

# AUTOMATSKO VOĐENJE TRAKTORA, STROJEVA I UREĐAJA U SUSTAVU GIS- PRECIZNA POLJOPRIVREDA

---

Crneković, Milan

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:151:484951>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-10**



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**

Milan Crneković, apsolvant

Diplomski studij Mehanizacija

**AUTOMATSKO VOĐENJE TRAKTORA, STROJEVA I UREĐAJA U SUSTAVU  
GIS - PRECIZNA POLJOPRIVREDA**

**Diplomski rad**

Osijek, 2015.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Milan Crneković, apsolvent

Diplomski studij Mehanizacija

**AUTOMATSKO VOĐENJE TRAKTORA, STROJEVA I UREĐAJA U SUSTAVU  
GIS - PRECIZNA POLJOPRIVREDA**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

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

Osijek, 2015.

## SADRŽAJ

## STR

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. PREGLED LITERATURE</b> .....	<b>2</b>
<b>3. MATERIJAL I METODE RADA</b> .....	<b>4</b>
3.1. METODE PRIKUPLJANJA PODATAKA.....	4
3.2. METODE IZRAČUNA POVRŠINA PREKLOPA NA GOSPODARSTVU "ADNOVAS" .....	6
3.2.1. Vrijednosti prosječne parcele.....	6
3.2.2. Iskorištenje radnih zahvata strojeva (ručno upravljanje pogonskim strojem).....	7
3.2.3. Iskorištenje radnih zahvata strojeva (asistencija prilikom upravljanja pogonskim strojem).....	10
3.3. POSTUPAK IZRAČUNA POVRŠINA PREKLOPA.....	11
3.3.1. Izračun potrebnog broja prohoda za obradu prosječne parcele.....	13
3.3.2. Izračun pojedinih površina i ukupne površine preklopa na prosječnoj parceli.....	16
<b>4. GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SUSTAV I PRIMJENA U POLJOPRIVREDI</b> .....	<b>18</b>
4.1. DIJELOVI GIS-A.....	20
4.2. METODE U GIS-U.....	24
4.2.1. Prikupljanje i unos podataka u GIS.....	24
4.2.2. Geokodiranje, obrada i pohrana podataka.....	24
4.2.3. Upravljanje podacima.....	26
4.2.4. Upiti i analize.....	27

<b>5. PRECIZNA POLJOPRIVREDA.....</b>	<b>28</b>
5.1. PRIKUPLJANJE PODATAKA U SUSTAVU PRECIZNE POLJOPRIVREDE.....	29
5.1.1. Uzimanje uzoraka i analiza tla.....	30
5.1.2. Prikupljanje podataka daljinskom detekcijom.....	32
5.1.3. Prikupljanje informacija pomoću karte prinosa.....	35
5.1.4. Prikupljanje podataka mobilnim GPS uređajima.....	36
5.1.5. Prikupljanje informacija skenerima tla.....	37
5.2. OBRADA I PRIMJENA PODATAKA U SUSTAVU PRECIZNE POLJOPRIVREDE.....	38
5.3. PRIMJENA VISOKOSOFISTICIRANIH POLJOPRIVREDNIH STROJEVA I UREĐAJA.....	39
<b>6. SATELITSKO VOĐENJE POLJOPRIVREDNIH STROJEVA.....</b>	<b>41</b>
6.1. GPS TEHNOLOGIJE.....	41
6.2. PRINCIP RADA GPS-a .....	44
6.3. NAVIGACIJA POLJOPRIVREDNIH STROJEVA.....	46
6.3.1. Kvaliteta i preciznost signala.....	48
6.3.2. Pобољшanje kvalitete signala.....	49
6.3.3. Sustav CROPOS.....	51
6.4. ASISTENCIJA PRI UPRAVLJANJU I AUTOMATSKO UPRAVLJANJE STROJEM.....	52
<b>7. PRIMJENA NAVIGACIJE NA GOSPODARSTVU "ADNOVAS" .....</b>	<b>53</b>
7.1. STRATEGIJE PRAVILNOG UPRAVLJANJA GOSPODARSTVOM.....	54
7.2. NAVIGACIJSKI UREĐAJ "FARMNAVIGATOR G7" .....	57

7.3. RAD S "FARMNAVIGATOROM G7" .....	58
7.3.1. Informacije o potrebnim korekcijama putanje.....	64
7.3.2. Informacije o preklapanju prohoda.....	66
7.3.3. Ostale značajke uređaja.....	67
<b>8. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>70</b>
8.1. IZRAČUN POVRŠINE PREKLOPA PRI RUČNOM UPRAVLJANJU POGONSKIM STROJEM.....	72
8.1.1. Površina preklopa pri radu tanjuračom/ drljačom.....	72
8.1.2. Površina preklopa pri radu prorahljivačem.....	73
8.1.3. Površina preklopa pri radu sjetvospremačem.....	74
8.1.4. Površina preklopa pri radu prskalicom.....	76
8.1.5. Površina preklopa pri radu rasipačem mineralnih gnojiva.....	78
8.2. IZRAČUN POVRŠINE PREKLOPA PRI RUČNOM UPRAVLJANJU POGONSKIM STROJEM UZ PRIMJENU NAVIGACIJSKOG UREĐAJA.....	80
8.2.1. Površina preklopa pri radu tanjuračom/ drljačom .....	80
8.2.2. Površina preklopa pri radu prorahljivačem.....	81
8.2.3. Površina preklopa pri radu sjetvospremačem.....	82
8.2.4. Površina preklopa pri radu prskalicom.....	84
8.2.5. Površina preklopa pri radu rasipača mineralnih gnojiva.....	85
8.3. RAZLIKA U KOLIČINI PREKLOPA PRI OBRADI PROSJEČNE PARCELE.....	87
8.4. POVRŠINA PREKLOPA PRI PROIZVODNJI POJEDINI RATARSKIH KULTURA.....	87
8.4.1. Proizvodnja pšenice i ječma.....	87

8.4.2. Proizvodnja kukuruza.....	91
8.4.3. Proizvodnja uljane repice.....	94
8.4.4. Proizvodnja suncokreta.....	98
8.5. KOLIČINA PREKLOPA PRI UKUPNOJ PROIZVODNJI.....	102
8.6. MJERE POBOLJŠANJA.....	103
<b>9. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>105</b>
<b>10. POPIS LITERATURE.....</b>	<b>106</b>
<b>11. SAŽETAK.....</b>	<b>108</b>
<b>12. SUMMARY.....</b>	<b>109</b>
<b>13. PRILOZI.....</b>	<b>110</b>
13.1. GNOJIDBA TLA U SUSTAVU PRECIZNE POLJOPRIVREDE AUTOMATSKIM VOĐENJEM TRAKTORA .....	110
13.1.1. Izrada karte potrebne gnojidbe.....	110
13.1.2. Uređaji za prikupljanje podataka.....	111
13.1.3. Primjena podataka i gnojidba rasipačem "Bogballe M3 (W) plus".....	114
13.1.4. Zaključak o primjeni precizne gnojidbe.....	121
13.2. ANALIZA EKONOMSKIH POKAZATELJA U PRIMJENI GPS TEHNOLOGIJE U POLJOPRIVREDNOM KOMBINATU BEOGRAD.....	122
<b>14. POPIS TABLICA.....</b>	<b>123</b>
<b>15. POPIS SLIKA.....</b>	<b>124</b>
Temeljna dokumentacijska kartica.....	128
Basic documentation card.....	129

## 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 na neke specifične čimbenike poljoprivredne proizvodnje ne možemo 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. Naša poljoprivredna imanja nisu u mogućnosti pratiti suvremene tehnološke trendove visokorazvijenih zemalja, u većini slučajeva zbog ekonomskih ograničenja, ali je važno prepoznati ulogu tehnologije kao pokretača proizvodnje i sredstva koje omogućava donošenje prave odluke u pravom vremenu i na pravi način.

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. Prikupljanjem literaturnih podataka i podataka dobivenih anketiranjem vlasnika te eksploatacijskom analizom uporabe navigacijskog uređaja trebao se dobiti uvid u prednosti i načine uštede na poljoprivrednim proizvodnim površinama gospodarstva "ADNOVAS". Budući da promatrano gospodarstvo nije u mogućnosti primijeniti neke od temeljnih tehnologija precizne poljoprivrede, dodatno istraživanje i promatranje rada sustava obavljeno je na proizvodnim površinama jednog od velikih poljoprivrednih proizvođača u Hrvatskoj kako bi se dobio uvid u razlike odnosno mogućnosti primjene suvremenih tehnologija precizne poljoprivrede kod velikih i malih poljoprivrednih gospodarstava.



## 2. PREGLED LITERATURE

Jurišić i Plaščak (2009.) navode kako je cilj primjene geoinformacijskih tehnologija u poljoprivredi i agroekologiji, kao njezinoj sastavnici, racionalnije gospodarenje prirodnim resursima, koje se očituje u smanjenju nepotrebnih troškova (gnojiva, pesticida, motornih goriva, terenskih troškova, troškova obrade podataka i ostalih), povećanju proizvodnje agroekosustava izborom optimalnog načina uporabe te smanjenju gubitaka resursa, poput gubitka tla ili zagađenja pitke vode uslijed neprimjerenog gospodarenja.

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 i pokušajima uvođenja istih na imanje, organiziranjem rada u više smjena te obavljanjem radova u agrotehničkom roku i korištenju novih mogućnosti upravljanja.

Banaj i Šmrčković (2003.) napominju kako proizvođači moraju stvarati profit kako bi održali proizvodnju tijekom vremena te sačuvali svoja osnovna sredstva i imovinu. Društvo traži prehrambene proizvode koji su jeftini, zdravi i sigurni te estetički prihvatljivi te da proizvodnja ne ugrožava i ne zagađuje prirodni okoliš.

Prema URL1 2010. godine broj obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava iznosio je 230 173, koji su obrađivali 1 103 000 ha poljoprivrednih površina što znači da je prosječna veličina gospodarstva iznosila oko 4,8 ha. Uzimajući u obzir da su te, ionako male površine, prosječno sastavljene iz nekoliko parcela, jasna je problematika našeg gospodarstva. Ipak, Banaj i Šmrčković (2003.) navode da je bez obzira na veličinu posjeda teško odrediti gornje granice prihoda ako je cijena proizvedene robe mala, a ulazni troškovi (repromaterijal) visoki. Budući da veća kontrola nad cijenama roba od strane proizvođača nije moguća jer njih određuje tržište, moguće je utjecati na smanjenje ulaznih troškova.

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 ekonomične niti ekološki prihvatljive.

Prema URL2 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. Prema istraživanju, uzimajući u obzir sve poljoprivredne operacije u toku sezone, postigla se ušteda od 301 980 € na poljoprivrednoj površini od 18 959 hektara.

### 3. MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanje se temeljilo na eksploatacijskoj analizi rada navigacijskog uređaja na poljoprivrednom gospodarstvu "ADNOVAS". Dodatni podatci prikupljeni su anketiranjem vlasnika i rukovatelja te dopunjeni literaturnim navodima. Anketiranje te analiza rada navigacijskog uređaja obavljena je u ekonomskom dvorištu i na proizvodnim površinama promatranog gospodarstva. 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.

Kako bi se prikazale suvremene tehnologije precizne poljoprivrede i u potpunosti iskoristili kapaciteti navigacijskih tehnologija, dodatno je izvedeno promatranje rada nekih od važnijih operacija u preciznoj poljoprivredi pomoću automatskog upravljanja na proizvodnim površinama jednog velikog poljoprivrednog proizvođača (Prilog 1.).

#### 3.1.METODE PRIKUPLJANJA PODATAKA

Anketiranjem vlasnika gospodarstva i rukovatelja 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,
- tehnicima 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,
- prednostima i nedostacima uporabe promatranog navigacijskog prijemnika,

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.

Kako bi se mogao prezentirati podatak o vrijednosti uštede koja bi se mogla postići korištenjem navigacijskih tehnologija u poljoprivredi, u radu se pristupilo izračunu ukupne površine preklopa koji se javljaju pri ručnom upravljanju pogonskim strojem odnosno vrijednosti ukupne površine preklopa koji se javljaju korištenjem navigacije.

Razlika između izračunatih površina preklopa, pri jednom odnosno drugom načinu upravljanja, predstavlja ukupnu vrijednost smanjenja površine preklopa pri radu. Iako se u dijelovima provedenog istraživanja pristupilo određenoj generalizaciji, izračunom i analizom sustava trebalo se prikazati koje su prednosti korištenja navigacijskih sustava u poljoprivredi.

Ipak, valja primjetiti da je površina preklopa izračunata isključivo prema podacima o načinu odnosno tehnici proizvodnje koja se koristi na promatranom gospodarstvu te da se izračun temelji na podacima o konstrukcijskim vrijednostima i iskorištenju konstrukcijskih zahvata promatranih strojeva gospodarstva, kao i srednjoj vrijednosti preklopa koja se javlja prilikom ručnog upravljanja bez i sa navigacijom.

Postupak odnosno način izračuna površine preklopa prezentiran je u slijedećem naslovu, dok su vrijednosti izračuna površine preklopa za svaku kulturu i korišteni stroj pri istraživanju prezentirane u poglavlju rezultati.

### 3.2.METODE IZRAČUNA POVRŠINA PREKLOPA NA GOSPODARSTVU "ADNOVAS"

Kako bi se prikazala razlika između vrijednosti količine preklopa nastale pri ručnom upravljanju pogonskim strojem bez upotrebe navigacijskog uređaja i vrijednosti preklopa nastale ručnim upravljanjem pogonskim strojem uz upotrebu informacija navigacijskog uređaja potrebno je izračunati količine preklopa koje se javljaju u jednom odnosno drugom slučaju. Za izračun površina preklopa na promatranom gospodarstvu 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,

#### 3.2.1. 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:

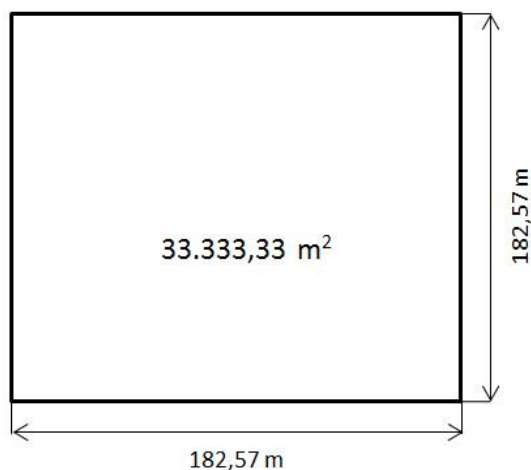
Ukupna proizvodna površina od 500 hektara podijeljena je na 150 parcela (kvadratnog oblika) pri čemu je izračunata prosječna površina parcele koja iznosi 3,33 ha odnosno 33.333,33 m<sup>2</sup>(slika 1.):

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

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

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

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



Slika 1. Prikaz prosječne parcele.

