

Optimizacija potrebne snage za pogon orošivača s radijalnim ventilatorom

Sažetak

Mjerenjem zakretnog momenta i broja okretaja na priključnom vratilu traktora, kod pogona dvije izvedbe orošivača s radijalnim ventilatorom, izračunata je potrebna snaga za sam pogon stroja kod različitih stupnjeva prijenosa pogona ventilatora. Kod starije je generacije orošivača (A) utvrđeno da je u drugoj brzini vrtnje ventilatora potrebno 68 kW zagonske snage na priključnom vratilu traktora, dok je kod normalnog rada potrebna snaga od 54,9 kW. Potrebna se snaga može smanjiti primjenom nižeg stupnja prijenosa – 1 brzine na 31,4 kW ili primjenom orošivača (B) koji ima noviju generaciju radijalnog ventilatora. Kod tog orošivača, u prvoj brzini ventilatora prosječna potrebna snaga iznosi 24,5 kW, a u drugoj brzini ventilatora 31,8 kW. Korisnik može, izborom optimalnog režima rada ili primjenom novije generacije orošivača, smanjiti potrebnu snagu te time i utrošak energije. Istaknuto doprinosi značajnim ekonomskim uštedama u trajnim nasadima u smislu utroška energije te pozitivno djeluje na okolinu zbog manje emisije ugljičnog dioksida (CO₂).

Cljučne riječi: trajni nasadi, orošivač, radijalni ventilator, snaga za pogon

Uvod

Kod strojeva za zaštitu bilja u trajnim nasadima donedavno je bilo najvažnije da se aplikacija pesticida izvrši pravovremeno, kvalitetno i učinkovito. Danas proizvođači orošivača nastoje optimizirati svoje strojeve s gledišta drugih parametara kao što su manji utrošak vode kod aplikacije pesticida, kraće vrijeme za pripremu škropiva, pravovremeno obavljanje aplikacije pesticida, manje opterećenje korisnika (traktorista), smanjenje gubitak pesticida (manji drift) i manje opterećenje tla pesticidima. Kod aplikacije pesticida je važno smanjiti i utrošak goriva traktora te opterećenje okoline s CO₂ kao i intenzitet buke.

Sito i sur. (2013) ukazuju na velike poteškoće prilikom aplikacije u trajnim nasadima. Analizirani su najvažniji čimbenici rada orošivača tijekom aplikacije pesticida u trajnim nasadima, kako bi se postigla željena kvaliteta rada, minimalni gubici i onečišćenje okoline. Podešenost orošivača, izvedba i ispravnost mlaznica, količina i smjer zraka ventilatora, veličina kapljica škropiva, prisutnost vjetera i temperatura okolnog zraka, kao i znanje, iskustvo i pravilno rukovanje, mogu ostvariti željeni efektivni učinak i pravovremenu aplikaciju pesticida u trajnim nasadima.

Često se događa da traktor i orošivač nisu međusobno usklađeni pa troše velike količine škropiva, a tretiranje se obavi nekvalitetno i nepravovremeno. Trend je da se podižu veće plantaže voćnjaka i vinograda pri čemu se koristi zastarjela mehanizacija. Navedeno dovodi do velike potrošnje energije, malih radnih učinaka strojeva i konačno do nekonkurentne proizvodnje voća i grožđa.

Utrošak goriva, kod aplikacije pesticida, ovisi o brojnim parametrima i izvedbi orošivača. Kod orošivača na potrebnu snagu za pogon utječe i izvedba ventilatora. Strojevi za zaštitu

1 mr. sc. Tomaž Poje, dr. sc. Viktor Ježič, Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, SI – 1000 Ljubljana, tomaz.poje@kis.si
2 prof. dr. sc. Stjepan Sito, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede

bilja upotrebljavaju aksijalne, radijalne i tangencijalne ventilatore. Kapacitet zraka ventilatora (m^3/h) dobrim dijelom ovisi o brzini vrtnje ventilatora, o broju lopatica, promjeru ventilatora i kutu lopatica s obzirom na poprečnu ravninu ventilatora. Količina zraka, koju stvara ventilator, najviše ovisi o brzini vrtnje ventilatora. Povećanjem se brzine vrtnje ventilatora linearno povećava i količina transportiranog zraka.

