, s	II. prohod, s	Prosjek otklona*, %
1, 6 km/h	58,23	60,33	1,75	62,23	59,93	1,92
2, 6 km/h	59,45	60,45	0,84	59,84	61,11	1,06
3, 6 km/h	61,23	60,21	1,20	60,33	60,22	0,46
4, 8 km/h	45,50	45,45	1,06	45,60	45,56	1,27
5, 8 km/h	45,70	45,35	1,17	45,45	45,79	1,36
6, 8 km/h	46,02	46,15	2,41	45,65	45,69	1,47
7, 6 km/h	60,09	61,49	1,32	60,07	59,22	0,71
8, 6 km/h	61,84	61,50	2,79	59,45	59,65	0,75
9, 6 km/h	59,12	60,02	0,75	59,79	60,12	0,27
10, 8 km/h	46,45	46,34	1,95	45,11	45,44	0,61
11, 8 km/h	45,98	46,47	2,65	45,14	45,55	0,76
12, 8 km/h	45,89	45,47	1,49	45,66	45,17	0,91
13, 6 km/h	60,61	60,91	1,27	58,54	60,79	1,87
14, 6 km/h	60,90	60,25	0,96	59,89	59,65	0,38
15, 6 km/h	60,02	60,27	0,24	60,38	59,33	0,87
16, 8 km/h	45,54	45,38	1,01	45,35	45,67	1,12
17, 8 km/h	45,48	45,76	1,36	45,76	45,00	0,84
18, 8 km/h	45,86	45,98	2,00	45,46	45,41	0,96
	Vrijeme obavljanja tretmana, s					
	6 km/h		8 km/h	6 km/h		8 km/h
$\overline{X}$	60,38		45,82	60,03		45,47
σ	0,89		0,37	0,80		0,24
K.V., %	1,47		0,80	1,34		0,52
Prosječni otklon, %	**0,64**		**1,79**	**0,05**		**1,03**

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

5.7.2. Rezultati ostvarenih vremena tijekom rada radijalnog raspršivača

U tablici 25. prikazani su rezultati mjerenja ostvarenih vremena tijekom rada radijalnog raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke.

Tablica 25. Rezultati mjerenja vremena pri obavljanju tretmana sa radijalnim raspršivačem

	Vinograd - *Hardi Arrow*			Nasad jabuke - *Hardi Arrow*		
Tretman i brzina rada	I. prohod, s	II. prohod, s	Prosjek otklona*, %	I. prohod, s	II. prohod, s	Prosjek otklona*, %
1, 6 km/h	58,44	60,22	1,52	62,41	59,96	1,96
2, 6 km/h	59,51	60,36	0,71	59,99	60,95	0,79
3, 6 km/h	60,89	59,81	0,89	61,56	59,9	1,35
4, 8 km/h	45,54	45,39	1,02	45,78	46,56	2,53
5, 8 km/h	45,39	45,35	0,82	45,04	46,44	1,62
6, 8 km/h	46,01	46,11	2,30	45,14	45,77	1,00
7, 6 km/h	60,07	60,89	0,79	60,83	58,88	1,63
8, 6 km/h	61,12	61,23	1,92	60,78	59,23	1,29
9, 6 km/h	58,88	61,71	2,34	60,72	60,83	1,28
10, 8 km/h	46,82	45,74	2,77	45,45	45,91	1,49
11, 8 km/h	45,85	45,38	1,35	45,69	45,55	1,36
12, 8 km/h	45,49	45,79	1,40	45,77	45,83	1,75
13, 6 km/h	60,51	60,43	0,78	59,74	59,85	0,34
14, 6 km/h	60,58	60,59	0,97	59,96	59,48	0,47
15, 6 km/h	61,78	61,49	2,65	60,66	60,09	0,62
16, 8 km/h	45,49	46,08	1,71	45,85	45,49	1,47
17, 8 km/h	46,48	45,44	2,09	45,02	45,41	0,48
18, 8 km/h	45,88	45,49	1,50	45,68	45,77	1,59
	Vrijeme obavljanja tretmana, s					
	6 km/h		8 km/h	6 km/h		8 km/h
$\overline{X}$	60,47		45,76	60,32		45,68
σ	0,90		0,41	0,86		0,41
K.V., %	1,50		0,90	1,42		0,89
Prosječni otklon, %	**0,78**		**1,67**	**0,54**		**1,48**

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

Iz tablice 25. vidljivo je da prosječni vremenski otklon za obavljanje tretmana sa 6 km/h pri radu radijalnog raspršivača u vinogradu iznosi 0,78%, a sa brzinom rada od 8 km/h iznosi 0,38%. Prosječni vremenski otklon za obavljanje tretmana sa 6 km/h u nasadu jabuke iznosi 0,54%, a sa brzinom rada od 8 km/h iznosi 0,74%.

5.7.3. Rezultati teorijske brzine rada raspršivača

Prema izrazu 4.6.2. izračunava se teorijska brzina rada za oba tipa raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke, a rezultati su prikazani u tablici 26.

Tablica 26. Teorijska brzina rada za oba tipa raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke

Teorijska brzina rada, km/h			
Vinograd		Nasad jabuke	
Aksijalni raspršivač	Radijalni raspršivač	Aksijalni raspršivač	Radijalni raspršivač
5,98	3,92*	8,10	6,77

*****računato pri protoku zraka od 6.248,33 m^3/h

Izračunom dobivena teorijska brzina rada za aksijalni raspršivač u vinogradu iznosi 5,98 km/h, a za radijalni raspršivač 3,92 km/h. Teorijska brzina rada za aksijalni raspršivač u nasadu jabuke iznosi 8,10 km/h, a za radijalni 6,77 km/h. Navedeni izraz može se koristiti samo za teorijske izračune brzine rada aksijalnog raspršivača, jer se pri izračunu uvažava stvarno korišteni protok zraka, a koji je zbog tehničkih karakteristika pri radu radijalnog raspršivača relativno malen. Prema tome, teorijske brzine rada poklapaju se sa stvarno korištenima u istraživanju samo kada se koristi protok zraka veći od 10.000 m^3/h.

5.8. Rezultati mjerenja glavnih svojstava istraživanja

Nakon obavljenih poljskih istraživanja vodoosjetljivi papirići su prikupljeni, evidentirani i pripremljeni za računalnu analizu slike. Prema metodici istraživanja sa svakog papirića određena je ukupna površina papirića - *A* (*eng. Area*), te ukupna površina koju prekrivaju kapljice na papiriću – *TPA* (*engl. Total Particle Area)*. Iz navedenih parametara softver *ImageJ* lako izračunava udjel kapljica na papiriću – *AF (Area Fraction)*, tj. pokrivenost papirića u %. Na svako stablo/trs postavlja se 15 papirića, a koristi se 4 stabla/trsa u ponavljanu za izvođenje jednog tretmana. U prilogu X. prikazan je jedan izvadak papirića pripremljenih za analizu slike.

Kao i kod određivanja pokrivenosti tretirane površine, pri određivanju broja i veličine kapljica korišteni su isti vodoosjetljivi papirići, samo što je u ovom slučaju softver *ImageJ* odredio broj kapljica na četiri specifične površine papirića - *PC (engl. Particle Count)*. Uz broj kapljica određen je njihov prosječni promjer - PS_{AVG} *(engl. Average Particle Size)*. Dobivena vrijednost PS_{AVG} predstavlja prosječni prosječni promjer otiska kapljice na papiriću pa se pomoću korekcijskih faktora određuje stvarni promjer kapljica.

Pri obradi vodoosjetljivih papirića za utvrđivanje zanošenja tekućine, također se koristi softver *ImageJ* koji određuje ukupnu površinu papirića *A* i ukupnu površinu koju prekrivaju kapljice *TPA*. Iz navedenih podataka izračunava se *AF*, te se zanošenje izražava po kategorijama intenziteta. Zanošenje se mjeri u dva bočna netretirana reda (između dva stabla/trsa gdje je pojava zanošenja najveća) sa 4 ponavljanja za svaki tretman.

5.8.1. Rezultati mjerenja glavnih svojstava istraživanja sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) u vinogradu

5.8.1.1. Rezultati mjerenja pokrivenosti tretirane površine

Provođenjem istraživanja pokrivenosti tretirane površine u vinogradu s aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) ostvareni su rezultati prikazani u tablici 27. gdje se sa jednom zvjezdicom (*) označava prosječna pokrivenost tretirane površine po tretmanu, a sa dvije zvjezdice (**) označava se prosječna pokrivenost tretirane površine po visinama i podijeljena je na tri stupca (D – donja razina, S – srednja razina, V – vršna razina).

Tablica 27. Rezultati ostvarene prosječne pokrivenosti tretirane površine po pojedinom tretmanu – *Hardi Zaturn* u vinogradu

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

S obzirom na navedenu tablicu uočava se da najveću pokrivenost tretirane površine od 51,45% ostvaruje tretman sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 350 l/ha. Najmanju pokrivenost tretirane površine od 26,59% ostvaruje

tretman sa plavom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 250 l/ha. Eksploatacijom aksijalnog raspršivača (*Hardi Zatun*) u vinogradu prosječna pokrivenost tretirane površine iznosi 37,84%, sa prosječnim otklonom između ponavljanja od 10,90%. Neparametrijskom statistikom (*sign test*) utvrđuje se statistički značajno manja prosječna pokrivenost donje razine trsa u odnosu na srednju razinu za 16,91% ($Z = 3,06$, $p < 0,05$). Isto se utvrđuje između donje i vršne razine trsa, gdje vršna razina ostvaruje veću pokrivenost tretirane površine za 23,90% ($Z = 2,59$, $p < 0,05$). Promatranjem prosječne pokrivenosti srednje i vršne razine, utvrđuje se veća pokrivenost vršne razine za 8,41%, ali bez statistički značajne razlike ($Z = 1,17$, $p > 0,05$). S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine, dobivene su vrijednosti prikazane u tablici 28.

Tablica 28. 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	26,58	29,00	32,51	27,30	43,77	42,87
A_2	34,96	29,32	35,86	31,12	45,12	49,20
A_3	36,17	33,14	42,54	39,61	49,40	51,45
$\overline{x}$ BC	32,57	30,49	36,97	32,68	46,10	47,84

	Interakcija AB		Interakcija AC			
	B_1	B_2		C_1	C_2	C_3	$\overline{x}$ A
A_1	29,37	37,98		26,94	36,39	37,69	33,68
A_2	33,38	41,81		33,04	37,22	42,53	37,60
A_3	37,28	46,82		37,89	41,27	46,99	42,05
$\overline{x}$ B	33,34	42,21	$\overline{x}$ C	32,63	38,29	42,41	

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD $_{0,05}$	2,89	2,21	2,15	4,26	4,16	3,21	7,08
LSD $_{0,01}$	3,92	2,92	2,91	5,97	6,05	4,50	11,75
F - test	22,87**	76,70**	31,38**	0,11 n.s.	1,27 n.s.	20,54**	0,98 n.s.
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,8929	0,2930	0,0000	0,4233

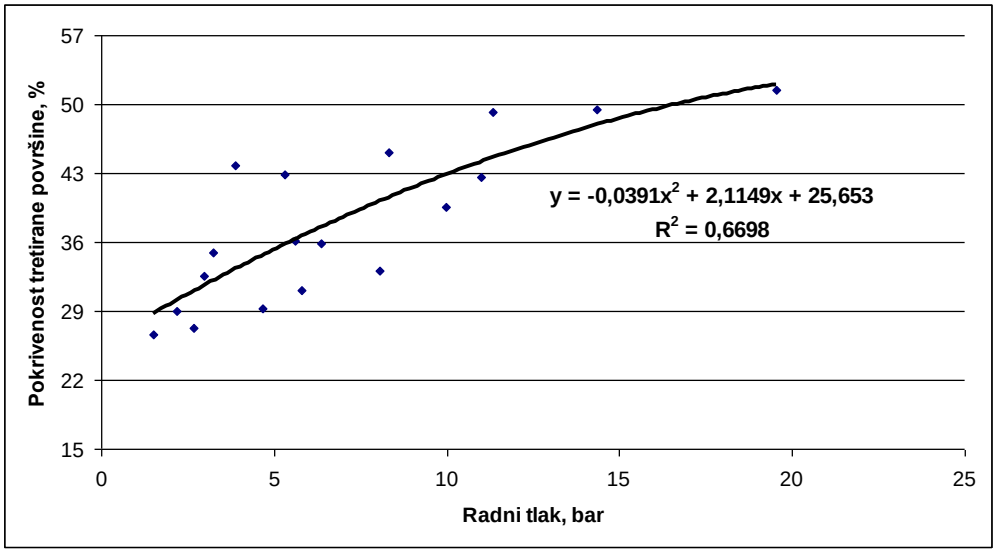
A = tip mlaznice; B = brzina rada, km/h; C = norma raspršivanja, l/ha

Iz tablice 28. uočavaju se tri različita tipa mlaznica (A_1 - plava mlaznica, A_2 - žuta mlaznica, A_3 - zelena mlaznica), dvije različite brzine rada (B_1 - 6 km/h, B_2 - 8 km/h) te tri različite norme raspršivanja (C_1 - 250 l/ha, C_2 - 300 l /ha, C3 - 350 l/ha). S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici statistički visoko značajni ($P < 0,01$), osim interakcija (AB) tip mlaznice i brzine rada ($F = 0,11$; P

> 0,05); interakcije (AC) tip mlaznice i norma raspršivanja (F = 1,27; P > 0,05) te interakcije (ABC) svih tehničkih čimbenika raspršivanja (F = 0,98; P > 0,05).

S obzirom na tip mlaznice, pokrivenost tretirane površine sa aksijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Zaturn*) kreće se od 33,68% (plava) do 42,05% (zelena). Razlike u pokrivenosti tretirane površine bile su statistički vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 10,42%. Nadalje, zelena mlaznice pokazuje bolju pokrivenost za 19,90% u odnosu na plavu mlaznicu i 10,58% u odnosu na žutu mlaznicu. Promatranjem brzine rada, pokrivenost tretirane površine kreće se od 33,34% (6 km/h) do 42,21% (8 km/h). Statistički vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje bolju pokrivenost površine za 21,01%. S obzirom na normu raspršivanja, pokrivenost tretirane površine kreće se od 32,63% (250 l/ha) do 42,41% (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 14,78%. Nadalje, norma raspršivanja od 350 l/ha pokazuje bolju pokrivenost za 23,06% u odnosu na 250 l/ha i 9,71% u odnosu na 300 l/ha.

Analizom varijance statistički značajnu razliku pokazuje interakcija brzine rada i norme raspršivanja (BC), a pokrivenost se kreće od 30,49 (brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 300 l/ha) do 47,84% (brzina rad od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha). Za navedene interakcije vrijedi minimalna statistička značajnost između interakcija u iznosu od 3,21%. Uz navedeno, korelacijskom i regresijskom analizom utvrđuje se povećavanje prosječne pokrivenosti tretirane površine uslijed povećavanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja (r = 0,81, p < 0,05), grafikon 16.



Grafikon 16. Utjecaj radnog tlaka na pokrivenost tretirane površine

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

Provođenjem istraživanja s ciljem utvrđivanja prosječnog promjera kapljica i broja kapljica/cm^2 u vinogradu sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) ostvareni su rezultati prikazani u tablici 29.

Tablica 29. Rezultati ostvarene veličine i broja kapljica/cm^2 sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) u vinogradu

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

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

Najmanji prosječni broj kapljica/cm^2 (33,26) utvrđen je kod tretmana sa plavom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h, normom raspršivanja od 300 l/ha te radnim tlakom od 2,18 bar, dok je najveći prosječni broj kapljica/cm^2 (123,02) utvrđen kod tretmana sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h, normom raspršivanja od 350 l/ha te radnim tlakom od 19,53 bar. Najmanji prosječni promjer kapljica (132,29 µm) utvrđen je kod tretmana sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h, normom raspršivanja od 350 l/ha te radnim tlakom od 19,53 bar, dok je najveći prosječni promjer kapljica (266,12 µm) utvrđen kod tretmana sa plavom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h, normom raspršivanja od 250 l/ha te radnim tlakom od 1,51 bar. S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm^2, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani

čimbenici statistički visoko značajni (P < 0,01). Prosječne vrijednosti broja kapljica/cm^2 za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u tablici 30. (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 30. 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	35,50	33,35	40,64	48,87	61,00	73,61
A_2	59,04	87,71	81,44	70,04	83,31	109,76
A_3	97,62	93,56	109,25	101,06	11,93	123,01
$\overline{x}$ BC	64,05	71,54	77,11	73,33	85,41	102,13

	Interakcija AB		Interakcija AC			
	B_1	B_2	C_1	C_2	C_3	$\overline{x}$ A
A_1	36,50	61,16	42,19	47,18	57,12	48,83
A_2	76,06	87,70	64,54	85,51	95,60	81,88
A_3	100,14	112,00	99,34	102,74	116,13	106,07
$\overline{x}$ B	70,90	86,95	$\overline{x}$ C 68,69	78,48	89,62	

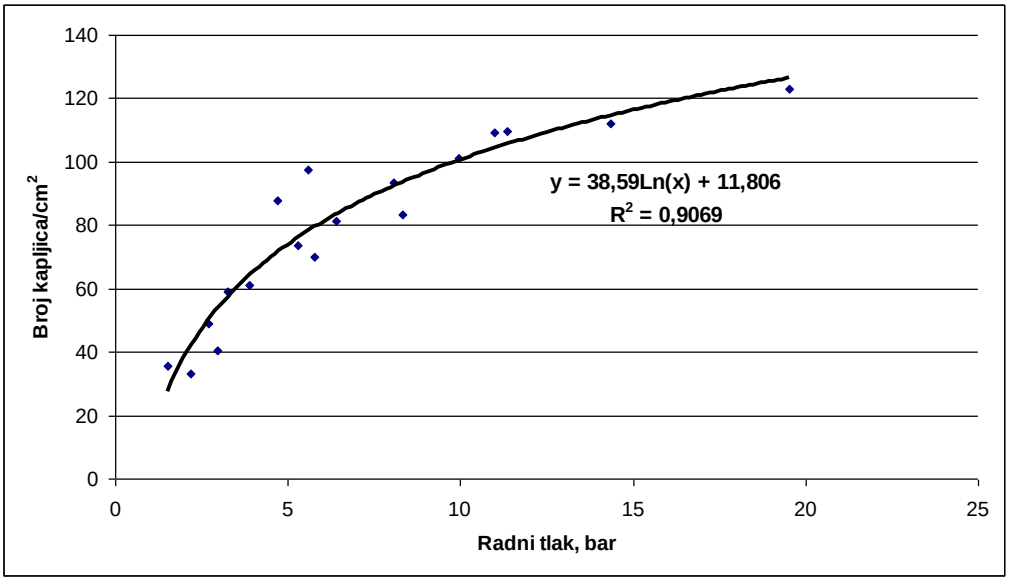
ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD $_{0,05}$	2,22	1,68	1,92	3,24	3,72	2,87	6,34
LSD $_{0,01}$	3,01	2,21	2,61	4,55	5,42	4,03	10,52
F - test	1750,97**	409,90**	232,52**	29,49**	20,74**	34,74**	20,54**
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

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

S obzirom na tip mlaznice, broj kapljica/cm^2 sa aksijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Zaturn*) kreće se od 43,83 (plava) do 106,07 kapljica (zelena). Razlike u broj kapljica/cm^2 bile su statistički vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 40,36%. Nadalje, zelena mlaznica raspršuje više kapljica/cm^2 za 53,96% u odnosu na plavu mlaznicu i 22,80% u odnosu na žutu mlaznicu. Promatranjem brzine rada broj kapljica/cm^2 kreće se od 70,90 (6 km/h) do 86,95 kapljica (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja raspršuje više kapljica/cm^2 za 18,45%. S obzirom na normu raspršivanja, broj kapljica/cm^2 kreće se od 68,69 (250 l/ha) do 89,62 kapljica (350 l/ha). Razlike u broju kapljica/cm^2 bile su statistički vrlo značajne i to norma od 300 l/h u odnosu na 250 l/ha za 12,47%. Nadalje, norma od 350 l/ha raspršuje veći broj kapljica/cm^2 za 23,35% u odnosu na 250 l/ha i 12,43% u odnosu na 300 l/ha.

Analizom varijance statistički značajnu razliku pokazuje interakcija tipa mlaznice i brzine rada (AB), a broj kapljica/cm^2 kreće se od 36,50 (plava mlaznica i brzina rada od 6 km/h) do 112,00 kapljica (zelena mlaznica i brzina rad od 8 km/h). Za navedene interakcije vrijedi minimalna statistička značajnost između interakcija od 3,24 kapljice. Interakcijom (AC) tipa mlaznice i norme raspršivanja broj kapljica/cm^2 kreće se od 42,19 (plava mlaznica i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 116,13 kapljica (zelena mlaznica i norma raspršivanja od 350 l/ha) uz minimalno potrebnu statističku značajnost između interakcija u iznosu od 3,72 kapljice. Interakcijom (BC) brzine rada i norme raspršivanja broj kapljica/cm^2 se kreće od 64,05 (brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 102,13 kapljica uz minimalno potrebnu statističku značajnost između interakcija u iznosu od 2,87 kapljica/cm^2. Kombinacijama sva tri tehnička čimbenika raspršivanja ostvaruje se statistički značajna razlika pa se vrijednosti kreću od 33,35 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 300 l/ha) do 123,01 kapljica/cm^2 (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha) uz minimalno potrebnu statističku značajnost između interakcija od 6,34 kapljica/cm^2.

Korelacijakom i regresijskom analizom utvrđuje se povećavanje prosječnog broja kapljica/cm^2 uslijed povećavanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ($r = 0,95$, $p < 0,05$), grafikon 17.



Grafikon 17. Utjecaj radnog tlaka na broj kapljica/cm^2

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici statistički visoko značajni ($P < 0,01$) osim interakcija AB ($F = 1,70$; $P > 0,05$), AC ($F = 1,56$; $P > 0,05$) i ABC ($F = 2,41$; $P > 0,05$). Prosječne vrijednosti promjera kapljica za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u tablici 31. (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 31. 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	241,00	190,50	202,25	216,50	207,50	197,50
A_2	233,25	170,25	189,00	174,75	175,75	158,25
A_3	188,25	192,25	173,00	193,25	177,00	131,50
$\overline{X}$ BC	220,83	184,33	188,03	194,83	186,75	162,41

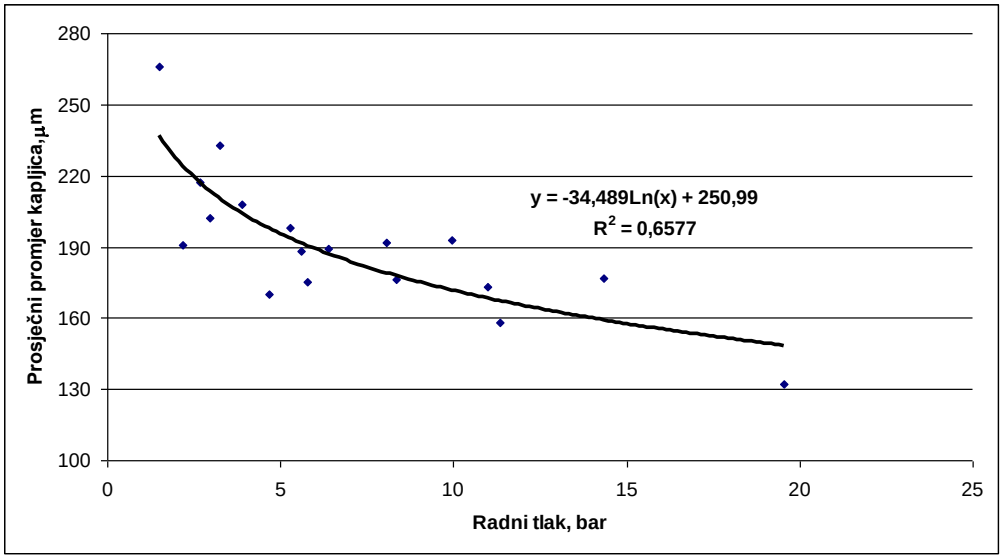
	Interakcija AB			Interakcija AC			
	B_1	B_2		C_1	C_2	C_3	$\overline{X}$ A
A_1	211,25	207,16		228,75	199,00	199,87	209,20
A_2	197,50	169,58		204,00	173,00	173,62	184,54
A_3	184,50	167,25		190,75	184,62	152,25	175,87
$\overline{X}$ B	197,75	181,33	$\overline{X}$ C	207,83	185,54	175,25	

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD $_{0,05}$	13,12	6,83	8,78	13,16	17,00	13,11	28,94
LSD $_{0,01}$	17,78	8,99	11,90	18,45	24,73	18,39	48,00
F - test	14,61**	9,69**	13,29**	1,70 n.s.	1,56 n.s.	3,18*	2,41 n.s.
p	0,0000	0,0000	0,0022	0,1908	0,1957	0,0490	0,0603

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

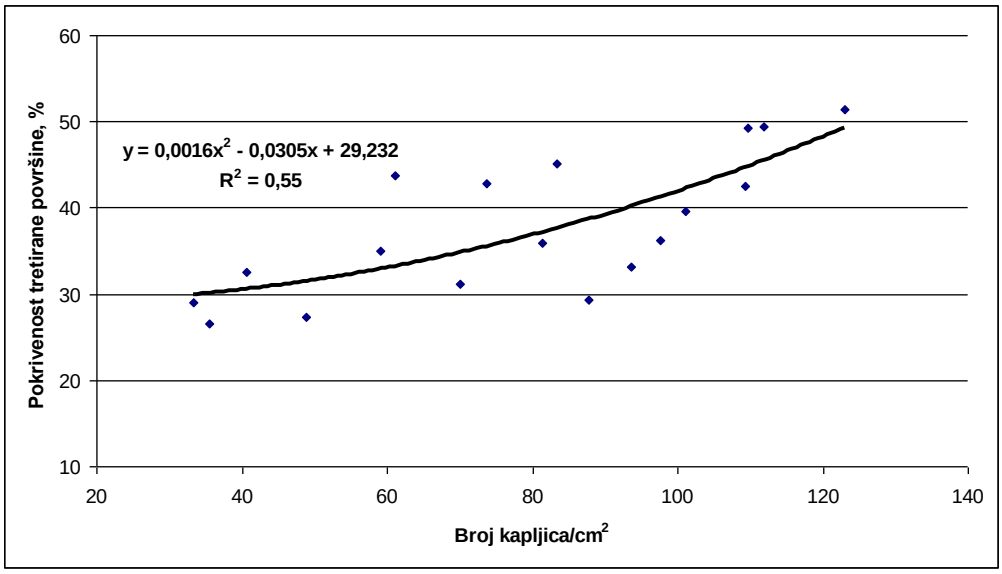
S obzirom na tip mlaznice, prosječni promjer kapljica sa aksijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Zaturn*) kreće se od 209,20 (plava) do 175,87 μm (zelena). Razlike u prosječnom promjeru kapljica bile su statistički vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 11,78%. Nadalje, zelena mlaznice raspršuje kapljice manjeg promjera za 15,93% u odnosu na plavu mlaznicu i 4,69% u odnosu na žutu mlaznicu, nesignifikantno. Promatranjem brzine rada prosječni promjer kapljica kreće se od 197,75 (6 km/h) do 181,33 μm (8 km/h). Visokosignifikantna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja raspršuje kapljice manjeg promjera za 8,30%. S obzirom na normu raspršivanja, prosječni promjer kapljica kreće se od 207,83 (250 l/ha) do 175,87 μm (350 l/ha). Razlike u prosječnom promjeru bile su statistički vrlo značajne i to norma od 300 l/h u odnosu na 250 l/ha za 10,72%. Nadalje,

norma od 350 l/ha raspršuje kapljice manjeg promjera za 15,67% u odnosu na 250 l/ha i 5,54% u odnosu na 300 l/ha. Signifikantnu razliku pokazuju interakcije brzine rada i norme raspršivanja, a prosječni promjer kapljica kreće se od 220,83 (brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 162,41 μm (brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha). Statistička značajnost ($\alpha_{0,05}$) između navedenih interakcija ostvaruje se sa razlikom od 13,11 μm. Uz navedeno, regresijskom analizom utvrđuje se smanjivanje prosječnog promjera kapljica uslijed povećavanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ($r = - 0,81$, $p < 0,05$), grafikon 18.



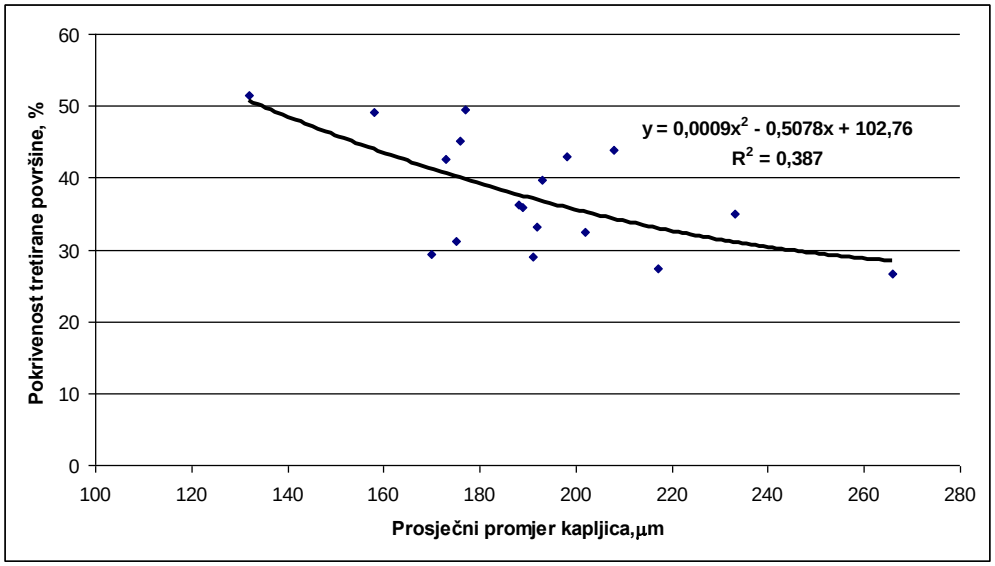
Grafikon 18. Utjecaj radnog tlaka na prosječni promjer kapljica

Proučavanjem odnosa pokrivenosti tretirane površine i broja kapljica/cm^2 utvrđuje se značajno povećanje pokrivenosti tretirane površine uslijed povećanja broja kapljica/cm^2 ($r = 0,74$, $p < 0,05$), grafikon 19.



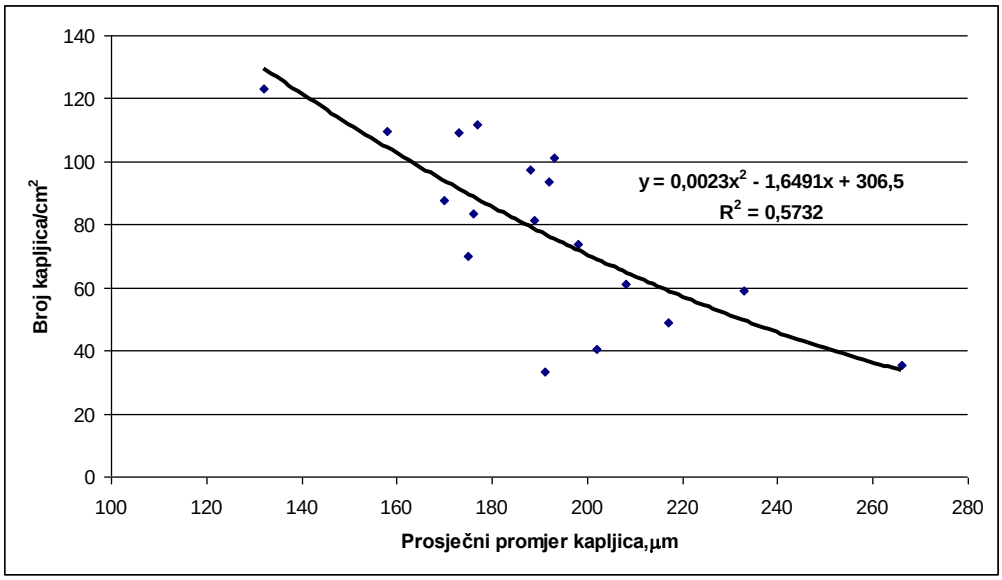
Grafikon 19. Utjecaj broja kapljica/cm^2 na pokrivnost tretirane površine

Pri promatranju odnosa pokrivenosti tretirane površine i prosječnog promjera kapljica utvrđuje se statistički značajno smanjivanje pokrivenosti tretirane površine uslijed povećavanja prosječnog promjera kapljica (r = - 0,62, p < 0,05), grafikon 20.



Grafikon 20. Utjecaj prosječnog promjera kapljica na pokrivenost tretirane površine

Također, pri povećanju prosječnog promjera kapljica kroz istraživanje dolazi do značajnog smanjivanja broja kapljica/cm^2 (r = - 0,75, p < 0,05), grafikon 21.



Grafikon 21. Utjecaj prosječnog promjera kapljica na broj kapljica/cm^2

5.8.1.3. Rezultati mjerenja zanošenja tekućine (*drift*)

Provođenjem istraživanja zanošenja tekućine (*drift*) u vinogradu sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) ostvareni su rezultati prikazani u tablici 32.

Tablica 32. Rezultati ostvarenog zanošenja tekućine u vinogradu sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*)

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

U tablici 32. koriste se slijedeće oznake: $\bar{A}_p$ - prosječna pokrivenost površine; $\bar{v}_v$ - prosječna brzina vjetra; $\overline{\uparrow}$ - prosječni smjer vjetra; LS – lijeva strana; DS – desna strana; * Prosjek četiri repeticije

Analizom tablice 32. uočava se da najveće zanošenje tekućine od 25,83% ostvaruje tretman sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 350 l/ha. Najmanje zanošenje tekućine od 14,51% ostvaruje tretman sa plavom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 350 l/ha. Eksploatacijom aksijalnog raspršivača (*Hardi Zaturn*) u vinogradu prosječno zanošenje tekućine iznosi 18,40%, sa prosječnim otklonom između ponavljanja od 2,90%. Intenzitet zanošenja se izražava pokrivenošću vodoosjetljivih papirića kako je označeno u tablici 33. U tablici 32. sa plusom označava se tretman koji predstavlja najbolji odnos pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine. Stoga se iz tablice 32. primjećuje se da su tijekom istraživanja ostvarene minimalne vrijednosti *drifta*, koji je rezultat optimalno podešenih parametara aplikacije (usmjerenje mlaznica, protok i brzina zraka, radna brzina i drugi) i optimalnih vremenskih uvjeta.

Tablica 33. 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

Neparametrijskom statistikom (*sign test*) utvrđuje se veći intenzitet zanošenja tekućine sa lijevom stranom raspršivača s obzirom na desnu u iznosu od 6,77% ($Z = 2,12$, $p < 0,05$). Pomoću faktorijalne analize varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani tehnički čimbenici raspršivanja visoko značajni ($P < 0,01$).

Prosječne vrijednosti zanošenja tekućine za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u tablici 34. (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 34. 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	15,69	14,89	14,50	15,44	21,57	20,30
A_2	19,37	15,04	20,19	16,16	20,11	23,17
A_3	15,10	16,22	17,53	19,49	20,45	24,55
$\overline{x}$ BC	16,72	15,38	17,40	17,03	20,71	22,67

	Interakcija AB		Interakcija AC			
	B_1	B_2		C_1	C_2	C_3	$\overline{x}$ A
A_1	15,03	19,10		15,56	18,23	17,40	17,07
A_2	18,20	19,82		17,77	17,57	21,68	19,01
A_3	16,28	21,50		17,30	18,33	21,04	18,89
$\overline{x}$ B	16,50	20,14	$\overline{x}$ C	16,88	18,05	20,04	

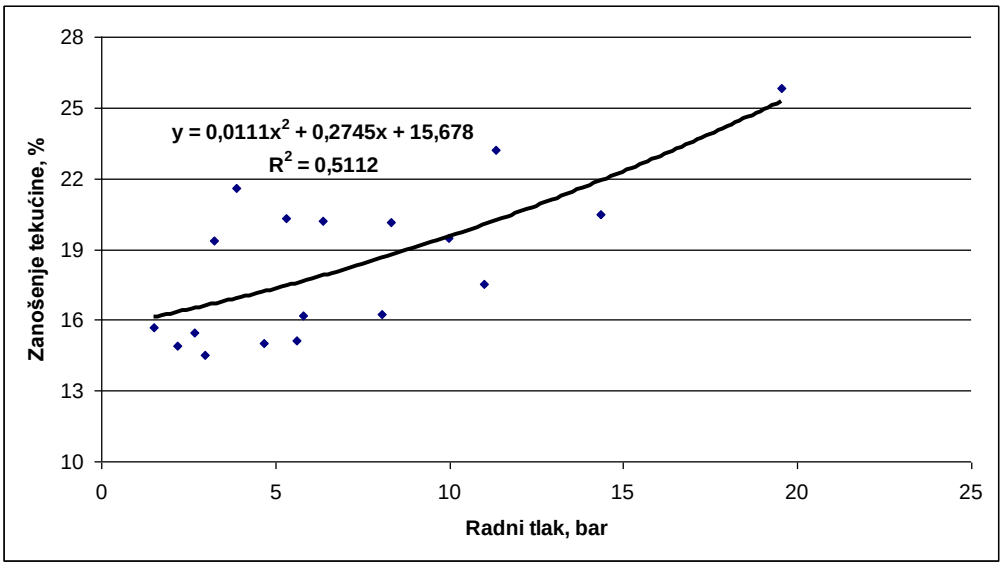
ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD $_{0,05}$	0,51	0,25	0,35	0,49	0,67	0,52	1,15
LSD $_{0,01}$	0,69	0,33	0,47	0,68	0,98	0,73	1,91
F - test	42,91**	359,34**	92,64**	30,61**	19,81**	74,98**	15,64**
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

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

S obzirom na tip mlaznice, zanošenje tekućine sa aksijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Zaturn*) kreće se od 17,07% (plava – 2. kategorija) do 19,01% (žuta – 2. kategorija). Razlike u zanošenju tekućine bile su vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 10,20%. Nadalje, zelena mlaznice ostvaruje veće zanošenje za 9,63% u odnosu na plavu mlaznicu, te žuta mlaznica u odnosu na zelenu za 0,63%, ali bez statističke značajnosti. Promatranjem brzine rada, zanošenje tekućine kreće se od 16,50% (6 km/h – 2. kategorija) do 20,14 % (8 km/h – 3. kategorija). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veće zanošenje tekućine za 18,07%. S obzirom na normu raspršivanja, zanošenje tekućine se kreće od 16,88% (250 l/ha – 2. kategorija) do 20,04% (350 l/ha – 3. kategorija). Razlike u zanošenju tekućine bile su vrlo značajne i to norma od 300 l/h u odnosu na 250 l/ha za 6,48%. Nadalje, norma raspršivanja od 350 l/ha pokazuje veće zanošenje za 15,76% u odnosu na 250 l/ha i 9,93% u odnosu na 300 l/ha.

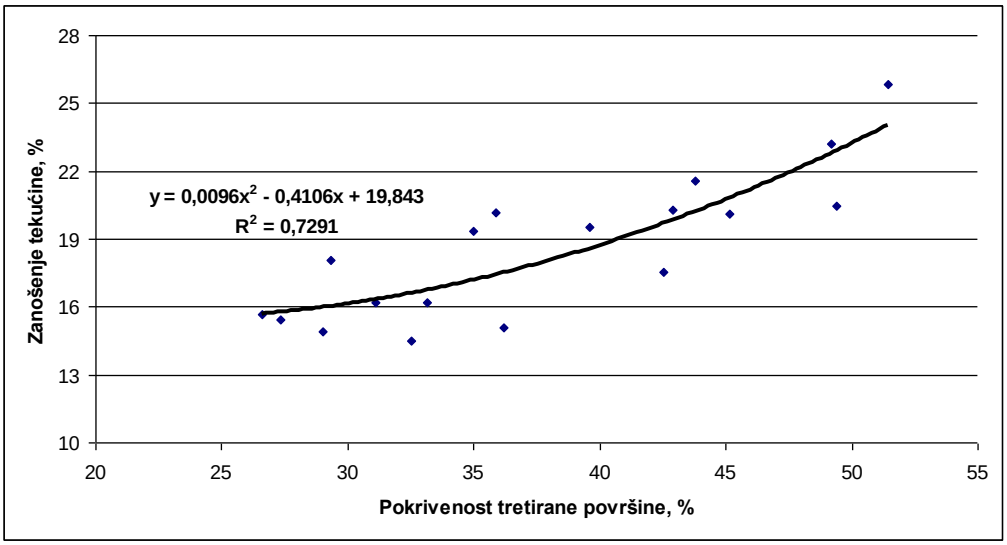
Analizom varijance visoku značajnu razliku pokazuju sve navedene interakcije istraživanja. S obzirom na interakciju AB (tip mlaznice x brzina rada), zanošenje iznosi od 15,03 (plava mlaznica i brzina rada od 6 km/h) do 21,50% (zelena mlaznica i brzina rada od 8 km/h). Minimalna statistička značajnost ($\alpha_{0,05}$) između navedenih interakcija ostvaruje se sa razlikom od 0,49%. Interakcijom AC (tip mlaznice x norma raspršivanja) ostvaruje se zanošenje

tekućine od 15,56% (plava mlaznica i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 21,04% (zelena mlaznica i norma raspršivanja od 350 l/ha). Minimalna statistički značajna razlika ($\alpha_{0,05}$) između navedenih interakcija ostvaruje se sa razlikom od 0,67%. Interakcijom BC (brzina rada x norma raspršivanja) zanošenje iznosi od 16,72 (brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 22,67% (brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha. U ovome slučaju minimalno potrebna značajna razlika ($\alpha_{0,05}$) između interakcija mora iznositi 0,52%. Kombinacijom sva tri glavna tehnička čimbenika raspršivanja zanošenje se kreće od 15,69 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 24,55% (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha). Minimalno potrebna statistički značajna razlika ($\alpha_{0,05}$) između ovih interakcija iznosi 1,15%. Uz navedeno, korelacijskom i regresijskom analizom utvrđuje se povećavanje zanošenja tekućine uslijed povećavanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ($r = 0,71$, $p < 0,05$), grafikon 22.



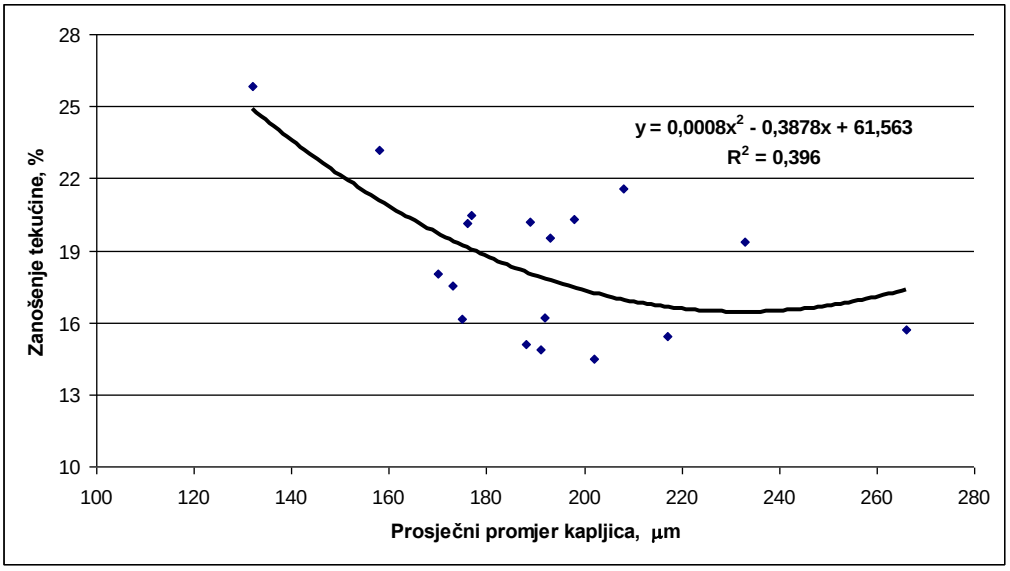
Grafikon 22. Utjecaj radnog tlaka na zanošenje tekućine

Proučavanjem odnosa pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno povećanje zanošenja tekućine uslijed povećavanja pokrivenosti tretirane površine ($r = 0,85$, $p < 0,05$), grafikon 23.



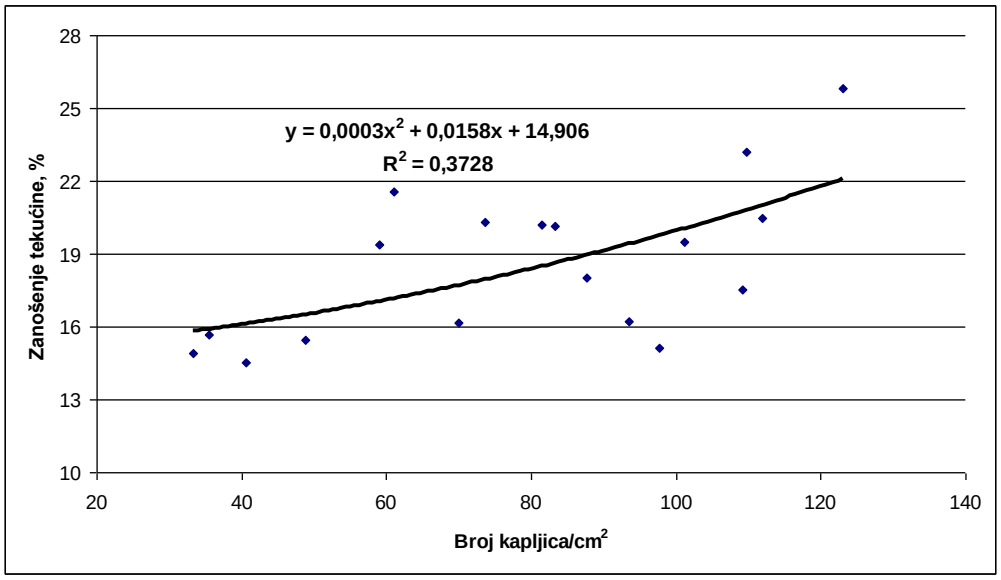
Grafikon 23. Utjecaj pokrivenosti tretirane površine na zanošenje tekućine

Pri promatranju odnosa prosječnog promjera kapljica i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno smanjenje zanošenja tekućine uslijed povećavanja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,62$, $p < 0,05$), grafikon 24.



Grafikon 24. Utjecaj prosječnog promjera kapljica na zanošenje tekućine

Također, pri povećanju broja kapljica/cm^2 dolazi do statistički značajnog povećavanja zanošenja tekućine ($r = 0,61$, $p < 0,05$), grafikon 25.



Grafikon 25. Utjecaj broja kapljica/cm^2 na zanošenje tekućine

5.8.2. Rezultati mjerenja glavnih svojstva istraživanja sa radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u vinogradu

5.8.2.1. Rezultati mjerenja pokrivenosti tretirane površine

Provođenjem istraživanja pokrivenosti tretirane površine u vinogradu sa radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) ostvareni su rezultati prikazani u tablici 35. gdje se sa jednom zvjezdicom (*) označava prosječna pokrivenost tretirane površine po tretmanu, a sa dvije zvjezdice (**) označava se prosječna pokrivenost tretirane površine po visinama i podijeljena je na tri stupca (D-donja razina, S-srednja razina, V-vršna razina).

