

# AUTOMATSKO VOĐENJE I UPRAVLJANJE POLJOPRIVREDNIM STROJEVIMA I UREĐAJIMA- FARMNAVIGATOR

---

**Milinović, Mladen**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj  
Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:403343>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-26**



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](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Mladen Milinović, apsolvent

Diplomski studij smjera Mehanizacija

**AUTOMATSKO VOĐENJE I UPRAVLJANJE POLJOPRIVREDNIM  
STROJEVIMA I UREĐAJIMA-FARMNAVIGATOR**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2015.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Mladen Milinović, apsolvent

Diplomski studij smjera Mehanizacija

**AUTOMATSKO VOĐENJE I UPRAVLJANJE POLJOPRIVREDNIM  
STROJEVIMA I UREĐAJIMA-FARMNAVIGATOR**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. doc. dr. sc. Ivan Plaščak, predsjednik
2. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, mentor
3. prof. dr. sc. Tomislav Jurić, član

**Osijek, 2015.**

## SADRŽAJ:

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. UVOD .....                                                              | 1  |
| 2. PREGLED LITERATURE .....                                                | 2  |
| 2.1. Geografski informacijski sustav i primjena u poljoprivredi .....      | 3  |
| 2.2. Klasifikacija GIS-a prema namjeni .....                               | 5  |
| 2.2. Klasifikacija GIS-a prema mjerilu.....                                | 6  |
| 3. PRECIZNA POLJOPRIVREDA .....                                            | 8  |
| 3.1. Prikupljanje podataka u sustavu precizne poljoprivrede .....          | 9  |
| 3.1.1. Uzimanje uzoraka i analiza tla .....                                | 10 |
| 3.1.2. Prikupljanje podataka daljinskom detekcijom .....                   | 12 |
| 3.1.3. Prikupljanje informacija pomoću karte prinosa .....                 | 14 |
| 3.1.4. Prikupljanje podataka mobilnim GPS uređajima .....                  | 14 |
| 3.1.5. Prikupljanje informacija skenerima tla.....                         | 15 |
| 3.2. Obrada i primjena podataka u sustavu precizne poljoprivrede .....     | 16 |
| 3.3. Primjena visokosofisticiranih poljoprivrednih strojeva i uređaja..... | 16 |
| 4. SATELITSKO VOĐENJE POLJOPRIVREDNIH STROJEVA.....                        | 20 |
| 4.1. GPS tehnologije.....                                                  | 20 |
| 4.1.1. Svemirski segment .....                                             | 21 |
| 4.2. Princip rada GPS-a .....                                              | 23 |
| 4.3. Navigacija poljoprivrednih strojeva .....                             | 24 |
| 4.3.1. Kvalitet i preciznost signala.....                                  | 26 |
| 4.3.2. Poboljšanje kvalitete signala.....                                  | 27 |
| 4.3.3. Sustav CROPOS .....                                                 | 28 |
| 4.4. Asistencija pri upravljanju i automatsko upravljanje strojem .....    | 30 |
| 5. NAVIGACIJSKI UREĐAJ FARMNAVIGATOR G7 .....                              | 31 |
| 5.1. Rad s Farmnavigatorom G7 .....                                        | 31 |
| 5.1.1. Izrada granica polja .....                                          | 33 |
| 5.1.2. Odabir širine radnog zahvata stroja.....                            | 34 |
| 5.1.3. Odabir linija vođenja agregata .....                                | 34 |
| 5.1.4. Paralele .....                                                      | 34 |
| 5.1.5. Ukrivljene linije vođenja agregata .....                            | 35 |
| 5.1.6. Koncentrične linije vođenja agregata .....                          | 35 |
| 5.1.7. Linije vođenja izrađenim tragovima .....                            | 36 |
| 5.1.8. Informacije o potrebnim korekcijama putanje.....                    | 36 |
| 5.1.9. Informacije o preklapanju prohoda .....                             | 37 |
| 5.1.10. Ostale značajke uređaja .....                                      | 38 |

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6. NAVIGACIJSKI UREĐAJ TRIMBLE CFX – 750.....                                                          | 41 |
| 6.1. USB priključak i upute za brzi početak .....                                                      | 42 |
| 6.2. Navigacijski izbornik.....                                                                        | 42 |
| 6.3. Svjetlosna traka .....                                                                            | 46 |
| 6.4. EZ – Daljinski džojstik .....                                                                     | 46 |
| 6.5. Podatci.....                                                                                      | 47 |
| 7. NAVIGACIJSKI UREĐAJ AG LEADER INTEGRA .....                                                         | 48 |
| Montaža uređaja .....                                                                                  | 49 |
| 7.1. Rad s Ag Leaderom Integra.....                                                                    | 49 |
| 7.1.1. Automatizirano upravljanje .....                                                                | 49 |
| 7.1.2. OnTrack 2+ pomoćno upravljanje.....                                                             | 50 |
| 7.2. Potpuno integrirano navođenje.....                                                                | 51 |
| 7.2.1. Sustavi antene i prijemnika.....                                                                | 52 |
| 7.3. Kontrola sijačica i sadilica .....                                                                | 52 |
| 7.4. OptRx Senzor usjeva .....                                                                         | 54 |
| 7.4.1. Nadzor prinosa .....                                                                            | 55 |
| 7.5. Usporedba opisanih uređaja .....                                                                  | 56 |
| 8. MATERIJAL I METODE RADA.....                                                                        | 59 |
| 8.1. Metode prikupljanja podataka.....                                                                 | 59 |
| 8.2. Metode izračuna površina preklopa na gospodarstvu "Adnovas" .....                                 | 60 |
| 8.2.1. Vrijednosti prosječne parcele.....                                                              | 60 |
| 8.2.2. Iskorištenje radnih zahvata strojeva (ručno upravljanje pogonskim strojem) ...                  | 61 |
| 8.2.3. Iskorištenje radnih zahvata strojeva (asistencija prilikom upravljanja pogonskim strojem) ..... | 63 |
| 8.3. Postupak izračuna površina preklopa .....                                                         | 65 |
| 8.3.1. Izračun potrebnog broja prohoda za obradu prosječne parcele .....                               | 66 |
| 8.3.2. Izračun pojedinih površina i ukupne površine preklopa na prosječnoj parceli...68                |    |
| 9. REZULTATI I RASPRAVA.....                                                                           | 70 |
| 9.1. Površina preklopa pri proizvodnji pšenice i ječma.....                                            | 71 |
| 9.1. Količina preklopa pri ukupnoj proizvodnji .....                                                   | 75 |
| 9.2. Mjere poboljšanja .....                                                                           | 76 |
| 10. ZAKLJUČAK.....                                                                                     | 78 |
| 11. POPIS LITERATURE .....                                                                             | 79 |
| 12. SAŽETAK .....                                                                                      | 81 |
| 13. SUMMARY .....                                                                                      | 82 |
| 14. POPIS TABLICA.....                                                                                 | 83 |
| 15. POPIS SLIKA.....                                                                                   | 84 |

## 1. UVOD

Primjena novih tehnologija ključan je čimbenik koji uvelike utječe na gotovo sve aspekte bavljenja određenom djelatnošću. Tehnologija, uz upotrebu točnih i na vrijeme prikupljenih informacija o predmetu kojim se određena djelatnost bavi te kvalitetnim modelom upravljanja, u većini slučajeva, rezultira povećanjem kvalitete, smanjenim utroškom radnih sredstava te povećanjem obima proizvodnje.

Iako se na neke specifične čimbenike poljoprivredne proizvodnje ne može utjecati, poput klimatskih utjecaja na određenom području, postoji velik broj naoko nerješivih problema koji zahtijevaju kvalitetno provedenu analizu problema i u nekim slučajevima dodatna ulaganja u određene postupke ili tehnologije.

Geoinformacijski sustav, eng. Geographic Information System (dalje u tekstu GIS) relativno je novi pojam. Pojavio se pojavom računala, kao i ostali informacijski sustavi. GIS (Jurišić i Plaščak, 2009.) predstavlja skup povezanih objekata i aktivnosti koji svojim međuodnosima služe donošenju odluka pri upravljanju nekim prostornim aktivnostima. GIS se može smatrati tehnologijom ili strategijom za obradu informacija, a svrha mu je unaprijediti donošenje odluka koje su na bilo koji način u svezi s prostorom. Prema Jurišić i Plaščak (2009.). GIS više nije skupa tehnologija, ograničena za znanstvenu i vojnu upotrebu, već je postao raširen sustav koji se koristi i u svakodnevnom životu, primjerice, sustav za globalno pozicioniranje (GPS).

U budućnosti će gotovo svim poljoprivrednim gospodarstvima biti omogućeno korištenje informacijskih tehnologija poput globalnog pozicijskog sustava (GPS-a), geografskih informacijskih sustava (GIS-a) te tehnologija precizne poljoprivrede i sustava navigacije. Poljoprivredni proizvođači, kao osobe čija bi proizvodnja trebala biti konkurentna na tržištu, trebali bi prepoznati važnost uporabe informacijskih i navigacijskih tehnologija.

Rad je pisan s ciljem prezentacije informacija o uporabi geoinformacijskih i navigacijskih tehnologija u poljoprivrednoj proizvodnji čiji je cilj racionalnije gospodarenje prirodnim resursima te posljedično smanjenje nepotrebnih troškova, povećanje proizvodnje agroekosustava izborom optimalnog načina uporabe te smanjenje gubitaka resursa, poput gubitka tla ili zagađenja pitke vode uslijed neprimjerenog gospodarenja.

## 2. PREGLED LITERATURE

Brkić i sur., (2005.) ističu kako je velika i stalna potreba za hranom uvjetovala progresivan razvoj tehnologija poljoprivrednih proizvodnji, a time i razvoj sredstava poljoprivredne mehanizacije. Pojava sve savršenijih i sofisticiranijih strojeva zahtijeva njihovo optimalno korištenje, što je uvjet postizanja veće produktivnosti rada i u konačnosti jeftinije hrane. Autori navode kako je suvremena opremljenost imanja sredstvima mehanizacije karakterizirana racionalnim opremanjem imanja u kvalitativnom i kvantitativnom smislu, stalnim praćenjem razvoja novih tehnologija, organiziranjem rada u više smjena te obavljanjem radova u agrotehničkom roku i korištenju novih mogućnosti upravljanja.

Jurišić i Plaščak (2009.) navode kako 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. Uz to, ističu kako konvencionalno ratarstvo tretira tlo i biljke na naoko homogenoj površini na temelju prosječnih faktora, dodajući tomu i određenu količinu tvari kao osiguranje. Ovakve mjere nisu niti ekonomske niti ekološki prihvatljive.

Prema URL1 napredni farmeri u razvijenim poljoprivrednim zemljama već redovito primjenjuju neku od tehnoloških mogućnosti precizne poljoprivrede. Tako danas u Francuskoj 10% farmera koristi neki od sustava precizne poljoprivrede. Nekoliko velikih poljoprivrednih tvrtki u Hrvatskoj slijedi suvremene trendove primjene visokorazvijene tehnologije poljoprivredne proizvodnje pri čemu se koriste najmoderniji strojevi i oprema, ali to je još uvijek mali postotak. Većina obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava još uvijek nemaju ni osnovne pretpostavke za primjenu postupaka precizne poljoprivrede.

Proizvođači navigacijskih uređaja za poljoprivredu ističu kako je ovakvim sustavima moguće smanjenje utroška repromaterijala i količine preklapanja pri radu u polju. Osim toga, ovakvi sustavi doprinose boljem iskorištenju radnog vremena.

Prema istraživanjima koja su proveli Marković i sur. (2011.) primjenom najsuvremenijih tehničkih sustava za satelitsko navođenje i automatsko upravljanje na

poljoprivrednim proizvodnim površinama poljoprivredne korporacije Beograd postigla visoka ušteda i to uglavnom preciznijim uklapanjem prohoda. Uzimajući u obzir sve poljoprivredne operacije tijekom sezone, postigla se ušteda od 301 980 € na poljoprivrednoj površini od 18 959 hektara.

## **2.1. Geografski informacijski sustav i primjena u poljoprivredi**

Jedna od često citiranih definicija GIS-a iz izvještaja "Handling Geographic Information" HMSO 1987. kaže da je to sustav za prikupljanje, spremanje, provjeru, integraciju, upravljanje, analiziranje i prikaz podataka koji su prostorno povezani sa Zemljom. U taj sustav obično je uključena baza prostornih podataka i odgovarajući programi (Jurišić i Plaščak 2009.).

Definicije GIS-a zasnovane na GIS-u kao sredstvu za rad:

GIS je moćan skup sredstava za prikupljanje, pohranjivanje, pretraživanje po potrebi, transformacije i prikazivanje prostornih podataka iz stvarnog svijeta (Burrough, 1986.).

Definicije GIS-a zasnovane na bazama podataka:

GIS je sustav baza podataka u kojem je većina podataka prostorno indeksirana i nad kojima se upravlja nizom postupaka kako bi odgovorili na upite o prostornim entitetima koji se nalaze u bazama (Smith i dr., 1987.).

GIS je bilo koji niz postupaka zasnovanih na ručnoj ili računalnoj obradi, koji se koristi za spremanje i upravljanje geografski referenciranim podacima (Arnoff, 1989.).

Definicije GIS-a u smislu organizacije:

GIS je automatizirani skup funkcija koje stručnjacima omogućuju napredne mogućnosti pohranjivanja, pretraživanja, upravljanja i prikazivanja geografski lociranih podataka (Ozemoy i dr., 1981.).

GIS je sustav podrške u odlučivanju koji obuhvaća integraciju prostorno referenciranih podataka u okruženje za rješavanje problema (Cowen, 1988.).



Osim kapitalnim ulaganjima poboljšanje proizvodnje određenog gospodarstva moguće je i kvalitetnijim sustavom upravljanja odnosno pravilnom strategijom gospodarenja. Kako bi se dobio uvid u stvarno stanje gospodarstva i iskoristila većina rezervi koje se javljaju pri proizvodnji neophodno je da poljoprivrednik odnosno vlasnik gospodarstva veliku pozornost usmjeri na pravilno prikupljanje i informiranje podacima koji su mu dostupni. Ovi podaci mogu obuhvaćati podatke o stanju poljoprivrednih površina, podatke o stanju poljoprivredne mehanizacije (izračun potrebe i usporedba sa stvarnim stanjem), podatke o količini potrebnih hraniva i količini zaštitnih sredstava, podatke o potrebnoj radnoj snazi, količini oborina, prosječnim temperaturama, agrotehničkim rokovima i sl. Na osnovu ovakvih podataka moguće je procijeniti stanje i izraditi plan odnosno strategiju upravljanja. Prema navedenom, vidljivo je da u poljoprivredi dolazi do potrebe organizacije velikog broja podataka koji izravno utječu na upravljanje proizvodnjom te je neophodno analizirati i kvalitetno prikazati stvarno stanje sustava. Na ovaj način moguće je prepoznati dijelove sustava koji bi se mogli unaprijediti odnosno dijelove sustava koji pokazuju mogućnosti poboljšanja, kao i one dijelove sustava koji zadovoljavaju u potpunosti.

Konkurentnost na tržištu moguće je ostvariti sustavnim praćenjem suvremenih trendova poljoprivrednih gospodarstava razvijenih zemalja uz kvalitetno provedenu analizu gospodarstva i provođenja mjera poboljšanja. Uporabom GIS tehnologija moguće je maksimizirati prihode odnosno smanjiti rashode te kvalitetnije upravljati proizvodnim površinama. GIS nije samo sustav za grafički prikaz prostornih i opisnih podataka, već predstavlja analitički alat koji služi boljem razumijevanju i donošenju odluka te je osobito koristan za primjenu u poljoprivredi.

Uvođenje GIS tehnologija potpomognuto je i zakonima EU koji sve više zahtijevaju uvođenje GIS tehnologija na proizvodne površine kako bi se izgradio identifikacijski sustav poljoprivrednih parcela. Ovi sustavi identifikacije, osim što služe za korištenje potpornih sredstava, omogućuju i zahtijevaju bolju evidenciju korištenja poljoprivrednih proizvodnih površina. Točnost lokacije i veličine proizvodne površine te kontrola proizvođača važan su čimbenik ovakvih sustava koji mora biti popraćen odgovarajućom dokumentacijom odnosno poslovnim knjigama. Važno je naglasiti i ekološku narav ovakvih sustava budući da se zakoni sve češće odnose na provođenje mjera dobre poljoprivredne prakse.

## 2.2. Klasifikacija GIS-a prema namjeni

Prema Jurišić i Plaščak (2009.) nastajanje većeg broja i oblika GIS-a uvjetovano je rješavanjem raznovrsnih problema u različitim disciplinama, te je neophodna klasifikacija. Prema namjeni razlikujemo:

- Zemljišni informacijski sustav (ZIS-LIS)
- Prostorni informacijski sustav (AIS)
- Informacijski sustav u ekologiji (EIS)
- Mrežni informacijski sustav (NES)
- Specijalizirani informacijski sustav (SIS)

### Zemljišni informacijski sustav (ZIS-LIS)

Odnosi se na egzaktno geometrijsko obuhvaćanje zemljišta i svih podataka vezanih za zemljište. Osnovu LIS-a čini jedinstveni koordinatni sustav za memoriranje podataka koji olakšava povezivanje s drugim memoriranim podacima koji se također odnose na teren. Navode se neke osnovne značajke ZIS-a s aspekta GIS tehnologije, a to su prikupljanje, obrada, analiza i prezentacija uz ograničeno i u uskom cilju podređeno modeliranje podataka te strogo upravljanje podacima uz visoke zahtjeve sigurnosti i zaštite podataka. Podatci moraju biti isključivo vektorski orjentirani. Osnovno polje primjene su premjer i katastar zemljišta.

### Prostorni informacijski sustav (AIS)

Zadaća ovih sustava široka je i kreće se od obuhvaćanja i praćenja stanovništva, gospodarstva, prirodnih resursa, naselja, pa do donošenja razvojnih programa. Osnovne značajke ovih sustava su: prikupljanje, obrada, analiza i prezentacija kao podjednako zastupljene komponente, slobodno objektno modeliranje podataka, permanentno prikupljanje podataka, visoka interakcija, visoki zahtjevi u pogledu vizualizacije te pokrivanje oblasti srednjih i sitnih razmjera. Najčešći primjeri primjene su: programi uređenja prostora, donošenje i sprovođenje regionalnih prostornih planova, programi komunalnog razvoja i službena statistika.

### Informacijski sustav u ekologiji (EIS)

Korisnici ovih informacijskih sustava su stručnjaci za područje zaštite šuma, područje zaštite voda, biotopolozi, geolozi, prostorni planeri i ostali. Osnovne značajke ovog sustava su: prikupljanje, obrada, analiza i prezentacija kao podjednako zastupljene komponente, hibridno modeliranje podataka, permanentno prikupljanje vektorskih i rasterskih podataka, dominacija opisnih podataka, povezivanje različitog tematskog sadržaja s prostornim podacima kao i pokrivanje oblasti srednjih i sitnih razmjera s napomenom kako se u specijalnim slučajevima mogu formirati i za oblasti krupnih razmjera. Veliku važnost predstavlja uporaba satelitskih snimki. Osnovni primjeri primjene su klasifikacija zemljišta prema uporabi, određivanje tipa kulture/vegetacije, ukupne zelene mase, vlažnost i vitalnost vegetacije, tla i ostalo.

#### Mrežni informacijski sustav (NES)

Pokrivaju široku grupu GIS korisnika. Najznačajnije karakteristike su: prikupljanje, obrada, analiza i prezentacija kao podjednako zastupljene komponente, dominacija vektorskih podataka, dominacija funkcija mrežne analize, puno opisnih podataka te pokrivanje oblasti krupnih razmjera, ali se u specijalnim slučajevima koristi i opseg srednjih razmjera. Čest je slučaj da se NES oslanja na katastar zemljišta kao geometrijsku osnovu, stoga se često navodi kao podsustav ZIS-a (Jurišić i Plaščak, 2009.).

#### Specijalizirani informacijski sustav (SIS)

Predstavljaju jednu posebnu klasu GIS-a koji se razvijaju za posebne specijalizirane primjene, a pri tomu se ne ubrajaju niti u jednu od prethodno pobrojanih kategorija.

Zajednička je značajka svih nabrojanih sustava ograničena funkcionalnost zbog specifičnosti primjene GIS-a (Jurišić i Plaščak, 2009.).

## **2.2. Klasifikacija GIS-a prema mjerilu**

S gledišta geodezije, svi informacijski sustavi u prostoru mogu se podjeliti na sitnorazmjerne i krupnorazmjerne informacijske sustave (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Najznačajnija odlika sitnorazmjernih informacijskih sustava je geokodirani GIS. U osnovi ovih informacijskih sustava je rasterska tehnologija.

Krupno razmjerni informacijski sustav odlikuje se relacijskom organizacijom podataka koja u svojoj osnovi ima parcelu. U osnovi ovih informacijskih sustava je vektorska tehnologija.

### 3. PRECIZNA POLJOPRIVREDA

Precizna poljoprivreda (Precision agriculture ili Precision farming) je sustav upravljanja poljoprivrednom proizvodnjom koji se odlikuje primjenom novih tehnologija i načela pri upravljanju poljoprivrednim gospodarstvima. Precizna poljoprivreda obuhvaća novorazvijene tehnološke i strateške odluke koje pridonose optimizaciji poljoprivredne proizvodnje. Iako su se pojmovi kao što su sateliti, GIS, GPS, senzori i računala u prošlosti teško mogli zamisliti vezani uz poljoprivrednu proizvodnju, danas smo svjedoci upravo uporabe tih "novih" tehnologija u poljoprivrednoj proizvodnji. Novo razvijeni tehnološki sustavi nam daju precizne informacije omogućujući nam uvid u prostornu promjenjivost karakteristika zemljišta, što znači da više ne možemo tretirati tlo kao homogenu površinu na temelju prosječnih faktora, kao što se to radi u konvencionalnom ratarstvu.

Ciljevi primjene precizne poljoprivrede su:

- smanjenje negativnog utjecaja na okoliš (prekomjerno korištenje kemijskih sredstava),
- ušteda repromaterijala, odnosno radnih sredstava,
- ostvarenje većih prinosa (veća dobit),
- poboljšavanje kvalitete proizvoda,
- smanjenje obima rada ljudi,
- uštede u radnom vremenu,
- dokumentiranje procesa proizvodnje,
- stvaranje kvalitetnog radnog kadra,
- smanjenje preklapanja,
- praćenje stanja i razvoja usjeva.

Ostvarenje ciljeva precizne poljoprivrede omogućeno je stvaranjem kvalitetnih strategija gospodarenja, primjenom novih tehnologija te stvaranjem obučenih radnih kadrova koji su u mogućnosti izvesti kvalitetno prikupljanje informacija, provedbu analize, donijeti zaključak o uzročno posljedičnim vezama te primijeniti znanje u praksi.

Kako bi mogli primijeniti sustave precizne poljoprivrede neophodno je slijedeće:

- kvalitetno prikupljanje, obrada i primjena podataka,
- uporaba visokosofisticiranih strojeva i uređaja,

- kvalitetan radni kadar,
- uporaba suvremenih tehnologija pri obradi tla, sjetvi, gnojidbi, zaštiti te žetvi,
- uporaba navigacije i sustava poluautomatskog i automatskog vođenja strojeva.

### **3.1. Prikupljanje podataka u sustavu precizne poljoprivrede**

Za primjenu precizne poljoprivrede potrebno je prikupiti podatke, kvalitetno ih obraditi te na kraju primijeniti te podatke na samoj proizvodnoj površini. Prikupljanje podataka uglavnom se odnosi na uzimanje uzoraka i obavljanju kvalitetnih analiza tla, uvid u zdravstveno stanje biljaka, kartiranje prinosa, prikupljanje podataka o stupnju zakorovljenosti i ishranjenosti biljaka. Uz to, prikupljanje podataka može obuhvaćati i primjenu satelitskih i aviosnimaka odnosno daljinsku detekciju. Pri prikupljanju podataka koriste se različiti senzori te uređaji koji primjenom GPS tehnologije određuju lokaciju samog stroja ili uređaja na parceli te mjesta samog uzorkovanja ili aplikacije. Neki sustavi omogućuju prikupljanje podataka uz istovremeno apliciranje određenih sredstava na proizvodnoj površini (različiti senzori na poljoprivrednim strojevima), dok drugi sustavi zahtijevaju unaprijed osmišljene strategije koje će se u budućnosti primijeniti na proizvodnim površinama (uzorkovanje i analiza tla, izrada poljoprivrednih karata i dr.)

