

AVTOMATIZIRAN PROCES NANAŠANJA ŠKROPILNE BROZGE PRI EKOLOŠKI PRIDELAVI GROZDJA V VINOGRADU

Peter BERK¹, Andrej PAUŠIČ², Mihaela ROŠKARIČ³, Mario LEŠNIK⁴, Peter
VINDIŠ⁵, Simona HAUPTMAN⁶, Marko BREZNIK⁷, Viktor JEJČIČ⁸, Tomaž
POJE⁹, Marko HOČEVAR¹⁰, Matej SEČNIK¹¹

¹⁻⁵ Univerza v Mariboru, Hoče

^{6,7} KGZS, Kmetijsko gozdarski zavod Maribor, Maribor

^{8,9} Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko in energetiko, Ljubljana

^{10,11} Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana

IZVLEČEK

V zadnjih desetletjih se nenehno razvijajo različne alternativne tehnike, ki omogočajo avtomatiziran proces nanašanja škropilne brozge fitofarmaceutskih sredstev (FFS) v vinogradih. V članku avtorji predstavljamo del raziskovalnega dela, opravljenega na terenu in katero se nanaša na področje senzorske merilne tehnike za digitalno vrednotenje karakterističnih lastnosti krošenj vinskih trt in kontrolirano odmerjanje škropilne brozge, da bi izboljšali proces nanašanja škropilne brozge in ga naredili bolj trajnostnega. Predlagane so nekatere nove metode ter opisan je razvoj avtomatiziranega prototipa pršilnika. Razvita tehnologija je zanimiva z vidika prilagajanja odmerkov škropilne brozge značilnostim zelene stene vinograda. V ekološkem vinogradu smo skozi sezono škropljenja v letu 2023 testirali avtomatiziran prototip pršilnika na katerega smo namestili avtomatiziran modularni sistem z omogočenim krmiljenjem odmerkov škropilne brozge, glede na velikost in gostoto zelene stene - listne površine. Testirali smo avtomatiziran prototip pršilnika, z omogočenim pulzno širinskim načinom krmiljenja izmeta škropilne brozge preko elektromagnetnih ventilov. Primerjali smo porabljeno količino škropilne brozge, izraženo v odstotkih med avtomatiziranim in konvencionalnim načinom delovanja pršilnika skozi individualne šobe na pršilniku. Ugotovili smo, da je znašal največji prihranek škropilne brozge 70,95 %, merjeno preko količine brozge sproščene skozi individualne šobe, v razvojnem stadiju vinske trte BBCH 57. Prihranki zaradi

213

¹ dr., univ. dipl. inž. elekt., Pivola 10, SI-2311 Hoče, e-pošta: peter.berk@um.si

² dr., prav tam

³ mag. kmet., prav tam

⁴ prof. dr., prav tam

⁵ doc. dr., univ. dipl. inž. kmet., prav tam

⁶ univ. dipl. inž. kmet., Vinarska ulica 14, SI-2000 Maribor

⁷ mag. kmet., prav tam

⁸ dr., Hacquetova ulica 17, SI-1000 Ljubljana

⁹ mag., prav tam

¹⁰ prof. dr., Aškerčeva cesta 6, SI-1000 Ljubljana

¹¹ prav tam

zmanjšane porabe FFS so za levo stran pršilne garniture znašali 131,40 EUR ha⁻¹ ter za desno stran 156,80 EUR ha⁻¹.

Ključne besede: vinograd, tehnike pršenja; precizno vinogradništvo, LIDAR, vinska trta

ABSTRACT

AUTOMATED PROCESS OF SPRAY APPLICATION IN THE VINEYARD WITH AN ORGANIC PRODUCTION SYSTEM

In recent decades, various alternative techniques have been continuously developed, which enable an automated process of applying plant protection products (PPP) spray in vineyards. In the article, the authors present a part of the research work carried out in the field and, which refers to the field of sensor measurement techniques for the digital evaluation of the properties of the vine canopies and the controlled dosing of the PPP spray in order to improve the process of applying the spray and make grape protection more sustainable. Some new methods are presented, and the development of an automated new sprayer prototype is described. The developed technology is interesting from the point of view of adjusting the doses of the spray to the characteristics of the grape green wall. In the organic vineyard, during the 2023 spraying season, we tested an automated sprayer prototype, on which we installed an automated modular system that enabled control of spray dosages depending on the size and density of the green wall - the leaf surface area. We tested a computerized sprayer prototype with enabled pulse-width control of the spray slurry via electromagnetic valves. We compared the amount of spray applied, expressed in percentages, between the automated and conventional modes of operation of the sprayer through analysis of outputs of individual nozzles on the sprayer. We found that the maximum saving of spray amounted to 70.95%, measured by the amount of spray released through individual nozzles, in the BBCH 57 development stage of the grapevine. The savings due to the reduced use of PPP for the left side of the sprayer nozzle set amounted to 131.40 EUR ha⁻¹, and for the right side 156.80 EUR ha⁻¹.

