

UČINKOVITOST DELOVANJA AVTONOMNEGA MODULARNEGA SISTEMA PRI IZVAJANJU PROCESA NANAŠANJA ŠKROPILNE BROZGE V VINOGRADU

Peter BERK¹, Mario LEŠNIK², Andrej PAUŠIČ³, Peter VINDIŠ⁴, Damijan KELC⁵,
Denis STAJNKO⁶, Andreja URBANEK-KRAJNC⁷, Marijan SIRK⁸, Viktor JEJČIČ⁹,
Tomaž POJE¹⁰, Simona HAUPTMAN¹¹, Roman ŠTABUC¹², Marko BREZNIK¹³,
Aleš BELŠAK¹⁴, Matej SEČNIK¹⁵

¹⁻⁸ Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Hoče

⁹⁻¹⁰ Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko in energetiko,
Ljubljana

¹¹⁻¹³ KGZS, Kmetijsko gozdarski zavod Maribor, Maribor

¹⁴ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor

¹⁵ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana

IZVLEČEK

298

Avtonomni modularni sistem, nameščen na konvencionalnem prototipu pršilnika, ki deluje na principu pulzno širinskega krmiljenja elektromagnetnih ventilov predstavlja naj sodobnejšo tehnologijo za izvajanje kontroliranega nanašanja škropilne brozge, brez spreminjanja operativnih parametrov pršilnika (npr. tlak pri škropljenju, velikost šobe). V skladu z načeli preciznega vinogradništva, predstavlja pulzno širinsko krmiljenje primarno tehnologijo, ki omogoča nanašanje potrebne količine škropilne brozge izključno na ciljne površine vinske trte brez spreminjanja spektra velikosti kapljic in omogoča enakomerno kakovost depozita ter zmanjšanje odnašanja kapljic škropilne brozge izven ciljnih površin (t.i. drift). V vinogradu smo skozi celotno sezono škropljenja v letu 2021 testirali avtonomni aksialni prototip pršilnika na katerega smo namestili avtonomni modularni sistem z omogočenim pulzno širinskim krmiljenjem škropilne brozge. Testirali smo dva načina delovanja prototipa pršilnika,

¹ Pivola 10, SI-2311 Hoče

² prav tam

³ prav tam

⁴ prav tam

⁵ prav tam

⁶ prav tam

⁷ prav tam

⁸ prav tam

⁹ Hacquetova ulica 17, SI-1000 Ljubljana

¹⁰ prav tam

¹¹ Vinarska ulica 14, SI-2000 Maribor

¹² prav tam

¹³ prav tam

¹⁴ Smetanova ulica 17, SI-2000 Maribor

¹⁵ Aškerčeva cesta 6, SI-1000 Ljubljana

in sicer avtonomnega (zvezno krmiljenje delovnega cikla (DC: od 0 do 100 %) ter konvencionalnega (šoba popolnoma odprta ves čas), pri enakomerni delovni hitrosti pršilnika $5,5 \text{ kmh}^{-1}$. Primerjali smo porabljeno količino FFS (fitofarmaceutskih sredstev) izraženo v odstotkih med avtonomnim in konvencionalnim načinom delovanja pršilnika skozi individualne šobe na pršilniku. Ugotovili smo, da je znašal največji prihranek škropilne brozge 69,8 %, skozi individualno šobo ob razvojnem stadiju vinske trte BBCH 55. Pridobili smo tudi podatke glede vpliva avtonomnega nanosa na pojav bolezni (stopnja napada na listju in grozdju izražena v odstotkih) in na višino in kakovost pridelka v vinogradu s klasično gojitveno obliko.