Prikupljanje, obrada i primjena podataka za preciznu poljoprivredu obično se sastoji od nekoliko postupaka i metoda od kojih su važniji:

- pravilno uzorkovanje tla,
- kvalitetno provedena analiza tla,
- prikupljanje podataka daljinskom detekcijom (podatci o stanju usjeva, zakorovljenosti, procjene usjeva i sl.),
- prikupljanje podataka skenerima tla,
- kartiranje površina,
- prikupljanje podataka mobilnim GPS uređajima.

### 3.1.1. Uzimanje uzoraka i analiza tla

Prema URL3 analiza tla neophodna je mjera kojom se utvrđuje stanje hranjiva u tlu. O agrokemijskoj analizi tla ovisi preporuka gnojidbe. Da bi analiza bila pouzdana potrebno je pravilno uzeti uzorak tla. Uzorci se uzimaju nakon žetve ili berbe usjeva obavezno prije gnojidbe. Najpogodnije vrijeme za uzimanje uzoraka je kada je tlo toliko vlažno da se može orati. Prije uzimanja uzoraka obavlja se izdvajanje parcela s kojih će se uzeti prosječan uzorak. Važno je voditi računa o jednoličnosti (bez depresija, bez nagiba, ista predkultura..) i veličini parcele. Veličina parcele prosječno iznosi 2 ha. Može biti manja ako parcela nije jednolična ili veća ako je parcela jednolična (od 3 do 5 ha). Prilikom uzimanja uzoraka treba izbjegavati mjesta u blizini putova i zgrada te rubova parcela i mjesta gdje je bilo deponirano gnojivo u bilo kojem obliku.

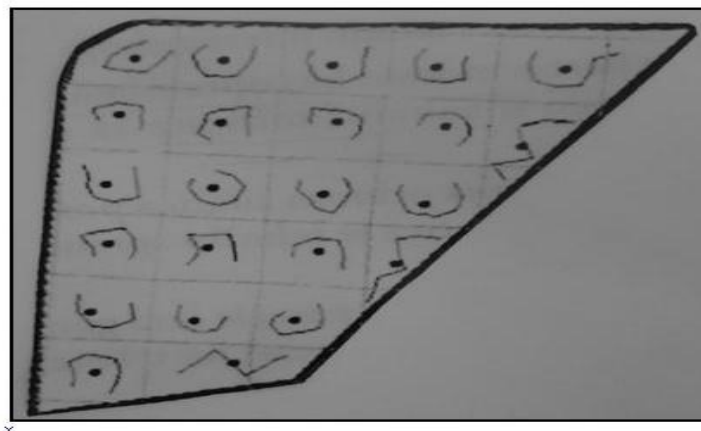
Jedan prosječan uzorak predstavlja 20-ak pojedinačnih uzoraka tla (20-ak uboda sondom ili štihačom). Pojedinačni uzorci se uzimaju prolazeći parcelu dijagonalno ili po shemi cik-cak. Svi pojedinačni uzorci se usitne i dobro izmješaju u kantama. Iz ukupne mase tla sa svake dubine izdvoji se oko 1 kg i stavi u čistu PVC vrećicu što predstavlja prosječan uzorak koji se šalje zajedno sa ispunjenim zapisnikom u laboratorij.

Dubina do koje se uzimaju uzorci:

- ratarske kulture – dubina uzimanja uzorka iznosi 0- 30 centimetara,
- livade i pašnjaci – dubina uzimanja uzorka iznosi 0-20 centimetara,
- višegodišnji nasadi- dubina uzimanja uzoraka iznosi 0-30 i 30-60 (iz istog mjesta),

Za razliku od uzorkovanja malih površina, na velikom slogu ograniče se različito velike površine rastera (1- 5 ha) s odgovarajućom veličinom detalja koju želi naručitelj. Na tim površinama uzimaju se pojedini uzorci (cca 12-16) i načine se mješavine uzoraka. Po pravilu, osoba koja uzima uzorke prijede stazu (trag) u obliku slova U kako to prikazuje i slika 1. Iz koordinata mjesta uzimanja uzorka, software generira središte uzorkovanja (središte traga). Uzeta mješavina uzoraka se nakon toga analizira u laboratoriju. Rezultati analize o pojedinim hranivima i drugim karakteristikama tla se pridruže (atribuiraju) u obliku digitalne tablice geokoordinatama stvorenih središta tragova. Rezultati se nadalje obrađuju u GIS-u. Da bi se iz ispitanih izraženih obilježja središta traga proizvela karta

hraniva, izražena se obilježja na mjestima polja koja nisu uzorkovana interpoliraju (izračunaju) po posebnom postupku (Jurišić i Plaščak, 2009.).



Slika 1. Uzorkovanje tla velike površine.

Pomoću analize tla određuje se kolika je količina elemenata u uzorku tla, na način da se kemijskim postupcima utvrđuje kvantiteta elemenata te njihova fizikalna, biološka i kemijska svojstva koja su važna za ishranu biljaka. Analize tla bi se trebale provoditi svake, a ukoliko to nije tako barem svake četiri godine.

Vukadinović i sur. (1997.) navode kao dobro izvješće agrokemijskog laboratorija o izvršenoj analizi tla mora sadržavati sljedeće podatke:

- podatke o parceli (mjestu uzorkovanja) kao što su lokacija, ime parcele, veličina, datum uzorkovanja, pretkultura, prethodna mineralna i organska gnojiva i sl.,
- rezultate fizikalno-kemijskih analiza tla; osnovna analiza mora sadržavati rezultate o pH, sadržaju fosfora, kalija, kalcija, organske tvari i adsorpcijskom kompleksu, kao i rezultate analize drugih hraniva (mikroelementi,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$  itd.), mehanički sastav, zaslanjenost i sl.,
- procjenu opskrbljenosti tla (uključujući napomene o manjku, suvišku ili drugim limitirajućim činiteljima),
- preporuku gnojidbe (potrebnu količinu pojedinih hranjivih elemenata i doze gnojiva) za pojedine usjeve i njihove planirane (ciljne) visine prinosa utemeljene na agroekološkim uvjetima proizvodnje (tip tla, primijenjena agrotehnika, predusjev i sl.) te ekonomskim promišljanjima,



- ciljnu visinu prinosa utemeljenu na agroekološkim uvjetima proizvodnje (tip tla, primijenjena agrotehnika, predusjev i sl.) te ekonomskim promišljanjima,
- preporuku eventualno potrebne kalcizacije,
- opaske i dopunsku interpretaciju fizikalno- kemijskih analiza.

### **3.1.2. Prikupljanje podataka daljinskom detekcijom**

Primjenom daljinskih istraživanja u poljoprivredi omogućeno je:

- praćenje stanja usjeva (zdravstveno stanje i problemi u razvoju),
- smanjenje uporabe kemikalija (ciljana intervencija),
- kartiranje poljoprivrednih kultura,
- obavljanje procjene usjeva,
- utvrđivanje potreba za vodom i hranjivima,
- izbor povoljnih lokacija za pojedine kulture,
- utvrđivanje šteta od prirodnih nepogoda,
- brzo prikupljanje kvalitetnih informacija za donošenje odluka.

Prikupljanje podataka satelitskom detekcijom brz je i ekonomičan proces pribavljanja potrebnih podataka koji se temelji na mogućnostima mjernih elemenata satelita (poput multispektralnih kamera i različitih senzora) da prepoznaju način na koji vegetacija reflektira i apsorbira elektromagnetsko zračenje. Usporedbom odaslanih elektromagnetskih zraka te prikupljanjem i analiziranjem povratnih informacija senzorski elementi u stanju su procijeniti količinu klorofila ili nekih drugih mjernih informacija potrebnih za proučavanje promatrane vegetacije. Satelitska detekcija osobito je pogodna za primjenu u poljoprivredi budući da su površine pod poljoprivrednim kulturama obično velike te nije moguće na drugi način obaviti takvo kvalitetno promatranje stanja usjeva.

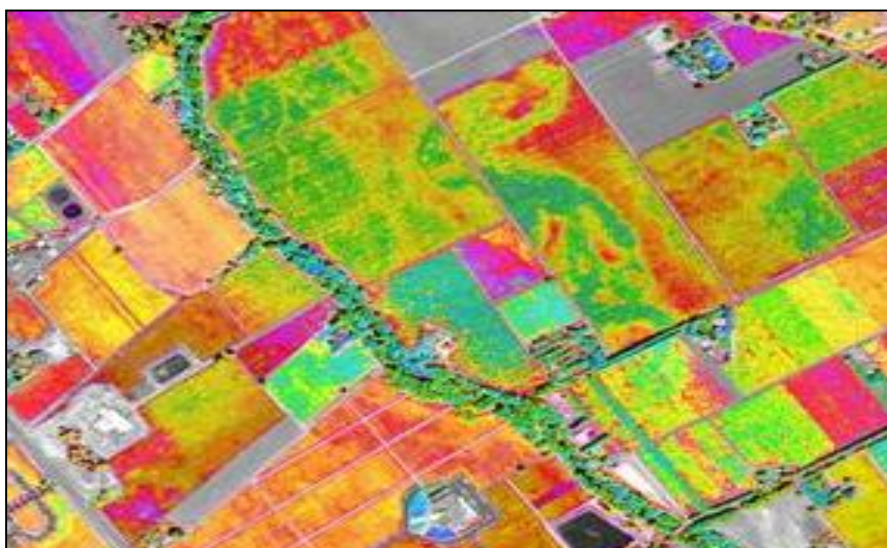
Satelitskom detekcijom obrađuju se dva različita spektra kako bi se dobio uvid i prepoznalo biljke na poljoprivrednim površinama. Prvi spektar čini vidljivi dio svjetlosti, a drugi kratkovalno infracrveno zračenje. Biljka koja apsorbira i reflektira određene dijelove svjetlosti zapravo informira sustav senzora radi li se o biljci ili o nekom drugom predmetu te o stanju promatranog usjeva.

Osobito se korisnim pokazalo praćenje stresa biljaka putem daljinske detekcije jer stres izravno utječe na prinos. Nadalje, ljudsko oko nije u stanju uvijek primijetiti simptome stresa, osobito u ranim fazama nepovoljnih uvjeta. Ovisno o uzroku stresa, simptomi mogu biti vidljivi na cijelom polju ili samo na dijelovima polja. Uzroci stresa mogu biti nedostatak hraniva, suša, nedostatak svjetlosti, toplotni udar, mrazevi, prevelika količina vode na polju, tuča, jaki vjetrovi, bolest, ili napad štetočina.

Budući da je klorofil indikator stresa kod biljaka daljinska promatranja stresa kod biljaka temelje se na mjerenju količine klorofila. Iako se logički čini da se razina klorofila može najbolje opaziti mjerenjem refleksije zelenog spektra elektromagnetskog zračenje, to nije slučaj u praksi.

Mjerenje količine klorofila u biljkama obavlja se prikupljanjem podataka o crvenom i kratkom infracrvenom dijelu spektra. Što je više klorofila to će apsorpcija crvenog dijela spektra biti veća, a refleksija manja. Na taj način uređaji za registriranje elektromagnetskog spektra na satelitima mogu doći do informacija o stanju biljaka analizirajući dio signala koji se odbija od biljke.

Slika 2. prikazuje način na koji sateliti interpretiraju reflektirane elektromagnetske valove. Zdrave biljke prikazane su zelenom bojom dok se biljke pod stresom kreću od žute (blagi stres) do crvene (veliki stres). Ovakvi prikazi osim samog pregleda stanja biljaka mogu poslužiti i za preventivno liječenje biljaka budući da su satelitski senzori u stanju rano otkriti promijene koje su nevidljive ljudskim okom.



Slika 2. Satelitski prikaz zdravlja biljaka.

### **3.1.3. Prikupljanje informacija pomoću karte prinosa**

Karte prinosa površinski prikazuju utjecaj primijenjenih postupaka pri uzgoju biljaka na prinos. Računala prilikom žetve bilježe prinos na način da povezuju informacije o točnoj lokaciji (pomoću GPS/DGPS prijemnika) i podatke prikupljene senzorima prinosa. Senzori prinosa informacije o stanju uroda prikupljaju na različite načine poput mjerenja obujma proteklog zrna pomoću senzora, mjerenja električnog impulsa nastalog udarom o senzorske komponente sustava pri protoku ili nekim drugim izvorima prikupljenih podataka o protoku. Uz to, neophodno je da je kombajn opremljen senzorima za mjerenje vlage zrna. Ovako prikupljeni podatci predstavljaju sirove podatke koji se zatim prenose na obradu pomoću „USB sticka“ ili nekog drugog medija za prijenos podataka. Ispravljanje grešaka i prebacivanje u format čitljiv GIS-om predstavlja sljedeći korak pri obradi podataka. Idući korak je određivanje veličine rastera i filtriranje nepotrebnih podataka. Varijabilnost u prinosu na kartama se prikazuje različitim bojama. Osim različite boje pojedinih dijelova karte, ovisno o količini prinosa, važno je da karta sadrži točnu legendu koja predstavlja kvantitetni podatak o količini prinosa. Karte prinosa se zatim mogu koristiti za daljnje analize koje će prikazati što je uzrok određenog slabog uroda na nekim dijelovima polja te za izradu karti hraniva pomoću određenih softvera.

### **3.1.4. Prikupljanje podataka mobilnim GPS uređajima**

Točnost informacija prikupljenih ovakvim sustavima uglavnom su ograničene na stručno znanje prikupljača podataka u polju. Pri ovakvom prikupljanju podataka promatrač je opremljen DGPS/GPS prijemnikom i mobilnim računalom koji sadrži odgovarajući softver za prikupljanje podataka. Razina znanja ne mora biti visoka samo u području primjene GIS tehnologija, već osobito i u znanju o obilježju koje treba prikupiti. Prikupljanje podataka na ovaj način koristi se za procjene stanja zemljišta odnosno procjenu zakorovljenosti usjeva. Visoka razina znanja je potrebna zbog nehomogenosti raširenosti određenih pojava koje se trebaju obilježiti. Čest je slučaj da su pojedini dijelovi parcele više ili manje skloni pojavi korova, bolesti ili stresu. Budući da je to tako promatrač mora biti u stanju procijeniti i pomoću GPS i GIS metoda omeđiti površine koje je potrebno tretirati.

Ovakve prikupljene informacije o stanju zakorovljenosti moguće je obraditi GIS postupcima te dobiti kartografski prikaz rasprostranjenosti korova na poljoprivrednoj

proizvodnoj površini. Nadalje, takve karte mogu biti unesene u navigacijske uređaje i računala strojeva koji su onda u stanju primijeniti te podatke pri aplikaciji sredstava na poljima. Na područjima koja su označena kao vrlo zakorovljena, moderni strojevi za aplikaciju zaštitnih sredstava osiguravaju veću količinu izbačenog sredstva nego na onim dijelovima polja koja ne pokazuju znakove veće zakorovljenosti.

### **3.1.5. Prikupljanje informacija skenerima tla**

Ovaj postupak zahtjeva uporabu kvalitetnih, ali skupih uređaja kojima se princip rada temelji na skeniranju heterogenosti tla. Ovakvi uređaji izvedeni su kao priključni strojevi ili samostalna oruđa koja za prikupljanje podataka o tlu koriste metode poput bezkontaktnih ili kontaktnih postupaka prikupljanja podataka. Budući da su cijene ovakvih uređaja vrlo visoke, ovakvu opremu koriste samo najveći proizvođači. Za korištenje ovakvih sustava mali proizvođači bi se trebali organizirati te sudjelovati u nabavci ovakvog uređaja zajedno.

Ovakvi uređaji dopuštaju prikupljanje informacija o pH tla, mehaničkom sastavu tla te elektroprovodnosti tla. Prikupljene informacije, uz kvalitetno provedenu analizu i uzorkovanje tla, te bilježenje točne lokacije prilikom rada ovakvih uređaja dopuštaju uvid u stanje našeg tla te doprinose metodama kvalitetnog upravljanja proizvodnim površinama (Slika 3.).



Slika 3. Mehanički skener tla.

### **3.2. Obrada i primjena podataka u sustavu precizne poljoprivrede**

Nakon prikupljanja podataka slijedi obrada podataka. Prikupljeni podatci se obrađuju uglavnom na način da se pretvaraju u prikladan format koje strojni sustavi mogu prepoznati. Pri obradi podataka se najčešće dobiju karte koje služe za predočavanje pojedinih svojstava polja ili nekog drugog predmeta obrade. Karte nastale na ovaj način služe vizualnom predočavanju promatranih svojstava te u sebi nose točnu lokaciju neke vrijednosti (npr. podatak o sadržaju kalija ili nekog drugog elementa u tlu- karta hranjiva, karte prinosa). Karte omogućuju prikaz sadržaja važnih hranjiva pri uzgoju neke kulture. Pri izradi poljoprivrednih karata hranjiva potrebno je povezati određeno obilježje koje ispituje s geokoordinatama DGPS/GPS prijemnika. Spajanje mjernih vrijednosti i geokoordinata obavlja se nakon kemijske analize tla. Rezultat je površinski prikaz jednog svojstva na polju. Slijedeći korak je primjena podataka, odnosno prijenos podataka u poljoprivredne strojeve koji pomoću GPS-a i računalnih sustava prepoznaju i uvažavaju trenutnu situaciju te primaju naredbe o potrebnoj količini izbačenog materijala na točno određenom mjestu na parceli.

### **3.3. Primjena visokosofisticiranih poljoprivrednih strojeva i uređaja**

Precizna poljoprivreda, osim prikupljenih točnih informacija, zahtjeva i korištenje novo razvijenih poljoprivrednih strojnih sustava koji se odlikuju preciznošću rada. Ovakvi strojevi obično su opremljeni računalima te sustavima koji omogućuju kontrolu i dokumentaciju provedenih postupaka. Iako su ovakvi strojevi i oprema vrlo skupi, važno je prepoznati ulogu ovakvih sustava na našim poljima, budući da je bavljenje preciznom poljoprivredom nemoguće bez kvalitetnih strojeva.

Proizvođači opreme i sustava koji se integriraju u poljoprivredne strojeve sve se više posvećuju problemima moguće nadogradnje i kompatibilnosti sustava sa sustavima drugih proizvođača. Na ovaj način osigurava se da se računala, navigacijski prijemnici i oprema mogu kvalitetno spojiti na računalo ili upravljački sustav priključnog stroja ili nekog drugog uređaja. Time je osigurano smanjenje cijene hardvera u kabinama poljoprivrednih strojeva jer nije potrebno dodatno ulaganje u različite sklopove ili računala

koja omogućuju povezivanje sustava strojeva, ali i dopušta da se neki priključni strojevi ne moraju kupovati izričito jer imaju kompatibilan sustav kao i naš pogonski stroj.

Pojam "agrarna informacijska tehnologija" (AIT) odnosi se na upotrebu elektronike i računala u agrarnom sektoru. Pojam „elektronika i računala“ obuhvaćaju senzore, aktore, komunikacijski slijed (Bus System), upravljačke i regulacijske sklopke, mikroprocesore, procesna računala, osobna računala, agrarni software i telematske uređaje (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Priključni strojevi danas omogućuju i primjenu tehnologija koje omogućuju promjenjive količine izbačenog sredstva pri radu u polju ili automatsko otvaranje i zatvaranje dozatorskih organa čime se značajno pridonosi racionalnijoj uporabi repromaterijala i očuvanju okoliša.

Dva su osnovna razloga koja pridonose optimizaciji sredstava pomoću VRT tehnologije.

1. Uporabom VRT tehnologije moguće je primijeniti određene veće doze na one dijelove polja koje daju najveći povrat sredstava.
2. Reduciranje troškova ulaganja u one dijelove polja čiji je potencijal za povrat sredstava slab.

Ovo znači da na dijelovima polja koji ispitivanjima pokazuju da nije moguće izvršiti popravljivanje (loš sastav tla, podzemne vode i sl.) ne trošimo vrijeme i novac.

Osnovni zadatak automatizacijske tehnike strojeva za aplikaciju sastoji se u tome da se određena količina neke tvari raspodijeli po tlu bez obzira na brzinu vožnje. Ovo u jednu ruku zahtjeva mjerenje trenutno izbačene količine tvari (ista količina), a u drugu, mjerenje stvarne brzine gibanja (pomoću radara) bez obzira na klizanje koje nastaje na obrađivanoj površini. Iz dobivenih podataka mikrokontrolor izračunava odstupanje od zadane količine kao i korekcijski signal. Preko faktora (ventili, bypass sustav, izvršni motori) određuje se željeni protok tvari (Jurišić i Plaščak, 2009.).

VRT baziran na kartama najčešće se koristi pri aplikaciji mineralnih gnojiva i zaštiti bilja. Neki rasipači mineralnih gnojiva i prskalice uz to dopuštaju mogućnost gotovih karata koje se putem USB priključka uključuju na navigacijski prijemnik ili računalo stroja. Ovakvi sustavi imaju mogućnost precizne kontrole primjene određene doze određenog sredstva na parceli na točno određenom mjestu u polju. Točnost pozicije u

polju omogućena je primjenom GPS uređaja odnosno navigacije, dok se količina aplicirane tvari omogućuje varijabilnim dozama primjene. Karte su obično u rasterskom obliku te su podijeljene u raster- stanice s odgovarajućim geokoordinatama. Pri tome svaka raster- stanica ima određenu aplikacijsku vrijednost.

VRT baziran na senzorskom pristupu temelji se na mjerenju refleksije biljaka i analizi prikupljenih podataka. Strojevi opremljeni senzorima imaju obično uređaj za emitiranje svjetlosti. Prekidanje svjetlosne zrake uzrokuje aplikaciju sredstva na način da se elektronski signal šalje prema regulacijskom uređaju koji vrši otvaranje dozatorskih uređaja i vrši aplikaciju određene tvari. Važno je napomenuti da ovakvi uređaji ne moraju nužno biti opremljeni GPS sustavom budući da se aplikacija tvari odvija isključivo prema podatcima prikupljenim senzorima. Senzorski pristup se u praksi primjenjuje kod suzbijanja korova na poljoprivrednim površinama i dušično gnojenje.

Posebno sofisticiran sustav je uporaba N- senzora za dušično gnojenje. Sustav se temelji na mogućnosti senzora da prepozna količinu dušika potrebnu za gnojdbu mjereći svjetlosnu refleksiju kod biljaka odnosno razinu klorofila. Razina klorofila izravno utječe na refleksiju svjetla. Kao početna metoda vrši se uzorkovanje odnosno prikupljanju uzoraka refleksije zdravih biljaka senzorima kao što je to prikazano na slici 4. Ti podatci se zatim uspoređuju s refleksijama ostalih biljaka prilikom kretanja stroja za aplikaciju kroz polje. Ukoliko je vegetacijski indeks biljaka koje se skeniraju pri proходу strojem niži od granične vrijednosti prikupljene ranijim skeniranjem računalo vrši kalkulacije potrebne količine aplikacije da se dostigne povoljna vrijednost. Procesor računala šalje signal dozirnom uređaju koji zatim vrši aplikaciju. Na ovaj način moguće je vršiti primjenu odgovarajućih, većih doza na dijelovima polja koji pokazuju znakove veće denitrifikacije kako bi na svim dijelovima polja postigli optimalan prinos.



Slika 4. "OptRx" sustav za mjerenje refleksije biljke.



## **4. SATELITSKO VOĐENJE POLJOPRIVREDNIH STROJEVA**

### **4.1. GPS tehnologije**

GPS je kratica za globalni pozicijski sustav. Sustav za globalno pozicioniranje je prostorno bazirani navigacijski satelitski sistem koji pruža pouzdane podatke o vremenu i prostoru. Sustav funkcionira pomoću mreže satelita koja kontinuirano odašilje kodirane informacije pomoću kojih je omogućeno precizno određivanje položaja na Zemlji.