Key words: vineyard, spraying techniques, precision viticulture, LIDAR, grapevine

1 UVOD

Pri procesu nanašanja škropilne brozge (voda pomešana s fitofarmaceutskim sredstvom FFS), lahko pride do nepravilnosti pri empiričnem izračunu odmerka škropilne brozge ter s tem do tveganja pojava neučinkovitega nanašanja kapljic škropilne brozge na ciljno listno površino krošnje vinske trte. Potrebno je izpostaviti dejstvo, da za izračun odmerka škropilne brozge v različnih državah EU uporabljajo različne empirične modele (Gil s sod., 2019), pri čemer v veliki meri odmerki niso pravilno definirani. Posebej to velja za Republiko Slovenijo, kjer še vedno empirični model temelji na izračunu potrebne količine brozge na hektar površine tal in ne na dejansko listno površino – zeleno steno v vinogradu. V sodobnem času bi morali

odmerjati brozgo glede na velikost zelene listne stene na hektar površine tal vinograda. V preteklosti so za razrešitev te nedoslednosti, glede izračuna odmerkov brozge posamezni raziskovalci predlagali različne empirične modele, za izboljšanje ustreznosti metod izračunavanja odmerkov brozge ob procesu nanašanja škropilne brozge v trajnih nasadih (Koch s sod., 2001; Walklate s sod., 2003, 2006, 2011; Koch, 2007). Priporočilo glede izboljšanja metode izražanja količin odmerkov brozge temelji na podlagi upoštevanja dveh karakterističnih lastnosti krošenj dreves in vinske trte (velikost zelene stene - listne površine in velikost prostornine krošnje, Gil s sod., 2011, 2014; Walklate s sod., 2011; Escolà s sod., 2013). Pri tem je potrebno poudariti, da so prizadevanja glede vpeljevanja različnih modelov za izračun odmerkov, pripeljala do nestabilnih razmer, saj se v različnih državah EU pojavljajo velike razlike pri dejansko porabljenih odmerkih istih FFS pripravkov (Koch, 2007) v trajnih nasadih. V državah EU se razmere glede razpoložljivih informacij glede koncentracij brozge FFS sredstev, pakiranih npr. v vrečke ali plastenke, še posebej za tista FFS sredstva, ki se navezujejo na tridimenzionalne oblike krošnje, ostajajo odmerni kriteriji še vedno nejasni. Ob upoštevanju primera regulacije FFS sredstev za območje južne Evrope (vključno z Bolgarijo, Grčijo, Španijo, Francijo, Italijo, Ciprom, Malto in Portugalsko), so odmerki FFS v mnogih primerih še vedno izraženi v obliki koncentracije (%; odmerek FFS/hL) ali kot največji odmerek FFS sredstva na enoto površine tal (Garcerá s sod., 2017; Mironet, 2018). Potrebno bi bilo upoštevati dejstvo, da nebi smeli uporabljati enotnega odmerjanja količin FFS v vinogradih, in sicer brez upoštevanja velikih razlik v karakterističnih lastnostih krošenj vinskih trt. Namreč karakteristične lastnosti krošenj vinskih trt se zelo razlikujejo glede na sorto in vzgojno obliko vinske trte. Zraven problematike 'enote izražanja odmerkov FFS', ki izraža količino FFS, glede na tretirano površino, bi za doseganje ustreznega in optimalnega količinskega odmerka brozge, bilo potrebno posebej vzpostaviti in določiti empirični model, ki se navezuje na karakteristično lastnost drevesa/vinske trte (Koch, 2007). V vseh primerih bi morali za kvalitetni proces nanosa brozge v trajnih nasadih prilagoditi količine odmerkov brozge, karakterističnim lastnostim krošnje (Campos s sod., 2019), vendar se ob tem hkrati pojavijo težave, ki se nanašajo na izbiro najprimernejšega parametra krošnje, namreč nimajo vse sadne vrste enakih karakterističnih lastnosti. Zato je v nekaterih primerih trajnih nasadov, zelo težko opredeliti parametre karakterističnih lastnosti krošenj, ki jih naj upoštevamo kot podlago za odmerjanje. Poleg tega je lahko opredelitev karakterističnih lastnosti krošnje zelo preprosta, npr. meritev glavnih karakterističnih parametrov (višina in globina krošnje), do vse bolj sofisticiranih (npr. gostota listne površine, poroznost zelene stene, indeks listne površine). Upoštevati bi bilo potrebno tridimenzionalno naravno obliko rastline, kjer je mogoče količino FFS sredstva izraziti v kg ali L na m³ prostornine krošnje, oz. v kg ali L na ha zelene stene listne površine, ali v kg ali Lha⁻¹ na m višine drevesa, ali v kg ali L na 100 m dolžine vrst nasada (EPPO, 2012). Standard EPPO 1/239 za FFS sredstva omogoča empirično izražanje odmerkov FFS glede na trenutno površino zelene stene trajnega nasada t.i. LWA (Leaf Wall Area). Ta metoda izražanja količin odmerkov FFS je postala priporočena standardna metoda izražanja odmerkov FFS za tridimenzionalne oblike krošenj dreves. Metoda (LWA,

