

Upotreba različitih tipova senzora kod suvremenih prskalica

Ostojić, Tin

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:704673>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-22**



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](#)



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Tin Ostojić

Preddiplomski sveučilišni studij

Smjer Mehanizacija

Uporaba različitih tipova senzora kod suvremenih prskalica

Završni rad

Osijek, 2024.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Tin Ostojić

Preddiplomski sveučilišni studij

Smjer Mehanizacija

Uporaba različitih tipova senzora kod suvremenih prskalica

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. doc. dr. sc. Domagoj Zimmer, mentor
2. prof. dr. sc. Luka Šumanovac, član
3. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, član

Osijek, 2024.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij, smjer Mehanizacija

Završni rad

Tin Ostojić

Uporaba različitih tipova senzora kod suvremenih prskalica

Sažetak:

Cilj rada bio je istražiti uporabu različitih tipova senzora kod suvremenih prskalica u poljoprivredi. Prskalice su ključni alat u modernoj poljoprivredi, omogućujući preciznu aplikaciju kemijskih sredstava. Razvoj tehnologije doveo je do integracije naprednih senzora u prskalice što omogućuje optimizaciju njihovog rada. U radu su analizirani različiti tipovi senzora uključujući senzore za detekciju prisutnosti biljaka, senzore za mjerenje vlažnosti tla, senzore za detekciju bolesti i štetnika, te GPS senzore za precizno navođenje prskalica. Zaključeno je da uporaba različitih tipova senzora kod suvremenih prskalica značajno doprinosi održivoj poljoprivredi, optimizaciji resursa i povećanju proizvodne učinkovitosti.

Ključne riječi: senzori, precizna poljoprivreda, suvremene prskalice, zaštita bilja.

22 stranice, 12 slika, 1 tablica, 19 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Mechanization

Final work

Tin Ostojić

The use of different types of sensors at modern sprayers

Summary:

The aim of the final work was to investigate the use of different types of sensors in modern agricultural sprayers. Sprayers are a key tool in modern agriculture, enabling the precise application of chemical agents. The development of technology has led to the advanced integration of sensors in sprinklers, which enables the optimization of their operation. The paper analyzed different types of sensors, including sensors for detecting the presence of plants, sensors for measuring soil moisture, sensors for detecting diseases and pests, and GPS sensors for precise guidance of sprinklers. It was concluded that the use of different types of sensors in modern sprayers significantly contributes to sustainable agriculture, resource optimization and increased production efficiency.

Keywords: sensors, precision agriculture, modern sprayers, plant protection.

22 pages, 12 pictures, 1 tables, 19 references

Final work is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PRECIZNA POLJOPRIVREDA	3
3. PRSKALICE U POLJOPRIVREDI.....	4
3.1. Prskalica <i>Amazona UG 3000 Special</i>	5
3.2. Senzori u zaštiti bilja	6
3.2.1. Stereoskopija	7
3.2.2. Sustav precizne zaštite bilja	7
4. SENZORI NA PRSKALICAMA.....	8
4.1. Tehnologija primjene pesticida u poljoprivredi	8
4.2. Senzori u preciznoj poljoprivredi	9
4.3. Sustav pametnog apliciranja.....	10
4.4. Sustav otkrivanja	11
4.4.1. Spektrometar	12
4.5. Sustav apliciranja pesticida	12
4.5.1. Tehnologija automatske aplikacije na temelju RTK	13
4.5.2. Selektivna aplikacija <i>VRT</i>	13
4.6. <i>ISOBUS</i> sustav	14
4.6.1. <i>AMABUS</i> sustav	15
4.7. Infracrveni senzorski sustav	16
4.8. Ultrazvučni senzorski sustav	18
4.9. Senzor mjerenja tlaka	19
5. ZAKLJUČAK	20
6. POPIS LITERATURE	21

1. UVOD

Poljoprivreda je danas jedna od najvažnijih grana gospodarskih djelatnosti zato što se pomoću nje proizvodi hrana biljnog i životinjskog podrijetla. Poljoprivrednoj proizvodnji je cilj postizati maksimalan prinos po jedinici površine uz minimalna ulaganja. Potrošnja pesticida u poljoprivredi sve više raste bez obzira na to što se teži smanjenju inputa poljoprivredne proizvodnje. Glavni problem prekomjerne upotrebe pesticida je zaštita okoliša i ekonomski razlozi. Osim zaštite okoliša potrebno je zaštititi i zdravlje čovjeka. Pesticidi imaju svoje prednosti no imaju i mane. Često se njima može štetno djelovati na različite organizme i patogene koji su prirodni neprijatelji štetnih organizama. Idealni pesticid bi trebao imati svojstva kao što su biorazgradivost, ekološka prihvatljivost te da je štetan samo za određene organizme te patogene. Uzevši u obzir navedeno može se zaključiti da je poljoprivreda kao gospodarska djelatnost jedan od najvećih zagađivača okoliša i s obzirom na to potrebno je u poljoprivredu uvesti nove tehnologije kako bi se zaštitio okoliš te zdravlje čovjeka (Dvornić, 2023.).

Precizna poljoprivreda temelji na donošenju odluka pri uzgoju kojima su podloga točno prikupljene informacije pomoću satelita, snimanja površine, kemijskih analiza tla, korištenjem GPS uređaja u strojevima i slično (Zimmer i sur., 2016.).

Precizna poljoprivreda služi ekonomskim i ekološkim poboljšanjima, a prije svega pri uštedi radnih sredstava, uštedi strojeva i radnog vremena, poboljšanju ostvarenja dobiti kroz veće prinose te poboljšanje kvalitete proizvoda, smanjenju opterećenja okoliša i poticanju prirodno prostornih uvjeta te poboljšanju dokumentacije procesa produkcije. Također ističu kako se konvencionalno ratarstvo odnosi prema tlu i biljkama na homogenoj površini na temelju prosječnih faktora, dodajući tomu i određenu količinu tvari kao osiguranje. Ovakve mjere nisu niti ekonomične niti ekološki prihvatljive (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Precizno prskanje koristi podatke u stvarnom vremenu za točnije rezultate apliciranja. Senzori prate parametre poput temperature zraka, brzine vjetera, visine usjeva, vlažnosti tla i prisutnost štetnika ili bolesti. Ovi se podaci unose u upravljačke sustave koji moduliraju izlazne snage mlaznica i obrasce apliciranja. Nekoliko čimbenika potiče usvajanje precizne tehnologije apliciranja u poljoprivredi. Zabrinutost oko onečišćenja okoliša zbog otjecanja zaštitnih sredstava i šireg usvajanja precizne poljoprivrede potiču potražnju. Stroži propisi o uporabi

zaštitnih sredstava i sigurnosti operatera stvaraju poticaje za optimizaciju primjene. Pametne prskalice također pomažu u rješavanju rastuće otpornosti korova na herbicide. U isto vrijeme, troškovi komponenti kao što su senzori, kontrole i crpke s promjenjivom brzinom su smanjeni, poboljšavajući povrat ulaganja za poljoprivrednike (Saiwa – Simple AI Web Application; <https://saiwa.ai/blog/smart-spraying-technology-in-agriculture>).