Osnovna zadaća GPS-a je precizno određivanje položaja točke na kopnu, moru, u zraku, u svemirskom prostoru bliskom zemlji, te određivanje trenutne pozicije i brzine (navigacija) pokretnog objekta (Jurišić i Plaščak, 2009.).

GPS se može upotrebljavati u područjima u kojima uređaj može primiti signal satelita, što znači da najčešće mjesta kao što su zgrade, špilje, tuneli, podzemne garaže i ostali zatvoreni objekti ne dopuštaju prolazak signala do samog uređaja te se tu ne mogu koristiti. Današnji GPS uređaji mogu dati točnost veću i od jednog metra, a skuplji uređaji i točnost veličine nekoliko centimetara. Uređaji koji se koriste za primanje satelitskih signala nazivaju se GPS prijemnici.

GPS danas služi kao pomoć u navigaciji te je koristan alat za izradu karata, zemljišnu izmjeru, trgovinu, znanstvene svrhe, praćenje i nadzor, kao i za različite vrste hobija. Poljoprivrednici, geolozi, geodeti i mnoštvo drugih stručnjaka obavljaju svoj posao mnogo učinkovitije, sigurnije, ekonomičnije i preciznije koristeći dostupne signale GPS sustava.

NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging, službeno ime Ministarstva obrane SAD-a za GPS) sastoji se iz tri osnovna segmenta:

- svemirski segment
- kontrolni segment
- korisnički segment

#### 4.1.1. Svemirski segment

Svemirski segment GPS-a se sastoji od 24 satelita raspoređenih u 6 ravnina s inklinacijom (nagibom prema ekvatoru) od  $55^\circ$ . Ti sateliti se gibaju u približno kružnim orbitama na visini od 20 180 km s vremenom rotacije od približno 12 zvjezdanih sati. Sateliti putuju brzinom od oko  $11\,000\text{ kmh}^{-1}$ . Sateliti su tako složeni u orbite da GPS prijamnik na Zemlji može uvijek primiti signal s barem četiri satelita. Prema izvješćima iz 2009. godine trenutno je aktivno 30 satelita. Dodatni sateliti poboljšavaju preciznost izračuna GPS prijamnika. Trenutno je oko 8 satelita vidljivo s bilo koje točke na Zemlji u bilo koje vrijeme.

Osnovni zadatak GPS satelita je odašiljanje radiosignala pomoću kojih se može mjeriti udaljenost između satelita i prijamnika (pseudoudaljenost).

Svaki satelit (slika 5.) emitira jedinstveni kod omogućujući GPS-prijamniku da identificira signale. Glavna svrha tih kodiranih signala je da omogući računanje vremena putovanja signala od satelita do GPS prijamnika na Zemlji. To se vrijeme također naziva vremenom dolaska. Vrijeme pomnoženo brzinom svjetlosti daje udaljenost od satelita do GPS-prijamnika. Navigacijska poruka (informacija koju satelit šalje prijamniku) sadrži orbitalnu i vremensku informaciju satelita, generalnu sistemsku statusnu poruku i ionosfersku korekciju. Postoje i signali koji se koriste za potrebe američke vojske te se ne koriste u civilne svrhe. Satelitski signali su vremenski upravljani preciznim atomskim satovima. Satelitski signali se odašilju veoma malenom snagom koja iznosi 20-50 W. Signal, budući da putuje kao zraka svjetlosti, prolazi kroz oblake, staklo i plastiku ali ne prolazi kroz čvrste objekte kao što su zgrade i planine.



Slika 5. Satelit u orbiti

Sateliti obično traju oko 10 godina. Kao izvor energije koriste solarnu energiju te imaju rezervne baterije koje ih održavaju u pogonu kada korištenje solarne energije nije moguće. Uz to, sadrže male raketne pogone koji osigurava pravilnu putanju. GPS sateliti teže u prosjeku oko 1000 kg, a širina im je oko 6 m kada su im rastegnuti paneli za prikupljanje solarne energije. Prvi GPS satelit lansiran je 1978. godine, dok je potpuna funkcionalnost sustava od 24 satelita postignuta 1994. godine.

### **Kontrolni segment**

Kontrolni segment čini pet kontrolnih stanica raspoređenih na Zemlji. Glavna zadaća ovih stanica je neprekidno praćenje gibanja GPS satelita. Te stanice kontinuirano prate i bilježe poruke odaslane sa satelita te ih prosljeđuje u glavni kontrolni centar na daljnju obradu. Precizno određivanje orbita, korigiranje putanja i satova te cjelokupnu koordinaciju obavlja glavna kontrolna postaja u Colorado Springsu. Navigacijski i vremenski popravci određuju se i odašilju satelitima nakon njihova prolaska iznad pratećih stanica.

### **Korisnički segment**

Korisnički segment predstavljaju svi korisnici sustava za globalno pozicioniranje i njihovi prijamnici. Postoje dvije osnovne skupine korisnika, autorizirane i neautorizirane. Autorizirane korisnike predstavlja vojska SAD-a, dok su u drugoj skupini svi ostali korisnici u Svijetu, bili civili ili vojska. Korisnički segment obuhvaćaju svi oni koji upotrebljavaju GPS prijamnik.

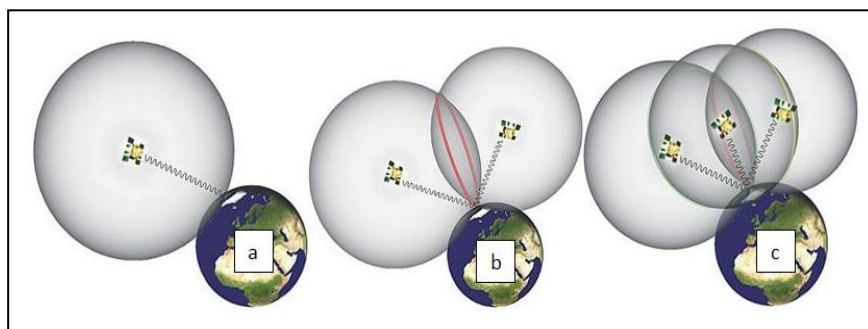
## 4.2. Princip rada GPS-a

GPS-prijamnik od satelita prikuplja dvije vrste kodiranih informacija. Jedan tip informacija, podaci iz almanaha, sadrže približni položaj satelita. Ti se podaci kontinuirano prenose i spremaju u memoriju GPS-prijamnika tako da on zna orbite satelita i gdje bi koji satelit trebao biti. Kako se sateliti miču uokolo, podaci iz almanaha se periodički ažuriraju novim informacijama. Svaki satelit može putovati malo izvan orbite, pa zemaljska stanica za praćenje prati orbite satelita, njihovu visinu, položaj i brzinu. Zemaljska stanica za praćenje šalje orbitalne informacije glavnoj kontrolnoj stanici, koja šalje satelitima ispravljene podatke. Ti ispravljani i egzaktni podaci o položajima nazivaju se "efemeride", vrijede do šest sati i šalju se GPS-prijamnicima u obliku kodiranih informacija (URL4).

Isti autori navode da kad GPS-prijamnik zna precizan položaj satelita u prostoru, još treba znati koliko su oni daleko kako bi mogao odrediti svoj položaj na Zemlji. Postoji jednostavna formula koja kaže prijamniku koliko je pojedini satelit daleko: udaljenost od satelita jednaka je brzini emitiranog signala pomnoženoj s vremenom koje treba da signal dođe do prijamnika ( $\text{brzina} \times \text{vrijeme putovanja} = \text{udaljenost}$ ). Koristeći osnovnu formulu za određivanje udaljenosti, prijamnik već zna brzinu. To je brzina radio valova - oko 300 000 kilometara u sekundi (brzina svjetlosti), s malim kašnjenjem zbog prolaska signala kroz Zemljinu atmosferu. Sada GPS-prijamnik treba odrediti vremenski dio formule. Odgovor leži u kodiranom signalu koji satelit odašilje. Emitirani kod naziva se "pseudoslučajni kod" jer sliči signalu šuma. Satelit generira pseudoslučajni kod, a GPS-prijamnik generira isti kod i nastoji ga prilagoditi kodu satelita. Prijamnik tada uspoređuje dva koda da bi odredio koliko treba zakasniti (ili pomaknuti) svoj kod kako bi odgovarao kodu satelita. To vrijeme kašnjenja (pomaka) množi se s brzinom svjetlosti da bi se dobila udaljenost. Sat GPS-prijamnika ne mjeri vrijeme tako precizno kao satovi satelita. Stavljanje atomskog sata u prijamnik učinilo bi ga mnogo većim i skupljim. Zato svako određivanje udaljenosti treba još ispraviti za iznos pogreške sata GPS-prijamnika. To je razlog što se određivanjem udaljenosti zapravo dobije pseudoudaljenost. Da bi se odredio položaj na temelju pseudoudaljenosti, treba pratiti najmanje četiri satelita i uz pomoć računanja ukloniti pogrešku sata GPS-prijamnika (URL 5).

Sada kada postoji spoznaja o položaju satelita i udaljenosti, prijamnik može odrediti svoj položaj. Potrebno je pretpostaviti je 19 000 kilometara udaljenost od nekog satelita

(Slika 6.a). Položaj prijamnika bit će negdje na zamišljenoj sferi (lopti) kojoj je satelit u središtu i polumjer 19 000 km. Pretpostavka je, nadalje, da je prijamnik 20.000 km od drugog satelita. Druga sfera siječe prvu u zajedničkoj kružnici (Slika 6.b). Ako se doda treći satelit, na udaljenosti 21 000 km, postojat će dvije zajedničke točke u kojima se sijeku sve tri sfere (Slika 6.c). Iako su moguća dva položaja, oni se znatno razlikuju po koordinatama. Za odluku o tome koja od dviju zajedničkih točaka daje stvarni položaj, trebat će unijeti približnu visinu u GPS-prijamnik. To će omogućiti prijamniku da izračuna dvodimenzionalni položaj (geografsku širinu i dužinu). Nadalje, uz pomoć četvrtog satelita, prijamnik može odrediti i trodimenzionalni položaj (geografsku širinu, dužinu i visinu). Pretpostavlja se da je udaljenost od četvrtog satelita 18.000 km. Sad postoji situacija da četvrta sfera siječe prve tri u jednoj zajedničkoj točki (Jurišić i Plaščak, 2009).



Slika 6. Određivanje položaja pomoću satelita a), b) i c).

#### 4.3. Navigacija poljoprivrednih strojeva

Satelitskom navigacijom omogućeno je da se zabilježe točni položaji poljoprivrednih strojeva i uređaja na poljoprivrednim površinama te da se omogući precizno kretanje strojeva pri obavljanju poljoprivrednih operacija. Razine točnosti odnosno preciznosti ovise o kvaliteti i mogućnosti samih navigacijskih uređaja, ali često i o kvalitetnom i preciznom signalu visoke točnosti. Kada govorimo o uporabi satelitske navigacije u poljoprivredi valjda istaknuti kako svrha ovakvih prijemnika nije klasična uporaba, kao u transportu robe ili sličnim djelatnostima, gdje se ovakvi uređaji koriste isključivo kao pomoć za pronalaženje određene rute ili određenih adresa. Navigacijski prijemnici korišteni u poljoprivredi moraju ispuniti zahtjeve visoke preciznosti, osobito pri automatskom vođenju strojeva pri obavljanju poljoprivrednih operacija poput mehaničkog

uništavanja korova gdje je potrebna razina točnosti čak do centimetar i manje. Uz postizanje visoke preciznosti navigacijski prijemnici za poljoprivredu odlikuju se i drugim sustavima integriranim u računalni sustav navigacije, a karakteristični su samo za poljoprivrednu djelatnost poput upravljanja i nadgledanja automatske kontrole sekcija, primjene varijabilnih doza aplikacije, unosa i interpretacije podataka sa digitalnih poljoprivrednih karata (karte tla, prinosa, gnojidbe i sl.)

Važan dio opreme strojeva čine DGPS/GPS prijemnici, odnosno navigacija kojom je omogućeno prikazivanje točne lokacije stroja u polju, prikaz pravca kretanja i obrade tla te omogućavanje štednje repromaterijala i vremena. Iako primarno nisu zamišljeni kao komercijalni sustavi koji će se koristiti u civilne svrhe, navigacijske tehnologije su pronašle put i do poljoprivrednih proizvođača. GPS i DGPS prijemnici postaju sve važnija sastavnica primjene novih tehnologija u poljoprivredi koja predstavlja temelj precizne poljoprivrede. Znanje o točnoj poziciji u polju vrlo je važan čimbenik koji pridonosi preciznosti pri obavljanju poljoprivrednih radova. Iako GPS prijemnik može primati signale nekoliko satelita istodobno, važno je istaknuti kako je za točno GPS pozicioniranje potreban signal barem 4 satelita. Što je više satelita u mogućnosti odaslati signal prema GPS prijemniku veća je točnost određivanja položaja. Preciznost ovakvih prijemnika je obično nekoliko desetaka centimetara čime je zadovoljena potreba za preciznosti u većini operacija. Kako bi povećali točnost GPS prijemnika potrebno je istodoban prijem korekcijskih signala drugih satelita.

Ovisno o izvedbi navigacijskih uređaja korištenih u poljoprivredi informacije o putanji mogu biti prikazane putem LED- dioda na Lightbar displeju (Light Bar Navigator-LBN) ili na zaslonu navigacijskog uređaja pomoću strelice ili nekog drugog vizualnog pomagala. Jedan od sustava koji koristi LED – diode je "John Deere GreenStar Lightbar". Ovakav sustav se sastoji od dvije komponente, antene kojom se osigurava primanje GPS/DGPS signala te uređaja za vizualizaciju putanje. „GreenStar Lightbar“ sustav prikazuje položaj stroja u polju u odnosu na trag koji se ostavi pri prvom proходу. Uporabom LED – dioda na LightBar displeju se određuje potrebno korigiranje putanje u slijedećem proходу kako bi taj prohod bio paralelan sa prethodnim proходом.

Displej se montira na vjetrobransko staklo, pomoću vakuumske školjke i nalazi se u vidnom polju vozača. Uz ovaj sustav potrebno je koristiti prijamnik koji se montira na krov poljoprivrednog vozila pomoću magnetnog postolja ili samoljepljive podloge. Prijemnici u

Republici Hrvatskoj za poboljšanje signala koriste uglavnom korekcijske signale EGNOS sustava.

Sustavi s navigacijskim zaslonom čine većinu današnjih prijemnika u poljoprivredi. Ovo ne iznenađuje jer veliki zaslon omogućuje bolji vizualnu interpretaciju informacija o odstupanju od zamišljenog pravca kretanja. Ovakvi sustavi obično kao pomagalo za vizualizaciju pravca kretanja koriste strelice, crte te ostala vizualna pomagala, poput raznih kursora, preklopljena preko podloge i virtualnih pravaca kretanja prikazanih na podlozi. Sustavi se obično sastoje od prijamnika (antene) i vizualizacijskog uređaja (zaslona). Neki sustavi podržavaju automatsko upravljanje pogonskim strojem uz upotrebu dodatnih uređaja koji se instaliraju na upravljač traktora ili je sustav upravljanja osiguran hidrauličkim putem.

Bitni zahtjevi po kojima bi se trebale orijentirati odluke za kupovinu prijemnika (Jurišić i Plaščak, 2009.):

- točnost korištenih uređaja i zahtjevi točnosti kroz postavljeni zadatak,
- vremenska i mjesna dostupnost GPS podataka o poziciji,
- mogućnost priključenja na poljoprivredni Bus sustav (LBS) i komponente sustava,
- trošak i usluga,
- upotrebljivost u okolišu (otpornost na udarce, vodonepropusnost).

Preciznost većine navigacije korištene u poljoprivredi najvećim dijelom ovisi o mogućnostima antene i točnosti korekcijskih signala, iako i neki prijemnici imaju ograničavajuća svojstva tehničke naravi poput nemogućnosti istovremenog praćenja većeg broja signala satelita.

#### **4.3.1. Kvaliteta i preciznost signala**

GPS signali satelita podložni su različitim negativnim utjecajima prilikom puta koji prelaze do navigacijskog prijemnika. Iz tih razloga može doći do netočnosti signala odnosno pojave velike nepreciznosti prilikom korištenja navigacijskih prijemnika. Najčešći slučajevi pogreške u signalu očituju se zbog prirodnih, tehničkih i umjetno izazvanih pojava:

- selektivna dostupnost; umjetno (namjerno) izazvana netočnost GPS signala,

- greške o točnoj poziciji satelita; poznate su kao „pogreške efemerida“, a očituju se kao pogreške zbog netočnih informacija o položaju satelita,
- pogreške izazvane primjenom različitih vrsta satova u satelitima (atomske) i satova u prijamnicima (kvarcni),
- ionosferski i troposferski utjecaji; usporavanje signala prolaskom kroz atmosferu, dok se ionosferski utjecaj očituje prelamanjem signala i disperzijom zbog velike količine naelektriziranih čestica na putu signala prema prijemniku,
- višestruki put signala; očituje se primanjem odbijenog (reflektiranog) signala pomoću GPS prijemnika što ima utjecaj na preciznost,
- elektromagnetske smetnje i broj vidljivih satelita – neki uređaji emitiraju elektromagnetske valove što može imati utjecaja na prijem signala, dok broj vidljivih satelita ovisi o mjestu na kojem se nalazi prijemnik (zgrade, šume, tuneli mogu blokirati prijem signala).

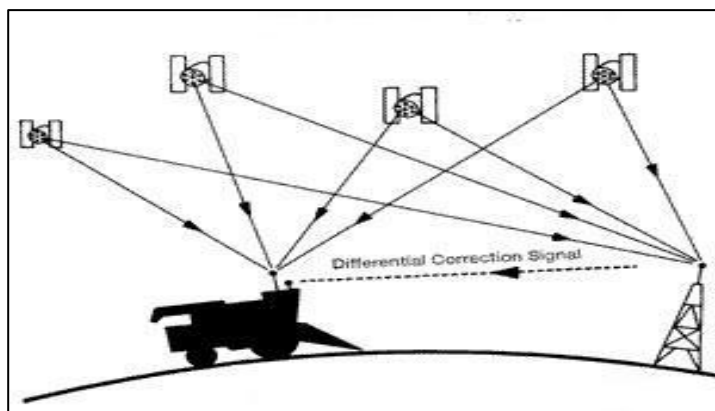
#### **4.3.2. Poboljšanje kvalitete signala**

Poboljšanje kvalitete signala omogućeno je različitim sustavima i uređajima. Mnogi prijemnici osim prijema osnovnog GPS signala dopuštaju uporabu korekcijskih signala koji dodatno pridonose preciznosti prilikom uporabe navigacije. Prijem korekcijskih signala osobito je važan u poljoprivredi pri izvođenju poljoprivrednih operacija koje zahtijevaju visoku razinu preciznosti poput mehaničkog uništavanja korova ili precizne sjetve. Sustavi poput EGNOSA (European Geostationary Navigation Overlay Service) služe za odašiljanje korekcijskih signala i podataka o integritetu satelitskih sustava. Time je omogućeno pouzdanije određivanje položaja.

Diferencijalni GPS (Slika 7.) omogućuje drastično poboljšanje preciznosti GPS prijemnika. Princip rada ove tehnologije se sastoji od korištenja dva prijemnika za određivanje točne lokacije. Referentni prijemnik ili bazni prijemnik postavljen je na poznatu lokaciju. Ovaj prijemnik prima signale satelita, uspoređujući svoju poznatu poziciju određenu koordinatama sa stvarnom mjerenom udaljenosti od satelita te stvara korekcije pseudoudaljenosti. Ovako izračunate razlike između mjerene i izračunate udaljenosti nazivaju se diferencijalna korekcija. Zatim se takav korigirani signal šalje



mobilnom prijemniku koji je u stanju preciznije odrediti svoj položaj. Korekcije se mogu prenositi satelitima ili radio uređajima.



Slika 7. Princip rada DGPS-a.

U poljoprivredi se u većini slučajeva koristi RTK sustav (Real Time Kinematic) koji se sastoji od stacionirane radne bazne stanice koja se nalazi u blizini polja i šalje korigirani signal navigacijskim prijemnicima u poljoprivrednim strojevima. Uporabom RTK sustava moguće je postići preciznost od svega nekoliko centimetara što je osobno pogodno za operacije poput kultivacije ili precizne sjetve.

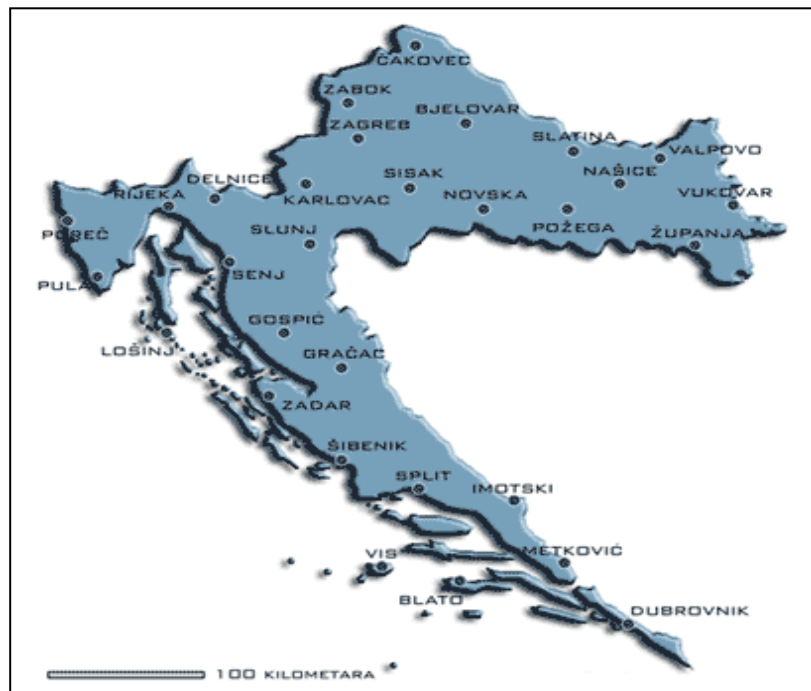
Dostupnost korekcijskih signala i izvođenje preciznih poljoprivrednih radova u Republici Hrvatskoj moguće je i plaćanjem usluga raznim institucijama koje se bave poboljšanjem preciznosti signala poput sustava CROPOS.

#### 4.3.3. Sustav CROPOS

Prema URL6 CROPOS (Hrvatski pozicijski sustav) je državna mreža referentnih GNSS stanica Republike Hrvatske. Svrha sustava CROPOS je omogućiti određivanje položaja u realnom vremenu s točnošću od 2 cm u horizontalnom te 4 cm u vertikalnom smislu na čitavom području države. CROPOS sustav čini 30 referentnih GNSS stanica na međusobnoj udaljenosti od 70 km raspoređenih tako da prekrivaju cijelo područje Republike Hrvatske u svrhu prikupljanja podataka satelitskih mjerenja i računanja korekcijskih parametara (Slika 8.). Korekcijski parametri bit će dostupni korisnicima na terenu putem mobilnog Interneta (GPRS/GSM).

Karakteristike CROPOS sustava:

- prikupljanje podataka 30 referentnih GNSS stanica,
- razmjena podataka mjerenja referentnih GNSS stanica sa susjednim zemljama u realnom vremenu,
- umrežavanje i računanje korekcijskih parametara u realnom vremenu,
- distribucija podataka mjerenja i korekcijskih parametara korisnicima u realnom vremenu,
- distribucija podataka mjerenja korisnicima za post-processing obradu,
- praćenje rada sustava i podrška korisnicima,
- dostupnost sustava 24 h/7 dana.



Slika 8. Prostorni razmještaj referentnih stanica.