Ključne besede: algoritem, škropilna brozga, krmiljenje, vinska trta

ABSTRACT

EFFICIENCY OF OPERATION OF AN AUTONOMOUS MODULAR SYSTEM IN CARRYING OUT THE SPRAY MIXTURE PROCESS IN VINEYARD

Autonomous modular system mounted on a conventional sprayer prototype operating on the principle of pulse-width modulation control of electromagnetic valves represents state-of-the-art technology for implementation controlled application of spray mixture without changing the operating parameters of the sprayer (eg spray pressure, nozzle size). In accordance with the principles of precision viticulture the pulse-width modulation control is the primary technology which allows the application of the required amount of spray mixture exclusively to the target areas of the vine without changing the droplet size spectrum and allows for even deposit quality and reducing the drift outside the target areas. In the vineyard, we tested an autonomous axial sprayer prototype throughout the entire spraying season in 2021 on which we have installed an autonomous modular system with enabled pulse-width control. We tested two modes of operation of the sprayer prototype, namely autonomous (continuous duty cycle control (DC: 0 to 100%)) and conventional (nozzle fully open at all time), at a steady spray speed of 6 kmh^{-1} . We compared the amount of PPP expressed as a percentage between autonomous and conventional mode of operation of the sprayer through individual nozzles on the sprayer. We found that the maximum saving of the spray mixture was 69.8%, through an individual nozzle at phenological stage of the vine BBCH 55. We also obtained data on the influence of autonomous application on the occurrence of the disease (rate of attack on leaves and grapes expressed as a percentage) and on the height and quality of the crop in the vineyard with a classic cultivation form.

Key words: algorithm, spray mixture, control, vine

1 UVOD

V zadnjih dveh desetletjih lahko opazimo velik napredek v smeri razvoja avtonomnih alternativnih aplikacijskih tehnik za izvajanje optimizacije procesa nanašanja škropilne brozge v trajnih nasadih sadovnjakov (Walkate & Cross, 2013) in vinogradov

(Siegfried *et al.*, 2007; Llorens *et al.*, 2011a). Za izračun količin odmerkov škropilne brozge obstaja veliko različnih vrst tehnologij, ki delujejo na principu različnih empiričnih in digitalnih odločitvenih modelov (algoritmov) katerih delovanje temelji na podlagi meritev karakterističnih lastnosti krošenj. Učinkovita aplikacija procesa nanašanja brozge je odvisna od več dejavnikov izmed katerih izstopa karakteristična lastnost krošnje (Llorens *et al.*, 2011a; Solanelles *et al.*, 2006) ter medsebojna povezava med količino nanosa fitofarmaceutskega sredstva in dejanski depozit kapljic na listih krošenj, izražena v količini FFS-ja na listni površini (Gil *et al.*, 2014). Avtorji Gil *et al.* (2013) so ugotovili, da je stopnja tveganja pri aplikacijskem procesu nanašanja brozge na območje brez listne površine povezana s porabo količin odmerkov FFS-jev, ki vplivajo na učinkovito delovanje aplikacije procesa nanašanja brozge po celotni krošnji. Avtorji (Gil *et al.*, 2007; Vercruyse *et al.*, 1999) so ugotovili, da pravilno usmerjanje in prilagoditev odlaganja kapljic škropilne brozge na listno površino krošnje privede do znatnega povečanja učinkovitosti delovanja aplikacije procesa nanašanja brozge, ki vpliva na zmanjšanje porabe skupnih količin odmerkov FFS-jev v skladu s strateškimi cilji EU (Llorens *et al.*, 2010). Vsi našeti razlogi za zmanjšanje porabe količin odmerkov FFS-jev so privedli do razvoja novih alternativnih tehnik procesa nanašanja brozge in s katerimi lahko omogočimo avtonomno krmiljenje količin odmerkov škropilne brozge, ki delujejo na principu različnih odločitvenih modelov (algoritmov), (Llorens *et al.*, 2011a; Gil *et al.*, 2013; Berk *et al.*, 2016; Cheraï *et al.*, 2020). Cilj aplikacijske tehnike za nanašanje kapljic škropilne brozge na izbrane krošnje v trajnih nasadih, bi se moral nanašati na enakomerni nanos/depozit kapljic brozge ne glede na različne razvojne stadije krošnje vinske trte, katero je potrebno zaščititi pred različnimi vplivi bolezni in škodljivci. Zato bo potrebno v prihodnosti za trajnostno pridelavo grozdja vedno bolj upoštevati okoljevarstvene vidike v smeri zmanjšanja porabe količin odmerkov brozge in njihovega zanašanja na bližnjo okolico. To bomo lahko zagotovili samo z novimi razvitimi tehnologijami, ki omogočajo precizno nanašanje kapljic škropilne brozge, ob hkratnem upoštevanju karakterističnih lastnosti krošnje, katere bomo merili z zmogljivimi naprednimi merilnimi tehnologijami in katere bodo vplivale na krmiljenje pretoka škropilne brozge skozi šobe (Berk *et al.*, 2016). Namen raziskovalnega dela, ki ga predstavljamo avtorji se nanaša na digitalno 3D rekonstrukcijo leve in desne strani krošnje vinske trte, na različnih prostorninskih elementih. Razvita je bila nova merilno-krmilna metoda (avtonomno merjenje in krmiljenje količin odmerkov škropilne brozge) za optimizacijo procesa nanašanja škropilne brozge glede na gostoto listne površine.