Uvođenjem preciznih strojeva u poljoprivredu, poljoprivredna proizvodnja povećava svoj profit i djeluje na očuvanje prirodnih resursa. Time se osiguravaju stabilni prinosi uz smanjenje ulaznih troškova tj. utroška goriva, radnih sati ljudi i strojeva, repromaterijala, te ostalog. Nadalje, olakšava se posao i smanjuje vrijeme donošenja odluka te ubrzava proces izvođenja radova. Većina novih suvremenih strojeva ukoliko već nisu opremljeni sa preciznim sustavom imaju pripremljenu „podstavu“ za naknadno i lako postavljanje sustava za preciznu poljoprivredu. Uvođenjem preciznog sustava na strojeve dobivaju se precizne informacije sa terena u što kraćem vremenskom roku. Precizna poljoprivredna proizvodna nije kompletna samo sa sustavom navođenja, potrebni su i drugi sustavi. Najpoznatiji su sustavi apliciranja umjetnog gnojiva i zaštitnih sredstava. Takvi sustavi su opremljeni raznim sensorima koji očitavaju i šalju informacije u procesorsku jedincu koja na temelju tih informacija odlučuje o djelovanju cjelokupnog sustava (Jurišić i sur. 2010.).

2. PRECIZNA POLJOPRIVREDA

Precizna poljoprivreda ne bi bila moguća bez primjene geoinforacijskog sustava. "Geografski informacijski sustav je po općoj definiciji integrirani sustav sklopovlja, računalnih alata, korisničke programske podrške, a u svrhu sakupljanja, organiziranja, rukovanja, analize, modeliranja i prikaza prostornih podataka s ciljem rješavanja složenih problema analize i planiranja." Pojam "precizna poljoprivreda" (Precision agriculture ili Precision farming) novijeg je datuma i ima višestruki značaj. Pod tim se pojmom razumijeva pravodobno obavljanje poljoprivrednih radova, visoka produktivnost, smanjen broj operacija te najniža cijena rada.“ Precizna poljoprivreda (*Precision farming*) temelji se na novo razvijenim informatiziranim strojnim sustavima programiranog eksploatacijskog potencijala, malom broju strojeva visoke pouzdanosti i visokim tehnološkim mogućnostima. Bitno obilježje precizne poljoprivrede je uvažavanje točnih informacija geografskog položaja (pozicija) kod upravljanja i oblikovanja parcele na računalu. Točnost informacija ovisi o načinu prikupljanja istih. Najprecizniji sustav je DPGS kod kojeg stacionarna stanica odašilje korekcijski signal, odstupanja u pozicioniranju su minimalna, međutim takav sustav nije prijeko potreban za preciznu poljoprivredu. GPS navigacijski prijemnici u savršenim uvjetima omogućuju preciznost od 30 cm, a ugradnjom RTK uređaja preciznost se povećava na 3 cm. Različite aktivnosti zahtijevaju različitu točnost pozicioniranja. Tablica 1. prikazuje primjer potrebe preciznosti.

Tablica 1. Preciznost GIS sustava ovisno o aktivnostima (Izvor: Kovačić, 2019.).

POTREBNA TOČNOST	ZADATAK	PRIMJER PRIMJENE
10 m	navigacija	pretraga parcela pretraga skladišta
1 m	obavljanje radova informacije dokumentacija	određivanje prinosa gnojidba aplikacija zaštitnih sredstava uzimanje uzoraka tla zaštitne mjere
10 cm	vođenje vozila	žetva
1 cm	vođenje radnih organa stroja	mehaničko uništavanje korova

3. PRSKALICE U POLJOPRIVREDI

Prskalice (Slika 1.) su namijenjene prvenstveno za zaštitu ratarskih površina. Pravilna i uspješna aplikacija pesticida ovisi uglavnom o ispravnosti radnih dijelova prskalice i o vanjskim čimbenicima. Prskalice mora pod određenim tlakom aplicirati sredstvo po ratarskoj površini. Kako ne bi došlo do prekomjernog, nepotrebnog korištenja zaštitnog sredstva prskalice mora biti besprijekorno tehnički ispravna. Za uspješnu primjenu zaštitnih sredstava nije dovoljno samo odabrati odgovarajući preparat. Važno je i da se preparat pravilno primjeni, te da se odabere odgovarajuća tehnika apliciranja. Nepravilnom primjenom može izostati koristan učinak pesticida, te mogu se nanijeti i ozbiljne štete kulturnim biljkama. Za kemijsku zaštitu bilja protiv korova, bolesti te štetnika najčešće se koriste ratarske prskalice odnosno strojevi koji rade na principu hidrauličke dezintegracije otopine. Kod prskalice mehanička energija kardanskog vratila pogoni crpku koja ostvaruje hidraulički tlak. Ostvarena energija se najvećim dijelom troši na dezintegraciju otopine u što sitnije kapljice, a ovaj proces se odvija na mlaznicama. Ostatak hidrauličke energije se pretvara u kinetičku koja služi za distribuciju kapljica do odredišta (Rukavina, 2015.).

Osnovni zahtjev koji prskalice mora ispuniti jest ujednačena raspodjela propisane količine zaštitnog sredstva po tretiranoj površini. Kako bi se gore pometnuti zahtjev ispunio svi elementi prskalice moraju propisno raditi. Prskalice je potrebno redovito kontrolirati, provjeravati i održavati ispravnima, a sve po uputama proizvođača (Banaj i sur., 2010.).



Slika 1. Nošena mehanička ratarska prskalice (Izvor: <https://nardi-ngd-nosena-prskalice/>)

3.1. Prskalica *Amazone UG 3000 Special*

Prskalica *Amazone UG 3000 Special* prikazana na slici 2. vučena je prskalica obujma 3.200l. Opremljena je sa *Super-S* krilima radnog zahvata 28 m. Upravljačka jedinica prskalice zove se *AMATRON 3*. Upravljačka jedinica se povezuje sa GPS prijemnikom te *AMABUS* sustavom prskalice. *AMABUS* je kontrolna sabirnica proizvođača *Amazone*. Naspram *ISOBUS* sustav razlikuje se dodatnim opcijama koje su prilagođene samo za *Amazone* strojeve. *AMABUS* očitava i šalje vrijednosti senzora upravljačkoj jedinici koja te vrijednosti preračunava i prikazuje na svom ekranu. Preko upravljačke jedinice upravlja se i nadzire se rad prskalice. Princip rada ovog pametnog sustava je sljedeći: upravljačka jedinica učitava točnu lokaciju preko GPS prijemnika. U postavkama upravljačke jedinice podesi se radni zahvat prskalice te udaljenost centra prskalice od položaja antene GPS-a. Prskalica je opremljena elektro-ventilima koji omogućuju uključenje rada prskalice i svake sapnice posebno pomoću električne struje. Uključenjem rada prskalice upravljačka jedinica označava površinu na kojoj je tretiranje obavljeno. Ukoliko se agregat nalazi na uvratini gdje se zbog 54 nepravilne površine polja nailazi na preklapanje, upravljačka jedinica će isključiti svaku sapnicu koja je u preklapanju. Nadziranje prskalice omogućuju senzori tlaka sustava, protoka tekućine, senzor ispunjenosti spremnika prskalice, senzor položaja grana prskalice, senzor brzine vjetra i slično (Kovačić, 2019.).