#### **4.4. Asistencija pri upravljanju i automatsko upravljanje strojem**

Zbog mogućnosti postizanja različite razine preciznosti, pri vrlo osjetljivim i manje osjetljivim poljoprivrednim operacijama, proizvođači poljoprivrednih strojeva i navigacijske opreme prilagođene za rad u polju omogućuju izbor između dva sustava navođenja poljoprivrednih strojeva:

1. Asistencija prilikom upravljanja poljoprivrednim strojem (ručno navođenje)
2. Automatsko upravljanje poljoprivrednim strojem

Asistencija prilikom upravljanja poljoprivrednim strojem očituje se ručnim ispravljanjem putanje agregata u proходу na osnovu podat vizualnih pomagala (kursor, strelica) prezentiranih na zaslonu navigacijskog uređaja. Kursor se prikazuje preko podloge te je obično potrebno samo osigurati da se smjer linija vođenja prikazanih na zaslonu preklapa s vizualnim kursorom. Sustav pomoću GPS/DGPS prijemnika prima informacije o potrebnoj količini ispravljanja putanje i te informacije prikazuje na zaslonu, dok rukovatelj poljoprivrednog stroja uvažava potrebne korekcije putanje okretanjem kola upravljača.

Ipak, većina današnjih navigacijskih uređaja za poljoprivredu ima mogućnost nadogradnje sustava pomoću uređaja koji služe za automatsko ispravljanje putanje. Ovakvi uređaji instaliraju se na kolo upravljača ili su izvedeni na način da se posebnim hidrauličkim blokom utječe na protok ulja do uređaja za upravljanje pogonskog stroja koji onda vrši korekciju putanje.

Automatski sustav upravljanja karakterizira puna kontrola sustava za upravljanje pomoću GPS-a. Sustav za upravljanje vrši automatsku korekciju pravca tijekom prohoda, na osnovi podataka prikupljenim antenom, dok se pri okretu na uvratinama sustav uglavnom ručno isključuje te kontrolu preuzima rukovatelj. Nakon okreta rukovatelj pritiskom na ikonu za automatsko vođenje na navigacijskom zaslonu kontrolu vođenja opet predaje sustavu automatskog vođenja. Sustavi automatskog upravljanja obično se koriste za operacije koje zahtijevaju najveću preciznost i redovito se obavljaju uz korištenje vrlo preciznih korekcijskih signala odnosno uporabom baznih stanica. Kod ovakvih sustava rukovatelj se rasterećuje te se njegov posao sastoji uglavnom od nadgledanja stanja sustava i nadgledanja rada priključnih strojeva.

## 5. NAVIGACIJSKI UREĐAJ FARMNAVIGATOR G7

### Tehničke karakteristike

- mikroprocesor: Dual Core Cortex A9 1GHz Freescale IMX6-DUAL,
- NAND memorija: 4 GB,
- RAM Memorija: DDR3 400 MHz 32-bitni bus, 512Mbytes,
- grafika: 3D GPU (200Mtri/sec - 1Gpxl/sec) + 2D GPU (300Mpxl/sec),
- LCD: Povezan, 7 "1024x600 WSGA, Široki kut gledanja, 16 milijuna boja,
- kapacitivni zaslon: osjetljiv na dodir Multi touch,
- interna GPS (uBlox NEO6Q) s unutarnjom antenom WAAS / EGNOS / MSAS,
- vanjska GPS antena: NMEA 0183,
- utor za kartice: br. 1 Micro SD,
- I/O priključak: 24 PINS priključak za brzo odvajanje nosača za napajanje, 3 serijski portovi: 1x DB9 napajanje 12V DC, 1x DB9, 1x slobodne žice, vlastiti multi-pinski konektor za C- Box,
- napajanje: 10-35 Vdc,
- radna temperatura: 0-55 ° C / Temperatura skladištenja: -30 ° C do +80 ° C,
- vodootporan: Voda i prašina IP56,
- dimenzije: 188 x 146 x 33 mm,
- težina: 640 g.

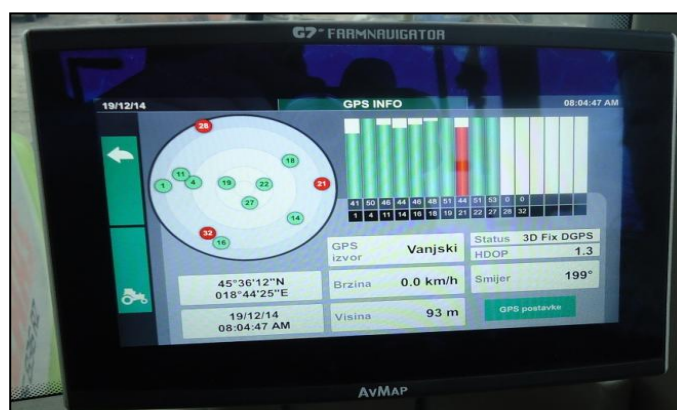
### 5.1. Rad s Farmnavigatorom G7

Nakon spajanja dijelova sustava u cjelinu te montaže uređaja i antene pristupa se uključanju uređaja. Po uključanju uređaja potrebno je pričekati nekoliko trenutaka kako bi navigacija pronašla satelite. Prvo uključivanje zahtjeva nekoliko minuta dok se kod slijedećih pokretanja to vrijeme smanjuje i ne prelazi 30 sekundi. Sateliti koji odašilju signale prikazani su zelenom bojom, a oni sateliti koji nisu pronađeni ili imaju slab signal crvenom bojom. Jačina pojedinog signala satelita može se pratiti pomoću stupaca prikazanih na zaslonu navigacijskog uređaja (Slika 9.).



Slika 9. Prikaz stanja GPS satelita.

Za korištenje funkcija Farmnavigatora G7 potrebno je otvoriti glavni izbornik za poljoprivredu. Glavni izbornik se sastoji od pet izbornih područja: *Polja*, *Zadaci*, *Oruđa (Strojevi)*, *Postavke* i *Pregled rada*. Slika 10. prikazuje pristupanje rukovatelja glavnom izborniku navigacije.



Slika 10. Glavni izbornik navigacije.

Radu s Farmnavigatorom G7 može se pristupiti na dva načina; odabirom opcije *polja* ili *zadaci*. Pri prvom korištenju proizvođač preporučuje odabir opcije *zadaci*, budući da je popis polja prazan.

Za početak rada treba izabrati opciju *zadaci* kako bi izradili novi zadatak ili pristupili određenom zadatku koji smo ranije obavljali odnosno ovom opcijom možemo

otvoriti datoteku u kojoj se nalaze svi zadatci koje smo obavljali uporabom navigacije. Odabirom ove opcije moguće je dobiti informacije o svakom polju i oruđu koje smo koristili, ali je isto tako moguće izraditi novo polje i odabrati novo oruđe drugačije širine zahvata. Uz to, moguće je vođenje bilješki o veličini radnog zahvata, radnoj operaciji, obrađenom području i sl.

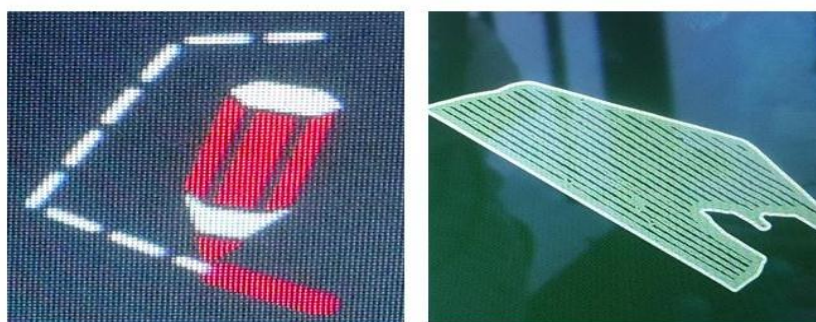
Odabirom opcije *izradi novo* prikazat će se izbornik pod nazivom *novi posao*.

Pri odabiru opcije *novi posao* potrebno je učiniti slijedeće:

- izraditi granice polja (automatski se vrši unos polja bazu podataka o polju),
- odabrati širinu radnog zahvata agregata,
- odabrati linije vođenja kojima ćemo raditi.

#### 5.1.1. Izrada granica polja

Prilikom izrade novog polja potrebno pritisnuti ikonu olovke (Slika 11. lijevo) na navigacijskom izborniku. Pritiskom na ovu opciju i kretanjem traktora po granicama polja dolazi do bilježenja linije odnosno granica polja na navigacijskom zaslonu. Obilaskom oko polja i dolaskom do početne točke te ponovnim pritiskom na opciju olovke granice polja će se povezati u polje. Sustav će automatski izračunati površinu polja, a granice polja bit će automatski sačuvane u bazi podataka polja (Slika 11. desno).



Slika 11. Prikaz alata za iscrtavanje granice polja (lijevo) i prikaz polja u bazi podataka (desno).

### 5.1.2. Odabir širine radnog zahvata stroja

Pri odabiru novog oruđa prikazat će se izbornik kojim se namješta širina radnog zahvata. Odabir širine radnog zahvata izvedeno je na način da se širine radnih zahvata mogu podešavati do veličine centimetra odnosno da je moguće odabrati zahvat stroja od primjerice 4,56 m. Ovo je osobito korisno kod korištenja vrlo preciznih signala i automatskog vođenja traktora pri osobito osjetljivim operacijama poput precizne sjetve ili međuredne kultivacije te za strojeve čiji eksploatacijski zahvat ne odgovara u potpunosti konstrukcijskom zahvatu.

### 5.1.3. Odabir linija vođenja agregata

Odabir *linije vođenja* kojom želimo raditi čine slijedeće opcije; paralele, koncentrično, ukrivljeno, izrađenim tragovima. Ova opcija se koristi nakon prvog prohoda kojim su se samo odredile granice polja pri prvom korištenju navigacijskog uređaja na pojedinom polju. Ukoliko je polje već uneseno u sustav memorije uređaja pri prethodno obavljenim operacijama, moguće je za isto polje pri slijedećim operacijama odabrati drugačije linije vođenja pri obavljanju radova.

### 5.1.4. Paralele

Kod poljoprivrednih površina s ravnim granicama polja i kvadratnog oblika najbolje je koristiti opciju *paralele*. Ova opcija pomoću računalnog softvera navigacije, nakon definiranja granica polja, radnog zahvata agregata te prvog, referentnog prohoda, na zaslonu navigacijskog uređaja nudi virtualne paralelne linije vođenja međusobno udaljene jedna od druge dužinom koja odgovara definiranim radnim zahvatom agregata.

Prva referentna linija određuje se na način da se nakon unešenog radnog zahvata agregata pritisne vizualna ikona "A" (slika 12. lijevo) . Pritiskom na "A" rukovatelj kreće u prvi prohod. Dolaskom do kraja polja rukovatelj treba odabrati ikonu „B“ odnosno ikonu koja predstavlja krajnju točku do koje se rad treba obaviti odnosno granicu polja. Treba napomenuti da je ikona „B“ vidljiva tek nakon pritiska ikone „A“ koja predstavlja početnu točku rada na polju tj. početnu točku prvog prohoda agregata.

Kada se obavi mjerenje granice polja, podešavanje radnog zahvata agregata i prvi prohod softver navigacijskog uređaja cijelo polje automatski dijeli na virtualne paralelne

### 5.1.5. Ukrivljene linije vođenja agregata

### 5.1.6. Koncentrične linije vođenja agregata

35



uređaja zatim je u stanju izračunati i prikazati koncentrične linije vođenja na cijelom polju na osnovu prve referentne kružnice odnosno referentne linije vođenja.

#### **5.1.7. Linije vođenja izrađenim tragovima**

Ovakav način vođenja koristi se za rad u poljima u kojima su linije izravnavanja već određene kao što su vinogradi. U ovom slučaju navigacija ne služi za vođenje, već pokazuje obrađeno područje i dopušta korištenje virtualne kontrole šobe za prskanje.

#### **5.1.8. Informacije o potrebnim korekcijama putanje**

Iako proizvođač Farmnavigatora G7 nudi automatsko upravljanje kao dodatnu opciju, na poljoprivrednim gospodarstvima se najčešće koristi ručno ispravljanje putanje na osnovu informacija prezentiranih na zaslonu navigacijskog uređaja. Za pravilno vođenje poljoprivrednog agregata pomoću Farmnavigatora G7 bitno je da se linije vođenja poklope sa kružićem kursora prikazanom na zaslonu navigacijskog uređaja.

Ukoliko dođe do odstupanja od potrebnog pravca kretanja rukovatelj mora izvršiti korekciju putanje na način da kolo upravljača okrene udesno sve dok se kursor ne poklopi sa zamišljenom linijom vođenja.

Kod automatskog navođenja sustav sam prepoznaje koliko je odstupanje od predviđene virtualne linije vođenja te šalje informaciju o potrebnim korekcijama putanje koja se zatim izvodi pomoću posebnog uređaja montiranog na kolo upravljača traktora. Sustav automatske korekcije putanje osobito je koristan za primjenu pri operacijama kao što su mehaničko uništavanje korova, gdje je potrebna velika preciznost i gotovo konstantno ispravljanje putanje kako bi se osigurala najveća moguća kvaliteta rada. Pri ovakvim operacijama potreban razina točnosti obično iznosi tek nekoliko centimetara i manje te je neophodno sustav opremiti uređajima za automatsko upravljanje pogonskim strojem.

Dodatne informacije o količini odstupanja agregata sa zamišljene linije vođenja moguće je očitati na gornjem dijelu zaslona navigacijskog uređaja. Ova traka rukovatelja informira o točnoj količini odstupanja od linije vođenja izraženoj u brojkama te pomoću strelica upućuje na koju stranu je potrebno okrenuti kolo upravljača kako bi se linija vođenja poklopila s kursorom navigacije i ostvarilo pravilno vođenje.

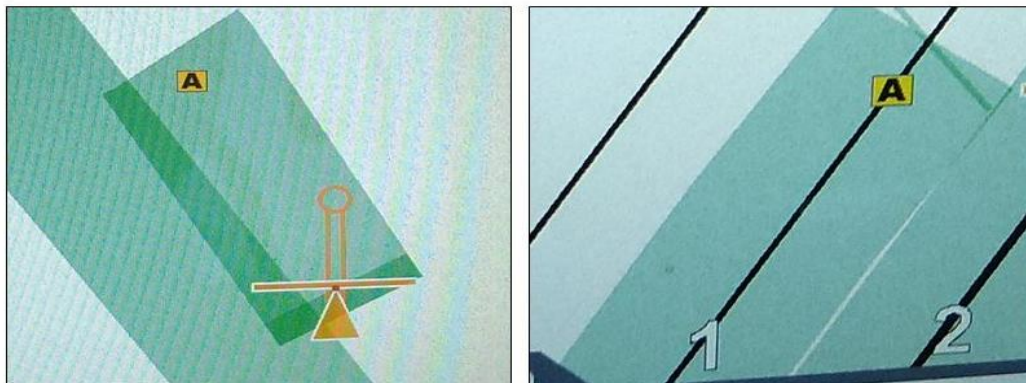
### 5.1.9. Informacije o preklapanju prohoda

Informacije o preklapanju prohoda prepoznaju se vizualno na način da se već tretirani dijelovi polja (svijetlo zelena nijansa na zaslonu) pri prethodnom proходу preklapaju sa svijetlozelenom nijansom slijedećeg prohoda pri čemu se preklopi jasno vide na način da su predloženi tamnozelenom površinom (slika 13. lijevo) . Ukoliko je prilikom obavljanja radova došlo do preklapanja (dupliranja) važno je, ravnaajući se prema podacima prezentiranim na zaslonu navigacijskog uređaja, obaviti korekciju putanje na način da se izvrši okretanje kola upravljača dok se ne izade iz preklopa i nastaviti s radom po zadanom pravcu.

Dodatne opcije koje omogućuje ovaj sustav, a tiču se smanjenja uporabe repromaterijala, očituju se u uporabi tehnologije automatske kontrole sekcija. Pri ovakvom radu dozorni aparati pojedine sekcije strojeva isključuju se ukoliko dođe do preklapanja. Ovakav sustav osobito je koristan za rad na velikim površinama kada rukovatelj nije u stanju držati potreban pravac duži vremenski period te dolazi do velikih preklapanja uzrokovanih padom koncentracije rukovatelja. Uz to, ovakav sustav posebno dolazi do izražaja pri radu na uvratinama ili vođenju agregata na neravnim malim poljima nepravilnih oblika kada nije moguće kvalitetno obraditi polje bez preklapanja. Važno je napomenuti da sekcijском kontrolom uvelike pridonosimo i zaštiti okoliša budući da se tretiranje površine npr. pri zaštiti bilja obavlja racionalno i na način da se aplikacija obavlja samo na onom dijelu koji nije prethodno tretiran. Prilikom obrade uvratina ili krajeva polja pri čemu radni zahvat priključnog stroja iznosi više nego preostali neobrađeni dio polja pri zadnjem proходу moguće je izbjeći velika preklapanja, kao i isključenje pojedinih sekcija prilikom eventualnog prohoda kraj kanala uz parcelu.

Kako je prethodno spomenuto, informacije o preklapanju prikazane su tamnozelenom bojom na zaslonu navigacijskog uređaja, dok se informacije o pojavi oplazina prilikom rada manifestiraju prikazom bijelih traka između dva prohoda (slika 13. desno).

Iako velike količine preklapanja smanjuju iskorištenje radnog zahvata važno je napomenuti da je ipak uvijek bolje malo preklopiti dva prohoda nego ostaviti neobrađene dijelove polja.



Slika 13. Prikaz preklopa (lijevo) i prikaz oplazina (desno).

#### 5.1.10. Ostale značajke uređaja

Farmnavigator G7 nudi veliki izvor opcija već u osnovnom paketu opreme. Kao važnije opcije valja izdvojiti mogućnost pristupanja određenom obavljenom zadatku kako bismo mogli dobiti uvid o prethodno obavljenim operacijama na tom polju. Priključivanje i instalacija uređaja je vrlo jednostavna budući da se koriste samo dva kabla (antena i kabel za napajanje). Vizualizacija potrebnih korekcija putanje i informacija predložena je na 7" zaslonu koji ima poseban multi touch ekran otporan na grebanje, vodu i prašinu. Posebnom tehnikom izrade osigurana je smanjena refleksija te je vidljivost na zadovoljavajućem nivou. Budući da nema tipkovnice, odabir opcija kao i svi unosi podataka obavljaju se pritiskom prsta na određenu ikonu.

Dodatni uređaji i opcije mogu se naručiti i kupiti, a uglavnom obuhvaćaju:

- "C – Box" uređaj, koji služi za povezivanje dodatnih uređaja na Farmnavigator G7 poput uređaja za automatsku kontrolu sekcija, videokameru za nadgledanje rada priključnog stroja bez okretanja ili uređaje za automatsko vođenje poljoprivrednih strojeva.
- Uređaj za automatsku kontrolu sekcija je kontroler koji služi za upravljanje sekcijama (npr. sekcije prskalice) čime se smanjuje preklapanje i štiti okoliš uz optimalnu uporabu apliciranom sredstva. Ukoliko virtualna traka za prskanje

prelazi preko već tretiranog dijela poljoprivredne površine, taj dio može biti automatski isključen od strane uređaja za kontrolu sekcija koji informacije o zatvaranju dozatorskih uređaja prima izravno od softvera navigacijskog uređaja.

- Video kamera- Farmnavigator G7 nudi mogućnost povezivanja uređaja sa video kamerom čime se dodatno rasterećuje rukovatelj budući da je praćenje rada priključnog stroja omogućeno vizualizacijom na zaslonu navigacijskog uređaja pri čemu se rukovatelj traktora ne mora okretati i tako nadgledati rad priključnog stroja
- Auto- Steering uređaj za automatsko upravljanje (slika 14.), kojim se osigurava automatsko upravljanje pogonskim strojem na način da sustav prepoznaje potrebne korekcije u putanji i samostalno izvodi okretanje kola upravljača pomoću elektromotora.



Slika 14. Sustav za automatsko upravljanje (Auto-steering)

- Opcija izvoza podataka na "Google Earth", omogućena je već osnovnim paketom opreme. Izvozom podataka na "Google Earth" omogućena je bolja evidencija obavljenih operacija u polju kao i ispis polja i značajki određenog polja. Podatci poput veličine tretirane površine, brzine rada, veličine polja, DOP vrijednosti, ukupno vrijeme rada u određenom polju i slično mogu zatim pridonijeti stvaranju kvalitetnijih analiza i boljem donošenju odluke odnosno strategije upravljanja. Prebacivanje podataka odnosno polja omogućeno je spajanjem navigacijskog

uređaja na osobno računalo putem USB kabla i prijenosom informacija iz mape "Fields" (polja) na osobno računalo.

- Osim osnovne vodootporne antene navigacijski uređaj je kompatibilan sa antenama drugih proizvođača poput John Deere, Trimble, Leica, Hemisphere i dr. Na ovaj način moguće je uložiti dodatni kapital i pristupiti nabavci kvalitetnije antene koja će omogućiti dodatnu poboljšanu preciznost izvođenja poljoprivrednih radova.

Prema URL2 navigacijski uređaj Farmnavigator G7, uz korištenje trenutno instalirane antene omogućava preciznost izvođenja radova u iznosu do 10 centimetara. Naravno, ova vrijednost postiže se pri idealnim uvjetima prijema kvalitetnih signala satelita odnosno idealnoj geometriji satelita.

Važno je naglasiti da preciznost izvođenja radova ovisi i o DOP vrijednosti (Tablica 1.) te se ta vrijednost mora redovito kontrolirati, kao i o uporabi korekcijskih signala manje preciznosti. DOP vrijednost (Dilution of precision) je vrijednost koja opisuje geometriju satelita odnosno u konačnici preciznost GPS-a. Važnost znanja o DOP-u je od izuzetnog značaja pri uporabi signala GPS satelita. Što je veća vrijednost DOP-a to su veće pogreške u preciznosti rada. Na povećanje vrijednosti DOP-a uglavnom najviše utječe geometrija satelita odnosno prostorni razmještaj satelita. Što su sateliti bliži jedan drugom, vrijednost DOP-a raste i obrnuto. Važno je napomenuti da prema podacima proizvođača Farmnavigatora G7 vrijednosti DOP-a trebaju iznositi do maksimalne vrijednosti "2" kako bi se zadovoljila preciznost rada (Tablica 1.). Ukoliko vrijednost prelazi "2" trebalo bi se pričekati s radom dok sateliti ne dođu na povoljne pozicije.

Tablica 1. DOP vrijednosti

| Vrijednost: | Kategorija: | Opis:                                                                                                              |
|-------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | idealno     | ovo je najveća moguća razina preciznosti                                                                           |
| 1.1 - 1.2   | sjajno      | na ovoj razini preciznosti, mjere položaja su dovoljno precizne da udovolje svim, osim najosjetljivijim zahtjevima |
| 1.3 - 2     | dobro       |                                                                                                                    |

## 6. NAVIGACIJSKI UREĐAJ TRIMBLE CFX – 750

### Tehničke karakteristike (URL6):

- jednostavna konstrukcija za svakodnevnu upotrebu u polju
- ekran u boji osjetljiv na dodir srednje veličine od 8“
- intuitivno sučelje za korisnika
- 27 ugrađenih LED svjetala
- dva ulaza za video kameru
- jedan ugrađeni GPS prijemnik sa dualnom frekvencijom
- priprema za GLONAS

Trimble CFX – 750 (slika 15.) je sustav za navigaciju sa zaslonom osjetljivim na dodir, koji pruža navigaciju, olakšava upravljanje i omogućuje precizno obavljanje poljoprivrednih radova (URL7). Ima ugrađeni GPS prijemnik koji je moguće nadograditi da se omogući primanje GLONASS satelitskih signala. Uređaj također može koristiti velik broj dodataka koji povećavaju efikasnost prilikom sjetve, prskanja, gnojidbe i izvlačenja brazdi, uključujući i Field IQ sustav za kontrolu ulaza.



Slika 15. Trimble CFX – 750

## 6.1. USB priključak i upute za brzi početak

Ako je USB ispravno stavljen, na navigacijskom zaslonu se pojavljuje USB ikonica (Slika 33.). Boja USB ikonice pokazuje trenutno stanje USB uređaja:

- **Zelena** – uređaj je priključen
- **Žuta** – priključivanje uređaja je u tijeku
- **Crvena** – veza s uređajem je prekinuta

Ponekad se javi potreba za snimkom zaslona, npr. da se prikupe informacije o kada se pojavi određen problem. Kada se napravi snimak zaslona, uređaj će kreirati direktorij na USB-u i tamo spremiti datoteku. Snimak zaslona se može napraviti samo kada je USB uređaj uključen. Snimak zaslona se napravi na način da se istovremeno pritisnu oba gumba za kontrolu osvjettljenja i drže pritisnuta dok zaslon ne bljesne. Datoteka se sprema u .png formatu.