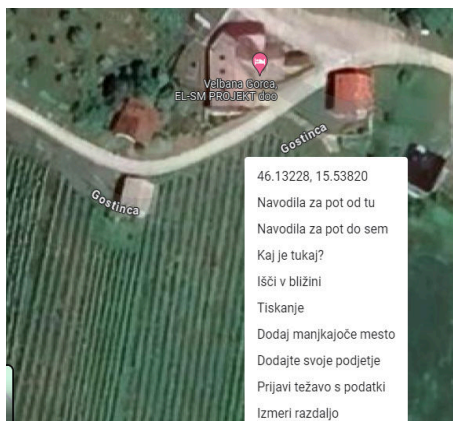
površina zelene stene nasada) se sedaj pri novih generacijah FFS že uporablja za pečkasto sadje, v vinogradih in visoko rastle zelenjavi (EPPO 2106, 2018).

Cilj našega raziskovalnega dela je bil preizkusiti avtomatizirano aplikacijsko tehniko za kontroliran proces nanašanja škropilne brozge v ekološkem vinogradu v lasti kmetijskega gospodarstva Miha Toplišek, Gostinca 18, 3261 Lesično. Z avtomatizirano aplikacijsko tehniko smo želeli zagotoviti optimalno odmerjanje količin odmerkov brozge, ki hkrati vpliva na zmanjšanje porabe FFS sredstev v ekološkem vinogradu. Dodatni cilj raziskovalnega dela je bil ugotoviti, ali razvita avtomatizirana aplikacijska tehnika, lahko pomaga zmanjšati tveganje onesnaženja okolja v vinogradu s povečanjem učinkovitosti zatiranja škodljivih organizmov.

2 MATERIALI IN METODE

V eksperimentalne namene smo uporabili vinograd kmetijskega gospodarstva Miha Toplišek, Gostinca 18, 3261 Lesično, Slovenija. Velikost površine vinograda za poizkus je znašala 500 m², lokacija poskusa je bila 46°07'55.2" N, 15°32'00.0" E, (slika 1a). V intenzivnem vinogradu so zasajene trte sorte "Rumeni muškat" cepljene na podlagi Kober 5BB star 17 let. Medvrstna razdalja med trtami znaša 230 cm in trte so v vrsti sajene na razdaljo 90 cm. Gojitevna oblika je bila enošparonska vzgoja (šparon z do deset očesi) s čepom (eno do dve očesi na čepu), pri čemer znaša višina stebela vinske trte 80 cm. V sezoni smo izvedli 5 aplikacij pripravkov in takrat smo opravili meritve porabe škropilne brozge.