Slika 2. Prskalica *Amazone UG 3000 Special* (Izvor: <https://www.lectura-specs.hr/hr/model/poljoprivredni-strojevi>)

3.2. Senzori u zaštiti bilja

Kako bi se zaštitile biljke od različitih štetnih organizama i štetočina primjenjuju se različiti pesticidi. Pesticidi se smatraju najučinkovitijom metodom zaštite bilja te da se oni najviše koriste. Kemijski pesticidi su ti koji štete okolišu i intenzitet njihove upotrebe za posljedicu ima kratkoročne i dugoročne negativne učinke. Iz tog razloga je potrebno uvesti određene tehnologije kojima bi se smanjilo zanošenje tekućina oko biljke koja se zaštićuje. Iz ovoga slijedi da istraživači u ovom području nastoje proučavati metode pomoću kojih će upotreba pesticida biti održiva u trajnim nasadima uz selektivnu aplikaciju. Prilikom ugradnje elektronskih dijelova na konvencionalne raspršivače i prskalice mogu se unaprijediti tehnike aplikacije, a zanošenje tekućine je smanjeno. Kako bi se riješio problem određivanja prisutnosti i oblika krošnje upotrebljavaju se različite metode te uređaji kao što je stereoskopija, fotografija, analiza spektra svjetlosti, infracrvena termografija, ultrazvučni te optički senzori. Senzori su uređaji kojima se otkriva, registrira te mjeri zračenje elektromagnetne energije, koja je emitirana ili reflektirana. Senzori se razlikuju po vrsti, a mogu se podijeliti prema nizu karakteristika kao što su:

- Konstrukcija,
- Područje spektra elektromagnetnog zračenja,
- Način detekcije, registracije i mjerenja,
- Prikaz detektirane energije.

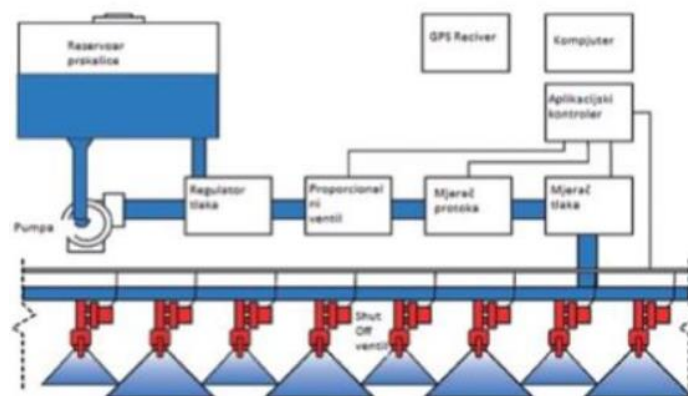
Senzorima se mjerene fizikalne veličine pretvaraju u analogne električne ili digitalne informacije. Senzori funkcioniraju na način da imaju interakciju okolnih objekata, a reakcije se pretvaraju u izlazne signale i tako se upravlja tehnološkim procesima. Prilikom izrade senzora primjenjuju se različite fizikalne pojave, način transformacije, svojstva procesa te metode s kojima se pretvara energija. Kada se mjere neelektrični signali potrebno ih je prvo pretvoriti u električni, a tek onda se procesuiraju. Prilikom izbora senzora potrebno je uzeti u obzir točnost senzora i ukoliko nema potrebe za velikom točnošću u tom slučaju se ne koriste skupi i precizni senzori (Dvornić, 2023.).

3.2.1. Stereoskopija

Spektroskopija je znanost koja proučava interakciju elektromagnetskog zračenja i materije. Koristi se u mnogim granama prirodnih znanosti jer daje informacije o građi i sastavu tvari, njezinoj temperaturi, tlaku. Kao rezultat spektroskopskog istraživanja dobiva se spektar. Za svako snimanje spektra, potrebno je imati: izvor zračenja, uzorak, monokromator i detektor. Elektromagnetsko zračenje se iz izvora usmjerava na uzorak, koji može apsorbirati, raspršiti, ili reflektirati svjetlo. Ukoliko uzorak emitira zračenje, izvor zračenja je sam uzorak. Zračenje sa uzorka se vodi prema monokromatoru, koji propušta samo jednu valnu duljinu prema detektoru. Kao monokromator se najčešće koristi optička rešetka. U starijim instrumentima se koristila i optička prizma, ali ona je nepraktična jer ima nelinearni lom svjetla. Detektor primljeno zračenje pretvara u signal, koji se može zapisati kao spektar. Svjetlost je elektromagnetsko zračenje koje je vidljivo ljudskom oku. Ljudsko oko može u prosjeku vidjeti svjetlost s valnom duljinom u rasponu od 390 do 750 nm. Elektromagnetsko zračenje možemo predočiti kao roj čestica koje se nazivaju fotoni. Svaki foton nosi određenu količinu energije. Cjelokupni raspon zračenja koje nastaje u svemiru nazivamo elektromagnetski spektar (Bičanić, 2021.).

3.2.2. Sustav precizne zaštite bilja

Suvremena, štedljiva i prema okolišu obzirna zaštita bilja prvenstveno ovisi o točnosti nanošenja zaštitnog sredstva. Suvremene prskalice moraju biti pouzdane u radu, precizno podešene, te upravljane osobom koja ima potrebna znanja i iskustvo. Danas se posebna važnost pridaje injektorima (Slika 3.) kao elementima koji određuju preciznost rada svake prskalice (Kovačić, 2019.).



Slika 3. Shema prskalice za preciznu poljoprivredu (Izvor: Kovačić, 2019.)