Opcija *Upute za brzi početak* omogućuje podešavanje važnih postavki prije početka vožnje. Ova opcija se automatski pokreće kada se prvi puta uključi uređaj. Kada se pokrene, moguće je odabrati da se ne pojavljuje svaki puta kada se uključi uređaj.

## 6.2. Navigacijski izbornik

Na navigacijskom izborniku nalazi se tekst i ikonice koje pružaju operativne informacije i omogućavaju pristup raznim funkcijama sustava. Dostupnost teksta i ikonica ovisi o podešenosti sustava. Ikonica se aktivira pritiskom prsta (Slika 16.).



Slika 16. Navigacijski izbornik

Pritiskom na ikonicu *Status* iskoče prozorčići koji prikazuje razne postavke sustava. Isti prozorčići se uklanjaju, ako se nastavi pritiskati ista tipka dok ne nestanu. Pritiskom na ikonicu *Konfiguracija* otvara se izbornik postavki. Pomoću izbornika postavki mogu se podesiti postavke sustava i pregledati status sljedećih postavki:

- vozilo
- priključni uređaj
- navigacija
- GPS
- podatci
- sustav

Ikonica *Prikaz* (Slika 17.) omogućuje promjenu perspektive. Perspektiva se može približiti i udaljiti te potpuno promijeniti. Perspektiva na navigacijskom izborniku se može približiti (*Zoom in*) pritiskom na ikonicu *Uvećaj* te udaljiti (*Zoom out*) pritiskom na ikonicu *Umanji*. Postoje dva načina pogleda, „pogled od gore“ i „pogled od nazad“. Standardno je postavljeno tako da se mijenja „pogled od gore“ u „pogled od nazad“ kada se približi AB liniji. „Pogled od gore“ se uključi pritiskom na ikonicu *Overhead*.



Slika 17. Ikonice za promjenu perspektive

Ikonica *Brzi pristup* se koristi za brzo podešavanje uobičajenih postavki. Koje stavke se pojavljuju u izborniku brzi pristup ovisi o tome koje se aplikacije koriste u



danom trenutku. Ikonica za brzi pristup se pojavljuje samo ako se koristi *Field IQ* ili upravljač promjenjivog doziranja. U sklopu brzog pristupa, moguće je kontrolirati:

- podešavanje kraka
- dopunjavanje
- podešavanje uključivanja ogranka
- podešavanje graničnog preklapanja
- uključivanje / isključivanje ventila
- namjerno preklapanje
- željeno doziranje
- agresivnost ventila

Podešavanje kraka se koristi da bi se pregledale i podesile postavke kao širina priključnog stroja, granice i broj ogranka. Upiše se širina trenutno priključenog stroja, a uređaj koristi ovu vrijednost da bi automatski proračunao širinu između redova. Širina se upisuje između 0,3 i 99,99 metara. Upiše se broj ogranka kojim se želi upravljati na priključnom stroju. Broj ogranka se upisuje od 1 do 10.

Dopunjavanje se koristi kako bi se pregledale i podesile postavke kao trenutna zapremnina, metoda dopunjavanja i dopuni odmah / djelomično dopuni odmah. Kod trenutne zapremnine se podešava trenutna zapremnina spremnika ili posude. Metoda dopunjavanja nudi da se odabere između *Dopunjavanje*, za punjenje do vrha, ili *Djelomično dopunjavanje*, za dodavanje određene količine. Kada se odabere jedna od ove dvije opcije, koristi se naredba *Dopuni odmah* i *Djelomično dopuni odmah*, ovisno koju smo opciju odabrali prije.

Podešavanje uključivanja ogranka se koristi da bi se pregledale i podesile postavke kao preklapanje zamijenjeno pokrivanjem, metoda dopunjavanja i dopuni odmah / djelomično dopuni odmah. Preklapanje zamijenjeno pokrivanjem kontrolira dozvoljeni iznos preklapanja krakom prije nego što sustav uključi taj ogranak. Veličine se upisuju u postotcima i to od 1 do 99%. Za manje preskakanja podešava se visok postotak, kada je važno potpuno pokriti površinu. Sustav isključuje ogranke kada pokriju veći postotak bilo koje već pokrivene površine. Uslijed toga, može doći do duplog pokrivanja. Ogranci se uključuju čim vozilo s pokrivene površine prijeđe na nepokriveno područje. Za manje preklapanja se podešava manji postotak, kada se treba štedjeti materijal. Sustav isključuje

ogranke čim se dođe na već pokrivenu površinu. Uslijed toga, može doći do izvjesne mjere preskakanja. Ogranci se uključuju čim cijeli priključni uređaj prijeđe s pokrivenog na nepokriveno područje. Ostale postavke su iste kao i u prethodnom dijelu.

Podešavanje graničnog preklapanja se koristi za kontroliranje količine preklapanja na graničnom dijelu, prije nego što sustav isključi krak ogranka. Upisuje se u postotcima od 1 do 99 %. Ova postavka funkcionira samo kada krak vrši preklapanje na kraju parcele, na mjestu okretanja vozila ili zone isključenja. Za manje preskakanja potrebno je podesiti visok postotak, kada je prihvatljivo zasijavati i izvan određenih granica. Za manje preklapanja potrebno je podesiti nizak postotak, kada nije željeno zasijavati izvan određenih granica. Vrlo niska postavka može izazvati izvjesnu mjeru preskakanja na graničnom području.

Uključivanje / isključivanje ventila omogućuje hardware-sko odlaganje time što određuje koliko vremena treba proći prije nego što se ventili uključe ili isključe. Da bi se koristila ova opcija, potrebno je izmjeriti koliko je sustavu, nakon što se uključi ili isključi, potrebno vremena (sekundi) da dostigne odgovarajuće doziranje. Vrijeme se upisuje između 0 i 10 sekundi.

Namjerno preklapanje se može koristiti kako bi bili sigurni da će tokom rada cijela površina biti ravnomjerno pokrivena, kada se dođe na neobrađeno područje ili kada se ode s pokrivenog područja. Željeno doziranje se koristi za podešavanje doziranja, tj. količine materijala koji se želi potrošiti. Upisuje se broj između 1333 i 41333.

Agresivnost ventila se koristi za podešavanje kako će sustav reagirati na korekcije upravljačem, ako se koristi sustav za automatsko upravljanje kao EZ-Steer ili sustav automatskog pilota. Zahvaljujući većoj postavci vozilo će brzo ponovno biti vraćeno na zadani pravac, ali će oscilacije biti velike. Ako postavka bude niža, vraćanje vozila u zadani pravac biti će umjerenije, ali se time izbjegava razbacivanje materijala. Postavka se upisuje u rasponu od 50 do 150%.

Kako bi se napravilo novo polje ili odabralo već postojeće, potrebno je na navigacijskom izborniku pritisnuti ikonicu *Reset navođenja*. Da bi se brzo malo pomjerili, premjestili ili vratili navigacijsku liniju potrebno je pritisnuti ikonicu *Navođenje*. Pritiskom na ikonicu *Kartiranje* moguće je brzo dodati ili obrisati sljedeće karakteristike:

- kamen

- ograda
- drvo
- područje
- korov
- zabranjena zona

### **6.3. Svjetlosna traka**

Kada su uključene, LED diode pokazuju poziciju vozila u odnosu na željenu navigacijsku liniju. Kako se pozicija vozila mijenja, u odnosu na navigacijsku liniju, tako se LED diode pale nalijevo ili nadesno (Slika 38.). Svjetlosna traka se koristi da se zadrži željeni pravac kada se podesi odstojanje priključnog stroja ili otklon priključnog stroja i kada je potrebno precizno održavanje pravca kod ravnih redova. LED diode, od kojih se sastoji svjetlosna traka, prikazuju poziciju vozila u odnosu na navigacijsku liniju:

- kada se vozilo nalazi na navigacijskoj liniji – svijetle 3 zelene led diode u sredini
- kada se vozilo pomakne s navigacijske linije – uključivati će se led diode nalijevo ili nadesno i promijeniti će boju u crvenu.

### **6.4. EZ – Daljinski džojstik**

Trimble CFX – 750 se može kontrolirati i preko EZ – Daljinskog džojstika (Slika 18.). Ovaj džojstik je opremljen s 10 LED tastera; šest imaju unaprijed podešene funkcije, a svakom od preostalih četiri tastera je moguće dodijeliti neku od sljedećih funkcija:

- ucrtavanje kamena, drveta ili korova
- započni ili završi liniju
- započni ili završi područje
- započni ili završi zabranjeno područje
- uključi ili isključi pokrivanje
- upravljanje kamerom A ili kamerom B
- prikaži pogled na kartu od nazad
- prikaži pogled na kartu od gore

- zumiraj
- prikaži status



Slika 18. EZ – Daljinski džojstik

## 6.5. Podatci

Trimble CFX – 750 čuva podatke o polju u svojoj memoriji. Podatke je moguće prebaciti na računalo pomoću USB uređaja ili bežičnim putem preko servera Connected Farm. Izborniku *Podatci* (Slika 40.) se pristupa na način da se na navigacijskom izborniku pritisne ikonica *Konfiguracija* te se na zaslonu odabere *Podaci*. Opcije u izborniku *Podaci* se koriste za:

- čuvanje ili ponovno pronalaženje polja na USB uređaju
- slanje polja (preko servera Connected Farm) na računalo
- brisanje polja i snimki pokrivanja
- izdvajanje datoteka s dijagnostičkim zapisima na USB uređaj radi tehničke podrške
- kopiranje datoteka s propisanim količinama s USB uređaja u unutarnju memoriju i brisanje iz unutarnje memorije

## 7. NAVIGACIJSKI UREĐAJ AG LEADER INTEGRA

### Tehničke karakteristike (URL8):

- 31cm ekran u boji, čitljiv na suncu, (Slika 19.)
- ekran rezolucije 1024x768 (16-bit),
- 4GB interne memorije,
- podržava gotovo sve NMEA GPS prijamnike,
- kontrola priključaka direct command-om te seed command modulima koji koriste industrijsko CAN-bus sučelje,
- podešavanje glasnoće zvučnika,
- pogled mape u 3D,
- pregled izvješća,
- automatsko prepoznavanje polja, napredna GPS dijagnostika,
- podrška za video kamere, senzor osjetljiv na svjetlo,
- čvrsto zabrtvljeno kućište,
- kompatibilno s većinom NMEA GPS prijamnika,
- DirectCommand and SeedCommand kontrola proizvoda pomoću sučelja sa CAN sabirnicom koja je standard u industriji,
- nadogradnja firmware-a automatiziranog modula,
- 28-pinska utičnica kompatibilna s drugim Ag Leader zaslonima,
- 28-pinska pomoćna veza,
- USB flash pogon koji možete koristiti za spremanje i prijenos vaših podataka na i sa zaslona,
- temperatura skladištenja: -20°C do +80°C,
- radna temperatura: -10°C to +70°C,
- ulazni radni napon: 9 –16 V DC,
- maksimalna nazivna struja: 4,0 A.



Slika 19. Ag Leader Integra

## Montaža uređaja

Prvo je potrebno montirati nosač za navigacijski uređaj (URL9). Prilikom odabira mjesta ugradnje potrebno je voditi računa o sljedećem:

- zaslon mora biti lako dostupan rukovatelju strojem,
- zaslon ne smije rukovatelju ometati normalnu vidljivost potrebnu za upravljanje strojem,
- zaslon ne smije smetati niti ograničavati pristup bilo kojim upravljačkim komandama stroja,
- provođenje kabela za CAN sustav i njihovo učvršćivanje ne smije ometati postojeće upravljačke komande stroja.

## 7.1. Rad s Ag Leaderom Integra

### 7.1.1. Automatizirano upravljanje

Integrina jednostavna kompatibilnost s ParaDyme automatiziranim upravljanjem i OnTrac2+ pomoćnim upravljanjem daje više slobodnog vremena za bolji nadzor terenske izvedbe (URL10). Kada zatražite pomoć putem Integra zaslona, vaš posrednik prima i e-mail i sms poruku koji ga obavještavaju o zahtjevu za pomoć. Posrednik može daljinski

pristupiti ParaDymeu kako bi dijagnosticirao problem u stvarnom vremenu dok je radnik još u kabini, u polju. Ugrađena podrška i auto-kalibracija Integre čine instalaciju brzom i jednostavnom, čak i kod prijenosa ParaDymea na drugo vozilo. ParaDyme dvojna antena (Slika 20.), koja koristi Logic 7D tehnologiju, precizno mjeri nagib, kotrljanje i skretanje vozila, garantirajući preciznost i ponovljivost uzorka čak i u neujednačenim uvjetima polja. Podržava najuobičajenije i napredne obrasce navođenja, uključujući Smartpath. Omogućava jednostavan pristup CORS-u i drugim RTK mrežama. Podatkovni planovi za pristup RTK mreži su dostupni izravno s Ag Leadera. Omogućava jednostavan prijenos ParaDyme antene na druga vozila i za to nije potreban alat.



Slika 20. ParaDyme dvojna antena

### 7.1.2. OnTrack 2+ pomoćno upravljanje

Kako bi se smanjio umor i poboljšala preciznost između prolazaka, od velikog značaja bi bilo dodavanje OnTrac2+ pomoćnog upravljanja bilo kojem modernom traktoru, kombajnu, nastavcima ili drugim vozilima – bez povezivanja s hidraulikom. Neke od prednosti koje se ostvaruju uvođenjem ovog sustava su:

- brza i jednostavna instalacija „Zaključaj i vozi“,
- jednostavan prijenos između vozila,
- superioran frikcijskim sustavima upravljanja – eliminira iskliznuće,

- jednostavno ga je spojiti/odvojiti od zaslona ili neobvezne nožne sklopke,
- kontrola pomoću Integra zaslona,
- tihi rad,
- komponente kompenzacije terena kompenziraju neravno tlo i prolaz kroz vodene tokove, jarke i preko zaravni,
- dostupni instalacijski paketi podešeni korisniku.

Uz ONTrack 2+ sustav za pomoćno upravljanje može se ugraditi i sustav L160 Lightbar. Stavljanjem L160 Lightbara na vjetrobransko staklo ili upravljačku ploču, korisnik može nadgledati korištenje gledajući ravno naprijed i istovremeno imajući prikaz nadohvat ruke. L160 Lightbar ima zaslon jednostavan za očitavanje i podesiv LED pored. Popratni sustav navođenja za Integra zaslon i kompaktan dizajn čine ga idealnim alatom navođenja za upravljačku ploču ili vjetrobransko staklo. Neke od karakteristika L160 Lightbar-a su:

- prilagodljivo svjetlo idealno za rad danju ili korištenje noću,
- odabir između „slijedi“ ili „vuci“ LED načina rada,
- prikazuje pogreške pri prijelazu trake, broj prijelaza i kut smjera.

## **7.2. Potpuno integrirano navođenje**

Integra zasloni imaju napredan, integriran sustav navođenja sa svjetlosnom linijom na ekranu, s opcijom više uzoraka navođenja. Svjetlosna traka na ekranu također uključuje pogreške pri prolazu trake i broj prolazaka. Što se tiče SmartPath uzorka potrebno je jednom proći kroz polje, zatim uspostaviti uzorak za navođenje na osnovu prvog prolaska. Omogućava jednostavan unos spremljenih uzoraka na prikaz ili na softver za precizno poljodjelstvo te tako pri kasnijim radovima omogućava precizno slijeđenje svog puta. Uzorak se može kontrolirati odnosno pohraniti, unijeti, resetirati, zaustaviti, ponovno pokrenuti, potaknuti i mijenjati uzorke sa zaslona u kabini. Perspektivni pregled omogućava pogled na horizont polja čak i ako je premračno da biste vidjeli stvarno polje.



### 7.2.1. Sustavi antene i prijemnika

I GPS 1500 i GPS 2500 su sve u jednom sustavi antene i prijemnika. Ove kompaktne, neupadljive jedinice mogu se fiksirati ili pričvrstiti magnetima i predstavljaju cjenovno dostupno rješenje za preciznost unutar metra s brzim vremenima pokretanja i ponovnog pokretanja. GPS 2500 donosi prijamnik sa dvostrukom frekvencijom, što ga čini idealnim za operacije za koje je potrebna visoka razina preciznosti u polju. Specifikacije uređaja:

- emitira simulirane radarske brzine,
- izlazna vrijednost do 10 Hza,
- prijenos podataka o NMEA poziciji na drugu opremu,
- idealan za AutoSwath opciju u aplikacijama SeedCommand i DirectCommand,
- e-Dif tehnologija pruža preciznost bez potrebe za pretplatom na diferencijalni signal,
- opcije diferencijalne korekcije uključuju WAAS/EGNOS,
- dostupna opcija GLONASS (GPS 2500).

### 7.3. Kontrola sijačica i sadilica

Visoko kvalitetno sjeme danas nije jeftino. Ukoliko se ne kontrolira gdje i koliko se svakog pojedinog sjemena sije, vjerojatno se žrtvuje potencijalni prinos i financijski rezultat. SeedCommand pomaže u upravljanju svim operacijama sjetve, uključujući gustoću sjemena, izvedbu stroja za sadnju, kartiranje hibrida/vrsta, kombiniranu sjetvu i varijabilne doze.

Moguće je kontrolirati troškove sjetve i poboljšati potencijal prinosa polja uz sadnju varijabilnom dozom. SeedCommand mijenja dozu sadnje ovisno o receptnim kartama kako bi sadnja bila u skladu s potencijalom tla. SeedCommand podržava izravnu kontrolu PWM-a i motorizirane servo hidraulične ventile na Case IH, John Deere, KINZE i White sijačice, Rawson ACCU-RATE i DICKY-john HD 4180 hidrauličke pogone. SeedCommand nudi funkciju potpunog nadzora nad strojem za sadnju, eliminirajući potrebu za dodatnim monitorom za stroj za sadnju. Pratite podatke i grafove za sastav, singulaciju, preskoke / dvostruku sjetvu u stvarnom vremenu za svaki red. Virtualna

sjemenska brazda prikazuje poziciju svake sjemenke u redu, te pomaže odrediti postojanje problema kod mjerača sjetve ili u cijevi za sjeme. SeedCommand bilježi operacije sjetve u stvarnom vremenu, kartirajući lokaciju sadnje svakog hibrida/vrste. Potrebno je usporediti promatrane karte/podatke o sadnji sa kartama prinosa kako bi se mogla donijeti precizna, pouzdana odluka u svrhu povećanja buduće profitabilnosti.

SeedCommand za pneumatske sijačice bilježi, kartira i kontrolira operacije sjetve te eliminira dodatno vrijeme provedeno na polju i sjeme potraćeno na prekomjernu sjetvu. Može se kontrolirati do tri zrnata proizvoda, uključujući jedno sjeme i dva gnojiva. Uz modul kontrole tekućina, sustav podupire istovremenu aplikaciju NH<sub>3</sub> i dušičnog stabilizatora. Programi automatske kalibracije i pohranjene kalibracije olakšavaju zadavanje postavki čak i kod korištenja više proizvoda. Mjerač automatski isključuje dotok proizvoda ukoliko brzina ventilatora padne ispod minimalne vrijednosti. Potrebno je zabilježiti varijabilne doze sjetve, varijabilnu primjenu gnojiva i kreirati karte polja koje je moguće koristiti kako bi se dobio bolji uvid u sjetvu. Podržava senzore rezervoara i ventilatora, kao i glavne i pojedine mjerne kružne hvataljke sa osnovnim pogonom, pneumatske sjetvene nastavke sa linearnom kontrolom pokretača. Omogućava primjenu varijabilne doze prema proizvodu radi efikasnijeg iskorištenja unosa. Varijabilna doza omogućava rukovatelju korištenje preporučenih karti za sjetvu i omjera primjene, prilagođavajući unose sjemena i gnojiva karakteristikama poput vrste tla. Trokanalni kontrolni modul podržava sljedeće pneumatske sjetvene nastavke:

- osnovni pogon - hvataljke, linearni pokretač
- hidraulični pogon - PWM ventil, servo ventil

DirectCommand je najjednostavnije rečeno revolucionizirala primjenu. Jedinствена AutoSwath opcija smanjuje pretjeranu upotrebu – snižava troškove unosa i poboljšava gospodarenje okolišem. DirectCommand nudi potpunu kontrolu nad primijenjenim tekućim i zrnatim materijalima, dok istovremeno bilježi podatke i omogućava opciju kartiranja u stvarnom vremenu. DirectCommand neprestano kontrolira, prilagođava i bilježi primjenu na polju na osnovu ručno unesene ciljane doze ili koristeći varijabilne preporučene doze iz istoimenog dokumenta. Sustav koristi signal mjerača protoka i unos brzine s radara ili GPS prijamnika. Izravna kontrola može očitavati do tri dodatna senzora pritiska, eliminirajući time potrebu praćenja mjerača pritiska izvan kabine. DirectCommand automatski bilježi aktivnosti primjene, uključujući područje primjene,

količinu proizvoda i drugo. Ove podatke je moguće jednostavno učitati na SMS softver kako bi ih se analiziralo. Koristeći ove informacije možete točno izračunati potrebe unosa za iduću godinu. DirectCommand dozvoljava primjenu varijabilne doze za pojedini ili više proizvoda. Sustav kontrolira doze primjene tekućih ili zrnatih proizvoda ovisno o receptnim geo kartama. Primjena varijabilnih doza je dostupna za sve podržane vrste opreme uključujući rasipače, samohodne i vučene prskalice, bezvodne aplikatore i aplikatore u trakama. Moguće je kontrolirati do tri kanala zrnatih proizvoda koristeći aplikator obrade tla, dok je istovremeno pod kontrolom bezvodni i dušini stabilizator uz dodatak kontrolnih modula za tekućinu i rezervoara za kemikaliju. Bitno je smanjiti potencijalna oštećenja uroda i vlastitu izloženost kemikalijama i pojednostaviti ispiranje sustava. DirectCommand je spojiv s Raven SCS Sidekick za potpunu kontrolu nad primjenom rezervoara s kemikalijama. Pojednostavljeno je i vrijeme unosa kreiranjem i pohranom obrazaca kalibracije, eliminirajući time potrebu rekalkibracije opreme pri svakom korištenju. Korištenjem OptRx senzora uroda automatski se primjenjuju varijabilne doze dušika na osnovi zdravlja uroda u stvarnom vremenu.

DirectCommand pametni izvještaj pojednostavljuje kreiranje izvještaja o primjeni (bilo tekućina ili zrnja), pružajući jednostavno rješenje za kreiranje detaljnih izvještaja o primjeni koje zahtijeva zakonodavstvo. Izvještaji sadrže lokaciju, informacije o proizvodu, ukupnu primjenu, područja polja, karte ponovne primjene i granice polja.

#### **7.4. OptRx Senzor usjeva**

Korištenje tehnologije senzora usjeva kod proizvodnje pšenice, ječma i uljane repice je jedina tehnika poboljšanja zdravlja biljaka i povećanja potencijalnog uroda. OptRx senzori mjere potrebe za dušikom vaših usjeva i pružaju preporuku stope primjene u stvarnom vremenu kako bi maksimalizirali vaš profit. OptRx senzori usjeva postavljaju na granu prskalice ili rasipača. Senzori se neprimjetno integriraju sa DirectCommand na vašem zaslonu. Šaljući vlastiti izvor svjetlosti, senzori mjere zdravlje usjeva na osnovu očitavanja biljne mase i refleksije svjetla. Referentna vrijednost, zvana Vegetativni indeks (VI) se izračunava na osnovu podataka o polju i početne kalibracije senzora. DirectCommand koristi (VI) kako bi odredila potrebe usjeva za dušikom u stvarnom vremenu. DirectCommand tada u hodu prilagođava stopu primjene dušika, na osnovu očitavanja od OptRx senzora, kako bi primijenili optimalnu količinu dušika u svrhu maksimalizacije financijske koristi.