Ventilator se na strojevima za zaštitu bilja upotrebljava za transport zraka čime se omogućuje; transport tekućine u najudaljenije dijelove krošnje, povećan je unos kapljica među biljke, bolja aplikacija škropiva te aplikacija na teže dostupnim mjestima biljke (npr. donja strana listova).

Tadić i sur. (2013) utvrđuju vertikalnu raspodjelu brzine zraka pri radu orošivača s aksijalnim i radijalnim ventilatorima. Ustanovili su da bolje rezultate vertikalne raspodjele brzine zraka ostvaruje orošivač s radijalnim ventilatorom. Poje (2000) na orošivaču s promjenjivim napadnim kutom lopatica ventilatora utvrđuje utjecaj napadnog kuta lopatica na angažiranu snagu za pogon orošivača. Analizom je zakretnog momenta na priključnom vratilu traktora, kod pogona orošivača Agromehanika AGP 1000 EN, s promjenljivim napadnim kutom lopatica ventilatora te analizom utrošene snage za pogon orošivača ustanovio da je kod orošivača ventilator veliki potrošač energije. Napadni kut lopatica ventilatora utječe na veličinu zakretnog momenta potrebnog za pogon orošivača. Potrebna snaga za pogon orošivača raste linearno s povećanjem napadnog kuta lopaticice ventilatora. Kod ispitivanog orošivača, potrebna snaga za pogon raste linearno u zavisnosti od kuta lopaticice. Bäcker i Struck (2002) proučavaju ventilatore nove generacije ugrađene na orošivače. Pored drugih parametara mjerili su potrebnu snagu za pogon i vuču orošivača, kako na ravničarskom tlu tako i na nagibu od 30%. Leskošek i Poje (2008) mjere potrebnu pogonsku snagu kod orošivača koji se primjenjuju u hmeljarstvu. Zbog ugrađenog jačeg ventilatora u orošivaču potrebna je i velika pogonska snaga. Uspoređivane su tri izvedbe orošivača. Kod jednog je proizvođača potrebna toliko velika pogonska snaga za pogon ventilatora da se može dovesti u pitanje racionalna i pouzdana upotreba voćarskih traktora.

Verband Steirischer Erwerbsobstbauern (Austrija), Marktgemeinschaft Bodenseeobst (Njemačka) i Südtiroler Beratungsring (Italija) su formirali, u okviru „Kooperation der Region“, ispitivanje različitih izvedbi orošivača (Portal für die Sprüngerätekontrolle, 2015). Istraživanje je obuhvatilo provjeru raspodjele škropiva kod pojedinih tipova mlaznica, mjerenje potrebne snage za pogon orošivača i raspodjelu zraka, intenzitet buke u radu itd. Cilj je toga istraživanja bio pomoći proizvođačima u svrhu optimizacije rada orošivača, a u smislu utroška energije snage i smanjenje količine škropiva. Poslije ispitivanja proizvođač dobiva izvještaj o izvedenim mjerenjima. Protokoli mjerenja izvedenih u 2014/2015 godini dostupni su na internetu. Za sada je sedam proizvođača orošivača uključeno u dobrovoljna mjerenja, među njima je i slovenski proizvođač Zupan. Kao što je navedeno, provode se i mjerenja potrebne snage kod različitog režima rada ventilatora. Utvrđuje se utrošak energije i izračuna emisije CO_2 te specifična potrošnja energije. Emisije CO_2 značajne su kod izračunavanja ugljičnog dioksida koji postaje sve značajniji i za poljoprivredu. Prilikom nabave novih orošivača, kupac može uzeti u obzir i emisiju ugljičnog dioksida koja nastaje tijekom rada orošivača, odnosno njegov utrošak energije. Upotrebom orošivača nove generacije moguće je značajno smanjiti emisiju ugljičnog dioksida u trajnim nasadima (voćnjaci, vinogradi, maslinici, hmeljarnici itd.).