4. SENZORI NA PRSKALICAMA

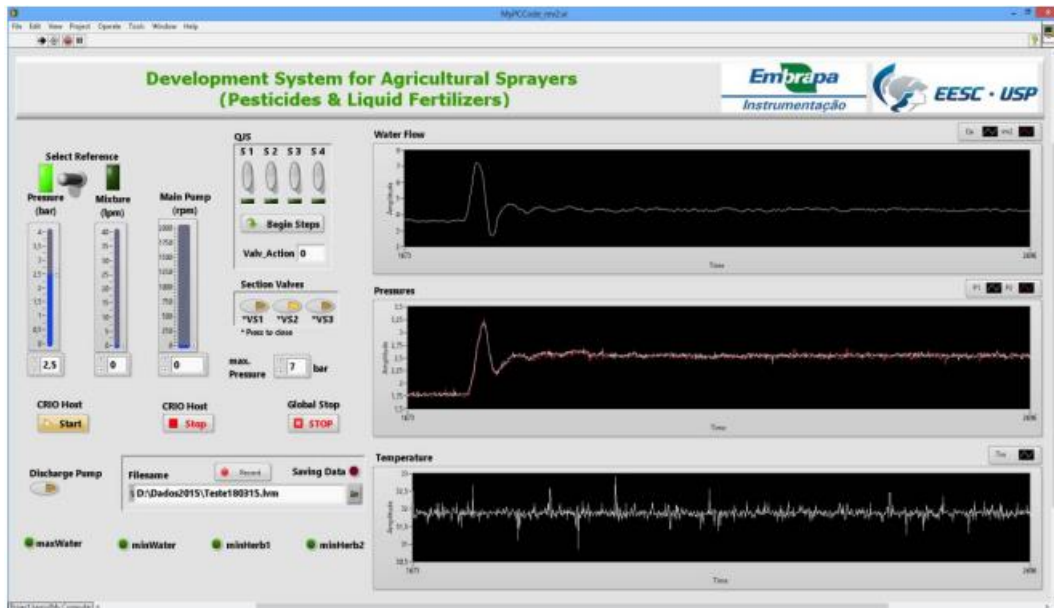
Za raspršivanje s promjenjivom stopom koje koriste inteligentni upravljački sustavi mogu značajno smanjiti upotrebu zaštitnih sredstava i izvan ciljanog onečišćenja okoliša. Tehnologija raspršivanja varijabilne stope u stvarnom vremenu nudi učinkovitu uporabu pesticida. Prskalice s promjenjivom stopom omogućava poljoprivrednicima da primjenjuju pesticide samo na cilj, koristeći samo ispravnu količinu na temelju veličine biljke, sezone i faze rasta biljaka. U posljednjih nekoliko desetljeća razvijeni su sustavi za otkrivanje ciljeva korištenjem naprednih metoda kao što su sustavi lasera i skeniranja vida ili, jednostavnije, ultrazvučne, infracrvene i spektralne sustave. Senzori pretvaraju izmjerene fizičke dimenzije u analogne električne podatke. Princip rada senzorskih sustava temelji se na kontaktu s okolinom, a povratna informacija se pretvara u izlazni signal i organizira tehničkim postupkom. Brojni fizikalni fenomeni mogu biti korisni tijekom proizvodnje senzora (Abbas i sur., 2020.).

Prilagodba precizne poljoprivrede i praksi upravljanja specifičnim za lokaciju s tehnologijama prskanja, što je integracija ciljno detektiranih senzora, analitičkih metoda, uređaja za raspršivanje i sustava upravljanja, brzo se razvija u posljednjih 20 godina i igra važnu ulogu u rješavanju ovih problema, ali zaostaje njegova primjena u hortikulturi. Najnoviji razvoj tehnologije je korištenje robota za vanjske primjene kao što su aplikacije povezane s poljoprivredom, za zajedničko obavljanje zadataka. Međutim, problemi povezani s vanjskim uvjetima terenske tehnologije, kao što je promjenjivo svjetlo, iskrivljena ili zamućena slika zbog vibracija, dovode do pogrešaka u doziranju (Khodabakhshian i Morteza, 2021.).

4.1. Tehnologija primjene pesticida u poljoprivredi

Izraz pametni senzor odnosi se na elemente koji sadrže senzore i sposobnosti obrade signala i razumijevanje, s ciljevima u rasponu od jednostavnih gledanja do sofisticiranog daljinskog očitavanja, nadzora, pretraživanja ili čak praćenja, robotike i obavještajne aplikacije. Očekuje se da će pametni senzor imati sposobnost da funkcionalnost i arhitektura, kao i prikupljanje neobrađenih podataka koje se temelje na postojanju a jedinica za obradu. Napredna platforma (Slika 4.) temeljena na sensorima ima pomaže u radu s velikom količinom podataka koje generira sustav za praćenje. Na platformi za razvoj prskalice u poljoprivredi, senzori će dopustiti da se dio izračuna obavi lokalno na ugrađenim sensorima s mogućnostima

samodijagnostike i samokalibracije, čime se smanjuju podaci za količinu informacija koju je potrebno prenijeti preko internetske mreže (Cruvinel i sur. 2016.).



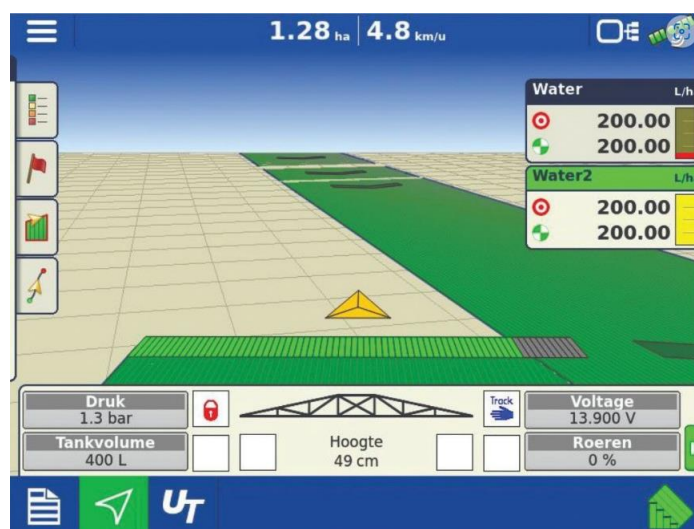
Slika 4. Korisničko sučelje napredne platforme temeljene na senziorima (Izvor: Cruvinel i sur. 2016.)

4.2. Senzori u preciznoj poljoprivredi

Senzori su podešeni na agregat te povezani sa upravljačkom jedinicom i GPS prijammikom. Podatci dobiveni mjerenjem bivaju iznimno precizni jer mjerenje je izvedeno izravno pri agrotehničkim mjerenjima. Najpoznatiji takav sustav je *OptRx* proizvođača *AgLeader*. Senzori se podešavaju na agregat (prskalicu). Senzori izravno očitavaju stanje usjeva i direktno utječu na agrotehničke zahvate u ovom slučaju tretiranje usjeva. Drugi poznati senzorski pristup mjerenja svojstva tla je proizvođača *Veris MSP3*. Princip rada senzora je isti, senzori isporučuju informacije izravno u postupku upravljanja, međutim za razliku od prethodnog navedenog sustava, ovaj sustav zahtjeva obradu dobivene informacije. Informacije se obrađuju pomoću računala i programa predviđenog za izradu karata. Informacije mogu dati više vrsta karata koje se kasnije provode u agrotehničkim mjerama (Jurišić i Plaščak, 2009.).