#### **7.4.1. Nadzor prinosa**

Ag Leader proizvodi najkorišteniju tehnologiju nadzora prinosa na svijetu. Pomoću njega možete kreirati i gledati karte prinosa i vlage tijekom žetve i trenutno promatrati kako terenski uvjeti utječu na prinos. Samo Ag Leader omogućava nadzor prinosa za gotovo sve kombajne napravljene tijekom posljednjih 25 godina. Gledanje karte prinosa i vlage u stvarnom vremenu daje trenutnu povratnu informaciju o visini prinosa na terenu. Usporedbom karte sadnje sa kartama žetve u stvarnom vremenu možemo vidjeti trenutne promjene u urodu i vlazi prema hibridima/vrstama na polju. Ovo pruža bolji uvid u podatke za odabir sjemena za narednu sezonu. Ekran sažetka žetve daje sažete informacije o broju požnjevenih hektara, broju ukupnih i prosječnom broju požnjevenih prohoda, itd. Zrnje dolazi do elevatora stroja za žetvu gdje senzori očitavaju trenutnu vlagu. Kako zrnje dolazi do spremnika, senzori protoka mase nadziru prinos. Podaci o prinosu i vlazi dobiveni iz senzora se bilježe na zaslonu instaliranom u kabini. Nadzor prinosa Integra displeja sada omogućava rukovatelju unos karti hibrida usjeva koje je zabilježio drugi Integra, Versa ili neki treći radni monitor. Podatke je moguće učitati u softver kako bi se kreirala referentna karta koju je moguće učitati na displej. Ovo omogućava rukovatelju da prati rezultate hibrida u stvarnom vremenu tijekom žetve.

## 7.5. Usporedba opisanih uređaja

G7 Farmnavigator, Trimble CFX – 750 i Ag Leader Integra su moderni sustavi za navigaciju koji prate trendove razvoja. Radi se o 3 sustava koji imaju vrlo slične funkcije, samo nešto drukčija sučelja. Sva tri povezuje zaslon osjetljiv na dodir, mogućnost korištenja u bilo kojoj poljoprivrednoj djelatnosti, mogućnost izvoza podataka, kontroliranje sekcija, različite mogućnosti vođenja i dr. Sva tri uređaja također imaju ulaz za kameru kako bi se što više olakšalo rukovanje priključnim strojem i imao uvid u tok operacije (Tablica 2. Usporedba uređaja).

G7 Farmnavigator je rađen s ciljem da predvodi u dizajnu, jednostavnosti namještanja te povezivanju. Vidljivo je da se kod razvoja G7 Farmnavigatora vodilo računa kako da bude što ergonomičniji i ugodniji oku, kako izvana, tako i sučelje, te da se omogući više načina spajanja na internet. Dokaz da G7 Farmnavigator prati trendove je mogućnost Wi-Fi spajanja i spremanje baze podataka na „oblak“. Cijena samostalnog uređaja je 1 500 €.

Trimble CFX – 750 proizvodi druga tvrtka pa ima nekih razlika u odnosu na AvMap-ove sustave za navigaciju. Prva razlika, koja se odmah primijeti kada ih se pogleda, je svjetlosna traka. Signalizacija da je vozilo skrenulo s linije se kod Farmnavigatora G7 i Ag Leader Integre nalazi na zaslonu, dok je kod Trimble-a to iznad zaslona. Radi se o ravnoj liniji LED dioda, od kojih srednje 3 svijetle zeleno, a ostale crveno. Druga razlika je mogućnost izvoza podataka direktno na USB uređaj, bez posredovanja preko računala ili „oblaka“. Također je moguće uslikati zaslon i prebaciti na USB uređaj. On ima upute za brzi početak, ali to je relativno nepotrebno. Trimble ima nešto pregledniji zaslon od AvMap-a. Kako G7 Farmnavigator ima mogućnost upravljanja preko daljinskog upravljača, tako Trimble CFX – 750 ima mogućnost upravljanja preko EZ – Daljinskog džojstika. Također ima mogućnost bežičnog interneta i slanja polja preko „oblaka“ na računalo. Dosta je teži od druga dva uređaja, ima preko 3 kg. Cijena samostalnog uređaja je oko 2 500 €.

Za razliku od Farmnavigatora G7 i Trimble CFX-750 Ag Leader Integra ima dosta veći ekran dimenzije 31 cm koji je lako čitljiv i na jakom suncu. Integra zasloni imaju napredan, integriran sustav navođenja sa svjetlosnom linijom na ekranu, s opcijom više uzoraka navođenja. Pošto je Integrin ekran dosta veći nego na prethodna 2 uređaja, samim

time je i rad na njemu puno pregledniji. Kako bi bilo još lakše pratiti tijekom operacije također se može ugraditi i L160 Lightbar. L160 Lightbar se montira na vjetrobansko staklo, a sastoji se od zaslona jednostavnog za očitavanje i podesivog LED proreda. Cijena samostalnog uređaja je oko 4000 €.

Vidljivo je kako su sva 3 uređaja sustavi za navigaciju po najnovijim zahtjevima i standardima. To je vidljivo po mogućnosti bežičnog spajanja na internet te prebacivanja podataka na „oblak“ servere. Također kod njih se puno vodilo računa o izgledu monitora i sučelja. Sve u svemu, sva tri uređaja za preciznu poljoprivredu ispunjavaju očekivanja i idealan su alat za velike uštede u poljoprivredi. Cjenovno su prihvatljivi uzmemo li u obzir koliko uštede donosi njihova upotreba i ne u maloj mjeri očuvanje okoliša.

Veliki nedostatak je nedostatak predstavništva tvrtki AvMap i Trimble u Republici Hrvatskoj, Gepoint d.o.o. je predstavnik AvMap-a u Sloveniji, a Livona d.o.o. predstavnik Trimble-a u Srbiji. Ag Leader ima zastupništvo u Republici Hrvatskoj, točnije tvrtka Findri iz Sesveta je ovlašten distributer uređaja i opreme za naše područje.

S obzirom na omjer cijene i kvalitete uspoređenih uređaja može se zaključiti kako je G7 Farmnavigator optimalan izbor.

Tablica 2. Usporedba uređaja

| Značajke proizvoda   | Farmnavigator G7                    | trimble cfx-750                | AgLeader Integra               |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Mikroprocesor        | Dual Core Cortex A9 1GHz            | Dual Core                      | Dual Core                      |
| Ekran                | 7"(17,78cm) WSGA osjetljiv na dodir | 8"(20,32cm) osjetljiv na dodir | 12,1"(31cm) osjetljiv na dodir |
| Priključak za kameru | Podrška za video kamere             | Dva ulaza za video kameru      | Podrška za video kamere        |
| Cijena               | 1 500 €                             | 2 500 €                        | 4000 €                         |

Danas je sve više proizvođača različitih cjenovnih skupina koji nude svoje proizvode. Samim time upotreba navigacijskih uređaja u poljoprivredi je pristupačnija čak i onim proizvođačima koji imaju manje površine te samim time i niža financijska sredstva za nabavu takvih uređaja. U tablici 3. je prikazana usporedba G7 Farmnavigatora i Trimble CFX-750 sa konkurentnim uređajima.

Tablica 3. Usporedba G7 Farmnavigator-a i Trimble CFX-750 sa konkurencijom

| Značajke proizvoda        | AvMap G7 Farmnavigator      | Trimble CFX-750 | Trimble TMX-2050 | Raven Viper4        | Raven Envizio Pro   | Topcon X30        | Teejet Matrix Pro 840GS | JohnDeere GreenStar 2630 | Outback MAX                          | Muller Track Guide2 | Arag Bravo 400S | Leica mojo3D                    |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------|---------------------------------|
| Zaslon                    | 7"                          | 8"              | 12.1"            | 12.1"               | 10.4"               | 12.1"             | 8.4"                    | 10.4"                    | 10.4"                                | 6"                  | 5.7"            | 7"                              |
| Težina                    | 0.64 Kg                     | 3.05 Kg         |                  | 2.13 Kg             | 1.67 Kg             | 1.75 Kg           | 1.08 Kg                 | -                        | 3.4 Kg                               | -                   | -               | 1.4 Kg                          |
| Prašinu i vodu otporan    | Ip66                        | Ip64            | -                | -                   | -                   | Ip67              | -                       | -                        | Ip67                                 | -                   | -               | Ip64                            |
| Zaslon osjetljiv na dodir | Mt                          | Yes             | Mt               | Mt                  | Yes                 | Mt                | Yes                     | Yes                      | Yes                                  | No                  | No              | Yes                             |
| Ugrađeni GPS              | Yes                         | Yes             | Yes              | Yes                 | Yes                 | No                | Yes                     | No                       | No                                   | No                  | No              | Yes                             |
| Vanjski GPS               | Ublox L1 SBAS4 Hz           | L1, L2, G1, G2  | -                | Various up to L1+L2 | Various up to L1+L2 | L1, GLONASS 20 Hz | L1, GLONASS             | JD SF 300 Or SF 3000     | Hemisphere Eclipse II L1&L2 RTK 10Hz | -                   | -               | Optional Geopro L1, L2, GLONASS |
| Svjetleća konzola         | On Screen                   | Led             | On Screen        | On Screen, External | On Screen, External | Led               | Led, On Screen          | On Screen                | External                             | On Screen           | On Screen       | On Screen                       |
| Video ulaz                | Up to 2                     | 2               | 2                | 4                   | No                  | No                | 8                       | 3                        | 4                                    | Yes                 | 2               | Yes                             |
| Serijski portovi          | 3                           | 2               | -                | 2                   | 2                   | 4                 | Yes                     | 2                        | 7                                    | -                   | -               | 3                               |
| USB                       | Yes                         | Yes             | -                | 3                   | 2                   | 4                 | Yes                     | Yes                      | 2                                    | Yes                 | 2               | Yes                             |
| CANBUS                    | Yes                         | Yes             | -                | Yes + Isobus        | Yes + Isobus        | Yes               | Yes                     | Yes + Isobus             | 3                                    | Isobus              | -               | Yes                             |
| Ethernet                  | Yes                         | No              | -                | Yes                 | Yes                 | Yes               | No                      | Yes                      | 2                                    | -                   | No              | No                              |
| WiFi                      | Yes                         | Yes             | Yes              | Yes                 | No                  | No                | No                      | Jdlink                   | No                                   | -                   | No              | No                              |
| Daljinjski upravljač      | Yes                         | Yes             | -                | No                  | No                  | No                | No                      | Yes                      | No                                   | No                  | No              | No                              |
| Sekcije Kontrola          | Yes                         | Yes             | Yes              | Yes                 | Yes                 | Yes               | Yes                     | Yes                      | Yes                                  | Yes                 | Yes             | Yes                             |
| Variable Rate Control     | Optional                    | Yes             | -                | Yes                 | -                   | -                 | -                       | -                        | -                                    | Yes                 | Yes             | No                              |
| Tilt Compensation         | No                          | Yes             | -                | Yes                 | No                  | -                 | -                       | -                        | -                                    | Yes                 | -               | -                               |
| Autosteer podrška         | Yes                         | Yes             | Yes              | Yes                 | Yes                 | Yes               | Yes                     | Yes                      | Yes                                  | Yes                 | No              | Yes                             |
| Povezan, Oblak            | Yes (Wifi) Or 3G With C-Box | Yes             | Yes              | -                   | No                  | No                | No                      | -                        | -                                    | Yes                 | -               | No                              |
| Udaljen zaslon            | Yes                         | -               | -                | -                   | No                  | No                | No                      | Yes                      | -                                    | No                  | No              | Yes                             |

## **8. MATERIJAL I METODE RADA**

Kao izvor literaturnih podataka korišteni su udžbenici, priručnici za rukovanje, znanstveni radovi, diplomski radovi te katalozi i časopisi usko vezani uz tematiku samog rada. Uz navedeno, neki podatci prikupljeni su sudjelovanjem na službenoj prezentaciji navigacijskog uređaja održanoj u Bilju od strane službenih promotora.

U istraživanju koje je provedeno 2015. godine (Crneković, 2015.) na poljoprivrednom gospodarstvu „ADNOVAS“, provedena je eksploatacijska analiza rada navigacijskog uređaja u ekonomskom dvorištu i na proizvodnim površinama promatranog gospodarstva te anketiranje vlasnika i rukovatelja.

### **8.1. Metode prikupljanja podataka**

Literaturni podatci obuhvaćali su prikupljanje podataka o:

- načinu primjene te komponentama GIS i GPS tehnologije,
- načinu prikupljanja, obradi i prezentaciji podataka pomoću GIS i GPS tehnologije,
- ciljevima i načinima ostvarenja ciljeva precizne poljoprivrede,
- dijelovima sustava za navigaciju,
- stupnju iskorištenja konstrukcijskih zahvata strojeva,
- preciznosti rada promatranog navigacijskog uređaja,
- primjeni informacijskih i navigacijskih tehnologija u poljoprivredi,
- instalaciji i načinu rada promatranim navigacijskim uređajem.

Anketiranjem vlasnika gospodarstva i rukovatelja (Crneković, 2015.) prikupljeni su podatci o:

- ukupnoj veličini poljoprivredne proizvodne površine gospodarstva "Adnovas" i ukupnom broju parcela koje čine tu površinu,
- veličini konstrukcijskih zahvata strojeva koji su se koristili u istraživanju,
- udjelu pojedinih ratarskih kultura u ukupnoj proizvodnji,
- tehnici proizvodnje određenih kultura na gospodarstvu,
- broju uporabe svakog pojedinog stroja pri proizvodnji,
- problematici proizvodnje pri određenim tržišnim uvjetima,
- provođenju mjera precizne poljoprivrede,



- redovitosti provođenja analize tla, te
- prednostima i nedostacima uporabe promatranog navigacijskog prijemnika.

Kako bi se mogao prezentirati podatak o vrijednosti uštede koja bi se mogla postići korištenjem navigacijskih tehnologija u poljoprivredi, u radu (Crneković, 2015.) se pristupilo izračunu ukupne površine preklopa koji se javljaju pri ručnom upravljanju pogonskim strojem odnosno vrijednosti ukupne površine preklopa koji se javljaju korištenjem navigacije. Postupak odnosno način izračuna površine preklopa prezentiran je u slijedećem naslovu.

## 8.2. Metode izračuna površina preklopa na gospodarstvu "Adnovas"

Za izračun površina preklopa na promatranom gospodarstvu (Crneković, 2015.) prikupljene su informacije o:

- veličini poljoprivrednih površina gospodarstva,
- ukupnom broju parcela koje čine te poljoprivredne površine,
- veličinama konstrukcijskih zahvata strojeva na gospodarstvu,
- vrijednostima iskorištenja konstrukcijskih zahvata strojeva.

### 8.2.1. Vrijednosti prosječne parcele

Poljoprivredno gospodarstvo "Adnovas" raspolaže s 500 hektara proizvodnih površina koje se sastoje od 150 parcela. Budući da je u ovakvim uvjetima nemoguće kvalitetno izvesti mjerenja dužine, širine odnosno površine i točnog oblika svake pojedine parcele, u istraživanju se količina preklopa računala na površini prosječne parcele, čije su vrijednosti površine, oblika, dužine i širine stranica izračunate na slijedeći način:

Ukupna proizvodna površina od 500 hektara podijeljena je na 150 parcela (kvadratnog oblika) pri čemu je izračunata prosječna površina parcele koja iznosi 3,33 ha odnosno 33.333,33 m<sup>2</sup> (slika 1.):

$$\text{Površina prosječne parcele} = \frac{\text{ukupna proizvodna površina [ha]}}{150 \text{ parcela}} = \frac{500 \text{ ha}}{150} =$$

$$33.333,33 \text{ m}^2 = 3,33 \text{ ha}$$

Za izračun je upotrebljen kvadratni oblik prosječne parcele te su se matematičkom operacijom korjenovanja izračunale dužine stanica polja parcele, koje iznose:

$$\text{Dužina stranica prosječne parcele} = \sqrt{33.333,33} = 182,57 \text{ m}$$

### **8.2.2. Iskorištenje radnih zahvata strojeva (ručno upravljanje pogonskim strojem)**

Prema podacima (Brkić i sur., 2005.) vrijednost koeficijenta iskorištenja radnog zahvata ovisi o vrsti agregata, radnoj operaciji i načinu vođenja i razlikuje se:

- kod strojeva koji rade na redove uz dobro vođenje bilo markerom (sijačice, sadilice) bilo ulaskom u redove (međuredni kultivatori, kombajni za berbu kukuruza, suncokreta itd), vrijednost koeficijenta je 1,
- kod agregata za oranje vrijednosti koeficijenta iskorištenja radnog zahvata je oko 1 ili nešto veća,
- kod ostalih strojeva koji ne rade na redove i nemaju marker vrijednost koeficijenta je od 0,90 do 0,96.

Isti autori navode da se radni zahvat može promatrati kao konstrukcijski i eksploatacijski. Konstrukcijski radni zahvat može se naći u tehničkoj dokumentaciji stroja ili ga mjernom trakom izmjeriti. Eksploatacijski radni zahvat može biti jednak konstrukcijskom ili manji za veličinu preklapanja prohoda. Iskorištenje konstrukcijskog radnog zahvata izražava se koeficijentom iskorištenja radnog zahvata prema izrazu:

$$\beta = \frac{B_r}{B}$$

gdje je:

$B_r$  – eksploatacijski radni zahvat, m

$B$  – konstrukcijski radni zahvat, m

Za potrebe izračuna ukupne količine preklopa trebalo se prikazati kolika su iskorištenja konstrukcijskih radnih zahvata promatranih strojeva odnosno kolike su vrijednost širine preklopa prohoda za svaki priključni stroj korišten na poljoprivrednim proizvodnim površinama promatranog gospodarstva. Pri tome su za izračun korištene srednje vrijednosti iskorištenja konstrukcijskih radnih zahvata i to onih strojeva koji ne

rade na redove i ne koriste marker. Srednja vrijednost iskorištenja radnog zahvata prikazana je izrazom:

$$\text{Srednja vrijednost iskorištenja radnog zahvata} = \frac{0,90+0,96}{2} = \frac{1,86}{2} = 0,93,$$

odnosno iskorištenje radnog zahvata pri ručnom navođenju strojeva iznosi prosječno 93%.

Korištenjem srednje vrijednosti iskorištenja radnog zahvata omogućen je realniji izračun količine preklopa. Ipak, izračun količine preklopa može se samo orijentacijski prikazati budući da je podvrgnut prevelikim subjektivnim utjecajima samog rukovatelja te povoljnim ili nepovoljnim uvjetima na polju.

Navedeni su neki od važnijih utjecaja.

- Mogućnost rukovatelja da što bolje iskoristi radni zahvat stroja, ovisi o samoj sposobnosti rukovatelja. Nisu svi rukovatelji u stanju voditi agregat istom točnošću. Npr., rukovatelj A u stanju je iskoristiti 95 % zahvata stroja, dok rukovatelj B pri radu koristi prosječno 90 % radnog zahvata. Tako se može dogoditi da rukovatelj A postiže prosječnu vrijednost preklopa od 0,2 m, a rukovatelj B prosječnu vrijednost preklopa između dva prohoda u iznosu od 0,4 m.
- Dužina polja dodatno utječe na smanjenje ili povećanje količine preklopa. Neovisno o subjektivnim mogućnostima rukovatelja, ljudska priroda ograničavajući je faktor pri pokušaju dužeg pravocrnog kretanja poljem, što znači da će porastom dužine polja doći do pada koncentracije i većeg odstupanja od idealnog pravca kretanja, a samim time i povećanja preklopa.
- Loša vizualizacija obrađenog dijela polja, dodatno utječe na količinu preklopa koja se javlja pri radu. Pri obradi tla relativno je lako prepoznati obrađene dijelove polja i izvršiti korekciju putanje kako bi se smanjio preklap. Međutim, kod strojeva kao što su rasipači i prskalice rukovatelju je vrlo teško prepoznati koji su dijelovi polja već tretirani. Kao pomoć u vizualizaciji kod ovakvih strojeva se koriste dodatni radnici (markiranti) ili su strojevi opremljeni dodacima koji omogućavaju bolju vizualizaciju tretiranog dijela polja.
- Brzina dodatno utječe na količinu preklopa. Prevelike brzine, osim što mogu uzrokovati lošu obradu tla, zagušenja strojeva i slično, mogu uzrokovati veće količine preklopa. Ukoliko rukovatelj strojem rad obavlja povećanom brzinom kretanja i pri tome dođe do pada koncentracije ili pogreške u radu ili zamjetnog

odstupanja od potrebnog pravca kretanja za vrijeme dok izvrši korekciju putanje agregat je prevalio veći put u pogrešnom smjeru od onog puta koji bi prevalio sa nižom vrijednosti brzine.

- Vremenski uvjeti, magla i rad noću imaju osobito velikog utjecaja na količinu preklopa koja se javlja pri radu budući da rukovatelj nije u mogućnosti vizualizirati potrebne korekcije putanje koje bi smanjile preklap čak do te mjere da ponekad nije isplativo obavljati rad pri ovakvim uvjetima.

Upravo zbog navedenih razloga izračun eksploatacijske vrijednosti zahvata svakog stroja je temeljen na srednjoj vrijednosti iskorištenja radnog zahvata u iznosu od 93%. Pri tome je prezentirana tablica iskorištenja radnog zahvata pojedinih strojeva (tablica 4.).

Tablica 4. Iskorištenje radnog zahvata strojeva na gospodarstvu "Adnovas" (ručno upravljanje pogonskim strojem)

| Iskorištenje radnog zahvata 93%              | Tanjurača | Rahljač | Drljača | Sjetvospremač | Prskalica | Rasipač |
|----------------------------------------------|-----------|---------|---------|---------------|-----------|---------|
| Konstruktivski zahvat "B",[m]                | 4         | 3       | 4       | 5,6           | 18        | 18      |
| Eksploatacijski zahvat "B <sub>r</sub> ",[m] | 3,72      | 2,79    | 3,72    | 5,21          | 16,74     | 16,74   |
| Širina preklopa "p",[m]                      | 0,28      | 0,21    | 0,28    | 0,39          | 1,26      | 1,26    |

### 8.2.3. Iskorištenje radnih zahvata strojeva (asistencija prilikom upravljanja pogonskim strojem)

Prema URL1 navigacijski uređaj Farmnavigator G7, uz korištenje trenutno instalirane antene omogućava preciznost izvođenja radova u iznosu do 10 centimetara. Naravno, ova vrijednost postiže se pri idealnim uvjetima prijema kvalitetnih signala satelita odnosno idealnoj geometriji satelita. Međutim, razina preciznosti pri radu navigacijskog uređaja opada porastom DOP vrijednosti i uporabom korekcijskih signala manje preciznosti.

Iako sam prijamnik omogućava preciznost do 10 centimetara poljoprivredno gospodarstvo "Adnovas" trenutno koristi besplatni "EGNOS" korekcijski signal koji osigurava preciznost izvođenja radova u iznosu od 10 do 40 centimetara. Iz ovog podatka je vidljivo da je preciznost izravno uvjetovana samom preciznošću signala. Promatranjem rada sustava i anketiranjem rukovatelja primijećeno je da se većinu vremena ne može iskoristiti puna mogućnost navigacijskog uređaja ili najniža razina preciznosti budući da na kvalitetu signala utječe veliki broj čimbenika.

Iz tog razloga za potrebe izračuna površine preklopa pri radu s navigacijskim uređajem koristila se srednja vrijednost preciznosti signala koju nudi "EGNOS" odnosno kao srednja vrijednost širine preklapanja prohoda pri ručnom upravljanju pogonskim strojem uz pomoć navigacije primijenjena je vrijednost od 20 centimetara. Slične vrijednosti širine preklopa prikupljene su anketiranjem rukovatelja i promatranjem rada sustava u polju.

Valja istaknuti da ovakvi korekcijski signali, budući da se ne naplaćuju, a osiguravaju određenu razinu preciznosti, idealnu primjenu nalaze kod gospodarstava poput "Adnovas". Ovakva gospodarstva uglavnom si ne mogu priuštiti plaćanje preciznih, ali skupih signala. Strojevi povećanih radnih zahvata, a osobito prskalice i rasipači mineralnih gnojiva idealni su za primjenu ovakvih razina preciznosti gdje jedini trošak predstavlja sama nabavka navigacijskog uređaja.

U tablici 5. prikazano je iskorištenje konstrukcijskog zahvata pri srednjoj vrijednosti preklopa od 20 centimetara u radu s navigacijskim uređajem na gospodarstvu "Adnovas".