Udio orošivača s radijalnim ventilatorom u Njemačkoj iznosi 13% u donosu na sve orošivače za višegodišnje nasade. U Sloveniji udio radijalnih ventilatora kod orošivača nije točno poznat, ali se u zadnje vrijeme, prema osobnoj procjeni, taj udio polako povećava. Prema tome, cilj je ovoga rada ustanoviti potrebnu snagu za pogon orošivača s dvije generacije radijalnog ventilatora.

Materijal i metode

U istraživanju potrebne snage za pogon orošivača korištene su dvije izvedbe orošivača proizvođača Unigreen. Orošivač A je predstavnik starije generacije orošivača, dok je orošivač B nova izvedba proizvedena 2013. godine. Obje izvedbe orošivača imaju ugrađen radijalni ventilator. Tehnički podaci su za obje izvedbe orošivača s radijalnim ventilatorom prikazani u Tablici 1.

Tablica 1. Tehničke karakteristike proizvođača Unigreen za radijalne ventilatore ugrađene u orošivače izvedbe A i B

	Orošivač A	Orošivač B
Model ventilatora:	APC	XPV TT 500
Promjer (mm)	455	500
Broj brzina	2	2
Prijenosni omjer kod 1. Brzine	1:3,6	1:6,7
Prijenosni omjer kod 2. Brzine	1:4,6	1:7,4
Protok (m ³ /h)	26 000	20 000
Brzina zraka (m/s)	80	80

Na Slici 1 i 2 su prikazane izvedbe orošivača s radijalnim ventilatorima. Dinamometar (Lorenz Messtechnik DR 2472 5000 Nm), postavljen na priključnom vratilu traktora, koristio se za mjerenje momenta i broja okretaja, prikazan je na Slici 3. Digitalno mjerno pojačalo Quantum Hottinger Baldwin Messtechnik s računalom i programom CATMAN za mjerenje mehaničkih i drugih veličina prikazan je na Slici 4.



Slika 1. Radijalni ventilator kod orošivača A



Slika 2. Orošivač B s radijalnim ventilatorom

U pogledu eksploatacijskih karakteristika istražena je potrebna snaga za pogon orošivača preko priključnog vratila traktora kod različitog prijenosnog omjera. Za pogon orošivača upotrijebili smo traktor Fendt 714 Vario nazivne snage motora 111 kW. Mjerni lanac je bio sastavljena od tri dijela: senzora, digitalnog mjernog pojačala i PC računala za prijem i obradu mjernog signala. Okretni moment i broj okretaja priključnog vratila su izmjereni pomoću dinamometra za mjerenje momenta i prigradenog senzora za brzinu vrtnje (Lorenz Messtechnik DR 2472 5000 Nm). Korišteno je digitalno pojačalo Quantum Hottinger Baldwin Messtechnik. Frekvencija uzimanja podataka je iznosila 10 Hz, a dužina pojedinog mjerenja

je ovisila o vremenskom tijeku rada s orošivačem. Iz izmjerenog momenta i broja okretaja na priključnom vratilu izračunata je potrebna snaga za pogon orošivača preko priključnog vratila. Za obradu podataka su korištene odgovarajuće statističke analize (deskriptivna statistika).

Snaga za pogon:

$$P_p = M\omega \quad (1)$$

$$P_p = M\pi \frac{n}{30} \quad (2)$$

Značenje oznaka:

P_p - potrebna snaga za pogon orošivača

W

M - moment na priključnom vratilu

Nm

ω - kutna brzina

rad

n - broj okretaja priključnog vratila

min⁻¹



Slika 3. Dinamometar (Lorenz Messtechnik DR 2472 5000 Nm) za mjerenje momenta i broja okretaja.