216



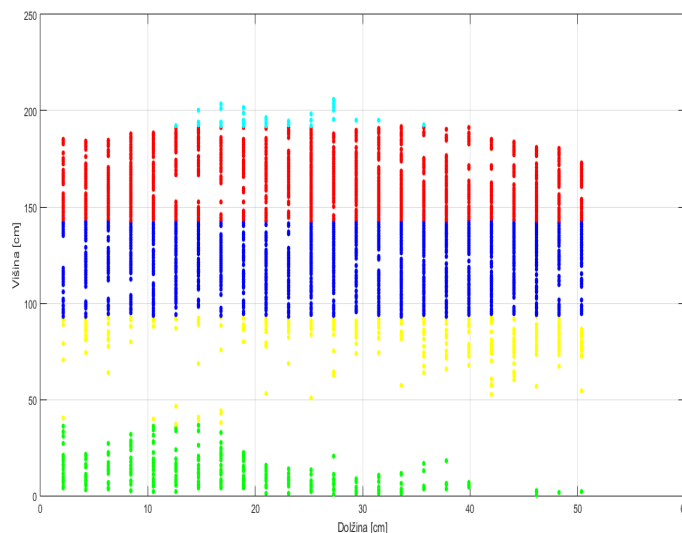
Slika 1a: Lokacija testiranja avtomatiziranega procesa nanašanja škropilne brozge.

Slika 1b: Avtomatiziran prototip pršilnika za kontrolirano nanašanje škropilne brozge v ekološkem vinogradu.

Modularni avtomatizirani sistem za krmiljenje odmerkov škropilne brozge smo namestili na konvencionalni tip pršilnika in ga preizkusili v realnih pogojih v vinogradu. Modularni sistem smo v vinogradu uporabili za krmiljenje optimalnih odmerkov škropilne brozge na štirih segmentih leve in desne polovice krošnje vinske trte, glede na velikost zelene stene, listne površine in v pulzno-širinskem načinu delovanja

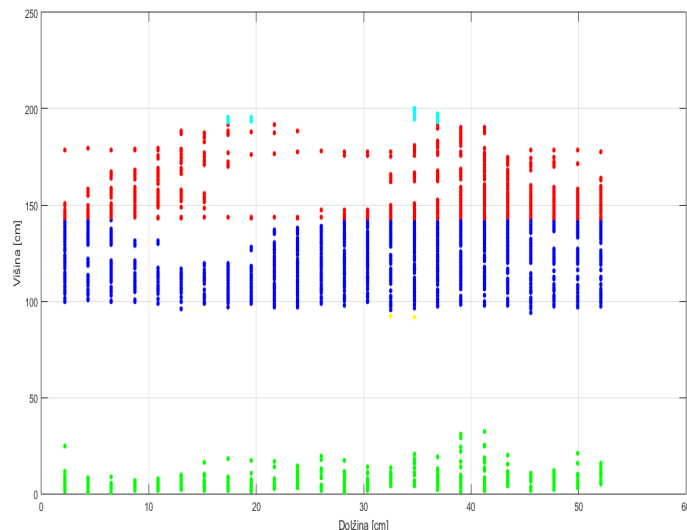
krmiljenja. Sistem za avtomatizirano krmiljenje količin odmerkov brozge smo namestili na konvencionalni aksialni tip pršilnika AGP 200 (Agromehanika, Kranj, SLOVENIJA), priključen na sadjarsko-vinogradniški traktor, pri čemer je povprečna hitrost gibanja pršilnika pri škropljenju znašala $3,5 \text{ kmh}^{-1}$. Na pršilniku smo uporabili naslednji tip šobe: Lechler, rumena TR, 80-02, pri tlaku 10 bar , s pretokom $1,45 \text{ Lmin}^{-1}$. Za avtomatizirano krmiljenje odmerkov brozge na štirih segmentih krošnje vinske trte smo uporabili krmilne elektromagnetne ventile (EMV), HYPEX FKM MQ (3/2 NC-ventil s 3 priključki na ohišju, nazivna moč tuljave 7 W). Namestili smo jih na prirejeno škropilno armaturo pršilnika; imajo vhodni in izhodni priključek v ohišju ter odzračevalni priključek na vrhu tulca magneta. Z LIDAR ("laser imaging, detection, and ranging") merilnim sistemom, ki je nameščen na posebej zato prirejeni konzoli pršilnika, smo digitalno opredelili velikost zelene stene/gostote listne površine, za različne razvojne stadije vinske trte. V poskusu v vinogradu 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 . Na konvencionalni pršilnik smo namestili avtomatiziran krmilnik, sestavljen iz mikrokrmilnika 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 merilnega sistema ter krmiljenje količin odmerkov brozge preko EMV, v pulzno-širinskem načinu delovanja. Na krmilniku smo za krmiljenje odmerkov brozge konfigurirali osem digitalnih izhodov in z njihovo pomočjo aktivirali močnostno elektronsko vezje za proženje EMV.

217



Slika 2: Digitalna rekonstrukcija vinske trte, leva stran zelene stene, s prikazanimi individualnimi segmenti – Segment 0 (označen z zeleno), Segment 1 (označen z rumeno), Segment 2 (označen z modro), Segment 3 (označen z rdečo) in Segment 4 (označen s turkizno).