Tablica 5. Iskorištenje zahvata strojeva gospodarstva "Adnovas" pri radu s navigacijskim uređajem i širinom preklopa od 20 centimetara

|                                                   | Tanjurača | Rahljač | Drljača | Sjetvospremač | Prskalica | Rasipač |
|---------------------------------------------------|-----------|---------|---------|---------------|-----------|---------|
| Konstruktivski radni zahvat "B",[m]               | 4         | 3       | 4       | 5,6           | 18        | 18      |
| Eksplatacijski radni zahvat "B <sub>r</sub> ",[m] | 3,80      | 2,80    | 3,80    | 5,4           | 17,80     | 17,80   |
| Širina preklopa "p", [m]                          | 0,2       | 0,2     | 0,2     | 0,2           | 0,2       | 0,2     |
| Iskorištenje radnog zahvata,[%]                   | 95        | 93,33   | 95      | 96,43         | 98,89     | 98,89   |

### 8.3. Postupak izračuna površina preklopa

Postupak izračuna ukupne površine preklopa, koji je prezentiran u daljnjem tekstu, primjenjiv je za oba načina upravljanja prilikom obavljanja poljoprivrednih radova odnosno pri ručnom načinu upravljanja pogonskim strojem i pri upravljanju pomoću informacija navigacijskog uređaja.

Primijenjeni izrazi potrebni za izračun, proizvod su zaključivanja i analize postupka izračuna te bi trebali olakšati i ubrzati sam proces izračuna odnosno na što lakši način prikazati računate vrijednosti.

Zbog specifičnosti izračuna površine preklopa kod određenih priključnih strojeva posebno je prikazan postupak izračuna kod strojeva koji pri radu djeluju na samo tlo i nemaju mogućnost prilagodbe radnog zahvata (tanjurača, drljača, sjetvospremač, prorahljivač) te strojeva poput prskalica i rasipača koji u zadnjem proходу mogu koristiti određenu širinu radnog zahvata ( $B'$ ) i time izravno utjecati na smanjenje širine preklopa u zadnjem proходу.

Postupak izračuna količine preklopa obuhvaća:

1. Izračun potrebnog broja prohoda za obradu prosječne parcele
2. Izračun pojedinih površina i ukupne površine preklopa na prosječnoj parceli

### 8.3.1. Izračun potrebnog broja prohoda za obradu prosječne parcele

Potreban broj prohoda priključnim strojem za obradu prosječne parcele iznosi:

$$N \text{ (broj potrebnih prohoda)} = \frac{\text{širina polja [m]}}{\text{eksploatacijski zahvat stroja [m]}} = \frac{L}{Br}$$

Budući da širina zadnjeg prohoda (Z) poljem iznosi "B" (konstrukcijska vrijednost zahvata), između zadnjeg (Z) i prethodnog (P) prohoda može se pojaviti preklap "p" čija se širina razlikuje za određenu vrijednost od prosječne širine svih prethodnih preklopa "p". Zbog toga se od izračunatog potrebnog broja prohoda "N" (između kojih se javlja širina preklopa "p") za obradu parcele prosječne površine oduzima jedan prohod (zadnji, čija vrijednost širine preklopa može iznositi "p"). Pri tome se izračunava vrijednost N':

$$N' = N - 1$$

Budući da širina N' prohoda (L<sub>2</sub>) ima jednaku prosječnu vrijednost preklopa "p" između svih prohoda, izračuna se prema izrazu:

$$L_2 = N' \times \text{eksploatacijski radni zahvat stroja} = N' \times B_r$$

Oduzimanjem širine N' prohoda (L<sub>2</sub>) od širine polja (L) izračunava se vrijednost širine preostalog dijela polja za obradu (L<sub>1</sub>), tj. vrijednost koja nam govori koliko je preostalo mjesta za uklapanje zadnjeg prohoda. Pri tome se "L<sub>1</sub>" izračunava prema izrazu:

$$L_1 = \text{širina polja} - \text{širina N' prohoda} = L - L_2,$$

Važno je naglasiti da se u ovisnosti o veličini "L<sub>1</sub>" i veličini "B" (konstrukcijski zahvat stroja- zadnji prohod) mogu pri radu pojaviti 3 slučaja:

**1. L<sub>1</sub> > B** (ukoliko je veličina "L<sub>1</sub>" veća od konstrukcijskog zahvata stroja "B" pri uklapanju predzadnjeg i zadnjeg prohoda javiti će se manja širina preklopa od prosječnih nastalih između svih prethodnih prohoda zbog toga što rukovatelj stroja poravnava stroj s granicama polja te se odmiče od predzadnjeg prohoda za veličinu razlike širine "L<sub>1</sub>" i širine konstrukcijskog zahvata stroja "B", čime se veličina preklopa smanjuje za tu razliku

vrijednosti (x). Ukoliko se pri izračunu javi ovakav slučaj, potrebno je prvo izračunati vrijednost "x":

Vrijednost razlike (x) između širine "L<sub>1</sub>" i "B" iznosi:

$$x = L_1 - B,$$

Budući da rukovatelj ima više mjesta za uklapanje prohoda od konstrukcijskog zahvata agregata, on će se poravnati s granicom polja što rezultira smanjenjem preklopa za izračunatu veličinu "x". Preklop "p'" između prethodnog (P) i zadnjeg (Z) prohoda pri tome će iznositi:

$$p' = p - x$$

**2. L<sub>1</sub> = B** (prosječna širina preklopa jednaka između svih prohoda),

$$p' = p,$$

$$x = 0$$

**3. L<sub>1</sub> < B** ( ukoliko je veličina "L<sub>1</sub>" manja od konstrukcijskog zahvata stroja "B" pri uklapanju predzadnjeg i zadnjeg prohoda javiti će se veća širina preklopa od prosječnih nastalih između svih prethodnih prohoda zbog toga što rukovatelj stroja poravnava stroj s granicama polja, ali zbog nedostatka širine za uklapanje zadnjeg prohoda mora dodatno preklopiti predzadnji prohod. Pri tome se javlja razlika vrijednosti (x') između širine "B" i "L<sub>1</sub>", koja iznosi:

$$x' = B - L_1,$$

Budući da rukovatelj ima "premalo" mjesta za uklapanje posljednjeg prohoda odnosno preostala širina polja "L<sub>1</sub>" manja je od konstrukcijskog zahvata agregata "B", rukovatelj će se poravnati s granicom polja, ali će dodatno preklopiti predzadnji prohod što rezultira povećanjem preklopa "p" za veličinu "x'". Preklop "p'" između prethodnog (P) i zadnjeg prohoda (Z) tada iznosi:

$$p' = p + x'$$

Kod strojeva koji apliciraju određenu količinu tvari izravno na tlo ili biljke, poput prskalice i rasipača mineralnih gnojiva, postoji mogućnost korištenja određenog dijela radnog zahvata (B') pri aplikaciji tvari u zadnjem prohodu (Slika 3.). Rukovatelj će



procijeniti ili izmjeriti kolika je širina potrebnog dijela na koji još treba aplicirati mineralno gnojivo ili zaštitno sredstvo te će u skladu s tim podatkom koristiti određeni radni zahvat "B'". Širina mogućeg korištenog radnog zahvata "B'" pri tome ovisi o tipu stroja i potrebnoj širini preostalog dijela polja koje je potrebno tretirati ( $L_{pd}$ ). Kod centrifugalnih rasipača mineralnih gnojiva "B'" može iznositi  $\frac{1}{2}$  konstrukcijskog radnog zahvata "B", što rezultira prosječno većom količinom preklopa "p'" nego kod prskalice kod kojih se potrebna širina radnog zahvata "B'" može bolje prilagoditi potrebnoj širini preostalog dijela polja koje je potrebno tretirati ( $L_{pd}$ ). Pri radu prskalice rukovatelj može isključiti dio sekcija koje nisu potrebne pri zadnjem proходу odnosno zatvoriti dotok tvari prema određenim mlaznicama. Ipak, i kod prskalice će se javiti širina preklopa "p'", budući da rukovatelj mora osigurati minimalnu vrijednost radnog zahvata "B'" koja osigurava tretiranje širine preostalog dijela polja za obradu " $L_{pd}$ " koja iznosi:

$$L_{pd} = L_1 - p,$$

Preklop koji se pri tome javlja ( $p'$ ) izračunava se na slijedeći način:

$$p' = B' - L_{pd}$$

### 8.3.2. Izračun pojedinih površina i ukupne površine preklopa na prosječnoj parceli

Ukupna površina preklopa na prosječnoj parceli ( $S_{pp}$ ), pri obavljanju poljoprivrednih operacija određenim priključnim strojem, sastoji se iz slijedećih površina preklopa:

1. Površine preklopa " $S_{N'-1}$ " (ukoliko za obradu polja potreban broj prohoda iznosi  $N=49$  onda  $N'$  prema prethodnom izračunu iznosi 48 prohoda sa određenom srednjom vrijednosti preklopa "p" koja se javlja između tih prohoda. Ipak, valja primjetiti da 48 prohoda rezultira sa 47 preklopa (prvi prohod ne preklapa niti jedan). Prema tome, površina " $S_{N'-1}$ " iznosi:

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= N'-1 \times \text{srednja vrijednost preklopa između prohoda} \times \text{dužina parcele bez uvratina} \\ &= N'-1 \times p \times L_r, \end{aligned}$$

2. Površine preklopa " $S_p$ " nastalog uklapanjem predzadnjeg i zadnjeg prohoda pri čemu se javlja vrijednost "p'". Veličina preklopa "p'" može biti jednaka ostalim veličinama preklopa, veća od vrijednosti "p" ili pak manja ( $p' > p$ ,  $p' < p$ ,  $p' = p$ ). Ukupna površina " $S_p$ " sa širinom preklopa "p'" iznosi:

$$S_{p'} = \text{širina preklopa } p' \times \text{dužina parcele bez uvratina} = p' \times L_r$$

3. Površine preklopa nastala pri obradi uvratina ( $S_u$ ). U radu je prepostavljeno da je za zaokretanje agregata na polju dovoljna širina pojasa uvratine kojom se omogućuje zaokret agregata iznosila širinu dva prohoda (jedan konstrukcijski i jedan eksploatacijski, kako bi se između njih javio prosječan preklap "p"), ali sa svakog kraja polja. Prema tome, površina preklopa nastala pri obradi uvratina " $S_u$ " iznosi:

$$S_u = 2 \times p \times L$$

Prema navedenom, izračun ukupne površine preklopa na prosječnoj parceli " $S_{pp}$ " možemo prikazati izrazom:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} + S_u$$

Važno je naglasiti da se kod izračuna ukupne površine preklopa " $S_{pp}$ ", pri radu prskalice i rasipača mineralnog gnojiva, nije posebno zbrajala vrijednost površine preklopa koja se javlja pri obradi uvratina budući da se pri izračunu površine preklopa " $S_{N'-1}$ " i " $S_{p'}$ " koristila ukupna vrijednost dužine polja odnosno " $L_r$ " = " $L_u$ ".

Ukupna površina preklopa pri radu prskalice i rasipača mineralnog gnojiva sastoji se iz:

1. Površine preklopa " $S_{N'-1}$ ", nastale preklapanjem  $N' - 1$  broja prohoda, koja iznosi:

$$S_{N'-1} = N' - 1 \times \text{srednja vrijednost preklopa između prohoda} \times \text{dužina polja} = \\ N' - 1 \times p \times L_r = N' - 1 \times p \times L_u$$

2. Površine preklopa " $S_{p'}$ ", nastale obradom zadnjeg prohoda, pri čemu se javlja vrijednost preklopa " $p''$ ". Pri tome površina " $S_{p'}$ " iznosi:

$$S_{p''} = \text{širina preklopa } p'' \times L_u$$

Ukupna površina preklopa " $S_{pp}$ " izračunata je zbrajanjem površine preklopa " $S_{N'-1}$ " i površine preklopa " $S_{p'}$ ". Ukupna površina preklopa, pri radu prskalicom ili rasipačem mineralnog gnojiva, na prosječnoj parceli ukupno iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p''}$$

## 9. REZULTATI I RASPRAVA

Promatranjem rada navigacijskog uređaja Farmnavigator G7 i anketiranjem vlasnika o gospodarstvu dobili su se slijedeći rezultati (Crneković, 2015.):

- provođenje mjera uzorkovanja tla i analize tla provode se svakih 3-4 godine, pri čemu analizu tla obavlja ovlašteni laboratorij zavoda za tlo,
- gospodarstvo raspolaže dovoljnim brojem traktora (5 traktora) i priključnih strojeva za obavljanje operacija osnovne i dopunske obrade tla te obavljanja gnojidbe, zaštite i žetve (posjeduje kombajn) pri čemu je obavljanje radova u agrotehničkim rokovima omogućeno,
- problem gospodarstva predstavlja veliki broj parcela (oko 150) prosječnih veličina od 3,5 do 5 hektara, te niske otkupne cijene poljoprivrednih proizvoda i neuređenost tržišta,
- gnojidba se obavlja centrifugalnim rasipačima uz upotrebu navigacijskog uređaja uz ručno upravljanje traktorom za smanjenje preklopa pri radu čime se uštede manifestiraju smanjenjem utroška repromaterijala i u smanjenju potrebnog broja radnika (nisu potrebni markiranti),
- zaštita bilja obavlja se sustavom stalnih tragova i upotrebom navigacijskog uređaja uz ručno ispravljanje putanje traktora, za smanjenje preklopa pri radu čime se uštede manifestiraju smanjenjem utroška repromaterijala i u smanjenju potrebnog broja radnika (nisu potrebni markiranti),
- vođenje agregata ne obavlja se redovito vođenjem agregata dužom stranicom polja čime bi se omogućilo manji broj okretanja na uvratinama i bolje iskorištenje radnog vremena,
- kupljeni navigacijski uređaj "Farmnavigator G7" nabavljen je isključivo zbog uštede poljoprivrednih repromaterijala i mogućnosti evidentiranja poljoprivrednih površina, kao i radova obavljenih na pojedinoj proizvodnoj površini,
- navedeni navigacijski prijemnik odlikuje se vrlo lakom montažom, instalacijom i dobrom vizualizacijom potrebnih korekcija putanje,
- navigacijski uređaj se u radu pokazao zadovoljavajućim, iako su ponekad DOP vrijednosti prelazile u nezadovoljavajuću razinu, što se može objasniti lošom geometrijom satelita,

- dodatna prednost navigacijskog uređaja je i ta što se poljoprivredni radovi mogu obaviti noću kada je strujanje zraka slabije (prskanje i ostali radovi) čime se može utjecati na smanjenje zanošenja kapljica pri aplikaciji (drift) te bolje iskorištenje radnog vremena osobito ako se primjenjuje rad u tri smjene,
- najvažnija posljedica primjene navigacijskog uređaja očitovala se u pravilnom uklapanju prohoda,
- navigacijski sustav trenutno se sastoji od osnovnog paketa te pojedine opcije poput automatske kontrole sekcija i automatskog upravljanja nisu dostupne,
- uređaj se pokazao osobito korisnim u situacijama kada određena operacija nije izvršena do kraja na polju te je potrebno locirati točnu poziciju u polju prilikom nastavka rada na polju idući dan,
- prilikom rada navigacijskim uređajima javljali su se problemi tehničke prirode poput ispadanja priključka kabela za napajanje iz utičnice automobilske upaljača u traktoru pri kretanju agregata na neravnim površinama tla koje se obrađivalo.
- vlasnik navodi i problem nedostatka zastupništva proizvođača navigacijskog prijemnika koji bi omogućio otklanjanje eventualnih kvarova te kvalificiranih radnika koji bi poljoprivrednicima na terenu prezentirali na koji način sustav radi.
- dodatne pogodnosti navigacijskog uređaja očitovale su se u smanjenju informacijskog i fizičkog opterećenja rukovatelja traktorom. Pri obavljanju poljoprivrednih radova rukovatelj obično nije u mogućnosti zadržati ravan pravac kretanja, osobito pri izvođenju operacija koje ne podrazumijevaju uporabu markira ili nekih drugih pomagala za vođenje.

### **9.1. Površina preklopa pri proizvodnji pšenice i ječma**

Ukupna površina poljoprivrednog gospodarstva (Crneković, 2015.) na kojoj se odvija proizvodnja pšenice i ječma iznosi 350 ha (70 % ukupne površine poljoprivrednog gospodarstva).

Broj prosječnih parcela pod pšenicom i ječmom: 105

Korištena poljoprivredna mehanizacija i količine korištenja:

1. Tanjurača [2 puta]

2. Sjetvospremač
3. Rasipač mineralnog gnojiva [4 puta]
4. Prskalica [4 puta]

#### **Ručno upravljanje pogonskim strojem bez navigacijskog uređaja:**

##### **Tanjurača [2 puta] – obrađena površina iznosi 700 ha**

Ukupna površina preklopa na 350 hektara izračunava se množenjem 105 prosječnih parcela pod pšenicom i ječmom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu tanjuračem i ručnom upravljanju bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$105 \times 2.346,795 \text{ m}^2 = 246.413,475 \text{ m}^2 = 24,641 \text{ ha}$$

Budući da se operacija tanjuranja obavlja dva puta, odnosno obradi se 700 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$246.413,475 \text{ m}^2 \times 2 = 492.826,95 \text{ m}^2 = 49,283 \text{ ha}$$

##### **Sjetvospremač – obrađena površina iznosi 350 ha**

Ukupna površina preklopa na 350 hektara izračunava se množenjem 105 prosječnih parcela pod pšenicom i ječmom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu sjetvospremačem i ručnom upravljanju bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$105 \times 2.303,964 \text{ m}^2 = 241.916,22 \text{ m}^2 = 24,192 \text{ ha}$$

##### **Rasipač mineralnog gnojiva [4 puta] – obrađena površina iznosi 1400 ha**

Ukupna površina preklopa na 350 hektara izračunava se množenjem 105 prosječnih parcela pod pšenicom i ječmom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu rasipačem i ručnom upravljanju bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$105 \times 2.817,056 \text{ m}^2 = 295.790,88 \text{ m}^2 = 29,579 \text{ ha}$$

Budući da se rasipač koristi četiri puta, odnosno obradi se 1400 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$4 \times 295.790,88 \text{ m}^2 = 1.183.164 \text{ m}^2 = 118,316 \text{ ha}$$

### **Prskalica [4 puta] - obrađena površina iznosi 1400 ha**

Ukupna površina preklopa na 350 hektara izračunava se množenjem 105 prosječnih parcela pod pšenicom i ječmom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu prskalicom i ručnom upravljanju bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$105 \times 2.086,775 \text{ m}^2 = 219.111,375 \text{ m}^2 = 21,911 \text{ ha}$$

Budući da se prskalica koristi četiri puta, odnosno obradi se 1400 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$4 \times 219.111,375 \text{ m}^2 = 876.445,5 \text{ m}^2 = 87,645 \text{ ha}$$

### **Ručno upravljanje pogonskim strojem uz pomoć navigacije:**

#### **Tanjurača [2 puta] – obrađena površina 700 ha**

Ukupna površina preklopa na 350 hektara izračunava se množenjem 105 prosječnih parcela pod pšenicom i ječmom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu tanjurače i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$105 \times 1.647,555 \text{ m}^2 = 172.993,275 \text{ m}^2 = 17,299 \text{ ha}$$

Budući da se operacija tanjuranja obavlja dva puta, odnosno obradi se 700 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$2 \times 172.993,275 \text{ m}^2 = 345.986,55 \text{ m}^2 = 34,599 \text{ ha}$$

#### **Sjetvospremač – obrađena površina 350 ha**

Ukupna površina preklopa na 350 hektara izračunava se množenjem 105 prosječnih parcela pod pšenicom i ječmom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu sjetvospremačem i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$105 \times 1.330,291 \text{ m}^2 = 139.680,555 \text{ m}^2 = 13,968 \text{ ha}$$

### **Rasipač mineralnog gnojiva [4 puta] – obrađena površina 1400 ha**

Ukupna površina preklopa na 350 hektara izračunava se množenjem 105 prosječnih parcela pod pšenicom i ječmom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu rasipača i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 6.) i iznosi:

$$105 \times 1.173,925 \text{ m}^2 = 123.262,125 \text{ m}^2 = 12,326 \text{ ha}$$

Budući da se rasipač koristi četiri puta, odnosno obradi se 1400 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$4 \times 123.262,125 \text{ m}^2 = 493.048,5 \text{ m}^2 = 49,305 \text{ ha}$$

### **Prskalice [4 puta] - obrađena površina 1400 ha**

Ukupna površina preklopa na 350 hektara izračunava se množenjem 105 prosječnih parcela pod pšenicom i ječmom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu prskalicom i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$105 \times 352,360 \text{ m}^2 = 36.997,8 \text{ m}^2 = 3,699 \text{ ha}$$

Budući da se prskalice koristi četiri puta, odnosno obradi se 1400 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$4 \times 36.997,8 \text{ m}^2 = 147.991,2 \text{ m}^2 = 14,799 \text{ ha}$$

Tablica 6. Razlike u površini preklopa pri proizvodnji pšenice i ječma

| Pšenica i ječam<br>350 ha | Obradena<br>površina [ha] | Površine preklopa [ha] |            |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|------------|
|                           |                           | Ručno upravljanje      | Navigacija |
| Tanjurača (2X)            | 700                       | 49,283                 | 34,599     |
| Sjetvospremač             | 350                       | 24,192                 | 13,968     |
| Prskalice (4X)            | 1400                      | 87,645                 | 14,799     |
| Rasipač (4X)              | 1400                      | 118,316                | 49,305     |
| Ukupno                    | 3850                      | 279,436                | 112,671    |

Usporedba vrijednosti površine preklopa pri proizvodnji pšenice i ječma pri ručnom upravljanju i upravljanju pomoću navigacije prikazana je tablicom 5. Iz tablice je vidljiv

podatak da površina preklopa pri ručnom upravljanju pogonskim strojem iznosi 279,436 ha, dok površina preklopa pri upravljanju pomoću navigacije iznosi 112,671 ha. Iz ovih podataka moguće je prikazati razliku u površini preklopa između ručnog navođenja stroja i navođenja uz pomoć navigacije, pri proizvodnji pšenice i ječma, koja iznosi:

$$\text{Razlika} = 279,436 \text{ ha} - 112,671 \text{ ha} = 166,765 \text{ ha}$$

### 9.1. Količina preklopa pri ukupnoj proizvodnji

Ukupna količina preklopa pri proizvodnji svih promatranih kultura na poljoprivrednim proizvodnim površinama gospodarstva "Adnovas" prezentirana je tablicom 7.(Crneković, 2015.). Iz tablice su vidljivi podaci o ukupnoj količini korištenja promatranih strojeva odnosno ukupno obrađenoj površini pri svakoj poljoprivrednoj operaciji i površini preklopa koje se pri tim operacijama javljaju.

Tablica 7. Ukupne površine preklopa pri proizvodnji na gospodarstvu "Adnovas"

| Sve kulture,<br>500 ha | Obradena površina [ha] | Površina preklopa [ha] |               |
|------------------------|------------------------|------------------------|---------------|
|                        |                        | bez navigacije         | S navigacijom |
| Drljača                | 100                    | 7,040                  | 4,942         |
| Tanjurača              | 850                    | 59,843                 | 41,992        |
| Prorahljivač           | 50                     | 4,073                  | 4,067         |
| Sjetvospremač          | 500                    | 34,560                 | 19,953        |
| Prskalica              | 1700                   | 106,425                | 17,971        |
| Rasipač                | 1800                   | 152,120                | 63,393        |
| Ukupno                 | 5000                   | 364,061                | 152,318       |

Razlika u ukupnoj količini preklopa između ručnog navođenja stroja i navođenja uz pomoć navigacije je slijedeća:

$$\text{Razlika} = 364,061 \text{ ha} - 152,318 \text{ ha} = 211,743 \text{ ha}$$



Iz rezultata (Crneković, 2015.) je vidljivo da gospodarstvo u svim promatranim operacijama ukupno obradi površinu od 5.364,063 ha pri čemu se na preklope izgubi 364,063 ha pri upravljanju strojem bez informacija prezentiranih rukovatelju pomoću zaslona navigacijskog uređaja. Korištenjem navigacijskog uređaja i smanjenjem preklopa u promatranim operacijama na svega 20 centimetara postiže se veće iskorištenje radnog zahvata strojeva što rezultira manjim brojem prohoda i u konačnici smanjenjem ukupne površine preklopa koji se javljaju pri radu u iznosu od 211,743 ha. Naravno, ovakve informacije prikupljene su generaliziranjem određenih čimbenika koji imaju izravan utjecaj na izračun površine preklopa, poput korištenja vrijednosti površine prosječne parcele, korištenja srednjih vrijednosti pri izračunu iskorištenja radnih zahvata i sl. Uz to, navigacijski prijemnik dodatno doprinosi nemogućnosti prikaza kvalitetnijih podataka budući da pri radu u polju signal varira. Ponekad se virtualna linija vođenja poklapa sa stvarnom lokacijom prijemnika u proходу, dok se u nekim slučajevima primjećuje veliko odstupanje od potrebnog pravca vođenja agregata u polju. Izračunate veličine karakteristične su uglavnom za površine i strojeve poljoprivrednog gospodarstva "Adnovas" te ih nije moguće u cjelosti primijeniti na druga gospodarstva upravo zbog ranije navedenih specifičnih uvjeta promatranog gospodarstva, literaturnih navoda kojima se koristilo pri izračunu te razlike u kvaliteti i preciznosti signala, kao i samih uređaja.