### 3.2.2. 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:

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

gdje je:

$B_r$  – eksploatacijski radni zahvat, m

$B$  – konstrukcijski radni zahvat, m

Za potrebe izračuna ukupne količine preklopa trebalo se prikazati kolikasu iskorištenjakonstrukcijskih 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. Neki od važnijih utjecaja su:

- 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 pravocrtnog 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 1.).

**Tablica 1. 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



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

Prema URL3 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 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.

Tablica 2. prikazuje iskorištenje konstrukcijskog zahvata pri srednjoj vrijednosti preklopa od 20 centimetara u radu s navigacijskim uređajem na gospodarstvu "Adnovas".

**Tablica 2. Iskorištenje zahvata strojeva gospodarstva "Adnovas" pri radu s navigacijskim uređajem i širinom preklopa od 20 centimetara**

	Tanjurača	Rahljač	Drljača	Sjetvospremač	Prskalice	Rasipač
Konstruktivski radni zahvat "B",[m]	4	3	4	5,6	18	18
Eksploatacijski 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

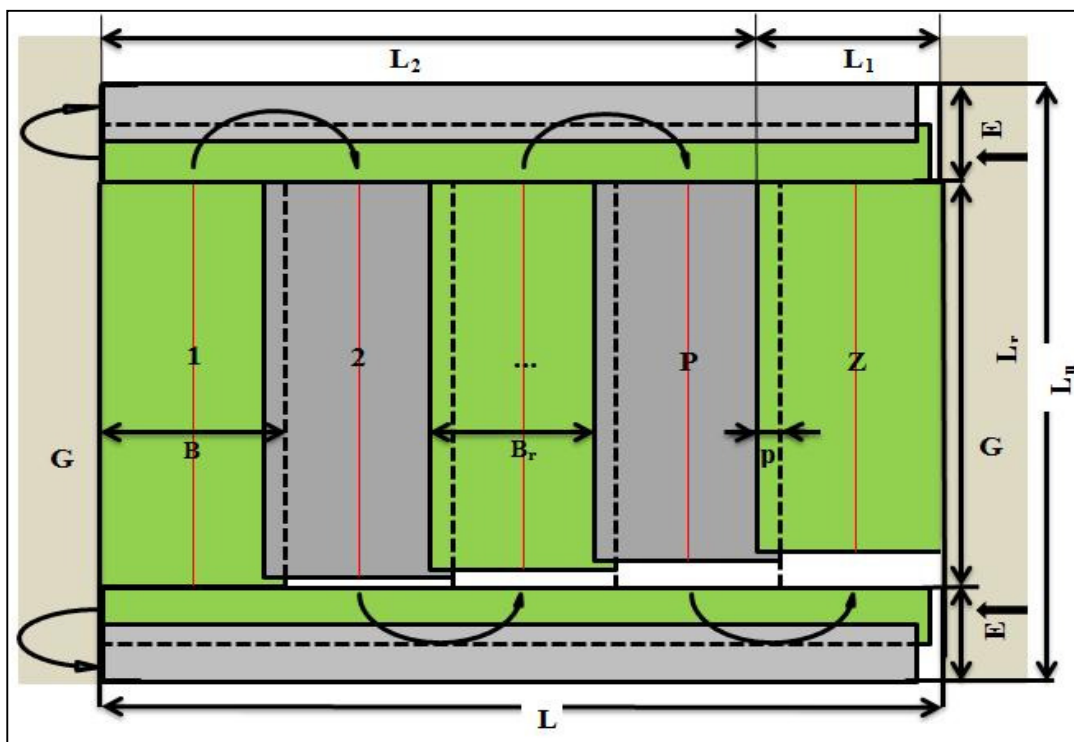
### 3.3. POSTUPAK IZRAČUNA POVRŠINA PREKLOPA

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.

Primjenjeni izrazi potrebi za izračun, proizvod su zaključivanja i analize postupka izračuna te bi trebali olakšati i ubrzati sam proces izračuna odnosno na što lakši način prikazati računane vrijednosti. Oznake pojedinih vrijednosti koje se nalaze u izračunima prikazane su slikom 2.

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 prskalice i rasipača koji u zadnjem prohodu mogu koristiti određenu širinu radnog zahvata ( $B'$ ) i time izravno utjecati na smanjenje širine preklopa u

zadnjem proходу. Slika 2. prikazuje prosječnu parcelu sa svim oznakama mjernih vrijednosti koje bi trebale omogućiti lakše praćenje postupka izračuna.



Slika 2. Shematski prikaz prosječne parcele s mjernim oznakama.

Oznake veličina (Slika 2.):

- |  |   |
|--|---|
| 1,2 – prvi i drugi prohod,               | $L_1$ – širina preostalog dijela polja za obradu, m             |
| P – pretposljednji prohod,               | $p$ – prosječna vrijednost preklopa pri ručnom vođenju, m       |
| Z – zadnji prohod (posljednji),          | E – širina uvratine, m  |
| B – konstrukcijski zahvat stroja, m      | $L_u$ ( $L_u = L_r + 2E$ ) – ukupna dužina prosječne parcele, m |
| $B_r$ – eksploatacijski zahvat stroja, m | $L_r$ – dužina parcele bez uvratina, m                          |
| G – granice polja,                       |   |
| L – širina prosječne parcele, m          |   |
| $L_2$ – širina N' broja prohoda, m       |   |

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

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

Potreban broj prohoda priključnim strojem za obradu prosječne parcele iznosi:

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

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

Vrijednostrazlike (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 pretposljednjeg (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 "premalom" mjestu 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 pretposljednjeg (P) i zadnjeg prohoda(Z) tada iznosi:

$$p' = p + x'$$

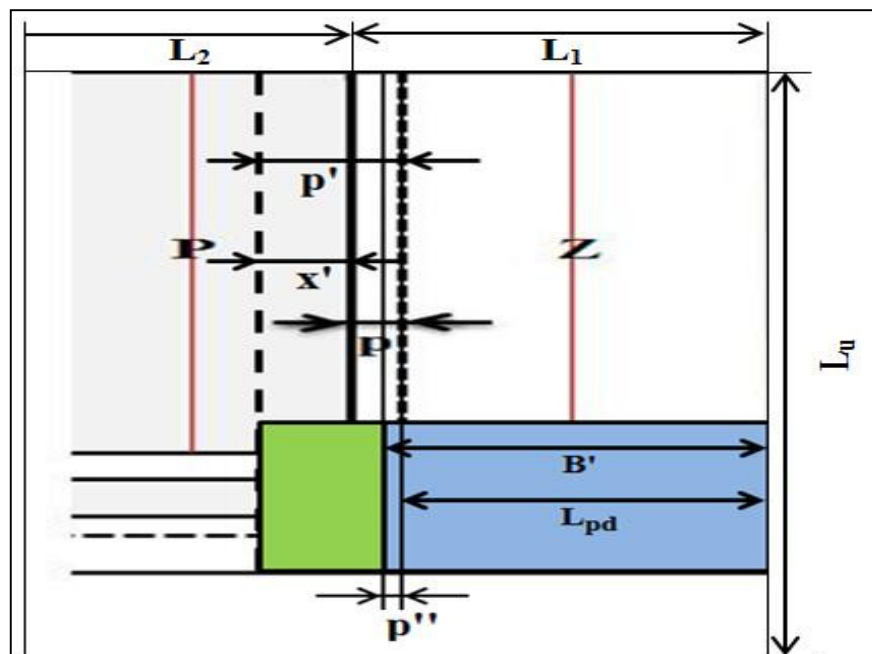
Kod strojeva koji apliciraju određenu količinu tvari izravno na tlo ili biljke, poput prskalice i rasipača mineralnih gnojiva, postoji mogućnost korištenja određenog dijela

radnog zahvata ( $B'$ ) pri aplikaciji tvari u zadnjem proходу (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 prskalica 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 prskalica 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:

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



Shematski prikaz preklopa kod prskalice prikazan je slikom 3. pri čemu je zelenom bojom označen dio prskalice koji se ne koristi u posljednjem prohodu (zatvorene mlaznice), dok je dio prskalice koji vrši aplikaciju tvari prikazan plavom bojom (otvorene mlaznice).

### 3.3.2. 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:

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

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:

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



#### **4. GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SUSTAV I PRIMJENA U POLJOPRIVREDI**

Geografski informacijski sustav je integrirani sustav sklopovlja, računalnih alata i korisničke programske podrške, a u svrhu sakupljanja, organiziranja, rukovanja, analize, modeliranja i prilaza prostornih podataka s ciljem rješavanja složenih problema analize i planiranja (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Jedna od često citiranih definicija je iz izvještaja "Handling Geographic Information" HMSO 1987.: 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 bismo dobili uvid u stvarno stanje gospodarstva i iskoristili većinu 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 podatci 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, između ostalog, 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.

#### 4.1. DIJELOVI GIS-A

Budući je svrha geografskih informacijskih sustava pridonijeti što kvalitetnijoj odluci o upravljanju prostornim aktivnostima važno je povezati sve dijelove ovakvih sustava u jednu cjelinu. Povezivanjem dijelova GIS sustava omogućen je bolji uvid u stanje promatranog subjekta ili teme. Nadalje, brzi prikaz i upravljanje prostornim podacima, bez nepotrebnog pregledavanja velikog broja različitih dokumenata i arhiva, dodatna je prednost geografskih informacijskih sustava.

Dijelovi geografskih informacijskih sustava su:

- Tehnička osnova,
- Programska potpora,
- GIS korisnici,
- Podatci,
- Metode.

##### **Tehnička osnova**

Tehnička osnova za GIS sastoji se od uređaja koji omogućuju prikupljanje, prijenos, unos, obradu te prezentaciju i pohranu podataka koji se koriste u GIS-u. Valja istaknuti kako je tehnička oprema korištena u GIS-u vrlo sofisticirana te se uglavnom zasniva na uređajima visokih performansi i vrijednosti. U skladu s tim potrebno je imati tehničko osoblje koje je sposobno upravljati ovakvim uređajima, prepoznati eventualni kvar na vrijeme te biti u stanju prikupiti, obraditi i prezentirati ispravne informacije. Tehničku osnovu za GIS čini računalna oprema koja je opipljiva, a dijeli se na računala i ostale uređaje.

Računala mogu biti terenska, ručna, prijenosna, osobna, radne stanice i velika računala (serveri), dok se ostali uređaji korišteni u GIS-u uglavnom sastoje od uređaja poput totalnih stanica, GPS prijemnika, digitalnih fotogrametrijskih kamera, skenera, pisača, digitalizatora, satelita, projektoru i mrežnih uređaja te uređaja za vizualizaciju i spremanje podataka.

## **Programska potpora**

Programska potpora ili GIS softver osigurava funkcije i alate neophodne za prikupljanje, unos, provjeru, analizu, transformaciju i prikazivanje prostornih podataka. Programi koji čine GIS softver također se upotrebljavaju za obradu digitalnih podataka te upravljanje bazama podataka.

## **GIS korisnici**

Korisnike GIS-a možemo podijeliti na osobe koje se bave samom izradom, prikupljanjem podataka za GIS, digitalizacijom, mjerenjima na terenu te procjenama kao što su GIS stručnjaci i GIS operateri. To su visoko kvalificirani radnici koje mogu sudjelovati u svim aspektima izrade GIS sustava. Drugi tip korisnika su osobe koje samo koriste informacije dobivene pomoću GIS-a kako bi došli do željenih podataka koji im služe za obavljanje poslova. Korisnici GIS sustava su uglavnom demografi, statističari, ekolozi, geolozi, komunalne službe, stručnjaci za upotrebu zemljišta, stručnjaci za inventarizaciju, stručnjaci za procjenu zemljišta, kartografi, poljoprivrednici i sve češće „GIS laici“ koji za donošenje potrebnih odluka koriste Web GIS. Korisnici GIS-a u poljoprivredi su uglavnom osobe koje se bave opažanjem, unosom, izradom poljoprivrednih karata i izvještaja o podacima vezanim za samu proizvodnju.

## **Podatci**

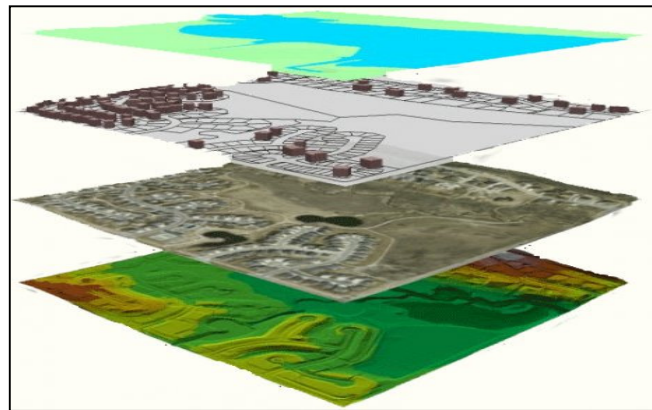
Jedan od važnijih dijelova GIS-a čine podatci. Prilikom izrade geografskih infomacijskih sustava velika pozornost pridodaje se upravo kvalitetnom prikupljanju podataka. Ukoliko se prikupljanje podataka ne izvede na zadovoljavajući način sama kvaliteta prikaza informacija potrebnih za donošenje odluke neće biti na zadovoljavajućoj razini.

Podatci o prostoru smještaju se u formi digitalnih karata predstavljenih kao niz različitih tematskih slojeva. Ovo se može približno predstaviti kao klasični planovi nacrtani na prozirnim folijama, pri čemu svaka folija sadrži samo određene vrste informacija (primjerice putovi, vode, zgrade i ostalo)(Jurišić i Plaščak, 2009.).

Takva podjela omogućuje da podaci budu prikazani odvojeno zadržavajući mogućnost usporedbe i analize podataka iz različitih slojeva. Svi slojevi moraju biti

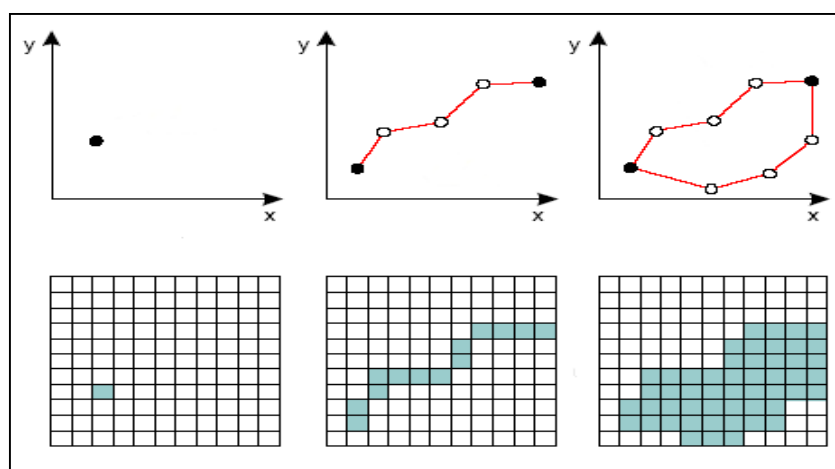
povezani i odnositi se na isto područje kako bi se mogli točno preklopiti (Pribičević i Medak, 2003).