Slika 4. Digitalno mjerno pojačalo (Quantum Hottinger Baldwin Messtechnik)

Rezultati i rasprava

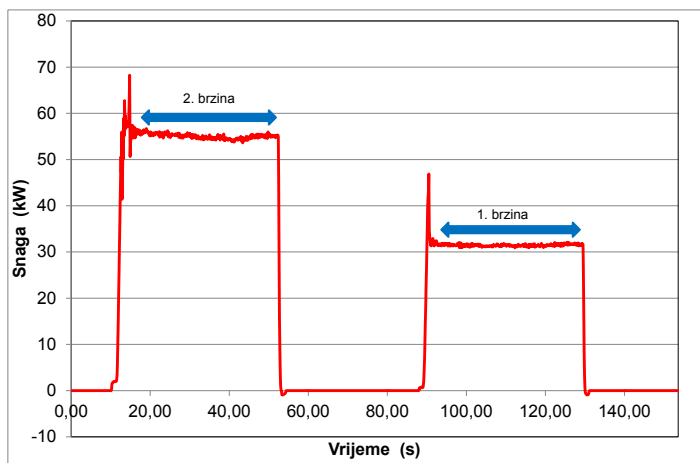
Kod orošivača, ventilator je velik potrošač snage (energije). Za zagon orošivača, odnosno njegov ventilator, potrebna je tzv. zagonska snaga koja je nešto veća od potrebne snage za normalan rad orošivača. Traktor mora imati dovoljno snažan motor kako ga potrebna snaga za zagon razpršivača ne bi zagušila. U Tablici 2 je navedena potrebna zagonska snaga i moment na priključnom vratilu traktora kod zagona orošivača A i B.

Tablica 2. Zagonska snaga i moment kod prve i druge brzine ventilatora na orošivačima A i B

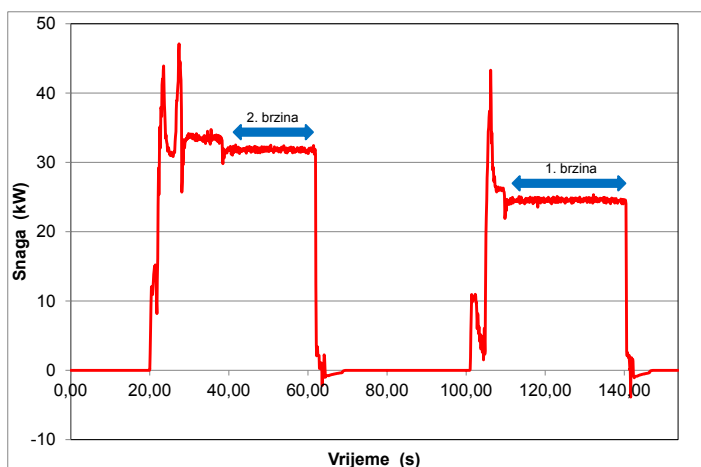
		Moment (Nm)	Snaga (kW)
Orošivač A	1. brzina	813	46,8
	2. brzina	1142	68
Orošivač B	1. brzina	819	43,3
	2. brzina	789	47,1

U Tablici 2 je uočljivo da je potrebna zagonska snaga veća u 2 stupnju prijenosa ventilatora. Kod orošivača A veća je za čak 45,3%, a kod orošivača B za 8,8%.

Na Slikama 5 i 6 je prikazana potrebna snaga za pogon orošivača A i B kod različite brzine vrtnje ventilatora. Plavom strelicom je označeno područje normalnog rada orošivača koje je uzeto prilikom statističke analize. U oscilogramu je jasno prikazana i potrebna zagonska snaga. Prosječna potrebna snaga za pogon orošivača A u prvoj brzini ventilatora, kod normalnog rada, iznosi 31,4 kW, a u drugoj brzini ventilatora 54,9 kW. Kod orošivača B, u prvoj brzini ventilatora, prosječna potrebna snaga iznosi 24,5 kW, a u drugoj brzini ventilatora 31,8 kW. Analizom orošivača A je vidljivo da je u drugoj brzini ventilatora potrebno 74,8% više snage, dok je kod orošivača B potrebna snaga za pogon ventilatora u drugoj brzini povećana za samo 29,8%, u usporedbi sa snagom potrebnoj u prvoj brzini. Iz rezultata je vidljivo da starija generacija ventilatora kod orošivača A treba više pogonske snage u usporedbi s ventilatorom novije generacije ugrađenim u orošivaču B.