Tablica 35. Rezultati ostvarene prosječne pokrivenosti tretirane površine po pojedinom tretmanu – *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

S obzirom na navedenu tablicu uočava se da najveću pokrivenost tretirane površine od 67,87% ostvaruje tretman sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 350 l/ha. Najmanju pokrivenost tretirane površine od 38,24% ostvaruje

tretman sa plavom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 250 l/ha. Eksploatacijom radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu prosječna pokrivenost tretirane površine iznosi 53,15%, sa prosječnim otklonom između ponavljanja od 9,36%. Neparametrijskom statistikom (*sign test*) utvrđuje se manja prosječna pokrivenost srednje razine trsa u odnosu na donju razinu za 2,70% (Z = - 0,21, p > 0,05), ali bez statistički značajne razlike. Isto se utvrđuje između donje i vršne razine trsa, gdje vršna razina ostvaruje veću pokrivenost tretirane površine za 6,54% (Z = 1,71, p > 0,05). Značajna razlika utvrđuje se između srednje i vršne razine trsa (Z = 2,59 p < 0,05), gdje vršna razina trsa ima veću pokrivenost tretirane površine (za 9,07%). S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici signifikantni (P < 0,01-0,05), osim interakcije tipa mlaznice i brzina rada. Prosječne vrijednosti pokrivenosti tretirane površine za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u tablici 36.

Tablica 36. 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	

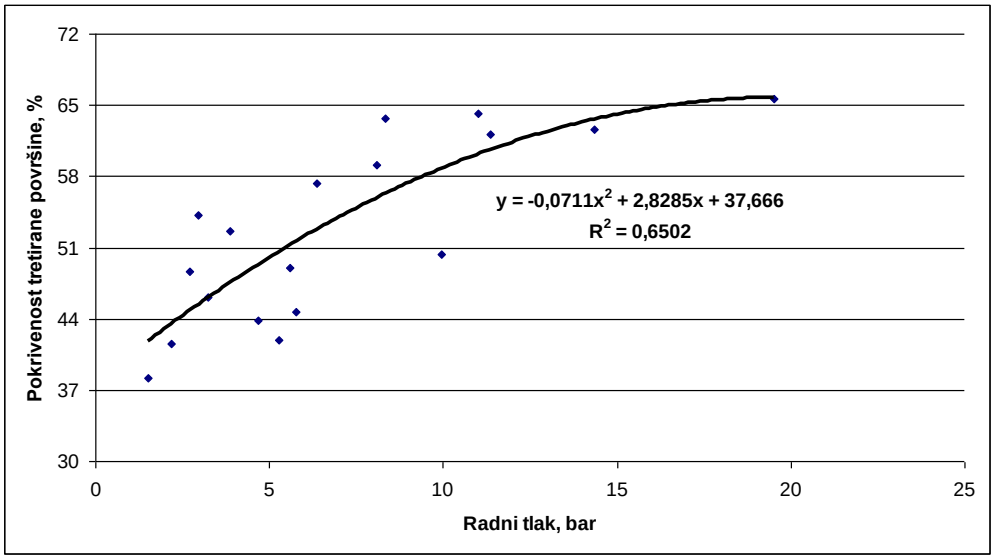
ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD $_{0,05}$	5,42	2,48	3,73	4,78	7,23	5,58	12,31
LSD $_{0,01}$	7,36	3,26	5,06	6,70	10,52	7,82	20,43
F - test	21,78**	4,21*	23,76**	0,19 n.s.	3,02*	9,68**	3,39*
p	0,0000	0,0449	0,0000	0,8243	0,0254	0,0002	0,0150

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

Iz tablice 36. uočavaju se tri različita tipa mlaznica (A_1 - plava mlaznica, A_2 - žuta mlaznica, A_3 - zelena mlaznica), dvije različite brzine rada (B_1 - 6 km/h, B_2 - 8 km/h) te tri različite norme raspršivanja (C_1 - 250 l/ha, C_2 - 300 l /ha, C_3 - 350 l/ha). S obzirom na tip mlaznice,

pokrivenost tretirane površine sa radijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Arrow*) kreće se od 46,18 (plava) do 58,48% (zelena). Razlike u pokrivenosti tretirane površine bile su vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 15,48%. Zelena mlaznice pokazuje bolju pokrivenost za 21,04 % u odnosu na plavu mlaznicu i 6,58% u odnosu na žutu mlaznicu, nesignifikantno. Promatranjem brzine rada, pokrivenost tretirane površine kreće se od 51,50 (6 km/h) do 54,70% (8 km/h). Statistički značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje bolju pokrivenost površine za 5,85%. S obzirom na 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 vrlo značajne i to norma od 300 l/h u odnosu na 250 l/ha za 13,71%. Nadalje, 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%. Kombinacijama sva tri tehnička čimbenika raspršivanja ostvaruje se značajna razlika pa 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%.

Uz navedeno, korelacijskom i regresijskom analizom utvrđuje se povećavanje prosječne pokrivenosti tretirane površine uslijed povećanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ($r = 0,80$, $p < 0,05$), grafikon 26.



Grafikon 26. Utjecaj radnog tlaka na pokrivenost tretirane površine

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

Provođenjem istraživanja s ciljem utvrđivanja prosječnog promjera kapljica i broja kapljica/cm^2 u vinogradu sa radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) ostvareni su rezultati prikazani u tablici 37.

Tablica 37. Rezultati ostvarene veličine i broja kapljica/cm^2 sa 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

Najmanji prosječni broj kapljica/cm^2 (29,50) utvrđen je kod tretmana sa plavom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h, normom raspršivanja od 300 l/ha te radnim tlakom od 2,18 bar, dok je najveći prosječni broj kapljica/cm^2 (124,77) utvrđen kod tretmana sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h, normom raspršivanja od 350 l/ha te radnim tlakom od 19,53 bar. Najmanji prosječni promjer kapljica (120,96 μm) utvrđen je kod tretmana sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h, normom raspršivanja od 350 l/ha te radnim tlakom od 19,53 bar, dok je najveći prosječni promjer kapljica (289,21 μm) utvrđen kod tretmana sa plavom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h, normom raspršivanja od 250 l/ha te radnim tlakom od 1,51 bar.

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm^2, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$) i signifikantni ($P < 0,05$). Prosječne vrijednosti broja kapljica/cm^2 za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u tablici 38. (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 38. 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	

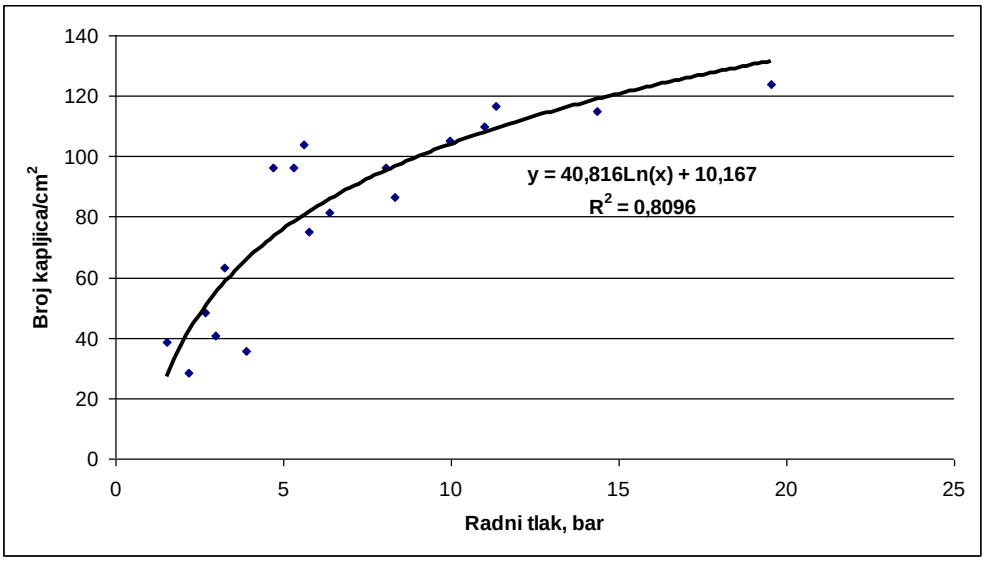
ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD $_{0,05}$	4,58	4,97	5,61	9,57	10,86	8,38	18,49
LSD $_{0,01}$	6,20	6,54	7,60	13,43	15,80	11,75	30,68
F - test	261,26**	51,79**	39,14**	3,51*	9,42**	18,63**	5,96**
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0367	0,0000	0,0000	0,0004

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

S obzirom na tip mlaznice, broj kapljica/cm^2 sa radijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Arrow*) kreće se od 48,01 (plava) do 108,98 kapljica (zelena). Razlike u broj kapljica/cm^2 bile su vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu (za 44,49%). Nadalje, zelena mlaznice raspršuje više kapljica/cm^2 za čak 55,94% u odnosu na plavu mlaznicu i 20,62% u odnosu na žutu mlaznicu. Promatranjem brzine rada broj kapljica/cm^2 kreće se od 73,24 (6 km/h) do 89,09% (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja raspršuje više kapljica/cm^2 za 17,79%. 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 i to norma od 350 l/h u odnosu na 250 l/ha za 23,63% i 19,38% u odnosu na normu raspršivanja od 300 l/ha. Značajna razlika nije utvrđena između normi raspršivanja od 250 i 300 l/ha, gdje norma od 300 l/ha raspršuje veći broj kapljica za svega 5,26%.

Analizom varijance značajnu razliku pokazuje interakcija (AB) tipa mlaznice i brzine rada, a vrijednosti broja kapljica/cm^2 kreću se od 35,97 (plava mlaznica i brzina rada od 6 km/h) do 114,55 kapljica (zelena mlaznica i brzina rada od 8 km/h). Između navedenih interakcija vrijedi minimalna signifikantnost ($\alpha_{0,05}$). Statistički značajna razlika utvrđuje se interakcijom (AC) tipa mlaznice i norme raspršivanja, a broj kapljica/cm^2 kreće se od 32,12 (plava mlaznica i norma raspršivanja od 300 l/ha) do 116,91 kapljica (zelena mlaznica i brzina rada od 8 km/h). Minimalna značajna razlika ($\alpha_{0,05}$) između ovih interakcija iznosi 10,86 kapljica. Statistička značajnost utvrđuje se interakcijom (BC) brzine rada i norme raspršivanja, a vrijednosti se kreću od 68,66 (brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 20 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. Kombinacijama 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.

Uz navedeno, korelacijskom i regresijskom analizom utvrđuje se povećavanje prosječnog broja kapljica/cm^2 uslijed povećanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ($r = 0,89$, $p < 0,05$), grafikon 27.



Grafikon 27. Utjecaj radnog tlaka na broj kapljica/cm^2

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$), osim interakcije BC ($F = 1,57$; $P > 0,05$). Prosječne vrijednosti promjera kapljica za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u tablici 39. (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 39. Analiza varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica

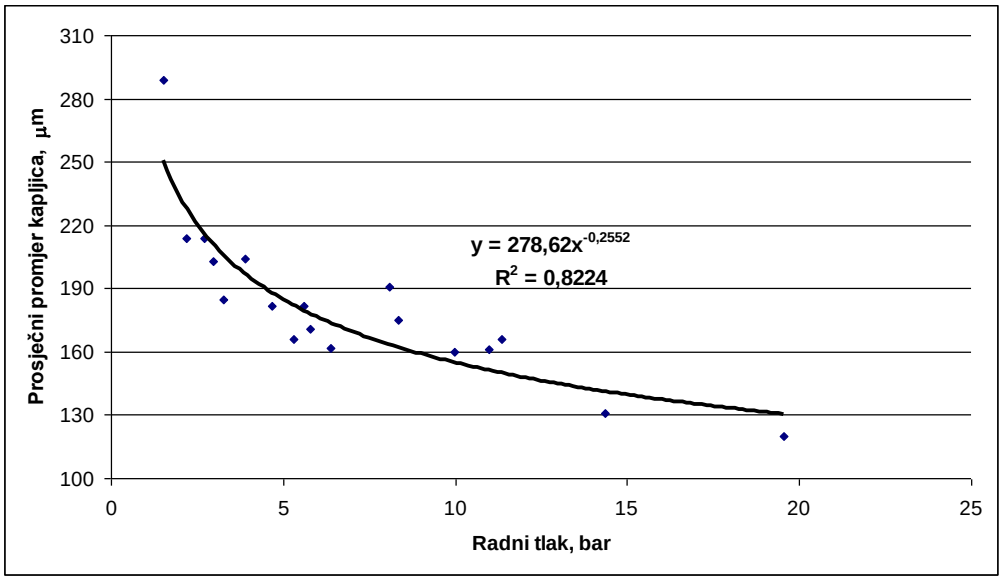
		B_1			B_2	
A	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3
A_1	288,75	213,50	202,50	213,50	204,00	166,00
A_2	185,00	181,75	161,75	170,75	174,50	165,75
A_3	181,50	191,00	161,00	159,50	131,00	120,25
$\overline{X}$ BC	218,41	195,41	175,08	181,25	169,83	150,66

	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

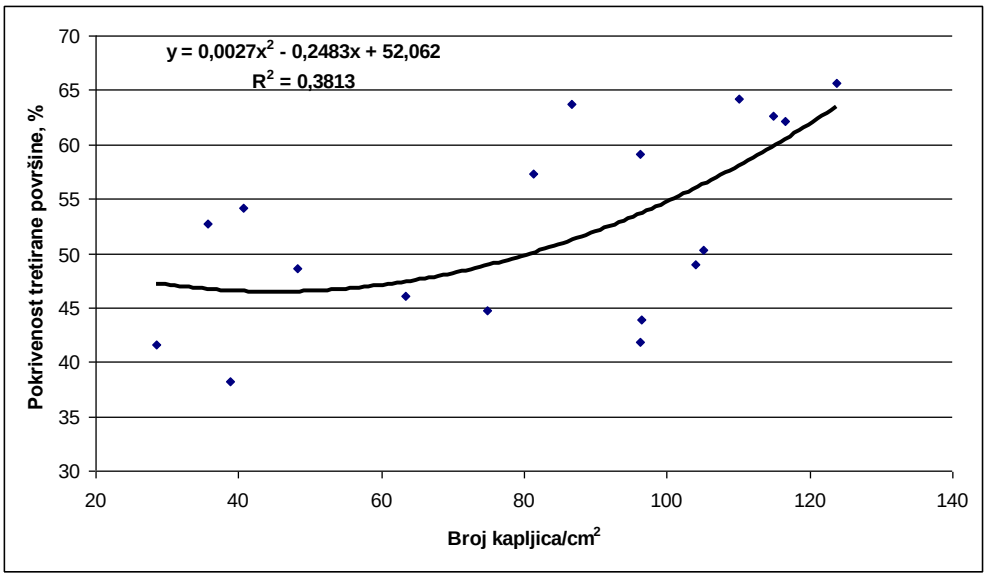
A = tip mlaznice; B = brzina rada, km/h; C = norma raspršivanja, l/ha

S obzirom na tip mlaznice, prosječni promjer kapljica sa radijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Arrow*) kreće se od 214,70 (plava) do 157,37 μm (zelena). Razlike u prosječnom promjeru kapljica bile su vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 19,30%. Zelena mlaznice raspršuje kapljice manjeg promjera za 26,70% u odnosu na plavu mlaznicu i 9,16% u odnosu na žutu mlaznicu. Promatranjem brzine rada prosječni promjer kapljica kreće se od 196,30 (6 km/h) do 167,25 μm (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja raspršuje kapljice manjeg promjera za 14,79%. S obzirom na normu raspršivanja, prosječni promjer kapljica kreće se od 199,83 (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%. Nadalje, norma 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. Analizom varijance signifikantnost pokazuju interakcije tipa mlaznice i brzine rada (AB), a prosječni promjer kapljica kreće se od 234,91 (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 sa iznosom od 9,30 μm. Interakcijom tipa mlaznice i norme raspršivanja (AC) prosječni promjer iznosi od 251,12 (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. Kombinacijom sva tri tehnička čimbenika raspršivanja ostvaruje se statistički značajna razlika pa se vrijednosti kreću od 288,75 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja 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. Uz navedeno, korelacijskom i regresijskom analizom utvrđuje se smanjivanje prosječnog promjera kapljica uslijed povećavanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ($r = - 0,90$, $p < 0,05$), grafikon 28.



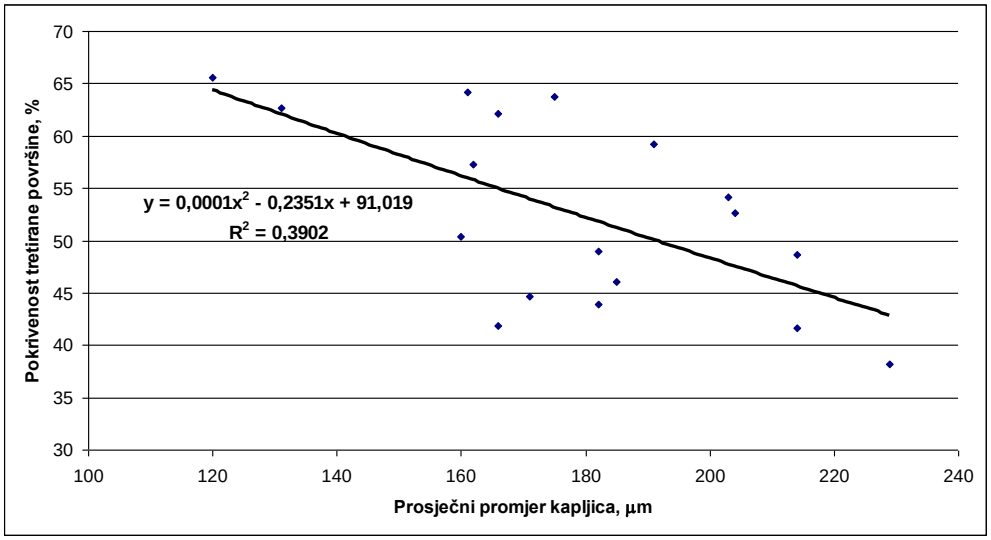
Grafikon 28. Utjecaj radnog tlaka na prosječni promjer kapljica

Proučavanjem odnosa pokrivenosti tretirane površine i broja kapljica/cm^2 utvrđuje se značajno povećanje pokrivenosti tretirane površine uslijed povećanja broja kapljica/cm^2 ($r = 0,61$, $p < 0,05$), grafikon 29.



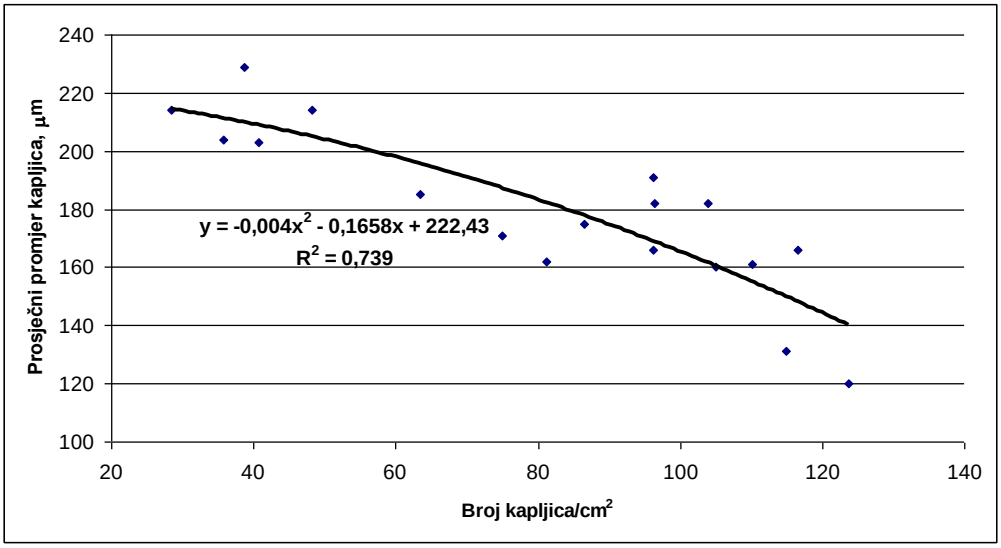
Grafikon 29. Utjecaj broja kapljica na pokrivenost tretirane površine

Pri promatranju odnosa pokrivenosti tretirane površine i prosječnog promjera kapljica utvrđuje se značajno smanjivanje pokrivenosti tretirane površine uslijed povećavanja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,62$, $p < 0,05$), grafikon 30.



Grafikon 30. Utjecaj prosječnog promjera kapljica na pokrivenost tretirane površine

Pri povećanju broja kapljica/cm^2 kroz istraživanje dolazi do značajnog smanjivanja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,85$, $p < 0,05$), grafikon 31.



Grafikon 31. Utjecaj broja kapljica na prosječni promjer kapljica

5.8.2.3. Rezultati mjerenja zanošenja tekućine (*drift*)

Provođenjem istraživanja zanošenja tekućine (*drift*) u vinogradu sa radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) ostvareni su rezultati prikazani u tablici 40.

Tablica 40. Rezultati ostvarenog zanošenja tekućine u vinogradu sa 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

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

Analizom tablice 32. uočava se da najveće zanošenje tekućine od 23,15 % ostvaruje tretman sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 350 l/ha. Najmanje zanošenje tekućine od 7,67% ostvaruje tretman sa žutom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 250 l/ha. Eksploatacijom radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu prosječno zanošenje tekućine iznosi 14,26%, sa prosječnim otklonom između ponavljanja od 4,03%. Intenzitet zanošenja se izražava preko pokrivenosti vodoosjetljivih papirića kako je označeno u tablici 33., a u tablici 40. sa plusom se označava tretman koji predstavlja najbolji odnos pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine. Stoga prema tablici 40. primjećuje se da 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. Pomoću neparametrijske statistike (*sign test*) utvrđuje se veći intenzitet zanošenja tekućine sa desnom stranom raspršivača s obzirom na lijevu u iznosu od 2,73% ($Z = 3,06$, $p < 0,05$).

Pomoću faktorijalne analize varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$). Prosječne vrijednosti zanošenja tekućine za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u tablici 41. (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 41. 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	

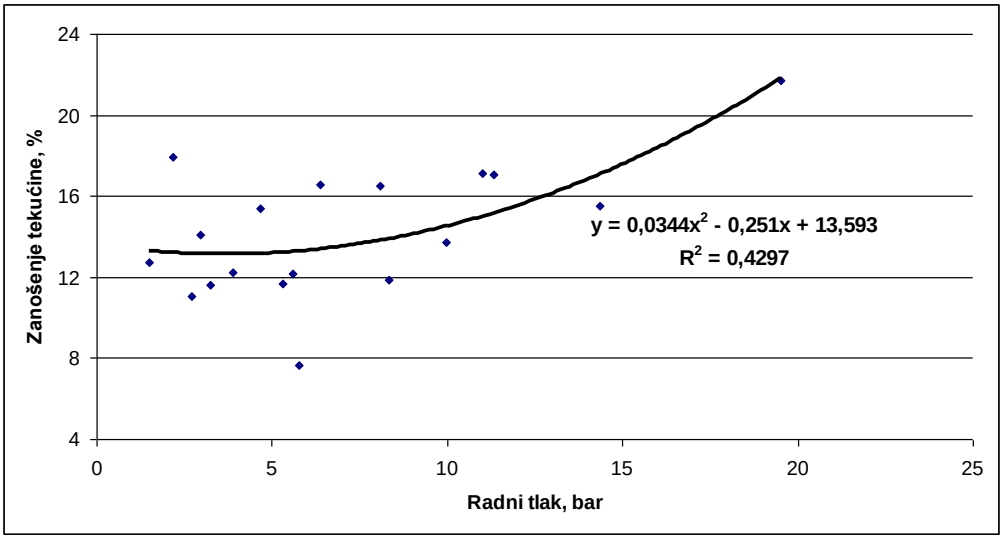
ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD 0,05	0,25	0,34	0,23	0,66	0,45	0,34	0,76
LSD 0,01	0,34	0,45	0,31	0,93	0,65	0,48	1,27
F - test	144,55**	253,05**	242,74**	213,42**	84,68**	123,52**	70,51**
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

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

S obzirom na tip mlaznice, zanošenje tekućine sa radijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Arrow*) kreće se od 13,27% (plava – 2. kategorija) do 16,12% (zelena – 2. kategorija). Razlike u zanošenju tekućine bile su vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 7,65%. Zelena mlaznice ostvaruje veće zanošenje za 17,67% u odnosu na plavu mlaznicu i 10,85% u odnosu na žutu mlaznicu. Promatranjem brzine rada, zanošenje tekućine kreće se od 15,69 (6

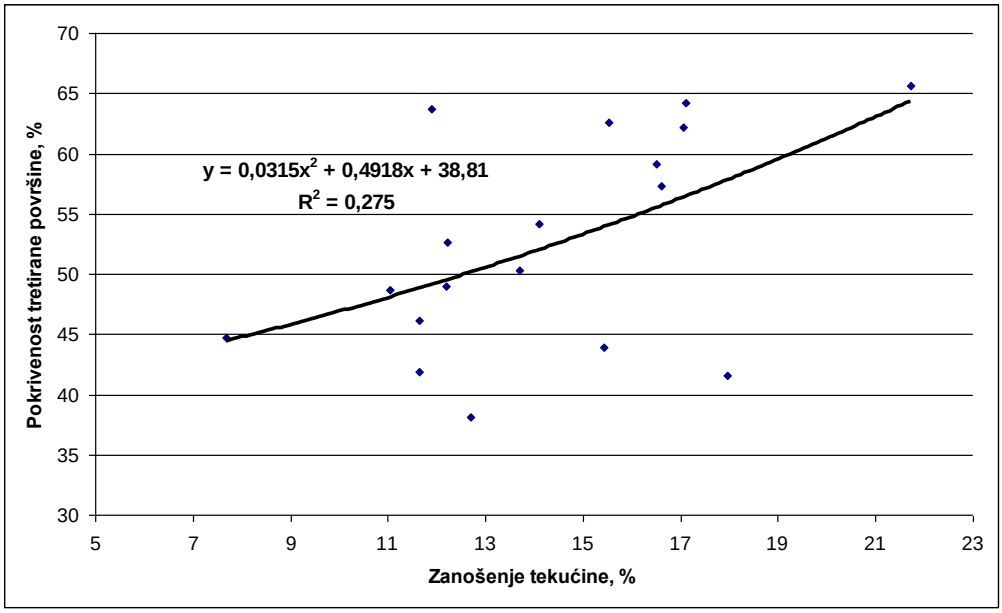
km/h – 2. kategorija) do 13,49% (8 km/h – 2. kategorija). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 6 km/h koja ostvaruje veće zanošenje tekućine za 14,02%.

S obzirom na normu raspršivanja, zanošenje tekućine kreće se od 12,65% (250 l/ha – 2. kategorija) do 16,37% (350 l/ha – 2. kategorija). Razlike u zanošenju tekućine bile su vrlo značajne i to norma od 300 l/h u odnosu na 250 l/ha za 14,23%. 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/ha. Analizom varijance vrlo značajnu razliku pokazuju sve navedene interakcije istraživanja. S obzirom na interakciju AB, zanošenje 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 sa razlikom od 0,66%. Interakcijom AC ostvaruje se zanošenje tekućine 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 sa razlikom od 0,45%. Interakcijom BC zanošenje iznosi 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%. Uz navedeno, korelacijskom regresijskom analizom utvrđuje se povećavanje zanošenja tekućine uslijed povećavanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ($r = 0,65$, $p < 0,05$), grafikon 32.



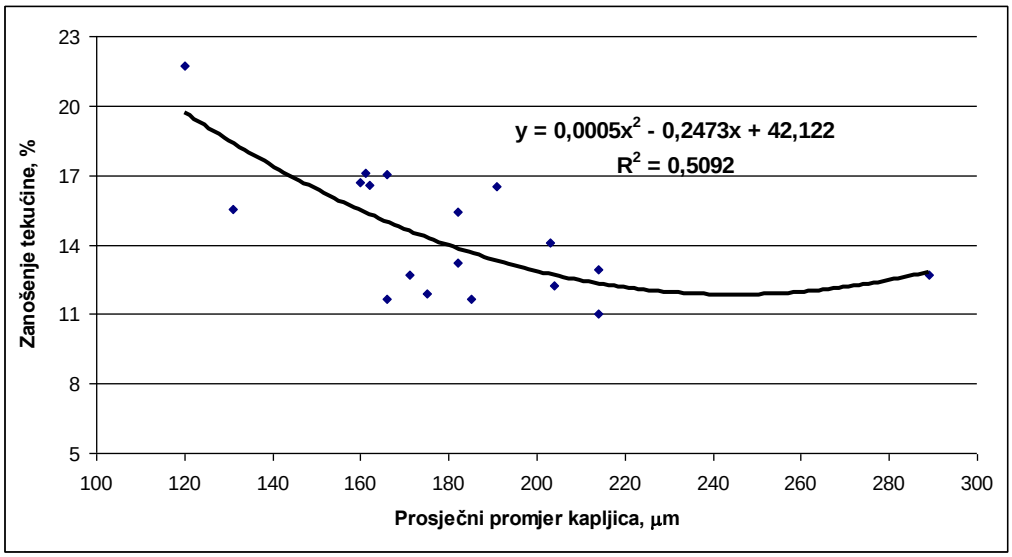
Grafikon 32. Utjecaj radnog tlaka na zanošenje tekućine

Proučavanjem odnosa pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno povećanje zanošenja tekućine uslijed povećavanja pokrivenosti tretirane površine ($r = 0,52$, $p < 0,05$ – slaba veza), grafikon 33.



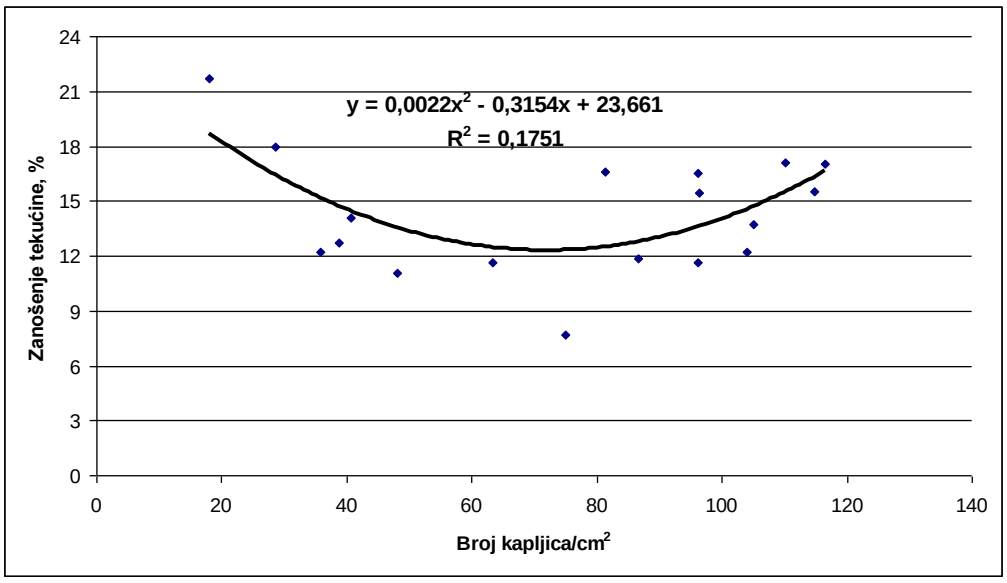
Grafikon 33. Utjecaj zanošenja tekućine na pokrivenost tretirane površine

Pri promatranju odnosa prosječnog promjera kapljica i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno smanjenje zanošenja tekućine uslijed povećanja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,71$, $p < 0,05$), grafikon 34.



Grafikon 34. Utjecaj prosječnog promjera kapljica na zanošenje tekućine

Proučavanjem odnosa broja kapljica/cm^2 i zanošenja tekućine kroz istraživanje utvrđuje se izostanak značajne povezanosti (r = 0,41, p > 0,05, n.s.), grafikon 35.



Grafikon 35. Utjecaj broja kapljica/cm^2 na zanošenja tekućine

5.8.3. Usporedba glavnih svojstava istraživanja između aksijalnog (*Hardi Zaturn*) i radijalnog (*Hardi Arrow*) raspršivača u vinogradu

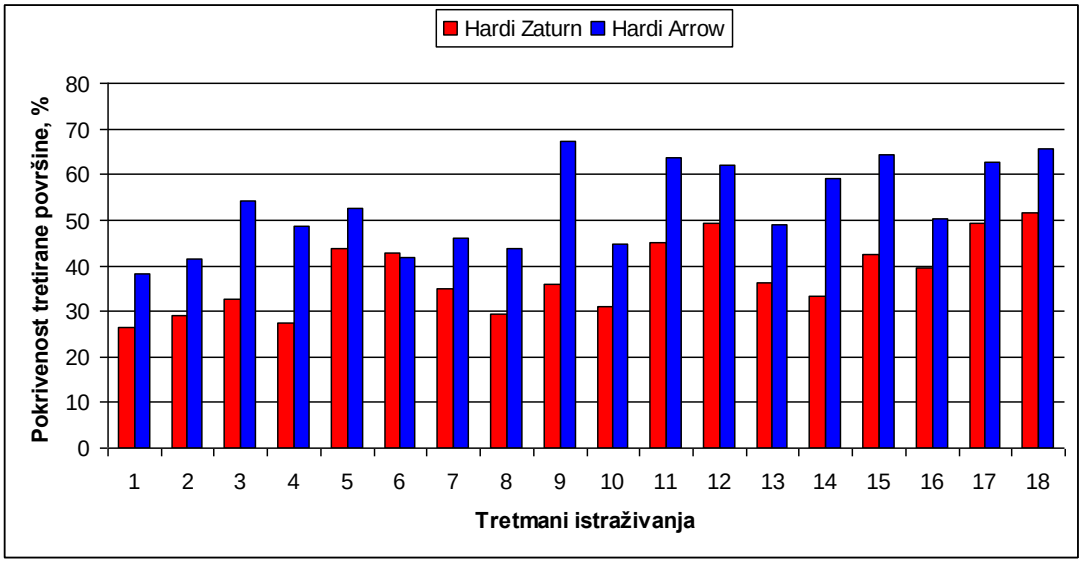
S obzirom na konstrukcije razlike navedena dva raspršivača, realno je za očekivati da su rezultati glavnih svojstava istraživanja različiti. Usporedba se obavlja pomoću neparametrijskog *sign test* za sve tretmane istraživanja (jedna varijabla za aksijalni i jedna za radijalni raspršivač) uz statističku značajnost α = 0,05. Također, obavljena je usporedba parova varijabli pomoću *Wilcoxon Matched Pairs Testa* (α = 0,05). Rezultati ostvarenih vrijednosti prikazani su u tablici 42.

Tablica 42. Razlike glavnih svojstava istraživanja u vinogradu

Raspršivač	$\bar{A}_p$, %	$\bar{n}_k$ /cm^2	$\bar{d}_k$, µm	Zanošenje tekućine, %
Hardi Zaturn	37,84	78,93	190,11	18,33
Hardi Arrow	53,15	81,67	182,28	14,59
Razlika, %	28,80	3,36	4,11	20,40
Z^+	3,53*	2,12*	1,64 n.s.	2,59*
p^+	0,000	0,033	0,098	0,009
Z^{++}	3,68*	2,19*	1,76 n.s.	3,28*
p^{++}	0,000	0,027	0,077	0,001

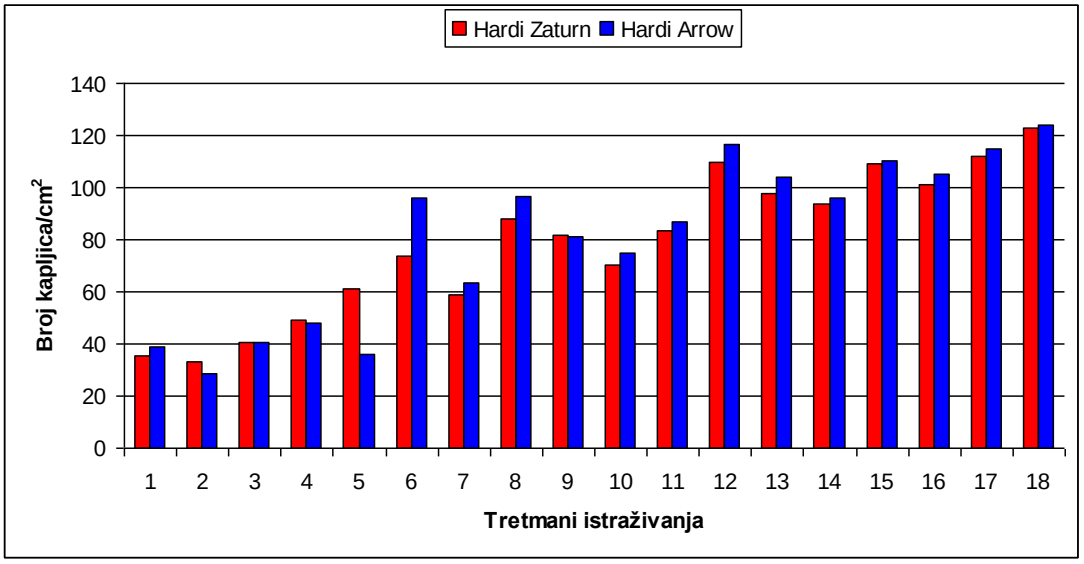
+ sign test; *++ Wilcoxon Matched Pairs Test*

Prosječna pokrivenost tretirane površine u vinogradu kreće se od 37,84% (*Hardi Zaturn*) do 53,15% (*Hardi Arrow*). Značajno veću pokrivenost (Z = 3,53; p < 0,05) ostvaruje raspršivač *Hardi Arrow* sa razlikom od 28,80%, grafikon 36.



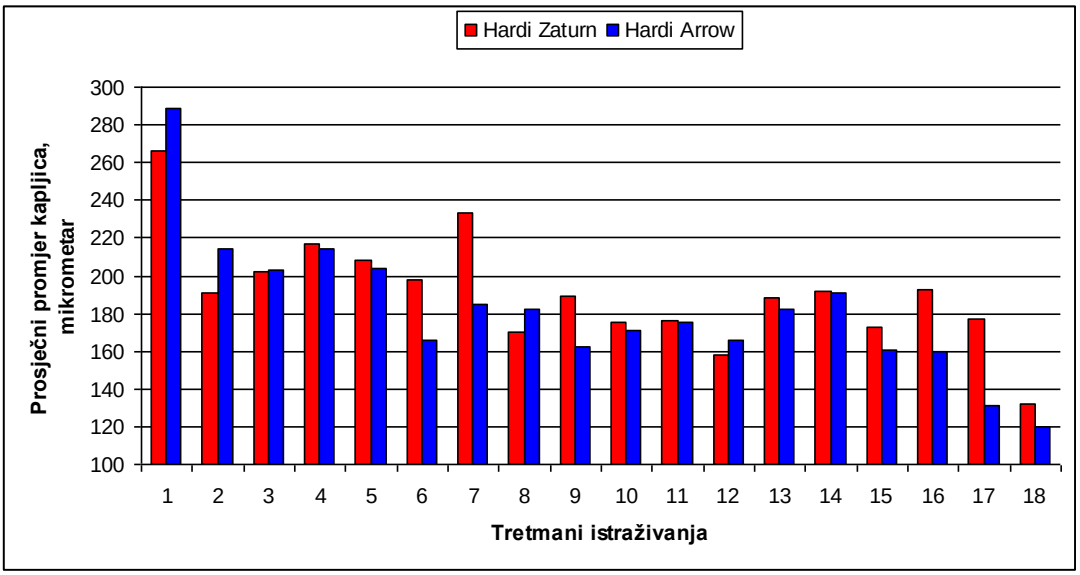
Grafikon 36. Prosječna pokrivenost tretirane površine pri radu oba raspršivača u vinogradu

Prosječni broja kapljica/cm^2 kreće se od 78,93 (*Hardi Zaturn*) do 81,68 kapljica (*Hardi Arrow*), te *Harrdi Arrow* ostvaruje veći broj kapljica za 3,36%, (Z = 2,12, p < 0,05), grafikon 37.



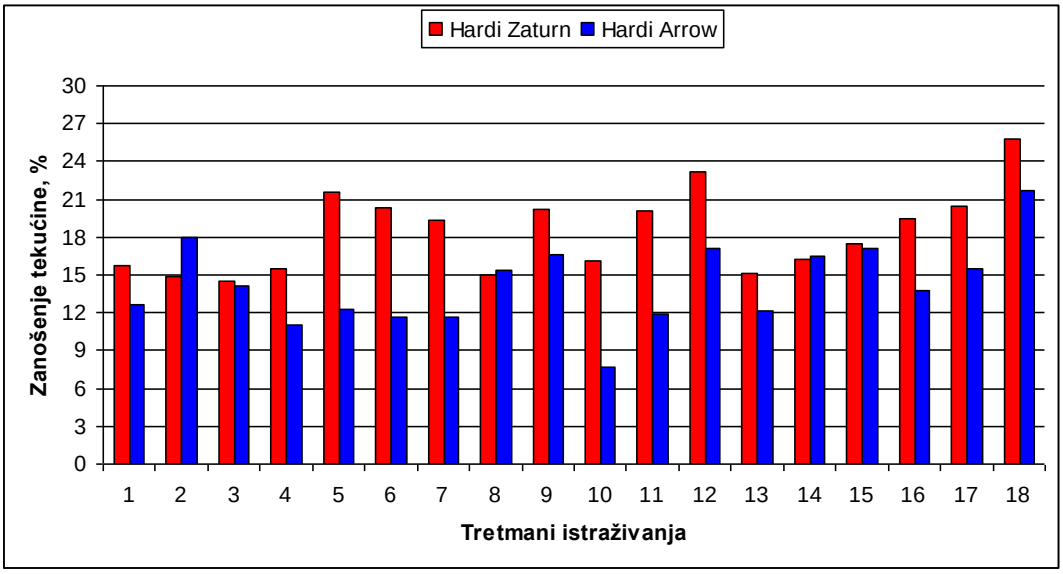
Grafikon 37. Prosječni broj kapljica/cm^2 pri radu oba raspršivača u vinogradu

Prosječni promjer kapljica kreće se od 190 µm (*Hardi Zaturn*) do 182 µm (*Hardi Arrow*). Razlike su minimalne i iznose 4,21%, no nesignifikantno (Z = 1,64, p > 0,05), grafikon 38.



Grafikon 38. Prosječni promjer kapljica pri radu oba raspršivača u vinogradu

Prosječno zanošenje tekućine (*drift*) kreće se od 18,33% (*Hardi Zaturn*) do 14,59% (*Hardi Arrow*). Značajno veće zanošenje ($Z = 2,59$, $p < 0,05$) tekućine ostvaruje raspršivač *Hardi Zaturn* u iznosu od 20,40%, grafikon 39.



Grafikon 39. Prosječno zanošenje tekućine pri radu oba raspršivača u vinogradu

5.8.4. Rezultati mjerenja glavnih svojstva istraživanja sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) u nasadu jabuke

5.8.4.1. Rezultati mjerenja pokrivenosti tretirane površine

Provođenjem istraživanja pokrivenosti tretirane površine u nasadu jabuke sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) ostvareni su rezultati prikazani u tablici 43. gdje se sa jednom zvjezdicom (*) označava prosječna pokrivenost tretirane površine po tretmanu, a sa dvije zvjezdice (**) označava se prosječna pokrivenost tretirane površine po visinama i podijeljena je na tri stupca (D – donja razina, S – srednja razina, V – vršna razina).

Tablica 43. Rezultati ostvarene prosječne pokrivenosti tretirane površine po pojedinom tretmanu – *Hardi Zaturn* u nasadu jabuke

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

S obzirom na navedenu tablicu uočava se da najveću pokrivenost tretirane površine od 54,40% ostvaruje tretman sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 400 l/ha. Najmanju pokrivenost tretirane površine od 28,46% ostvaruje

tretman sa plavom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 250 l/ha. Eksploatacijom aksijalnog raspršivača (*Hardi Zaturn*) u nasadu jabuke prosječna pokrivenost tretirane površine iznosi 38,90%, sa prosječnim otklonom između ponavljanja od 9,49%. Pomoću neparametrijske statistike (*sign test*) utvrđuje se manja prosječna pokrivenost donje razine trsa u odnosu na srednju za 19,32% ($Z = 3,06$; $p < 0,05$), te u odnosu na vršnu za 32,36% ($Z = 4,00$; $p < 0,05$). Promatranjem srednje i vršne razine trsa, veća pokrivenost tretirane površine ostvaruje se u vršnoj razini sa razlikom od 16,16% ($Z = 2,12$; $p < 0,05$).

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici statistički visoko značajni ($P < 0,01$) i značajni ($P < 0,05$), osim interakcije (AC) tip mlaznice x norma raspršivanja ($F = 1,46$; $P > 0,05$) i interakcije ABC ($F = 2,39$; $P > 0,05$). Prosječne vrijednosti pokrivenosti tretirane površine za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u tablici 44.

Tablica 44. 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	28,45	32,58	36,31	26,03	35,06	46,00
A_2	28,83	33,01	39,10	41,43	40,16	53,79
A_3	30,52	41,01	47,19	41,23	45,96	54,39
$\overline{X}$ BC	29,27	35,53	40,87	36,23	40,39	51,39

	Interakcija AB			Interakcija AC		
	B_1	B_2		C_1	C_2	C_3	$\overline{X}$ A
A_1	32,45	35,69		27,24	33,82	41,15	34,07
A_2	33,65	45,13		35,13	36,58	46,45	39,39
A_3	39,57	47,19		35,87	43,48	50,79	43,38
$\overline{X}$ B	35,22	42,67	$\overline{X}$ C	32,75	37,96	46,13	

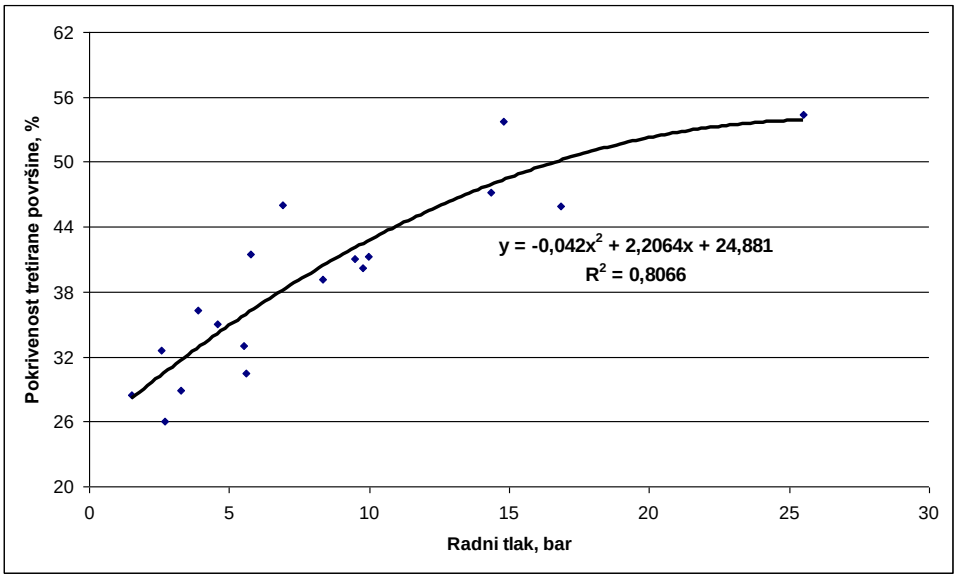
ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD $_{0,05}$	3,17	0,87	2,37	1,67	4,60	3,55	7,84
LSD $_{0,01}$	4,30	1,14	3,22	2,35	6,70	4,98	13,00
F - test	34,76**	66,31**	72,48**	6,76**	1,46 n.s.	3,26*	2,39 n.s.
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023	0,2270	0,0456	0,0615

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

Iz tablice 44. uočavaju se tri različita tipa mlaznica (A_1 - plava mlaznica, A_2 - žuta mlaznica, A_3 - zelena mlaznica), dvije različite brzine rada (B_1 - 6 km/h, B_2 - 8 km/h) te tri različite norme raspršivanja (C_1 - 250 l/ha, C_2 - 300 l /ha, C_3 - 350 l/ha). S obzirom na tip mlaznice,

pokrivenost tretirane površine sa aksijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Zaturn*) kreće se od 34,07% (plava) do 43,38% (zelena). Razlike u pokrivenosti tretirane površine bile su vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 13,50%. Zelena mlaznice pokazuje bolju pokrivenost za 21,46% u odnosu na plavu mlaznicu i 9,19% u odnosu na žutu mlaznicu. Promatranjem brzine rada, pokrivenost tretirane površine kreće se od 35,22% (6 km/h) do 42,67% (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje bolju pokrivenost površine za 17,45%. S obzirom na normu raspršivanja, pokrivenost tretirane površine kreće se od 32,75% (250 l/ha) do 46,13% (400 l/ha). Razlike u pokrivenosti tretirane površine bile su vrlo značajne i to norma od 325 l/h u odnosu na 250 l/ha za 13,72%. Norma raspršivanja od 400 l/ha pokazuje bolju pokrivenost za 29,00% u odnosu na 250 l/ha i 17,71% u odnosu na 325 l/ha.