U poljoprivredi se ti slojevi mogu sastojati od različitih podataka poput: topografskih podataka, tipova tla, struktura tla, poljskih vodnih kapaciteta, pH vrijednosti, EC provodnost tla, temperatura tla i sl. Na ovaj način osigurava se da poljoprivrednik u svakom trenutku može doći do potrebnih podataka koji će mu omogućiti lakše donošenje kvalitetnije odluke. Izgled slojeva GIS-a prikazan je na slici 4.



Slika 4. Prikaz slojeva u GIS-u.

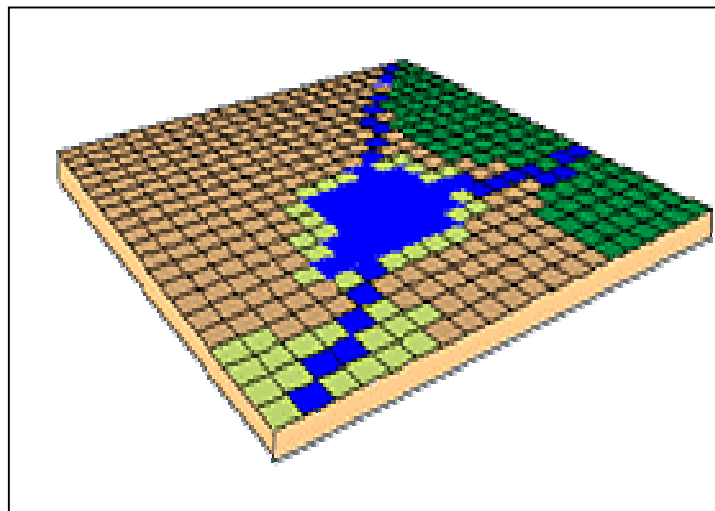
Slojevi podataka pohranjeni su u GIS-u uporabom jednog od dva tipa podatakopoznatih kao vektor i raster. Oba modela podataka upotrebljavaju koordinatni sustav kako bi pohranili položaje objekata. Razlika im je u tome što biraju različite načine zaprikaz oblika i veličine objekata. (Šubat, 2011.). Točke, linije i poligoni mogu biti pohranjeni i prikazani u rasterskom ili vektorskom obliku kao što je to prikazano na slici 5.



Slika 5. Prikaz točke, linije i poligona u vektorskom i rasterskom obliku.

U poljoprivredi se uglavnom koristi rasterski model podataka. Rasterski model podataka temelji se na rasterizaciji karte ili nekog drugog predloška poput satelitske snimke ili fotografije te je pogodan je za slučajeve gdje informacije o točkama i granicama objekata nisu precizno označene. Ovaj model podataka predstavlja jedan od najjednostavnijih modela podataka. Tip rasterskih podataka sastoji se od stupaca i kolona ćelija, gdje svaka ćelija ima određenu vrijednost. Ćelija rastera zove se piksel. Ćelije su obično pravokutnog oblika jer obično predstavljaju kvadratna područja zemlje (slika 6.), ali mogu biti i drugih oblika.

Rasterska datoteka skeniranog predloška nalazi se u sirovom formatu (lokalnom koordinatnom sustavu skenera). Rasterske datoteke treba obraditi za interpretaciju skeniranih materijala na potreban način. Obrada rasterske datoteke uključuje uklanjanje deformacija i transformaciju rastera u koordinatni sustav karte. Oba koraka redovito se izvode zajedno. Rezultat obrade rasterske datoteke je nedeformirana georijentirana rasterska datoteka u koordinatnom sustavu karte izvornika ili kraće, digitalna rasterska karta. (Jurišić i Plaščak, 2009.).



Slika 6. Prikaz realnog svijeta kao raster modela.

Karakteristike rasterskih modela podataka:

- veliko zauzeće memorijskog prostora,
- manja prostorna točnost,
- koriste se za digitalni prikaz aero snimaka, satelitskih snimaka i skeniranih karata,
- koriste se za samu izradu karata.

## 4.2. METODE U GIS-U

Geografski informacijski sustav funkcionira kroz nekoliko osnovnih metoda ili postupaka, a to su:

1. Prikupljanje i unos podataka,
2. Geokodiranje, obrada i pohrana podataka,
3. Upravljanje podacima,
4. Upiti i analiza podataka,
5. Ispis i vizualizacija podataka.

### 4.2.1. Prikupljanje i unos podataka u GIS

Prikupljanje podataka u GIS-u jedan je od nadugotrajnijih i najskupljih postupaka. Trošak prikupljanja podataka predstavlja značajan dio ukupnog troška izrade GIS-a. Nakon izvršenog prikupljanja podatci se spremaju u digitalnom obliku. Podaci za GIS se prikupljaju iz različitih izvora i na različite načine. Najčešći načini su prikupljanje podataka preuzimanjem gotovih informacija putem internet stranica ili specijaliziranih tvrtki koje se bave prikupljanjem prostornih i drugih informacija te naplaćuju svoje usluge, prikupljanje daljinskim istraživanjima, prikupljanje terenskim i fotogrametrijskim izmjerama ili prikupljanje podataka digitalizacijom postojećih karata (vektorska i rasterska digitalizacija).

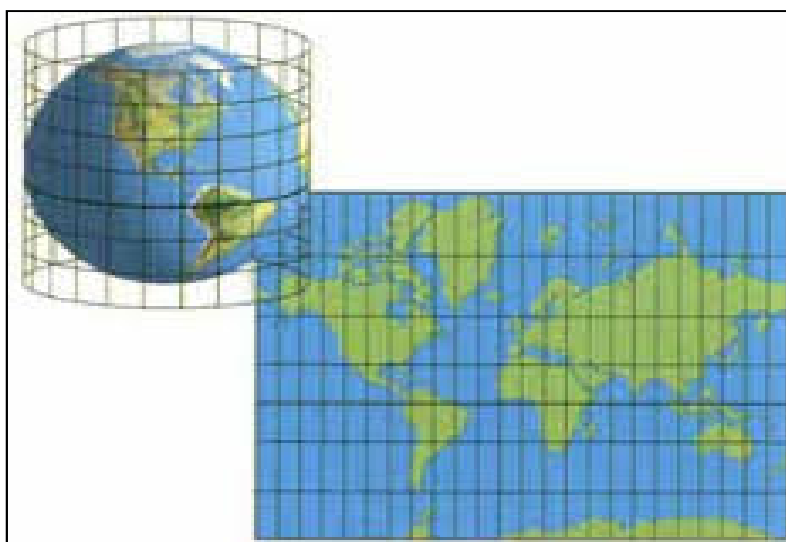
### 4.2.2. Geokodiranje, obrada i pohrana podataka

Postupak određivanja položaja na osnovi adresa ili sličnih informacija naziva se geokodiranje i predstavlja ključnu operaciju za prikazivanje informacija u prostoru. Vrlo je važno da svi prostorni GIS podatci budu prostorno određeni u odnosu na isti referentni sustav. Za mnoge GIS-ove, osim u lokalnim studijama, isti referentni sustav se osigurava jednim od nekih geodetskih koordinatnih sustava (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Geokodiranje podataka može biti izvedeno na dva načina, u stvarnom vremenu i geokodiranje naknadnim postupcima. Za prikupljanje podataka u stvarnom vremenu obično je potrebno imati GPS uređaj te uređaj za elektronsko registriranje podataka. Pri

tome se mjerni podatci iz uređaja za prikupljanje podataka pohranjuju u računalo, u koje se također pohranjuju referencijalni podatci iz uređaja za mjerenje pozicije (GPS uređaj).

Geokodiranje naknadnim postupcima se sastoji od slanja negeokodiranih podataka zajedno s referencijalnim u nadzorno središte gdje se zatim obavlja geokodiranje. Informacije na karti moraju biti prikazane tako da ih GIS prepozna i prilagodi informacijama prikupljenima s drugih karata. Projekcijska i koordinatna transformacija važan je čimbenik stvaranja kvalitetnih i točnih prikaza prostornih podataka. Projekcija je osnovna sastavnica pri stvaranju karte, a odlikuje se prenošenjem trodimenzionalne zakrivljene površine Zemlje na dvodimenzionalno površinu prikaza kao što to prikazuje slika 7.



Slika 7. Projekcija Zemljine plohe na ravninu.

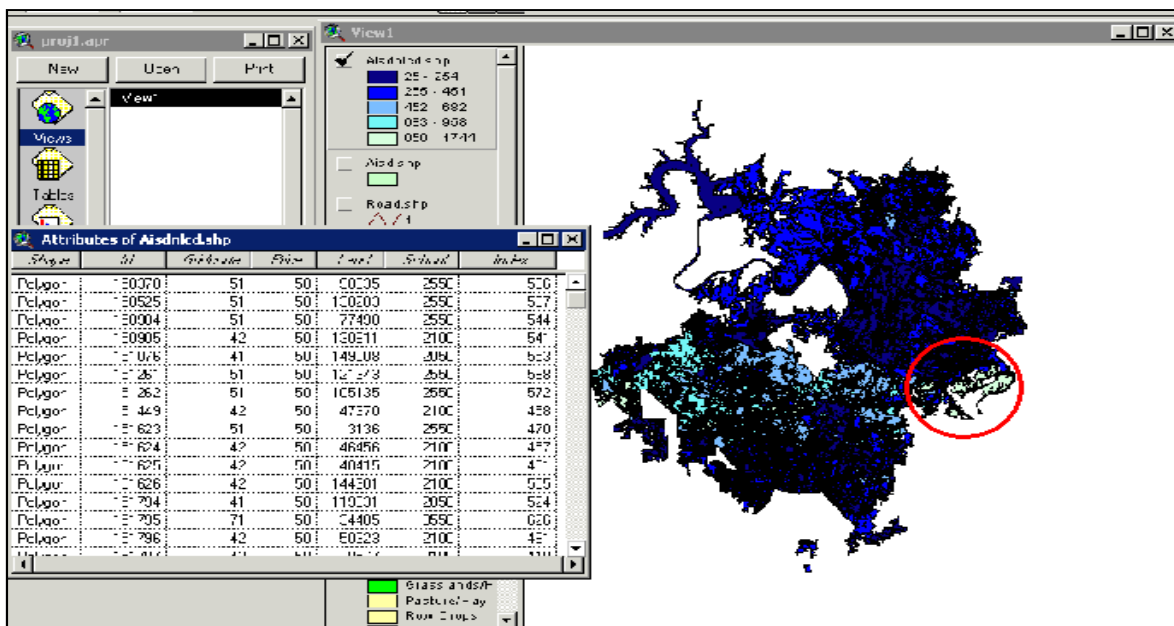
Nakon unosa podataka potrebno je provjeriti jesu li pri unosu učinjene neke greške koje bi mogle imati izravan utjecaj na kvalitetu izrade GIS-a. Najčešće greške očituju se kao nekompletnost, prostorna netočnost ili deformacije prostornih podataka, a posljedica su ljudskih propusta prilikom unosa podataka ili određenih tehničkih problema prilikom digitalizacije. Povezivanje prostornih i atributnih podataka predstavlja završni postupak kod ručnog unosa podataka. Podatci u GIS-u su spremljeni u vektorskom ili rasterskom obliku. Današnji GIS sustavi u stanju su prihvatiti i prikazati obje vrste podataka.



### 4.2.3. Upravljanje podacima

Budući da GIS uglavnom sadrži velike količine podataka, kako geografskih tako i atributnih, vrlo je važno kvalitetno upravljati tim podacima. Upravljanje podacima se sastoji od organizacije, uređivanja i održavanja podataka. Posebno mjesto u upravljanju podacima zauzimaju baze podataka odnosno sustavi za upravljanje bazama podataka (Data Base Management System - DBMS). Primjer izgleda baze podataka nalazi se na slici 8.

DBMS je računalni softver koji omogućuje upravljanje bazama podataka te se uglavnom koristi za velike GIS projekte odnosno projekte koji uključuju više korisnika GIS baze podataka. Uz to, osnovna namjena mu je spremanje, manipuliranje i pronalazak datoteka u bazi podataka. Cilj uspostave baze podataka je brz, efikasan rad sa podacima, podrška procesu analize što omogućuje lakše donošenje odluka te standardiziranost podataka.



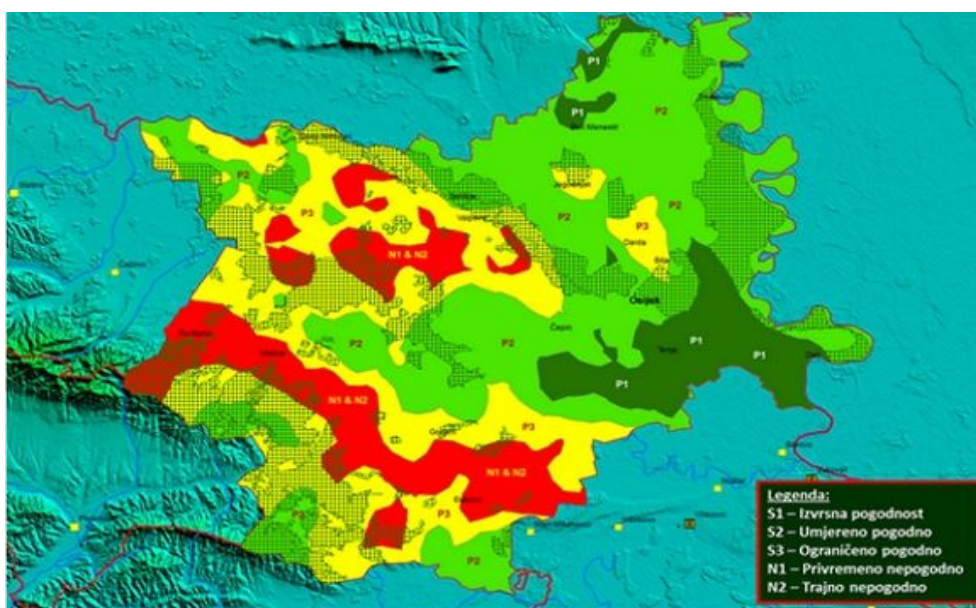
Slika 8. Primjer izgleda baze podataka za GIS.