4.3. Sustav pametnog apliciranja

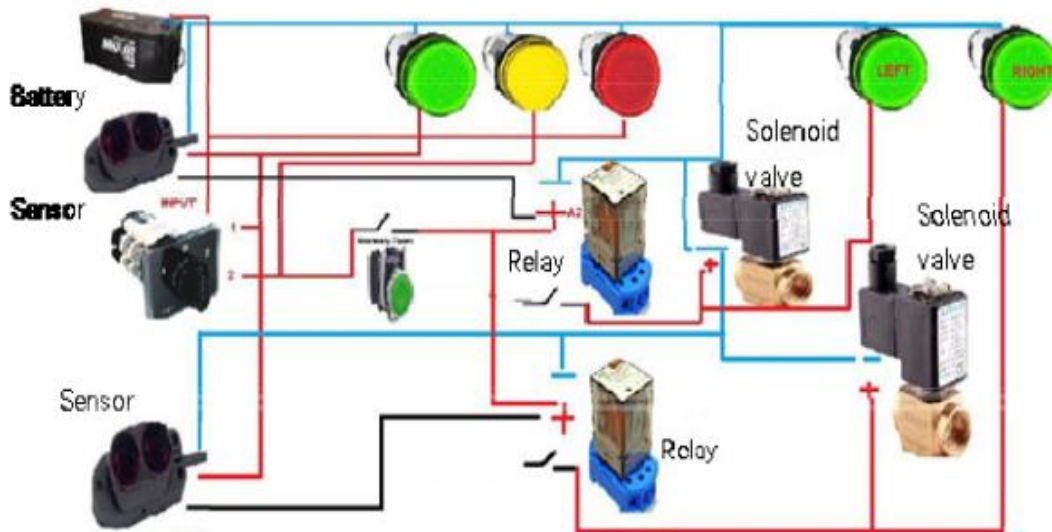
Opće namjenski autonomni robotski sustav za kontrolu korova ima četiri jezgre tehnologije: senzorska tehnologija za detekciju (stroj vizija i hiperspektralna slika), globalno pozicioniranje sustav za navođenje (Kinematički globalni sustav pozicioniranja u stvarnom vremenu), tehnike primjene promjenjive količine i robotika za izvođenje prskanja (mikro sprej, rezanje, toplinski i strujni udar). Pametan sustav apliciranja trebao bi se sastojati od sustava detekcije i sustava prskanja (Slika 5.). Sustav detekcije integrira senzore za otkrivanje ciljeva, obradu podataka i sustavi za donošenje odluka, a sustav za aplikaciju uključuje upravljačku jedinicu prskanja i raspršivač (mlaznicu). Za otkrivanje se koristi sustav detekcije pametnih prskalica informacija o ciljnim područjima i donošenje odluka o prskanju. Korištenjem RGB-kamere moguće je detektirati korove u velikim količinama na poljoprivrednim površinama. Osim toga, mogu se identificirati korovi i usjevi te detektirati redovi usjeva. Korištenjem 3D kamere usjevi se mogu identificirati čak i ako na polju ima korova. GoG prepoznavanje je moguće, što znači da se korovi i usjevi razlikuju. Kroz slike koje se proizvode, može se otkriti visina postrojenja i, opet, može se postaviti vođenje priključka po visini. Trodimenzionalne kamere također mogu detektirati redove usjeva. Drugi senzor je spektrometar. Pomoću spektrometra razlikuju se korovi i usjevi po spektralnim razlikama. Primjena spektrometra već se pokazala kao komercijalna. Korištenje spektrometra je siguran i brz način otkrivanja korova u polju (Hong i sur., 2012.).



Slika 5. Prikaz kontrole rada preciznog apliciranja (Izvor: <https://gospodarski.hr/promo/precizno-prskanje>)

4.4. Sustav otkrivanja

Optički senzori šalju signal programabilnom logičkom kontroleru (*PLC*) dok se ne otvore ON/OFF ventili. Osim toga, senzor tlaka koristi se za kontrolu minimalnog tlaka iza mlaznice. Drugim riječima, zaustavlja ubrizgavanje kada tlak padne ispod 1,5 bara. Tlak mlaznice postavljen je na 172 kPa iz razloga da se postigne protok od 1,8 L min⁻¹. Pojednostavljeni shematski dijagram senzorski opremljenog sustava za aplikaciju kemijskih sredstava prikazan je na slici 6. Ovaj senzorski opremljen sustav za aplikaciju konstruiran je sa šest solenoidnih ventila koji su montirani na polugu od nehrđajućeg čelika na 2 m od biljaka i na visini od 0,5 m iznad tlo. Prskalica je podijeljena u pet odjeljaka, od kojih je svaki sadržavao po jedan solenoidni ventil. Svaki je ventil napajao izvor od 12 V kako bi se, ovisno o visini biljke, kontrolirao broj ventila za otvaranje. Sučelje rukovatelja i stroja (HMI) pokazalo je kada je solenoid otvoren. Pojednostavljeni shematski dijagram senzorski opremljenog sustava za prskanje kako bi se vidno polje optičkih senzora povezalao s područjem prskanja, mora koristiti sustav kontrole u stvarnom vremenu (Khodabakhshian i Morteza, 2021.).



Slika 6. Shematski prikaz prskanja opremljen sensorima (Izvor: Khodabakhshian i Morteza, 2021.)

4.4.1. Spektrometar

Uređaj koji izravno elektronskim detektorom snima i mjeri jakost spektra naziva se spektrometar, te spektrofotometar koji se koristi u području optičke spektometrije, ova vrsta spektrometra obuhvaća samo ultraljubičasto, vidljivo i infracrveno zračenje. Spektrometar (Slika 7.) se sastoji od izvora zračenja, monokromatora i detektora. Uređaj mjeri jakost određene valne duljine elektromagnetskog zračenja, koji je uzorak emitirao, apsorbirao, ili reflektirao. Kao detektori elektromagnetskog zračenja služe fotomultiplikatori, fotoosjetljive diode ili CCD čip, u vidljivom i ultraljubičastom području zračenja te termoosjetljivi otpornici ili bolometri u infracrvenom području (Bičanić, 2021.).