Analizom varijance statističku značajnost pokazuje interakcija (AB) tipa mlaznice i brzine rada, a pokrivenost se kreće od 32,45 (plava mlaznica i brzina rada od 6 km/h) do 47,19% (zelena mlaznica i brzina rad od 8 km/h). Za navedene interakcije vrijedi minimalna značajnost između interakcija od 1,67%. Statistički značajnu razliku pokazuje interakcija (BC) brzine rada i norme raspršivanja, a pokrivenost tretirane površine se kreće od 29,27 (brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 51,39% (brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha). Za ove interakcije vrijedi signifikantnost između interakcija od 3,55%. Korelacijskom i regresijskom analizom utvrđuje se povećavanje prosječne pokrivenosti tretirane površine uslijed povećavanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ($r = 0,89$, $p < 0,05$), grafikon 40.



Grafikon 40. Utjecaj radnog tlaka na pokrivenost tretirane površine

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

Provođenjem istraživanja s ciljem utvrđivanja prosječnog promjera kapljica i broja kapljica/cm^2 u nasadu jabuke sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) ostvareni su rezultati prikazani u tablici 45.

Tablica 45. Rezultati ostvarene veličine i broja kapljica/cm^2 sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) u nasadu jabuke

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

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

Najmanji prosječni broj kapljica/cm^2 (51,83) utvrđen je kod tretmana sa plavomm mlaznicom, brzini rada od 6 km/h, normi raspršivanja od 250 l/ha te radnim tlakom od 1,51 bar, dok je najveći prosječni broj kapljica/cm^2 (155,67) utvrđen kod tretmana sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h, normom raspršivanja od 400 l/ha te radnim tlakom od 25,52 bar. Najmanji prosječni promjer kapljica (131,15 μm) utvrđen je kod tretmana sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h, normom raspršivanja od 400 l/ha te radnim tlakom od 25,52 bar, dok je najveći prosječni promjer kapljica (204,41 μm) utvrđen kod tretmana sa žutom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h, normom raspršivanja od 250 l/ha te radnim tlakom od 3,25 bar.

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm^2, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici visokosignifikantni (P < 0,01), osim interakcije (BC) brzine rada i norme raspršivanja (F = 1,86; P > 0,05). Prosječne vrijednosti broja kapljica/cm^2 za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u tablici 46. (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 - 325 l /ha, C_3 - 400 l/ha).

Tablica 46. 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	51,83	57,08	77,66	64,87	69,83	72,91
A_2	76,08	79,20	92,83	83,58	86,00	108,16
A_3	77,25	101,33	107,75	99,58	111,75	155,66
$\overline{x}$ BC	68,38	79,20	92,75	82,68	89,19	112,25

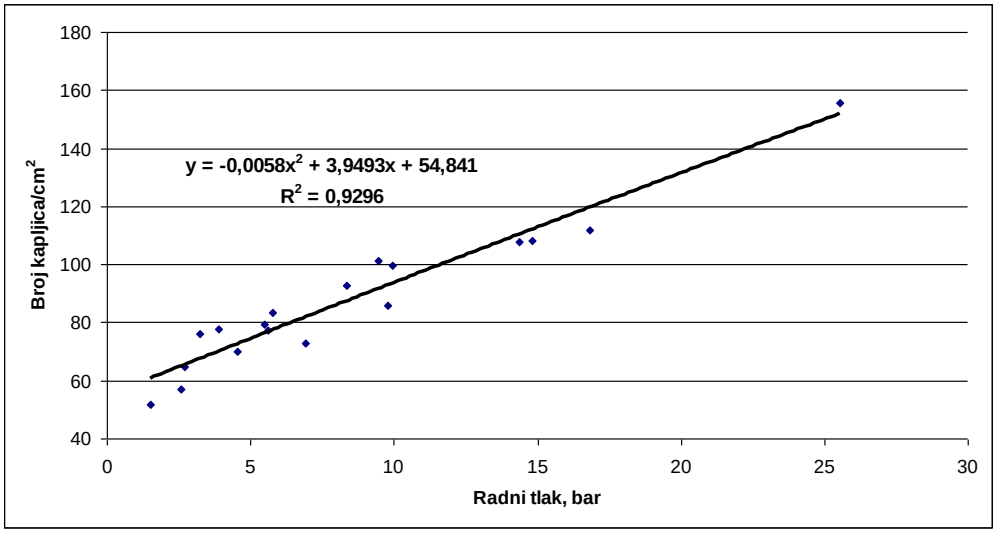
	Interakcija AB		Interakcija AC			
	B_1	B_2	C1	C_2	C_3	$\overline{x}$ A
A_1	62,19	69,20	58,35	63,45	75,29	65,70
A_2	82,70	92,58	79,83	82,60	100,50	87,64
A_3	95,44	122,33	88,41	106,54	131,70	108,88
$\overline{x}$ B	80,11	94,70	$\overline{x}$ C 75,53	84,20	102,50	

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD $_{0,05}$	7,44	3,74	4,26	7,21	8,25	6,37	14,05
LSD $_{0,01}$	10,01	4,93	5,78	10,11	12,01	8,93	23,31
F - test	153,48**	52,56**	62,37**	9,49**	5,78**	1,86 n.s.	5,83**
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0005	0,1643	0,0005

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

S obzirom na tip mlaznice, broj kapljica/cm^2 sa aksijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Zaturn*) kreće se od 65,70 (plava) do 108,88 kapljica (zelena). Razlike u broju kapljica/cm^2 bile su visokosignifikantne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 25,03%. Zelena mlaznice raspršuje više kapljica/cm^2 za 39,65% u odnosu na plavu mlaznicu i 19,50% u odnosu na žutu mlaznicu. Promatranjem brzine rada broj kapljica/cm^2 kreće se od 80,11 (6 km/h) do 94,70% (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja raspršuje više kapljica/cm^2 za 15,40%. S obzirom na normu raspršivanja, broj kapljica/cm^2 se kreće od 75,53 (250 l/ha) do 102,50 kapljica (400 l/ha). Razlike u broju kapljica/cm^2 bile su vrlo značajne i to norma od 325 l/h u odnosu na 250 l/ha za 10,29%. Norma od 400 l/ha raspršuje veći broj kapljica/cm^2 za 26,31% u odnosu na 250 l/ha i 17,85% u odnosu na

325 l/ha. Analizom varijance značajnu razliku pokazuje interakcija tipa mlaznice i brzine rada (AB), a broj kapljica/cm^2 se kreće od 62,19 (plava mlaznica i brzina rada od 6 km/h) do 122,33 kapljica (zelena mlaznica i brzina rad od 8 km/h). Za navedene interakcije vrijedi minimalna statistička značajnost između interakcija od 7,21 kapljica. Interakcijom (AC) tipa mlaznice i norme raspršivanja broj kapljica/cm^2 kreće se od 58,35 (plava mlaznica i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 131,70 kapljica (zelena mlaznica i norma raspršivanja od 400 l/ha) uz minimalnu statističku značajnost između interakcija u iznosu od 8,25 kapljica. Kombinacijama sva tri tehnička čimbenika raspršivanja ostvaruje se značajna razlika pa se vrijednosti kreću od 51,83 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 300 l/ha) do 155, kapljica/cm^2 (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha) uz minimalnu statističku značajnost između interakcija od 14,05 kapljica/cm^2.
Uz navedeno, regresijskom analizom utvrđuje se povećavanje prosječnog broja kapljica/cm^2 uslijed povećavanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ($r = 0,96$, $p < 0,05$), grafikon 41.



Grafikon 41. Utjecaj radnog tlaka na broj kapljica/cm^2

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su samo glavni tehnički čimbenici raspršivanja vrlo značajni. Prosječne vrijednosti promjera kapljica za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u tablici 47. (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 - 325 l /ha, C_3 - 400 l/ha).

Tablica 47. 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	184,25	190,75	195,75	193,00	170,75	165,50
A_2	204,00	182,50	167,00	190,00	163,50	147,75
A_3	195,75	163,25	146,00	154,50	150,75	131
$\overline{x}$ BC	194,66	178,83	169,58	179,16	161,66	148,03

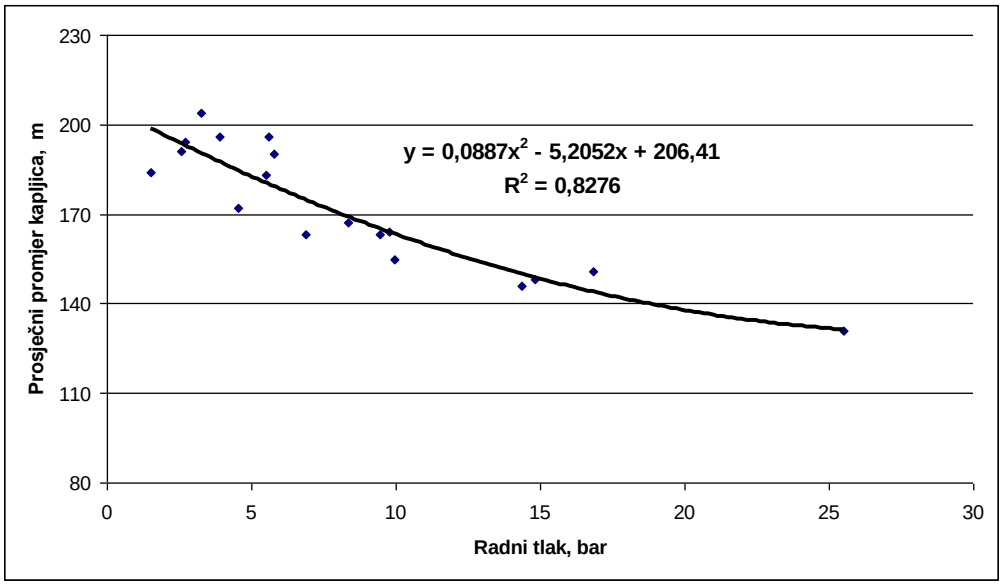
	Interakcija AB		Interakcija AC			
	B_1	B_2	C_1	C_2	C_3	$\overline{x}$ A
A_1	190,25	176,41	188,62	180,75	180,62	183,33
A_2	184,50	167,08	197,00	173,00	157,37	175,79
A_3	168,33	145,41	175,12	157,00	138,00	156,87
$\overline{x}$ B	181,02	162,97	$\overline{x}$ C 186,91	170,25	158,83	

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD $_{0,05}$	5,34	5,23	7,22	10,07	13,97	10,78	23,78
LSD $_{0,01}$	7,24	6,8	9,78	14,12	20,32	15,11	39,45
F - test	16,47**	21,68**	17,68**	0,46 n.s.	2,31 n.s.	0,21 n.s.	2,37 n.s
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,6311	0,0694	0,8090	0,0635

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

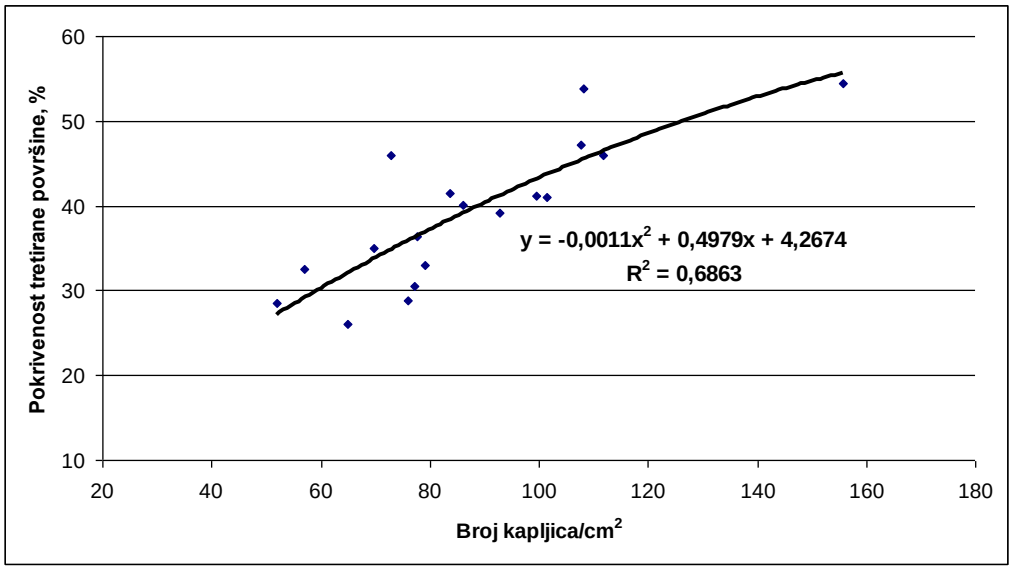
S obzirom na tip mlaznice, prosječni promjer kapljica sa aksijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Zaturn*) kreće se od 183,33 (plava) do 156,87 μm (zelena). Razlike u prosječnom promjeru kapljica bile su vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 4,11%. Nadalje, zelena mlaznice raspršuje kapljice manjeg promjera za 14,43% u odnosu na plavu mlaznicu i 10,76% u odnosu na žutu mlaznicu. Promatranjem brzine rada prosječni promjer kapljica kreće se od 181,02 (6 km/h) do 162,97 μm (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja raspršuje kapljice manjeg promjera za 9,97%. S obzirom na normu raspršivanja, prosječni promjer kapljica kreće se od 186,91 (250 l/ha) do 158,83 μm (400 l/ha). Razlike u prosječnom promjeru bile su vrlo značajne i to norma od 325 l/h u odnosu na 250 l/ha za 8,91%. Norma od 400 l/ha raspršuje kapljice manjeg promjera za 15,02% u odnosu na 250 l/ha i 6,70% u odnosu na 325 l/ha.

Uz navedeno, regresijskom analizom utvrđuje se smanjivanje prosječnog promjera kapljica uslijed povećavanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ($r = - 0,90$, $p < 0,05$), grafikon 42.



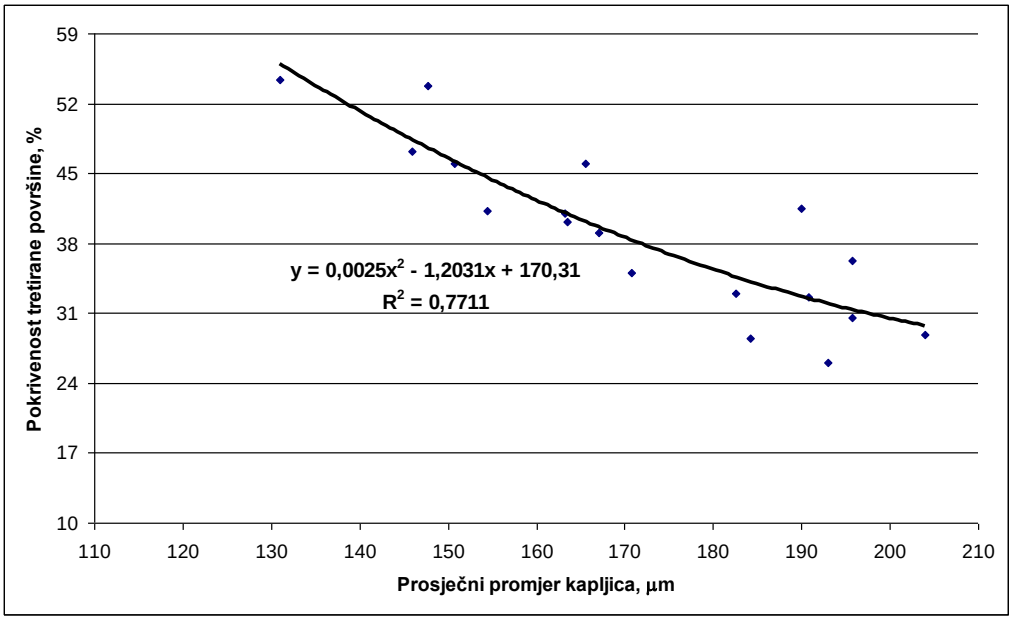
Grafikon 42. Utjecaj radnog tlaka na prosječni promjer kapljica

Proučavanjem odnosa pokrivenosti tretirane površine i broja kapljica/cm^2 utvrđuje se značajno povećanje pokrivenosti tretirane površine uslijed povećanja broja kapljica/cm^2 ($r = 0,82$, $p < 0,05$), grafikon 43.



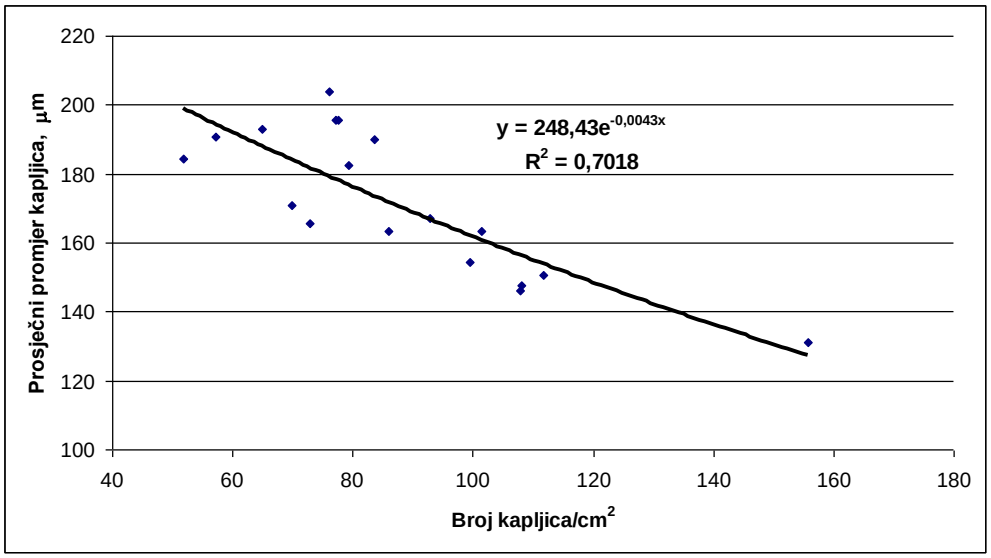
Grafikon 43. Utjecaj broja kapljica/cm^2 na pokrivenost tretirane površine

Pri promatranju odnosa pokrivenosti tretirane površine i prosječnog promjera kapljica utvrđuje se značajno smanjivanje pokrivenosti tretirane površine uslijed povećavanja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,87$, $p < 0,05$), grafikon 44.



Grafikon 44. Utjecaj prosječnog promjera kapljica na pokrivenost tretirane površine

Pri povećanju broja kapljica/cm^2 kroz istraživanje dolazi do statistički značajnog smanjivanja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,83$, $p < 0,05$), grafikon 45.



Grafikon 45. Utjecaj broja kapljica/cm^2 na prosječni promjer kapljica

5.8.4.3. Rezultati mjerenja zanošenja tekućine (*drift*)

Provođenjem istraživanja zanošenja tekućine (*drift*) u nasadu jabuke sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) ostvareni su rezultati prikazani u tablici 48.

Tablica 48. Rezultati ostvarenog zanošenja tekućine u nasadu jabuke sa aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*)

Tretman	$\bar{A}_p$, %	$\bar{v}_v$, m/s	$\overline{\uparrow}$, °	Zanošenje tekućine, %				
				LS	DS	$\overline{X}$ *	σ	*K.V.*, %
P6250	28,46	0,90	206,82	12,88	12,27	10,12	0,43	3,46
P6325	32,59			18,59	5,02	11,81	0,39	3,28
P6400	36,32			22,41	20,37	21,31	0,26	1,22
P8250	26,03	0,51	102,88	19,74	12,04	15,89	0,21	1,34
P8325	35,07			21,56	12,28	16,92	0,17	0,99
P8400	46,00			41,36	13,46	27,40	0,49	1,80
Ž6250	28,84	0,28	151,19	23,56	14,25	18,90	0,19	1,02
Ž6325	33,01			21,70	16,72	19,21	0,48	2,49
Ž6400	39,10			27,63	26,56	27,09	0,49	1,82
Ž8250	41,44	0,24	321,94	10,67	9,57	12,57	0,48	4,75
Ž8325	40,16			13,64	10,67	12,16	0,47	3,88
Ž8400	53,80			31,50	34,51	33,01	0,57	1,73
Z6250	30,52	0,14	243,14	17,54	11,03	14,28	0,43	3,03
Z6325	41,01			20,65	10,92	15,79	0,25	1,60
Z6400	47,19+			35,20	9,39	22,30+	0,59	2,66
Z8250	41,24	0,16	269,64	31,19	7,22	19,21	0,54	2,79
Z8325	45,96			27,07	14,13	20,60	0,67	3,23
Z8400	54,40			44,51	36,31	40,41	0,18	0,45
			$\overline{X}$	24,52	15,37	19,94	0,41	2,31

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

Analizom podataka u tablici 48. uočava se da najveće zanošenje tekućine od 40,41% ostvaruje tretman sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 400 l/ha. Najmanje zanošenje tekućine od 10,12% ostvaruje tretman sa žutom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 250 l/ha. Eksploatacijom aksijalnog raspršivača (*Hardi Zaturn*) u nasadu jabuke prosječno zanošenje tekućine iznosi 19,94%, sa prosječnim otklonom između ponavljanja od 2,31%. Intenzitet zanošenja izražava se preko pokrivenosti vodoosjetljivih papirića kako je označeno u tablici 33., a u tablici 48. sa plusom se označava tretman koji predstavlja najbolji odnos pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine. Prema tablici 48. primjećuje se da su tijekom istraživanja ostvarene minimalne vrijednosti *drifta* (osim tretmana za zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja

od 400 l/ha – 5. kategorija zanošenja tekućine), a rezultat su optimalno podešenih parametara aplikacije (usmjerenje mlaznica, protok i brzina zraka, radna brzina i drugi) i optimalnih vremenskih uvjeta. Pomoću neparametrijske statistike (*sign test*) utvrđuje se veći intenzitet zanošenja tekućine sa lijevom stranom raspršivača s obzirom na desnu u iznosu 9,15% ($Z = 3,53$, $p < 0,05$). Pomoću faktorijalne analize varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani tehnički čimbenici raspršivanja visoko značajni ($P < 0,01$), tablica 49.

Tablica 49. 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	12,57	11,80	21,39	15,89	16,91	27,40
A_2	18,90	19,20	27,09	10,12	12,15	33,00
A_3	14,28	15,78	22,29	19,20	20,59	40,40
$\overline{x}$ BC	15,25	15,60	23,59	15,07	16,55	33,60

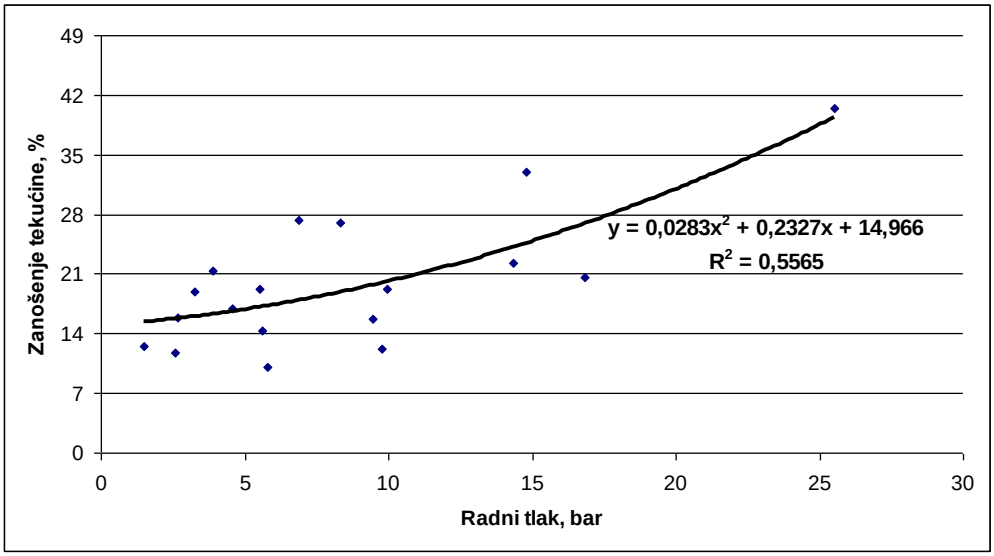
	Interakcija AB		Interakcija AC			
	B_1	B_2	C_1	C_2	C_3	$\overline{x}$ A
A_1	15,25	20,07	14,23	14,36	24,39	17,66
A_2	21,73	18,42	14,51	15,68	30,04	20,08
A_3	17,45	26,73	16,74	18,19	31,25	22,09
$\overline{x}$ B	18,14	21,74	$\overline{x}$ C 15,16	16,07	28,60	

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

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

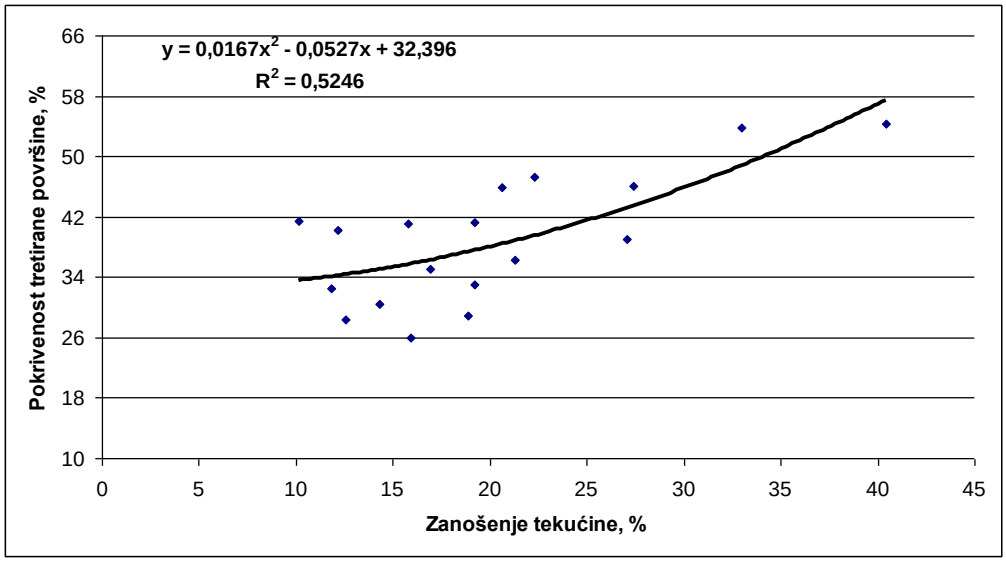
U tablici 49. koriste se slijedeće oznale: A_1 - plava mlaznica, A_2 - žuta mlaznica, A_3 - zelena mlaznica; B_1- 6 km/h, B_2 - 8 km/h; C_1 - 250 l/ha, C_2 - 325 l /ha, C_3 - 400 l/ha. S obzirom na tip mlaznice, zanošenje tekućine sa aksijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Zaturn*) kreće se od 17,66% (plava – 2. kategorija) do 22,09% (zelena - 3. kategorija). Razlike u zanošenju tekućine bile su vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 12,05%. Zelena mlaznice ostvaruje veće zanošenje za 20,05 % u odnosu na plavu mlaznicu i 9,09% u odnosu na žutu mlaznicu. Promatranjem brzine rada, zanošenje tekućine kreće se od 18,14% (6 km/h – 2. kategorija) do 21,74% (8 km/h – 3. kategorija). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veće zanošenje tekućine za 16,55 %. S

obzirom na normu raspršivanja, zanošenje tekućine kreće se od 15,16% (250 l/ha – 2. kategorija) do 28,60% (400 l/ha – 3. kategorija). Razlike u zanošenju tekućine bile su vrlo značajne i to norma od 325 l/h u odnosu na 250 l/ha (za 5,66%). Norma raspršivanja od 400 l/ha pokazuje veće zanošenje za 46,99% u odnosu na 250 l/ha i 43,81% u odnosu na 325 l/ha.
Analizom varijance vrlo značajnu razliku pokazuju sve navedene interakcije istraživanja. S obzirom na interakciju AB (tip mlaznice x brzina rada), zanošenje iznosi od 15,25 (plava mlaznica i brzina rada od 6 km/h) do 26,73% (zelena mlaznica i brzina rada od 8 km/h). Minimalna statistička značajnost ($\alpha_{0,05}$) između navedenih interakcija ostvaruje se sa razlikom od 0,38%. Interakcijom AC (tip mlaznice x norma raspršivanja) ostvaruje se zanošenje tekućine od 14,23% (plava mlaznica i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 31,25% (zelena mlaznica i norma raspršivanja od 400 l/ha). Minimalna značajna razlika ($\alpha_{0,05}$) između navedenih interakcija ostvaruje se sa razlikom od 0,41%. Interakcijom BC (brzina rada x norma raspršivanja) zanošenje iznosi od 15,07 (brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 33,60% (brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha. U ovome slučaju minimalno potrebna značajna razlika ($\alpha_{0,05}$) između interakcija iznosi 0,32%. Kombinacijom sva tri glavna tehnička čimbenika raspršivanja zanošenje se kreće od 10,12 (žuta mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 40,40% (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha). Minimalno potrebna statistički značajna razlika ($\alpha_{0,05}$) između ovih interakcija iznosi 0,71 %.
Korelacijskom i regresijskom analizom utvrđuje se povećanje zanošenja tekućine uslijed povećanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ($r = 0,74$, $p < 0,05$), grafikon 46.



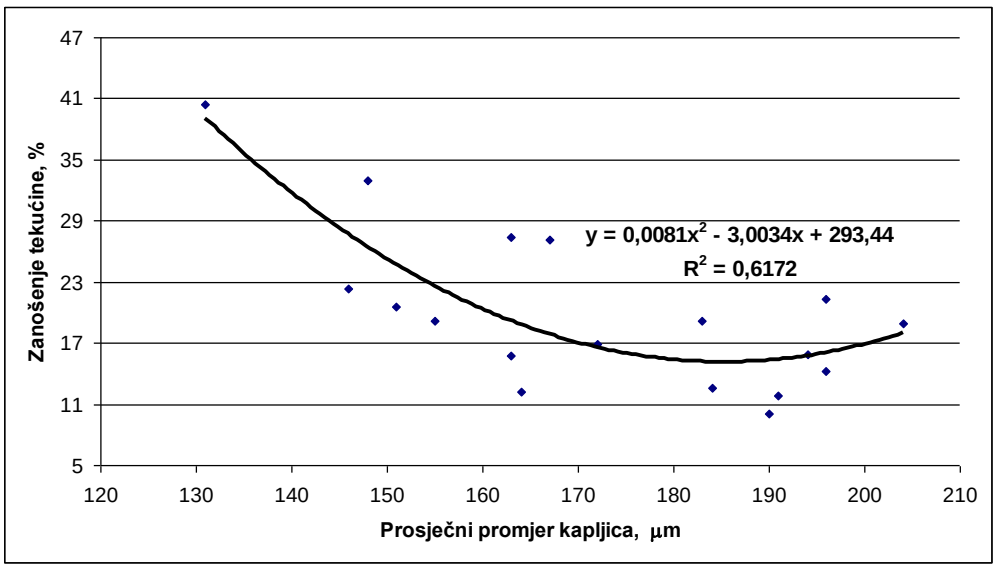
Grafikon 46. Utjecaj radnog tlaka na zanošenje tekućine

Proučavanjem odnosa pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno povećanje zanošenja tekućine uslijed povećavanja pokrivenosti tretirane površine ($r = 0,72$, $p < 0,05$), grafikon 47.



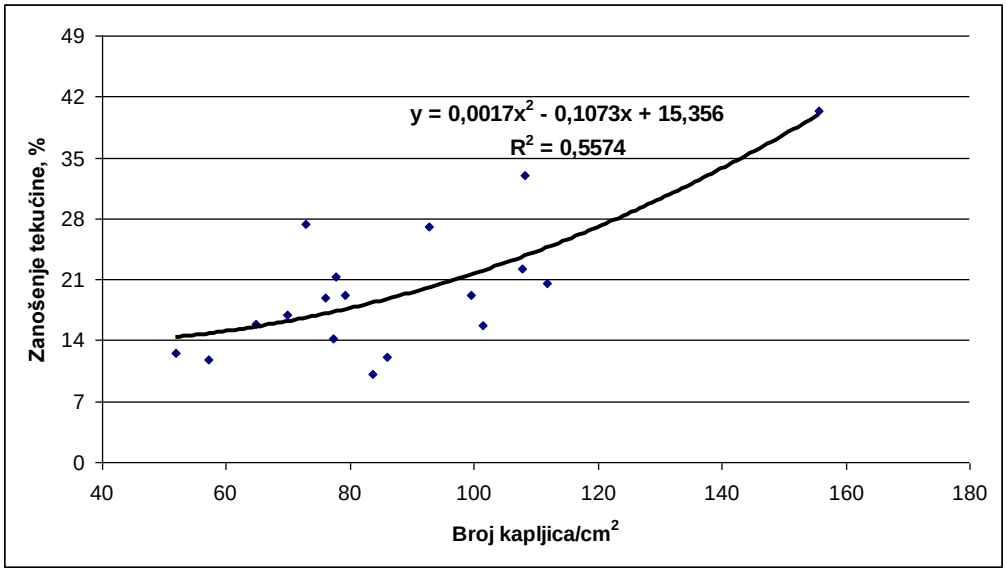
Grafikon 47. Utjecaj zanošenja tekućine na pokrivenost tretirane površine

Pri promatranju odnosa prosječnog promjera kapljica i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno smanjenje zanošenja tekućine uslijed povećavanja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,78$, $p < 0,05$), grafikon 48.



Grafikon 48. Utjecaj prosječnog broja kapljica na zanošenje tekućine

Također, pri povećanju broja kapljica/cm^2 kroz istraživanje dolazi do značajnog povećanja zanošenja tekućine($r = 0,74$, $p < 0,05$), grafikon 49.



Grafikon 49. Utjecaj broja kapljica/cm^2 na zanošenje tekućine

5.8.5. Rezultati mjerenja glavnih svojstva istraživanja sa radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u nasadu jabuke

5.8.5.1. Rezultati mjerenja pokrivenosti tretirane površine

Provođenjem istraživanja pokrivenosti tretirane površine u nasadu jabuke sa radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) ostvareni su rezultati prikazani u tablici 50.

Tablica 50. Rezultati ostvarene prosječne pokrivenosti tretirane površine po pojedinom tretmanu – *Hardi Arrow* u nasadu jabuke

Tretman			Prosječna pokrivenost*, %			σ	*K.V.*, %
Mlaznice	v_r, km/h	N_r, l/ha	Po visinama**				
			D	S	V		
TR 8003C	6	250	32,31			3,45	10,67
			32,83	32,08	32,01	0,45	1,41
TR 8003C	6	325	33,53			1,32	3,95
			33,47	33,92	33,22	0,35	1,06
TR 8003C	6	400	41,32			3,37	8,16
			41,89	41,83	40,24	0,94	2,27
TR 8003C	8	250	31,68			2,32	7,32
			30,98	34,84	29,21	2,88	9,09
TR 8003C	8	325	36,25			4,46	12,31
			35,24	37,02	36,49	0,92	2,53
TR 8003C	8	400	49,39			5,19	10,51
			50,14	48,76	49,27	0,70	1,41
TR 8002C	6	250	28,87			1,98	6,87
			26,13	28,40	32,08	3,01	10,41
TR 8002C	6	325	37,47			1,64	4,38
			35,69	39,27	37,44	1,79	4,77
TR 8002C	6	400	44,53			5,25	11,78
			42,32	42,84	48,43	3,39	7,61
TR 8002C	8	250	46,11			4,18	9,07
			44,64	49,45	46,59	2,42	5,16
TR 8002C	8	325	43,59			1,54	3,54
			42,38	43,07	45,23	1,45	3,32
TR 8002C	8	400	62,16			3,66	5,89
			59,15	62,27	65,06	2,96	4,75
TR 80015C	6	250	31,51			2,10	6,66
			28,37	31,06	35,09	3,38	10,74
TR 80015C	6	325	47,12			4,83	10,25
			42,55	46,96	51,87	4,66	9,89
TR 80015C	6	400	54,16			1,25	2,30
			49,37	54,54	58,58	4,62	8,52
TR 80015C	8	250	51,59			1,22	2,42
			48,33	50,96	53,36	2,51	4,94
TR 80015C	8	325	59,55			2,19	3,68
			57,24	59,22	62,20	2,50	4,20
TR 80015C	8	400	64,87			2,04	3,14
			61,41	64,45	68,76	3,69	5,69
$\overline{X}$ tretmana			44,12			2,89	6,83
$\overline{X}$ visina			42,34	44,30	45,71	2,37	5,43

U tablici 43. sa jednom zvjezdicom (*) označena je prosječna pokrivenost tretirane površine po tretmanu, a sa dvije zvjezdice (**) označava se prosječna pokrivenost tretirane površine po visinama i podijeljena je na tri stupca (D – donja razina, S – srednja razina, V – vršna

razina). S obzirom na navedenu tablicu uočava se da najveću pokrivenost tretirane površine od 64,87% ostvaruje tretman sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 400 l/ha. Najmanju pokrivenost tretirane površine od 28,27% ostvaruje tretman sa žutom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 400 l/ha. Eksploatacijom radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u nasadu jabuke prosječna pokrivenost tretirane površine iznosi 44,12%, sa prosječnim otklonom između ponavljanja od 6,83%. Pomoću neparametrijske statistike (*sign test*) utvrđuje se manja pokrivenost donje razine krošnje u odnosu na srednju razinu za 4,42% ($Z = 2,59$; $p < 0,05$). Nadalje, donja razina ostvaruje manju pokrivenost tretirane površine u odnosu na vršnu razinu za 7,37%, ali bez značajne razlike ($Z = 1,64$; $p > 0,05$). Nesifignikantno značajne razlike ($Z = 0,70$; $p > 0,05$), srednja razina ostvaruje manju pokrivenost površine u odnosu na vršnu (za 3,08%). S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici statistički visokosignifikantni ($P < 0,01$) i signifikantni ($P < 0,05$). Prosječne vrijednosti pokrivenosti tretirane površine za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u tablici 51.

Tablica 51. Analiza varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine

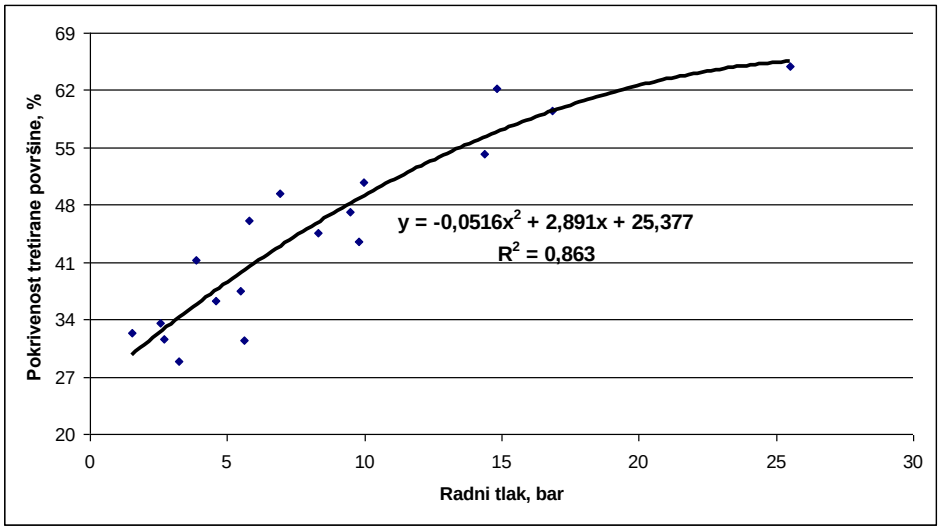
		B_1			B_2	
A	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3
A_1	32,30	33,53	41,32	31,67	36,24	49,39
A_2	28,86	37,46	44,53	46,10	43,59	62,16
A_3	31,50	47,12	54,16	50,69	59,55	64,87
$\overline{x}$ BC	30,89	39,37	46,67	42,82	46,46	58,80

	Interakcija AB		Interakcija AC			
	B_1	B_2	C_1	C_2	C_3	$\overline{x}$ A
A_1	35,71	39,10	31,99	34,89	45,35	37,41
A_2	36,95	50,61	37,48	40,52	53,34	43,78
A_3	44,26	58,37	41,09	53,33	59,51	51,31
$\overline{x}$ B	38,97	49,36	$\overline{x}$ C 36,85	42,91	52,73	

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
$LSD_{0,05}$	1,44	1,62	1,72	3,12	3,33	2,57	5,67
$LSD_{0,01}$	1,95	2,13	2,33	4,38	4,85	3,60	9,41
F - test	113,47**	189,49**	150,42**	21,54**	6,03**	4,78*	5,62**
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0122	0,0007

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

Iz tablice 51. uočavaju se tri različita tipa mlaznica (A_1 - plava mlaznica, A_2 - žuta mlaznica, A_3 - zelena mlaznica), dvije različite brzine rada (B_1 - 6 km/h, B_2 - 8 km/h) te tri različite norme raspršivanja (C_1 - 250 l/ha, C_2 - 300 l /ha, C_3 - 350 l/ha). S obzirom na tip mlaznice, pokrivenost tretirane površine sa radijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Arrow*) kreće se od 37,41% (plava) do 51,31% (zelena). Razlike u pokrivenosti tretirane površine bile su vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 14,55%. Nadalje, zelena mlaznice pokazuje bolju pokrivenost za 27,09% u odnosu na plavu mlaznicu i 14,67% u odnosu na žutu mlaznicu. Promatranjem brzine rada, pokrivenost tretirane površine kreće se od 38,97% (6 km/h) do 49,36% (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje bolju pokrivenost površine za 21,04%. S obzirom na normu raspršivanja, pokrivenost tretirane površine kreće se od 36,85% (250 l/ha) do 52,73% (400 l/ha). Razlike u pokrivenosti tretirane površine bile su vrlo značajne i to norma od 325 l/h u odnosu na 250 l/ha (za 14,12%). Norma raspršivanja od 400 l/ha pokazuje bolju pokrivenost za 30,11% u odnosu na 250 l/ha i 18,62% u odnosu na 325 l/ha. Analizom varijance značajnu razliku pokazuje interakcija (AB) tipa mlaznice i brzine rada, a pokrivenost se kreće od 35,71 (plava mlaznica i brzina rada od 6 km/h) do 58,37% (zelena mlaznica i brzina rad od 8 km/h). Za navedene interakcije vrijedi minimalna statistička značajnost ($\alpha_{0,05}$) između interakcija od 3,12%. Interakcijom (AC) tipa mlaznice i norme raspršivanja vrijednosti pokrivenosti tretirane površine kreću se od 31,99 (plava mlaznica i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 59,51% (zelena mlaznica i norma raspršivanja od 400 l/ha) uz minimalnu značajnu razliku ($\alpha_{0,05}$) između interakcija od 3,33%. Značajnu razliku pokazuje interakcija (BC) brzine rada i norme raspršivanja, a pokrivenost tretirane površine se kreće od 30,89 (brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 58,80% (brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha). Za ove interakcije vrijedi minimalna značajnost između interakcija ($\alpha_{0,05}$) od 2,57%. Interakcije sva tri glavna tehnička čimbenika raspršivanja, također pokazuju značajnu razliku, a vrijednosti se kreću od 28,86 (žuta mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 64,87% (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha). Između navedenih interakcija vrijedi minimalna značajnost ($\alpha_{0,05}$) u iznosu od 5,67%. Uz navedeno, regresijskom analizom utvrđuje se povećavanje prosječne pokrivenosti tretirane površine uslijed povećavanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ($r = 0,92$, $p < 0,05$), grafikon 50.



Grafikon 50. Utjecaj radnog tlaka na pokrivenost tretirane površine

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

Provođenjem istraživanja s ciljem utvrđivanja prosječnog promjera kapljica i broja kapljica/cm^2 u nasadu jabuke sa radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) ostvareni su rezultati prikazani u tablici 52.

Tablica 52. Rezultati ostvarene veličine i broja kapljica/cm^2 sa radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u nasadu jabuke

Tretman	*p*, bar	$\bar{n}_k$ /cm^2	σ	*K.V.*, %	$\bar{d}_k$, µm	σ	*K.V.*, %
P6250	1,51	52,45	5,38	10,26	175,87	19,69	11,27
P6325	2,56	60,28	5,26	8,73	179.53	21,80	12,18
P6400	3,88	83,45	1,55	1,85	182,64	17,46	9,58
P8250	2,69	65,88	6,22	9,44	179,38	5,03	2,82
P8325	4,56	72,12	8,85	12,27	160,06	8,23	5,16
P8400	6,90	81,80	3,52	4,30	154,91	12,40	8,08
Ž6250	3,25	76,50	5,85	7,65	189,43	18,78	9,94
Ž6325	5,50	82,80	9,96	12,03	172,27	13,65	7,92
Ž6400	8,33	104,47	3,15	3,01	157,85	6,98	4,44
Ž8250	5,78	83,95	8,30	9,88	180,33	17,15	9,52
Ž8325	9,78	91,42	6,44	7,04	155,48	19,02	12,31
Ž8400	14,81	116,75	4,08	3,49	138,71	14,59	10,55
Z6250	5,60	81,58	5,76	7,06	188,69	16,39	8,72
Z6325	9,47	104,70	7,14	6,82	155,66	10,14	6,56
Z6400	14,35	114,83	11,08	9,65	140,04	10,94	7,82
Z8250	9,96	104,83	14,58	13,91	144,25	10,34	7,17
Z8325	16,84	117,21	5,73	4,89	143,15	17,08	11,98
Z8400	25,52	157,91	6,24	3,95	123,36	13,62	11,10

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

Najmanji prosječni broj kapljica/cm^2 (52,45) utvrđen je kod tretmana sa plavom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h, normom raspršivanja od 250 l/ha te radnim tlakom od 1,51 bar, dok je najveći prosječni broj kapljica/cm^2 (157,91) utvrđen kod tretmana sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h, normom raspršivanja od 400 l/ha te radnim tlakom od 25,52 bar. Najmanji prosječni promjer kapljica (123,36 μm) utvrđen je kod tretmana sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h, normom raspršivanja od 400 l/ha te radnim tlakom od 25,52 bar, dok je najveći prosječni promjer kapljica (189,43 μm) utvrđen kod tretmana sa žutom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h, normom raspršivanja od 250 l/ha te radnim tlakom od 3,25 bar.

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm^2, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici statistički visokosignifikantni ($P < 0,01$), osim interakcije (BC) brzine rada i norme raspršivanja ($F = 1,36$; $P > 0,05$). Prosječne vrijednosti broja kapljica/cm^2 za glavne tehničke čimbenike raspršivanja i njihove interakcije prikazane su u tablici 53. (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 - 325 l /ha, C_3 - 400 l/ha).