#### 4.2.4. Upiti i analize

Današnji GIS sustavi razvijeni su upravo zbog mogućnosti lakog prikaza prethodno unesenih i kvalitetno obrađenih podataka. Formirane GIS baze podataka presudne su za prikaz odgovora na postavljena korisnička pitanja jednostavnije ili složenije prirode. Podatci iz pojedinih slojeva prikupljeni su, spremljeni i održavani od strane GIS stručnjaka te omogućuju kvalitetan prikaz podataka.

Iz svega prikazanog vidljivo je da GIS tehnologija može prikazati podatke koji su od važnosti za razne institucije, organizacije, industriju, kao i za potrebe osobne prirode običnog čovjeka. Ove informacije zatim mogu poslužiti za donošenje strategija upravljanja, planiranja gradnje, marketinga, analize troškova te prikaz lokacija od interesa.

Preklapanjem različitih tematski slojeva koji sadrže podatke o količinama oborina, tipu tla, temperaturi, nadmorskoj visini, inklinaciji, sadržaju humusa, pH tla i sl. te unosom podataka u GIS i stvaranjem baze podataka s točnim GPS koordinatama određenog područja, korisnik je u mogućnosti dobiti na uvid točne informacije o lokacijama koje su pogodne za bavljenje određenom granom poljoprivrede odnosno lokacijama koje će omogućiti pravilan rast i razvoj određene vegetacijske vrste kao što prikazuje slika 9.



Slika 9. Procjena pogodnosti zemljišta za usjeve.

## 5. 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 obučeni 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.

### 5.1. 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.

### 5.1.1. Uzimanje uzoraka i analiza tla

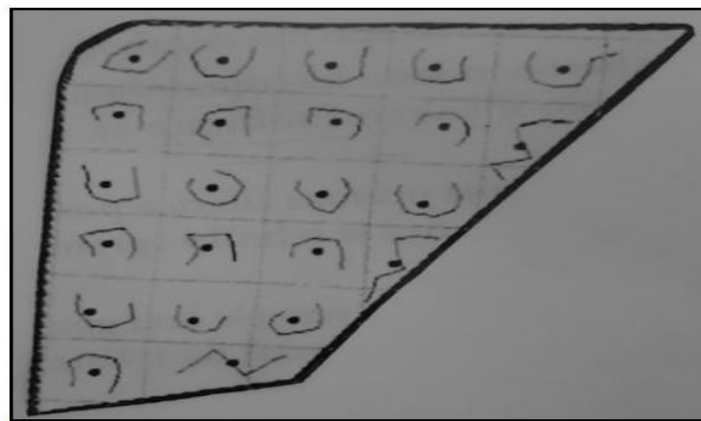
Prema URL4 analiza tla neophodna je mjera kojom se utvrđuje stanje hranjiva u tlu. O agrokemijskoj analizi tla ovisi preporuka gnojidbe. Da bi analiza bila pouzdana potrebno je pravilno uzeti uzorak tla. Uzorci se uzimaju nakon žetve ili berbe usjeva obavezno prije gnojidbe. Najpogodnije vrijeme za uzimanje 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 štihlačom). 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 prijeđe stazu (trag) u obliku slova U kako to prikazuje i slika 10. 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 geokordinatama 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 10. 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.

### 5.1.2. Prikupljanje podataka daljinskom detekcijom

Primjenom daljinskih istraživanja u poljoprivredi omogućeno je:

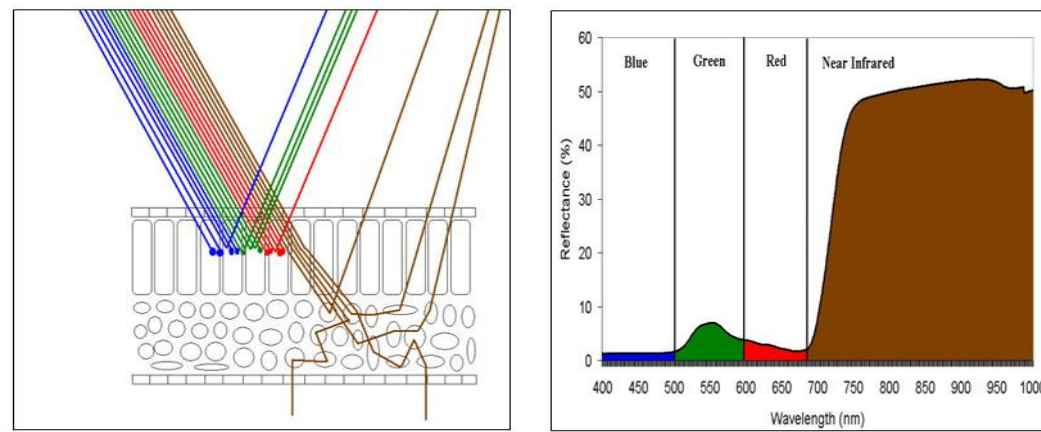
- Praćenje stanja usjeva (zdravstveno stanje i problemi u razvoju),
- Smanjenje uporabe kemikalija (ciljana intervencija),
- Kartiranje poljoprivrednih kultura,
- Obavljanje procjene usjeva,
- Utvrđivanje potreba za vodom i hranjivima,
- Izbor povoljnih lokacija za pojedine kulture,
- Utvrđivanje šteta 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 odaslatih 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.

Prema URL5 list biljke, ispod sloja površine ima dva sloja stanica. Prvi sloj, takozvani palisadni parenhim, sadrži klorofil, ali i druge pigmente poput antocijana i karotenoida koji su također odgovorni za apsorpciju svjetlosti. Odaslano elektromagnetsko zračenje, upravo zbog tih pigmenta u velikoj se količini apsorbira, posebno u plavom i crvenom dijelu zračenja. Apsorpcija zelenog dijela svjetlosti je manja te su upravo zbog tog razloga biljke čine zelene ljudskim očima. Budući da se plavi i crveni dio spektra

uvelike apsorbira, a zeleni dio spektra slabo apsorbira (najvećim dijelom se reflektira prema van tj. prema sensorima) senzorski elementi u stanju su prepoznati količine reflektirane i apsorbirane svjetlosti. Drugi dio spektra, tzv. kratkovalno infracrveno zračenje gotovo u potpunosti prolazi kroz palisadni parenhim jer biljni pigmenti nisu u stanju uhvatiti kratko infracrveno zračenje te ono dolazi do drugog sloja, spužvastog parenhima. Ovaj sloj sadrži velike količine plinova te dolazi do refleksije kratkog infracrvenog zračenja u različitim smjerovima odnosno raspršivanja. Približno polovica ovog zračenja izlazi iz lista na donjoj strani lista, a polovica na gornjoj strani. Opažački instrumenti satelita detektiraju ovo zračenje u vidljivom i kratkom infracrvenom dijelu spektra na način da prepoznaju slab povratni signal iz plavog i crvenog dijela spektra, nešto veći iz zelenog dijela spektra, a posebno velik iz kratkog infracrvenog dijela spektra. Kombinacija niske refleksije vidljivog dijela spektra te visoke refleksije iz područja kratkog infracrvenog zračenja jedinstven je za većinu vegetacije i predstavlja vegetacijski indeks.



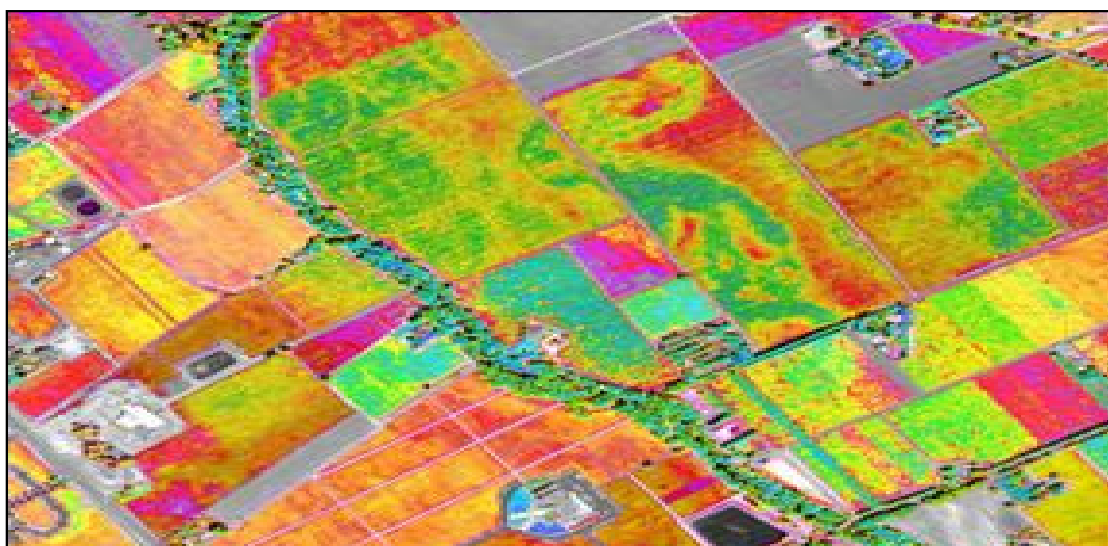
Slika 11. Prikaz refleksije i apsorpcije elektromagnetskog zračenja (lijevo) i količine reflektirane svjetlosti (desno).

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.

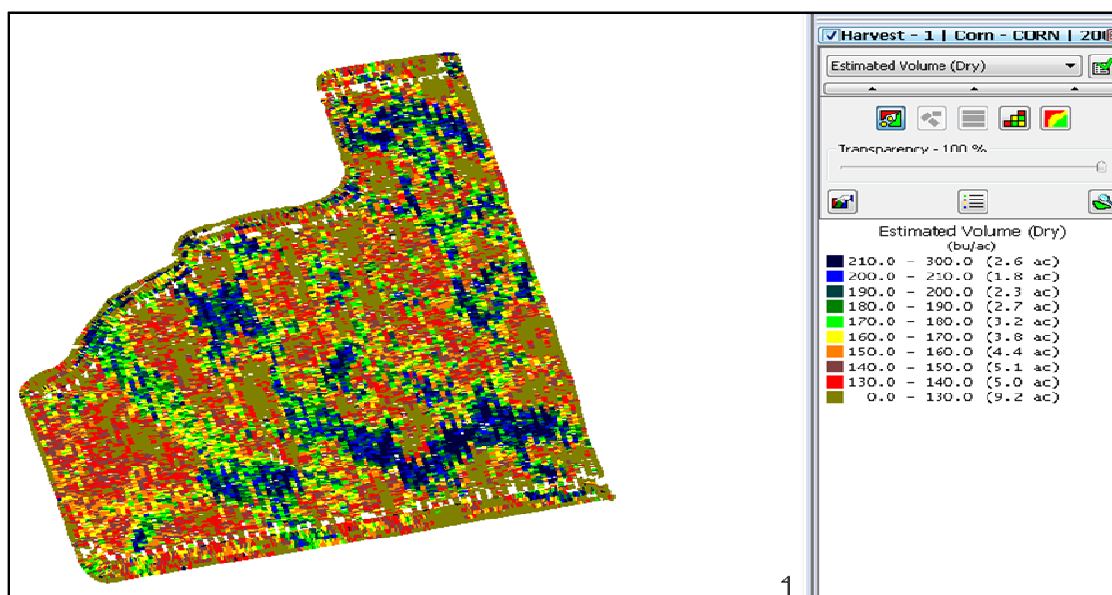


Slika 12. Satelitski prikaz zdravlja biljaka.

Slika 11. 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.

### 5.1.3. Prikupljanje informacija pomoću karte prinosa

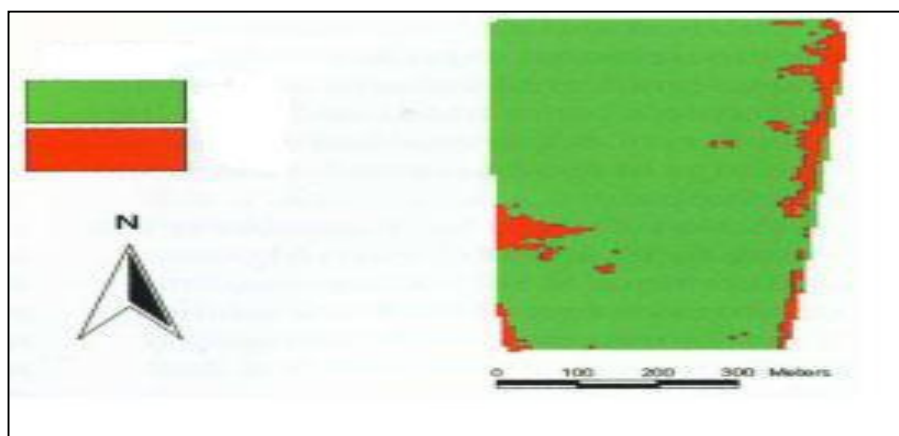
Karte prinosa (slika 13.) površinski prikazuju utjecaj primijenjenih postupaka pri uzgoju biljaka na prinos. Računala prilikom žetve bilježe prinos na način da povezuju informacije o točnoj lokaciji (pomoću GPS/DGPS prijemnika) i podatke prikupljene sensorima prinosa. Senzori prinosa informacije o stanju 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 sensorima 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.



#### 5.1.4. 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.



Slika 14. Karta raspodjele korova na parceli.

Slika 14. prikazuje kartu raspodjele korova na parceli pri čemu zelena površina predstavlja područje s visokom koncentracijom korova, dok su crvenom površinom predstavljena područja s niskom koncentracijom korova.

### 5.1.5. Prikupljanje informacija skenerima tla

Ovaj postupak zahtjeva uporabu kvalitetnih, ali skupih uređaja kojima se princip rada temelji na skeniranju heterogenosti tla. Ovakvi uređaji (slika 15.) 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.