2 MATERIALI IN METODE

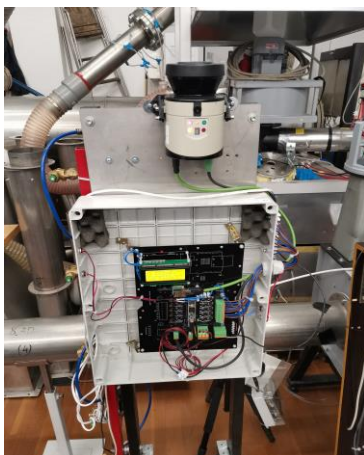
V eksperimentalne namene smo uporabili vinograd kmetijskega gospodarstva Vinko Šerbinek, Plač 9, 2201 Zgornja Kungota, Slovenija. Velikost površine vinograda za poizkus je znašala 2000 m², lokacija poskusa je bila 46°40'10.2" N, 15°35'57.7" E (*slika 1a*). V intenzivnem nasadu vinograda so nasajene cepljene sadike vinske trte na podlagi Kober 5BB, sadike vsebujejo večjo vsebst titracijskih kislin, podlaga pa se

uporablja v posameznih vinorodnih deželah Slovenije in je bila odbrana na osnovi strokovnih kriterijev. Medvrstna razdalja med sadikami znaša 230 cm in vzojitvena oblika enošparonska vzgoja (šparon z do deset očesi) s čepom (eno do dve očesi na čepu), pri čemer znaša višina stebela vinske trte 70 cm ter povprečna razdalja med trtami 85 cm. V eksperimentu v vinogradu za digitalno vrednotenje gostote zelene stene listne površine in avtonomnega načina krmiljenja odmerkov brozge smo zajeli sorto vinske trte "Sauvignon" (starost 16 let). Skozi sezono rednih škropljenj v vinogradu smo testirali dva različna načina delovanja prototipa pršilnika, kateremu smo v eksperimentalne namene omogočili delovanje v konvencionalnem in avtonomnem načinu.



301

Slika 1a: Zasnova poizkusa optimizacije procesa nanašanja škroplilne brozge v trajnem nasadu vinograda.



Slika 1b: Avtonomni modularni sistem za optimizacijo procesa nanašanja škroplilne brozge.



Slika 1c: Namestitev DGPS merilnega sistema v bližino lokacije vinograda.

302

Modularni elektronski merilno-krmilni sistem (nameščen na konvencionalnem tipu nošenega traktorskega pršilnika AGP 300 PRO, proizvajalec Agromehanika, Kranj) za digitalno vrednotenje gostote listne površine in avtomatizirano krmiljenje količin odmerkov (individualno po posameznih šobah, *slika 1b*) v vinogradu je sestavljen iz treh glavnih komponent. Prvo komponento sestavlja laserska (LIDAR) merilna tehnologija. Z LIDAR merilno tehnologijo, ki je nameščena na posebnem nosilcu na nošenem pršilniku, digitalno opredelimo količino gostote listne površine (različne razvojne stadije vinske trte) na individualnem segmentu krošnje vinske trte. V eksperimentu smo uporabili laserski senzor proizvajalca SICK, model LMS111. Laserski merilnik razdalje SICK LMS111 ponuja IP67 standard zaščite, kar pomeni, da je primeren tudi za zunanjo uporabo v vinogradu. Lidar LMS111 nudi odličen kompromis med kompaktno velikostjo in zmogljivostjo. Omogoča zajem podatkov s frekvenco 50 Hz in kotno resolucijo $0,5^\circ$. Njegov doseg je do 20 m. Prenos podatkov poteka v realnem času preko Ethernet vmesnika z nazivno hitrostjo 100 Mbit/s.

Drugo komponento, ki je vgrajena v modularni sistem predstavlja mikrokrmilnik z dodanim ethernet modulom, ki skrbi za prenos meritev iz LIDAR merilne tehnologije ter avtonomno krmiljenje količin odmerkov brozge v pulzno širinskem načinu preko elektromagnetnih ventilov (v nadaljevanju besedila: EMV), pri čemer znaša frekvenca delovnega cikla krmiljenja EMV 10 Hz. Uporabili smo mikrokrmilnik Teensy 3.6. Mikrokrmilnik Teensy 3.6 ima vgrajen 32-bitni 180 MHz procesor ARM Cortex-M4, kateri ponuja dovolj procesorske moči za obdelavo podatkov iz LIDAR merilne tehnologije ter krmiljenje količin odmerkov škropilne brozge preko EMV v realnem času.