V ekološkem vinogradu smo opravili pet rednih nanosov škropilne brozge in v realnem času preko LIDAR merilnega sistema digitalno vrednotili velikost zelene stene, listne površine, za levo in desno polovico krošnje vinske trte, preko digitalnega oblaka točk (slik1 2-3). Informacijo o ocenjenih parametrih zelene stene listne površine smo uporabili v algoritmu t.i. odločitvenem modelu, ki je nadziral avtomatiziran proces nanašanja škropilne brozge in omogočal krmiljenje odpiranje in zapiranje ventilov in s tem količin odmerkov brozge v območju od 0 % do 100 %. Za analizo količin odmerkov bozge, vode in FFS sredstev, skozi sezono petih rednih škropljenj smo v trajnem nasadu vinograda izbrali površino 500 m² ekološkega vinograda.



218

Slika 3: Digitalna rekonstrukcija vinske trte, desna stran zelene stene, s prikazanimi individualnimi segmenti – Segment 0 (označen z zeleno), Segment 1 (označen z rumeno), Segment 2 (označen z modro), Segment 3 (označen z rdečo) in Segment 4 (označen s turkizno).

V našem primeru v poskusu v vinogradu smo izvajali avtomatiziran proces nanašanja škropilne brozge, kjer je v preglednici 1 podan škropilni program, ki smo ga uporabili za zatiranje bolezni (peronospora in oidij vinske trte). V sezoni 2023 smo opravili pet rednih škropljenj, preko avtomatiziranega prototipa pršilnika na lokaciji vinograda (Miha Toplišek, Gostinca 18, 3261 Lesično). Primerjali smo porabljeno količino škropilne brozge izraženo v odstotkih med avtonomnim in konvencionalnim načinom delovanja pršilnika skozi individualne šobe na pršilniku ter naredili ekonomski izračun prihrankov zaradi zmanjšane porabe FFS sredstev, za levo in desno stran pršilne garniture avtomatiziranega prototipa pršilnika.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

V preglednici 1 je prikazan škropilni program, ki smo ga uporabili pri zatiranju bolezni (peronospora in oidij vinske trte) v vinogradu. Med dosežene ključne rezultate

štejemo testiranje avtomatiziranega prototipa pršilnika, kateri je omogočal krmiljenje količin odmerkov škropilne brozge v pulzno-širinskem načinu delovanja preko EMV. Pulzno-širinski način krmiljenja odmerkov brozge skozi individualne šobe pršilnika, je vplival na porabo količin odmerkov in kvaliteto nanašanja kapljic brozge.

Preglednica 1: Škropilni program, katerega smo uporabili pri zatiranju boleznih v vinogradu skozi sezono petih rednih škropljenj, leto 2023.

Lokacija ekološkega vinograda	Škropilni program	Datum škropljenja
Kmetjsko gospodarstvo Miha Toplišek	Fytosave 2 Lha ⁻¹ , Cuprovin 50 2 kg ha ⁻¹ , Azumo 7,5 kg ha ⁻¹ , AlgoVital Plus 4 Lha ⁻¹	26.5.2023
Kmetjsko gospodarstvo Miha Toplišek	Azumo 7,5 kg ha ⁻¹ , Cuprovin 50 2 kg ha ⁻¹ , AlgoVital Plus 4 Lha ⁻¹	30.05.2023
Kmetjsko gospodarstvo Miha Toplišek	Fytosave 2 Lha ⁻¹ , Cuprovin 50 2 kg ha ⁻¹ , Azumo 7,5 kg ha ⁻¹ , AlgoVital Plus 4 Lha ⁻¹	12.06.2023
Kmetjsko gospodarstvo Miha Toplišek	Fytosave 2 Lha ⁻¹ , CopStar 3 Lha ⁻¹ , Azumo 7,5 kg ha ⁻¹ , AlgoVital Plus 4 Lha ⁻¹	20.06.2023
Kmetjsko gospodarstvo Miha Toplišek	Fytosave 2 Lha ⁻¹ , CopStar 3 Lha ⁻¹ , Azumo 7,5 kg ha ⁻¹ , Prev-Gold 6,4 Lha ⁻¹ , naravni piretrin (Asset Five) 0,96 Lha ⁻¹	11.07.2023

V poskusu smo tako pri avtomatiziranem procesu nanašanja brozge, kot pri nanosu brez avtomatiziranega krmiljenja, upoštevali količino vode in FFS sredstva po sistemu odmerjanja glede na hektar površine tal, kar je značilno za klasični hektarski odmerek brozge ob konvencionalnem načinu delovanja pršilnika. Z računalniško opremo pršilnika smo omogočili sprotno digitalno beleženje prihrankov odmerkov brozge za levo in desno stran krošnje vinske trte, ob avtomatiziranem načinu delovanja prototipa pršilnika.