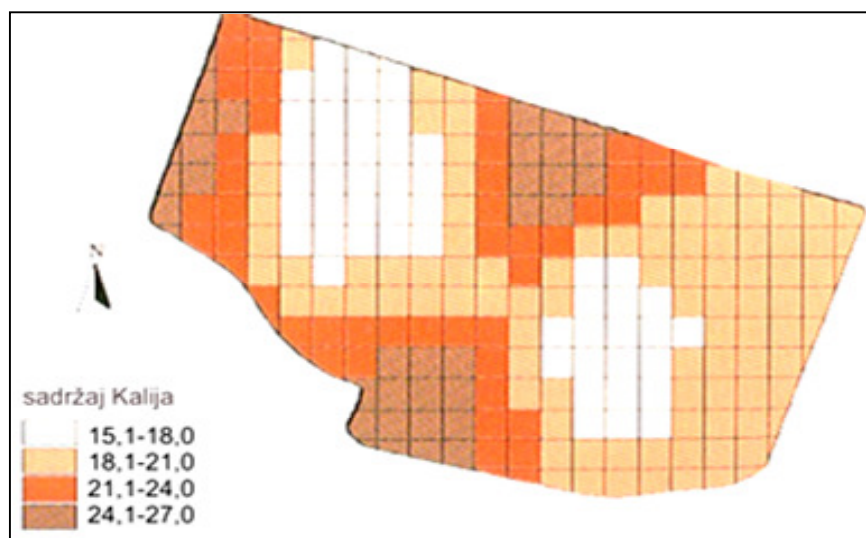
Ovakvi uređaji dopuštaju prikupljanje informacija o pH tla, mehaničkom sastavu tla te elektroprovodnosti tla. Prikupljene informacije, uz kvalitetno provedenu analizu i uzorkovanje tla, te bilježenje točne lokacije prilikom rada ovakvih uređaja dopuštaju uvid u stanje našeg tla te doprinose metodama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



Slika 15. Mehanički skener tla.

## 5.2. 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, poput one prikazane na slici 16., 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 ispitujemo s geokordinatama 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.



Slika 16. Karta hranjiva- raspodjela K<sub>2</sub>O (raster 50 m).

K<sub>2</sub>O – sadržaj različitih rastera izračunat je preko matematičkog postupka iz izmjerenog K<sub>2</sub>O – sadržaja u uzorku tla. Različite nijanse boja raster – stanica odgovaraju različitom sadržaju kalija u tlu, koji je raspoloživ biljkama (Jurišić i Plaščak 2009.).

### 5.3. 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 popravljavanje (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 aktora (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 sensorima 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 podacima prikupljenim sensorima. 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 gnojidbu 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 sensorima kao što je to prikazano na slici 17. 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 dozirnóm 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 17. "OptRx" sustav za mjerenje refleksije biljke.

## 6. SATELITSKO VOĐENJE POLJOPRIVREDNIH STROJEVA

### 6.1. 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:

1. Svemirski segment
2. Kontrolni segment
3. Korisnički segment

### **Svemirski segment**

Svemirski segment GPS-a se sastoji od 24 satelita raspoređenih u 6 ravnina s inklinacijom (nagibom prema ekvatoru) od 55°. 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 kmh<sup>-1</sup>. 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 18.) 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.



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 prijammnici. 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 prijammnik.

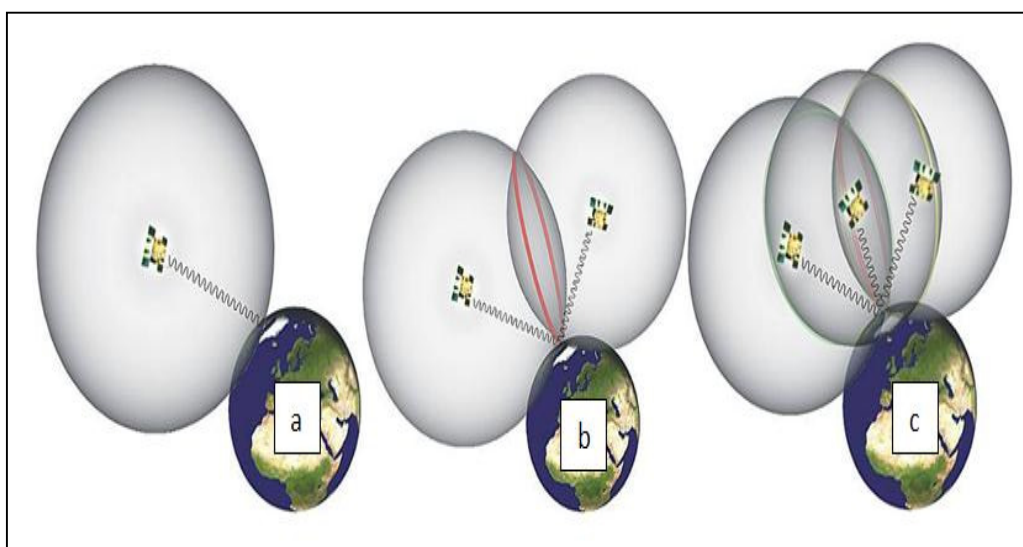
### 6.2. PRINCIP RADA GPS-a

Prema URL6 GPS-prijammnik 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-prijammnika 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 ispravljeni i egzaktni podaci o položajima nazivaju se "efemeride", vrijede do šest sati i šalju se GPS-prijammnicima u obliku kodiranih informacija.

Isti autori navode da kad GPS-prijammnik 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 prijammniku koliko je pojedini satelit daleko: udaljenost od satelita jednaka je brzini emitiranog signala pomnoženoj s vremenom koje treba da signal dođe do prijammnika ( $\text{brzina} \times \text{vrijeme putovanja} = \text{udaljenost}$ ). Koristeći osnovnu formulu za određivanje udaljenosti, prijammnik 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-prijammnik treba odrediti vremenski dio formule. Odgovor leži u kodiranom signalu koji satelit odašilje. Emitirani kod naziva se "pseudoslučajni kod" jer slični signalu šuma. Satelit generira pseudoslučajni kod, a GPS-prijammnik generira isti kod i nastoji ga prilagoditi kodu satelita. Prijammnik 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.

Sada kada postoji spoznaja o položaju satelita i udaljenosti, prijamnik može odrediti svoj položaj. Potrebno je pretpostaviti 19 000 kilometara udaljenost od nekog satelita (Slika 19.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 19.b). Ako se doda treći satelit, na udaljenosti 21 000 km, postojat će dvije zajedničke točke u kojima se sijeku sve tri sfere (Slika 19.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).



### 6.3. 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 (Slika 20.) 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.



Slika 20. Lightbar displej.

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.

### **6.3.1. 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:

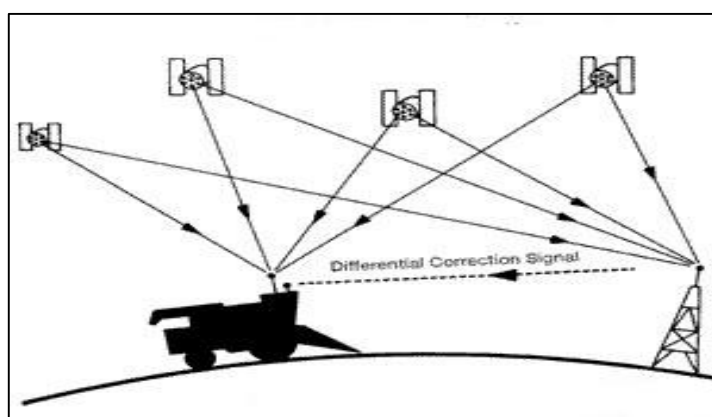
- selektivna dostupnost; umjetno (namjerno) izazvana netočnost GPS signala,
- greške o točnoj poziciji satelita; poznate su kao „pogreške efemerida“, a očituju se kao pogreške zbog netočnih informacija o položaju satelita,
- pogreške izazvane primjenom različitih vrsta satova u satelitima (atomske) i satova u prijamnicima (kvareni),
- 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).

### 6.3.2. 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 21.) 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.



Slika 21. Princip rada DGPS-a.



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.

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 (Slika 22.) 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.

### 6.3.3. Sustav CROPOS

Prema URL7 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 23). 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 23. Prostorni razmještaj referentnih stanica.

#### 6.4. 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.

## 7. PRIMJENA NAVIGACIJE NA GOSPODARSTVU "ADNOVAS"

Poljoprivredno gospodarstvo "Adnovas" smješteno je u Bilju. Gospodarstvo se uglavnom bavi ratarskom proizvodnjom odnosno uzgojem uljarica te žitarica i to: pšenice, ječma, kukuruza, suncokreta i uljane repica te broji oko 500 ha poljoprivrednih površina. Obavljanje poljoprivrednih radova, osim vlasnika, osiguravaju još tri djelatnika. Veliki problem ovog gospodarstva predstavljaju nepovoljni uvjeti otkupa poljoprivrednih proizvoda, visoki ulazni troškovi i neuređenost tržišta. Dodatni negativni utjecaji očituju se u velikoj rascjepkanosti poljoprivrednog zemljišta sa malim površinama pojedinih parcela. Naime, gospodarstvo broji oko 150 parcela veličine od 3-5 hektara što je vrlo čest problem proizvođača u Republici Hrvatskoj. Ovakva veličina parcela osobito je neprikladna za uporabu strojeva velikih radnih zahvata, dok se rascjepkanost parcela najviše odražava u povećanju potrošnje goriva te smanjenim vremenom čistog rada u polju. Kao odgovor na sve više cijene poljoprivrednih repromaterijala odlučeno je da se pristupi kupnji navigacijskog uređaja, koji bi prema podacima proizvođača trebao smanjiti ulazne troškove, pridonijeti kvalitetnim i na vrijeme obavljenim radovima te utjecati na što kvalitetnije potrajno gospodarenje i zaštitu okoliša. Primjer uporabe i prezentacija navigacijskog sustava „Farmnavigator G7“ obavila se na poljoprivrednim površinama vlasnika od strane predstavnika tvrtki „Geopoint“ d.o.o. i „Satcon System“, u službenom predstavljanju ovog sustava (Slika 24.). Uređaj je plaćen oko 6000 €, dok očekivana preciznost iznosi oko 10 centimetara ovisno o vanjskoj anteni odnosno preciznosti signala.



Slika 24. Službena prezentacija "Farmnavigatora G7".

## 7.1. STRATEGIJE PRAVILNOG UPRAVLJANJA GOSPODARSTVOM

Osim primjene navigacijskih tehnologija važno je obratiti pozornost na još neke čimbenike koji pridonose optimizaciji proizvodnje. Osiguravanje primjene novih tehnologija važan je čimbenik koji uvelike utječe na poljoprivrednu proizvodnju gospodarstva. No uz to, postoji i niz drugih kojima se postiže smanjenje negativnih utjecaja na gospodarstvo, a tiču se primjene pravilnih strategija i planiranja.

### **Poštivanje agrotehničkih rokova rada**

Brkić i sur. (2005.) navode kako se svaka operacija u poljoprivrednoj proizvodnji obavlja u određenom vremenskom roku, a taj rok se naziva agrotehničkim rokom ili terminom izvođenja radne operacije. Agrotehnički rok je ekološko biološka kategorija i određena je edafsko-klimatskim čimbenicima i biološkim svojstvima svake pojedine kulture. Za izvođenje svake operacije postoji optimalan agrotehnički rok unutar kojeg se dobiju optimalni rezultati rada. Svako produženje agrotehničkog roka, bilo da počinje ranije ili završava kasnije, donosi u pravilu neki gubitak.

### **Povećanje proizvodnosti agregata**

Istraživanja pokazuju da se povećanjem snage motora traktora povećava učinak. Današnje izvedbe traktora velike snage motora zahtijevaju posebne strojeve prilagođene snazi motora i što učinkovitijem korištenju te snage. Postoje tri osnovna načina boljeg iskorištenja snage motora povećanjem učinka i to (Brkić i sur., 2005):

- strojevi povećane širine radnog zahvata
- strojevi povećane brzine rada
- strojevi povećanog zahvata i brzine rada.

Povećanje proizvodnosti moguće je i priključenjem više različitih strojeva u jednu cjelinu pri čemu se u jednom proходу može obaviti više radnih operacija.

### **Nabavka strojeva ovisno o veličini i stanju obradivih površina**

Banaj i Šmrčković (2003.) navode kako su strojevi velikog učinka na malim njivama i neravnim površinama vrlo neučinkoviti te se u takvim slučajevima preporuča primjena manjih strojeva. Pokretljivost i radijus okretanja stroja diktiraju veličinu njive na

kojoj mogu raditi. Veliki strojevi zahtijevaju velike polumjere okretanja te se okretanje ovakvih strojeva na malim njivama vrši u nekoliko faza čime se značajno smanjuje učinak stroja. Nepravilno agregatiranje traktora i priključnog oruđa može povećati radne troškove za 15-20 %. Kod korištenja djelomično opterećenog velikog traktora smanjenje potrošnje goriva može se obaviti prebacivanjem u viši stupanj prijenosa i smanjenjem gasa. Manji traktori po radnom satu stoje manje od velikih traktora, ali zahtijevaju i veću zaposlenost čovjeka-radnika. Važno je napraviti potrebnu analizu obujma radova koji trebaju biti napravljeni u raspoloživom vremenu i prema tome pristupiti odabiru traktora i agregatiranju.

### **Iskorištenje radnog vremena**

Brkić i sur. (2005.) navode kako je osnovno vrijeme (u literaturi ovo vrijeme ima više naziva: čisto radno vrijeme, tehnološko vrijeme, vrijeme glavnog rada) ono vrijeme koje radnik ili agregat provede u neposrednom radu tj. oranju, žetvi i slično. Pomoćno dopunsko vrijeme je vrijeme potrebno za obavljanje pomoćnih ili dopunskih radnih operacija koje omogućuju pravilan rad agregata, kao okretanje na uvratinama, punjenje i pražnjenje spremnika stroja. Vrijeme odmora može se podijeliti na regularno vrijeme (određeno zakonom unutar smjene) i predah. Pripremno-završno vrijeme odnosi se na vrijeme pri primopredaji stroja koje obavlja traktorista prije početka rada i na kraju rada. Vrijeme puta do radnog mjesta i natrag je vrijeme potrebno da se sa ekonomskog dvorišta ili neke pomoćne baze dođe do radnog mjesta-polja i natrag. Gubici-izgubljeno radno vrijeme – prekid u radu je vrijeme kada agregat tijekom radnog dana ne radi (loša organizacija rada, tehnički i tehnološki zastoji, meteorološki zastoji i slično).

Važno je da agregat što više vremena provede u obavljanju poljoprivrednih radova odnosno da stupanj iskorištenja radnog vremena što viši.

### **Provođenje analize tla**

Poznavanje raspoložive količine hraniva u tlu i potrebe biljaka za elementima ishrane omogućuje dobru procjenu doze gnojiva. Raspoloživa su ona hraniva u tlu koja se nalaze ili mogu prijeći u kemijski oblik koji biljke mogu usvojiti i moraju se nalaziti u zoni korijenovog sustava. Kemijska analiza tla u razvijenim zemljama predstavlja ključ za dobivanje visokih priroda uz racionalnu primjenu gnojiva. U tom smislu razvijeni sustav

kontrole plodnosti tla podrazumijeva sustavno prikupljanje svih relevantnih fizikalnih i kemijskih podataka o tlu (i klimi) i njegovom korištenju, doprinosi boljoj raspodjeli mineralnih i organskih gnojiva, uklanjanju akutnih deficita hraniva, kemijskoj i fizikalnoj popravci tla, ekonomičnoj proizvodnji, odnosno očuvanju i podizanju efektivne plodnosti tla čime su prirodi viši i stabilniji, te manje podložni promijeni uslijed različitih vremenskih prilika (Vukadinović i Lončarić, 1997.).