Slika 7. Spektrometar (Izvor: <https://gddizajn.hr/product/spektrometar>)

4.5. Sustav apliciranja pesticida

Za učinkovito izvođenje, sustav apliciranja prikazan na slici 8. poboljšan je korištenjem tehnike apliciranja i varijabilne kontrole. Budući da prskalica prenosi zaštitna sredstva na usjeve, uzrokuje znatno onečišćenje i maglu pesticida. Elektrostatska prskalica rješava problem taloženja zaštitnih sredstava i postupno smanjuje ispušteni otpad u ekosustav. Elektrostatska metoda pruža učinkovit način smanjenja korištenja zaštitnih sredstava. Stvaranjem sustava automatskog upravljanja i sustava primjene herbicida s promjenjivom dozom koji se temelje na opremi za izravno ubrizgavanje, razvijeni su kako bi omogućili aplikaciju u stvarnom vremenu s manje kemikalija. Mlaznica kombinira predotvor

promjenjive površine i otvor za apliciranje s promjenjivim područjem koji se koriste pritiskom regulatora ili automatskim regulatorom brzine (Hong i sur., 2012.).



Slika 8. Sustav prskanja (Izvor: <https://www.farmmachineriesales.com.au/>)

4.5.1. Tehnologija automatske aplikacije na temelju RTK

Senzori se koriste za otkrivanje cilja i vanjskih strukturnih značajki cilja, uključujući prikupljanje informacija o ciljnim značajkama i obradu podataka o informacijama. Brzina prskanja podešava se u stvarnom vremenu pomoću upravljačke jedinice, volumen prskanja se podešava u stvarnom vremenu prema različitim objektima usjeva (Abbas i sur., 2020.).

4.5.2. Selektivna aplikacija VRT

Napretkom tehnologije u prošlom stoljeću omogućen je razvoj tehnologije koja ima promjenjive norme aplikacije. Selektivna aplikacija ili VRT (eng. *Variable Rate Technology*) je tehnologija pomoću koje su norme aplikacije promjenjive. Senzorskim pristupom je sensorima omogućeno da prilikom gibanja strojeva očitaju i uvažavaju trenutačnu situaciju u poljima ili trajnim nasadima. Ovaj sustav je uspješno prilagođen kod sustava ratarskih prskalica *Vario – Select* tvrtke *Lechler*. Sustav ima različite mlaznice koje se mijenjaju automatski uz pomoć komprimiranog zraka. Pomoću navedenog je prilagođen odgovarajući

protok mlaznica i spektar kapljica u mlazu. Kod ovog sustava senzori u stvarnom vremenu očitavaju i prihvaćaju trenutno stanje na polju ili u trajnom nasadu. Na temelju trenutno izmjerenih podataka određuje se varijabilna količina primjene pesticida, gnojiva ili navodnjavanja. Senzorski specifična varijabilna stopa ne zahtijeva primjenu GPS sustava, ali ako je navedeni sustav dostupan tijekom primjene, može se koristiti u budućim tehnološkim operacijama. Primjena novih tehnologija u poljoprivredi je u velikom porastu jer potreba za preciznijom primjenom dovodi do smanjenja upotrebe kemijskih sredstava (pesticidi i mineralna gnojiva), a značajne uštede postižu se i brigom o ekološkom aspektu, tj. održivost poljoprivredne proizvodnje. Korištena je sofisticirana oprema koja se ugrađuje u poljoprivredne strojeve za obavljanje svih tehnoloških operacija (obrada tla, gnojidba, zaštita bilja, berba plodova i dr.). Danas je sve više poljoprivrednih strojeva opremljeno pametnim sensorima koji mogu otkriti veliki broj svojstava, od zdravlja usjeva i potrebe za vodom do razine dušika u tlu. Primjenom konvencionalnih metoda gospodarenja u trajnim nasadima zanemaruju se starost i oblik stabala, veličina i volumen krošnje, varijabilnost svojstava tla i drugo (Dvornić, 2023.).

4.6. ISOBUS sustav

Poljoprivredne prskalice se dijele na sekcije, a primjenom postojeće tehnologije moguće je aktiviranje svake mlaznice zasebno. Uz pomoć *ISOBUS*-a traktori mogu postići određenu razinu preciznosti. *ISOBUS* je standardni protokol za prskalice i traktore. Omogućuje komunikaciju između različitih komponenti, na primjer, između senzora, traktora i priključka. Jedan od ciljeva istraživanja je razviti modularni sustav prskanja temeljen na *CNN*-u u kombinaciji s prskalicom koja podržava *ISOBUS* za otkrivanje i klasificiranje korova u stvarnom vremenu. Budući da je svaki modul razvijen neovisno za rad s *ISOBUS* standardom, svaki novi alat koji pruža precizne primjene može se potencijalno uključiti u postojeće strojeve i koristiti u sustavu. Razvijeni međuprogram također je zadužen za korištenje odluka senzorskih sustava u stvarnom vremenu (sustav za analizu kvalitete plijevljenja za uređaj za uklanjanje korova i jedinica za percepciju usjeva (PU) za prskalicu) za primjenu. Osim toga, slanje podataka o zadatku u poljoprivredni kontroler (Slika 9.), koji pomaže u izradi smjernica za navigaciju robota ili traktora, uspostavljeno je putem međuprograma. Naposljetku, provedena je procjena učinka razvijenog uređaja za plijevljenje i prskalice na polju, u smislu kvalitete plijevljenja i podataka o točnosti primjene. Novitet ovog sustava ostaje u pristupu

razvoja realističnog međuslojnog softvera koji uključuje industrijske standarde (ISO 11783 i J1939) u komunikaciju između hortikulturnih uređaja (uređaja za korov i prskalice) s donošenjem odluka u stvarnom vremenu sustave i napredne mobilne robote kao i naknadno opremljene traktore s kognitivnim sposobnostima (Sharipov i sur. 2023.).



Slika 9. ISOBUS kontroler (Izvor: <https://mueller-elektronik.de/en/produkte/isobus-sprayer-controller>)

4.6.1. AMABUS sustav

ISOBUS je međunarodni komunikacijski protokol koji postavlja standard za poljoprivrednu elektroniku. *AMABUS* predstavlja isto ali prilagođeno za *Amazone* strojeve. Napretkom tehnologije napredovali su i poljoprivredni strojevi. Cilj je učiniti stroj što je bolje mogućim i preciznijim. Elektronika je omogućila visku preciznost u agrotehničkim zahvatima, svaki stroj opremljen je sustavom nadzora rada. Da bi se reducirao broj upravljačkih terminala uspostavio se međunarodni komunikacijski protokol (*ISOBUS*) koji omogućuje da svi strojevi koji posjeduju *ISOBUS* sustav mogu komunicirati sa svim upravljačkim terminalima. Na taj način je smanjen broj upravljačkih terminala u kabini traktora. Danas je potreban samo jedan upravljački terminal kao što je *AMATRON 3* (Slika 10.) proizvođača *Amazone* da bi upravljali mnogim strojevima sa *ISOBUS* sustavom, pomoću upravljačkog terminala *AMATRON* može se upravljati sa ranije spomenutom mobilnom senzorskom platformom proizvođača *Veris* ili priključkom drugog proizvođača jer su svi priključci standardizirani kao i protokol komunikacije između sabirnice i (*BUS*) upravljačkog terminala (Kovačić, 2019.).