Tablica 53. Analiza varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm^2

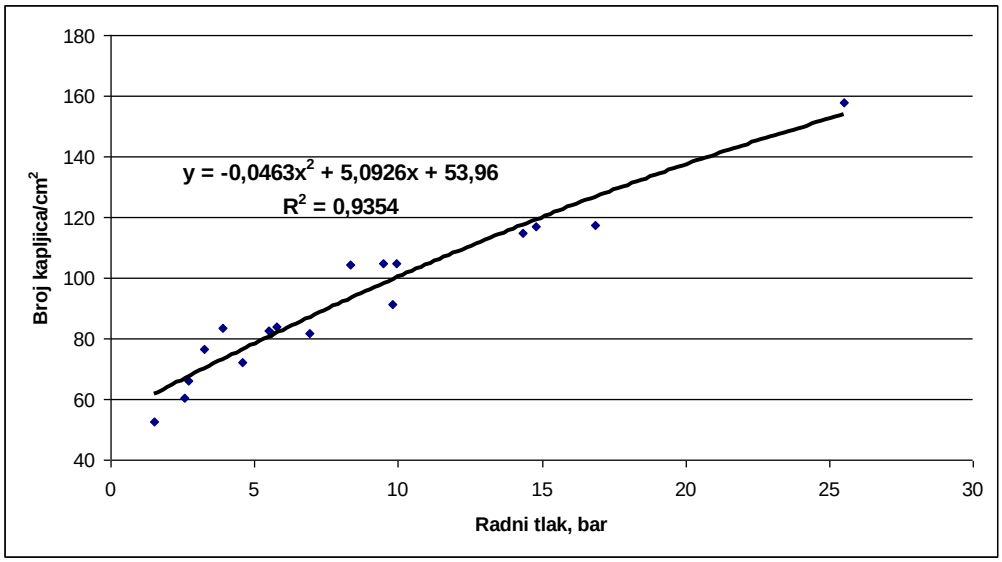
		B_1			B_2	
A	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3
A_1	52,45	60,28	83,45	65,88	72,12	81,80
A_2	76,50	82,80	104,46	83,95	91,41	116,75
A_3	81,57	104,70	114,83	104,83	117,20	157,91
$\overline{x}$ BC	70,17	82,59	100,91	84,88	93,58	118,82

	Interakcija AB		Interakcija AC			
	B_1	B_2	C_1	C_2	C_3	$\overline{x}$ A
A_1	65,39	73,26	59,16	66,20	82,62	69,33
A_2	87,92	97,37	80,22	87,11	110,60	92,64
A_3	100,36	126,65	93,20	110,95	136,37	113,50
$\overline{x}$ B	84,56	99,09	$\overline{x}$ C 76,43	88,08	109,86	

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD $_{0,05}$	7,75	2,33	3,72	4,49	7,20	5,55	12,26
LSD $_{0,01}$	10,51	3,07	5,04	6,30	10,48	7,79	20,34
F - test	222,12**	72,05**	123,65**	11,83**	4,07**	1,36 n.s.	5,30**
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0058	0,2647	0,0011

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

S obzirom na tip mlaznice, broj kapljica/cm^2 sa radijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Arrow*) kreće se od 69,33 (plava) do 113,50 (zelena). Razlike u broj kapljica/cm^2 bile su vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 25,16 %. Zelene mlaznice raspršuju više kapljica/cm^2 za 38,91% u odnosu na plave mlaznice i 18,27% u odnosu na žute mlaznice. Promatranjem brzine rada broj kapljica/cm^2 se kreće od 84,56 (6 km/h) do 99,09% (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja raspršuje više kapljica/cm^2 za 14,66%. S obzirom na normu raspršivanja, broj kapljica/cm^2 se kreće od 76,43 (250 l/ha) do 109,68 (400 l/ha). Razlike u broju kapljica/cm^2 bile su vrlo značajne i to norma od 325 l/h u odnosu na 250 l/ha za 11,97%. Norma od 400 l/ha raspršuje veći broj kapljica/cm^2 za 29,42% u odnosu na 250 l/ha i 19,82% u odnosu na 325 l/ha. Analizom varijance značajnu razliku pokazuje interakcija tipa mlaznice i brzine rada (AB), a broj kapljica/cm^2 se kreće od 65,39 (plava mlaznica i brzina rada od 6 km/h) do 126,65 kapljica (zelena mlaznica i brzina rad od 8 km/h). Za navedene interakcije vrijedi minimalna značajnost ($\alpha_{0,05}$) između interakcija od 4,49 kapljica. Interakcijom (AC) tipa mlaznice i norme raspršivanja broj kapljica/cm^2 se kreće od 59,16 (plava mlaznica i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 136,37 kapljica (zelena mlaznica i norma raspršivanja od 400 l/ha) uz minimalno potrebnu značajnost ($\alpha_{0,05}$) između interakcija u iznosu od 7,20 kapljica. Kombinacijama sva tri tehnička čimbenika raspršivanja (ABC) ostvaruje se značajna razlika pa vrijednosti iznose od 52,45 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 300 l/ha) do 157,91 kapljica/cm^2 (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha) uz minimalno potrebnu značajnost ($\alpha_{0,05}$) između interakcija od 12,26 kapljica/cm^2. Uz navedeno, regresijskom analizom utvrđuje se povećavanje prosječnog broja kapljica/cm^2 uslijed povećavanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ($r = 0,96$, $p < 0,05$), grafikon 51.



Grafikon 51. Utjecaj radnog tlaka na broj kapljica/cm^2

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici visoko signifikantni ($P < 0,01$), osim interakcije (AB) tip mlaznice x brzine rada ($F = 0,94$; $P > 0,05$), interakcije (AC) tip mlaznice x norma raspršivanja ($F = 2,45$; $P > 0,05$) i interakcije brzina rada x norma raspršivanja ($F = 0,16$; $P > 0,05$), tablica54.

Tablica 54. Analiza varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica

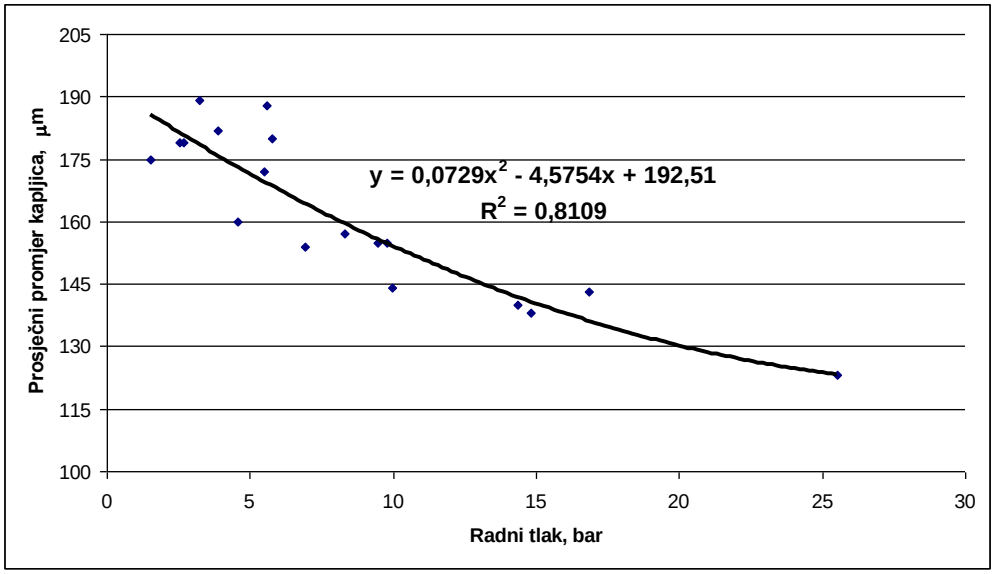
		B_1			B_2	
A	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3
A_1	174,75	179,00	182,25	179,75	159,50	156,50
A_2	189,00	172,25	157,00	179,50	154,50	138,25
A_3	188,00	154,75	139,75	144,25	142,50	122,75
$\overline{X}$ BC	183,91	168,66	159,66	167,83	152,16	139,16

	Interakcija AB			Interakcija AC			
	B_1	B_2		C_1	C_2	C_3	$\overline{X}$ A
A_1	178,66	165,25		177,25	169,25	169,37	171,95
A_2	172,75	157,41		184,25	163,37	147,62	165,08
A_3	160,83	136,50		166,12	148,62	131,25	148,66
$\overline{X}$ B	170,75	153,05	$\overline{X}$ C	175,87	160,41	149,41	

ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD $_{0,05}$	4,39	4,85	6,46	9,35	12,51	9,65	21,30
LSD $_{0,01}$	5,94	6,39	8,76	13,11	18,20	13,53	35,32
F - test	15,87**	26,02**	19,58**	0,94 n.s.	2,45 n.s.	0,16 n.s.	2,58*
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,3963	0,0570	0,8484	0,0468

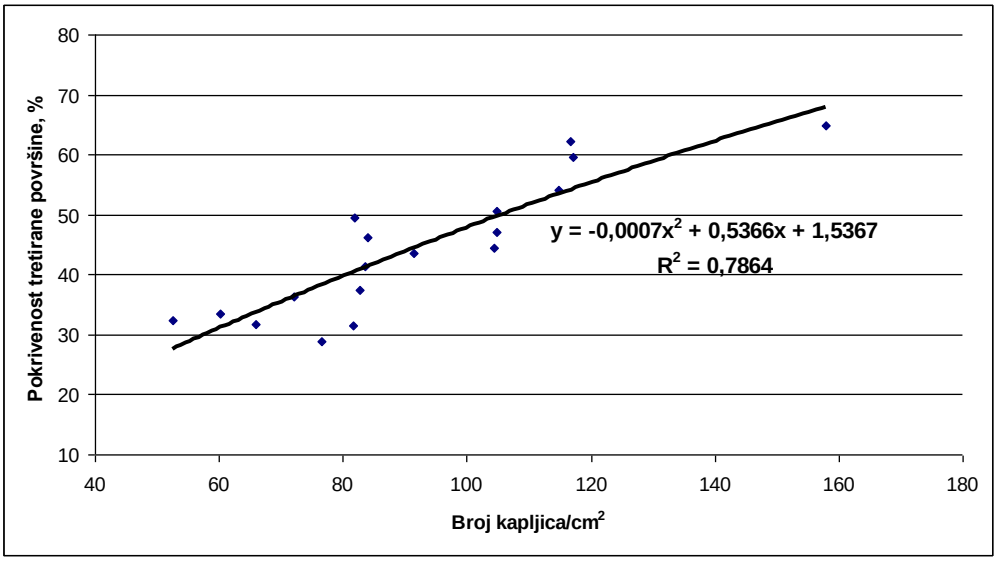
A = tip mlaznice; B = brzina rada, km/h; C = norma raspršivanja, l/ha

U tablici 54. koriste se slijedeće oznake: 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 - 325 l /ha, C_3 - 400 l/ha. S obzirom na tip mlaznice, prosječni promjer kapljica sa radijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Arrow*) iznose od 171,95 (plava) do 148,66 µm (zelena). Razlike u prosječnom promjeru kapljica bile su vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 3,99%. Zelena mlaznice raspršuje kapljice manjeg promjera za 13,54% u odnosu na plavu mlaznicu i 9,94% u odnosu na žutu mlaznicu. Promatranjem brzine rada prosječni promjer kapljica kreće se od 170,75 (6 km/h) do 153,05 µm (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja raspršuje kapljice manjeg promjera za 10,36%. S obzirom na normu raspršivanja, prosječni promjer kapljica iznosi od 175,87 (250 l/ha) do 149,41 µm (400 l/ha). Razlike u prosječnom promjeru bile su vrlo značajne i to norma od 325 l/h u odnosu na 250 l/ha za 8,79%. Norma od 400 l/ha raspršuje kapljice manjeg promjera za 15,04% u odnosu na 250 l/ha i 6,85% u odnosu na 325 l/ha. Analizom varijance značajnu razliku pokazuje interakcija sva tri tehnička čimbenika raspršivanja, a vrijednosti iznose od 189,00 (žuta mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 122,75 µm (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha) uz minimalno potrebnu značajnost između interakcija od 21,30 µm. Korelacijskom i regresijskom analizom utvrđuje se smanjivanje prosječnog promjera kapljica uslijed povećavanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ($r = - 0,90$, $p < 0,05$), grafikon 52.



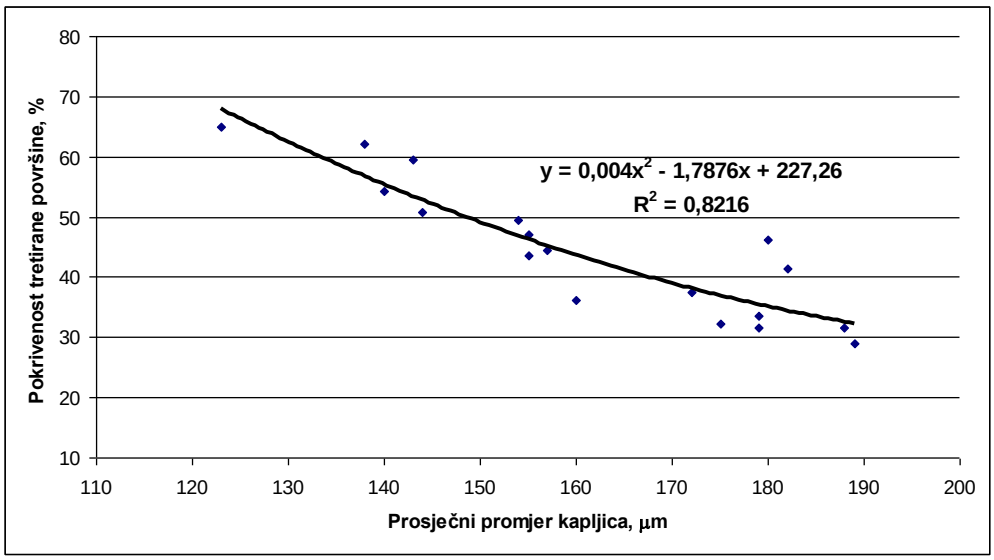
Grafikon 52. Utjecaj radnog tlaka na prosječni promjer kapljica

Proučavanjem odnosa pokrivenosti tretirane površine i broja kapljica/cm^2 utvrđuje se značajno povećanje pokrivenosti tretirane površine uslijed povećanja broja kapljica/cm^2 (r = 0,88, p < 0,05), grafikon 53.



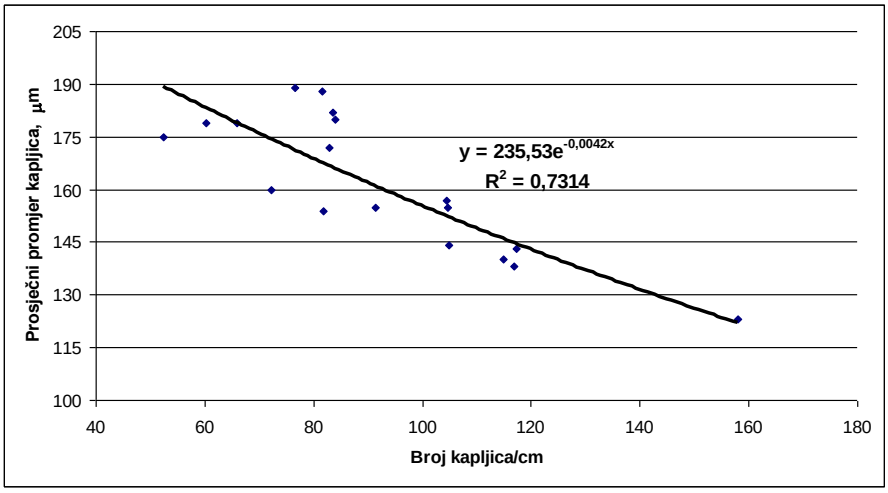
Grafikon 53. Utjecaj broja kapljica/cm^2 na pokrivenost tretirane površine

Pri promatranju odnosa pokrivenosti tretirane površine i prosječnog promjera kapljica utvrđuje se značajno smanjivanje pokrivenosti tretirane površine uslijed povećanja prosječnog promjera kapljica (r = - 0,90, p < 0,05), grafikon 54.



Grafikon 54. Utjecaj prosječnog promjera kapljica na pokrivenost tretirane površine

Pri povećanju broja kapljica/cm^2 kroz istraživanje dolazi do značajnog smanjivanja prosječnog promjera kapljica (r = - 0,85, p < 0,05), grafikon 55.



Grafikon 55. Utjecaj broja kapljica/cm^2 na prosječni promjer kapljica

5.8.5.3. Rezultati mjerenja zanošenja tekućine (*drift*)

Provođenjem istraživanja zanošenja tekućine (*drift*) u nasadu jabuke sa radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) ostvareni su rezultati prikazani u tablici 55.

Tablica 55. Rezultati ostvarenog zanošenja tekućine u nasadu jabuke sa 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	32,31	1,44	193,36	10,38	11,50	9,87	0,43	3,90
P6325	33,53			4,13	18,00	11,06	0,88	7,91
P6400	41,32			18,69	21,00	19,84	0,51	2,59
P8250	31,68	1,14	192,21	11,75	19,31	15,53	0,94	6,04
P8325	36,25			11,78	19,31	15,54	0,34	2,21
P8400	49,39			11,83	38,48	25,16	0,51	2,05
Ž6250	28,87	0,87	190,96	12,69	20,56	16,62	0,48	2,87
Ž6325	37,47			15,72	19,88	17,80	0,36	2,02
Ž6400	44,53			23,49	24,88	14,19	0,37	1,55
Ž8250	46,11	1,43	180,43	9,38	10,36	10,94	0,64	6,47
Ž8325	43,59			17,79	17,64	17,72	0,44	2,46
Ž8400	62,16			31,26	29,25	30,26	0,28	0,93
Z6250	31,51	1,66	196,55	15,28	17,54	16,41	0,45	2,73
Z6325	47,12			12,17	21,28	16,72	1,80	10,76
Z6400	54,16			10,58	30,51	20,55	2,06	10,02
Z8250	50,69	1,12	193,68	11,72	27,94	19,83	0,40	2,04
Z8325	59,55+			17,63	24,57	21,10+	0,58	2,75
Z8400	64,87			31,00	41,57	36,28	0,53	1,45
			$\overline{X}$	15,40	22,98	18,63	0,67	3,93

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

Temeljem podataka iz tablice 48. uočava se da najveće zanošenje tekućine od 36,28% ostvaruje tretman sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 400 l/ha. Najmanje zanošenje tekućine od 9,87% ostvaruje tretman sa plavom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 250 l/ha. Eksploatacijom radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u nasadu jabuke prosječno zanošenje tekućine iznosi 18,63%, sa prosječnim otklonom između ponavljanja od 3,93%. Intenzitet zanošenja se izražava preko pokrivenosti vodoosjetljivih papirića kako je označeno u tablici 33., a u tablici 48. sa plusom se označava tretman koji predstavlja najbolji odnos pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine. Stoga prema tablici 55. primjećuje se da su tijekom istraživanja ostvarene minimalne vrijednosti *drifta* (osim tretmana za zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 400 l/ha – 4. kategorija zanošenja tekućine), a rezultat su optimalno podešenih parametara aplikacije (usmjerenje mlaznica, protok i brzina zraka, radna brzina i drugi) i optimalnih vremenskih uvjeta. Pomoću neparametrijske statistike (*sign test*) utvrđuje se veći intenzitet zanošenja tekućine sa desnom stranom raspršivača s obzirom na lijevu u iznosu od 7,58% ($Z = 3,06$, $p < 0,05$). Pomoću faktorijalne analize varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, vidljivo je da su svi ispitivani čimbenici statistički visoko značajni ($P < 0,01$), tablica 56.

Tablica 56. 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	9,87	11,06	19,84	15,53	15,54	25,15
A_2	16,62	17,80	24,18	10,93	17,71	30,25
A_3	16,40	16,72	20,54	19,83	21,09	36,28
$\overline{X}$ BC	14,65	15,19	21,52	15,07	18,11	30,56

	Interakcija AB		Interakcija AC			
	B_1	B_2	C_1	C_2	C_3	$\overline{X}$ A
A_1	13,94	18,74	13,23	13,30	22,50	16,34
A_2	19,53	19,28	13,24	17,76	27,22	19,40
A_3	17,89	25,73	18,11	18,91	28,41	21,81
$\overline{X}$ B	17,12	21,25	$\overline{X}$ C 14,86	16,65	26,04	

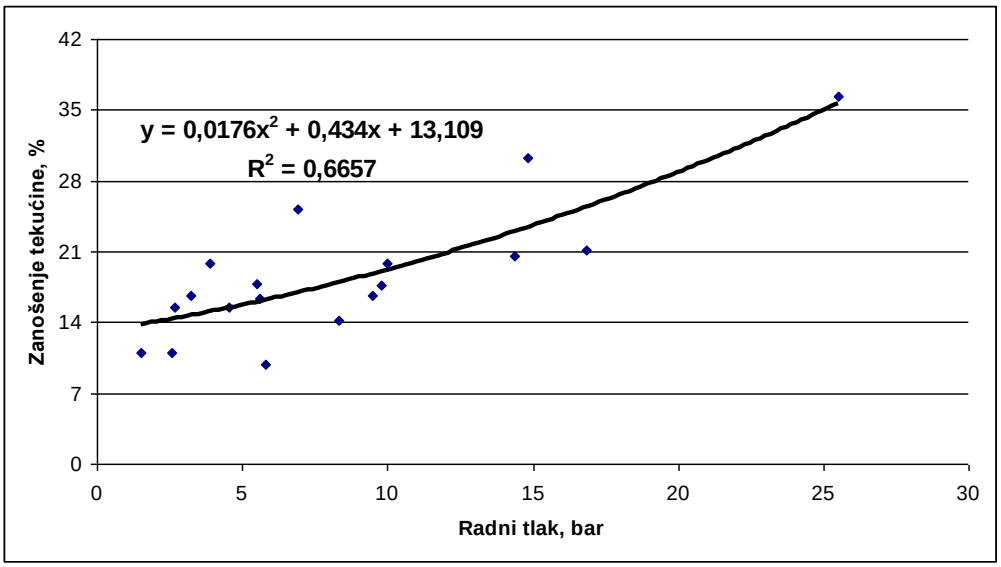
ANOVA	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
LSD 0,05	0,69	0,28	0,48	0,54	0,93	0,72	1,59
LSD 0,01	0,94	0,37	0,65	0,76	1,36	1,01	2,65
F - test	268,37**	456,29**	1287,17**	149,42**	23,50**	175,48**	43,58**
p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

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

U tablici 56. korištene su slijedeće oznake: 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 - 325 l /ha, C_3 - 400 l/ha. S obzirom na tip mlaznice, zanošenje tekućine sa radijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Arrow*) iznosi od 16,34% (plava – 2. kategorija) do 21,81% (zelena – 3. kategorija). Razlike u zanošenju tekućine bile su vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 17,73%. Zelena mlaznice ostvaruje veće zanošenje za 25,08% u odnosu na plavu mlaznicu i 11,04% u odnosu na žutu mlaznicu. Promatranjem brzine rada, zanošenje tekućine iznosi od 17,12% (6 km/h – 2. kategorija) do 21,25% (8 km/h – 3. kategorija). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veće zanošenje tekućine za 19,43%. S obzirom na normu raspršivanja, zanošenje tekućine iznosi od 14,86% (250 l/ha – 2. kategorija) do 26,04% (400 l/ha – 3. kategorija). Razlike u zanošenju tekućine bile su vrlo značajne i to norma od 325 l/h u odnosu na 250 l/ha za 10,75%. Norma raspršivanja od 400 l/ha pokazuje veće zanošenje za 42,93% u odnosu na 250 l/ha i 36,05% u odnosu na 325 l/ha.

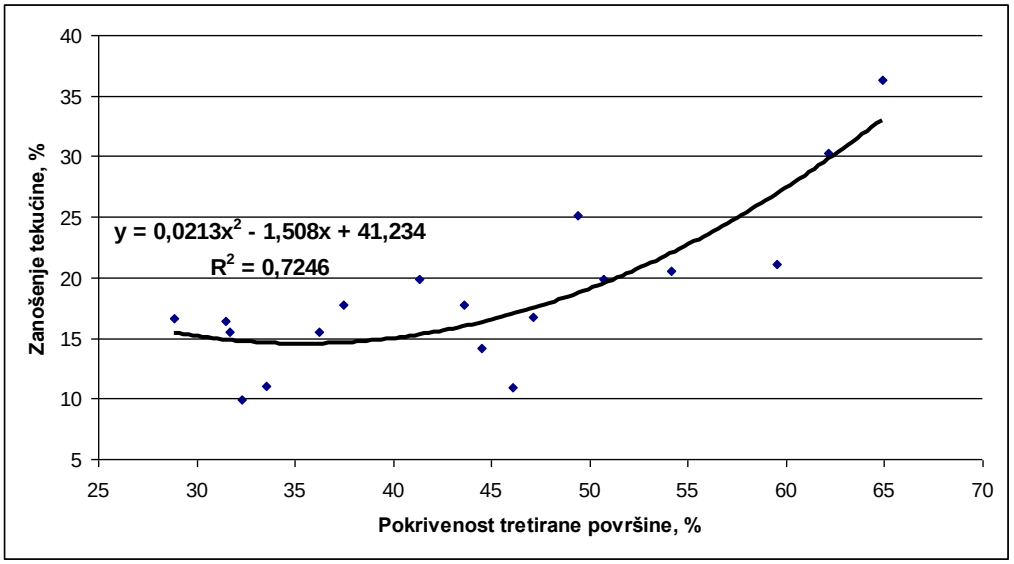
Analizom varijance vrlo značajnu razliku pokazuju sve navedene interakcije istraživanja. S obzirom na interakciju AB (tip mlaznice x brzina rada), zanošenje iznosi od 13,94 (plava mlaznica i brzina rada od 6 km/h) do 25,73% (zelena mlaznica i brzina rada od 8 km/h). Minimalna značajnost ($\alpha_{0,05}$) između navedenih interakcija ostvaruje se sa razlikom od 0,54%. Interakcijom AC (tip mlaznice x norma raspršivanja) ostvaruje se zanošenje tekućine od 13,23% (plava mlaznica i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 28,41% (zelena mlaznica i norma raspršivanja od 400 l/ha). Minimalna značajna razlika ($\alpha_{0,05}$) između navedenih interakcija ostvaruje se sa razlikom od 0,93%. Interakcijom BC (brzina rada x norma raspršivanja) zanošenje iznosi od 14,65 (brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 30,56% (brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha. U ovome slučaju minimalno potrebna značajna razlika ($\alpha_{0,05}$) između interakcija iznosi 0,72%. Kombinacijom sva tri glavna tehnička čimbenika raspršivanja zanošenje se kreće od 9,87 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 36,28% (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha). Minimalno potrebna značajna razlika ($\alpha_{0,05}$) između ovih interakcija iznosi 1,59%.

Korelacijskom i regresijskom analizom utvrđuje se povećavanje zanošenja tekućine uslijed povećavanja radnog tlaka kroz tretmane istraživanja ($r = 0,81$, $p < 0,05$), grafikon 56.



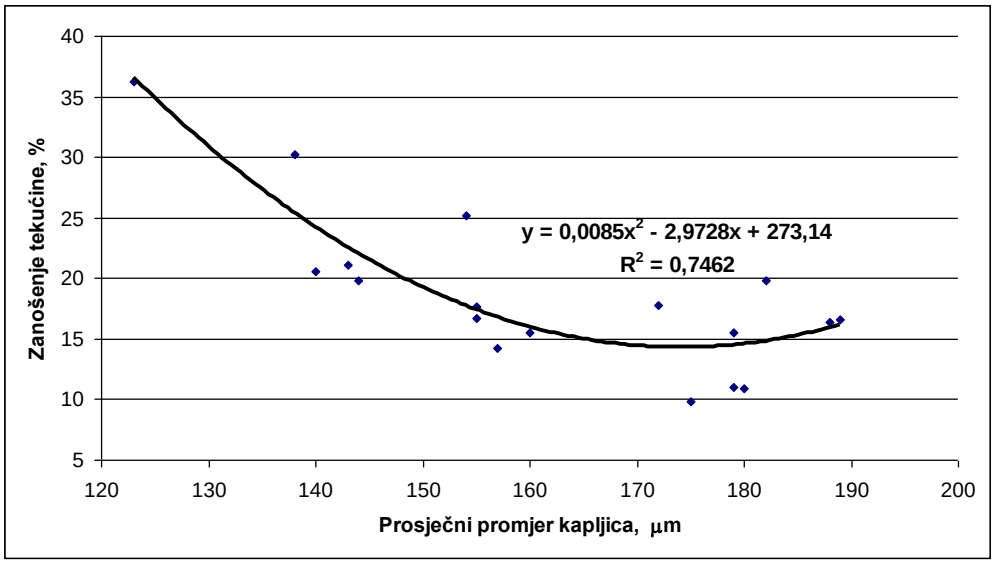
Grafikon 56. Utjecaj radnog tlaka na zanošenje tekućine

Proučavanjem odnosa pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno povećanje zanošenja tekućine uslijed povećavanja pokrivenosti tretirane površine ($r = 0,85$, $p < 0,05$), grafikon 57.



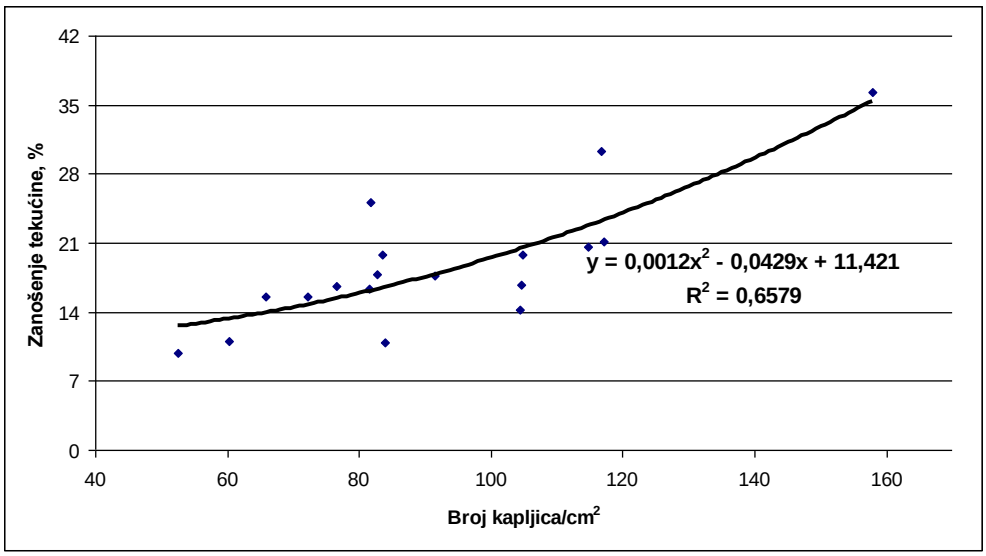
Grafikon 57. Utjecaj pokrivenost tretirane površine na zanošenje tekućine

Pri promatranju odnosa prosječnog promjera kapljica i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno smanjenje zanošenja tekućine uslijed povećavanja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,86$, $p < 0,05$), grafikon 58.



Grafikon 58. Utjecaj prosječnog promjera kapljica na zanošenje tekućine

Pri povećanju broja kapljica/cm^2 kroz istraživanje dolazi do značajnog povećanja zanošenja tekućine ($r = 0,81$, $p < 0,05$), grafikon 59.



Grafikon 59. Utjecaj broja kapljica/cm^2 nazanošenje tekućine

5.8.6. Usporedba glavnih svojstava istraživanja između aksijalnog (*Hardi Zaturn*) i radijalnog (*Hardi Arrow*) raspršivača u nasadu jabuke

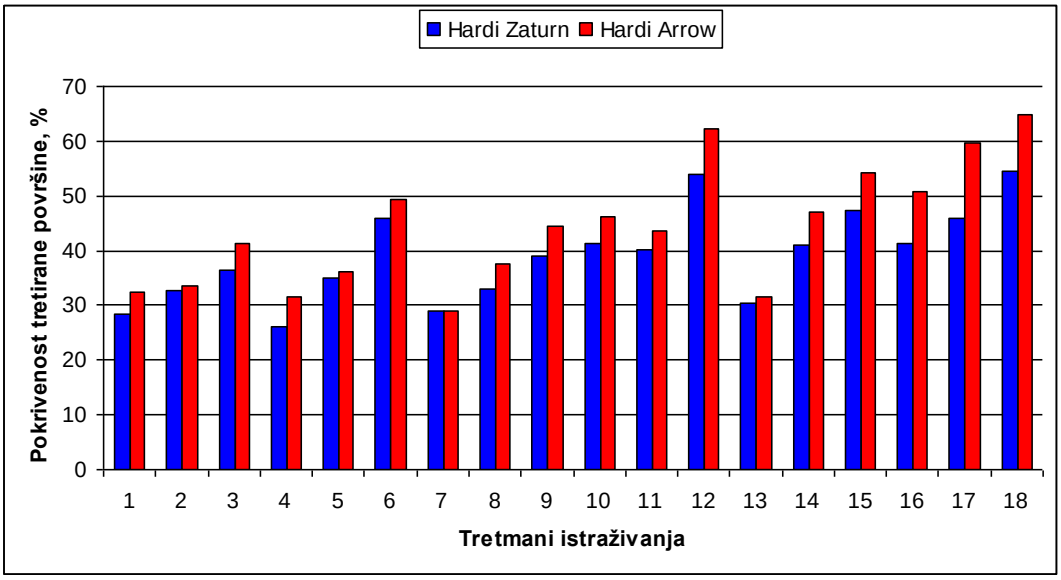
Kao što je već navedeno, s obzirom na konstrukcije razlike navedena dva raspršivača, realno je za očekivati da su rezultati glavnih svojstava istraživanja različiti. Usporedba se obavlja pomoću neparametrijskog *sign test* za sve tretmane istraživanja (jedna varijabla za aksijalni i jedna za radijalni raspršivač) uz statističku značajnost α = 0,05. Također, obavlja se usporedba parova varijabli pomoću *Wilcoxon Matched Pairs Testa* (α = 0,05). Rezultati ostvarenih vrijednosti prikazani su u tablici 57.

Tablica 57. Razlike glavnih svojstava istraživanja u nasadu jabuke

Raspršivač	$\bar{A}_p$, %	$\bar{n}_k$ /cm^2	$\bar{d}_k$, µm	Zanošenje tekućine, %
Hardi Zaturn	38,90	87,41	172,68	19,94
Hardi Arrow	44,12	91,83	161,30	18,63
Razlika, %	11,83	4,81	5,81	6,56
Z^+	4,06*	3,53*	4,00*	1,17 n.s.
p^+	0,000	0,000	0,000	0,238
Z^{++}	3,72*	3,50*	3,72*	1,80 n.s.
p^{++}	0,000	0,000	0,000	0,070

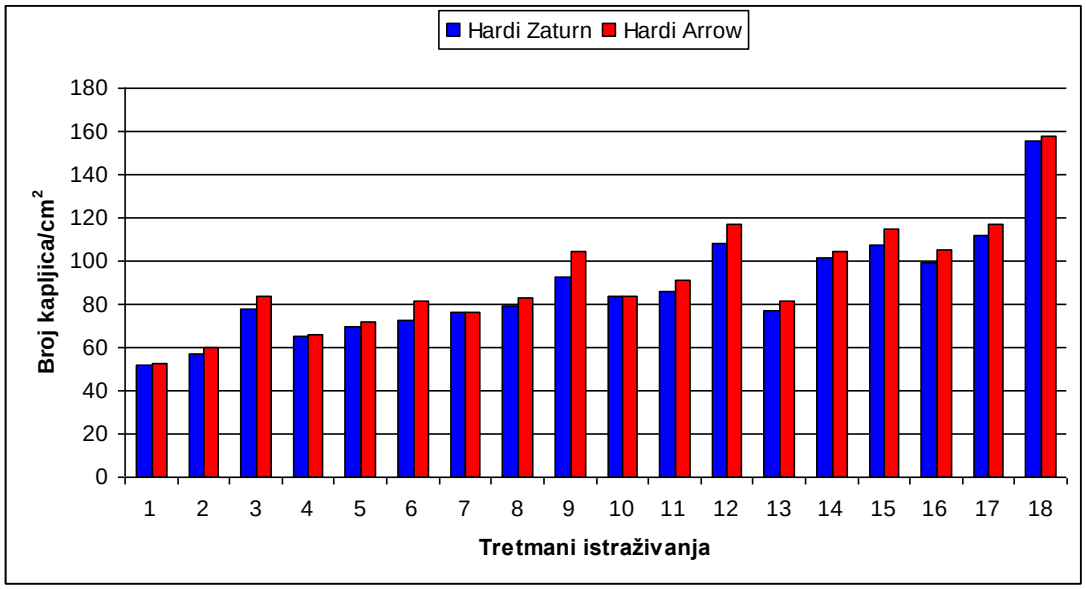
+ sign test; *++ Wilcoxon Matched Pairs Test*

Prosječna pokrivenost tretirane površine u nasadu jabuke kreće se od 38,90% (*Hardi Zaturn*) do 44,12% (*Hardi Arrow*). Značajno veću pokrivenost (Z = 4,06; p < 0,05) ostvaruje raspršivač *Hardi Arrow* sa razlikom od 11,83%, grafikon 60.



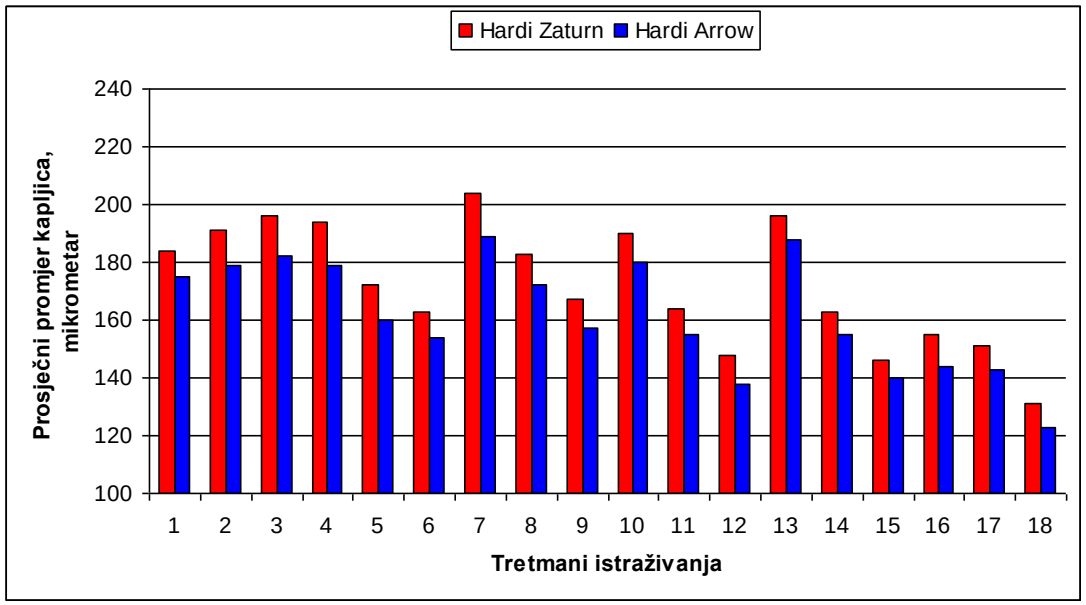
Grafikon 60. Prosječna pokrivenost tretirane površine pri radu oba raspršivača u nasadu jabuke

Prosječni broja kapljica/cm^2 kreće se od 87,41 (*Hardi Zaturn*) do 91,83 kapljica (*Hardi Arrow*). Značajno veći broj kapljica/cm^2 (Z = 3,53, p < 0,05) ostvaruje raspršivač *Hardi Arrow* sa razlikom od 4,81%, grafikon 61.



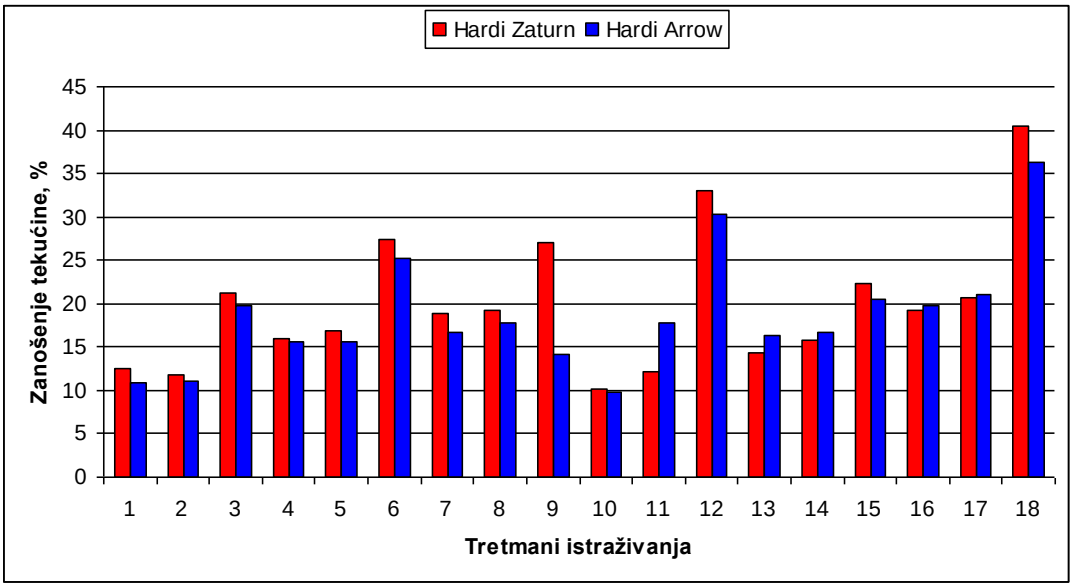
Grafikon 61. Prosječni broja kapljica/cm^2 pri radu oba raspršivača u nasadu jabuke

Prosječni promjer kapljica iznosi od 172,68 µm (*Hardi Zaturn*) do 161,30 µm (*Hardi Arrow*). Dakle, *Hardi Arrow* ostvaruje manji prosječni promjer kapljica za 5,81% (Z = 4,00, p < 0,05), grafikon 62.



Grafikon 61. Prosječni promjer kapljica pri radu oba raspršivača u nasadu jabuke

Prosječno zanošenje tekućine (*drift*) iznosi od 19,94% (*Hardi Zaturn*) do 18,63% (*Hardi Arrow*). *Hardi Arrow* ostvaruje zanošenje tekućine manje za 6,56%, no nesignifikantno (Z = 1,17, p > 0,05), grafikon 62.



Grafikon 62. Prosječno zanošenje tekućine pri radu oba raspršivača u nasadu jabuke

6. RASPRAVA

6.1. Testiranje ispravnosti rada raspršivača prema europskoj normi *EN 13790*

Vezano za testiranja tehničkih sustava pri zaštiti bilja Rotteveel, A. (2012) i Wehmann, H.J. (2012) navode da se prema europskoj direktivi *2009/128/EC* pregledava: protok mlaznica, ispravnost manometra, kapacitet crpke, broje okretaja PVT – a, brzina zraka, povrat tekućine u spremnik, te svi ostali čimbenici koji se prate vizualnim pregledom tehničkih sustava pri zaštiti bilja. Testiranja tehničkih sustava pri zaštiti bilja u nekim zemljama Europske unije (Njemačka, Belgija, Nizozemska) počela su prije dvadesetak godina (Van Wenum, J., 2012; Herbst, A., Ganzelmeier, H., 2002), a u nekima od 2007. godine (Francuska, Španjolska, Portugal), Nunes, P. i sur. (2012). Akcijskim planom održive uporabe pesticida u Republici Hrvatskoj (NN, 19. prosinac 2012) svi tehnički sustavi pri zaštiti bilja moraju se pregledati do 2016. godine (Banaj, Đ. i sur., 2012). Isti autor navodi da je trenutačno stanje ispravnosti tehničkih sustava pri zaštiti bilja u istočnoj Hrvatskoj vrlo loše te da rukovatelji strojeva moraju povećati kvalitetu aplikacije pesticida sa ciljem zadovoljavanja *ISO 10625* i *EN 13790* standarda. Glavni razlozi lošeg stanja strojeva su manometri i mlaznice na koje se odnosi preko 60% svih neispravnosti (Banaj, Đ. i sur., 2010). Slično stanje je zabilježeno u Belgiji (Declercq, J. i sur., 2012) gdje je neispravnost strojeva najčešće uzrokovana sa neispravnim radom manometra (26% svih neispravnosti) i mlaznica (27% svih neispravnosti).

Prema navedenom, prije samog početka istraživanja, obavlja se pregled glavnih sustava raspršivača *Hardi Zaturn i Hardi Arrow.* Korištene plave, žute i zelene *Lechler TR 80* mlaznice ostvaruju prosječne otklone protoka tekućine od *ISO* standarda u granicama od 2,79% (plave mlaznica) do 6,80% (zelene mlaznice), te time zadovoljavaju *EN 13790* standard (tablica 4. i 5.). Slične rezultate dobivaju Solanelles, F., i sur., (2012) gdje su zabilježeni otkloni protoka *Lechler TR 80015,02* i *03* mlaznica u iznosu manjem od 5%. Sa točno utvrđenim protokom *Lechler TR 80* mlaznica omogućava se točan izračun norme raspršivanja sa kombinacijama brzine rada, radnog tlaka, broja mlaznica u radu i slično (Waldner, W. i Knoll, M., 2012). Korištenjem raspršivača *Hardi Zaturn* i *Arrow* utvrđuje se da crpke ostvaruju potrebni kapacitet sa otklonom manjim od 10% prema *EN 13790* (*Hardi Zaturn* 5,20% i *Hardi Arrow* 6,39%), tablica 6. Minimalni otkloni utvrđuju se i radom manometara gdje za *Hardi Zaturn* prosječni otklon po mjernom području iznos od 0,99 do

1,64% te za *Hardi Arrow* od 1,32 do 4,00% (tablica 7.). Autori Balsari, P. i sur. (2012) navode da prema *EN 13790* standardu povrat tekućine nazad u spremnik radi miješanja sredstva mora iznositi minimalno 10% od iznosa obujma spremnika. Pri radu raspršivača *Hardi Zaturn* utvrđen je povrat tekućine od 11,41%, a pri radu raspršivača *Hardi Arrow* povrat od 11,18% (tablica 8.). Uz navedena glavna mjerenja, vizualnim pregledom utvrđeno je i da svi ostali sustavi oba raspršivača ostvaruju rezultate u granicama propisanih *EN 13790* standardom.

6.2. Podešavanje glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja

Ovisno u bujnosti nasada, tj. o samim biološkim značajkama vinograda i nasada jabuke koriste se različite norme raspršivanja. Planom istraživanja određuje se norma raspršivanja u vinogradu od 250, 300 i 350 l/ha, te u nasadu jabuke od 250, 325 i 400 l/ha (tablica 10. i 11.). Prema *TRV* metodi određivanja obujma nasada, u vinogradu se utvrđuje obujam od 3.942 m^3/ha (razmak trsova u redu od 0,9 m, a između redova 2,8 m), a u nasadu jabuke od 8.587 m^3/ha (razmak jabuka u redu od 1,0 m, a između redova 3,5 m), poglavlje 5.2.3. Dakle, zbog većeg obujma nasadu jabuke koristi se veća norma raspršivanja. Različite norme raspršivanja navodi Manktelow, D.W. (1998) koji koristi do 2.000 l/ha, ali kod nasada sa većim obujmom i uzgojnim oblikom. Tako kod uzgojnih oblika ebro, vitko vreteno i vitka piramida utvrđuje obujam nasada od 17.300 do 42.000 m^3/ha. Ovaj povećani obujam nasada uzrokovan je većim razmacima biljaka u redu i između redova (ebro – 3,7 m · 2,5 m; vitko vreteno – 4,0 m · 2,0 m i vitka piramida 5,0 m · 2,5 m). Pri određivanju norme raspršivanja poštivani su rezultati autora Salyani, M., i sur. (1999) koji navode da pri većim normama raspršivanja od 450 l/ha postoji mogućnost „kupanja“ vodoosjetljivih papirića i dobivanja netočnih rezultata. Ako se koriste veće norme raspršivanja dolazi do pojave kapanja tekućine sa listova što predstavlja veliki gubitak, pa se sva svjetska tehnologija zaštite bilja temelji na smanjenju norme raspršivanja (Carlton, J.B.i sur., 1993). Određivanje norme raspršivanja vrlo je kompleksan problem te Farooq, M., i sur. (2002) navode da se norma raspršivanja treba određivati pojedinačno za svaki trajni nasad zbog razlika uzgojnog oblika i bujnosti krošnje. Tako talijanski poljoprivrednici (Južni Tyrol) reduciraju norme raspršivanja sa 500 na 160 – 100 l/ha (Waldner, W. i Knoll, M., 2012), a u Poljskoj sa 1.000 na 200 – 300 l/ha (Doruchowski, G., i sur., 2012).