### **Praćenje suvremenih trendova i uporaba novih tehnologija**

Današnji proizvođači poljoprivrednih strojeva i opreme preplavljaju tržište različitim sustavima i tehnologijama koje za cilj imaju što veću uštedu poljoprivrednih repromaterijala i očuvanje okoliša. Važno je naglasiti da u zadnje vrijeme gotovo sve tehnologije zahtijevaju uporabu navigacijskih sustava odnosno primjenu GPS-a (osim ponekih senzorski navođenih), bilo da su ručno ili automatski vođeni, budući da je temelj ovakvih tehnologija precizno apliciranje tvari i precizna obrada tla.

Neke od novijih tehnologija su:

- "ON LAND" tehnike oranja- u ovakvim sustavima traktor se giba po neobrađenom dijelu polja svim kotačima. Ovakvi sustavi zahtijevaju korištenje automatskog upravljanja traktorom te visoku razinu preciznosti GPS signala koji se uglavnom ostvaruje primjenom baznih stanica za korekciju signala.
- VRT (Variable Rate Technology) – tehnologije promjenjivih doza aplikacije sredstva. Postoji senzorski VRT (prskalice uglavnom) i VRT baziran na kartama (rasipači mineralnih gnojiva).
- Automatska kontrola rada sekcija – smanjivanje preklapanja čime se izravno utječe na smanjenje troškova poljoprivrednih repromaterijala. Automatska kontrola sekcija može se primijeniti na rasipačima mineralnih gnojiva te na prskalicama ili sijaćicama.
- Automatsko upravljanje strojevima uporabom GPS tehnologije i navigacijskih prijemnika,
- Satelitsko nadgledanje stanja usjeva- praćenje stresa biljaka, procjene usjeva i slično.
- Satelitsko prikupljanje podataka o tlu, kartiranje tla, obrada podataka GIS-om.

## 7.2. 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, 1000 nits, 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.

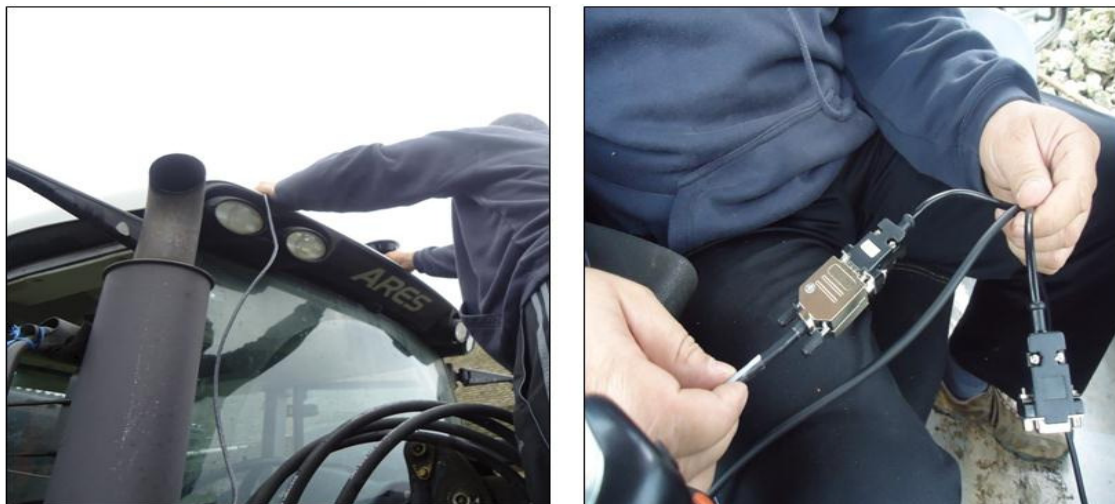
### **Montaža uređaja**

Montaža uređaja sastoji se od:

- spajanje držača na vakuum sa navigacijskim uređajem,
- pričvršćivanje vakuumske držača na unutrašnju stranu vjetrobranskog stakla poljoprivrednog vozila (paziti na čistoću stakla),
- spajanje kabela za napajanje od 12 V na konektor na magnetskom nosaču, a zatim na utičnicu automobilske upaljače u traktoru,
- spajanje kabela GPS antene i postavljanje antene na krov traktora.



Montaža navigacijskog uređaja (slika 25.) obavljena je u ekonomskom dvorištu gospodarstva, a obuhvaćala je postavljanje antene na krov kabine traktora i spajanje kablova GPS antene s navigacijskim uređajem.



Slika 25. Postavljanje antene na krov kabine traktora (lijevo) i spajanje kablova GPS antene s navigacijskim uređajem (desno).

### 7.3. 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 26.).



Slika 26. 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*, *Zadatki*, *Oruđa (Strojevi)*, *Postavke* i *Pregled rada*. Slika 27. prikazuje pristupanje rukovatelja glavnom izborniku navigacije.



Slika 27. Glavni izbornik navigacije.

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

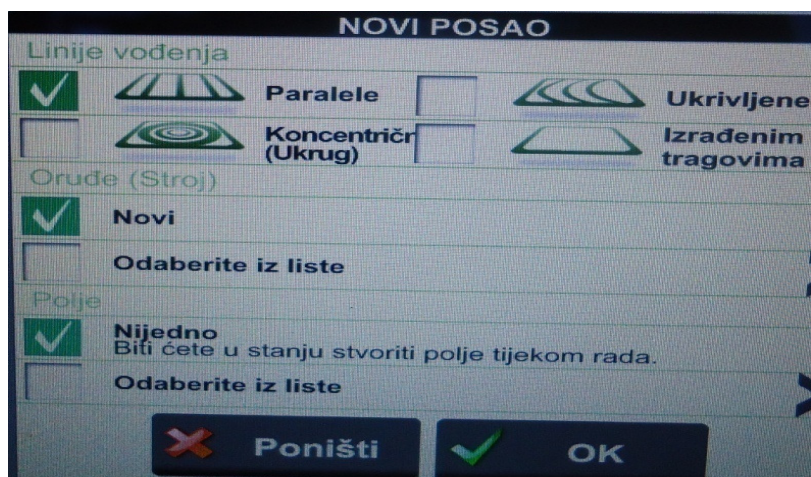
Za početak rada treba izabrati opciju *zadatki* kako bi izradili novi zadatak ili pristupili određenom zadatku koji smo ranije obavljali odnosno ovom opcijom možemo otvoriti datoteku u kojoj se nalaze svi zadatci koje smo obavljali uporabom navigacije. Slika 28. prikazuje opciju *zadatki* koja nudi pregled obavljenih radova, ali i izradu novih.

Naziv	Područje	Ukupna širina	Polje
17.09.14_00.48.40_PM	0.0000	10.00	Field 3
17/09/14	Ha	m	
17.09.14_01.03.41_PMD	0.0000	10.00	---
17/09/14	Ha	m	
17.09.14_01.05.09_PM	0.4960	10.00	Field 5
17/09/14	Ha	m	
24.09.14_01.32.36_PM	0.0000	10.00	---
24/09/14	Ha	m	
25.09.14_02.03.15_PM	0.4372	6.00	25.09.14_02.03.15_P M lucerna
25/09/14	Ha	m	
25.09.14_02.16.56_PMI	0.0000	6.00	---
25/09/14	Ha	m	
25.09.14_02.17.37_PMI	0.0000	6.00	---
25/09/14	Ha	m	

Slika 28. Opcija *zadatki*.

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 slijedeći izbornik pod nazivom *novi posao* (Slika 29.).



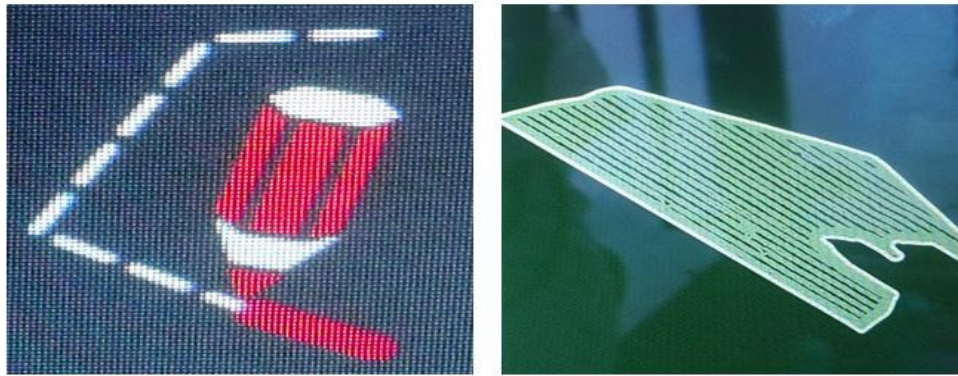
Slika 29. Izbornik *novi posao*.

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.

### **Izrada granica polja**

Prilikom izrade novog polja potrebno pritisnuti ikonu olovke (Slika 30. 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 30. desno).



Slika 30. Prikaz alata za iscrtavanje granice polja (lijevo) i prikaz polja u bazi podataka (desno).

### Odabir širine radnog zahvata stroja

Pri odabiru novog oruđa prikazat će se izbornik kojim se namješta širina radnog zahvata (Slika 31.). 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.



Slika 31. Postavljanje širine radnog zahvata.

### Odabir linija vođenja agregata

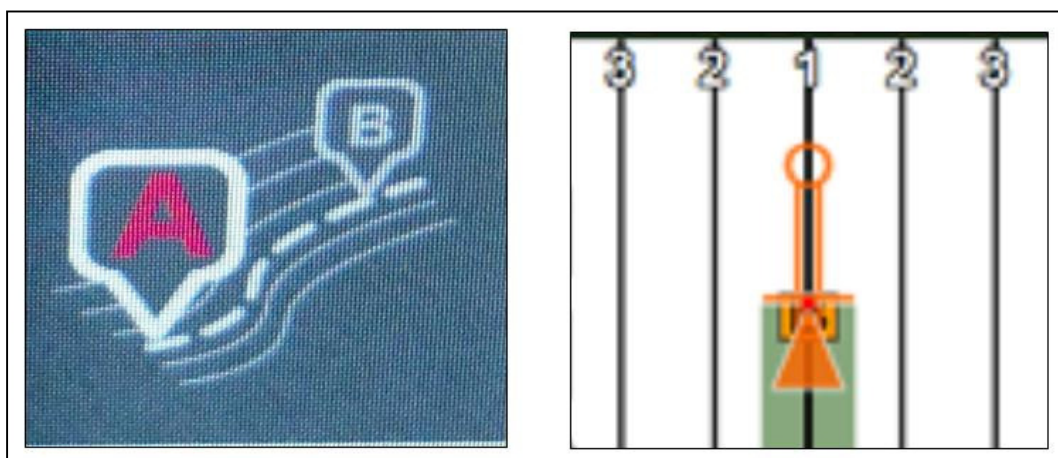
Odabir *linije vođenja* kojom želimo raditi čine slijedeće opcije; paralele, koncentrično, ukrivljeno, izrađenim tragovima. Ova opcija se koristi nakon prvog prohoda kojim su se samo odredile granice polja pri prvom korištenju navigacijskog uređaja na pojedinom polju. Ukoliko je polje već uneseno u sustav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

obavljenim operacijama, moguće je za isto polje pri slijedećim operacijama odabrati drugačije linije vođenja pri obavljanju radova.

## 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 32. 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.

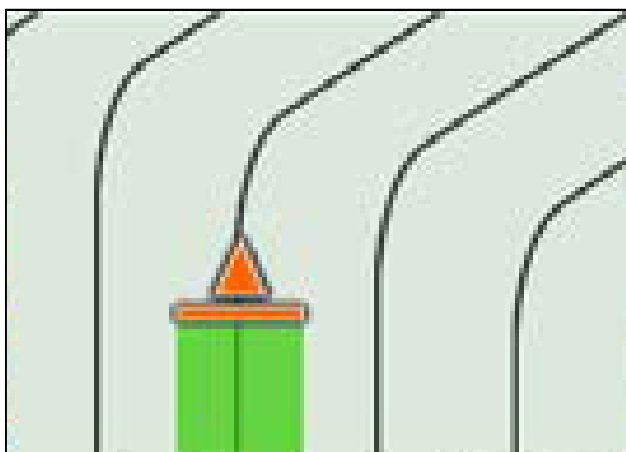


Slika 32. Ikona "A" (lijevo) i paralelne linije vođenja (desno).

Kada se obavi mjerenje granice polja, podešavanje radnog zahvata agregata i prvi prohod softver navigacijskog uređaja cijelo polje automatski dijeli na virtualne paralelne linije vođenja (slika 32. desno) ukoliko je prethodno bila izabrana opcija *paralele*. Rukovatelja strojem treba samo osigurati ručnim djelovanjem na kolo upravljača da se virtualne linije vođenja poklapaju s pokazivačkim uređajem odnosno kursorom koji mu vizualno predočava potrebne korekcije putanje.

## Ukrivljene linije vođenja agregata

Kod površina sa zakrivljenim granicama polja najbolje je koristiti ukrivljene linije vođenja agregata (slika 33.). Pri prvom proходу agregata i pritiskom na ikonu "A" softver počinje bilježiti liniju koja isključivo ovisi o rukovateljevom praćenju zakrivljenosti granica polja. Dolaskom do kraja proхода rukovatelj isto kao kod vođenja agregata pri paralelnim linijama vođenja treba pritisnuti ikonu "B". Sustav zatim prepoznaje način na koji se polje treba obraditi odnosno softver navigacijskog uređaja bilježi točno odvoženu ukrivljenu liniju i stvara ostale virtualne linije na osnovu referentne ukrivljene linije stvorene prvim prohomom. Udaljenost svake linije od prethodne jednaka je na svim dijelovima polja i jednaka je odabranom radnom zahvatu agregata.



Slika 33. Ukrivljene linije vođenja.

## Koncentrične linije vođenja agregata

Koncentrične linije vođenja agregata (Slika 34.) mogu se primijeniti na poljima koja nemaju pravokutan oblik. Pri ovakvom načinu rada potrebno je, kao i kod prethodnih linija razmotrenih u radu, pristupiti izradi granica polja vožnjom uz obod polja, podešavanju radnog zahvata i izradi prvog proхода pomoću ikona "A" i "B". Softver navigacijskog uređaja zatim je u stanju izračunati i prikazati koncentrične linije vođenja na cijelom polju na osnovu prve referentne kružnice odnosno referentne linije vođenja.