## **9.2. Mjere poboljšanja**

Troškovi proizvodnje, broj i veličine parcela, neuređenost tržišta te slabo iskorištenje radnog vremena ograničavajući su čimbenik ovoga gospodarstva na koje se trenutno ne može utjecati u velikoj mjeri (Crneković, 2015.). Visoki ulazni troškovi donekle su smanjeni uporabom navigacijskog uređaja pri čemu se ušteda najvećim dijelom postigla preciznijim uklapanjem prohoda (smanjeno gubljenje zahvata stroja zbog velikih preklopa) te smanjenim utroškom plaćenog ljudskog rada (markiranti). Bolje iskorištenje vremena rada očitovalo se uglavnom mogućnostima rada noću, dok se na vrijeme izgubljeno u transportu do polja i natrag nije moglo utjecati te ono i dalje predstavlja veliki problem koji bi se mogao riješiti okrupnjavanjem zemljišta.

Racionalizacija proizvodnje i pravilne strategije upravljanja strojevima na polju (prohodi dužom stranom polja) i korištenje strojeva manjih radnih zahvata (manji radijus

zakretanja, zakretanje u jednom postupku) na malim parcelama trebali bi utjecati na poboljšanje strukture iskorištenja radnog vremena.

Sama primjena navigacijskog uređaja izravno se očitovala smanjenjem preklapanja prohoda odnosno preciznijim uklapanjem prohoda agregata čime je smanjen određen broj prohoda prilikom obrade tla. Kako bi se navigacijski uređaj iskoristio u potpunosti valjalo bi uložiti dodatna kapitalna sredstva kako bi se sustav opremio automatskom kontrolom sekcija, čime bi se preklapanje svelo na najmanju moguću mjeru. Automatska kontrola sekcija zahtijeva dodatna ulaganja u uređaje koji kontroliraju rad sekcija i tzv. C- Box uređaj koji služi povezivanju sustava u cjelinu.

Besplatni EGNOS korekcijski signal koji koristi ovaj navigacijski uređaj u nekim slučajevima je pokazivao znakove velikog odstupanja preciznosti te su se javljale velike "DOP" vrijednosti. Iz tih razloga bi se trebalo razmisliti o kupovini dodatnog korekcijskog signala koji će ponuditi veću razinu preciznosti, osobito ukoliko se vlasnik odluči na dodatna investiranja u sustav automatskog upravljanja i precizne automatske kontrole sekcija.

Problem gubitka napajanja zbog ispadanja priključka kabela za napajanje iz utičnice automobilske upaljače na traktoru predstavljao je veliki problem i često gašenje navigacije. Ovakav problem možda se javlja jer je ovaj navigacijski uređaj nije namijenjen isključivo uporabi u poljoprivredi, već se sustav može koristiti i kao navigacijski uređaj u prometu pri čemu je možda pri izradi manja pozornost pridodana na specifične uvjete u kojima se uređaj može naći u poljoprivrednoj proizvodnji. Ovakav specifičan problem mogao bi se riješiti na način da se dodatno izvede nekakva gumica kojom će se priključak učvrstiti u utičnicu upaljača.

Nedostatak zastupništva u Republici Hrvatskoj predstavlja veliki problem kojim će se proizvođači navigacijskog uređaja morati pridodati veću pažnju kako bi dobili povratne informacije o eventualnim nedostacima sustava i problematici rada sustava s kojom su poljoprivrednici suočeni. Valjalo bi kada bi se oformile određene ekipe koje bi poljoprivrednicima pokazale na koji način i kako započeti s radom te kako koristiti sve dostupne opcije ovog navigacijskog uređaja.

## 10. ZAKLJUČAK

Analizom sustava za navigaciju može se zaključiti da je upotreba navigacijskih tehnologija neophodna za kvalitetno obavljanje određenih operacija, racionalizaciju utroška radnih sredstava, smanjenje zagađenja okoliša umjetnim gnojivima i zaštitnim sredstvima. Primjena najnovijih tehnologija uvelike ovisi o ekonomskim mogućnostima poljoprivrednih gospodarstava.

Veliki proizvođači imaju veće potrebe za uvođenjem novih tehnologija iz razloga što posjeduju velike površine na kojima mogu ostvariti velike gubitke, ali i uštede. Na tako velikim površinama moguće je primijeniti široki asortiman opreme za preciznu poljoprivredu te uređaja za navigaciju. Sami sustavi ne donose uštede ako se ne kombiniraju s dobrim priključnim strojevima i ako se ne obavljaju analize tla.

Istraživanje je pokazalo kako se korištenjem navigacijskog uređaja Farmnavigator G7 postiže veće iskorištenje radnog zahvata strojeva što rezultira manjim brojem prohoda i u konačnici smanjenjem ukupne površine preklopa koji se javljaju pri radu.

Kada se primjenjuju navigacijski uređaji u poljoprivredi, to uvelike psihološki i fizički rasterećuje radnika odnosno rukovatelja. Automatsko upravljanje također rasterećuje rukovatelja i donosi određene uštede, ali ga je potrebno ukomponirati sa najnovijim tehnologijama radi što veće preciznosti.

G7 Farmnavigator je moderan sustav koji prati najnovije trendove ergonomije i jednostavnosti te ima mogućnost bežičnog spajanja na internet te pohranu podataka.

Trimble CFX – 750 je sustav za navigaciju iste generacije kao i G7 Farmnavigator s dosta sličnosti. Ima svjetlosnu traku od LED dioda koja signalizira kada je vozilo skrenulo s putanje, dok Farmnavigator ima na zaslonu.

Ag Leader Integra ima dosta veći ekran dimenzije 31 cm koji je lako čitljiv i na suncu. Ima integriran sustav navođenja sa svjetlosnom linijom na ekranu, s opcijom više uzoraka navođenja.

Od tri navedena sustava jedino Ag Leader ima zastupništvo u Republici Hrvatskoj, dok za ostale postoji samo distribucija što predstavlja negativni element koji otežava održavanje sustava u praksi.

## 11. POPIS LITERATURE

1. Arnoff, S. (1989.): Geographic Information System: A Management Perspective. WDL Publications, Ottawa, Canada.
2. Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L., Lukač, P., Kiš, D., Jurić, T., Knežević, D. (2005.): Eksploatacija poljoprivrednih strojeva, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
3. Burrough, P. A. (1986.): Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Oxford University Press, Oxford, 194 pp.
4. Cowen, D. J. (1988.). GIS versus CAD versus DBMS : what are differences?, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54: 1551-4.
5. Crneković, M., (2015.): Automatsko vođenje traktora, strojeva i uređaja u sustavu gis - precizna poljoprivreda, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
6. Jurišić, M., Plaščak, I. (2009.): Geoinformacijski sustavi - GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
7. Marković D, i dr. (2011): Analiza ekonomskih pokazatelja u primeni gps tehnologije u poljoprivrednom kombinatu Beograd, Savremena poljoprivredna tehnika 37(3): 283-294.
8. Ozemoy, V.M., Smith, D.R., and Sicherman, A. (1981.): Evaluating computerized geographic information systems using decision analysis, Interfaces, 11: 92-8.
9. Smith, T.R., Menon, S., Starr, I.L, and Estes, J.E. ( 1987.): Requirements and principles for the implementation and construction of large scale geographic information systems, International Journal of Geographical Information Systems, 1: 13- 31.
10. Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1997.): Ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
11. URL1: [http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/16/precizna-poljoprivreda/8046#.VMK7x9LF\\_\\_E](http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/16/precizna-poljoprivreda/8046#.VMK7x9LF__E)(22.05. 2015.).
12. URL2: [http://satelitska-navigacija.si/pdf/AvMap\\_FarmNavigation\\_G7\\_O%C5%BEujak%202014.pdf](http://satelitska-navigacija.si/pdf/AvMap_FarmNavigation_G7_O%C5%BEujak%202014.pdf) (07.06.2015.)

- 13.URL3:[http://www.petrokemija.hr/Portals/0/Letak\\_Uputa%20o%20uzimanju%20uzorka%20tla\\_kor2.pdf](http://www.petrokemija.hr/Portals/0/Letak_Uputa%20o%20uzimanju%20uzorka%20tla_kor2.pdf), (09.06. 2015.)
14. URL4: [http://www.kartografija.hr/old\\_hkd/obrazovanje/prirucnici/gpspoc/gpspoc.htm](http://www.kartografija.hr/old_hkd/obrazovanje/prirucnici/gpspoc/gpspoc.htm) (09.06.2015.)
15. URL5: <http://www.cropos.hr> (24.06.2015.)
16. URL6: <http://www.livonagis.co.rs/trimble/poljoprivreda.html> (02.07.2015.)
- 17.URL7:<http://www.pfos.unios.hr/~dsego/DIPLOMSKI%20I%20ZAVR%C5%A0NI/09%20MJESEC/Diplomski%20radovi/Dra%C5%BEen%20Kraus.pdf> (02.07.2015.)
- 18.URL8: <http://www.findri.hr/agleader/monitori.html> (02.07.2015.)
- 19.URL9:<https://dealer.agleader.com/kbp/index.php?View=afile&CategoryID=876&EntryID=2429> (02.07.2015.)
20. URL10: [http://www.findri.hr/agleader/download/AgLeaderCat2012\\_web.pdf](http://www.findri.hr/agleader/download/AgLeaderCat2012_web.pdf) (02.07.2015.)

## 12. SAŽETAK

Primjena geografskog informacijskog sustava (GIS) neophodna je za primjenu precizne poljoprivrede na poljoprivrednim proizvodnim površinama. Uvođenje GIS tehnologija potpomognuto je i zakonima EU koji sve više zahtijevaju uvođenje GIS tehnologija na proizvodne površine kako bi se izgradio identifikacijski sustav poljoprivrednih parcela. Ovi sustavi identifikacije, osim što služe za korištenje potpornih sredstava, omogućuju i zahtijevaju bolju evidenciju korištenja poljoprivrednih proizvodnih površina. Uporabom GIS tehnologija moguće je maksimizirati prihode odnosno smanjiti rashode te kvalitetnije upravljati proizvodnim površinama. Korištenjem uređaja za navigaciju u poljoprivredi, uvelike se može uštedjeti na gorivu, gnojivu, sredstvima za zaštitu i sl. Osim ekonomskih čimbenika, veliki je utjecaj na zaštitu okoliša i smanjenje zagađenja tla i vode. U ovom diplomskom radu su opisani GIS i GPS te su obrađena tri sustava za navigaciju u poljoprivredi: Farmnavigator G7, Trimble CFX-750 i Ag Leader Integra. Tri navedena sustava za navigaciju u poljoprivredi su detaljno opisana, ukazano je na njihove prednosti i nedostatke te su uspoređena. Poljoprivredni proizvođači, kao osobe čija bi proizvodnja trebala biti konkurentna na tržištu, trebali bi prepoznati važnost uporabe informacijskih i navigacijskih tehnologija.

**Ključne riječi:** precizna poljoprivreda, GIS, GPS, Farmnavigator G7, Trimble CFX – 750, Ag Leader Integra.

### 13. SUMMARY

The application of the GIS is inevitable for the application of the precise agriculture on the agricultural productive areas. The introduction of the GIS technologies is being supported by the Laws of the EU, which demand the introduction of the GIS technologies on the productive areas in order to build up the identification system of agricultural areas. These systems of identification do not only serve for using the support funds but also enable and demand better record of the used productive agricultural areas. By using the GIS technologies, it is possible to maximize the profit and decrease the loss and manage the productive areas with high quality. By using the systems of navigation, you can save up a great amount of fuel, fertilizers, pesticides and alike. Apart from the economic factor, there is a great impact regarding the environment protection and reduction of the contamination of land and water. The GIS and the GPS systems have been described in this diploma paper and three systems of navigation in agriculture have been presented the Farmnavigator G7, the Trimble CFX-750 and the Ag Leader Integra. The above mentioned systems have been described into detail, their advantages and disadvantages have been pointed out and they have also been mutually compared. The agriculture producers as well as the people whose products should be competitive on the market, should recognise the importance of the use of the GIS and the navigation technologies.

**Key words :** precise agriculture, the GIS, the GPS, the Farmnavigator G7, the Trimble CFX – 750, the Ag Leader Integra

## 14. POPIS TABLICA

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablica 1. DOP vrijednosti, (izvor: <a href="http://satelitska-navigacija.si/pdf/G6FARM_navodila_EN_v4.0_lowdef.pdf">http://satelitska-navigacija.si/pdf/G6FARM_navodila_EN_v4.0_lowdef.pdf</a> ). ....                                                                                                                                               | 40 |
| Tablica 2. Usporedba uređaja, (izvor: vlastita tablica) .....                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 57 |
| Tablica 3. Usporedba G7 Farmnavigator-a i Trimble CFX-750 sa konkurencijom, (izvor: <a href="http://www.pfos.unios.hr/~dsego/DIPLOMSKI%20I%20ZAVR%C5%A0NI/09%20MJES%20EC/Diplomski%20radovi/Dra%C5%BEen%20Kraus.pdf">http://www.pfos.unios.hr/~dsego/DIPLOMSKI%20I%20ZAVR%C5%A0NI/09%20MJES EC/Diplomski%20radovi/Dra%C5%BEen%20Kraus.pdf</a> ) ..... | 58 |
| Tablica 4. Iskorištenje radnog zahvata strojeva na gospodarstvu "Adnovas" (ručno upravljanje pogonskim strojem), (izvor: Crneković, 2015.) .....                                                                                                                                                                                                      | 63 |
| Tablica 5. Iskorištenje zahvata strojeva gospodarstva "Adnovas" pri radu s navigacijskim uređajem i širinom preklopa od 20 centimetara, (izvor: Crneković, 2015.) .....                                                                                                                                                                               | 65 |
| Tablica 6. Razlike u površini preklopa pri proizvodnji pšenice i ječma, (izvor: Crneković, 2015.) .....                                                                                                                                                                                                                                               | 74 |
| Tablica 7. Ukupne površine preklopa pri proizvodnji na gospodarstvu "Adnovas", (izvor: Crneković, 2015.) .....                                                                                                                                                                                                                                        | 75 |



## 15. POPIS SLIKA

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1. Uzorkovanje tla velike površine (izvor: Geoinformacijski sustavi, Jurišić M., Plaščak I. (2009.)).....                                                                                                                                                                                                    | 11 |
| Slika 2. Satelitski prikaz zdravlja biljaka (izvor: <a href="http://www.seos-project.eu">http://www.seos-project.eu</a> ).....                                                                                                                                                                                     | 13 |
| Slika 3. Mehanički skener tla (izvor: Crneković, 2015.) .....                                                                                                                                                                                                                                                      | 15 |
| Slika 4. "OptRx" sustav za mjerenje refleksije biljke (izvor: <a href="http://www.agleader.com">http://www.agleader.com</a> ).....                                                                                                                                                                                 | 19 |
| Slika 5. Satelit u orbiti (izvor: <a href="http://en.wikipedia.org">http://en.wikipedia.org</a> ) .....                                                                                                                                                                                                            | 22 |
| Slika 6. Određivanje položaja pomoću satelita (izvor: <a href="http://www.kartografija.hr">http://www.kartografija.hr</a> ) .....                                                                                                                                                                                  | 24 |
| Slika 7. Princip rada DGPS-a (izvor: <a href="http://extension.missouri.edu/">http://extension.missouri.edu/</a> ).....                                                                                                                                                                                            | 28 |
| Slika 8. Prostorni razmještaj referentnih stanica (izvor: <a href="http://www.cropos.hr">http://www.cropos.hr</a> ).....                                                                                                                                                                                           | 29 |
| Slika 9. Prikaz stanja GPS satelita (izvor:vlastita fotografija) .....                                                                                                                                                                                                                                             | 32 |
| Slika 10. Glavni izbornik navigacije (izvor:vlastita fotografija) .....                                                                                                                                                                                                                                            | 32 |
| Slika 11. Prikaz alata za iscrtavanje granice polja (lijevo) i prikaz polja u bazi podataka (desno) (izvor: vlastita fotografija) .....                                                                                                                                                                            | 33 |
| Slika 12. Ikona "A" (lijevo) i paralelne linije vođenja (desno) (izvor: vlastita fotografija) .....                                                                                                                                                                                                                | 35 |
| Slika 13. Prikaz preklopa (lijevo) i prikaz oplazina (desno) (izvor: vlastita fotografija) .....                                                                                                                                                                                                                   | 38 |
| Slika 14. Sustav za automatsko upravljanje (izvor: vlastita fotografija) .....                                                                                                                                                                                                                                     | 39 |
| Slika 15. Trimble CFX – 750<br>(izvor: <a href="http://www.pfos.unios.hr/~dsego/DIPLOMSKI%20I%20ZAVR%C5%A0NI/09%20MJESEC/Diplomski%20radovi/Dra%C5%BEen%20Kraus.pdf">http://www.pfos.unios.hr/~dsego/DIPLOMSKI%20I%20ZAVR%C5%A0NI/09%20MJESEC/Diplomski%20radovi/Dra%C5%BEen%20Kraus.pdf</a> ) .....               | 41 |
| Slika 16. Navigacijski izbornik<br>(izvor: <a href="http://www.pfos.unios.hr/~dsego/DIPLOMSKI%20I%20ZAVR%C5%A0NI/09%20MJESEC/Diplomski%20radovi/Dra%C5%BEen%20Kraus.pdf">http://www.pfos.unios.hr/~dsego/DIPLOMSKI%20I%20ZAVR%C5%A0NI/09%20MJESEC/Diplomski%20radovi/Dra%C5%BEen%20Kraus.pdf</a> ) .....           | 42 |
| Slika 17. Ikonice za promjenu perspektive<br>(izvor: <a href="http://www.pfos.unios.hr/~dsego/DIPLOMSKI%20I%20ZAVR%C5%A0NI/09%20MJESEC/Diplomski%20radovi/Dra%C5%BEen%20Kraus.pdf">http://www.pfos.unios.hr/~dsego/DIPLOMSKI%20I%20ZAVR%C5%A0NI/09%20MJESEC/Diplomski%20radovi/Dra%C5%BEen%20Kraus.pdf</a> ) ..... | 43 |

Slika 18. EZ – Daljinski džojstik

(izvor:<http://www.pfos.unios.hr/~dsego/DIPLOMSKI%20I%20ZAVR%C5%A0NI/09%20MJESEC/Diplomski%20radovi/Dra%C5%BEen%20Kraus.pdf>) ..... 47

Slika 19. Ag Leader Integra (izvor: vlastita fotografija) ..... 49

Slika 20. ParaDyme dvojna antena (izvor: vlastita fotografija) ..... 50

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij, smjer Mehanizacija

Diplomski rad

## AUTOMATSKO VOĐENJE I UPRAVLJANJE POLJOPRIVREDNIM STROJEVIMA I UREĐAJIMA-FARMNAVIGATOR

**Mladen Milinović**

Primjena geografskog informacijskog sustava (GIS) neophodna je za primjenu precizne poljoprivrede na poljoprivrednim proizvodnim površinama. Uvođenje GIS tehnologija potpomognuto je i zakonima EU koji sve više zahtijevaju uvođenje GIS tehnologija na proizvodne površine kako bi se izgradio identifikacijski sustav poljoprivrednih parcela. Ovi sustavi identifikacije, osim što služe za korištenje potpornih sredstava, omogućuju i zahtijevaju bolju evidenciju korištenja poljoprivrednih proizvodnih površina. Uporabom GIS tehnologija moguće je maksimizirati prihode odnosno smanjiti rashode te kvalitetnije upravljati proizvodnim površinama. Korištenjem uređaja za navigaciju u poljoprivredi, uvelike se može uštedjeti na gorivu, gnojivu, sredstvima za zaštitu i sl. Osim ekonomskih čimbenika, veliki je utjecaj na zaštitu okoliša i smanjenje zagađenja tla i vode. U ovom diplomskom radu su opisani GIS i GPS te su obrađena tri sustava za navigaciju u poljoprivredi: Farmnavigator G7, Trimble CFX-750 i Ag Leader Integra. Tri navedena sustava za navigaciju u poljoprivredi su detaljno opisana, ukazano je na njihove prednosti i nedostatke te su uspoređena. Poljoprivredni proizvođači, kao osobe čija bi proizvodnja trebala biti konkurentna na tržištu, trebali bi prepoznati važnost uporabe informacijskih i navigacijskih tehnologija.

**Rad je izrađen pri:** Poljoprivredni fakultet u Osijeku

**Mentor:** Prof.dr.sc. Mladen Jurišić

**Broj stranica:** 85

**Broj grafikona i slika:** 20

**Broj tablica:** 7

**Broj literaturnih navoda:** 44

**Broj priloga:** -

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** precizna poljoprivreda, GIS, GPS, Farmnavigator G7, Trimble CFX – 750, Ag Leader Integra.

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. Doc.dr.sc. Ivan Plaščak, predsjednik
2. Prof.dr.sc. Mladen Jurišić, mentor
3. Prof.dr.sc. Tomislav Jurić, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

### BASIC DOCUMENTATION CARD

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**

**Graduate thesis**

**Faculty of Agriculture**

**University Graduate Studies, course Machinery**

### **AUTOMATIC CONTROL AND MANAGE OF AGRICULTURAL MACHINERY AND EQUIPMENT-FARMNAVIGATOR**

**Mladen Milinović**

The application of the GIS is inevitable for the application of the precise agriculture on the agricultural productive areas. The introduction of the GIS technologies is being supported by the Laws of the EU, which demand the introduction of the GIS technologies on the productive areas in order to build up the identification system of agricultural areas. These systems of identification do not only serve for using the support funds but also enable and demand better record of the used productive agricultural areas. By using the GIS technologies, it is possible to maximize the profit and decrease the loss and manage the productive areas with high quality. By using the systems of navigation, you can save up a great amount of fuel, fertilizers, pesticides and alike. Apart from the economic factor, there is a great impact regarding the environment protection and reduction of the contamination of land and water. The GIS and the GPS systems have been described in this diploma paper and three systems of navigation in agriculture have been presented the Farmnavigator G7, the Trimble CFX-750 and the Ag Leader Integra. The above mentioned systems have been described into detail, their advantages and disadvantages have been pointed out and they have also been mutually compared. The agriculture producers as well as the people whose products should be competitive on the market, should recognise the importance of the use of the GIS and the navigation technologies.

**Thesis performed at:** Faculty of Agriculture in Osijek

**Mentor:** Prof.dr.sc. Mladen Jurišić

**Number of pages:** 85

**Number of figures:** 20

**Number of tables:** 7

**Number of references:** 44

**Number of appendices:** -

**Original in:** Croatian

**Key words:** precise agriculture, the GIS, the GPS, the Farmnavigator G7, the Trimble CFX – 750, the Ag Leader Integra

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. Doc.dr.sc. Ivan Plaščak, president
2. Prof.dr.sc. Mladen Jurišić, mentor
3. Prof.dr.sc. Tomislav Jurić, member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.