Da bi se ostvarila potrebna norma raspršivanja, moraju se poštivati točno određene brzine rada raspršivača koje se podešavaju na 6 i 8 km/h. Kontroliranje zadane brzine rada obavlja se mjerenjem vremena potrebnog da raspršivač prijeđe zadani put od 100 m. Da bi se osigurala zadana brzina rada od 6 km/h raspršivač zadani put mora prelaziti za 60 s, a pri brzini od 8 km/h za 45 s. Kontrolne ploče oba traktora u istraživanju (*Fendt 209P Vario* i *John Deere 5615F*) iznimno točno prikazuju vrijednosti radnih brzina pa se utvrđuje relativno mali vremenski otklon za obavljanje pojedinog tretmana. Prosječni vremenski otklon za obavljanje tretmana sa 6 km/h pri radu aksijalnog raspršivača u vinogradu iznosi 0,64%, a sa brzinom rada od 8 km/h iznosi 0,44%, dok prosječni vremenski otklon za obavljanje tretmana sa 6 km/h u nasadu jabuke iznosi 0,05%, te 0,24% (sa brzinama rada od 8 km/h). Prosječni vremenski otklon za obavljanje tretmana sa 6 km/h pri radu radijalnog raspršivača u vinogradu iznosi 0,78%, a sa brzinom rada od 8 km/h iznosi 0,28%, dok prosječni vremenski otklon za obavljanje tretmana sa 6 km/h u nasadu jabuke iznosi 0,54% te 0,74% sa brzinom rada od 8 km/h (tablice 24. i 25.). Stvarno korištena radna brzina ne poklapa se sa teorijskom, u slučaju kada je protok zraka manji od 10.000 m^3/h. Manji protok zraka od navedenog iznosa ostvaruje radijalni raspršivač u vinogradu, jer je brzina zraka podešena na manje prosječne iznose zbog smanjenja mogućnosti zanošenja tekućine, poglavlje 5.7.3. Slične brzine rada koriste i ostali svjetski znanstvenici u svojim istraživanjima. U okviru agrotehničkih brzina Marucco, P. i sur. (2008) koriste brzine rada od 4 do 13 km/h, Trilof, P. i sur. (2012) od 3 do 9 km/h te Svensson, S.A. i sur. (2003) od 4,8 do 8 km/h. Također, Declercq, J. i sur. (2012) preporučuje da poljoprivrednici ne koriste radne brzine veće od 15 km/h.

Varijacijom tipa i broja mlaznica u radu, brzine rada te međurednog razmaka nasada potreban je različiti radni tlak za ostvarenje potrebne norme raspršivanja. Kod većeg *ISO* broja mlaznica (03 plava) potrebni su manji radni tlakovi za razliku od manjeg *ISO* broja mlaznice (015 zelena) gdje su potrebni veći radni tlakovi za obavljanje tretmana sa istom normom raspršivanja. Sličan trend događa se povećavanjem radne brzine, međurednog razmaka i norme raspršivanja, gdje je potrebno povećavati radni tlak. Isto tako, isključivanjem mlaznica iz rada potrebno je povećanje radnog tlaka za ostvarenje iste norme raspršivanja. Istraživanjem se podešavaju protoci mlaznica od 0,87 do 1,86 l/min za nasad jabuke i protoci od 0,87 do 1,63 l/min za vinograd. Ovisno o normi raspršivanja i potrebnom protoku mlaznica radni tlak iznosi od 1,51 do 25,52 bar kroz sva podešavanja tijekom istraživanja (tablice 10. i 11.). Slične radne tlakove koriste Trilof, P. i sur. (2012), a iznose od

5 do 16 bar, te Porras Soriano, A. i sur. (2005) sa radnim tlakovima od 3 do 6 bar. Manktelow, D.W. (1998) ovisno o uzgojnim oblicima nasada jabuke i normi raspršivanja koristi radne tlakove od 8 do 25 bar, dok Celen, I.H. i sur. (2009) provode svoja istraživanja pri radom tlaku od 3 bar.

U istraživanju se koriste *Lechler TR 8003, 02* i *015* mlaznice koje pri navedenom rasponu radnog tlaka, različitim protokom odgovaraju normi raspršivanja. U većini svjetskih istraživanja koriste se mlaznice renomiranih proizvođača (*Lechler, TeeJet, Hardi, Albuz, Hypro*) koje protokom odgovaraju *ISO* standardu, te stvaraju spektar kapljica odgovarajućih veličina (Wolf, R.E. i sur., 1999, 2005, 2006; Zhu, H. i sur., 2005, Šumanovac, L. i sur., 2008). Na tržištu Republike Hrvatske nalaze se mlaznice različitih nerenomiranih proizvođača koje ne odgovaraju *ISO* standardima. Osim što im je upitan nazivni protok, upitna im je i površinska raspodjela tekućine sa visokim koeficijentima varijacije (Banaj, Đ. i sur., 2009, 2010; Tadić, V., i sur., 2010). Dakle, kvalitetne mlaznice uz odgovarajući radni tlak stvaraju spektar kapljica mlaza s kojim je moguće ostvariti zadovoljavajuću pokrivenost tretirane površine (Williams, W. i sur.,1999).

Ovisno o geometriji i uzgojnom obliku samog nasada u istraživanju, podešeno je usmjerenje i broj mlaznica u radu s ciljem zadovoljavajuće pokrivenosti površine te smanjenja zanošenje (Pergher, G. i sur., 2002; Gil, E. i sur., 2004, Biocca, M. i sur., 2005). Mlazovi se usmjeravaju u područje gdje se nalazi najviše vegetativne mase. Prosječna visina vinograda iznosi 1,84 m, a vegetativna masa zauzima područje 54 cm od tla pa do ukupne visine. Eksploatacijom raspršivača u vinogradu uključuju se četiri mlaznice sa svake strane stroja (kod aksijalnog raspršivača isključene su donje i gornje dvije mlaznice na usmjerivaču, a kod radijalnog najviši vod). Kod aksijalnog raspršivača mlaznice su usmjerene pod kutovima od -5, 0, +5 i +10°, dok su vodovi kod radijalnog raspršivača usmjereni pod kutovima od -5, 0, +10 i +10° s obzirom na horizontalnu ravninu (tablica 12.). Prosječna visina nasada jabuke iznosi 2,33 m, a vegetativan masa zauzima područje 45 od tla pa do ukupne visine. Eksploatacijom raspršivača u nasadu jabuke uključuje se pet mlaznica sa svake strane stroja (kod aksijalnog raspršivača isključene su donje dvije i najviša mlaznica na usmjerivača, a kod radijalnog uključeni su svi vodovi). Kod aksijalnog raspršivača mlaznice su usmjerene pod kutovima od -5, 0, +5, +10 i +15°, dok su vodovi kod radijalnog raspršivača usmjereni pod kutovima od -5, 0, +10, +10 i +10° s obzirom na horizontalnu ravninu (tablica 13.). Zbog navedenih specifičnosti uzgojnog oblika i geometrije nasada svjetski istraživači koriste

različita usmjerenja mlaznica. Tako Svensson, S.A. i sur. (2003) usmjeravaju mlaznice od 12 do 15°, a Celen I.H. (2008) usmjerava mlaznice pod kutovima od 0, 20 i 40° s obzirom na horizontalnu ravninu. Njegovim istraživanjem najbolje se pokazao položaj mlaznice od 20°, jer se pri ostalim kutovima javlja prekomjerno zanošenje.

Kao i kod usmjerenja mlaznica, podešava se protok i brzina zračne struje s obzirom na geometriju i bujnost nasada. Uz navedeno, veliku ulogu imaju tipovi ventilatora raspršivača koja se temelji na njihovoj konstrukciji. Radijalni ventilatori stvaraju veće brzine zraka uz manje protoke, dok aksijalni ventilatori stvaraju veće protoke zračne struje uz manje brzine. Razlika se ostvaruje i u obliku zračne struje koja ovisi o izvedbama usmjerivača zraka. Aksijalni raspršivač (*Hardi Zaturn*) posjeduje visinske usmjerivače zraka koji stvaraju pravokutni protok u ravnini, dok radijalni raspršivač (*Hardi Arrow*) posjeduje fleksibilne zračne vodove (kružnog presjeka) koji zračnu struju usmjeravaju točno na željeno mjesto i stvaraju osnosimetrični zračni mlaz (Berčič, S., 1999). Protok zraka u istraživanju podešen je na isti iznos bez obzira na promjenu radne brzine. Prema tome, korišteni protok zraka u vinogradu sa aksijalnim raspršivačem iznosi 10.995,75 m^3/h, a u nasadu jabuke 14.154,75 m^3/h. Navedeni korišteni protoci zraka nalazi se u intervalu teorijskog protoka zraka od 6 do 8 km/h, dok specifični protok zraka iznosi od 65,97 m^3/km u vinogradu do 113,23 m^3/km u nasadu jabuke. Korišteni protok zraka u vinogradu sa radijalnim raspršivačem iznosi 6.248,33 m^3/h, a u nasadu jabuke 10.265,16 m^3/h (poglavlje 5.4.). Navedeni korišteni protoci zraka su manjeg iznosa od izračunatog teorijskog intervala zbog smanjenja mogućnosti povećanog zanošenja tekućine, jer radijalni ventilator ostvaruje veće brzine zraka od aksijalnog. Specifični protok zraka radijalnog raspršivača iznosi od 38,09 m^3/km u vinogradu do 82,12 m^3/km u nasadu jabuke, dok Panneton, B. (2005) u svojim istraživanjima utvrđuje specifični protok zraka od 36 do 95 m^3/km. Manktelow, D.W. (1998) koristi veće protoke zraka pri radu raspršivača u nasadima jabuke sa prosječnom visinom od 3,5 do 6,1 m. Aksijalni raspršivači *Cropliner* i *Towerliner tower airblast* ostvaruju protok zraka od 39.000 m^3/h, dok raspršivač *Trifan tower* ostvaruje protok zraka od 80.000 m^3/h. Također koristi radijalni raspršivač *Silvan tower* sa protokom zraka od 27.000 m^3/h. Navedeni protoci se odnose na nasade velikih uzgojnih oblika koji prevladavaju na Novom Zelandu, dok autori Bondesan, D. i sur. (2012) navode da se ne koristi protok zraka veći od 12.000 m^3/h za uzgojne oblike koji prevladavaju u Europi.

Eksploatacijom aksijalnog raspršivača u vinogradu (*Hardi Zaturn*) zabilježena je prosječna brzina zračne struje na desnoj strani stroja od 11,21 m/s, te na lijevoj od 14,96 m/s, dok prosječna brzina zračne struje u nasadu jabuke na desnoj strani stroja iznosi 15,58 m/s i 19,38 m/s na lijevoj strani stroja. Iz navedenih rezultata zapaža se razlika između prosječne brzine zraka lijeve i desne strane stroja, koja je na desnoj strani stroja u vinogradu manja za 25,06%, a u nasadu jabuke za 19,60% (tablice 14. i 15.). Navedeno je rezultat tehničke konstrukcije aksijalnog raspršivača i smjera rotacije ventilatora, te sličnu razliku utvrđuju Godyn, A., i sur. (2008) i to u iznosu od 8 – 11%. Pri radu radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu zabilježena je prosječna brzina zračne struje na desnoj strani stroja od 16,25 m/s, a na lijevoj od 14,95 m/s, dok prosječna brzina zračne struje u nasadu jabuke na desnoj strani iznosi 26,00 m/s i 24,45 m/s na lijevoj strani stroja. Razlike prosječne brzine zračne struje između desne i lijeve strane pri radu radijalnog raspršivača su manje u odnosu na aksijalni i iznose 8,00% u vinogradu te 5,96% u nasadu jabuke (tablice 16. i 17.). Uz smanjenje odstupanja prosječne brzine zraka, zračna struja je pomaknuta na desnu stranu stroja.

Manktelow, D.W. (1998) u novozelandskim nasadima koristi veće prosječne brzine zraka i to 32 m/s sa aksijalnim raspršivačem *Cropliner airblast* te 77,00 m/s sa radijalnim raspršivačem *Silvan tower*, dok Zhu, H., i sur. (2006) koriste prosječnu brzinu zraka od 40,00 m/s pri aplikaciji u sjevernoameričkim nasadima. Opet se ponavlja da su razlike u brzini zračne struje uvjetovane biološkim značajkama trajnog nasada te bujnosti i količini vegetativne mase. Također zbog tehničke prirode i konstrukcije aksijalnog ventilatora utvrđuje se nepravilna vertikalna distribucija brzine zraka. Prema tome, radom aksijalnog raspršivača u vinogradu (*Hardi Zaturn*) prosječna brzina zraka na nižim dijelovima usmjerivača iznosi 14,96 m/s do 7,25 m/s na višim dijelovima usmjerivača zraka, dok u nasadu jabuke iznosi od 19,38 do 11,00 m/s (lijeva strana stroja). Jasno se primjećuje razlika u izmjerenim vrijednostima pa koeficijent varijacije raspodjele brzine zraka na lijevoj strani stroja u vinogradu iznosi 31,04%, a u nasadu jabuke 26,68%. Slične trendove pokazuje i desna strana stroja pa eksploatacijom u vinogradu koeficijent varijacije iznosi 31,30%, a u nasadu jabuke 27,20% (tablice 14. i 15.). Eksploatacijom radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) primjećuju se minimalni otkloni od prosječene brzine zraka pa koeficijent varijacije u vinogradu iznosi 2,18% za desnu stranu i 3,81% za lijevu stranu stroja, dok u nasadu jabuke iznosi 5,61% za desnu stranu stroja i 10,51% za lijevu stranu stroja. Pri tome prosječna brzina zraka u

vinogradu iznosi od 16,25 do 16,75 m/s na desnoj strani stroja te od 14,25 do 14,75 m/s na lijevoj strani stroja, dok u nasadu jabuke na desnoj strani stroja iznosi od 23,50 do 26,50 m/s te od 24,45 do 27,25 m/s na lijevoj strani stroja (tablice 16. i 17.). Prema navedenim rezultatima zaključuje se da radijalni raspršivač ostvaruje uniformniju vertikalnu raspodjelu brzine zraka u odnosu na aksijalni raspršivač. Navedenu nejednakost primjećuju i ostali istraživači, stoga navode da je uniforma vertikalna distribucija brzina zraka iznimno važna za ostvarivanje dobre pokrivenosti tretirane površine (Knoll, M. i sur., 2012; Doruchowski, G. i sur., 2012; De Moor, A. i sur., 2000; Farooq, M. i Salyani, M., 2002). Vođeni ovom problematikom Salyani, M., i Fox, R.D. (1999) istražuju pokrivenost tretirane površine pri istim tehničkim čimbenicima raspršivanja i vremenskim uvjetima za devet različitih tipova raspršivača, a raspršivač koji ostvaruje najbolje rezultate pokrivenosti površine preporučen je za daljnju eksploataciju.

Već je spomenuto da struja zraka iz pravokutnog otvora (*Hardi Zaturn*) stvara pravokutni zračni mlaz u ravnini dok struja zraka iz kružnog presjeka stvara osnosimetrični zračni mlaz (*Hardi Arrow*). Pri radu oba tipa ventilatora iz usmjerivača izlazi određena količina zraka koja se svojim kretanjem prema redu trajnog nasada zbog turbulencija miješa sa okolnim zrakom i povlači ga za sobom. Uslijed ove pojave masa zraka u gibanju se stalno povećava. Kretanjem struje zraka prema biljci granični slojevi struje zraka taru se o okolni zrak pa se zbog trenja usporavaju. Smanjenjem početne brzine zraka uslijed pojave trenja, gubi se dio energija koja se prvo pretvara u energiju vrtložnog kretanja te na kraju u toplinsku energiju. Kod pravokutnog zračnog mlaza u ravnini (*Hardi Zaturn*) primjećuje se malo opadanje brzine zraka te obujam gibajućeg zraka ima usporeniji porast, a time i manje smanjenje kinetičke energije, dok se kod osnosimetričnog mlaza (*Hardi Arrow*) primjećuje veće opadanje brzine zraka. (Banaj, Đ. i sur., 2010). Prema navedenom, pri radu aksijalnog raspršivača u vinogradu utvrđuje se prosječno smanjenje brzine zraka od 33,82%, a u nasadu jabuke prosječno smanjenje od 41,09% pa iskorištenje aksijalnog ventilatora iznosi od 58,91% do 66,18% (tablice 14. i 15.). Pri radu radijalnog raspršivača u vinogradu utvrđuje se prosječno smanjenje brzine zraka od 55,40%, a u nasadu jabuke od 46,19% pa iskorištenje radijalnog ventilatora iznosi od 44,60% do 53,81% (tablice 16. i 17.). Prema Banaju, Đ. i sur. (2010) teorijsko iskorištenje aksijalnog ventilatora iznosi od 60 – 80%, a radijalnog od 50 – 60%. Pojavom trenja između zračnog mlaza i okolnog zraka prosječna brzina zraka pri radu aksijalnog raspršivača (*Hardi Zaturn*) u vinogradu smanjuje se na 7,17 m/s (krošnja sa

desne strane stroja) i na 9,83 m/s (krošnja sa lijeve strane stroja), dok se u nasadu jabuke smanjuje na 8,63 m/s (krošnja sa desne strane stroja) i na 12,04 m/s (krošnja sa lijeve strane stroja), tablice 14. i 15. Prosječna brzina zraka pri radu radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu smanjuje se na 7,20 m/s (krošnja sa desne strane stroja) i na 6,70 m/s (krošnja sa lijeve strane stroja), dok se u nasadu jabuke smanjuje na 14,00 m/s (krošnja sa desne strane stroja) i na 12,90 m/s (krošnja sa lijeve strane stroja), tablice 16. i 17. Slične rezultate smanjenja brzine zraka dobivaju Zhu, H. i sur. (2006) gdje brzina zraka sa 40 m/s na izlazu iz usmjerivača zraka pada na 19,40 m/s kad struja zraka počne doticati rubove krošnje na udaljenosti 1,79 m od aksijalnog raspršivača. Slično navode Fox, R.D. i sur. (1992) koji utvrđuje da energija zračne struje slabi udaljavanjem od izlaza ventilatora pa na udaljenosti do 3 m ostvaruje iznos manji za oko 60%. Autor Randall, J.M. (1971) smatra brzinu zraka kao glavni element zračne struje te navodi da brzina zraka mora iznositi minimalno 12,2 m/s da omogući tzv. otvaranje krošnje. Navedena brzina zraka nije korištena eksploatacijom *Hardi* raspršivača u vinogradu zbog manjeg uzgojnog oblika te mogućnosti veće pojave zanošenja. Ovu činjenicu podupiru Landers, A. i sur. (2004) koji utvrđuju da se kod mlađih trajnih nasada ili nasada manjeg uzgojnog oblika povećavanjem brzine zraka povećava zanošenje tekućine. Također utvrđuje da se smanjivanjem brzine zraka za 25% povećava veličina kapljica za 31%, te se tako osigurava optimalna pokrivenost površine i smanjeno zanošenje.

6.3. Uzgojne karakteristike vinograda i nasada jabuke

Uzgojni oblik vinograda u istraživanju je *Guyot* koji predstavlja najjednostavniji sustav uzgoja male ekspanzije, a sastoji se od reznika i lucnja sa malim opterećenjem, cca. 8-12 pupova (reznik 2 pupa, lucanj 6-10 pupova). U trećoj godini rozgva se reže na visinu uzgoja od 60 do 100 cm te se tijekom vegetacije dvije vršne mladice njeguju i vežu uz žicu, a ostale se uklone ili oštro prikraćuju. U četvrtoj godini rozgva se reže na najnižoj poziciji na reznik i lucanj te se takav rez koristi i u slijedećim godinama. Oblikovanje i održavanje je jednostavno, pa je zbog toga ovo najraširenij uzgojni oblik vinograda, posebice pri užim razmacima sadnje. Vinograd je sađen na međuredni razmak od 2,8 m, a razmak trsova u redu iznosi 0,9 m. Prema navedenim razmacima, uzgojnom obliku, te načinu rezanja, vinograd ostvaruje prosječnu visinu od 1,84 m, dok prosječna visina krošnje iznosi 1,3 m. Prosječna širina krošnje iznosi 1,19 m, a prosječna širina krošnje u redu iznosi 0,60 m. Prema navedenim podatcima izračunava se prosječna uzgoja površina koja za vinograd iznosi

0,73 m^2. Skeniranjem prikupljenih listova dobiva se prosječna lisna površina od 54 cm^2. Dobiveni rezultat množi se sa brojem listova na trsu za izračun ukupne lisne površine koja sa uzgojnom površinom daje rezultat indeksa lisne površine u vinogradu (*LAI*) od 1,65 m^2/m^2. Skeniranjem listova prikupljenih iz mjerača obujma (0,027 m^3) dobiva se ukupna lisna površina za izračun indeksa lisne gustoće (*LAD*) izraženog u 1 m^3. Prema tome prosječni *LAD* za vinograd iznosi 15,45 m^2/m^3 (tablica 18.). Celen, I.H. i sur. (2009) u svome istraživanju također koriste vinograd sa uzgojim oblikom *Guyot* koji je sađen na veće razmake: međuredni razmak od 3 m i razmak u redu od 1,5 m, sa prosječnom visinom krošnje od 1,2 m. Početkom lipnja, izračunom je dobiven prosječni *LAI* od 1,29 m^2/ m^2 sa prosječnom lisnom površinom od 73,4 cm^2 (na trsu se nalazi 680 ± 50 listova).

Nasad jabuke u istraživanju ima uzgojni oblik vitkog vretena koji predstavlja standardni uzgojni oblik u našem agroekološkom okruženju. Sastoji se od provodnice i primarnih grana koje su ujedno i rodno drvo ili se sastoji od kratkih primarnih grana koje na sebi nose rodno drvo. Ovaj uzgojni oblik kao skelet ima stožac, a poluskeltene grane su nosači rodnog drva i obrastajućih grančica koje se nalaze direktno na provodnici. Kod ovog oblika plodovi se najčešće uzgajaju maksimalno do visine 2,2 – 2,5 m. Nasad jabuke je sađen na međuredni razmak od 3,5 m, a razmak biljaka u redu iznosi 1,0 m. Pri navedenim razmacima, uzgojnom obliku, te načinu rezanja, vinograd ostvaruje prosječnu visinu od 2,33 m, dok prosječna visina krošnje iznosi 1,87 m. Prosječna širina krošnje iznosi 1,13 m, a prosječna širina krošnje u redu iznosi 1,29 m. Prema navedenim podatcima izračunava se prosječna uzgojna površina koja za nasad jabuke iznosi 1,47 m^2. Postupak određivanja *LAI* – a i *LAD* – a isti je kao i u vinogradu. Prema tome, prosječni *LAI* za nasad jabuke iznosi 1,76 m^2/m^2, a prosječni *LAD* iznosi 4,59 m^2/m^3 (tablica 19.). Manktelow, D.W. (1998) u svome istraživanju koristi više uzgojnih oblika nasada jabuke velikih međurednih razmaka i razmaka u redu. Tako uzgojni oblik ebro sa međurednim razmakom od 3,7 m i razmakom u redu od 2,5 m, te prosječnom visinom nasada od 3,5 m ostvaruje *LAI* i *LAD* od 2,4 $m^2/ m^2(m^3)$. Uzgojni oblik vitko vreteno sa međurednim razmakom od 4,0 m i razmakom u redu od 2,0 m, te prosječnom visinom od 3,5 m ostvaruje *LAI* od 1,7 m^2/ m^2 i *LAD* od 3,1 m^2/ m^3, dok uzgojni oblik vitke piramide sa međurednim razmakom od 5,0 m i razmakom u redu od 2,5 m, te prosječnom visinom od 5,0 m ostvaruje *LAI* od 3,4 m^2/ m^2 i *LAD* od 2,2 m^2/ m^3. Prema navedenim podatcima zaključuje se da vinograd ostvaruje veću lisnu gustoću te manju lisnu

površinu, za razliku od nasada jabuke koji ostvaruje manju lisnu gustoću, ali veću lisnu površinu.

6.4. Vremenski uvjeti u funkciji pokrivenosti tretirane površine i zanošenja

Istraživanja su obavljena krajem svibnja i početkom lipnja 2013. godine, pa su zabilježeni tipični vremenski uvjeti karakteristični za kasno proljeće. Tijekom aplikacije u vinogradu i nasadu jabuke poštivani su osnovni zahtjevi izvođenja aplikacije s obzirom na vremenske uvjete. Navedeno se podrazumijeva u poštivanju brzine vjetra, relativne vlažnosti i temperature zraka. Holownicki i sur. (2002) navode da se istraživanja pomoću vodoosjetljivih papirićima mogu obavljati samo u slučajevima kada je relativna vlažnost zraka manja od 80%, jer postoji mogućnost da papirići apsorbiraju vlagu iz zraka. Tadić, V. i sur. (2009) navode da je ključni čimbenik zaštite bilja brzina vjetra koja mora ostvarivati iznose manje od 4 m/s zbog smanjenja pojave prekomjernog zanošenja tekućine, dok Manktelow, D.W. (1998) navodi da navedena brzina vjetra mora ostvarivati iznose manje od 2,2 m/s. Tadić, V. i sur. (2009) dalje navode da relativna vlažnost zraka mora iznositi više od 50%, a temperatura zraka manje od 20 °C da se smanji mogućnost isparavanja kapljica mlaza manjih od 100 μm. Deveau, J. (2009) navodi da se aplikacija može obavljati samo kad je relativna vlažnost zraka veća od 40 %, a temperatura zraka manja od 25°C. Iz svega navedenog, zaključuje se da su idealni vremenski uvjeti za obavljanje raspršivanja u trajnim nasadima kada se relativna vlažnost zraka nalazi u intervalu od 40 – 80%, brzina vjetra manja od 3 m/s te temperatura zraka manja od 25 °C.

Tijekom istraživanja utjecaja tehničkih čimbenika raspršivanja na pokrivenost lisne površine u trajnim nasadima zabilježeni su slijedeći prosječni vremenski uvjeti:

- temperatura zraka unutar nasada i unutar reda od 16,08 do 22,76 °C,
- relativna vlažnost zraka unutar nasada i unutar reda od 41,47 do 61,54%,
- brzina vjetra od 0,37 do 1,34 m/s,
- sunčeva radijacija od 232,63 do 475,79 W/m^2 te
- atmosferski tlak zraka od 1.009,2 do 1.011, 5 hPa.

Tijekom istraživanja u vinogradu sa aksijalnim raspršivačem zabilježena je prosječna sunčeva radijacija od 435,75 W/m^2 te prosječna temperatura zraka unutar krošnje nasada od 21,56 °C, dok prosječna temperatura zraka unutar reda iznosi 22,26 °C. Prosječna relativna vlažnost zraka unutar krošnje iznosi 41,76%, a unutar reda 41,47%. Prosječna brzina vjetra iznosi 1,34 m/s, a smjer vjetra je većinom sjeverozapadni sa kratkotrajnim promjenama prema sjevernom, dok prosječni atmosferski tlak iznosi 1.011,4 hPa (tablica 20., grafikoni 14. i 15.). Tijekom istraživanja u nasadu jabuke sa aksijalnim raspršivačem zabilježena je prosječna sunčeva radijacija od 475,79 W/m^2 te prosječna temperatura zraka unutar krošnje nasada od 22,06 °C, dok prosječna temperatura zraka unutar reda iznosi 22,76 °C. Prosječna relativna vlažnost zraka unutar krošnje iznosi 45,70%, a unutar reda 45,41%. Prosječna brzina vjetra iznosi 0,37 m/s, a smjer vjetra je većinom sjeverozapadni i sjeverni, dok prosječni atmosferski tlak iznosi 1.011,5 hPa (tablica 21., grafikoni 14. i 15.).

Tijekom istraživanja u vinogradu sa radijalnim raspršivačem zabilježena je prosječna sunčeva radijacija od 232,63 W/m^2 te prosječna temperatura zraka unutar krošnje nasada od 16,10 °C, dok prosječna temperatura zraka unutar reda iznosi 16,22 °C. Prosječna relativna vlažnost zraka unutar krošnje iznosi 61,39%, a unutar reda 61,54%. Prosječna brzina vjetra iznosi 1,15 m/s, a smjer vjetra je većinom južnog smjera, dok prosječni atmosferski tlak iznosi 1.009,8 hPa (tablica 22., grafikoni 14. i 15.). Tijekom istraživanja u nasadu jabuke sa radijalnim raspršivačem zabilježena je prosječna sunčeva radijacija od 276,49 W/m^2 te prosječna temperatura zraka unutar krošnje nasada od 16,08 °C, dok prosječna temperatura zraka unutar reda iznosi 16,24 °C. Prosječna relativna vlažnost zraka unutar krošnje iznosi 60,87%, a unutar reda 61,07%. Prosječna brzina vjetra iznosi 1,28 m/s, a smjer vjetra je većinom južnog smjera, dok prosječni atmosferski tlak iznosi 1.009,2 hPa (tablica 23., grafikoni 14. i 15.).

S obzirom na navedene rezultate, temperatura i vlažnost zraka unutar krošnje nasada u odnosu na temperatura i vlažnost zraka unutar reda nasada nisu značajno odstupale jedna od druge. Također je zabilježeno smanjenje temperature zraka, sunčeve radijacije i atmosferskog tlaka zraka te povećanje relativne vlažnosti zraka pri radu radijalnog raspršivača u odnosu na aksijalni. Brzina vjetra tijekom cjelokupnih istraživanja nije prelazila granicu od 3 m/s, a smjer vjetra varira od južnog, sjeverozapadnog i sjevernog. Prema dobivenim rezultatima mjerenja vremenskih uvjeta tijekom istraživanja zaključuje se da je aplikacija obavljena prema pravilima zaštite bilja u gotovo idealnim vremenskim uvjetima.

6.5. Glavna svojstva istraživanja tijekom eksploatacije aksijalnog (*Hardi Zaturn*) i radijalnog (*Hardi Arrow*) raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke

6.5.1. Pokrivenost tretirane površine

Promatranjem svojstva pokrivenosti tretirane površine ostvarene sa **aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) u vinogradu**, vrijednosti se kreću od 26,59 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 51,45% (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha), dok prosječna pokrivenost svih tretmana iznosi 37,84%. Razlike u pokrivenosti tretirane površine po visinama trsa statistički su značajne, pa je pokrivenost donje razine trsa manja u odnosu na srednju za 16,91%, te u odnosu za vršnu razinu za 23,90%. Srednja razina trsa ostvaruje manju pokrivenost tretirane površine u odnosu na vršnu za 8,41%.

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$), osim interakcija (AB) tip mlaznice i brzine rada ($F = 0,11$; $P > 0,05$); interakcije (AC) tip mlaznice i norma raspršivanja ($F = 1,27$; $P > 0,05$) te interakcije (ABC) svih tehničkih čimbenika raspršivanja ($F = 0,98$; $P > 0,05$). S obzirom na tip mlaznice, pokrivenost tretirane površine sa aksijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Zaturn*) kreće se od 33,68% (plava) do 42,05% (zelena). Značajnu veću pokrivenosti tretirane površine pokazuje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 19,90%, te u odnosu na žutu za 10,58%, dok žuta mlaznica pokazuje veću pokrivenost u odnosu na plavu za 10,42 %. Promatranjem brzine rada, pokrivenost tretirane površine iznosi od 33,34% (6 km/h) do 42,21% (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veću pokrivenost površine za 21,01%. S obzirom na normu raspršivanja, pokrivenost tretirane površine kreće se od 32,63% (250 l/ha) do 42,41 % (350 l/ha). Značajnu veću pokrivenosti tretirane površine pokazuje norma raspršivanja od 350 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 23,06%, te u odnosu na 300 l/ha za 9,71%, dok norma raspršivanja od 300 l/ha pokazuje veću pokrivenost u odnosu na 250 l/ha za 14,78%. Uslijed povećanja radnog tlaka utvrđuje se značajno povećanje pokrivenosti tretirane površine ($r = 0,81$, $p < 0,05$).

Promatranjem svojstva pokrivenosti tretirane površine ostvarene sa **radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u vinogradu**, 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%. Razlike u pokrivenosti tretirane površine po visinama trsa nisu statistički značajne između donje i srednje razine te donje i vršne razine. Značajna razlika utvrđuje se za vršnu razinu s obzirom na srednju, gdje razlika u pokrivenosti iznosi 9,07%.

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$) i značajni ($P < 0,05$) osim interakcija (AB) tipa mlaznice i brzine rada ($F = 0,19$; $P > 0,05$). S obzirom na tip mlaznice, pokrivenost tretirane površine sa radijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Arrow*) iznosi od 46,18% (plava) do 58,48% (zelena). Značajnu veću pokrivenosti tretirane površine pokazuje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 21,04%, te u odnosu na žutu za 6,58%, no nesignifikantno, dok žuta mlaznica pokazuje veću pokrivenost u odnosu na plavu za 15,48%. Promatranjem 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%. 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 ($r = 0,80$, $p < 0,05$).

Promatranjem svojstva pokrivenosti tretirane površine ostvarene sa **aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) u nasadu jabuke**, izmjerene vrijednosti su od 26,03 (plava mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 54,40% (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha). Prosječna pokrivenost svih tretmana iznosi 38,90%. Razlike u pokrivenosti tretirane površine po visinama krošnje statistički su značajne, pa je pokrivenost donje razine krošnje manja u odnosu na srednju za 19,32%, te u odnosu za vršnu

razinu za 32,26%. Srednja razina krošnje ostvaruje manju pokrivenost tretirane površine u odnosu na vršnu za 16,16%.

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$) i značajni ($P < 0,05$) osim interakcija (AC) tipa mlaznice i norme raspršivanja ($F = 1,46$; $P > 0,05$) te interakcije ABC ($F = 2,39$; $P > 0,05$). S obzirom na tip mlaznice, pokrivenost tretirane površine sa aksijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Zaturn*) iznosi od 33,68% (plava) do 42,05% (zelena). Značajnu veću pokrivenosti tretirane površine pokazuje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 19,90%, te u odnosu na žutu za 10,58%, dok žuta mlaznica pokazuje veću pokrivenost u odnosu na plavu za 10,42%. Promatranjem brzine rada, pokrivenost tretirane površine iznosi od 33,34 % (6 km/h) do 42,21% (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veću pokrivenost površine za 21,01 %. S obzirom na normu raspršivanja, pokrivenost tretirane površine iznosi od 32,62 % (250 l/ha) do 42,41% (400 l/ha). Značajnu veću pokrivenosti tretirane površine pokazuje norma raspršivanja od 400 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 23,06%, te u odnosu na 325 l/ha za 9,71%. Norma raspršivanja od 325 l/ha pokazuje veću pokrivenost u odnosu na 250 l/ha za 14,78%. Uslijed povećavanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno povećavanje pokrivenosti tretirane površine ($r = 0,89$, $p < 0,05$).

Promatranjem svojstva pokrivenosti tretirane površine ostvarene sa **radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u nasadu jabuke**, a izmjerene vrijednosti su od 28,87 (žuta mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 64,87% (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha). Prosječna pokrivenost svih tretmana iznosi 44,12%. Razlike u pokrivenosti tretirane površine po visinama krošnje nisu statistički značajne između donje i vršne razine te srednje i vršne razine. Značajna razlika utvrđuje se za srednju razinu s obzirom na donju, gdje srednja razina ostvaruje veću pokrivenost za 4,42%.

S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo pokrivenosti tretirane površine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$) i značajni ($P < 0,05$). S obzirom na tip mlaznice, pokrivenost tretirane površine sa radijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Arrow*) kreće se od 37,41 (plava) do 51,31% (zelena). Značajnu veću pokrivenosti tretirane površine pokazuje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 27,09%, te u odnosu na žutu za 14,67%, dok žuta mlaznica pokazuje veću pokrivenost u odnosu na plavu za 14,55%. Promatranjem brzine rada,

pokrivenost tretirane površine iznosi od 33,34% (6 km/h) do 49,36% (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veću pokrivenost površine za 21,04%. S obzirom na normu raspršivanja, pokrivenost tretirane površine iznosi od 36,85% (250 l/ha) do 52,73% (350 l/ha). Značajnu veću pokrivenosti tretirane površine pokazuje norma raspršivanja od 400 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 30,11%, te u odnosu na 325 l/ha za 18,62%. Norma raspršivanja od 325 l/ha pokazuje veću pokrivenost u odnosu na 250 l/ha za 14,12%. Uslijed povećavanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno povećavanje pokrivenosti tretirane površine ($r = 0,92$, $p < 0,05$).

S obzirom na pokrivenost tretirane površine u vinogradu, radijalni raspršivač ostvaruje značajnu veću pokrivenost s obzirom na aksijalni za 28,80% ($Z = 3,53$; $p < 0,05$), dok u nasadu jabuke navedena razlika iznosi 11,83% ($Z = 4,06$; $p < 0,05$). Uz veću pokrivenost površine, radijalni raspršivač u vinogradu i nasadu jabuke ostvaruje uniformniju vertikalnu pokrivenost unutar trsa/krošnje. Navedene razlike rezultat su tehničke konstrukcije radijalnog raspršivača i mogućnosti usmjeravanja mlaza i struje zraka na željena područja trsa/krošnje pomoću fleksibilnih vodova. Pomoću faktorijalne analize varijance, za oba tipa raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke, utvrđen je značajan utjecaj glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (tip mlaznice, brzine rada i norma raspršivanja) na pokrivenost tretirane površine, te se utvrđuje značajno povećavanje pokrivenosti tretirane površina sa smanjenjem *ISO* broja mlaznice, povećavanjem brzine rada i povećavanjem norme raspršivanja (značajna razlika nije utvrđena samo između žute i zelene mlaznice pri radu radijalnog raspršivača u vinogradu). Kod oba tipa raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke utvrđuje se značajno povećanje pokrivenosti tretirane površine uslijed povećavanja radnog tlaka ($r = 0,80 – 0,92$, $p < 0,05$).

Slične rezultate s obzirom na gore navedeno dobivaju drugi svjetski istraživači, ovisno o cilju njihovog istraživanja. Tako su Marucco, P. i sur. (2008) istraživali utjecaj šest različitih brzina rada raspršivača (3,9 – 13 km/h), šest različitih brzina zraka (3,7 – 23 m/s) i četiri različite norme raspršivanja (200 – 1.000 l/ha) na pokrivenost tretirane površine u nasadu breskve. Istraživanje je pokazalo da je najbolji rezultat pokrivenost površine ostvaren pri brzini rada stroja od 7 km/h, brzini zraka od 14 m/s i normi raspršivanja od 400 l/ha. U usporedbi sa navedenim, najveća pokrivenost tretirane površine eksploatacijom raspršivača *Hardi Zaturn* u vinogradu iznosi 51,45% (brzina zraka od 13,80 m/s, brzina rada od 8 km/h, norma raspršivanja od 350 l/ha sa zelenom mlaznicom). U nasadu jabuke iznosi 54,40%

(brzina zraka od 17,48 m/s, brzina rada od 8 km/h, norma raspršivanja od 400 l/ha sa zelenom mlaznicom. Najveća pokrivenost tretirane površine eksploatacijom 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), dok u nasadu jabuke iznosi 64,87% (brzina zraka od 25,22 m/s, brzina rada od 8 km/h, norma raspršivanja od 400 l/ha sa zelenom mlaznicom.

Porras Soriano, A. i sur. (2005) istraživali su utjecaj radnog tlaka na pokrivenost tretirane površine u vinogradu. Prosječna pokrivenost sa radnim tlakom od 0,3 MPa iznosi 19,24%, a sa radnim tlakom od 0,6 MPa iznosi 25,04%. Sa povećanjem radnog tlaka za 0,3 MPa dobivena je veća prosječna pokrivenost površine za 23,16 %. U usporedbi sa navedenim, najmanja pokrivenost tretirane površine eksploatacijom raspršivača *Hardi Zaturn* u vinogradu iznosi 26,59% sa radnim tlakom od 1,51 bar do pokrivenosti od 51,45% sa radnim tlakom od 19,52 bar. Isti radni tlakovi se koriste sa raspršivačem *Hardi Arrow,* a najmanja pokrivenost iznosi 38,25% (1,51 bar) te najveća 67,87% (19,52 bar). Sa raspršivačem *Hardi Zaturn* pokrivenost tretirane površine se povećava za 48,31%, a sa raspršivačem *Hardi Arrow* za 43,64%. Najmanja pokrivenost tretirane površine eksploatacijom raspršivača *Hardi Zaturn* u nasadu jabuke iznosi 28,46% sa radnim tlakom od 1,51 bar do pokrivenosti 54,40% sa radnim tlakom od 25,53 bar. Isti radni tlakovi koriste se sa raspršivačem *Hardi Arrow,* a najmanja pokrivenost iznosi 28,87% (3,25 bar) te najveća 64,87% (25,53 bar). Sa raspršivačem *Hardi Zaturn* pokrivenost tretirane površine povećava se za 47,68%, a sa raspršivačem *Hardi Arrow* za 55,49%.

Autori, Williams, W. i sur. (1999) navode da su veličina kapljica, tip mlaznice i radni tlak, glavna tri čimbenika s kojima se manipulira da se ostvari najveća moguća pokrivenost tretirane površine. Prema njima, optimizira se navedenim tehničkim čimbenicima raspršivanja da bi se ostvarila zadovoljavajuća pokrivenost tretirane površine. Čitav niz autora (Hewitt, A.J., 1998; Ozkan, H.E., 1998; Wolf, R.E. i sur., 1999, 2005, 2006; Etheridge i sur., 1999; Butler Ellis i sur., 1999, Zhu, H. i sur., 2005.) navode da se povećanjem radnog tlaka i smanjivanjem *ISO* broja mlaznice povećava pokrivenost tretirane površine, što je prema nultoj hipotezi vlastitog istraživanjem dokazano.

Autori Carlton, J.B. i sur. (1993) utvrđuju izravni utjecaj norme raspršivanja na pokrivenost tretirane lisne površine, pa navode da se za svaki nasad mora pojedinačno određivati norma raspršivanja sa ciljem utvrđivanja granice do koje pokrivenost raste, a počinje gubitak

tekućine sa lista uslijed kapanja tekućine. U nasadu jabuke i vinogradu dobivena je zadovoljavajuću pokrivenost tretirane površine pa se ne treba koristiti norma raspršivanja veća od 350 i 400 l/ha (*Hardi Zaturn* u vinogradu sa pokrivenošću od 51,45%, a u nasadu jabuke sa 54,40; *Hardi Arrow* u vinogradu sa pokrivenošću od 67,87% , a u nasadu jabuke od 64,87%). Autor Manktelow, D.W. (1997) navodi da se stopostotna smrtnost medića u nasadu jabuke ostvaruje sa pokrivenošću površine od 62,40 do 70,39%. Mahmood., H.S. i sur. (2004) navode da se stopostotna smrtnost *Helicoverpe sp.* u nasadu pamuka, ostvaruje sa pokrivenošću površine od 52,00 – 61,75%.

Veći problem od prosječne pokrivenosti tretirane površine je uniformna vertikalna pokrivenost nasada, pa autori Praat, J.P i sur. (1996) navode da podatci o pokrivenosti površine unutar jedne krošnje mogu značajno varirati te se ostvaruju varijacije od čak 40 – 80%. Rezultat navedenog je slaba kontrola bolesti ili štetnika iako je zaštita obavljena u pravo vrijeme (Furness, G. i sur., 2003). Cilj i zahtjev zaštite bilja je uniformna i optimalna pokrivenost tretirane površine, da bi se ostvario izravni kontakt pesticida sa štetočinjama (Frankel, H., 1986). McFadden – Smith, W. (2003) navodi da se ostvarivanjem optimalne i uniformne raspodjele tekućine po trajnom nasadu može smanjivati doza pesticida uz isti biološki učinak. Slaba vertikalna uniformnost pokrivenosti površine i kontrole štetočinja je jedan od razloga zašto se u hrvatskim trajnim nasada zaštita obavlja više od dvadeset puta tijekom jedne vegetacijske sezone. Eksploatacijom aksijalnog raspršivača (*Hardi Zaturn*) ostvaruje se nezadovoljavajuća vertikalna uniformnost u nasadu jabuke i vinogradu (velika odstupanja između donje, srednje i vršne razine). Razlike u vinogradu iznose od 8,41 do 23,90%, a u nasadu jabuke od 9,49 do 38,90%. Eksploatacijom radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) ostvaruje se zadovoljavajuća vertikalna uniformnost pa su razlike minimalne i u vinogradu iznose od 2,70 do 9,07%, a u nasadu jabuke od 3,08 do 7,37%. Navedeno je također jedan od razloga zašto se u hrvatskoj tretiranje obavlja više od dvadesetak puta tijekom jedne vegetacije, imajući na umu da se u Republici Hrvatskoj aksijalni raspršivači koriste u 99,99% slučajeva. Velika prednost radijalnog raspršivača u odnosu na aksijalni je u tome što se pomoću fleksibilnih vodova mlaz tekućine i zraka usmjerava na željena mjesta zaštite gdje je najveća vegetativna masa, te se dobivaju dobri rezultati pokrivenosti tretirane površine i vertikalne uniformnosti.

Salyani, M., i Fox, R.D. (1999) istražuju pokrivenost tretirane površine sa devet različitih tipova raspršivača, pri istim parametrima raspršivanja i vremenskim uvjetima.

Raspršivač koji ostvaruje najbolji rezultat preporučuje se za daljnju eksploataciju u nasadu gdje je istraživanje obavljeno.

Da bi se ostvarila zadana norma raspršivanja od primjerice 325 l/ha, sa žutom mlaznicom pri brzini rada od 6 km/h radni tlak mora iznositi 5,50 bar. Pri istoj normi raspršivanja i tipu mlaznice, ali radnoj brzini od 8 km/h, radni tlak mora iznositi 9,78 bar da se rasprši navedena norma (izraz 4.8.2.). Uslijed navedenog povećavanja radnog tlaka povećava se pokrivenost tretirane površine ($r = 0,80 – 0,92$, $p < 0,05$), ali i radna brzina. Iz navedenog razloga, povećanjem radne brzine sa 6 na 8 km/h povećava se pokrivenost tretirane površine. Ako brzina rada nije vezana sa normom raspršivanja i tipom mlaznice, onda se smanjivanjem brzine rada povećava pokrivenost tretirane površine (Panneton, B. i Lacase, B., 2004; Salyani, M. i sur. 2000). Panneton, B. i sur., (2002) pri ispitivanju tehničkih čimbenika raspršivanja utvrđuju standardnu pogrešku od 3,5 pri radu sa vodosjetljivim papirićima, dok se ovim istraživanjem standardna pogreška kreće od 0,44 do 4,43.

6.5.2. Broj kapljica/cm^2

Promatranjem svojstva broja kapljica/cm^2 ostvarene sa **aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) u vinogradu**, vrijednosti su bile od 33,36 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 300 l/ha) do 123,02 kapljice (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha). Prosječni broj kapljica svih tretmana iznosi 78,93 kapljica/cm^2. S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm^2, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$). S obzirom na tip mlaznice, broja kapljica/cm^2 sa aksijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Zaturn*) iznosi od 48,83 (plava) do 106,70 kapljica (zelena). Značajan veći broja kapljica/cm^2 ostvaruje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 53,96%, te u odnosu na žutu za 22,80%. Žuta mlaznica ostvaruje veći broj kapljica u odnosu na plavu za 40,36%. Promatranjem brzine rada, broj kapljica/cm^2 iznosi od 70,90 (6 km/h) do 86,95 kapljica (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veći broja kapljica/cm^2 za 18,45%. S obzirom na normu raspršivanja, broja kapljica/cm^2 iznosi od 68,69 (250 l/ha) do 89,62 kapljica (350 l/ha). Značajno veći broja kapljica/cm^2 ostvaruje norma raspršivanja od 350 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 23,35%, te u odnosu na 300 l/ha za 12,43. Norma raspršivanja od 300 l/ha ostvaruje veći broja kapljica/cm^2 u odnosu na 250 l/ha za 12,47%. Uslijed povećavanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno

povećavanje broja kapljica/cm^2 ($r = 0,95$, $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine povećava broj kapljica/cm^2 ($r = 0,74$, $p < 0,05$).