Tretjo komponento predstavlja DGPS merilni sistem (*slika 1c*), kar nam omogoča določitev hitrosti vožnje in lokacije modularnega merilnega sistema na nekaj centimetrov natančno. Lokacijo in hitrost avtonomnega modularnega sistema smo določili pri frekvenci 10 Hz. Uporabili smo najnovejši sistem DGPS proizvajalca UBLOX, model sprejemnika F9P. Sistem omogoča dvofrekvenčni sprejem GPS signala z RTK korekcijo. Sistem je sestavljen iz dveh delov. Na terenu v bližino vinograda namestimo referenčno postajo DGPS, ki skrbi za korekcijo psevdorazdalj

GPS sprejemnika. Korekcijski podatki se preko podatkovne povezave v realnem času prenašajo do mobilne postaje (nameščena na traktorju), se de modulirajo in se nato uporabijo za korekcijo GPS podatkov.

V vinogradu skozi sezono rednih škropljenj smo v realnem času digitalno vrednotili velikost gostote listne površine preko digitalnega števila točk v oblaku, in sicer za levo in desno polovico krošnje (slika). Na principu avtonomnega zajemanja meritev preko laserske LIDAR merilne tehnologije in avtonomnega modularnega sistema smo na ta način omogočili digitalno vrednotenje gostote listne površine vinske trte. Informacijo o ocenjeni vrednosti gostote listne površine smo uporabili v odločitvenem modelu (mehki logični algoritem), ki je kasneje pri optimizaciji procesa nannašanja škropilne brozge omogočal krmiljenje količin odmerkov brozge v območju od 0 % do 100 %. Za analizo količin odmerkov škropilne bozge skozi sezono rednih škropljenj smo v trajnem nasadu vinograda izbrali 8 individualnih vrst, in sicer smo v 4 individualnih vrstah izvajali konvecionalni način delovanja pršilnika in preostalih 4 individualnih vrstah avtonomni način delovanja pršilnika. V našem primeru eksperimentov v vinogradu smo izvajali konvecionalni način pridelave grozdja kjer je v *preglednici 1* podan škropilni program, ki smo ga uporabili pri zatiranju boleznih (peronospora in oidij vinske trte) v vinogradu. Skozi celotno sezono 2021 smo izvajali redna škropljenja preko avtonomnega prototipa pršilnika na lokaciji vinograda (Vinko Šerbinek, Plač 9, 2201 Zgornja Kungota). Izvajanje optimizacije procesa konvecionalnega in avtonomnega načina delovanja prototipa pršilnika smo na terenu v vinogradu izvajali: Univerza v Mariboru (Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Fakulteta za strojništvo), Univerza v Ljubljani (Fakulteta za strojništvo), KGZS (Kmetijsko gozdarski zavod Maribor), Kmetijski inštitut Slovenije (Oddelek za kmetijsko tehniko in energetiko), kmetijsko gospodarstvo Vinko Šerbinek. Na principu avtonomnega modularnega sistema, ki je zajemal digitalno merjenja gostote listne površine, avtonomni modul za krmiljenje količin odmerkov škropilne brozge in DGPS merilnega sistema, smo na terenu izvajali optimizacijo porabe količin odmerkov škropilne brozge v konvecionalnem in avtonomnem načinu delovanja. Primerjali smo porabljeno količino škropilne brozge izraženo v odstotkih med avtonomnim in konvecionalnim načinom delovanja pršilnika skozi individualne šobe na pršilniku. Skozi sezono rednih škropljenj smo pridobili podatke glede vpliva avtonomnega nanosa brozge na pojav boleznih (stopnjo napada na listju in grozdju izražena v odstotkih) in na višino in kakovost pridelka v vinogradu s klasično gojitveno obliko.