219

Preglednica 2: Primerjalna analiza med avtomatiziranim in konvencionalnim načinom delovanja pršilnika glede porabe brozge, leto 2023.

		Prihranek škropiva [%]													
		Pulzno-širinsko krmiljenje brozge skozi šobo EMV, avtomatizirano nanašanje													
		Leva polovica škropilne garniture				Desna polovica škropilne garniture									
Meritev	Datum	Šoba 1 (sp.)	Šoba 2	Šoba 3	Šoba 4 (zg.)	Šoba 1 (sp.)	Šoba 2	Šoba 3	Šoba 4 (zg.)	Povpr. prihr., leva stran	Povpr. prihr., desna stran	Prihranek (L/ha), L	Prihranek (L/ha), D	Poraba KON, (L/ha)	
1	26.05.2023	37,11%	40,91%	ni aktivna	ni aktivna	27,58%	41,95%	ni aktivna	ni aktivna	39,01%	34,77%	84,320115	75,1445475	216,15	
2	30.05.2023	ni aktivna	34,95%	64,79%	ni aktivna	ni aktivna	38,96%	70,95%	ni aktivna	49,87%	54,96%	107,794005	118,7852325	216,15	
3	12.06.2023	ni aktivna	8,99%	7,05%	ni aktivna	ni aktivna	16,27%	34,09%	ni aktivna	7,99%	25,18%	17,220385	54,42657	216,15	
4	20.06.2023	ni aktivna	19,39%	22,62%	42,52%	ni aktivna	14,11%	21,51%	50,95%	28,18%	28,86%	91,35498867	93,55908467	324,22	
5	11.07.2023	25,98%	12,70%	12,78%	34,75%	29,60%	21,78%	17,88%	40,38%	21,53%	27,41%	93,0849975	118,471815	432,3	
												393,8238912	460,3872497	1404,97	
												28,03%	32,77%		

V preglednici 2 so prikazani rezultati glede porabe škropilne brozge (skrajno desno poraba KON) in glede prihrankov pri porabi škropilne brozde (leva obarvana stran) zaradi pulznega krmiljenja izmeta šob pri avtomatiziranem načinu delovanja pršilnika. Za pravilno optimizacijo delovanja procesa nanašanja brozge smo uporabili različno število šob, ki smo jih umerili (zagotovili enakomerno prekrivanje šobnih curkov) glede na višino zelene stene vinske trte. Naredili smo temeljito analizo učinkovitosti delovanja avtomatiziranega prototipa pršilnika. V preglednici 2 je prikazana primerjalna analiza porabe škropilne brozge med konvencionalnim in avtonomnim načinom delovanja prototipa pršilnika. V preglednici 3 je prikazana analiza prihrankov na stroških FFS za levo in desno stran pršilne garniture v EUR. V preglednici 3 so podane analize prihranka na stroških FFS v EUR, za levo in desno stran pršilne garniture avtomatiziranega prototipa pršilnika. Prihranke na stroških FFS v EUR smo izračunali posebej za vsako tretiranje, in sicer za levo in desno polovico škropilne garniture pršilnika. Število aktivnih šob avtomatiziranega prototipa pršilnika smo nastavili posebej za vsako tretiranje.

Preglednica 3: Analiza prihrankov na stroških FFS, za levo in desno polovico škropilne garniture avtomatiziranega prototipa pršilnika.