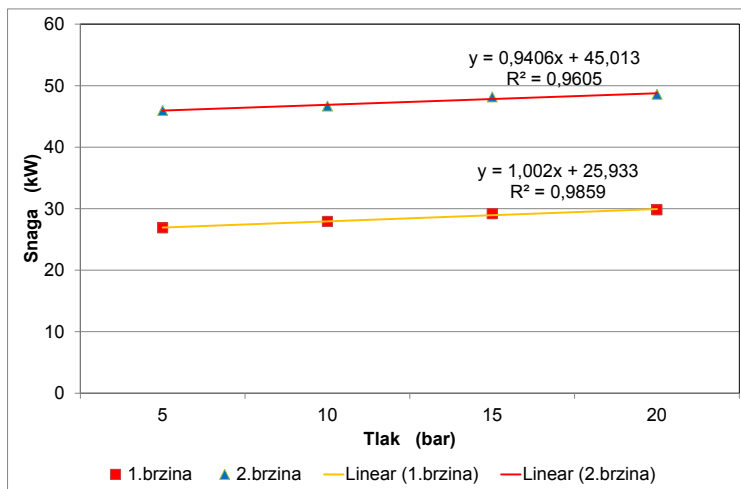


Slika 5. Potrebna snaga na priključnom vratilu traktora na orošivaču A.

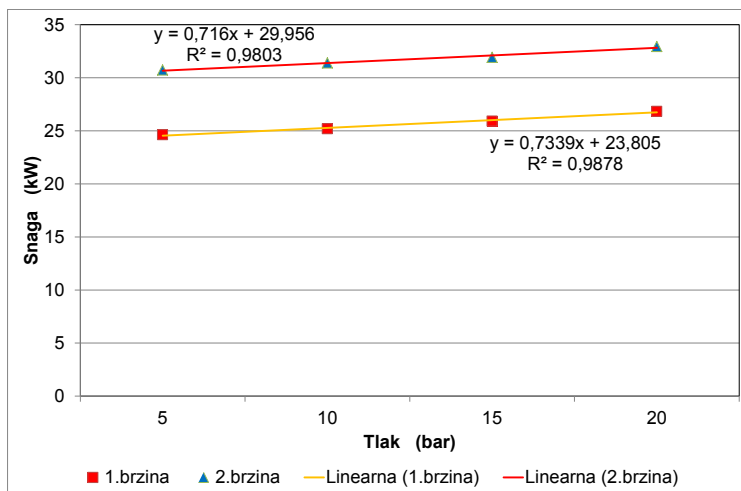


Slika 6. Potrebna snaga na priključnom vratilu traktora za pogon orošivača B.

Obavljena su i mjerenja potrebne snage za pogon orošivača kod različitog tlaka crpke. Tlak se tijekom mjerenja podešavao u rasponu od 5 do 20 bara s razmakom od 5 bara. Mjerenje je bilo izvedeno kako s manjom tako i s većom brzinom prijenosa multiplikatora. Iz pojedinih je mjerenja utvrđena prosječna snaga za pojedini tlak i brzinu vrtnje ventilatora. Iz navedenih je vrijednosti izračunata linearna regresija za obje brzine vrtnje multiplikatora. Linearne regresije imaju vrlo visoki R^2 , čija je vrijednost iznad 0,96. Iz Slika 7 i 8 je uočljivo kako s povećanjem tlaka polako raste i potrebna snaga za pogon orošivača.



Slika 7. Potrebna snaga - orošivač A kod različite brzine vrtnje ventilatora i različitog tlaka tekućine



Slika 8. Potrebna snaga - orošivač B kod različite brzine vrtnje ventilatora i različitog tlaka tekućine

Zaključak

Terenskim mjerenjem i obradom rezultata istraživanja može se zaključiti sljedeće:

Orošivači s ugrađenim radijalnim ventilatorima su veliki potrošači pogonske snage. Istaknuto može biti problem kod starijih traktora za višegodišnje nasade jer je kod njih snaga motora relativno mala. Kod novih traktora, koji se koriste u trajnim nasadima, ima dovoljno raspoložive snage za pogon orošivača jer su ugrađeni motori prosječne snage u rasponu 70-80 kW.