303

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

V sezoni (leto 2021) škropljenj smo izvajali konvecionalni način pridelave grozdja kjer je v *preglednici 1* podan škropilni program, ki smo ga uporabili pri zatiranju boleznih (peronospora in oidij vinske trte) v vinogradu. V sezoni 2021 smo za lokacijo vinograda (kmetijsko gospodarstvo Vinko Šerbinek) vsega skupaj izvedli 10 škropljenj v vinogradu. Med dosežene ključne rezultate štejemo testiranje avtonomnega modularnega sistema, ki smo ga namestili na nošeni aksialni konvecionalni tip pršilnika (AGP 300 PRO) in testiranje izvedli v realnih pogojih v vinogradu. Avtonomni modularni sistem je deloval preko napredne laserske LIDAR merilne tehnologije in krmilnega sistema, ki preko algoritma (odločitvenega modela) omogoča zvezno krmiljenje količin odmerkov škropilne brozge, glede na gostoto

listne površine po posameznih segmentih (prostorninskih elementih) krošnje vinske trte. Preko DGPS navigacijskega merilnega sistema smo omogočili merjenje hitrosti nošenega avtonomnega prototipa pršilnika, ki je vplivala na porabo količin odmerkov in kvaliteto nanašanja kapljic škroplilne brozge.

Preglednica 1: Škropilni program, katerega smo uporabili pri zatiranju bolezní v vinogradu skozi sezono rednih škropljenj, leto 2021.

Lokacija vinograda	Izvajalci škropljenja	Škropilni program	Datum škropljenja
Kmetjsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	UM (FKBV, FS), UL (FS), KGZS-KGZMB, KIS, kmetijsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	Količine FFS na 100 l vode: 1kg manfedt, 2kg kumulus DF, 2 l SY STAMAG SL	21.5.2021
Kmetjsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	UM (FKBV, FS), UL (FS), KGZS-KGZMB, KIS, kmetijsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	Količine FFS na 100 l vode: 1 kg Qumulus DF, Ampexia 125 g, Karatan gold 1 dl, Mikrohelat zink 0,25 kg	01.06.2021
Kmetjsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	UM (FKBV, FS), UL (FS), KGZS-KGZMB, KIS, kmetijsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	Količine FFS na 50 l vode: Reeboot 0,15 kg, Spiroxd 0,2 l, Qumulus DF 0,75 kg	08.06.2021
Kmetjsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	UM (FKBV, FS), UL (FS), KGZS-KGZMB, KIS, kmetijsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	Količine FFS na 50 l vode: Sfinga Extra 0,375 kg, Karatan Gold 350 EC 0,15 l, Qumulus DF 0,75 kg	16.06.2021
Kmetjsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	UM (FKBV, FS), UL (FS), KGZS-KGZMB, KIS, kmetijsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	Količine FFS na 100 l vode: Sfinga Extra 0,375 kg, Karatan Gold 350 EC 0,15 l, Qumulus DF 0,75 kg	24.06.2021
Kmetjsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	UM (FKBV, FS), UL (FS), KGZS-KGZMB, KIS, kmetijsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	Količine FFS na 100 l vode: Reeboot 80 g, Collis 80 ml, Qumulus DF 400 g, Mimic 120 ml	06.07.2021
Kmetjsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	UM (FKBV, FS), UL (FS), KGZS-KGZMB, KIS, kmetijsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	Količine FFS na 100 l vode: Reeboot 80 g, Collis 80 ml, Qumulus DF 400 g, Mimic 120 ml	15.07.2021
Kmetjsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	UM (FKBV, FS), UL (FS), KGZS-KGZMB, KIS, kmetijsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	Količine FFS na 100 l vode: Ampexia 100 g, Qumulus DF 400 g, Kosabi 300 sc 60 ml, Couparylau z35wp 200 g	23.07.2021
Kmetjsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	UM (FKBV, FS), UL (FS), KGZS-KGZMB, KIS, kmetijsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	Količine FFS na 100 l vode: Ampexia 100 g, Qumulus DF 400 g, Kosabi 300 sc 60 ml, Couparylau z35wp 200 g	06.08.2021
Kmetjsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	UM (FKBV, FS), UL (FS), KGZS-KGZMB, KIS, kmetijsko gospodarstvo Vinko Šerbinek	Količine FFS na 100 l vode: Ampexia 120 g, Qumulus DF 500 g, Kosabi 300 sc 60 ml, Couparylau z35wp 250 g	24.08.2021