Datum tretiranja	FFS	Pakiranje FFS	Cena FFS [EUR]	Odmerek FFS	Cena FFS [EUR/ha]	Prihranek leva stran [EUR]	Prihranek desna stran [EUR]
26.05.2023	Fytosave	1 L	20,18	2 L/ha	40,36	7,87	7,01
	Cuprovin 50	1 kg	9,8	2 kg/ha	19,6	3,82	3,40
	Azumo	1 kg	3,73	7,5 kg/ha	27,9	5,44	4,85
	AlgoVital Plus	1 L	15,9	4,0 L/ha	63,6	12,40	11,05
30.05.2023	Azumo	1 kg	3,73	7,5 kg/ha	27,9	6,95	7,66
	Cuprovin 50	1 kg	9,8	2 kg/ha	19,6	4,88	5,38
	AlgoVital Plus	1 L	15,9	4 L/ha	63,6	15,85	17,47
12.06.2023	Fytosave	1 L	20,18	2 L/ha	40,36	1,61	5,08
	Cuprovin 50	1 kg	9,8	2 kg/ha	19,6	0,783	2,46
	Azumo	1 kg	3,73	7,5 kg/ha	27,9	1,11	3,51
	AlgoVital Plus	1 L	15,9	4 L/ha	63,6	2,54	8,0
20.06.2023	Fytosave	1 L	20,18	2 L/ha	40,36	5,68	5,82
	CopStar	5 L	54,09	3 L/ha	32,45	4,57	4,68
	Azumo	1 kg	3,73	7,5 kg/ha	27,9	3,93	4,02
	AlgoVital Plus	1 L	15,9	4 L/ha	63,6	8,96	9,17
11.07.2023	Fytosave	1 L	20,18	2 L/ha	40,36	4,34	5,53
	CopStar	5 L	54,09	3 L/ha	32,45	3,49	4,44
	Azumo	1 kg	3,73	7,5 kg/ha	27,9	3,00	3,8
	Prev-Gold	1 L	31,87	6,4 L/ha	203,9	21,94	27,94
	naravni piretrin (Asset Five)	0,75 L	88,70	0,96 L/ha	113,5	12,21	15,5

V sezoni petih nanosov škropilne brozge smo aktivirali različno število šob na levi in desni polovici škropilne garniture avtomatiziranega prototipa pršilnika. Za tri tretiranja smo uporabili po štiri šobe in sicer po dve šobi na levi in desni strani avtomatiziranega prototipa pršilnika. Pri četrtem tretiranju je bilo aktivnih šest šob, po

tri na levi in desni polovici škropilne garniture, ter pri petem tretiranju je bilo aktivnih osem šob, po štiri na levi in desni polovici škropilne garniture (glej barvne oznake v preglednici 2). Potek avtomatiziranega procesa nanašanja brozge je nadzoroval operater (vinogradnik). Operater se je sam odločil koliko šob bo aktiviranih po posameznem procesu nanašanja brozge. Skupni prihranek brozge za pet zaporednih nanosov brozge, ob avtomatiziranem načinu delovanja pršilnika je znašal $393,82 \text{ Lha}^{-1}$, za levo stran škropilne garniture in $460,39 \text{ Lha}^{-1}$, za desno stran škropilne garniture. Skupni prihranek na stroških FFS, je za levo stran pršilne garniture znašal $131,40 \text{ EURha}^{-1}$ ter za desno stran $156,80 \text{ EURha}^{-1}$. Največji prihranek škropilne brozge je znašal 70,95 %, merjen preko količine izmeta brozge sproščenega skozi individualno šobo (drugo tretiranje, desna polovica škropilne garniture), ob razvojnem stadiju vinske trte BBCH 57. Dosežen rezultat, obseg zmanjšanja porabe brozge je primerljiv z rezultati, ki so jih dosegli raziskovalci Lorenz s sod., (1994). Hkrati moramo poudariti tudi to, da nismo uspeli opraviti vseh tretiranj v ekološkem vinogradu zaradi toče, ki je uničila zeleno steno in grozdje vinske trte v obsegu 100 %. Po toči izvajanje meritev ni bilo več možno.

4 SKLEPI

Pri procesu nanašanja škropilne brozge s konvencionalnim tipi pršilnikov s podporo zraka, vinogradniki še vedno nenatančno nanašajo škropilno brozgo na zeleno steno vinograda. Razlog je v tem, da pri konvencionalnem procesu nanašanja škropilne brozge vinogradniki še vedno uporabljajo klasični empirični model za izračun porabe škropilne brozge, ki upošteva le velikost površine tal vinograda in ne parametrov zelene stene, listne površine in količine zelene stene na hektar površine vinograda. Za precizen izračun porabe škropilne brozge, bi vinogradniki morali upoštevati velikost zelene stene, listne površine vinske trte, saj nanašajo škropilno brozgo na zeleno steno, katera je občutljiva na bolezen in ne na površje tal. Sodobni način pridelave grozdja z izvedbo ukrepov varstva rastlin z nanosom škropilne brozge z avtomatiziranimi prototipi pršilnikov v vinogradništvu bo tako edina alternativa v prihodnosti, kjer bomo lahko učinkovito naslavljali okoljevarstvene vidike (strateški načrt skupne kmetijske politike 2023 – 2027). Zagotoviti bomo morali nanos manjše količine nevarnih FFS ob dejstvu, da bomo morali ohraniti enako kakovost zaščite grozdja v vinogradu. V letu 2024 bomo partnerji v enoletnem pilotnem projektu EIP obstoječi prototip pršilnika internetno povezali s strežnikom in na ta način omogočili vinogradniku monitoring dejanske porabe škropilne brozge v vinogradu v realnem času, s čimer bo vinogradniku omogočena popolna optimizacija delovnega procesa nanašanja škropilne brozge v vinogradu.