Primjenom starije izvedbe orošivača A prosječna potrebna snaga za pogon stroja u prvoj (nižoj) brzini ventilatora iznosi 31,4 kW, a u drugoj brzini 54,9 kW. Izmjerena je i visoka zagonska snaga kod početka rada ventilatora. Kod orošivača B, s novom generacijom radijalnog ventilatora, potrebna snaga je, kako u prvoj tako i u drugoj brzini vrtnje ventilatora, puno manja.

Na osnovi prikazanih rezultata istraživanja o potrebnoj snazi za pogon orošivača korisnik može već kod nabave (kupnje) dobiti informaciju o tome koliku snagu mora imati traktor, odnosno motor za pogon orošivača te koliki će biti utrošak energije prilikom aplikacije pesticida.

Primjenom orošivača u trajnim nasadima, neovisno o izvedbi, potrebna se snaga i utrošak energije može značajno smanjiti odabirom nižeg stupnja prijenosa kod pogona ventilatora. U praksi se događa da korisnici (traktorist) prilikom aplikacije pesticida upotrebljavaju viši stupanj prijenosa, iako to često nije opravdano s obzirom na stanje višegodišnjeg nasada. Na taj se način nepotrebno troši više energije, stvaraju veće emisije ugljičnog dioksida i veći ugljični otisak na tonu proizvoda (voće, grožđe, hmelj).

Literatura

Bäcker, G., Struck W. (2002). Spühgebläse der neuen Generation. ATW Bericht 122, Kuratorium für Technik und Bauwesen, Darmstadt, Njemačka, 38 st

Leskošek, G., Poje, T. (2008). Snaga potrebna za pogon raspršivača u hmeljarstvu. Zbornik radova 36. Međunarodnog simpozija iz područja mehanizacije poljoprivrede „Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede“, Opatija, 189-195.

Poje, T. (2000). Potrošnja energije raspršivača s promjenljivom količinom zraka. Zbornik radova 28. Međunarodni simpozij iz područja mehanizacije poljoprivrede „Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede“, Opatija, 227-232.

Portal für die Sprühgerätekontrolle: Sprühgeräte – Prüfnetzwerk - Kooperation der Region. <http://www.sprayertest.org/sprayertest/> (pristupljeno 6.11.2015).

Sito, S., Obad, N., Devrnja, A., Bernobich V., A. Kraljević, A., Peršurić Bernobić, K., Horvatiček, B. (2013). Primjena orošivača u trajnim nasadima. Glasnik zaštite bilja. 36 (4), 56-63.

Tadić, V., Banaj, D., Petrović, D., Knežević, D., Lukinac, J., Mengušić, I. (2013). Brzina i protok zraka s različitim tipovima raspršivača. Agronomski glasnik 4/2013, 181 – 105.

Scientific study

Power optimization of radial-fan sprayers

Summary

We have calculated the power necessary to operate sprayer fans at different gears by measuring torque and revolutions per minute on the PTO shaft of tractor during the operation of two different versions of radial-fan sprayers. We have established that the older generation of sprayers (A) with the fan operating in second speed requires the power input of 68 kW on the PTO shaft of tractor, while the required power in normal operation amounts to 54.9 kW. The required power can either be reduced to 31.4 kW by using a lower gear of the first speed or it can be reduced by using a new generation of sprayers (B) that use radial fans of more recent generation. On average, the first fan speed of such sprayers requires the power of 24.5 kW, while the second fan speed of such sprayers requires the power of 31.8 kW. The user can reduce due required power and thus energy consumption by selecting the optimal operating mode or by using the new generation of sprayers. This not only contributes to significant economic savings related to energy consumption in permanent crop production, but at the same time positively effects the environment because it decreases the emission of carbon dioxide (CO₂).

Key words: permanent crops, sprayer, radial fan, input power