Promatranjem svojstva broja kapljica/cm^2 ostvarene sa **radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u vinogradu**, vrijednosti iznose 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 iznosi 81,67 kapljica/cm^2. S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm^2, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$) i značajni ($P < 0,05$). S obzirom na tip mlaznice, broj kapljica/cm^2 sa radijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Arrow*) iznosi od 48,01 (plava) do 108,98 kapljica (zelena). Značajan veći broja kapljica/cm^2 ostvaruje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 55,94%, te u odnosu na žutu za 20,62%, dok žuta mlaznica ostvaruje veći broj kapljica u odnosu na plavu za 44,49%. Promatranjem brzine rada, broj kapljica/cm^2 kreće se od 73,24 (6 km/h) do 89,09 kapljica (8 km/h). Visokosignifikantna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veći broja kapljica/cm^2 za 17,79%. S obzirom na normu raspršivanja, broja kapljica/cm^2 iznosi od 72,63 (250 l/ha) do 94,75 kapljica (350 l/ha). Značajnu veći broja kapljica/cm^2 ostvaruje norma raspršivanja od 350 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 26,63%, te u odnosu na 300 l/ha za 19,38%. Norma raspršivanja od 300 l/ha ostvaruje veći broja kapljica/cm^2 u odnosu na 250 l/ha za 5,26%, ali nesignifikantno. Uslijed povećavanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno povećavanje broja kapljica/cm^2 ($r = 0,89$; $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine povećava broj kapljica/cm^2 ($r = 0,61$; $p < 0,05$).

Promatranjem svojstva broja kapljica/cm^2 ostvarene sa **aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) u nasadu jabuke**, čije se vrijednosti se kreću od 51,83 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 155,67 kapljica (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha). Prosječni broj kapljica svih tretmana iznosi 87,41 kapljica/cm^2. S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm^2, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$), osim interakcije (BC) radne brzine i norme raspršivanja ($F = 1,86$, $P > 0,05$). S obzirom na tip mlaznice, broja kapljica/cm^2 sa aksijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Zaturn*) iznosi od 65,70 (plava) do 108,88 kapljica (zelena). Značajano veći broja kapljica/cm^2 ostvaruje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 39,65%, te u odnosu

na žutu za 19,50%, dok žuta mlaznica ostvaruje veći broj kapljica u odnosu na plavu za 25,03%. Promatranjem brzine rada, broj kapljica/cm^2 kreće se od 80,11 (6 km/h) do 94,70 kapljica (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veći broja kapljica/cm^2 za 15,40%. S obzirom na normu raspršivanja, broja kapljica/cm^2 iznosi od 75,53 (250 l/ha) do 102,50 kapljica (400 l/ha). Značajno veći broja kapljica/cm^2 ostvaruje norma raspršivanja od 400 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 26,31%, te u odnosu na 325 l/ha za 17,85%. Norma raspršivanja od 325 l/ha ostvaruje veći broja kapljica/cm^2 u odnosu na 250 l/ha za 10,29%. Uslijed povećavanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno povećanje broja kapljica/cm^2 ($r = 0,96$, $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine povećava broj kapljica/cm^2 ($r = 0,82$, $p < 0,05$).

Promatranjem svojstva broja kapljica/cm^2 ostvarene sa **radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u nasadu jabuke**, vrijednosti su od 52,45 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 157,91 kapljica (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha). Prosječni broj kapljica svih tretmana iznosi 91,83 kapljica/cm^2. S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo broja kapljica/cm^2, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$), osim interakcije (BC) radne brzine i norme raspršivanja ($F = 1,36$, $P > 0,05$). S obzirom na tip mlaznice, broja kapljica/cm^2 sa radijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Arrow*) iznosi od 69,33 (plava) do 113,50 kapljica (zelena). Značajano veći broja kapljica/cm^2 ostvaruje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 38,91%, te u odnosu na žutu za 18,27%. Žuta mlaznica ostvaruje veći broj kapljica u odnosu na plavu za 25,16%. Promatranjem brzine rada, broj kapljica/cm^2 iznosi od 84,56 (6 km/h) do 99,09 kapljica (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veći broja kapljica/cm^2 (za 14,66%). S obzirom na normu raspršivanja, broja kapljica/cm^2 iznosi od 76,43 (250 l/ha) do 109,68 kapljica (400 l/ha). Značajno veći broja kapljica/cm^2 ostvaruje norma raspršivanja od 400 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 29,42%, te u odnosu na 325 l/ha za 19,82%. Norma raspršivanja od 325 l/ha ostvaruje veći broja kapljica/cm^2 u odnosu na 250 l/ha za 11,97%. Uslijed povećavanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno povećanje broja kapljica/cm^2 ($r = 0,96$, $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine povećava broj kapljica/cm^2 ($r = 0,88$, $p < 0,05$).

S obzirom na broj kapljica/cm^2 u vinogradu, radijalni raspršivač ostvaruje značajnu veći broj kapljica/cm^2 s obzirom na aksijalni za 3,36% ($Z = 2,12$; $p < 0,05$), dok u nasadu jabuke navedena razlika iznosi 4,81% ($Z = 3,53$; $p < 0,05$). S povećanjem pokrivenosti tretirane površine raste i broj kapljica/cm^2, pa radijalni raspršivač (Hardi *Arrrow*) ostvaruje veće vrijednosti broja kapljica/cm^2. Razlog navedenome je veći intenzitet hidropneumatske dezintegracije koju *Hardi Arrow* ostvaruje sa većom brzinom zračne struje i specifičnim sustavom strujanja zračnog mlaza koji se usmjerava točno na željena mjesta aplikacije. Pomoću faktorijalne analize varijance, za oba tipa raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke, utvrđen je značajan utjecaj glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (tip mlaznice, brzine rada i norma raspršivanja) na broj kapljica/cm^2, te se utvrđuje značajno povećanje broja kapljica/cm^2 sa smanjenjem *ISO* broja mlaznice, povećanjem brzine rada i povećavanjem norme raspršivanja (značajna razlika nije utvrđena samo između normi raspršivanja od 250 i 300 l/ha pri radu radijalnog raspršivača u vinogradu). Kod oba tipa raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke utvrđuje se značajno povećanje broja kapljica/cm^2 uslijed povećanja radnog tlaka ($r = 0,89 – 0,96$; $p < 0,05$), te povećavanje broja kapljica/cm^2 uslijed povećanja pokrivenosti tretirane površine ($r = 0,61 – 0,88$; $p < 0,05$).

Slične rezultate s obzirom na gore navedeno dobivaju drugi svjetski istraživači, a Deveau, S.T. (2010) navodi da se najbolji biološki učinak fungicida ostvaruje se 80 do 90 kapljica/cm^2, a sa insekticidima od 60 do 70 kapljica. Ovim istraživanjem dobiven je čak i već broj kapljica/cm^2 (primjerice: *Hardi Arrow* u vinogradu sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 400 l/ha – više od 157 kapljica/cm^2). Za djelovanje fungicida potrebna je veća pokrivenost tretirane površine sa više kapljica/cm^2 što se postiže povećavanjem radnog tlaka do granice kada zanošenje počne rasti. Wolf, R.E. i sur. (1999), te Cross, J.V. i sur., (2003), navode da se veći broj kapljica po kvadratnom centimetru postiže povećavanjem radnog tlaka, dok Porras Sorriano i sur., (2005) navode da se povećanjem radnog tlaka postiže veća pokrivenost površine. S obzirom na navedenu tvrdnju, slično se utvrđuje i vlastitim istraživanjem gdje se primjerice broj kapljica/cm^2 kreće od 51,83 pri radnom tlaku od 1,51 bar do 155,67 kapljica pri radnom tlaku od 25,53 bar (*Hardi Zaturn* u nasadu jabuke). Wolf, T. i Caldwell, B. (2006) proučavaju broj kapljica po kvadratnom centimetru pri zaštiti bilja sa tri različite norme raspršivanja po hektaru (45, 85 i 125 l/ha) i tri različite veličine kapljica (kapljice srednjih veličina – 295 μm; velike kapljice 370 μm i vrlo velike kapljice – 510 μm). Analiza pokrivenosti površine preko VOP-a pokazala je da se broj

kapljica/cm^2 smanjuje kada se smanjuje norma raspršivanja ili kada se povećava veličina kapljica. Kombinacija malih normi raspršivanja po hektaru sa velikim kapljicama ostvaruje najlošije rezultate, tj. ostvaruje se najmanji broj kapljica po kvadratnom centimetru. Navedene tvrdnje u potpunoj su korespodenciji sa rezultatima vlastitog istraživanja.

6.5.3. Prosječni promjer kapljica

Promatranjem svojstva prosječnog promjera kapljica ostvarenog sa **aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) u vinogradu**, vrijednosti su od 266,12 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 300 l/ha) do 132,29 μm (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha). Prosječni promjer svih tretmana iznosi 190,11 μm. S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$), osim interakcije (AB) tipa mlaznice i brzine rada ($F = 1,70$; $p > 0,05$); interakcije (AC) tip mlaznice i norma raspršivanja ($F = 1,56$; $p > 0,05$), te interakcije ABC ($F = 2,41$; $p > 0,05$). S obzirom na tip mlaznice, prosječni promjer kapljica sa aksijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Zaturn*) iznosi od 209,20 (plava) do 175,87 μm (zelena). Značajano manji prosječni promjer kapljica ostvaruje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 15,93%, te žuta u odnosu na zelenu za 4,69%, no nesignifikantno. Žuta mlaznica ostvaruje manji promjer u odnosu na plavu za 11,78 %. Promatranjem brzine rada, prosječni promjer kapljica iznosi od 197,75 (6 km/h) do 181,33 μm (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje manji promjer kapljica za 8,30%. S obzirom na normu raspršivanja, prosječni promjer kapljica iznosi od 207,83 (250 l/ha) do 175,87 μm (350 l/ha). Značajano manji prosječni promjer kapljica ostvaruje norma raspršivanja od 350 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 15,67%, te u odnosu na 300 l/ha za 5,54%. Norma raspršivanja od 300 l/ha ostvaruje manji prosječni promjer u odnosu na 250 l/ha za 10,72%. Uslijed povećavanja radnog tlaka kroz istraživanje, utvrđuje se značajno smanjenje prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,81$; $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine smanjuje prosječni promjer kapljica ($r = - 0,62$, $p < 0,05$). Uz navedeno, pri povećanju broja kapljica/cm^2 dolazi do značajnog smanjenja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,75$, $p < 0,05$), grafikon 21.

Promatranjem svojstva prosječnog promjera kapljica ostvarenog sa **radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u vinogradu**, vrijednosti iznosi od 289,21 (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. S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$), osim interakcije (BC) brzine rada i norme raspršivanja ($F = 1,57$; $p > 0,05$). S obzirom na tip mlaznice, prosječni promjer kapljica sa radijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Arrow*) iznosi od 214,70 (plava) do 157,37 μm (zelena). Značajano manji prosječni promjer kapljica ostvaruje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 26,70%, te u odnosu na žutu za 9,16%, dok žuta mlaznica ostvaruje manji promjer u odnosu na plavu za 19,30%. Promatranjem brzine rada, prosječni promjer kapljica iznosi od 196,30 (6 km/h) do 167,25 μm (8 km/h). Statistički vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje manji promjer kapljica za 14,79%. S obzirom na normu raspršivanja, prosječni promjer kapljica iznosi od 199,83 (250 l/ha) do 162,87 μm (350 l/ha). Značajano manji prosječni promjer kapljica ostvaruje norma raspršivanja od 350 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 18,49%, te u odnosu na 300 l/ha za 10,81%. Norma raspršivanja od 300 l/ha ostvaruje manji prosječni promjer u odnosu na 250 l/ha za 8,61%. Uslijed povećavanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno smanjenje prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,90$; $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine smanjuje prosječni promjer kapljica ($r = - 0,62$, $p < 0,05$). Pri povećanju broja kapljica/cm^2 dolazi do značajnog smanjenja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,85$, $p < 0,05$), grafikon 21.

Promatranjem svojstva prosječnog promjera kapljica ostvarenog sa **aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) u nasadu jabuke**, vrijednosti su od 204,41 (žuta mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 300 l/ha) do 131,15 μm (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha). Pprosječni promjer svih tretmana iznosi 172,68 μm. S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, samo su glavni tehnički čimbenici istraživanja visokosignifikantni ($P < 0,01$). S obzirom na tip mlaznice, prosječni promjer kapljica sa aksijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Zaturn*) iznosi od 183,33 (plava) do 156,87 μm (zelena). Značajano manji prosječni promjer kapljica ostvaruje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 14,43%, te u odnosu na žutu za 10,76 %. Žuta mlaznica ostvaruje manji

promjer u odnosu na plavu za 4,11%. Promatranjem brzine rada, prosječni promjer kapljica iznosi od 181,02 (6 km/h) do 162,97 μm (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje manji promjer kapljica za 9,97%. S obzirom na normu raspršivanja, prosječni promjer kapljica iznosi od 186,91 (250 l/ha) do 158,83 μm (400 l/ha). Značajno manji prosječni promjer kapljica ostvaruje norma raspršivanja od 400 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 15,02%, te u odnosu na 325 l/ha za 6,70%. Norma raspršivanja od 325 l/ha ostvaruje manji prosječni promjer u odnosu na 250 l/ha za 8,91%. Uslijed povećanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno smanjenje prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,90$; $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine smanjuje prosječni promjer kapljica ($r = - 0,87$, $p < 0,05$). Pri povećanju broja kapljica/cm^2 dolazi do značajnog smanjenje prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,83$, $p < 0,05$), grafikon 21.

Promatranjem svojstva prosječnog promjera kapljica ostvarenog sa **radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrown*) u nasadu jabuke**, vrijednosti iznosi od 189,43 (žuta mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 123,36 μm (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h te norma raspršivanja od 350 l/ha). Prosječni promjer svih tretmana iznosi 161,30 μm. S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo prosječnog promjera kapljica, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su tehnički čimbenici istraživanja visokosignifikantni ($P < 0,01$) i značajni ($P < 0,05$), osim interakcije (AB) tipa mlaznice i brzine rada ($F = 0,94$; $p > 0,05$); interakcije (AC) tipa mlaznice i norme raspršivanja ($F = 2,45$; $p > 0,05$) i interakcije (BC) brzine rada i norme raspršivanja ($F = 0,16$; $p > 0,05$). S obzirom na tip mlaznice, prosječni promjer kapljica sa radijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Arrow*) iznosi od 171,95 (plava) do 148,66 μm (zelena). Značajno manji prosječni promjer kapljica ostvaruje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 13,54%, te u odnosu na žutu za 9,94%, dok žuta mlaznica ostvaruje manji promjer u odnosu na plavu za 3,99%. Promatranjem brzine rada, prosječni promjer kapljica iznosi od 170,75 (6 km/h) do 153,05 μm (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje manji promjer kapljica za 0,36%. S obzirom na normu raspršivanja, prosječni promjer kapljica iznosi od 175,87 (250 l/ha) do 149,41 μm (400 l/ha). Značajano manji prosječni promjer kapljica ostvaruje norma raspršivanja od 400 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 15,04%, te u odnosu na 325 l/ha za 6,85%. Norma raspršivanja od 325 l/ha ostvaruje manji prosječni promjer u odnosu na 250 l/ha za 8,79%. Uslijed povećanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno smanjenje prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,90$; $p < 0,05$), te se povećanjem

pokrivenosti tretirane površine smanjuje prosječni promjer kapljica ($r = - 0,90$, $p < 0,05$). Pri povećanju broja kapljica/cm^2 dolazi do značajnog smanjenja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,85$, $p < 0,05$).

S obzirom na prosječni promjer kapljica u vinogradu, radijalni raspršivač ostvaruje manji promjer kapljica s obzirom na aksijalni za 4,11% ($Z = 1,64$; $p > 0,05$), no nesignifikantno. U nasadu jabuke navedena razlika iznosi 4,81% ($Z = 3,53$; $p < 0,05$), sa statističkom značajnošću ($\alpha_{0,05}$). Značajna razlika u vinogradu nije ostvarena zbog podjednake prosječne brzine zraka (aksijalni u vinogradu sa 13,08 m/s, a radijalni sa 15,60 m/s) koja je odgovorna na ujednačen intenzitet hidropneumatske dezintegracije mlaza. Značajna razlika utvrđuje se u nasadu jabuke gdje su veće razlika brzine zraka (aksijalni u vinogradu sa 17,48 m/s, a radijalni sa 25,12 m/s) pa je dezintegracija jačeg intenziteta, a što za posljedicu ima stvaranje kapljica manjeg promjera. Sličnu razliku naglašavaju Landers, A. i sur., (2004) koji navode da se smanjenjem brzine zraka za 25% povećava promjer kapljica za 31% s kojim se osigurava optimalna pokrivenost površine i smanjeno zanošenje u mladim trajnim nasadima. Pomoću faktorijalne analize varijance, za oba tipa raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke, utvrđen je značajan utjecaj glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (tip mlaznice, brzine rada i norma raspršivanja) na prosječni promjer kapljica, te se utvrđuje značajno smanjenje promjera sa smanjenjem *ISO* broja mlaznice, povećanjem brzine rada i povećavanjem norme raspršivanja (značajna razlika samo nije utvrđena između žute i zelene mlaznice pri radu aksijalnog raspršivača u vinogradu). Kod oba tipa raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke uslijed povećanja radnog tlaka smanjuje se prosječni promjer kapljica (negativni koeficijent korelacije od -0,81 do -0,90). Povećavanjem pokrivenosti tretirane površine također se smanjuje prosječni promjer kapljica (negativni koeficijent korelacije od -0,62 do -0,90). Pri povećanju broja kapljica/cm^2 kroz istraživanje dolazi do značajnog smanjenja prosječnog promjera kapljica (negativni koeficijent korelacije od -0,75 do -0,85). S povećanjem pokrivenosti tretirane površine raste broj kapljica/cm^2 te se smanjuje njihov promjer.

Povezano sa navedenim istraživanjem i rezultatima Cross, J.V. i sur. (2003) u svom istraživanju obavljaju ispitivanje utjecaja tri veličine kapljica na pokrivenost površine (156 μm – vrlo male kapljice; 198 μm – male kapljice i 237 μm – kapljice srednjih veličina). Najveća pokrivenost tretirane površine utvrđena je kod malih kapljica, jer su manje osjetljive na zanošenje od vrlo malih kapljica, a ostvaruju veću pokrivenost od kapljica srednjih veličina. Slično je dobiveno u ovom istraživanju gdje je najveća pokrivenost tretirane

površine ostvarena sa prosječnim promjerom kapljica od 120,96 do 132,29 μm. Metthews, G.A., (1979) daje podatak da se za suzbijanje biljnih bolesti trebaju koristiti veličine kapljica od 20 – 200 μm. Povećanjem broja kapljica, tj. njihovim smanjenjem povećava se mogućnost suzbijanja štetočinja. Nuyttens, D. i sur. (2006) navode da mlaznice sa manjim *ISO* brojem (01,015 i 02) s obzirom na veći *ISO* broj (025,03,04) pri istom radnom tlaku stvaraju kapljice manjeg promjera. Primjerice: Raspršivač *Hardi Arrow* pri radu u vinogradu sa plavom mlaznicom ostvaruje prosječni promjer kapljica od 214,70 μm, sa žutom promjer od 173,25 μm, dok se sa zelenom mlaznicom dobiva prosječni promjer kapljica od 157,37. Pomoću *post hoc LSD testa* utvrđuje se da su razlike u prosječnom promjeru kapljica bile su vrlo značajne i to žuta mlaznica u odnosu na plavu za 19,30%. Zelena mlaznice raspršuje kapljice manjeg promjera za 26,70% u odnosu na plavu mlaznicu i 9,16% u odnosu na žutu mlaznicu. Nuyttens, D. i sur. (2006) u potpunoj su sukladnosti sa dobivenim rezultatima vlastitog istraživanja. Istraživanja Wolf, R.E. i sur. (1999) jasno su pokazala da se povećanjem radnog tlaka smanjuje veličina kapljica. Navedeni autori daju podatak da mlaznice *ISO* oznake 04 pri radnom tlaku od 138 kPa ostvaruju promjer kapljica od 506 μm, dok ta ista mlaznica pri radnom tlaku od 551 kPa ostvaruje promjer kapljica od 350 μm (mjereno sa infracrvenim zrakama). Navedena istraživanja sukladna su ovom istraživanju gdje se također, uslijed povećavanja radnog tlaka smanjuje prosječni promjer kapljica, primjerice: *Hardi Zaturn* u vinogradu pri radnom tlaku od 1,51 bar ostvaruje prosječnu veličinu kapljica od 266,12 μm, dok pri radnom tlaku od 19,53 bar ostvaruje prosječni promjer od 132,29 μm. Povećanjem radnog tlaka za ≈ 13 puta, kapljice smanje promjer za ≈ 50%.

6.5.4. Zanošenje tekućine (*drift*)

Promatranjem svojstva zanošenja tekućine ostvarenog sa **aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) u vinogradu**, vrijednosti su od 14,51 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 25,83% (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 350 l/ha). Prosječno zanošenja tekućine svih tretmana iznosi 18,40%. Neparametrijskom statistikom (*sign test*) utvrđuje se veći intenzitet zanošenja tekućine sa lijevom stranom raspršivača s obzirom na desnu u iznosu od 6,77% ($Z = 2,12$, $p < 0,05$), jer lijeva strana raspršivača ostvaruje veću brzinu zraka sa obzirom na desnu za 25,06%. S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokosignifikantni

(P < 0,01). S obzirom na tip mlaznice, zanošenje tekućine sa aksijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Zaturn*) iznosi od 17,07 (plava) do 19,01% (zelena). Značajno veće zanošenje ostvaruje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 9,63%, te žuta u odnosu na zelenu za 0,63%, ali nesignifikantno, dok žuta mlaznica ostvaruje veće zanošenje u odnosu na plavu za 10,20%. Promatranjem brzine rada, prosječno zanošenje tekućine kreće se od 16,50 (6 km/h) do 20,14% (8 km/h). Statistički vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veće zanošenje tekućine za 18,07%. S obzirom na normu raspršivanja, prosječno zanošenje tekućine iznosi od 16,88 (250 l/ha) do 20,04% (350 l/ha). Značajno veće zanošenje tekućine ostvaruje norma raspršivanja od 350 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 15,76 %, te u odnosu na 300 l/ha za 9,93%. Norma raspršivanja od 300 l/ha ostvaruje veće zanošenje u odnosu na 250 l/ha za 6,48%. Uslijed povećavanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno povećavanje zanošenja tekućine ($r = 0,71$; $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine također povećava zanošenje tekućine ($r = 0,85$, $p < 0,05$). Pri promatranju odnosa prosječnog promjera kapljica i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno povećanje zanošenja tekućine uslijed smanjenja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,62$, $p < 0,05$), te pri povećanju broja kapljica/cm^2 također dolazi do značajnog povećanja zanošenja tekućine ($r = 0,61$, $p < 0,05$).

Promatranjem svojstva zanošenja tekućine ostvarenog sa **radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u vinogradu**, 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 zanošenja tekućine svih tretmana iznosi 14,26%. Neparametrijskom statistikom (*sign test*) utvrđuje se veći intenzitet zanošenja tekućine sa desnom stranom raspršivača s obzirom na lijevu u iznosu od 2,73% ($Z = 3,06$, $p < 0,05$), jer desna strana raspršivača ostvaruje veću brzinu zraka sa obzirom na lijevu za 8,00% (vrlo malo odstupanje). S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokosignifikantni (P < 0,01). S obzirom na tip mlaznice, zanošenje tekućine sa radijalnim raspršivačem u vinogradu (*Hardi Arrow*) je od 13,27 (plava) do 16,12% (zelena). Značajno veće zanošenje ostvaruje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 17,67%, te u odnosu na žutu za 10,85%, dok žuta mlaznica ostvaruje veće zanošenje u odnosu na plavu za 7,67%. Promatranjem brzine rada, prosječno zanošenje tekućine iznosi od 15,69 (6 km/h) do 13,49% (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 6 km/h koja ostvaruje veće

zanošenje tekućine za 14,02%. S obzirom na normu raspršivanja, prosječno zanošenje tekućine kreće se od 12,65 (250 l/ha) do 16,37% (350 l/ha). Značajno veće zanošenje tekućine ostvaruje norma raspršivanja od 350 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 22,72%, te 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%. Uslijed povećanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno povećavanje zanošenja tekućine ($r = 0,71$; $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine povećava zanošenje tekućine ($r = 0,52$; $p < 0,05$ – slaba veza). Pri promatranju odnosa prosječnog promjera kapljica i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno povećanje zanošenja tekućine uslijed smanjenja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,71$; $p < 0,05$), te pri povećanju broja kapljica/cm^2 ne dolazi do značajnog povećanja zanošenja tekućine ($r = 0,41$; $p > 0,05$, n.s.).

Promatranjem svojstva zanošenja tekućine ostvarenog sa **aksijalnim raspršivačem (*Hardi Zaturn*) u nasadu jabuke**, vrijednosti su od 10,12 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 40,41% (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha). Prosječno zanošenja tekućine svih tretmana iznosi 19,94%. Neparametrijskom statistikom (*sign test*) utvrđuje se veći intenzitet zanošenja tekućine sa lijevom stranom raspršivača s obzirom na desnu u iznosu od 9,15% ($Z = 3,53$, $p < 0,05$), jer lijeva strana raspršivača ostvaruje veću brzinu zraka sa obzirom na desnu za 19,60%. S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$). S obzirom na tip mlaznice, zanošenje tekućine sa aksijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Zaturn*) kreće se od 17,66 (plava) do 22,09% (zelena). Značajno veće zanošenje ostvaruje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 20,05%, te u odnosu na žutu za 9,09%. Žuta mlaznica ostvaruje veće zanošenje u odnosu na plavu za 12,05 %. Promatranjem brzine rada, prosječno zanošenje tekućine kreće se od 18,14 (6 km/h) do 21,74% (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veće zanošenje tekućine za 16,55%. S obzirom na normu raspršivanja, prosječno zanošenje tekućine iznosi od 15,16 (250 l/ha) do 28,60% (400 l/ha). Značajno veće zanošenje tekućine ostvaruje norma raspršivanja od 400 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 46,99%, te u odnosu na 325 l/ha za 43,81%, dok norma raspršivanja od 325 l/ha ostvaruje veće zanošenje u odnosu na 250 l/ha za 5,66%. Uslijed povećavanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno povećavanje zanošenja tekućine ($r = 0,74$; $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine također povećava

zanošenje tekućine ($r = 0,72$, $p < 0,05$). Pri promatranju odnosa prosječnog promjera kapljica i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno povećavanje zanošenja tekućine uslijed smanjivanja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,78$, $p < 0,05$), te pri povećanju broja kapljica/cm^2 također dolazi do značajnog povećavanja zanošenja tekućine ($r = 0,74$, $p < 0,05$).

Promatranjem svojstva zanošenja tekućine ostvarenog sa **radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*) u nasadu jabuke**, vrijednosti iznose od 9,87 (plava mlaznica, brzina rada od 6 km/h i norma raspršivanja od 250 l/ha) do 41,57% (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h i norma raspršivanja od 400 l/ha). Prosječno zanošenja tekućine svih tretmana iznosi 18,63%. Neparametrijskom statistikom (*sign test*) utvrđuje se veći intenzitet zanošenja tekućine sa desnom stranom raspršivača s obzirom na lijevu u iznosu od 7,85% ($Z = 3,06$; $p < 0,05$), jer desna strana raspršivača ostvaruje veću brzinu zraka sa obzirom na lijevu za 5,96% (vrlo mala razlika). S obzirom na faktorijalnu analizu varijance za ispitivano svojstvo zanošenja tekućine, a na osnovi statističkih parametara i značajnosti, svi su ispitivani čimbenici visokosignifikantni ($P < 0,01$). S obzirom na tip mlaznice, zanošenje tekućine sa aksijalnim raspršivačem u nasadu jabuke (*Hardi Zaturn*) kreće se od 16,34 (plava) do 21,81% (zelena). Značajno veće zanošenje ostvaruje zelena mlaznica u odnosu na plavu za 20,08%, te u odnosu na žutu za 11,04%, dok žuta mlaznica ostvaruje veće zanošenje u odnosu na plavu za 17,73%. Promatranjem brzine rada, prosječno zanošenje tekućine iznosi od 17,12 (6 km/h) do 21,25% (8 km/h). Vrlo značajna razlika utvrđuje se za brzinu rada od 8 km/h koja ostvaruje veće zanošenje tekućine za 19,43%. S obzirom na normu raspršivanja, prosječno zanošenje tekućine iznosi od 14,86 (250 l/ha) do 26,04% (400 l/ha). Značajno veće zanošenje tekućine ostvaruje norma raspršivanja od 400 l/ha u odnosu na 250 l/ha za 42,30%, te u odnosu na 325 l/ha za 36,05%, dok norma raspršivanja od 325 l/ha ostvaruje veće zanošenje u odnosu na 250 l/ha za 10,75%. Uslijed povećavanja radnog tlaka, utvrđuje se značajno povećanje zanošenja tekućine ($r = 0,81$; $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine također povećava zanošenje tekućine ($r = 0,85$; $p < 0,05$). Pri promatranju odnosa prosječnog promjera kapljica i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno povećanje zanošenja tekućine uslijed smanjenja prosječnog promjera kapljica ($r = - 0,86$; $p < 0,05$), te pri povećanju broja kapljica/cm^2 također dolazi do značajnog povećanja zanošenja tekućine ($r = 0,81$; $p < 0,05$).

S obzirom na zanošenje tekućine u vinogradu, radijalni raspršivač (*Hardi Arrow*) ostvaruje manje zanošenje s obzirom na aksijalni (*Hardi Zaturn*) za 20,40% ($Z = 2,59$; $p < 0,05$), dok u nasadu jabuke navedena razlika iznosi 6,56% ($Z = 1,17$; $p > 0,05$), nesignifikantno.

Ostvarena značajna razlika zanošenja tekućine u vinogradu rezultat je mogućnosti radijalnog raspršivača da bi se usmjerila struja mlaza i zraka na točno ciljana mjesta trsa, te time reducira zanošenje u velikoj mjeri. Uslijed različite tehničke konstrukcije aksijalnog raspršivača i manjeg habitusa vinove loze, radijalni raspršivač ostvaruje vrlo značajno manje zanošenje. Navedena konstrukcijska razlika manje dolazi do izražaja kada se radi o nasadu jabuke, gdje su krošnje većeg habitusa, pa se ne ostvaruje statistički značajna razlika. Pomoću faktorijalne analize varijance, za oba tipa raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke, utvrđen je značajan utjecaj glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (tip mlaznice, brzine rada i norma raspršivanja) na zanošenje tekućine, te se utvrđuje značajno povećavanje zanošenja sa smanjenjem *ISO* broja mlaznice, povećanjem brzine rada i povećanjem norme raspršivanja. Statistička značajnost nije utvrđena između zanošenja tekućine žute i zelene mlaznice pri radu aksijalnog raspršivača u vinogradu, dok pri radu radijalnog raspršivača u vinogradu nije utvrđena značajna razlika između korelacije broja kapljica/cm^2 i zanošenja tekućine. Pri radu radijalnog raspršivača u vinogradu značajno veće zanošenje tekućine ostvaruje brzina rada od 6 km/h.

Kod oba tipa raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke uslijed povećanja radnog tlaka utvrđuje se značajno povećanje zanošenja tekućine ($r = 0,65 – 0,81$; $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine također povećava zanošenje tekućine ($r = 0,52 – 0,85$; $p < 0,05$). Pri promatranju odnosa prosječnog promjera kapljica i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno povećanje zanošenja tekućine uslijed smanjenja prosječnog promjera kapljica ($r = -0,62$ do $-0,86$; $p < 0,05$), te pri povećanju broja kapljica/cm^2 također dolazi do značajnog povećanja zanošenja tekućine ($r = 0,61 – 0,81$; $p < 0,05$; 0,41 n.s).

Ostvarene vrijednosti zanošenja tekućine tijekom cjelokupnog istraživanja pokazuju minimalne vrijednosti, koje se rezultat optimalno podešenih parametara aplikacije (usmjerenje mlaznica, protok i brzina zraka, radna brzina i drugi), te optimalnih vremenskih uvjeta. S obzirom na različite brzine zraka pojedine strane raspršivača ostvaruju se različiti intenziteti zanošenja tekućine. Tako je eksploatacijom aksijalnog raspršivača zanošenje izraženije sa lijevom stranom stroja, dok je to kod radijalnom raspršivača izraženije sa desnom stranom stroja. Uz navedeno, radijalni raspršivač ostvaruje manje zanošenje tekućine tijekom cjelokupnog istraživanja, kako je već navedeno.

S obzirom na navedenu problematiku zanošenja tekućine, Ozkan, H.E. (2004) navodi da su kapljice manje od 200 μm najosjetljivije na zanošenje tekućine. Isti autor navodi (1998.)

da se negativna strana malih kapljica očituje u tome što su vrlo podložne zanošenju, te da gubitci zanošenjem malih kapljica sežu sve do 70%. Stoga predlaže da se za svaki raspršivač i nasad odredi granica smanjenja kapljica za dobivanje optimalne pokrivenosti tretirane površine i minimalnog zanošenja tekućine. Već je navedeno da se povećanje pokrivenosti tretirane površine povećava sa smanjenjem prosječnog promjera kapljica te povećanjem broja kapljica/cm^2.

Uz navedeno povećanje pokrivenosti raste i zanošenje tekućine, pa se za svaki nasad i raspršivač navodi optimalni odnos pokrivenosti i zanošenja:

~ eksploatacijom raspršivača *Hardi Zaturn* u vinogradu optimalna pokrivenost tretirane površine ostvaruje se sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 300 l/ha koja se ostvaruje radnim tlakom od 14,35 bar. Pri navedenim podešavanjima pokrivenost tretirane površine iznosi 49,41%, sa zanošenjem tekućine u iznosu od 20,45%;

~ eksploatacijom raspršivača *Hardi Arrow* u vinogradu optimalna pokrivenost tretirane površine ostvaruje se sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 350 l/ha koja se ostvaruje sa radnim tlakom od 10,99 bar. Pri navedenim podešavanjima pokrivenost tretirane površine iznosi 64,22%, sa zanošenjem tekućine u iznosu od 17,11%;

~ eksploatacijom raspršivača *Hardi Zaturn* u nasadu jabuke optimalna pokrivenost tretirane površine ostvaruje se sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 400 l/ha koja se ostvaruje sa radnim tlakom od 14,35 bar. Pri navedenim podešavanjima pokrivenost tretirane površine iznosi 47,19%, sa zanošenjem tekućine u iznosu od 22,30%;

~ eksploatacijom raspršivača *Hardi Arrow* u nasadu jabuke optimalna pokrivenost tretirane površine ostvaruje se sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 325 l/ha koja se ostvaruje sa radnim tlakom od 16,84 bar. Pri navedenim podešavanjima pokrivenost tretirane površine iznosi 59,55%, sa zanošenjem tekućine u iznosu od 21,10%.

7. ZAKLJUČCI

Testiranjem raspršivača korištenih u istraživanju i podešavanjem glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja mogu se donijeti slijedeći zaključci:

~ Testiranjem oba raspršivača (*Hardi Zaturn* i *Arrow*) prema *EN 13790* standardu zaključuje se da su strojevi ispravni te da obavljaju aplikaciju sa radom u granicama dopuštenih otklona.

~ Korištene norme raspršivanja u vinogradu (*250, 300 i 350 l/ha*) i nasadu jabuke (*250, 325 i 400 l/ha*) odgovaraju uzgojnom obliku i obujmu nasada (*uzgojni oblik Guyot i obujam od 3942 m^3/ha za vinograd te uzgojni oblik vitko vreteno i obujam od 8587 m^3/ha za nasad jabuke*) te slijede 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 – Hardi Zaturn od 0,05% do 1,79%, a Hardi Arrow od 0,54% do 1,67%*).

~ Korišteni radni tlakovi (*od 1,51 do 25,52 bar*) u kombinaciji sa odgovarajućim mlaznicama brzinom rada te međurednim razmakom nasada osiguravaju normu raspršivanja potrebnu za obavljanje pojedinog tretmana.

~ Protok *Lechler TR 8003, 02* i *015* mlaznica odgovara *ISO* standardu te se raspršivanjem osigurava potreban norma uz korištenje odgovarajućih radnih tlakova.

~ Eksploatacijom oba raspršivača mlaznice su usmjerene pod odgovarajućim kutovima sa aplikacijom prema vegetativnoj masi (*Hardi Zaturn u vinogradu: -5°, 0°, +5° i +10° te u nasadu jabuke: -5°, 0°, +5°, +10° i +15°; Hardi Arrow u vinogradu:* -5°, 0°, +10° i +10° *te u nasadu jabuke -5°, 0°, +10°, +10° i +10°*).

~ Korišteni protoci zraka u vinogradu (*Hardi Zaturn sa 10.995,75 m^3/h i Hardi Arrow sa 6.248,33 m^3/h*) i nasadu jabuke (*Hardi Zaturn sa 14.154,75 m^3/h i Hardi Arrow sa 10.265,16 m^3/h*) odgovaraju uzgojnom obliku, razvojnoj fazi i bujnosti trajnih nasada.

~ Brzina zraka podešava se na veće iznose u nasadu jabuke (*Hardi Zaturn – prosjek brzine zraka lijeve strane stroja od 19,38 m/s te desne od*

15,58 m/s; Hardi Arrow – prosjek lijeve strane stroja od 24,45 m/s te desne od 26,00 m/s) i manje iznose u vinogradu (*Hardi Zaturn – prosjek brzine zraka lijeve strane stroja od 14,96 m/s te desne od 11,21 m/s; Hardi Arrow – prosjek lijeve strane stroja od 14,95 m/s te desne od 16,25 m/s*).

~ Prosječna brzina zraka pri radu aksijalnog raspršivača znatno je veća na desnoj strani stroja s obzirom na lijevu (*Hardi Zaturn u vinogradu sa razlikom od 25,06%, te u nasadu jabuke sa razlikom od 19,60%*). Pri radu radijalnog raspršivača navedena razlika je znatno manja i pomaknuta na desnu stranu stroja (*Hardi Arrow u vinogradu sa razlikom od 8,00%, a u nasadu jabuke sa razlikom od 5,96%*).

~ Eksploatacijom aksijalnog raspršivača (*Hardi Zaturn*) utvrđena je nepravilna vertikalna raspodjela prosječne brzine zraka sa padom vrijednosti prema vrhu usmjerivača (*Vinograd - desna strana stroja sa vrijednostima od 14,50 m/s na najnižem dijelu usmjerivača zraka do 7 m/s na vrhu usmjerivača ostvaruje koeficijent varijacije od 31,30%, dok lijeva strana stroja sa vrijednostima od 19,50 m/s do 7,25 m/s ostvaruje koeficijent varijacije od 31,04%; Nasad jabuke - desna strana stroja sa vrijednostima od 20,00 m/s na najnižem dijelu usmjerivača zraka do 11,00 m/s na vrhu usmjerivača ostvaruje koeficijent varijacije od 27,20%, dok lijeva strana stroja sa vrijednostima od 25,00 m/s do 11,00 m/s ostvaruje koeficijent varijacije od 26,68%*).

~ Eksploatacijom radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) utvrđena je uniformna vertikalna raspodjela prosječne brzine zraka (*Vinograd - desna strana stroja sa vrijednostima od 16,25 m/s do 16,75 m/s ostvaruje vrlo mali koeficijent varijacije od 2,18%, a lijeva strana stroja sa vrijednostima od 14,25 m/s do 14,75 m/s ostvaruje također vrlo mali koeficijent varijacije od 3,12%; Nasad jabuke - desna strana stroja sa vrijednostima od 23,50 m/s do 26,50 m/s ostvaruje koeficijent varijacije od 5,61%, a lijeva strana stroja sa vrijednostima od 20,75 m/s do 27,25 m/s ostvaruje koeficijent varijacije od 10,51%*).

~ Eksploatacijom oba raspršivača dolazi do smanjenja brzine zračne struje na rubu krošnje uslijed pojave trenja okolnog zraka i struje zraka (*Hardi Zaturn u vinogradu – prosječna brzina zraka desne strane stroja u doticaju s krošnjom smanjuje se na brzinu od 7,17 m/s, dok se prosječna brzina zraka lijeve*

strane stroja u doticaju s krošnjom smanjuje na iznos od 9,83 m/s; u nasadu jabuke - prosječna brzina zraka desne strane stroja u doticaju s krošnjom smanjuje se na brzinu od 8,63 m/s, dok se prosječna brzina zraka lijeve strane stroja smanjuje na iznos od 12,04 m/s; Hardi Arrow u vinogradu - prosječna brzina zraka desne strane stroja u doticaju s krošnjom smanjuje se na brzinu od 7,20 m/s, dok se prosječna brzina zraka lijeve strane stroja u doticaju s krošnjom smanjuje na iznos od 6,70 m/s; u nasadu jabuke - prosječna brzina zraka desne strane stroja smanjuje se na brzinu od 14,00 m/s, dok se prosječna brzina zraka lijeve strane stroja u doticaju s krošnjom smanjuje 12,90 m/s).

~ Pri radu raspršivača *Hardi Zaturn* u vinogradu utvrđeno je prosječno smanjenje brzine zraka na rubu krošnje od 33,82%, a u nasadu jabuke prosječno smanjenje od 41,09 % .

~ Pri radu raspršivača *Hardi Arrow* u vinogradu utvrđeno je prosječno smanjenje brzine zraka na rubu krošnje od 55,40%, a u nasadu jabuke prosječno smanjenje od 46,19% .

Vinograd je uzgojnog oblika Guyot sa indeksom lisne površine (*LAI*) od 1,65 m^2/ m^2, te indeksom lisne gustoće (*LAD*) od 15,45 m^2/ m^3. Nasad jabuke je uzgojnog oblika vitko vreteno sa indeksom lisne površine (*LAI*) od 1,76 m^2/ m^2, te indeksom lisne gustoće (*LAD*) od 4,59 m^2/ m^3. Vinograd ostvaruje veću lisnu gustoću te manju lisnu površinu, za razliku od nasada jabuke koji ostvaruje manju lisnu gustoću, ali veću lisnu površinu.

Prema dobivenim rezultatima mjerenja vremenskih uvjeta tijekom istraživanja zaključuje se da je aplikacija obavljena prema pravilima zaštite bilja u gotovo idealnim vremenskim uvjetima

Nakon provedenih istraživanja u nasadu jabuke i vinogradu sa aksijalnim (*Hardi Zaturn*) i radijalnim raspršivačem (*Hardi Arrow*), na temu utjecaja tehničkih čimbenika raspršivanja na pokrivenost lisne površine u trajnim nasadima mogu se donijeti slijedeći zaključci:

~ <u>S obzirom na promatrano svojstvo pokrivenosti tretirane površine</u>, a na osnovi faktorijalne analize varijance, zaključuje se da glavni tehnički čimbenici raspršivanja (*tip mlaznice, brzina rada i norma raspršivanja*) imaju značajan utjecaj na pokrivenosti tretirane površine, te se zaključuje statistički značajno povećavanje pokrivenosti sa smanjivanjem *ISO* broja mlaznice, povećanjem brzine rada i povećanjem norme raspršivanja (*Hardi Zaturn u vinogradu sa prosječnom*

pokrivenosti tretirane površine od 25,59 do 51,45%, te Hardi Arrow od 38,25 do 67,87%; Hardi Zaturn u nasadu jabuke od 28,46 do 54,40%, te Hardi Arrow od 28,87 do 64,87 %).

~ Povećanjem radnog tlaka (raspršivači *Hardi Zaturn* i *Arrow* u nasadu jabuke i vinogradu) povećava se pokrivenost tretirane površine (*r = 0,80 – 0,92, p < 0,05*).

~ *Hardi Arrow* u vinogradu ostvaruje značajnu veću pokrivenost s obzirom na *Hardi Zaturn* za *28,80% (Z = 3,53; p < 0,05)*, dok u nasadu jabuke navedena razlika iznosi *11,83% (Z = 4,06; p < 0,05)*.

~ Radijalni raspršivač ostvaruje uniformniju vertikalnu pokrivenosti unutar trsa/krošnje (*Hardi Zaturni u vinogradu sa razlikama od 8,41 do 23,90%, a u nasadu jabuke od 9,49 do 38,90%; Hardi Arrow u vinogradu od 2,70 do 9,07%, a u nasadu jabuke od 3,08 do 7,37%*).

~ S obzirom na promatrano svojstvo broja kapljica/cm^2, a na osnovi faktorijalne analize varijance, zaključuje se da 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 (*Hardi Zaturn u vinogradu sa prosječnim brojem kapljica/cm^2 od 33,66 do 123,02 kapljice, te Hardi Arrow od 29,50 do 124,77 kapljica; Hardi Zaturn u nasadu jabuke od 51,83 do 155,67 kapljica, te Hardi Arrow od 52,45 do 157,91kapljice).*

~ Povećanjem radnog tlaka (raspršivači *Hardi Zaturn* i *Arrow* u nasadu jabuke i vinogradu) povećava se broja kapljica/cm^2 (*r = 0,89 – 0,96, p < 0,05*), te se povećava broj kapljica/cm^2 uslijed povećavanja pokrivenosti tretirane površine (*r = 0,61 – 0,88; p < 0,05*).

~ *Hardi Arrow* u vinogradu ostvaruje značajano veći broj kapljica/cm^2 s obzirom na *Hardi Zaturn* za 3,36*% (Z = 2,12; p < 0,05)*, dok u nasadu jabuke navedena razlika iznosi *4,81% (Z = 3,53; p < 0,05)*,

~ S obzirom na promatrano svojstvo prosječnog promjera kapljica, a na osnovi faktorijalne analize varijance, zaključuje se da 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 (*Hardi Zaturn u vinogradu sa prosječnim promjerom kapljica od 266,12 do 132,29 µm, te Hardi Arrow od 289,21 do 120,96 µm; Hardi Zaturn u nasadu jabuke od 204,41 do 131,15 µm, te Hardi Arrow od 189,43 do 123,36 µm).*

~ Povećavanjem radnog tlaka smanjuje se prosječni promjer kapljica ($r = -0,81$ do $-0,90$, $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine također smanjuje prosječni promjer kapljica ($r = -0,62$ do $-0,90$, $p < 0,05$). Pri povećanju broja kapljica/cm^2 dolazi do statistički značajnog smanjenja prosječnog promjera kapljica ($r = -0,75$ do $-0,85$, $p < 0,05$).

~ S obzirom na broj prosječni promjer kapljica u vinogradu, radijalni raspršivač ostvaruje manji promjer kapljica s obzirom na aksijalni za 4,11% ($Z = 1,64$; $p > 0,05$), nesignifikantno. U nasadu jabuke navedena razlika iznosi 4,81% ($Z = 3,53$; $p < 0,05$), ali sa značajnošću ($\alpha_{0,05}$) – navedeno je rezultat većeg intenziteta dezintegracije mlaza uslijed veće brzine zračne struje koju ostvaruje raspršivač *Hardi Arrow*.

~ S obzirom na promatrano 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 (*Hardi Zaturn u vinogradu sa prosječnim zanošenjem tekućine od 14,51 do 25,83%, te Hardi Arrow od 7,67 do 21,72%; Hardi Zaturn u nasadu jabuke od 10,12 do 40,41%, te Hardi Arrow od 9,87 do 36,28 %).*

~ Pri radu radijalnog raspršivača (*Hardi Arrow*) u vinogradu značajno veće zanošenje tekućine ostvaruje brzina rada od 6 km/h.

~ Kod oba tipa raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke uslijed povećavanja radnog tlaka utvrđuje se značajno povećanje zanošenja tekućine ($r = 0,65 – 0,81$; $p < 0,05$), te se povećanjem pokrivenosti tretirane površine također povećava zanošenje tekućine ($r = 0,52 – 0,85$; $p < 0,05$). Pri promatranju odnosa prosječnog promjera kapljica i zanošenja tekućine utvrđuje se značajno povećavanje zanošenja tekućine uslijed smanjivanja prosječnog promjera kapljica ($r = -0,62$ do $-0,86$; $p <$

0,05), te pri povećanju broja kapljica/cm^2 kroz istraživanje također dolazi do značajnog povećavanja zanošenja tekućine (*r = 0,61 – 0,81; p < 0,05; 0,41 n.s*).