5 ZAHVALA

Prispevek je bil pripravljen v okviru pilotnega projekta EIP (Prilagajanje vinogradništva na podnebne spremembe s principi visokostorilnega trajnostnega upravljanja vinogradov s pametnimi tehnologijami, št. odločbe: 33117-17/2023/6), ki ga je sofinanciralo 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 6. Javnim razpisom za podukrep 16.2 Podpora za pilotne projekte ter za razvoj novih proizvodov, praks, procesov in tehnologij.

6 LITERATURA

- Campos, J., Llop, J., Gallart, M., García-Ruíz, F., Gras, A., Salcedo, R., Gil, E., 2019. Development of canopy vigour maps using UAV for site-specific management during vineyard spraying process. *Precision Agric.* <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09643-z>.
- EPPO, 2012. Dose expression for plant protection products. *Bull. OEPP/EPPO Bull.* 42 (3), 409–415. <https://doi.org/10.1111/epp.12000>.
- EPPO, 2016. Conclusions and recommendations. Workshop on harmonized dose expression for the zonal evaluation of plant protection products in high growing crops. Vienne, 18–20 October 2016. Available online: https://www.eppo.int/media/uploaded_images/MEETINGS/Conferences_2016/dose_expression/Conclusions_and_recommendations.pdf (dostopno: 29 November 2018).
- EPPO, 2018. Standard measurement procedure in high growing crop trials. Available online: https://www.eppo.int/media/uploaded_images/ACTIVITIES/plant_protect_products/Dose_exp_measure_procedure.pdf (dostopno: 29 November 2018).
- Escolà, A., Rosell-Polo, J.R., Planas, S., Gil, E., Pomar, J., Camp, F., Llorens, J., Solanelles, F., 2013. Variable rate sprayer. Part 1 – Orchard prototype: design, implementation and validation. *Comput. Electron. Agric.* 95, 122–135 str..
- Garcerá, C., Fonte, A., Moltó, E., Chueca, P., 2017. Sustainable use of pesticide applications in citrus: a support tool for volume rate adjustment. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 14 (7). <https://doi.org/10.3390/ijerph14070715>.
- Gil, E., Llorens, J., Landers, A., Llop, J., Giralt, L., 2011. Field validation of DOSAVIÑA, a decision support system to determine the optimal volume rate for pesticide application in vineyards. *Eur. J. Agron.* 35 (1), 33–46. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.03.005>.
- Koch, H., Weisser, P., Knewitz, H., 2001. Sprayer adjustment in orchards - from dose to deposit. In: VI Workshop on Spray Application Techniques in Fruit Growing, Leuven, Belgium, 28 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.
- Mironet, V. 2016. Compilation Questionnaires "Dose expression" Southern zone: France, Spain, Portugal, Greece, Italy and Croatia. Available online: http://archives.eppo.int/MEETINGS/2016_conferences/dose_expression/06_Mironet.pdf (dostopno: 29 November 2018).
- Koch, H., 2007. How to achieve conformity with the dose expression and sprayer function in high crops. *Bayer Crop Sci. J.* 60, 71–84 str.
- Walklate, P.J., Cross, J.V., Pergher, G., 2011. Support system for efficient dosage of orchard and vineyard spraying products. *Comput. Electron. Agric.* 75 (2), 355–362 str.
- Walklate, P.J., Cross, J.V., Richardson, B., Baker, D.E., Murray, R.A., 2003. A generic method of pesticide dose expression: Application to broadcast spraying of apple trees. *Ann. Appl. Biol.* 143 (1), 11–23 str.
- Walklate, P.J., Cross, J.V., Richardson, G.M., Baker, D.E., 2006. Optimising the adjustment of label recommended dose rate for orchard spraying. *Crop Prot.* 25 (10), 1080–1086 str.