Slika 10. Amatron 3 terminal za zaštitu bilja (Izvor: <https://amazone.net/en/products-digital-solutions/amatron-3>)

4.7. Infracrveni senzorski sustav

Infracrvena termografija je beskontaktna metoda za određivanje temperaturne distribucije na površini promatranog objekta kroz mjerenje intenziteta radijacije u području infracrvenog elektromagnetskog spektra. Uz to infracrvena termografija često se koristi i kao alat za održavanje. Infracrveno elektromagnetsko zračenje ima široki spektar zračenja u rasponu od 750 nm do 1 mm. (Bičanić, 2021.).

Temperatura svih objekata viša od apsolutne nule oslobađa toplinsku energiju u obliku zračenja. Infracrveni senzor (Slika 11.) odašilje i prima svjetlosni puls visokog intenziteta za otkrivanje prisutnosti objekata u dometu senzora. Općenito, mjerenje udaljenosti pomoću infracrvene detekcije zahtijeva sofisticiranije metode, poput mjerenja faznog prijelaza ili triangulacije. Korištenje infracrvenog senzora je korisno za automatsko prepoznavanje objekata. Infracrveni senzori na prskalicama igraju ključnu ulogu u modernoj poljoprivredi, poboljšavajući učinkovitost primjene kemikalija i optimizirajući procese. Infracrveni senzori na prskalicama koriste infracrveno zračenje koje emitiraju usjevi i tlo kako bi detektirali njihovu prisutnost i temperaturu. Senzori omogućavaju prskalicama da precizno identificiraju ciljane područja za prskanje, poput usjeva, a da istovremeno izbjegnu nepotrebno prskanje tla ili drugih objekata. Odašiljući infracrvene zrake prema površini, senzori registriraju odraz i temperaturne razlike, što im omogućava da prepoznaju različite površine i objekte. Omogućavaju bolju preciznost u primjeni herbicida, pesticida i gnojiva, čime se smanjuje rizik od prekomjerne primjene i negativnih učinaka na okoliš. Koristeći informacije o

temperaturi i odrazu, senzori mogu prepoznati zdravlje i gustoću usjeva te prilagoditi količinu primijenjenih kemikalija prema stvarnim potrebama. Precizna primjena kemikalija putem infracrvenih senzora rezultira smanjenjem troškova i povećanjem učinkovitosti proizvodnje usjeva. Infracrveni senzori često rade u realnom vremenu, omogućavajući prskalicama da dinamički prilagode prskanje kako se uslovi mijenjaju tijekom prolaska polja. Ovi senzori su posebno korisni u varijabilnoj primjeni gdje se kemikalije primjenjuju prema specifičnim potrebama na različitim dijelovima polja. Integracija infracrvenih senzora s drugim sensorima, poput GPS-a i senzora za vlagu, omogućava potpuniju sliku o uvjetima na terenu (Abbas i sur., 2020.).

Osnovni tipovi infracrvenih senzora su :

- temperaturni senzori,
- fotoemisivni vakumski senzori
- senzori s interakcijom elektromagnetnih valova
- fotonski senzori
- QWIP (quantum wellinfrared photodetector)

(Milanović i sur., 2021.).



Slika 11. Infracrveni senzor (Izvor: <https://www.automatika.rs/baza-znanja/senzori/infracrveni-senzori-daljine.html>)

4.8. Ultrazvučni senzorski sustav

Sustavi bazirani na ultrazvučnim sensorima mogu vrlo brzo i automatski mjeriti udaljenosti. Ultrazvučni senzori mjere vremensku odgodu za mjerenje udaljenosti. Ovo vrijeme kašnjenja (*delay*) između prijenosa i refleksije zvučnog impulsa proporcionalno je udaljenosti između senzora i objekta. Brzina zvuka se koristi za izračunavanje udaljenosti. Ultrazvučni senzor sastoji se uglavnom od dva glavna dijela, odašiljača i prijemnika. Odašiljač šalje ultrazvučni impuls prijemniku (Abbas i sur., 2020.).

Eksploatacijom ultrazvučnoga senzorskog sustava (Slika 12.) za selektivnu aplikaciju zemljišno zanošenje smanjuje se za 43,35 %. U ovome slučaju zračno zanošenje na 5 m udaljenosti od tretiranoga reda smanjuje se za 66,57 te 79,61 % na udaljenosti od 10 m. Maksimalno reduciranje zračnoga zanošenja na 10 m ostvareno je uporabom ITR mlaznica analizirajući oba sustava raspršivanja (Petrović i sur., 2013.).

Najčešći tip konstrukcije ultrazvučnog senzora ima oblik prizme ili cilindra. Glava primopredajnika može biti odvojena od elektroničkog dijela, omogućujući mu da bude postavljena na nedostupnim mjestima. Korištenje ultrazvučnog senzora u poljoprivredi je kao ideja preuzeta iz industrije, gdje se koristi za mjerenje različitih udaljenosti i utvrđivanje prisutnosti predmeta (Rovira – Más i sur., 2005.).

Kako bi se odredila udaljenost te funkcioniranje po načelu razlika u vremenskim intervalima koji su potrebni da ultrazvučni valovi prijeđu put od senzora do detektiranih objekata i nazad tada se koriste ultrazvučni senzori. Ultrazvučni senzori imaju slijedeće sastavne dijelove kao što su ultrazvučni primopredajnici, uređaji za formiranje izlaznih signala i pojačivači. Primopredajnici periodično emitiraju ultrazvučne valove koji imaju frekvencije od 10 do 400 kHz, a nakon toga prima reflektirane valove detektiranih objekata. Sustav obično koristi sondu koja u prvom koraku stvara ultrazvučne valove iznad 18.000 Hz, pretvaranjem električne energiju u zvuk. U drugom koraku, nakon primitka odjeka zvučni valovi ponovo se pretvaraju u električnu energiju koja se može mjeriti i prikazati, odnosno upotrijebiti kao početna ulazna informacija u sustavu kontrole visine prskalice (Stajniko, 2013.).