Po posameznih poizkusih v vinogradih smo izvedli dva različna načina procesa nanašanja škropilne brozge, pri čemer je količina vode ob predvidenem škropilnem programu za izvedbo poizkusov v vinogradu znašala 100 in 50 litrov. V poizkusu smo preko elektronskega merilnika merili sprotno porabo količin odmerkov brozge za levo in desno polovico krošnje vinske trte, in sicer za vsako posamezno vrsto v poizkusu, kjer smo merili tudi čas delovanja avtomatiziranega ter konvencionalnega delovanja pršilnika za vsako posamezno vrsto. V *preglednici 2* so prikazani rezultati porabe količin odmerkov na individualnih segmentih krošnje ob avtomatiziranem in konvencionalnem načinu delovanja prototipa pršilnika. Pri konvencionalnem načinu delovanja je bila šoba pršilnika neprekinjeno odprta skozi celotno optimizacijo procesa nanašanja škropilne brozge. Za optimizacijo procesa nanašanja brozge smo uporabili različno število šob, ki smo jih umerili glede na višino zelene stene vinske trte in pod kotom zagotovili enakomerno razporeditev curka s kapljicami škropilne brozge, ki so se enakomerno porazdelile po zeleni steni listne površine vinske trte. Naredili smo temeljito analizo učinkovitosti delovanja obeh načinov (konvencionalni in avtomatizirani) in prav tako analizo uspešnosti zatiranja bolezní, za oba načina delovanja. V *preglednici 2* je prikazana primerjalna analiza med konvencionalnim in avtonomnim načinom delovanja prototipa pršilnika. V *preglednici 3* je prikazana analiza uspešnosti zatiranja bolezní (peronospora, oidij vinske trte in siva plesen na grozdju), za oba načina delovanja prototipa pršilnika.

305

Preglednica 2: Primerjalna analiza med konvencionalnim in avtonomnim načinom delovanja prototipa pršilnika, leto 2021.

Št. tretj.	Datum	Čas pršenja [s]		Prihranek škropiva [%]					Prihranek škropiva [%]					Skupni prihranek l/ha
		Čas PWM	Čas KON	Šoba PWM					Šoba KON					
				Šoba 1 (zg.)	Šoba 2	Šoba 3	Šoba 4	Šoba 5 (sp.)	Šoba 1	Šoba 2	Šoba 3	Šoba 4	Šoba 5	
1	21.5.2021	434,92	432,58	x	x	x	x	54,7	x	x	x	x	0	55,3
2	1.6.2021	443,72	458,5	x	x	x	69,8	43,5	x	x	x	0	0	113,83
3	8.6.2021	482,52	489,58	x	x	2,9	39,3	x	x	x	0	0	x	42,43
4	16.6.2021	575,02	499,34	x	x	50,0	13,3	14,4	x	x	0	0	0	78,04
5	24.6.2021	499,96	487,58	x	21,7	10,9	6,7	32,6	x	0	0	0	0	72,19
6	6.7.2021	479,44	487,32	8,2	8,2	6,3	5,0	28,6	0	0	0	0	0	56,61
7	15.7.2021	469,7	476,18	5,4	5,4	4,6	4,0	30,6	0	0	0	0	0	50,28
8	23.7.2021	436,38	449,16	5,6	5,6	5,1	4,1	27,9	0	0	0	0	0	48,41
9	6.8.2021	487,78	491,62	6,0	6,0	6,6	5,2	32,6	0	0	0	0	0	56,61
10	24.8.2021	449,32	461,74	8,1	8,1	7,9	5,8	22,3	0	0	0	0	0	52,54
												skupaj:	626,24	

V *preglednici 3* so podani rezultati ocene bolezní, poskus pršilnik (konvencionalni in avtomatiziran način delovanja) stopnja napada na listju in grozdju izražena v odstotkih (Sauvignon). Za vsako meritev posebej smo v vinogradu opravili 600 ocen. Med konvencionalnim in avtonomnim načinom delovanja prototipa pršilnika smo glede na podano analizo ugotovili, da ni bilo bistvenih razlik pri zatiranju bolezní.

Preglednica 3: Ocene bolezni, količine ter kvalitete pridelka, poskus pršilnik (konvencionalni in avtomatiziran način delovanja), leto 2021.