~ Radijalni raspršivač (*Hardi Arrow*) ostvaruje manje zanošenje s obzirom na aksijalni (*Hardi Zaturn*) za 20,40% (*Z = 2,59; p < 0,05*), dok u nasadu jabuke navedena razlika iznosi 6,56% (*Z = 1,17; p > 0,05*), ali nesignifikantno – navedeno rezultat razlika u tehničkoj konstrukcije raspršivača i habitusa vinove loze/krošnje jabuke.

Navedeno je da se povećavanjem pokrivenosti tretirane površine povećava i zanošenje tekućine – *drift*, koji predstavlja negativno svojstvo u vidu gubitka tekućine sa cilja raspršivanja. Za svaki stroj i nasad treba odrediti optimalni odnos između pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine prema slijedećim podešavanjima tehničkih čimbenika raspršivanja:

~ Eksploatacijom raspršivača *Hardi Zaturn* u vinogradu optimalna pokrivenost tretirane površine ostvaruje se sa zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 300 l/ha koja se ostvaruje sa radnim tlakom od 14,35 bar. Pri navedenim podešavanjima pokrivenost tretirane površine iznosi 49,41%, sa zanošenjem tekućine u iznosu od 20,45%.

~ Eksploatacijom raspršivača *Hardi Arrow* u vinogradu optimalna pokrivenost tretirane površine ostvaruje se zelenom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 350 l/ha koja se ostvaruje sa radnim tlakom od 10,99 bar. Pri navedenim podešavanjima pokrivenost tretirane površine iznosi 64,22%, sa zanošenjem tekućine u iznosu od 17,11%.

~ Eksploatacijom raspršivača *Hardi Zaturn* u nasadu jabuke optimalna pokrivenost tretirane površine ostvaruje se zelenom mlaznicom, brzinom rada od 6 km/h i normom raspršivanja od 400 l/ha koja se ostvaruje sa radnim tlakom od 14,35 bar. Pri navedenim podešavanjima pokrivenost tretirane površine iznosi 47,19%, sa zanošenjem tekućine u iznosu od 22,30%.

~ Eksploatacijom raspršivača *Hardi Arrow* u nasadu jabuke optimalna pokrivenost tretirane površine ostvaruje se zelenom mlaznicom, brzinom rada od 8 km/h i normom raspršivanja od 325 l/ha koja se ostvaruje sa radnim tlakom od 16,84 bar. Pri navedenim podešavanjima pokrivenost tretirane površine iznosi 59,55%, sa zanošenjem tekućine u iznosu od 21,10%.

Ovo istraživanje dio je suvremenih svjetskih trendova gdje primjena poljoprivredne tehnike pri zaštiti bilja teži ostvarenju što veće pokrivenosti tretirane površine sa što manjim gubitcima tekućine u obliku zanošenja. Na taj način ostvaruje se prvi preduvjet za učinkovitu zaštitu bilja i općenito smanjenje gubitaka. Dobiveni rezultati i znanstveno utemeljeni zaključci mogu poslužiti svim poljoprivrednim proizvođačima, jer do sada u Republici Hrvatskoj nema znanstveno utemeljenih istraživanja vezanih za ovu problematiku, a ulaskom u Europsku uniju naslijeđen je Pravilnik o obaveznom tehničkom pregledu raspršivača.

8. POPIS LITERATURE

1. Ade, G., Molari, G., Rondelli, V. (2005): Vineyard evaluation of a recycling tunnel sprayer, Published by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan, www.asabe.org.
2. ASAE (American Standards for Agricultular Engineering), Standard S – 572.1 (ožujak 2009.)
3. Baldoin, C., De Zanche, C., Bondesan, D. (2008): Field Testing of a Prototype Recycling Sprayer in a Vineyard, Spray Distribution and Loss, Agricultural Engineering International, The CIGR Ejournal, Vol. 10.
4. Balsari, P., Tamagnone, M., Allochis, D., Marucco, P., Bozzer, C. (2012): Sprayer tank agitation check: A proposal for a simple instrumental evaluation, Fourth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe - SPISE 4 - Lana (South Tyrol), Italy, March 27-29, str. 106 - 116
5. Banaj, Đ., Tadić, V., Banaj Ž. (2009): Trošenje mlaznica izrađenih od mesinga, 44. hrvatski i 4. međunarodni simpozija agronoma, 2009, Opatija 2009., 907 – 911.
6. 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.
7. 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.
8. Banaj, Đ., Tadić, V., Banaj, Ž., Lukač, P. (2010): Unapređenje tehnike aplikacije pesticida, Sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

9. Banaj, Đ., Tadić, V., Banaj, Ž., Menđušić, I., Duvnjak, V. (2009): Istraživanje ujednačenosti površinske raspodjele tekućine ratarskih prskalica, 44. hrvatski i 4. međunarodni simpozija agronoma, Opatija 2009., 897 – 901.
10. Banaj, Đ., Tadić, V., Lukinac, J., Horvat, D. (2010): The use of water sensitive paper for evaluation of spray coverage in an apple orchard, Poljoprivreda, 16 (1), 43 – 49.
11. Banaj, Đ., Tadić, V., Petrović, P. (2012): Testiranje tehničkih sustava u zaštiti bilja u Republici Hrvatskoj, 40. međunarodni simpozij Aktualni zadatci mehanizacije poljoprivrede, Opatija, 305 – 310.
12. Banaj, Đ., Tadić, V., Vujčić, B., Lukinac, J. (2010): Procjena pokrivenosti lisne površine u voćnjaku jabuke pomoću vodoosjetljivih papirića, Proceedings of the 38. International Symposium on Agricultular Engineering, Actual Tasks on Agricultular Engineering, Opatija 2010., 183 – 190.
13. Berčič, S. (1999): Composed air flow in pesticide spraying, Agriculturae conspectus scientificus, Vol. 64, No 3., 161-177.
14. Biocca, M., Mattera, M., Imperi, G. (2005): A New Vertical Patternator to Evaluate the Distribution Quality of Vineyards and Orchards Sprayers, Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production, Fructic, Montpellier 2005., France
15. Bondesan, D., Rizzi, C., Ianes, P., Angeli, G., Bassi, R., Dalpiaz, A., Ioriatti, C. (2012): Towards integration of inspection procedures, calibration and drift reducing devices for an eicient use of pesticides and reduction of application impact, Fourth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe - SPISE 4 - Lana (South Tyrol), Italy, March 27-29, str. 135 - 139
16. Bound, S.A., Oakford, M.J., Jones, K.M. (1997): Reducing spray volumes and dosages on conventional airblast orchard sprayers using low volume nozzle system, Australian Journal of Experimental Agriculture. 37(5): 591-597.
17. Bozdogan, N. Y., Bozdogan,, A. M. (2009): Comparisons of field and model percentage drift using different types of hydraulic nozzles in pesticide applications, Int. J. Environ. Sci. Tech., 6 (2), 191-196.
18. British Council for Crop Protection, Standard for Droplet Sizing, 1985.

19. 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.
20. Butler Ellis, M.C., Tuck, C.R. (1999): How adjuvants influence spray formation with different hydraulic nozzles, Crop Protection 18, 101 – 109.
21. Carlton, J.B., Bouse, L.F., O'Neal, H.P., Walla, W. J. (2003): Mechanical factors affecting aerial spray coverage of soybeans, Transactions of the ASAE, 26(6), 1065- 1067.
22. Celen, I.H. (2008): Effect of Angle of Sprayer Deflector on Spray Distribution in Dwarf Apple Trees, Journal of Agronomy 7 (2): 206 – 208.
23. Celen, I.H., Durgut, M.R., Avci, G.G., Kilic, E. (2009): Effect of air assistance on deposition distribution on spraying by tunnel - type electrostatic sprayer - African Journal of Agricultural Research, Vol. 4 (12), 1392-1397.
24. Chapple, A.C., Wolf, T.M., Downer, R.A., Taylor, R.A., Hall, F.R. (1997): Use of nozzle - induced air - entrainment to reduce active ingredient requirements for pest control, Crop Protection, Vol. 16, No. 4.
25. Ciba – Geigy Limited: What is water-sensitive paper?, Application Services, AG 7.3
26. Cross, J. V., Walklate, P. J., Murray, R. A., Richardson, G.M. (2003): Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer, Crop protection, Vol 25, No.2.
27. Declercq, J., Huyghebaert, B., Nuyttens, D. (2012): An overview of the defects on tested orchard sprayers in Belgium, Fourth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe - SPISE 4 - Lana (South Tyrol), Italy, March 27-29, str. 180 – 185.
28. De Moor, A., Langenakens, J., Vereecke, E. (2000): Image analysis of water sensitive paper as a tool for the evaluation of spray distribution of orchard sprayers, Aspects of Applied Biology, 57
29. Derksen, R. C., Gray, R. L. (1995): Deposition and Air Speed Patterns of Air-carrier Apple Orchard Sprayers, Transactions of the ASABE. 38(1): 5-11.
30. Derksen, R.C., Krause, C.R., Fox, R.D., Brazee, R.D., Zondag, R. (2006): Effect of Application Variables on Spray Deposition, Coverage, and Ground Losses in Nursery Tree Applications, J. Environ. Hort. 24(1): 45–52.

31. Derksen, R.C., Zhu, H., Fox, R.D., Brazee, R.D., Krause C.R. (2007): Coverage and Drift Produced by Air Induction and Conventional Hydraulic Nozzles Used for Orchard Applications, Transactions of the ASABE, Vol. 50(5): 1493-1501.
32. Deveau, S.T. (2009): Pesticide application factors, Faction Sheet of OMAFRA (Onario Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs).
33. Deveau, S.T. (2010): Fungicide Spray Coverage, Hort. Matters, Vol 10., No 2.
34. Doruchowski, G., Holownicki, R. (2000): Environmentally friendly spray techniques for tree crops, Crop Protection 19, 617 – 622.
35. 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.
36. Doruchowski, G., Hołownicki, R., Godyń, A., Świechowski, W. (2012): Sprayer calibration training – concept and performance, Fourth European Workshop on Standardised Procedure fot the Inspection of sprayers, SPISE 4, Lana (South Tyrol), March 27 – 29., str. 166 – 171.
37. Duvnjak, V. (1997): Utjecaj izvedbe sapnica i drugih čimbenika na učinkovitost primjene pesticida, Doktorska disertacija, Agronomski fakultet u Zagrebu.
38. 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.
39. Duvnjak,V., Banaj, Đ., Zimmer, R., Jurišić, M. (2000): Utjecaj fizikalnih svojsava kapljevine na dezintegraciju uporabom mlaznica s lepezastim spljoštenim mlazom, Strojarstvo, 42 (1,2), 15 – 23.
40. Etheridge, R.E., Womac, A.R., Mueller, T.C. (1999): Characterization of the SprayDroplet Spectra and Patterns of Four Venturi – Type Drift Reduction Nozzles, Weed Technology, Vol. 13: 765-770.
41. Farooq, M., Salyani, M. (2002): Spray Penetration into the Citrus Tree Canopy from Two Air – Carrier Sprayers, Florida Section ASAE Annual Conference and Trade Show, Keay Largo, USA.
42. Farooq, M., Salyani, M. (2003): Sprayer air energy demand for satisfactory spray coverage in citrus applications, Proc. Fla. State Hort. Soc. 116: 298-304.

43. 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.
44. Foqué D. (2012): Optimization of spray application technology in ornamental crops, Phd Thesis, Ghent University, Belgium
45. Fox, R. D., Salyani, M., Cooper, J. A., Brazee, R. D. (2001): Spot Size Comparation on Oil and Water Sensitive Papers, Applied Engineering in Agriculture, Vol. 17(2): 131–136.
46. Fox, R.D., Brazee, R. D., Svensson, S. A., Reichard D. L. (1992): Air Jet Velocities From a Cross-flow Fan Sprayer, Transactions of the ASABE, 35(5): 1381-1384.
47. 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.
48. 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.
49. Frankel, H. (1986): Pesticide application, technique and efficiency, Advisory Work in Crop Pest and Disease Management, Springer Verlag, New York, 132-160.
50. Franz, E. (1993): Spray coverage analysis using a hand - held scanner, Published by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, Vol. 36(5), 1271-1278.
51. 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/.
52. Gil, E., Badiola, J. (2007): Design and Verification of a Portable Vertical Patternator for Vineyard Sprayer Calibration, Engineering in Agriculture, 23(1): 35-42.
53. Godyn, A., Holownicki, R., Doruchowski, G., Swiechowski, W. (2008): Dual - fan Orchard Sprayer with Reversed Air-stream – Preliminary Trials, Agricultural Engineering International, The CIGR Ejournal, Manuscript ALNARP 08 007. Vol. 10.
54. Harz, M., Knoche, M. (2001): Droplet sizing using silicone oils, Crop Protection, Vol. 20 (6), 489 – 498.
55. Herbst, A., Ganzelmeier, H. (2002): International Standards and their Impact on Pesticide Application, International Advances in Pesticide Application, Aspects of Applied Biology 66.

56. Hewitt, A.J. (1998): The Importance of Nozzle Selection and Droplet Size Control in Spray Application, Proceedings of the North American Conference on Pesticide Spray Drift Management, Portland 1998., Maine USA.
57. Hill, B.D., Inaba, D.J. (1989): Use of Water-Sensitive Paper to Monitor the Deposition of Aerially Applied Insecticides, Journal of Economic Entomology, Vol. 82, (3): 974-980.
58. 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.
59. Holownicki, R, Doruchowski, G., Swiechowski, W., Jaeken, P. (2002): Methods of evaluation of spray deposit and coverage on artificial targets, Research Institute of Pomology and Floriculture, Skierniewice, Poland Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Vol. 5(1).
60. Holownicki, R., Doruchowski, G., Godyn, A., Swiechowski, W. (2000): Variation of Spray Deposit and Loss with Air-jet Directions applied in Orchards, J. Agric. Eng. Res., Vol. 77 (2): 129-136.
61. Internet: www.hardi-international.com; www.lechler.com
62. Jensen, P.K., Jorensen, L.N., Kirknel, E. (2001): Biological Efficacy of Herbicides and Fungicides Applied with Low – Drift and Twin – Fluid Nozzles, Crop Protection 20, 57 – 64.
63. 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.
64. Jurišić, M., Plaščak, I. (2009): Geoinformacijske tehnologije GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša, Sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
65. Knežević, D., Šumanovac, L., Kiš, D. (2007): Effect of the quantity and size of the droplets in disintegrated spray on wheat leaf coverage, Cereal Research Communications 35, 629 – 632.
66. Knoll, M., Lind, K., Trilof, P. (2012): Low-loss spraying, Fourth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe - SPISE 4 - Lana (South Tyrol), Italy, March 27-29, str. 122 - 126
67. Landers, A., Farooq, M. (2004): Reducing Spray Drift From Orchards, New York Fruit Quarterly, Vol.12 (3).

68. Lopresti, J. (2004): Determining dilute water volumes in viticulture, CRC for Viticulture, Pesticide application fact sheet 9, Ver.1.
69. Mahmood, H.S., Iqbal, M., Hussain, A., Hamid, T. (2004): Improved surface coverage with environmenatally effective university boom sprayer, Pakistan Journal of Agricultular Science, Vol. 41. (3-4).
70. Manktelow, D.W. , Gurnsey, S. J. (2004): Deposit variability and prediction in fruit crops: What use are label rates anyway? - Aspects of Applied Biology 71, International Advances in Pesticide Application.
71. Manktelow, D.W. (1998): Factors affecting spray deposits and their biological effects on New Zealand apple canopies, Doctor disertation, Massey University, Auckland, New Zeland.
72. Marcal,R.S (2008): Alternative Methods for Counting Overlapping Grains in Digital Images Image Analysis and Recognition, Lecture Notes in Computer Science, Volume 5112.
73. 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.
74. 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.
75. Matthews, G.A. (1992): Pesticide application methods, 2nd edition, Blackwell, University of Oxford
76. 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.
77. Metthews, G.A (1979): Pesticide application methods, Longmans, London.
78. Miller, H.C., Butler Ellis, M.C. (2000): Effects of formulation on spray nozzle performance for applicationsfrom ground - based boom sprayers, Crop Protection 19, 609 – 615.
79. May, K.R. (1950): The measurement of airborne droplets by the magnesium oxide method, Journal of Scientific Instruments 24, 128 – 130.

80. Nunes, P., Moreira, J.F., Martins, M.C. (2012): Portuguese sprayers inspections: issues to overcome, Fourth European Workshop on Standardised Procedure fot the Inspection of sprayers, SPISE 4, Lana (South Tyrol), March 27 – 29., str. 213 – 220.
81. 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.
82. 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.
83. 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.
84. 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.
85. Ozkan, H.E. (1998): Spraying Recommendations for Soybean Rust, Extension Factsheet, AEX-526-05 - Food, Agricultural and Biological Engineering, Ohio State University.
86. Panneton, B, Lacasse, B. (2004): Effect of air-assistance configuration on spray recovery and target coverage for a vineyard sprayer, Canadian Biosystem Engineering, Vol. 26.
87. Panneton, B. (2002): Image analysis of water – sensitive cards for spray coverage experiments, Applied Engineering in Agriculture. Vol. 18(2): 179–182.
88. Panneton, B., Lacasse, B., Thériault, R. (2005): Penetration of spray in apple trees as a function of airspeed, airflow, and power for tower sprayers, Canadian Biosystems Engineering, 47: 2.13-2.20.
89. Papadakis, S.E., Abdul-Malek, S., Kamdem, R.E., Yam, K.L. (2000): A Versatile and Inexpensive Technique for Measurement Color of Foods, Food Technology, 54: 48–51.
90. Parenti, A., Vieri, M. (1994): Calibration of orchard sprayer control apparatus, AgEng, report 94 – D 157, Milano.
91. Pergher, G. (2004): Field evaluation of a calibration method for air-assisted sprayers involving the use of a vertical patternator, Crop Protection 23, 437– 446.

92. Pergher, G., Balsari, P., Cerruto, E., Vieri, M. (2002): The relationship between vertical spray patterns from air - assisted sprayers and foliar deposit in vine canopies, Riv. di Ing. Agr., Vol.1, 27 - 31.
93. Pergher, G., Rizzi, C. (2005): Vertical Spray patterns for sprayer Calibration, Riv. di Ing. Agr., Vol. 1, 59 - 63.
94. 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.
95. Praat, J.P., Manktelow, D., Suckling, D.M., Maber, J. (1996): Can application technology help to manage pesticide resistance ? NZPPS paper, Canadian Application Technology.
96. 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
97. Randall, J.M. (1971): The relationships between air volume and pressure on spray distribution in fruit trees, Journal of Agricultural Engineering Research 16: 1- 31.
98. Regenscheit, B. (1959): Die Luftbewegung in Kllimatisierten Raumen, Kaltetechnik 1.
99. Rotteveel, A. (2012): Directive 2009/128/EC on the sustainable use of pesticides, Fourth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe - SPISE 4 - Lana (South Tyrol), Italy, 21 - 27
100. Salyani, M., Fox, R.D. (1999): Evaluation of spray quality by oil - and water-sensitive papers, Trans. of ASAE, 42:37 – 43.
101. Salyani, M., Koo, Y.M., Sweeb, R.D. (2000): Spray Application Variables Affect Air Velocity and Deposition Characteristic of a Tower Sprayer, Florida Agricultular Experiment Station Journal, 113: 96 – 101.
102. Salyani, M., Sweeb, R. D., Farooq, M. (2006): Comparison of String and Ribbon Samplers in Orchard Spray Applications, Transactions of the ASABE, 49(6): 1705-1710.
103. Johnson, D.R. (2001): A Summary of Tank Mix and Nozzle Effects on Droplet Size, Stewart Agricultural Research Services, Inc., Macon, USA.

104. Solanelles, F., Tarrado, A., Camp, F., Gracia, F. (2012): Assessment of nozzle low rate measurement methods for the inspection of sprayers in use, Fourth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe - SPISE 4 - Lana (South Tyrol), Italy, March 27-29, str. 186 – 190.

105. Spanoghe, P., De Schampheleire, M., Van der Meeren, P., Steurbaut, W. (2007): Review Influence of agricultural adjuvants on droplet spectra, Pest Management Science, 63: 4 –16.

106. Sumner, R.H., Herzog, G.A., Sumner, P.E., Bader, M., Mullinix, B.G. (2000): Chemical Application Equipment for Improved Deposition in Cotton, The Journal of Cotton Science 4: 19-27.

107. Svensson, S.A. (2001): Conveging air jets in orchard spraying – influence on deposition, air velocities and forces on trees, Doktorska disertacija, Univeristiy of Ohio.

108. Svensson, S.A., Brazee, R.D., Fox, R.D., Williams, K.A. (2003): Air jet velocities in and beyond apple trees from a two-fan cross-flow sprayer, Published by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan, www.asabe.org.

109. Syngenta (2002): Water-sensitive paper for monitoring spray distributions. CH-4002.

110. 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.

111. Šumanovac, L., Spajić, I., Kiš, D., Kraljević, D. (2008): Dynamics and deposit of spray droplets disintegrated by the nozzles of a tractor – mounted sprayer, Cereal Research Communications 36, 791 – 794.

112. Šumanovac, L., Žužić, Z., Kraljević, D., Jurić, T., Kiš, D., Jurišić, M. (2008): Influence of the spraying pressure and nozzle design on spray disintegration, Balkan Agricultural Engineering Review, Vol.12

113. 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.

114. 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.

115. Tekele, D.D., Kawade, S.C., Sawnat, B.P. (2007): Performance Evaluation of Air Carrier Sprayer for Orange Orchard, Karnataka J. Agric. Sci., 20(2): 330-332.

116. Thistle, H.W., Teske, M.E., Reardon, R.C. (1998): Weather Effects on Drift Meteorological Factors and Spray Drift: An Overview, Proceedings of the North American Conference on Pesticide Spray Drift Management, Portland 1998., Maine, USA.

117. Trilof, P., Knoll, M., Lind, K., Herbst, E., Kleisinger, S. (2012): Low-Loss-Spray-Application - The Scientiic Basis, Fourth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe - SPISE 4 - Lana (South Tyrol), Italy, March 27-29, str. 127 - 134

118. Tuck, C.R., Butler Ellis, M.C., Miller, P.C.H. (1997): Techniques for measurement of droplet size and velocity distributions in agricultural sprays, Crop Protection, Vol. 16. (7): 619 – 628.

119. Turner, C.R., Huntington, K.A. (2003): The use of a water sensitive dye for the detection and assessment of small spray droplets, Journal of Agricultural Engineering Research, Vol.15 (4): 385-387.

120. Van de Zande, J.C., Holterman, H.J., Wenneker, M. (2008): Effect of Sprayer Speed on Spray Drift, Spray Distribution and Loss, Agricultural Engineering International, The CIGR Ejournal, Manuscript ALNARP 08 001. Vol. 10.

121. 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.

122. Van Wenum, J. (2012): 15 years of sprayer inspections in the Netherlands: Beneits for farmers and society, Fourth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe - SPISE 4 - Lana (South Tyrol), Italy, March 27-29, str. 39 - 43

123. Vieri, M., Guidi, S., Tiribilli, B. (1998): Spray Distribution Control in Orchard Sprayer : Tests on New Apparatus Equiped with a Laser Detector, Internationac Conference „AgEng“, Oslo 1998.

124. Weisser P., Koch H. (2002): Expression of dose rate with respect to orchard sprayer function, Aspects of Applied Biology 66, 353-358.

125. Wenneker, M.C., Van de Zande, J.C. (2008): Drift Reduction in Orchard Spraying Using a Cross Flow Sprayer Equipped with Reflection Shields (Wanner) and Air Injection Nozzles, Pest Management Science, 65: 12 – 17.

126. Wee, A.G., Lindsey, D.T., Kuo, S., Johnston, W.M. (2006): Color accuracy of commercial digital cameras for use in denistry, Dental Material, 22:553–559.

127. Wehmann, H.J. (2012): Actual survey on the actions of the countries in Europe to implement the inspection system of sprayers concerning the Directive 2009/128/EC, Fourth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe - SPISE 4 - Lana (South Tyrol), Italy, March 27-29, str. 50 – 58.

128. 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.

129. Wolf, R.E. (2003): Assessing the ability of dropletscan to analyze spray droplets from a ground opeated sprayer, Applied Engineering in Agriculture, Vol. 19(5): 525–530.

130. Wolf, R.E. (2004): Using DropletScan to Analyze Spray Quality, Faction sheet of the Biological and agricultular engineering, Kansas State Universitiy, SAD.

131. Wolf, R.E., Daggupati, N.P. (2006): Nozzle type effect on soybean canopy penetration, Paper No. 061163, ASABE Annual International Meeting 2006.

132. Wolf, R.E., Gardisser, D.R., Minihan, C.L. (2003): Field Comparisons for Drift Reducing/Deposition Aid Tank Mixes, 37th Annual National Agricultural Aviation Association Convention, Reno 2003., USA.

133. 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.

134. 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.

135. Wolf, R.E., Williams, W.L., Gardisser, D.R., Whitney. R.W. (2004): Using DropletScan to Analyze Spray Quality, Faction shhet of the Biological and agricultular engineering, Kansas State Universitiy, SAD.

136. Wolf, T., Caldwell, B. (2006): Pesticide Rates, Water Volumes and Nozzles, Syngenta Crop Protection, The Pest Management Regulatory Agency, Agriculture and Agri-Food Canada.

137. Yates, W.E., Smith, D.B. (1992): Nozzles orientation, air speed, spray formulation effects on drop size spectrum ASAE, Paper No. 82 - 003 157.

138. Zhu, H., Brazee, R.D., Derksen, R.C., Fox, R.D., Krause, C.R., Ozkan, H.E., Losely, K. (2006): A specially designed air – assisted sprayer to improve spray penetration and air jet velocity distribution inside dense nursery crops, Transactions of he ASABE 49 (5): 1285 – 1294.

139. Zhu, H., Derksen, R.C., Krause, C.R., Brazee, R.D., Zondag, R.H., Fox, R.D., Reding, M.E., Ozkan, H.E. (2005): Spray deposition and off-target loss in nursery tree crops with conventional nozzle, air induction nozzle and drift retardant, ASAE Annual International Meeting, Tampa 2005., Florida, USA.

140. Zhu, H., Dorner, J.W., Rowland, D.L., Derksen, R.C., Ozkan, H.E. (2004): Spray Penetration into Peanut Canopies with Hydraulic Nozzle Tips, Biosystems Engineering, 87 (3), 275–283.

141. 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.

9. SAŽETAK

Istraživanja su obavljena u vinogradu i nasadu jabuke sa dva tipa raspršivača, aksijalni (*Hardi Zaturn*) i radijalni (*Hardi Arrow*). Istraživan je utjecaj glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (tip mlaznice, brzina rada i norma raspršivanja) na pokrivenost tretirane površine, prosječni promjer kapljica, broja kapljica/cm^2 i zanošenje tekućine. Brzina rada raspršivača podešava se na 6 i 8 km/h, a norma raspršivanja na 250, 325 i 400 l/ha za nasad jabuke te 250, 300 i 350 l/ha za vinograd. Koriste se plave (*TR 8003*), žute (*TR 8002*) i zelene (*TR 80015*) *Lechler* mlaznice. Istraživanje se postavlja kao trofaktorijalni poljski pokus sa 18 tretmana u 4 ponavljanja, kako za tip raspršivača tako i za vrstu nasada. Po tretmanu na stablo/trs postavljeno je 60 vodoosjetljivih papirića koji su obrađeni pomoću računalne analize slike i računalnog programa *ImageJ*. Uz glavna svojstva istraživanja utvrđuje se indeks lisne površine i gustoće, brzina i protok zračne struje, radni tlak, usmjerenje mlaznica te se prate vremenski uvjeti tijekom istraživanja. Prije samog istraživanja, raspršivači se testiraju prema europskom standardu *EN 13790*. Smanjivanjem *ISO* broja mlaznice, povećanjem brzine rada raspršivača te povećanjem norme raspršivanja povećava se pokrivenost tretirane površine, broj kapljica/cm^2 i zanošenje tekućine, a smanjuje se prosječni promjer kapljica. Usporedbom dobivenih rezultata istraživanja eksploatacijom aksijalnog i radijalnog raspršivača u vinogradu i nasadu jabuke, bolje rezultate postiže radijalni raspršivač (*Hardi Arrow*) u oba slučaja. Najbolji odnos pokrivenosti tretirane površine i zanošenja tekućine u vinogradu

ostvaruje se sa pokrivenošću tretirane površine od 64,22% i zanošenja tekućine od 17,11% (zelena mlaznica, brzina rada od 6 km/h, norma raspršivanja od 350 l/ha te radni tlak od 10,99 bar). U nasadu jabuke navedeni odnos ostvaruje se sa pokrivenošću tretirane površine od 59,55% i zanošenja tekućine od 21,10% (zelena mlaznica, brzina rada od 8 km/h, norma raspršivanja od 325 l/ha te radni tlak od 16,84 bar).

10. SUMMARY

Researches are conducted in vineyard and apple orchard with two different types of mist blowers, axial (*Hardi Zaturn*) and radial (*Hardi Arrow*). The influence of major technical spraying factors (type of nozzle, working speed and spray volume) were observed on coverage of the treated area, average droplet diameter, number of droplets per cm^2 and drift. The working speed of sprayer was set at 6 and 8 km/h, and spray volume on 250, 325 and 400 l/ha for apple orchard and 250, 300 and 350 l/ha for vineyard. Researchers used Lechler blue (*TR 8003*), yellow (*TR 8002*) and green (*TR 80015*) nozzles. The research was set as three - factorial field experiment with 18 treatments in 4 repetitions, for different type of sprayer and permanent crops. We used 60 water sensitive papers for that treatment, which were processed with digital image analysis and *ImageJ* software. In addition to the main features of the research, research showed leaf area index and density, speed and flow of air current, working pressure, orientation of the nozzles and weather conditions, which were monitored during the study. Before the research, mist blowers are tested according to the European standard 1*3790*. 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. Also, by comparing the results of research exploitation by axial and radial mist blower in the vineyards and apple orchards, better results are achieved with radial mist blower (*Hardi Arrow*) in both cases. The

best relationship of area coverage and liquid drift in vineyard were achieved with 64,22% area coverage and 17,11% of liquid drift (green nozzle, working speed of 6 km/h, spray volume of 350 l/ha, and working pressure of 10,99 bar). In apple orchard the best relationship of area coverage and liquid drift were achieved with 59,55% area coverage and 21,10% of liquid drift (green nozzle, working speed of 8 km/h, spray volume of 325 l/ha, and working pressure of 16,84 bar).

11. PRILOZI

PRILOG I. Tumač kratica

015, 02, 03 – oznaka protoka mlaznica prema *ISO* standardu, AG/min

A – ukupna površina VOP – a, mm^2

AAMS – engl. Advanced Agricultural Measuring System – sustav za mjerenje protoka tekućine

AF – engl. Area Fraction – udio kapljica na VOP – u, %

A*G – engl. American Gallon* – američki galon, 3,785 l

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

A_u – uzgojna površina, ha

b_1 – širina mlaza pravokutnog oblika, m

b_k – širina krošnje, m

b_m – širina mlaza, m

b_r – širina reda nasada, m

d – norma potrebna za tretiranje, l

d_A – prosječni aritmetički promjer kapljica, µm

d_i – prosječni promjer kapljice za n skupinu kapljica *i*, µm

DIA – engl. Digital Image Analysis – računalna analiza slike

d_k – promjer kapljice, µm

E_1 – kinetička energija zraka u kretanju, J

E_a – enerija ubrzanja, J

EC – engl. Europian Commisy – europska komisija

E_e – sunčeva radijacija, W/m^2

E_g – energija gubitaka, J

E_k – kinetička energija, J

E_{kA} – kinetička energija za točku A, J

E_{kB} – kinetička energija za točku B, J

EN (13790) – oznaka standarda za testiranje tehničkih sustava u zaštiti bilja

E_o – kinetička energija na izlazu usmjerivača, J

E_p – potencijalna energija, J

E_t – tlačna energija, J

E_{t1} – cjelokupna kinetička energija turbulentnog protoka, J

E_x – kinetička energija na udaljenosti x od usmjerivača, J

f – faktor folijacije

h_n – visina nasada, m

h_r – visina promatrane regije, m

i – broj skupina kapljica

ISO (10625) – oznaka standarda za označavanje mlaznica

k – gornja granica koja označava skupinu najvećih izmjerenih kapljica, μm

K_{dis} – koeficijent disipacije energije

LAD – engl. Leaf Area Density – indeks lisne gustoće, m^2/m^3

LAI – engl. Leaf Area Index – indeks lisne površine, m^2/m^2

l_r – dužina promatrane regije, m

n – broj mlaznica u radu

n_i – broj kapljica u jednoj skupini

$\bar{n}_k$ - prosječni broj kapljica

n_{lis} – broj listova na stablu/trsu

N_r – norma raspršivanja, l/ha

p – radni tlak, bar

p_1 – radni tlak pri protoku Q_1, bar

p_2 – radni tlak pri protoku Q_2, bar

PC – engl. Particle Count – ukupan broj kapljica na VOP – u

PS_{AVG} – *engl. Average Particle Size* – prosječna veličina kapljica, µm

PVT – priključno vratilo traktora

Q_1– protok tekućine pri tlaku p_1, l/min

Q_2 – protok tekućine pri tlaku p_2, l/min

Q_m – protok mlaznice, l/min

Q_s – specifični protok zraka, m^3/ km

Q_z – protok zraka raspršivača, m^3/h

s_r – prijeđeni put raspršivača, m

tg_α – kut širenja mlaza, °

TIFF – engl. Tag – based Image File Format – format slike

TPA – engl. Total Particle Area – ukupna površina koju pokrivaju kapljice na VOP – u, mm^2

TR – oznaka mlaznice

t_r – vrijeme potrebno za prelazak zadanog puta (raspršivač), s

TRV – engl. Three Row Volume – obujam nasada, m^3/ha

T_z – temeperatura zraka, °C

U – brzina zraka, m/s

$\bar{U}$ – prosječna brzina u smjeru x, m/s

$\bar{U}'$ - odstupanje od prosječne brzine, m/s

U_0 – početna brzina zraka, m/s

U_1 – brzina medija u pravcu x osi, m/s

U_m – srednja brzina mlaza, m/s

U_x – brzina zraka na udaljnosti x, m/s

V_0 – obujam mlaza, m^3

v_{max} – teorijska maksimalna brzina rada raspršivača, km/h

VOP – vodoosjetljivi papirić

v_r – brzina rada raspršivača, km/h

v_v – brzina vjetra, m/s

V_z – obujam zraka, m^3

x – udaljenost od izlaznog otvora, m

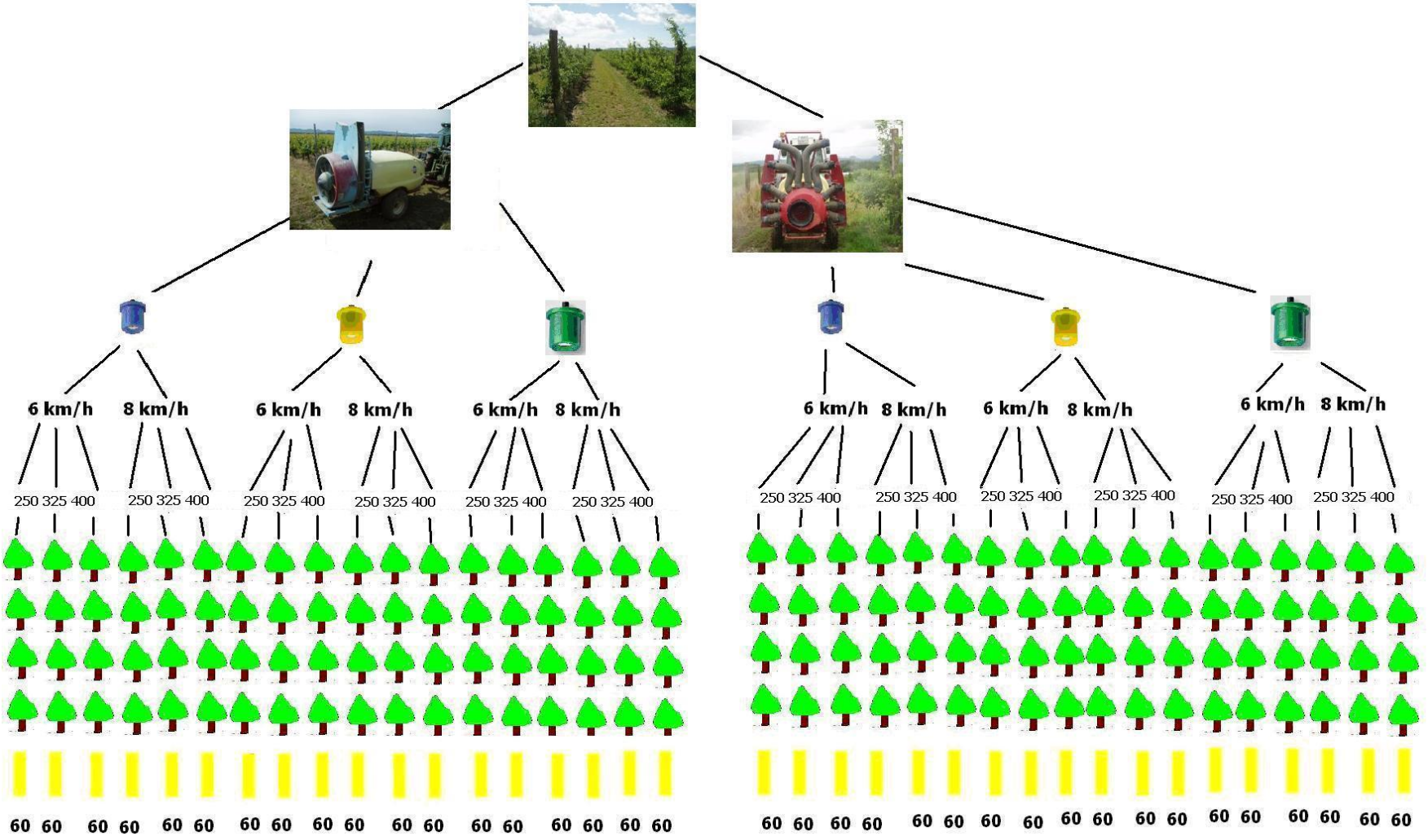
x_0 – početna udaljenost od izlaznog otvora, m

ρ_z – gustoća medija, g/cm^3

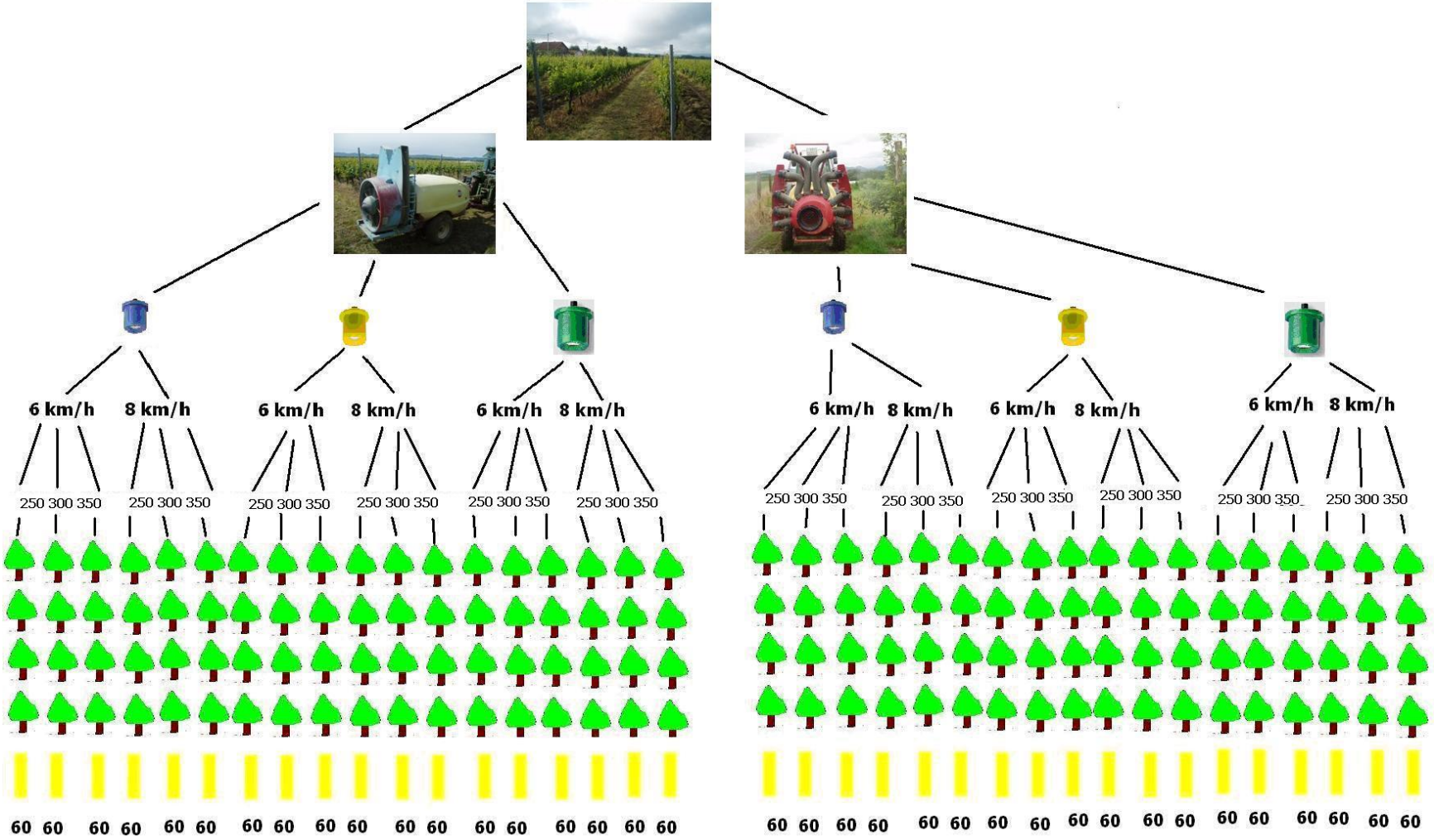
ω_z – relativna vlažnost zraka, %

↑ - smjer vjetra, °

PRILOG II. Plan pokusa za nasad jabuke



PRILOG III. Plan pokusa za vinograd



Prilog IV. Radni tlakovi po pojedinom tretmanu

- prema rezultatima mjerenja protoka mlaznica utvrđeni su slijedeći prosječni protoci mlaznica:
  - **plava – 1,23 l/min**
  - **žuta – 0,84 l/min**
  - **zelena – 0,64 l/min**

- 10 mlaznica u radu kod međurednog razmaka od 3,5 m

Nasad jabuke																	
Hardi Zaturn i Hardi Zenit																	
Tretmani																	
P 6 250	**P 6 325**	**P 6 400**	**P 8 250**	**P 8 325**	**P 8 400**	**Ž 6 250**	**Ž 6 325**	**Ž 6 400**	**Ž 8 250**	**Ž 8 325**	**Ž 8 400**	**Z 6 250**	**Z 6 325**	**Z 6 400**	**Z 8 250**	**Z 8 325**	**Z 8 400**
3,0 m razmak redova – 10 mlaznica u radu																	
1,11	**1,88**	**2,85**	**1,98**	**3,35**	**5,07**	**2,39**	**4,04**	**6,12**	**4,25**	**7,18**	**10,88**	**4,11**	**6,96**	**10,54**	**7,32**	**12,37**	**18,75**
3,2 m razmak redova – 10 mlaznica u radu																	
1,26	**2,14**	**3,24**	**2,25**	**3,81**	**5,77**	**2,72**	**4,59**	**6,96**	**4,83**	**8,17**	**12,38**	**4,68**	**7,92**	**12,00**	**8,33**	**14,08**	**21,33**
3,4 razmak redova – 10 mlaznica u radu																	
1,43	**2,42**	**3,66**	**2,54**	**4,30**	**6,52**	**3,07**	**5,19**	**7,86**	**5,46**	**9,22**	**13,98**	**5,29**	**8,94**	**13,54**	**9,40**	**15,89**	**24,08**
3,5 razmak redova – 10 mlaznica u radu																	
1,51	**2,56**	**3,88**	**2,69**	**4,56**	**6,90**	**3,25**	**5,50**	**8,33**	**5,78**	**9,78**	**14,81**	**5,60**	**9,47**	**14,35**	**9,96**	**16,84**	**25,52**
Potrebni radni tlak za ostvarenje tretmana (bar)																	

P – plava mlaznica
Ž – žuta mlaznica
Z – zelena mlaznica

6 – brzina rada raspršivača,km/h
8 – brzina rada raspršivača, km/h

250 – norma raspršivanja, l/ha
325 – norma raspršivanja, l/ha
400 – norma raspršivanja, l/ha

- **CRVENO OZNAČENO: RADNI TLAKOVI KORIŠTENI U NASADU JABUKE**

- prema rezultatima mjerenja protoka mlaznica utvrđeni su slijedeći prosječni protoci mlaznica:
  - **plava – 1,23 l/min**
  - **žuta – 0,84 l/min**
  - **zelena – 0,64 l/min**

- 8 mlaznica u radu kod međurednog razmaka od 2,8 m

Vinograd																	
Hardi Zaturn i Hardi Zenit																	
Tretmani																	
P 6 250	**P 6 300**	**P 6 350**	**P 8 250**	**P 8 300**	**P 8 350**	**Ž 6 250**	**Ž 6 300**	**Ž 6 350**	**Ž 8 250**	**Ž 8 300**	**Ž 8 350**	**Z 6 250**	**Z 6 300**	**Z 6 350**	**Z 8 250**	**Z 8 300**	**Z 8 350**
2,4 m razmak redova – 8 mlaznica u radu																	
1,11	**1,60**	**2,18**	**1,98**	**2,85**	**3,88**	**2,39**	**3,44**	**4,68**	**4,25**	**6,12**	**8,33**	**4,11**	**5,93**	**8,07**	**7,32**	**10,54**	**14,35**
2,6 m razmak redova – 8 mlaznica u radu																	
1,30	**1,88**	**2,56**	**2,32**	**3,35**	**4,56**	**2,80**	**4,04**	**5,50**	**4,98**	**7,18**	**9,78**	**4,83**	**6,96**	**9,47**	**8,59**	**12,37**	**16,84**
2,8 m razmak redova – 8 mlaznica u radu																	
1,51	**2,18**	**2,97**	**2,69**	**3,88**	**5,29**	**3,25**	**4,68**	**6,38**	**5,78**	**8,33**	**11,34**	**5,60**	**8,07**	**10,99**	**9,96**	**14,35**	**19,53**
3,0 m razmak redova – 10 mlaznica u radu																	
1,11	**1,60**	**2,18**	**1,98**	**2,85**	**3,88**	**2,39**	**3,44**	**4,68**	**4,25**	**6,12**	**8,33**	**4,11**	**5,93**	**8,07**	**7,32**	**10,54**	**14,35**
3,2 m razmak redova – 10 mlaznica u radu																	
1,26	**1,82**	**2,48**	**2,25**	**3,24**	**4,42**	**2,72**	**3,91**	**5,33**	**4,83**	**6,96**	**9,48**	**4,68**	**6,75**	**9,18**	**8,33**	**12,00**	**16,33**
Potrebni radni tlak za ostvarenje tretmana (bar)																	

P – plava mlaznica 6 – brzina rada raspršivača, km/h 250 – norma raspršivanja, l/ha

Ž – žuta mlaznica	8 – brzina rada raspršivača, km/h	300 – norma raspršivanja, l/ha
Z – zelena mlaznica		350 – norma raspršivanja, l/ha