Slika 12. Ultrazvučni senzor (Izvor: <https://izradi.croatianmakers.hr/lessons/ultrazvucni-senzor/>)

4.9. Senzor mjerenja tlaka

Da bi se odabrali senzori tlaka za specifičnu primjenu, osim raspona tlaka, prvo se moraju uzeti u obzir sve vrste mjerenja tlaka. Senzori tlaka mjere određeni tlak u usporedbi s referentnim tlakom i može se podijeliti na apsolutni, mjerni i diferencijalni uređaj. U naprednoj platformi za razvoj prskalice koriste se dva piezoelektrična senzora tlaka. Jedan od njih nadzire hidrauliku tlaka sustava u točki distribucije smjese (voda + pesticid) do prskalice (bar). Drugi prati tlak na kraju šipke za prskanje. Ovi senzori imaju nelinearnost $< + 0,5 \%$ uzimajući u obzir ravnu liniju koja najbolje odgovara. Ovaj sustav ima potrebne instrumente za praćenje i kontrolu većine varijabli koji se mogu uključiti u prskanje, kao i izgraditi bilo koji postojeći aranžman komercijalnih poljoprivrednih prskalice (električnih i hidrauličkih) i razviti nove prototipovi poljoprivrednih prskalice. Sastavljen je od sljedećih instrumenata: glavno računalo, kontroler u stvarnom vremenu i FPGA, koji se može programirati pomoću grafičkog programerskog jezika - *LabVIEW*. Kontroler u stvarnom vremenu izvršava algoritme stvorene u *LabVIEW* softveru u stvarnom vremenu (Cruvinel i sur., 2013.).

5. ZAKLJUČAK

Razvitak tehnologije dovodi do olakšavanja rada ne samo u sektoru poljoprivrede nego i u ostalim sektorima. Samim napredovanjem i razvitkom tehnologije sve više se počinju koristiti razne vrste senzora. Senzori nam uveliko pomažu i omogućuju manje napora u radu, ekonomičnost u pogledu manje potrošnje pesticida i herbicida namijenjenih za prskanje biljaka. Smanjuje se utrošak vremena rada i ljudskih napora, te dovodi do kvalitetnijeg konačnog proizvoda.

Važno je napomenuti da u Republici Hrvatskoj senzori nisu toliko zastupljeni u pogledu prskalice i slabo su istraženi. „Pametne“ prskalice na tržištu drže visoku cijenu i smatram da je to glavni problem nezastupljenosti kod nas.

Cijene senzora koji se koriste na prskalicama variraju ovisno o njihovim karakteristikama i kvaliteti. Osnovni senzori mogu koštati između 20 i 100 \$. Napredniji senzori koji omogućuju praćenje više parametara poput pH vrijednosti tla, razine hranjivih tvari i bolesti biljaka mogu koštati između 100 i 500 \$ po senzoru.

Također, troškovi se mogu povećati ovisno o potrebama za bežičnim povezivanjem senzora ili njihovim integracijama s pametnim sustavima za upravljanje prskalicama. Važno je napomenuti da dugoročno, ulaganje u kvalitetne senzore može pomoći u boljoj optimizaciji resursa i povećanju prinosa usjeva, što može dugoročno smanjiti troškove i povećati profitabilnost poljoprivrednih operacija.

Cilj završnog rada je upotreba suvremenih tipova senzora, te smanjiti ljudske napore i vrijeme rada te poboljšati ekonomičnost proizvodnje.

6. POPIS LITERATURE

1. Abbas Irfan, Jizhan Liu, Muhammad Faheem, Rana Shahzad Noor, Sher Ali Shaikh, Kashif Ali Solangi, Syed Mudassir Raza (2020.): Different sensor based intelligent spraying systems in Agriculture, 2020.
2. Banaj, Đ., Tadić, V., Banaj, Ž., Lukač, P. (2010): Unapređenje tehnike aplikacije pesticida, Sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek 2010.
3. Banaj, Đ., Tadić, V., Banaj, Ž., Menđušić, I., Duvnjak, V. (2010): Ispitivanje (4) ujednačenosti površinske raspodjele tekućine ratarskih prskalica. 44. hrvatski i 4. međunarodni simpozij agronoma, Opatija 2010.
4. Bičanić, I. (2021.): Infracrvena termografija u održavanju fotonaponske elektrane, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Diplomski rad, Osijek 2021.
5. Cruvinel, Paulo E., Vilma A. Oliveira, Heitor V. Mercaldi, Elmer A. G. Peñaloza, Kleber R. Felizardo (2013.): An Advanced Sensors-based Platform for the Development of Agricultural Sprayers, Brazil 2013.
6. Dvornić S. (2023.): Primjena ultrazvučnih senzora u eksploataciji raspršivača pri zaštiti višegodišnjih nasada, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Diplomski rad, Osijek 2023.
7. Hong S., Minzan L., Zhang Q. (2012.): Detection system of smart sprayers, 2012.
8. Jurišić M. i Plaščak I. (2009.): Geoinformacijske tehnologije GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša, Poljoprivredni fakultet Osijek, 2009.
9. Jurišić, M., Stanisavljević, A., Plaščak, I. (2010.): Application of geographic information system (GIS) in the selection of vineyard sites in Croatia, Bulgarian Journal of Agricultural Science.
10. Khodabakhshian R., Morteza Javadpour S. (2021.) Design and development of a sensor-based precision crop protection autonomous system for orchard sprayer, 2021.
11. Kovačić D. (2019.) Senzori i njihova primjena u preciznoj poljoprivredi, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Diplomski rad, Osijek 2019.
12. Milanović Z., Milić S., Radovanović R. (2021.): Infracrveni senzori u tehničkim sredstvima specijalne namene, niverzitet u Beogradu, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, 2021.

13. Petrović, D., Jurišić, M., Plaščak, I., Duvnjak, V., Marković, M., Banaj, A., Tadić, V. (2013.): Utjecaj selektivne aplikacije s ultrazvučnim sensorima na zanošenje i depozit tekućine u nasadu višnje, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Poljoprivredni institut Osijek, Osijek 2013.
14. Rovira – Más F., Han S., Wei J., Reid J.F. (2005.): Autonomous Guidance of a Corn Harvester using Stereo Vision, Polytechnic University of Valencia.Valencia, Spain 2005.
15. Rukavina A. (2015.): Testiranje tehničkih sustava u zaštiti bilja na području općine Drenje, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek, 2015.
16. Saiwa – Simple AI Web Application; <https://saiwa.ai/blog/smart-spraying-technology-in-agriculture>
17. Sharipov, Galibjon M., Heiß A., Bresilla T., Nieuwenhuizen Ard T., Hemming J., Evert Frist K., Baron S., Benrais A., Avgoustakis I., Mylonas N., Fountas S., Vasilaros P., Karagiannis P., Vidal J., Paraforos D., (2023.): Smart implements by leveraging ISOBUS: Development and evaluation of field applications. University of Hohenheim, Institute of Agricultural engineering technology in crop production, Stuttgart, Germany, 2023.
18. Stajanko D., (2013.): Upotreba suvremenih senzora kod suvremenih prskalica. Fakultet za kemijske i biotehničke znanosti, Stručni rad, Maribor (2013.)
19. Zimmer, D., Jurišić, M., Plaščak, I., Barač.Ž., (2016.): Tehnički i tehnološki čimbenici gnojidbe primjenom GIS tehnologije u poljoprivredi, Poljoprivredni fakultet Osijek, 2016.