Datum: 24.06.2021	Peronospora grozd + cvet	Peronospora listje	Oidij grozd	Oidij listje	
Avtonomni način delovanja	0,17 % A	0,22 % A	0,0 % A	0,0 % A	
Konvencionalni način delovanja	0,14 % A	0,21 % A	0,0 % A	0,0 % A	
Datum: 26.07.2021	Peronospora grozd + cvet	Peronospora listje	Oidij grozd	Oidij listje	
Avtonomni način delovanja	0,23 % A	0,52 % A	0,28 % A	0,06 % A	
Konvencionalni način delovanja	0,21 % A	0,41 % A	0,14 % A	0,04 % A	
Datum: 22.09.2021	Peronospora grozd	Peronospora listje	Oidij grozd	Oidij listje	Siva plesen na grozdju
Avtonomni način delovanja	0,26 % A	3,25 % A	1,45 % A	8,24 % A	8,24 % A
Konvencionalni način delovanja	0,33 % A	3,60 % A	2,01 % A	2,87 % A	3,63 % A
Datum: 22.09.2021	Količina pridelka kg/ha	Sladkorna stopnja O°	Skupne titracijske kislina (g/l)		
Avtonomni način delovanja	10434 A	96,25 A	6,54 B		
Konvencionalni način delovanja	11991 A	99,5 A	7,27 A		

306

V sezoni (leto 2021) škropljenj smo uporabili različno število šob na levi in desni polovici škroplilne garniture avtomatiziranega prototipa pršilnika. Na začetku rastne sezone (razvojni stadij (BBCH 15) vinske trte, Lorenz *et al.*, 1994) smo uporabili dve šobi, in sicer po eno šobo na levi in desni strani avtomatiziranega pršilnika in pri tem ugotovili prihranek škroplilne brozge 55,3 l/ha glede na konvencionalni način škropljenja. Na koncu rastne sezone (razvojni stadij (BBCH 89) vinske trte, Lorenz *et al.*, 1994) smo uporabili deset šob, in sicer po pet šob na levi in desni strani avtomatiziranega pršilnika in pri tem ugotovili prihranek škroplilne brozge 52,54 l/ha glede na konvencionalni način škropljenja. Največji prihranek škroplilne brozge smo ugotovili pri rastni sezoni (razvojni stadij (BBCH 55) vinske trte, Lorenz *et al.*, 1994), pri čemer smo uporabili štiri šobe, in sicer po dve šobi na levi in desni strani avtomatiziranega pršilnika in pri tem ugotovili prihranek škroplilne brozge 113,83 l/ha glede na konvencionalni način škropljenja. Skupni prihranek škroplilne brozge skozi celotno rastno sezono vinske v letu 2021 je znašal 626,24 l/ha, pri čemer smo v eksperimentalnih poizkusih uporabili nošeni traktorski pršilnik AGP 300 PRO (tip šobe: Albus ATR 80°, pretok: 1,07 l/min, delovni tlak: 10 bar). V sezoni 2021 smo v vinogradu na izbranih vrstah poizkusa vrednotili oceno bolezni, količin ter kvalitete

pridelka (prototip pršilnika je deloval v konvencionalnem in avtomatiziranem načinu). Oceno bolezní smo vrednotili v mesecu juniju, juliju in septembru ter ugotovili, da ni bistvenih razlik med avtonomnim in konvencionalnim načinom delovanja. Do manjše razlike v oceni bolezní (siva plesen na grozdju) je prišlo v mesecu septembru kar gre pripisati dejstvu, da je bilo v mesecu septembru več padavin, kar je imelo za posledico izpiranja kapljic škropilne brozge iz listov ter grozdja vinske trte. Namreč, pri avtonomnem načinu delovanja se je generiralo manjše število kapljic škropilne brozge kot pri konvencionalnem načinu delovanja optimizacije procesa nanašanja škropilne brozge, kar je imelo za posledico manjše zaščite grozdja in listja vinske trte. Pri analizi količin in kvaliteti pridelka grozdja nismo opazili bistvenih razlik med konvencionalnim in avtonomnim načinom optimizacije procesa nanašanja škropilne brozge (preglednica 3).

4 SKLEPI

Alternativne tehnike za optimizacijo procesa nanašanja škropilne brozge delujejo na principu elektronskih merilnih sistemov za zaznavanje karakterističnih lastnosti krošenj vinskih trt in predstavljajo enega izmed najpomembnejših procesov pri izpolnjevanju naravovarstvenih, ekonomskih in varnostnih zahtev zdrave pridelave grozdja.

307

Ugotovili smo, da avtonomni modularni sistem bistveno vpliva (predvsem v zgodnejšem razvojnem stadiju vinske trte) na samo aplikacijo procesa krmiljenja količin odmerkov in neposredno vpliva na pulzno širinsko krmiljenje EMV, s čimer je omogočimo selektivnejše odmerjanje škropilne brozge na individualnih segmentih krošnje vinske trte.