- **CRVENO OZNAČENO: RADNI TLAKOVI KORIŠTENI U VINOGRAD**

Prilog V. Rezultati ispitivanja protoka mlaznica

V. – 1. Statistička obrada podataka

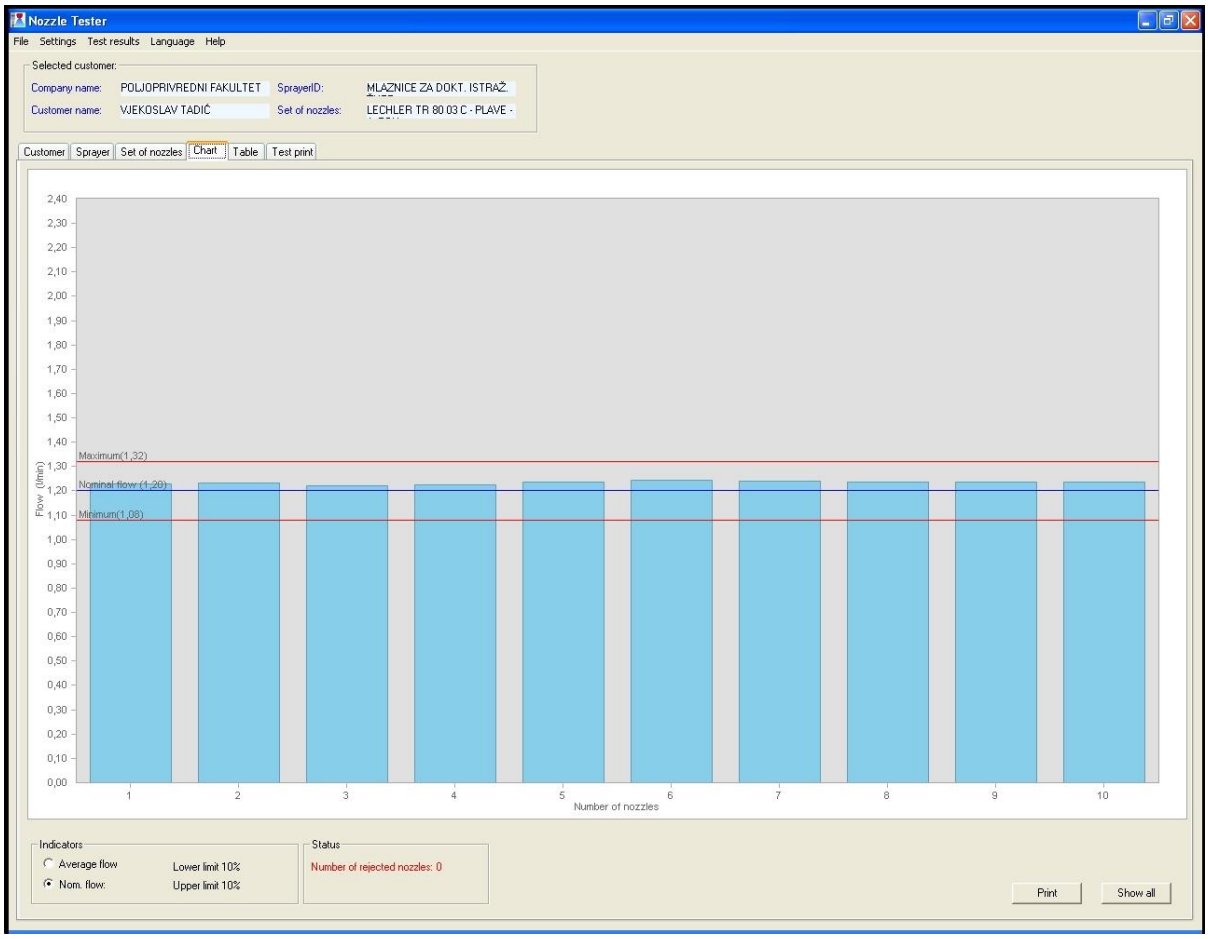
zelene	pon. 1	pon. 2	pon. 3	pon. 4	Prosjek	stdev	KV	
1.	0,64	0,65	0,64	0,64	0,64	0,005	0,78	
2.	0,64	0,64	0,66	0,65	0,65	0,010	1,48	
3.	0,64	0,63	0,65	0,63	0,64	0,010	1,50	
4.	0,63	0,65	0,66	0,64	0,65	0,013	2,00	
5.	0,63	0,66	0,65	0,64	0,65	0,013	2,00	
6.	0,65	0,65	0,65	0,64	0,65	0,005	0,77	
7.	0,64	0,65	0,64	0,64	0,64	0,005	0,78	otklon ISO stand.
8.	0,65	0,66	0,64	0,64	0,65	0,010	1,48	6,80 (%)
9.	0,64	0,65	0,64	0,65	0,65	0,006	0,90	
10.	0,64	0,63	0,65	0,63	0,64	0,010	1,50	
				Prosjek	0,644	0,008	1,32	44 ml

žute	pon. 1	pon. 2	pon. 3	pon. 4	Prosjek	stdev	KV	
1.	0,85	0,85	0,86	0,84	0,85	0,008	0,96	
2.	0,83	0,83	0,85	0,84	0,84	0,010	1,14	
3.	0,83	0,84	0,85	0,83	0,84	0,010	1,14	
4.	0,84	0,85	0,85	0,84	0,85	0,006	0,68	
5.	0,84	0,85	0,85	0,84	0,85	0,006	0,68	
6.	0,83	0,85	0,85	0,84	0,84	0,010	1,14	
7.	0,85	0,85	0,84	0,83	0,84	0,010	1,14	otklon ISO stand.
8.	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,005	0,59	5,30 (%)
9.	0,85	0,84	0,84	0,85	0,85	0,006	0,68	
10.	0,85	0,86	0,85	0,84	0,85	0,008	0,96	
				Prosjek	0,845	0,008	0,91	45 ml

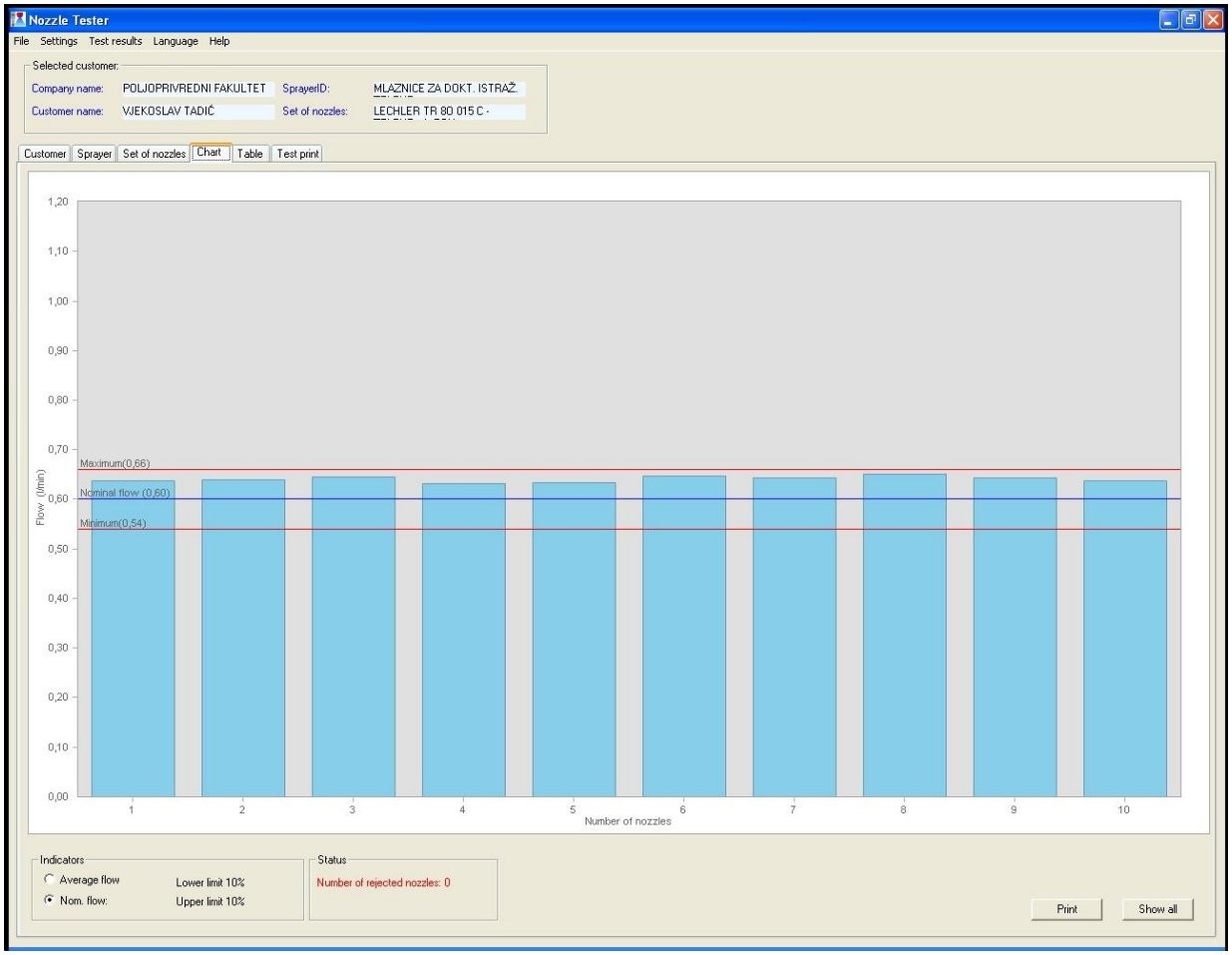
plave	pon. 1	pon. 2	pon. 3	pon. 4	Prosjek	stdev	KV	
1.	1,23	1,25	1,23	1,22	1,23	0,013	1,02	
2.	1,23	1,25	1,22	1,22	1,23	0,014	1,15	
3.	1,22	1,24	1,24	1,22	1,23	0,012	0,94	
4.	1,22	1,25	1,24	1,22	1,23	0,015	1,22	
5.	1,24	1,25	1,25	1,23	1,24	0,010	0,77	
6.	1,24	1,23	1,24	1,22	1,23	0,010	0,78	
7.	1,24	1,25	1,25	1,23	1,24	0,010	0,77	otklon ISO stand.
8.	1,23	1,23	1,24	1,22	1,23	0,008	0,66	2,79 (%)
9.	1,24	1,25	1,24	1,23	1,24	0,008	0,66	
10.	1,23	1,25	1,22	1,23	1,23	0,013	1,02	
				Prosjek	1,235	0,011	0,90	35 ml

V. – 2. Rezultati mjerenja protoka mlaznica (stolno – elektronski uređaj - *AAMS*)

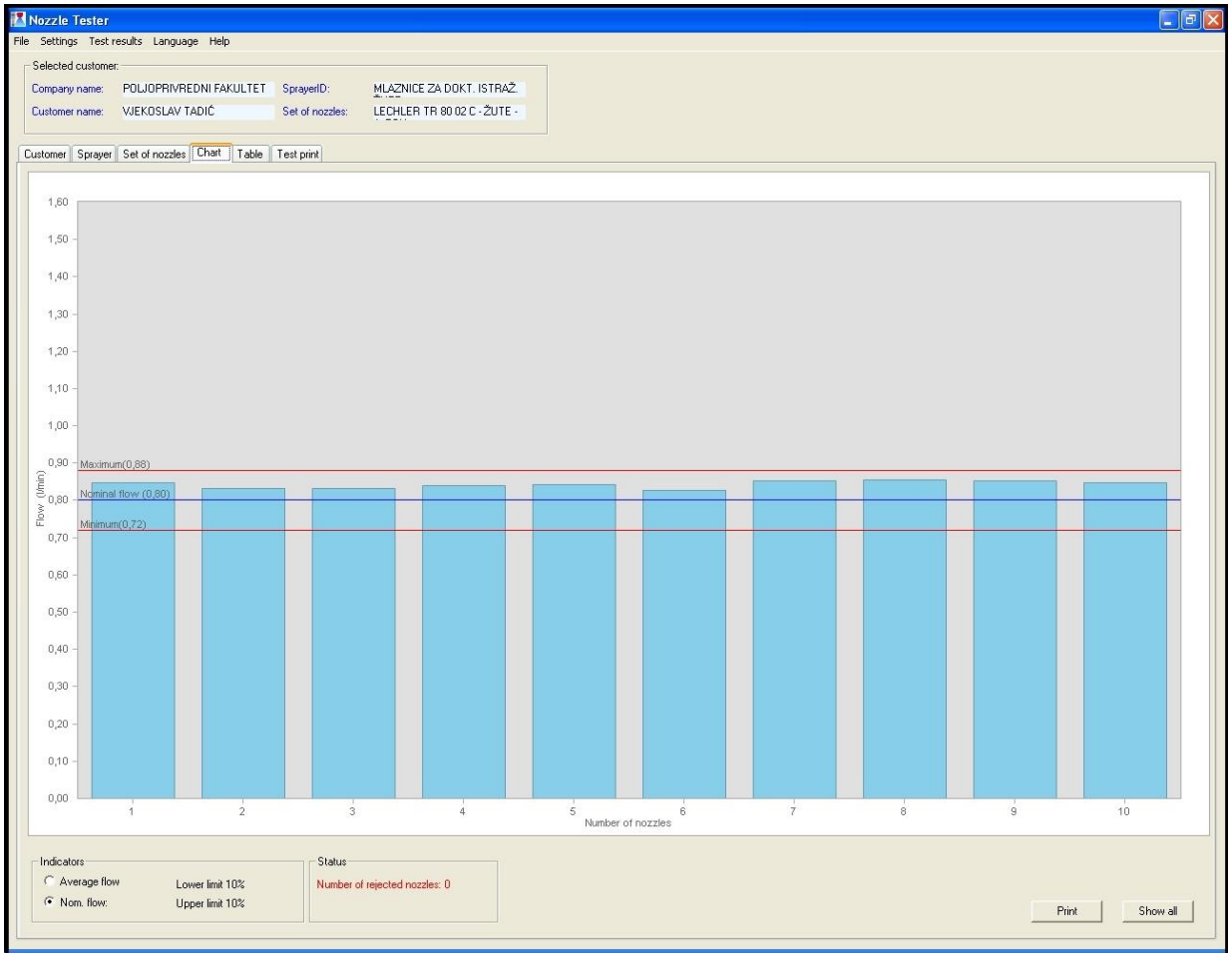
Plave mlaznice



Zelene mlaznice



Žute mlaznice



Prilog VI. Rezultati ispitivanja ispravnosti rada manometara

HARDI ZATURN

Mjerno područje,bar	Pon. 1.	Pon. 2.	Pon. 3.	Pon. 4.	Prosjek	stdev	KV	otklon, %
3	3,1	3	3,1	3	**3,05**	0,058	1,89	1,64
5	5	5,1	5,1	5	**5,05**	0,058	1,14	0,99
10	10,2	10,1	10,1	10,1	**10,13**	0,050	0,49	1,23
15	15,2	15,2	15,2	15,3	**15,23**	0,050	0,33	1,48
20	20,3	20,3	20,2	20,2	**20,25**	0,058	0,29	1,23

HARDI ARROW

Mjerno područje, bar	Pon. 1.	Pon. 2.	Pon. 3.	Pon. 4.	Prosjek	stdev	KV	otklon, %
3	3,2	3,1	3,1	3,1	**3,13**	0,050	1,60	4,00
5	5,1	5,2	5,1	5,1	**5,13**	0,050	0,98	2,44
10	10,3	10,2	10,2	10,3	**10,25**	0,058	0,56	2,44
15	15,3	15,1	15,2	15,2	**15,20**	0,082	0,54	1,32
20	20,3	20,3	20,4	20,3	**20,33**	0,050	0,25	1,60

Prilog VI – 1. Rezultati ispitivanja povrata tekućine u spremnik

1000 l
10 - 15%
EN 13790
100 – 150 l

Protok crpke 132,98	10 mlaznica plave - 6,90 bar	Protok crpke 131,05	10 mlaznica plave - 6,90 bar
Potrošnja tekućine	18,6	Potrošnja tekućine	18,6
POVRAT - teorijski	114,38	POVRAT - teorijski	112,45
1	113,98	1	111,49
2	113,78	2	111,84
3	114,32	3	112,21
4	114,56	4	111,77
x	**114,16**	**x**	**111,82**
stde	0,34	stdev	0,29
KV	0,30	KV	0,26
POVRAT, % Hardi Zaturn	**11,41**	POVRAT, % Hardi Arrow	**11,18**

Prilog VII. Rezultati izmjerenih brzina zraka na usmjerivaču i na rubu krošnje

HARDI ARROW NASAD JABUKE

desna strana stroja

	1.pon.	2.pon.	3.pon.	4.pon.		prosjek	stdev	KV
1 vis	26	27	27	26		26,50	0,58	2,18
2 vis	26	28	27	27		27,00	0,82	3,02
3 vis	26	28	27	27		27,00	0,82	3,02
4 vis	26	22	23	23		23,50	1,73	7,37
5 vis	28	25	26	25		26,00	1,41	5,44
					Prosjek	**26,00**		
					stdev	**1,46**		
					KV	**5,61**		

lijeva strana stroja

	1.pon.	2.pon.	3.pon.	4.pon.		prosjek	stdev	KV
1 vis	26	28	28	27		27,25	0,96	3,51
2 vis	25	25	26	26		25,50	0,58	2,26
3 vis	20	24	24	24		23,00	2,00	8,70
4 vis	22	23	24	14		20,75	4,57	22,04
5 vis	24	26	26	27		25,75	1,26	4,89
					Prosjek	**24,45**		
					stdev	**2,57**		
					KV	**10,51**		

Brzina zraka na rubu krošnje

lijeva strana stroja

	1.pon.	2.pon.	3.pon.	4.pon.	Prosjek	stdev	KV
1 vis	12	12	13	13	12,50	0,50	4,00
2 vis	13	10	13	13	12,25	1,29	10,60
3 vis	13	15	14	14	14,00	0,70	5,05
4 vis	13	15	14	14	14,00	0,70	5,05
5 vis	12	11	12	12	11,75	0,43	3,68
				Prosjek	**12,90**		
				stdev	**1,04**		
				KV	**8,06**		

desna strana stroja

	1.pon.	2.pon.	3.pon.	4.pon.	Prosjek	stdev	KV
1 vis	13	14	14	14	13,75	0,50	3,64
2 vis	14	15	15	15	14,75	0,50	3,39
3 vis	15	14	14	14	14,25	0,50	3,51
4 vis	14	15	15	15	14,75	0,50	3,39
5 vis	12	12	13	13	12,50	0,58	4,62
				Prosjek	**14,00**		
				stdev	**0,94**		
				KV	**6,68**		

HARDI ARROW VINOGRAD

desna strana stroja

	1 pon.	2 pon.	3 pon.	4 pon.		prosjek	stdev	KV
1 vis	16	17	17	17		16,75	0,50	2,99
2 vis	15	16	16	16		15,75	0,50	3,17
3 vis	16	17	16	16		16,25	0,50	3,08
4 vis	17	16	17	15		16,25	0,96	5,89
5 vis	16	16	15	18		16,25	1,26	7,74
					Prosjek	**16,25**		
					stdev	**0,35**		
					KV	**2,18**		

lijeva strana stroja

	1 pon.	2 pon.	3 pon.	4 pon.		prosjek	stdev	KV
1 vis	16	14	14	15		14,75	0,96	6,49
2 vis	15	16	16	14		15,25	0,96	6,28
3 vis	16	15	16	16		15,75	0,50	3,17
4 vis	15	15	15	14		14,75	0,50	3,39
5 vis	14	14	15	14		14,25	0,50	3,51
					Prosjek	**14,95**		
					stdev	**0,57**		
					KV	**3,81**		

Brzina zraka na rubu krošnje

desna strana stroja

	1. pon.	2. pon.	3 pon.	4.pon.	Prosjek	stdev	KV
1 vis	8	7	7	8	7,50	0,58	7,70
2 vis	7	7	7	7	7,00	0,00	0,00
3 vis	7	7	5	8	6,75	1,26	18,64
4 vis	8	6	7	8	7,25	0,96	13,21
5 vis	8	7	8	7	7,50	0,58	7,70
				Prosjek	**7,20**		
				stdev	**0,33**		
				KV	**4,53**		

lijeva strana stroja

	1. pon.	2. pon.	3 pon.	4.pon.	Prosjek	stdev	KV
1 vis	7	8	6	7	7,00	0,82	11,66
2 vis	7	7	7	6	6,75	0,50	7,41
3 vis	7	6	6	7	6,50	0,58	8,88
4 vis	6	5	8	7	6,50	1,29	19,86
5 vis	7	6	8	6	6,75	0,96	14,18
				Prosjek	**6,70**		
				stdev	**0,21**		
				KV	**3,12**		

HARDI ZATURN _ NASAD JABUKE

desna strana stroja

1. pon.	2. pon	3 pon.	4.pon.	Prosjek	stdev	KV
11	12	10	11	11,00	0,71	6,43
11	9	11	10	10,25	0,83	8,09
15	14	16	14	14,75	0,83	5,62
18	19	19	18	18,50	0,50	2,70
20	18	20	18	19,00	1,00	5,26
22	19	20	19	20,00	1,22	6,12
			Prosjek	**15,58**		
			stdev	**4,24**		
			KV	**27,20**		

lijeva strana stroja

1. pon.	2. pon.	3 pon.	4.pon.	Prosjek	stdev	KV
11	12	10	11	11,00	0,82	7,42
15	17	15	15	15,50	1,00	6,45
22	21	21	21	21,25	0,50	2,35
21	22	20	20	20,75	0,96	4,61
24	22	22	23	22,75	0,96	4,21
26	25	25	24	25	0,81	3,26
			Prosjek	**19,38**		
			stdev	**5,17**		
			KV	**26,68**		

Brzina zraka na rubu krošnje

desna strana stroja

1. pon.	2. pon.	3 pon.	4.pon.	Prosjek	stdev	KV
6	6	5	5	5,5	0,58	10,50
6	8	8	7	7,25	0,96	13,21
6	5	6	5	5,5	0,58	10,50
8	10	11	10	9,75	1,26	12,91
11	13	12	11	11,75	0,96	8,15
12	11	13	12	12	0,82	6,80
			Prosjek	**8,63**		
			stdev	**2,96**		
			KV	**34,33**		

lijeva strana stroja

1. pon.	2. pon.	3 pon.	4.pon.	Prosjek	stdev	KV
6	8	7	7	7,00	0,82	11,66
9	9	11	11	10,00	1,15	11,55
14	16	13	13	14,00	1,41	10,10
12	15	11	12	12,50	1,73	13,86
13	15	11	12	12,75	1,71	13,39
15	17	17	15	16,00	1,15	7,22
			Prosjek	**12,04**		
			stdv	**3,16**		
			KV	**26,21**		

HARDI ZATURN _VINOGRAD

desna strana stroja

1.pon.	2.pon.	3.pon.	4.pon.	Prosjek	stdev	KV
7	8	6	7	7,00	0,82	11,66
7	6	7	7	6,75	0,50	7,41
11	10	12	13	11,50	1,29	11,23
12	14	14	14	13,50	1,00	7,41
14	13	16	13	14,00	1,41	10,10
16	14	14	14	14,50	1,00	6,90
			Prosjek	**11,21**		
			stdev	**3,51**		
			KV	**31,30**		

lijeva strana stroja

1. pon.	2. pon	3 pon.	4.pon.	Prosjek	stdev	KV
7	8	7	7	7,25	0,50	6,90
11	13	10	12	11,50	1,29	11,23
17	17	17	17	17,00	0,00	0,00
17	17	17	15	16,50	1,00	6,06
19	16	18	19	18,00	1,41	7,86
20	19	20	19	19,50	0,58	2,96
			Prosjek	**14,96**		
			stdev	**4,64**		
			KV	**31,04**		

Brzina zraka na rubu krošnje

desna strana stroja

1.pon.	2.pon.	3.pon.	4.pon.	Prosjek	stdev	KV
4	5	4	4	4,25	0,50	11,76
5	6	6	6	5,75	0,50	8,70
5	6	6	4	5,25	0,96	18,24
6	8	9	9	8,00	1,41	17,68
9	11	10	9	9,75	0,96	9,82
10	9	11	10	10,00	0,82	8,16
			Prosjek	**7,17**		
			stdve	**2,43**		
			KV	**33,94**		

lijeva strana stroja

1. pon.	2. pon.	3 pon.	4.pon.	Prosjek	stdev	KV
4	6	5	6	5,25	0,96	18,24
6	8	8	9	7,75	1,26	16,24
12	13	10	11	11,50	1,29	11,23
10	13	9	10	10,50	1,73	16,50
11	13	9	9	10,50	1,91	18,24
12	15	14	13	13,50	1,29	9,56
			Prosjek	**9,83**		
			stdev	**2,91**		
			KV	**29,63**		

Prilog VIII. Mjerač obujma za prikupljanja listova i određivanje *LAD* – a te mali dio skeniranih listova jabuke i vinove loze

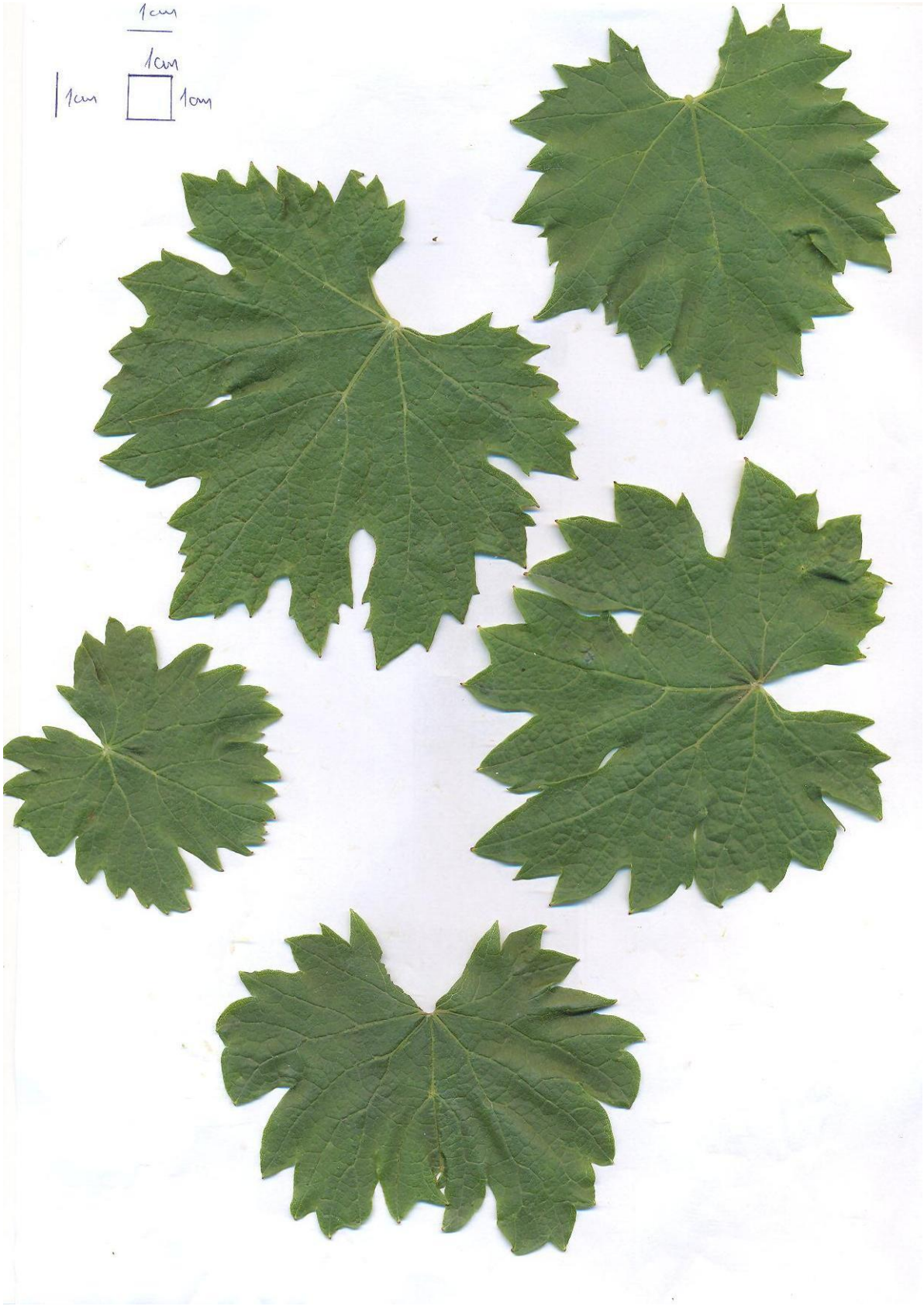
Mjerač obujma u krošnji jabuke



Dio skeniranih listova jabuke



Dio skeniranih listova vinove loze



Prilog IX. Izvadak mjerenja (*data log*) vremenskih uvjeta tijekom rada aksijalnog raspršivača u vinogradu

Date/Time	Solar Radiation (W/m^2) #882574	Temperature (°C) #883177-1	RH (%) #883177-2	Temperature (°C) #883178-1	RH (%) #883178-2	Wind Speed (m/s) #1135200-1	Wind Direction (↑) #1135200-3
05/27/13 12:41:31,0	499,4	20,19	44,25	22,09	41,75	1,11	345,4
05/27/13 12:42:01,0	501,9	20,19	44,25	22,09	41,75	1,67	339,7
05/27/13 12:42:31,0	508,1	19,81	44,75	22,09	42,25	1,11	355,2
05/27/13 12:43:01,0	506,9	19,81	44,75	22,09	42,75	1,67	341,2
05/27/13 12:43:31,0	511,9	19,81	45,25	22,09	42,75	1,67	339,7
05/27/13 12:44:01,0	514,4	19,81	45,75	21,71	43,25	1,3	325,7
05/27/13 12:44:31,0	520,6	19,81	46,75	21,71	43,75	0,93	320,1
05/27/13 12:45:01,0	513,1	19,81	46,75	21,71	43,75	1,48	314,5
05/27/13 12:45:31,0	509,4	19,81	46,25	21,71	43,25	1,67	314,5
05/27/13 12:46:01,0	514,4	19,81	46,75	21,71	43,75	1,11	320,1
05/27/13 12:46:31,0	518,1	19,81	47,25	21,71	44,25	1,67	314,5
05/27/13 12:47:01,0	533,1	19,81	47,25	21,71	44,25	1,67	324,3
05/27/13 12:47:31,0	541,9	19,81	46,25	21,71	43,75	1,48	322,9
05/27/13 12:48:01,0	544,4	19,81	45,25	21,71	42,25	1,3	342,6
05/27/13 12:48:31,0	553,1	19,81	44,75	21,71	41,75	1,11	329,9
05/27/13 12:49:01,0	558,1	19,81	46,25	21,71	42,75	1,11	321,5
05/27/13 12:49:31,0	550,6	19,81	46,25	21,71	43,25	1,67	314,5
05/27/13 12:50:01,0	541,9	19,81	46,25	21,71	42,75	1,3	339,7
05/27/13 12:50:31,0	534,4	19,81	45,25	21,71	42,25	1,3	314,5
05/27/13 12:51:01,0	531,9	19,81	44,75	21,71	42,25	1,11	310,3
05/27/13 12:51:31,0	624,4	19,81	45,25	21,71	41,75	1,11	317,3
05/27/13 12:52:01,0	593,1	19,81	46,25	21,71	42,25	0,93	293,4

05/27/13 12:52:31,0	511,9	19,81	46,25	22,09	42,75	1,11	296,2
05/27/13 12:53:01,0	491,9	19,81	46,25	22,09	42,25	1,86	349,6
05/27/13 12:53:31,0	485,6	19,81	46,25	22,09	42,75	1,67	1,4
05/27/13 12:54:01,0	475,6	19,81	46,75	22,09	42,75	1,3	7
05/27/13 12:54:31,0	399,4	19,81	47,25	22,09	43,25	0,93	1,4
05/27/13 12:55:01,0	438,1	19,81	47,25	21,71	43,75	1,3	12,6
05/27/13 14:09:31,0	549,4	21,71	45,25	25,56	39,75	1,67	355,2
05/27/13 14:10:01,0	571,9	21,71	45,25	25,56	40,25	1,48	327,1
05/27/13 14:10:31,0	703,1	22,09	45,25	25,56	40,25	1,3	318,7
05/27/13 14:11:01,0	843,1	22,09	44,25	25,56	39,25	1,3	341,2
05/27/13 14:11:31,0	688,1	22,09	43,75	25,56	39,25	1,11	355,2
05/27/13 14:12:01,0	425,6	22,09	43,75	25,56	38,75	0,93	344
05/27/13 14:12:31,0	501,9	22,09	44,25	25,56	39,25	1,3	2,8
05/27/13 14:13:01,0	983,1	22,09	45,25	25,17	40,25	1,48	33,7
05/27/13 14:13:31,0	999,4	22,09	45,25	25,17	40,25	1,3	23,9
05/27/13 14:14:01,0	1009,4	22,09	44,75	25,17	40,25	1,86	18,3
05/27/13 14:14:31,0	953,1	22,09	45,25	25,17	40,25	1,11	355,2
05/27/13 14:15:01,0	895,6	22,09	44,75	25,56	40,25	1,86	4,2
05/27/13 14:15:31,0	861,9	22,09	44,75	25,56	40,25	1,11	1,4
05/27/13 14:16:01,0	796,9	22,48	44,25	25,56	39,75	1,11	0
05/27/13 14:16:31,0	798,1	22,48	44,75	25,56	40,25	1,11	332,7
05/27/13 14:17:01,0	506,9	22,48	44,75	25,95	40,25	0,93	306,1
05/27/13 14:17:31,0	588,1	22,48	43,75	25,95	38,75	1,11	282,2
05/27/13 14:18:01,0	631,9	22,48	43,25	25,95	38,25	1,3	276,6
05/27/13 14:18:31,0	495,6	22,48	42,75	25,95	37,75	1,11	272,4
05/27/13 14:19:01,0	603,1	22,48	42,75	25,95	38,25	0,93	292
05/27/13 14:19:31,0	564,4	22,48	43,75	25,95	38,75	0,93	320,1

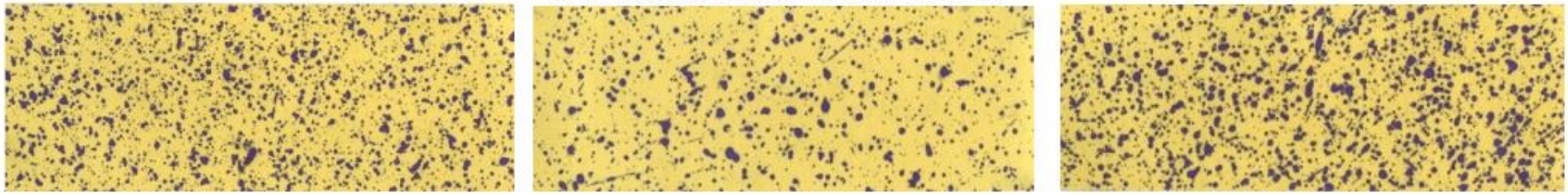
05/27/13 14:20:01,0	523,1	22,48	43,25	25,95	38,25	1,48	306,1
05/27/13 14:20:31,0	513,1	22,48	41,75	25,95	37,25	1,11	332,7
05/27/13 14:21:01,0	556,9	22,48	41,25	25,95	37,25	0,93	344
05/27/13 14:21:31,0	564,4	22,48	41,25	25,95	36,75	0,74	320,1
05/27/13 15:25:01,0	358,1	19,81	47,75	20,57	46,75	0,74	331,3
05/27/13 15:25:31,0	364,4	19,81	47,25	20,95	45,75	0,93	344
05/27/13 15:26:01,0	371,9	19,81	46,75	20,95	45,75	1,48	322,9
05/27/13 15:26:31,0	384,4	19,81	46,25	20,95	45,25	1,3	318,7
05/27/13 15:27:01,0	394,4	19,81	45,75	20,95	44,75	1,86	317,3
05/27/13 15:27:31,0	415,6	20,19	45,75	20,95	44,25	1,3	318,7
05/27/13 15:28:01,0	464,4	20,19	45,75	20,95	44,75	0,93	335,5
05/27/13 15:28:31,0	533,1	20,19	46,75	20,95	45,25	0,56	304,7
05/27/13 15:29:01,0	675,6	20,19	47,25	21,33	45,75	0,56	314,5
05/27/13 15:29:31,0	578,1	20,19	47,75	21,33	46,75	0,56	338,3
05/27/13 15:30:01,0	633,1	20,19	47,75	21,33	45,75	0,93	318,7
05/27/13 15:30:31,0	585,6	20,19	47,75	21,71	45,25	1,11	299
05/27/13 15:31:01,0	580,6	20,57	46,75	21,71	44,75	0,93	308,9
05/27/13 15:31:31,0	774,4	20,57	45,75	22,09	43,25	1,48	318,7
05/27/13 15:32:01,0	483,1	20,57	44,75	22,48	42,25	1,48	341,2
05/27/13 15:32:31,0	575,6	20,95	44,75	22,48	42,25	1,3	348,2
05/27/13 15:33:01,0	588,1	20,95	44,75	22,48	42,25	0,93	327,1
05/27/13 15:33:31,0	499,4	20,95	44,25	22,86	41,75	0,74	329,9
05/27/13 15:34:01,0	464,4	20,95	44,75	22,86	41,75	0,37	345,4
05/27/13 15:34:31,0	425,6	21,33	44,75	23,24	41,75	1,11	332,7
05/27/13 15:35:01,0	421,9	21,33	43,75	23,24	40,75	1,11	303,2
05/27/13 15:35:31,0	458,1	21,33	43,75	23,24	40,75	0,93	322,9
05/27/13 15:36:01,0	440,6	21,33	43,75	23,24	41,25	1,48	345,4

05/27/13 15:36:31,0	431,9	21,33	43,25	23,24	41,25	1,3	314,5
05/27/13 15:37:01,0	425,6	21,33	42,75	23,24	40,75	0,74	327,1
05/27/13 15:37:31,0	439,4	21,33	42,75	23,24	40,75	0,93	332,7
05/27/13 15:38:01,0	414,4	21,33	42,25	23,24	40,25	1,3	314,5
05/27/13 15:38:31,0	398,1	21,33	41,75	23,24	40,25	1,3	317,3
05/27/13 16:30:01,0	796,9	22,48	38,75	23,24	38,25	2,41	321,5
05/27/13 16:30:31,0	773,1	22,48	39,25	23,63	38,75	1,11	329,9
05/27/13 16:31:01,0	754,4	22,86	39,75	23,63	38,75	1,3	352,4
05/27/13 16:31:31,0	735,6	22,86	39,25	24,01	38,25	2,04	338,3
05/27/13 16:32:01,0	728,1	23,24	38,25	24,4	37,75	1,67	348,2
05/27/13 16:32:31,0	465,6	23,24	38,75	24,4	38,25	0,74	339,7
05/27/13 16:33:01,0	203,1	23,63	38,75	24,79	38,25	1,3	320,1
05/27/13 16:33:31,0	163,1	23,63	38,25	24,79	37,25	1,67	331,3
05/27/13 16:34:01,0	180,6	23,63	37,75	24,79	37,25	1,11	314,5
05/27/13 16:34:31,0	398,1	23,63	37,25	24,79	36,75	1,48	318,7
05/27/13 16:35:01,0	696,9	23,63	36,75	24,79	36,75	2,04	322,9
05/27/13 16:35:31,0	699,4	23,63	36,75	24,79	36,25	2,23	325,7
05/27/13 16:36:01,0	704,4	23,63	36,75	24,79	36,75	2,04	342,6
05/27/13 16:36:31,0	710,6	24,01	37,25	24,79	36,75	1,86	335,5
05/27/13 16:37:01,0	720,6	24,01	36,75	24,79	36,75	1,86	321,5
05/27/13 16:37:31,0	728,1	24,01	35,75	24,79	36,25	1,67	329,9
05/27/13 16:38:01,0	728,1	24,01	35,75	24,79	35,75	1,3	315,9
05/27/13 16:38:31,0	731,9	24,4	36,25	25,17	36,25	0,93	345,4

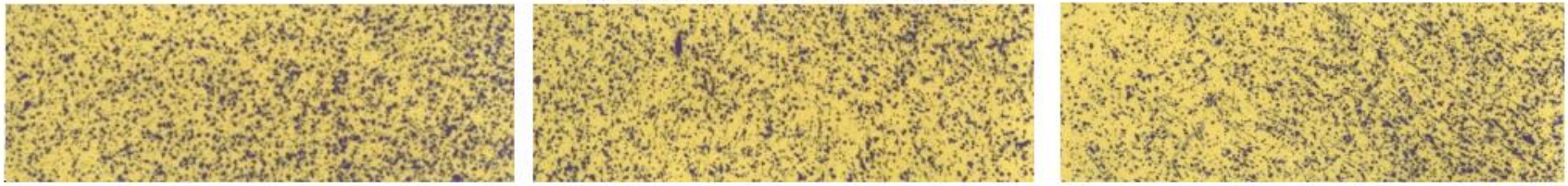
.
.
.

Prilog X. Izvadak vodoosjetljivih papirića – RADIJALNI RASPRŠIVAČ, VINOGRAD

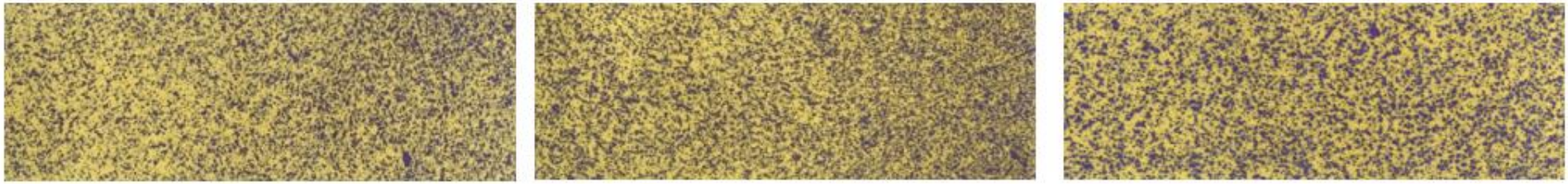
PLAVA MLAZNICA – 8 km/h – 350 l/ha



ŽUTA MLAZNICA – 8 km/h – 350 l/ha

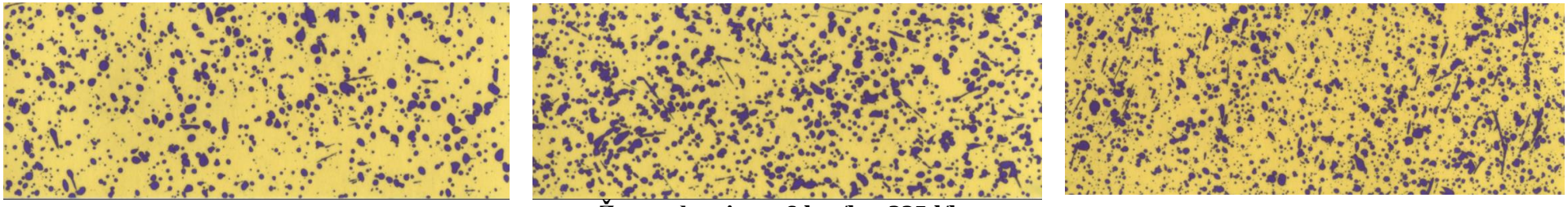


ZELENA MLAZNICA – 8km/h – 350 l/h

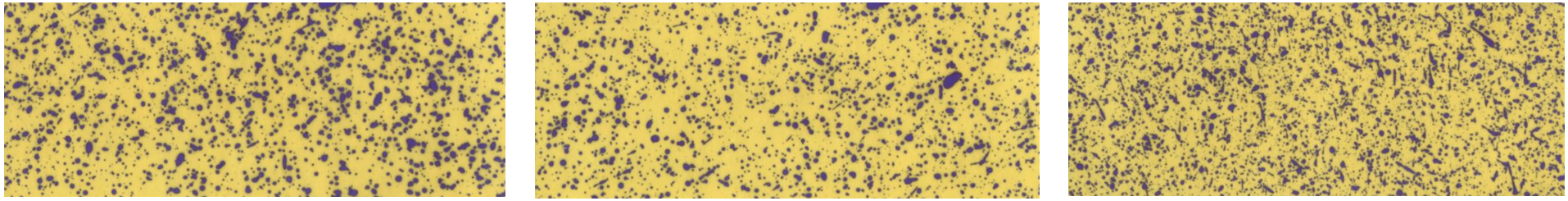


AKSIJALNI RASPRŠIVAČ – NASAD JABUKE

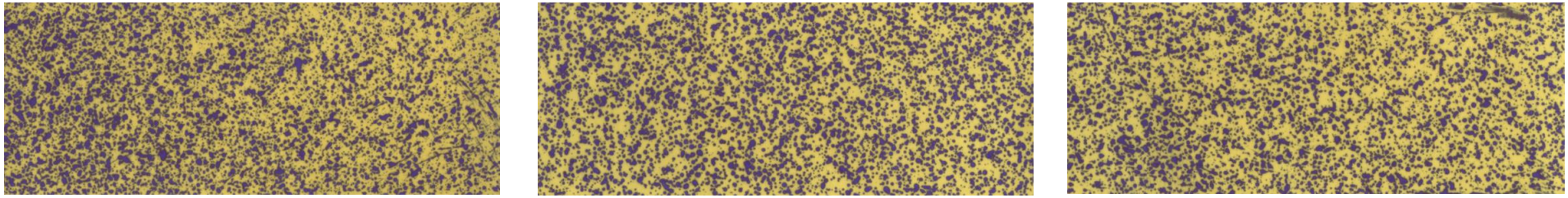
Plava mlaznica – 6 km/h – 325 l/ha



Žuta mlaznica – 6 km/h – 325 l/ha



Zelena mlaznica – 6 km/h – 325 l/ha



12. ŽIVOTOTOPIS

Rođen 24. rujna 1983. godine u Požegi. Osnovnu školu pohađao i završio u Požegi 1998. godine gdje upisuje Opću gimnaziju. Po završetku srednje škole 2002. godine, upisuje Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, smjer Ratarstvo koji uspješno i završava 2007. godine kao drugi student u generaciji sa diplomskim radom pod naslovom„Utjecaj konzervacijske obrade tla na masu žetvenih ostataka soje". Tijekom 2006. i 2007. godine, s obzirom na uspješno studiranje dobiva stipendiju A kategorije Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa. Od studenog 2007. godine zaposlen je na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku na Zavodu za mehanizaciju u zvanju znanstvenog novaka na projektu broj 079-0792067-1936 pod nazivom „Inovativne tehnike aplikacije pesticida u funkciji uštede i zaštite okoliša" kod nositelja prof. dr. sc. Đure Banaja. Tijekom 2008. godine upisuje doktorski studij na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku, smjer Tehnički sustavi u poljoprivredi, te 2011. godine prijavljuje temu doktorskog rada pod nazivom „Utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja na pokrivenost lisne površine u trajnim nasadima". Kao znanstvenik sudjeluje u navedenom znanstvenom projektu, te brojim drugim stručnim projektima od kojih se izdvaja: „Obuka rukovatelja i provjera ratarskih prskalica za smanjenje onečišćenja okoliša na području Požeško – slavonske i Osječko – baranjske županije", te projekt financiran nizozemskom darovnicom pod nazivom „Obuka rukovatelja tehničkih sustava u zaštiti bilja na području istočne Hrvatske". Od 2008. – 2010. godine u funkciji je tehničkog urednika znanstveno – stručnog skupa „Organizacija i tehnologija održavanja – OTO". Tijekom rada na Fakultetu sudjeluje na međunarodnim znanstvenim skupovima vezanih za poljoprivrednu mehanizaciju gdje izlaže osam znanstvenih radova. U listopadu 2008. godine, u Danskoj pohađa tečaj vezan za problematiku tehničkih sustava u zaštiti bilja i aplikacije pesticida „Spraying Course of Hardi Academy". Zajedno sa mentorom, prof. dr. sc. Đurom Banajem, koautor je sveučilišogi udžbenika pod naslovom „Unapređenje tehnike aplikacije pesticida" u izdanju Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku. Tijekom 2013. godine, uključuje se u provedbu europske direktive o održivoj uporabi pesticida (2009/128/EC), gdje ga nadležno Ministarstvo ovlašćuje kao službenog predavača. Kao autor i koautor objavio je jedan A1, tri A2, te dvadeset i osam radova A3 kategorije. Sudjeluje u nastavi na modulima „Mehanizacija u ratarstvu" i „ Strojevi i uređaji u ratarstvu i vrtlarstvu I".