Raziskovalna dela v preteklosti na področju alternativnih tehnik nanašanja škropilne brozge so pokazala, da z zaznavanjem karakterističnih lastnosti krošnje na osnovi različnih elektronskih merilnih sistemov in uporabo odločitvenih modelov za krmiljenje količin odmerkov brozge vedno ne moremo zagotoviti preciznega ciljnega nanašanja brozge na celotno strukturo gostote listne površine krošnje, in sicer zaradi šob, ki so fiksno nameščene na individualnih višinah škropilne garniture pršilnika. Zato bi bilo treba v bližnji prihodnosti večjo pozornost usmeriti v učinkovito alternativno tehniko nanašanja brozge, s katero bomo omogočili dinamično premikanje šob in odlaganje kapljic brozge na konstantni oddaljenosti od krošnje vinske trte.

5 ZAHVALA

Prispevek je bil pripravljen v okviru projekta **EIP "TPGUNT"** (Uvedba novih mehanskih in avtonomnih avtomatiziranih tehnologij za trajnostno pridelavo grozdja v vinogradih, št. odločbe: 33117-3002/2018/10), ki ga sofinancira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano "Agencija Republike Slovenije za kmetijske trge in razvoj podeželja", v zvezi z Uredbo o izvajanju ukrepa sodelovanje iz Programa razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2014-2020 ter Javnim razpisom za podukrep 16.2 Podpora za pilotne projekte ter za razvoj novih proizvodov, praks, procesov in tehnologij.

6 LITERATURA

- Berk, P., Hocevar, M., Stajniko, D., & Belsak, A. 2016. Development of alternative plant protection product application techniques in orchards, based on measurement sensing systems: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 124, 273-288 str.
- Cheraiïe, A., Naud, O., Carra, M., Codis, S., Lebeau, F., Taylor, J. 2020. An algorithm to automate the filtering and classifying of 2D LiDAR data for site-specific estimations of canopy height and width in vineyards. *Biosystems Engineering*, 200, 450-465 str.
- Gil, E., Escola, A., Rosell, J. R., Planas, S., Val, L. 2007. Variable rate application of plant protection products in vineyard using ultrasonic sensors. *Crop Protection*, 26(8), 1287-1297 str.
- Gil, E., Llorens, J., Llop, J., Fabregas, X., Escola, A., & Rosell-Polo, J. R. 2013. Variable rate sprayer. Part 2 e vineyard prototype: Design, implementation, and validation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 95, 136-150 str.
- Gil, E., Arno, J., Llorens, J., Sanz, R., Llop, J., Rosell-Polo, J., Gallart, M., & Escola, A. 2014. Advanced technologies for the improvement of spray application techniques in Spanish viticulture: An overview. *Sensors*, 14(1), 691-708 str.
- Llorens, J., Gil, E., Llop, J., & Escola, A. (2010). Variable rate dosing in precision viticulture: Use of electronic devices to improve application efficiency. *Crop Protection*, 29(3), 239-248 str.
- Llorens, J., Gil, E., Llop, J., Escola, A. 2011a. Ultrasonic and LiDAR sensors for electronic canopy characterization in vineyards: Advances to improve pesticide application methods. *Sensors*, 11(2), 2177-2194 str.
- Lorenz, D.H., Eichhorn, K.W., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U., Weber, E. 1995. Growth Stages of the Grapevine: Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*)—Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 1 (2), 100-103 str.
- Siegfried, W., Viret, O., Huber, B., Wohlhauser, R. 2007. Dosage of plant protection products adapted to leaf area index in viticulture. *Crop Protection*, 26(2), 73-82 str.
- Solanelles, F., Escola, A., Planas, S., Rosell, J. R., Camp, F., Gracia, F. 2006. An electronic control system for pesticide application proportional to the canopy width of tree crops. *Biosystems Engineering*, 95(4), 473-481 str.
- Vercruyssen, F., Steurbaut, W., Drieghe, S., Dejonckheere, W. 1999. Off target ground deposits from spraying a semi-dwarf orchard. *Crop Protection*, 18, 565-570 str.
- Walklate, P. J., Cross, J. V. 2013. Regulated dose adjustment of commercial orchard spraying products. *Crop Protection*, 54 str.