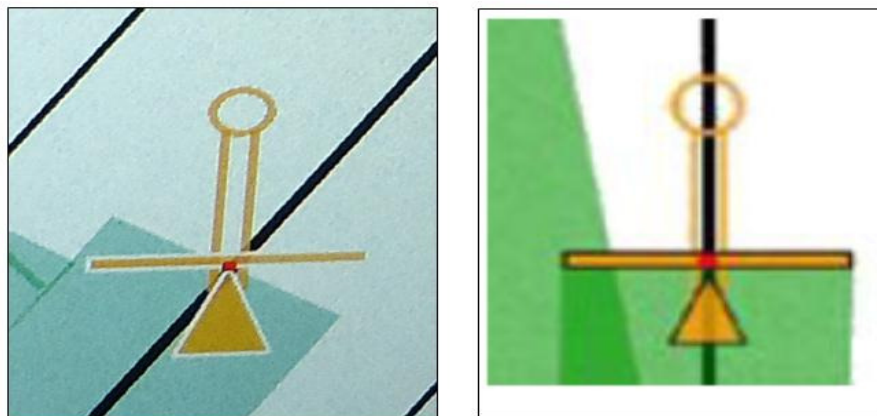
Slika 34. Koncentrične linije vođenja.

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.

### 7.3.1. Informacije o potrebnim korekcijama putanje

Iako proizvođač "Farmnavigatora G7" nudi automatsko upravljanje kao dodatnu opciju, na poljoprivrednom gospodarstvu se ipak 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 (slika 35. desno).

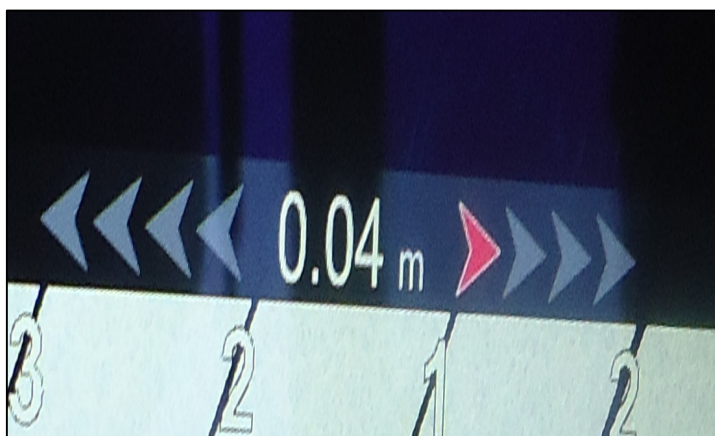


Slika 35. Nepravilno vođenje agregata (lijevo) i pravilno vođenje agregata (desno).

(Slika 35. lijevo) prikazuje odstupanje od potrebnog pravca kretanja te 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 (slika 36.).



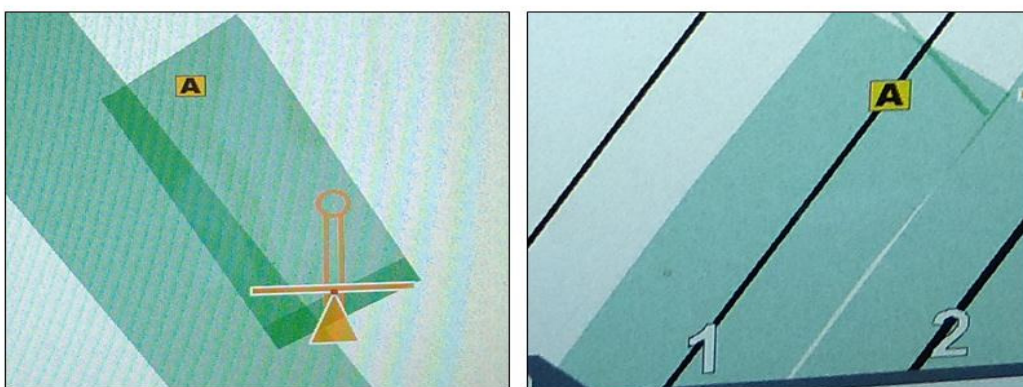
Slika 36. Traka s informacijama o količini odstupanja od idealne putanje.



### 7.3.2. 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 predočeni tamnozelenom površinom (slika 37. lijevo) . Ukoliko je prilikom obavljanja radova došlo do preklapanja (dupliranja) važno je, ravnajući se prema podacima prezentiranim na zaslonu navigacijskog uređaja, obaviti korekciju putanje na način da se izvrši okretanje kola upravljača dok se ne izađe 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 dozirni 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 sekcijskom 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.



Slika 37. Prikaz preklopa (lijevo) i prikaz oplazina (desno).

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 37. 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.

### **7.3.3. Ostale značajke uređaja**

"Farmnavigato G7" nudi veliki izbor 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 predočena je na 7<sup>o</sup> 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.

Dodatne 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 (slika 38. lijevo) .
- Uređaj za automatsku kontrolu sekcija (slika 38. desno), 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.



Slika 38. C- Box uređaj (lijevo) i uređaj za kontrolu sekcija B.MATIC 700 (desno).

- "Auto- Steering" uređaj za automatsko upravljanje (slika 39.), kojim se osigurava automatsko upravljanje pogonskim strojem na način da sustav prepoznaje potrebne korekcije u putanji i samostalno izvodi okretanje kola upravljača pomoću elektromotora.



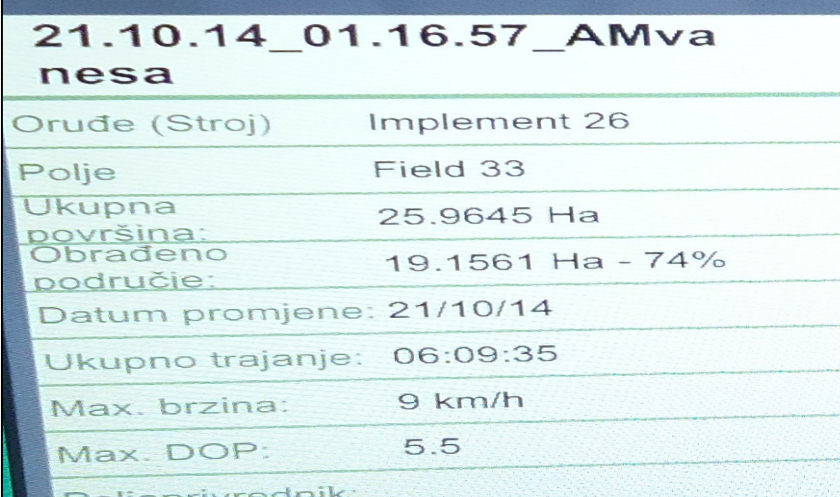
Slika 39. Sustav za automatsko upravljanje.

- 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 kabela 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.

Važno je naglasiti da preciznost izvođenja radova ovisi i o DOP vrijednosti te se ta vrijednost mora redovito kontrolirati. 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 3.). Ukoliko vrijednost prelazi "2" trebalo bi se pričekati s radom dok sateliti ne dođu na povoljne pozicije.



21.10.14_01.16.57_AMva nesa	
Oruđe (Stroj)	Implement 26
Polje	Field 33
Ukupna površina:	25.9645 Ha
Obradeno područje:	19.1561 Ha - 74%
Datum promjene:	21/10/14
Ukupno trajanje:	06:09:35
Max. brzina:	9 km/h
Max. DOP:	5.5
Poljoprivrednik:	

Slika 40. Velika nepreciznost signala (DOP 5,5).

Slika 40. prikazuje preveliku DOP vrijednost koja se javljala pri radu s navigacijskim uređajem, a posljedica je nepravilne geometrije satelita.

**Tablica 3. DOP vrijednosti**

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

## **8. REZULTATI ISTRAŽIVANJA**

Promatranjem rada navigacijskog uređaja "Farmnavigator G7" i anketiranjem vlasnika o gospodarstvu dobili su se slijedeći rezultati:

- 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 automobilskog 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.

## 8.1. IZRAČUN POVRŠINE PREKLOPA PRI RUČNOM UPRAVLJANJU POGONSKIM STROJEM

### 8.1.1. Površina preklopa pri radu tanjuračom/ drljačom

Budući da su za izračun količine preklopa koji se javljaju između prohoda korištene srednje vrijednosti iskorištenja radnog zahvata, pretpostavilo se da priključni strojevi poput tanjurače i drljače imaju iste vrijednosti količine preklopa budući da su im konstrukcijski zahvati istih vrijednosti, kao i koeficijenti iskorištenja radnog zahvata.

Primjenjujući ranije navedeno potreban broj prohoda priključnim strojem za obradu prosječne parcele iznosi:

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

$$N = \frac{182,57 \text{ m}}{3,72 \text{ m}} = 49,08 \text{ prohoda}$$

$$N' = N - 1 = 49 - 1 = 48,$$

Ukupna širina  $N'$  prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 48 \times 3,72 \text{ m} = 178,56 \text{ m},$$

Vrijednost  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 182,57 \text{ m} - 178,56 \text{ m} = 4,01 \text{ m},$$

Iz izračuna je vidljivo da je  $L_1 > B$  odnosno:

$$x = L_1 - B = 4,01 \text{ m} - 4 \text{ m} = 0,01 \text{ m},$$

Preklop " $p'$ " između " $P$ " i " $Z$ " pri tome će iznositi:

$$p' = p - x = 0,28 \text{ m} - 0,01 \text{ m} = 0,27 \text{ m},$$

Ukupna površina preklopa sastoji se iz:

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

$$S_{N'-1} = N' - 1 \times \text{srednja vrijednost preklopa između prohoda} \times \text{dužina polja} = 47 \times p \times L_r = 47 \times 0,28 \text{ m} \times (L_u - 2E) = 47 \times 0,28 \text{ m} \times (182,57 \text{ m} - (2 \times 7,72)) = 47 \times 0,28 \text{ m} \times (182,57 \text{ m} - 15,44 \text{ m}) = 47 \times 0,28 \text{ m} \times 167,13 \text{ m} = 2199,431 \text{ m}^2$$

2. Površine preklopa "S<sub>p</sub>'", nastale uklapanjem predzadnjeg i zadnjeg prohoda, pri čemu se javlja vrijednost preklopa "p' ". Pri tome površina "S<sub>p</sub>' "iznosi:

$$S_{p'} = \text{širina preklopa } p' \times L_r = 0,27 \text{ m} \times 167,13 \text{ m} = 45,125 \text{ m}^2$$

3. Površine preklopa nastale pri obradi uvratina, "S<sub>u</sub>". Ova površina iznosi:

$$S_u = 2 \times p \times L = 2 \times 0,28 \text{ m} \times 182,57 \text{ m} = 102,239 \text{ m}^2.$$

Ukupna površina preklopa "S<sub>pp</sub>" izračunata je zbrajanjem površine preklopa "S<sub>N'-1</sub>", površine preklopa "S<sub>p</sub>'" te površine preklopa "S<sub>u</sub>", pri čemu ukupna površina preklopa, pri radu tanjuračom/ drljačom te ručnim upravljanjem strojem, na prosječnoj parceli ukupno iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} + S_u = 2199,431 \text{ m}^2 + 45,125 \text{ m}^2 + 102,239 \text{ m}^2 = 2346,795 \text{ m}^2.$$

### 8.1.2. Površina preklopa pri radu prorahljivačem

Potreban broj prohoda priključnim strojem za obradu prosječne parcele iznosi:

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

$$N = \frac{182,57 \text{ m}}{2,79 \text{ m}} = 65,44 \text{ prohoda} = 66 \text{ prohoda,}$$

$$N' = N - 1 = 66 - 1 = 65,$$

Ukupna širina N' prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 65 \times 2,79 \text{ m} = 181,35 \text{ m,}$$

Vrijednost L<sub>1</sub> iznosi:



$$L_1 = L - L_2 = 182,57 \text{ m} - 181,35 \text{ m} = 1,22 \text{ m},$$

Iz izračuna je vidljivo da je  $L_1 < B$  odnosno:

$$x' = B - L_1 = 3 \text{ m} - 1,22 \text{ m} = 1,78 \text{ m},$$

Preklop "p'" između "P" i "Z" pri tome će iznositi:

$$p' = p + x' = 0,21 \text{ m} + 1,78 \text{ m} = 1,99 \text{ m}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se iz:

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

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= N' - 1 \times \text{srednja vrijednost preklopa između prohoda} \times \text{dužina polja} = \\ &= 64 \times p \times L_r = 64 \times 0,21 \text{ m} \times (L_u - 2E) = 64 \times 0,21 \text{ m} \times (182,57 \text{ m} - 2(5,79 \text{ m})) = \\ &= 64 \times 0,21 \text{ m} \times 170,99 \text{ m} = 2298,106 \text{ m}^2, \end{aligned}$$

2. Površine preklopa " $S_p$ ", nastale uklapanjem predzadnjeg i zadnjeg prohoda pri čemu se javlja vrijednost preklopa "p'". Pri tome površina " $S_p$ " iznosi:

$$S_p = \text{širina preklopa } p' \times L_r = 1,99 \text{ m} \times 170,99 \text{ m} = 340,270 \text{ m}^2,$$

3. Površina preklopa nastala pri obradi uvratina, " $S_u$ ". Ova površina iznosi:

$$S_u = 2 \times p \times L = 2 \times 0,21 \text{ m} \times 182,57 \text{ m} = 76,679 \text{ m}^2.$$

Ukupna površina preklopa " $S_{pp}$ " izračunata je zbrajanjem površine preklopa " $S_{N'-1}$ ", površine preklopa " $S_p$ " te površine preklopa " $S_u$ ", pri čemu ukupna površina preklopa, pri radu prorahljivačem te ručnim upravljanjem strojem, na prosječnoj parceli ukupno iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_p + S_u = 2298,106 \text{ m}^2 + 340,270 \text{ m}^2 + 76,679 \text{ m}^2 = 2715,055 \text{ m}^2.$$

### 8.1.3. Površina preklopa pri radu sjetvospremačem

Potreban broj prohoda priključnim strojem za obradu prosječne parcele iznosi:

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

$$N = \frac{182,57 \text{ m}}{5,21 \text{ m}} = 35,04 \text{ prohoda,}$$

$$N' = N - 1 = 35 - 1 = 34,$$

Ukupna širina  $N'$  prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 34 \times 5,21 \text{ m} = 177,14 \text{ m,}$$

Vrijednost  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 182,57 \text{ m} - 177,14 \text{ m} = 5,43 \text{ m,}$$

Iz izračuna je vidljivo da je  $L_1 < B$  odnosno:

$$x' = B - L_1 = 5,6 - 5,43 \text{ m} = 0,17 \text{ m,}$$

Preklop " $p'$ " između "P" i "Z" pri tome će iznositi:

$$p' = p + x' = 0,39 \text{ m} + 0,17 \text{ m} = 0,56 \text{ m,}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se iz:

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

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= N' - 1 \times \text{srednja vrijednost preklopa između prohoda} \times \text{dužina polja} = \\ &= 33 \times p \times L_r = 33 \times 0,39 \text{ m} \times (L_u - 2E) = 33 \times 0,39 \text{ m} \times (182,57 \text{ m} - 2(10,81 \text{ m})) = \\ &= 33 \times 0,39 \text{ m} \times 160,95 \text{ m} = 2071,427 \text{ m}^2, \end{aligned}$$

2. Površine preklopa " $S_p$ ", nastale uklapanjem predzadnjeg i zadnjeg prohoda, pri čemu se javlja vrijednost preklopa " $p'$ ". Pri tome površina " $S_p$ " iznosi:

$$S_p = \text{širina preklopa } p' \times L_r = 0,56 \text{ m} \times 160,95 \text{ m} = 90,132 \text{ m}^2,$$

3. Površina preklopa nastala pri obradi uvratina, " $S_u$ ". Ova površina iznosi:

$$S_u = 2 \times p \times L = 2 \times 0,39 \text{ m} \times 182,57 \text{ m} = 142,405 \text{ m}^2.$$

Ukupna površina preklopa " $S_{pp}$ " izračunata je zbrajanjem površine preklopa " $S_{N'-1}$ ", površine preklopa " $S_p$ " te površine preklopa " $S_u$ ", pri čemu ukupna površina preklopa, pri

radu sjetvospremačem te ručnim upravljanjem strojem, na prosječnoj parceli ukupno iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} + S_u = 2071,427 \text{ m}^2 + 90,132 \text{ m}^2 + 142,405 \text{ m}^2 = 2303,964 \text{ m}^2.$$

#### 8.1.4. Površina preklopa pri radu prskalicom

Potreban broj prohoda priključnim strojem za obradu prosječne parcele iznosi:

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

$$N = \frac{182,57 \text{ m}}{16,74 \text{ m}} = 10,91 \text{ prohoda, odnosno 11 prohoda,}$$

$$N' = N - 1 = 11 - 1 = 10,$$

Ukupna širina  $N'$  prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 10 \times 16,74 = 167,4 \text{ m,}$$

Vrijednost  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 182,57 \text{ m} - 167,4 \text{ m} = 15,17 \text{ m,}$$

Iz izračuna je vidljivo da je  $L_1 < B$  odnosno:

$$x' = B - L_1 = 18 - 15,17 \text{ m} = 2,83 \text{ m,}$$

Preklop " $p'$ " između " $P$ " i " $Z$ " pri tome će iznositi:

$$p' = p + x' = 1,26 \text{ m} + 2,83 \text{ m} = 4,09 \text{ m,}$$

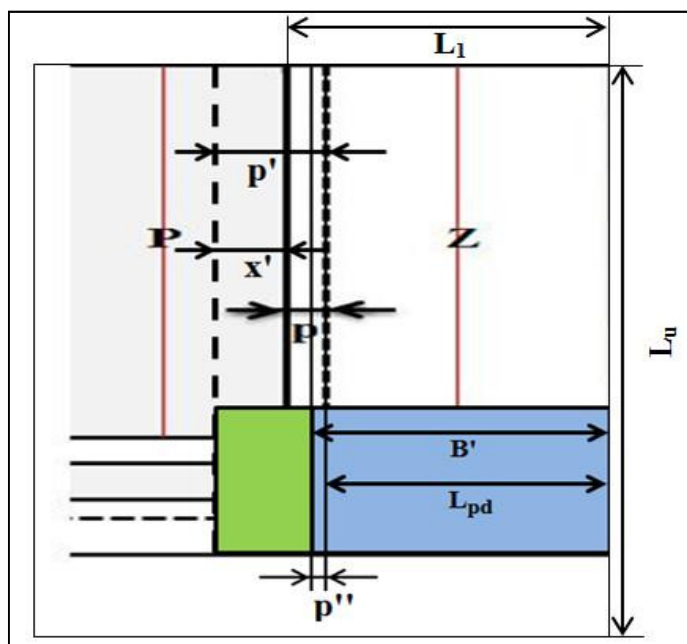
Međutim, prskalica ima mogućnost zatvaranja dotoka tvari prema svakoj pojedinoj mlaznici. Naravno da će rukovatelj zatvoriti dio mlaznica odnosno neće koristiti sve mlaznice pri zadnjem prohodu ukoliko za to nema potrebe. Za obradu ukupne površine polja preostalo je obraditi širinu dijela polja koja nije tretirana " $L_{pd}$ ", a koja iznosi:

$$L_{pd} = L_1 - p = 15,17 \text{ m} - 1,26 \text{ m} = 13,91 \text{ m}$$

Ukoliko 36 mlaznica, raspoređenih na međusobnoj udaljenosti od 0,5 m, čini radni zahvat prskalice od 18 m, onda je za 13,91 metara preostale širine za aplikaciju tvari dovoljno koristiti 28 mlaznica odnosno 14 metara radnog zahvata. Jednostavnije rečeno, pri zadnjem proходу će se koristiti približno 3/4 zahvata (točnije 77,77 % zahvata prskalice). Pri tome će se u zadnjem proходу javiti preklop "p'", koji se izračuna oduzimanjem vrijednosti širine "L<sub>pd</sub>" na koju je potrebno aplicirati određenu tvar od vrijednosti najbliže potrebne širine radnog zahvata prskalice "B'" za obradu dijela polja koje nije tretirano, a koja iznosi u ovom slučaju 14 m:

$$p'' = B' - L_{pd} = 14 \text{ m} - 13,91 \text{ m} = 0,09 \text{ m}$$

Vrijednosti izračunatih veličina prikazane su na slici 41., pri čemu je zelenom bojom označen dio prskalice (8 mlaznica) koji se ne koristi u posljednjem proходу, dok je dio prskalice koji vrši aplikaciju tvari prikazan plavom bojom (28 mlaznica), čija vrijednost radnog zahvata iznosi "B'".



Ukupna površina preklopa sastoji se iz:

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

$$S_{N'-1} = N' - 1 \times \text{srednja vrijednost preklopa između prohoda} \times \text{dužina polja} = \\ 9 \times p \times L_r = 9 \times 1,26 \text{ m} \times L_u = 9 \times 1,26 \text{ m} \times 182,57 \text{ m} = 2070,344 \text{ m}^2,$$

2. Površine preklopa "S<sub>p''</sub>", nastale uklapanjem predzadnjeg i zadnjeg prohoda, pri čemu se javlja vrijednost preklopa "p''". Pri tome površina "S<sub>p''</sub>" iznosi:

$$S_{p''} = \text{širina preklopa } p'' \times L_u = 0,09 \text{ m} \times 182,57 \text{ m} = 16,431 \text{ m}^2,$$

Ukupna površina preklopa "S<sub>pp</sub>" izračunata je zbrajanjem površine preklopa "S<sub>N'-1</sub>" i površine preklopa "S<sub>p''</sub>". Ukupna površina preklopa, pri radu prskalicom te ručnim upravljanjem strojem, na prosječnoj parceli ukupno iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p''} = 2070,344 \text{ m}^2 + 16,431 \text{ m}^2 = 2086,775 \text{ m}^2$$

### 8.1.5. Površina preklopa pri radu rasipača mineralnih gnojiva

Potreban broj prohoda priključnim strojem za obradu prosječne parcele iznosi:

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

$$N = \frac{182,57 \text{ m}}{16,74 \text{ m}} = 10,91 \text{ prohoda, odnosno } 11 \text{ prohoda,}$$

$$N' = N - 1 = 11 - 1 = 10,$$

Ukupna širina N' prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 10 \times 16,74 = 167,4 \text{ m,}$$

Vrijednost L<sub>1</sub> iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 182,57 \text{ m} - 167,4 \text{ m} = 15,17 \text{ m,}$$

Iz izračuna je vidljivo da je L<sub>1</sub> < B odnosno:

$$x' = B - L_1 = 18 - 15,17 \text{ m} = 2,83 \text{ m,}$$

Preklop "p'" između "P" i "Z" pri tome će iznositi:

$$p' = p + x' = 1,26 \text{ m} + 2,83 \text{ m} = 4,09 \text{ m},$$

Ukupna površina preklopa sastoji se iz:

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

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= N' - 1 \times \text{srednja vrijednost preklopa između prohoda} \times \text{dužina polja} = 9 \times p \times L_r \\ &= 9 \times 1,26 \text{ m} \times L_u = 9 \times 1,26 \text{ m} \times 182,57 \text{ m} = 2070,344 \text{ m}^2, \end{aligned}$$

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

$$S_{p'} = \text{širina preklopa } p' \times L_u = 4,09 \text{ m} \times 182,57 \text{ m} = 746,712 \text{ m}^2,$$

Ukupna površina preklopa " $S_{pp}$ " izračunata je zbrajanjem površine preklopa " $S_{N'-1}$ " i površine preklopa " $S_{p'}$ ", pri čemu ukupna površina preklopa, pri radu rasipačem mineralnog gnojiva te ručnim upravljanjem strojem, na prosječnoj parceli ukupno iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} = 2070,344 \text{ m}^2 + 746,712 \text{ m}^2 = 2817,056 \text{ m}^2.$$

Ukoliko se pri radu centrifugalnim rasipačem mineralnog gnojiva dogodi da vrijednost razlike širina " $L_1$ " – " $p$ " odnosno vrijednost širine netretiranog dijela polja " $L_{pd}$ " iznosi manje od  $\frac{1}{2}$  širine konstrukcijskog zahvata rasipača, rukovatelj može u zadnjem prohodu koristiti  $\frac{1}{2}$  konstrukcijskog zahvata rasipača " $B'$ " na način da na rasipaču odabere opciju koja osigurava raspodjelu mineralnog gnojiva na jednu stranu pri čemu će se osigurati manja količina preklopa nego kod korištenja cijelog konstrukcijskog zahvata rasipača.

## 8.2. IZRAČUN POVRŠINE PREKLOPA PRI RUČNOM UPRAVLJANJU POGONSKIM STROJEM UZ PRIMJENU NAVIGACIJSKOG UREĐAJA

### 8.2.1. Površina preklopa pri radu tanjuračom/ drljačom

Potreban broj prohoda priključnim strojem za obradu prosječne parcele iznosi:

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

$$N = \frac{182,57 \text{ m}}{3,8 \text{ m}} = 48,04 \text{ prohoda,}$$

$$N' = N - 1 = 48 - 1 = 47,$$

Ukupna širina  $N'$  prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 47 \times 3,8 \text{ m} = 178,6 \text{ m,}$$

Vrijednost  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 182,57 \text{ m} - 178,6 \text{ m} = 3,97 \text{ m,}$$

Iz izračuna je vidljivo da je  $L_1 < B$  odnosno:

$$x' = B - L_1 = 4 - 3,97 \text{ m} = 0,03 \text{ m,}$$

Preklop " $p'$ " između "P" i "Z" pri tome će iznositi:

$$p' = p + x' = 0,2 \text{ m} + 0,03 \text{ m} = 0,23 \text{ m,}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se iz:

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

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= N' - 1 \times \text{srednja vrijednost preklopa između prohoda} \times \text{dužina polja} = \\ &= 46 \times p \times L_r = 46 \times 0,2 \text{ m} \times (L_u - 2E) = 46 \times 0,2 \text{ m} \times (182,57 \text{ m} - 2(7,80 \text{ m})) = \\ &= 46 \times 0,2 \text{ m} \times 166,97 \text{ m} = 1536,124 \text{ m}^2, \end{aligned}$$

2. Površine preklopa " $S_p$ ", nastale uklapanjem predzadnjeg i zadnjeg prohoda, pri čemu se javlja vrijednost preklopa " $p'$ ". Pri tome površina " $S_p$ " iznosi:

$$S_{p'} = \text{širina preklopa } p' \times L_r = 0,23 \text{ m} \times 166,97 \text{ m} = 38,403 \text{ m}^2,$$

3. Površine preklopa nastale pri obradi uvratina, "S<sub>u</sub>". Ova površina iznosi:

$$S_u = 2 \times p \times L = 2 \times 0,2 \text{ m} \times 182,57 \text{ m} = 73,028 \text{ m}^2.$$

Ukupna površina preklopa "S<sub>pp</sub>" izračunata je zbrajanjem površine preklopa "S<sub>N'-1</sub>", površine preklopa "S<sub>p'</sub>" te površine preklopa "S<sub>u</sub>", pri čemu ukupna površina preklopa, pri radu tanjuračom/ drljačom te ručnim upravljanjem strojem uz pomoć informacija navigacijskog uređaja, na prosječnoj parceli ukupno iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} + S_u = 1536,124 \text{ m}^2 + 38,403 \text{ m}^2 + 73,028 \text{ m}^2 = 1647,555 \text{ m}^2.$$

### 8.2.2. Površina preklopa pri radu prorahljivačem

Potreban broj prohoda priključnim strojem za obradu prosječne parcele iznosi:

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

$$N = \frac{182,57 \text{ m}}{2,80 \text{ m}} = 65,20 \text{ prohoda} = 66 \text{ prohoda},$$

$$N' = N - 1 = 66 - 1 = 65,$$

Ukupna širina N' prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 65 \times 2,80 = 182 \text{ m},$$

Vrijednost L<sub>1</sub> iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 182,57 \text{ m} - 182 \text{ m} = 0,57 \text{ m},$$

Iz izračuna je vidljivo da je L<sub>1</sub> < B odnosno:

$$x' = B - L_1 = 3 \text{ m} - 0,57 \text{ m} = 2,43 \text{ m},$$

Preklop "p'" između "P" i "Z" pri tome će iznositi:

$$p' = p + x' = 0,20 \text{ m} + 2,43 \text{ m} = 2,63 \text{ m},$$



Ukupna površina preklopa sastoji se iz:

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

$$S_{N'-1} = N' - 1 \times \text{srednja vrijednost preklopa između prohod} \times \text{dužina polja} = \\ 64 \times p \times L_r = 64 \times 0,2 \text{ m} \times (L_u - 2E) = 64 \times 0,2 \text{ m} \times (182,57 \text{ m} - 2(5,8 \text{ m})) = 64 \times 0,2 \\ \text{ m} \times 170,97 \text{ m} = 2188,416 \text{ m}^2,$$

2. Površine preklopa " $S_p$ ", nastale uklapanjem predzadnjeg i zadnjeg prohoda, pri čemu se javlja vrijednost preklopa " $p$ ". Pri tome površina " $S_p$ " iznosi:

$$S_p = \text{širina preklopa } p \times L_r = 2,63 \text{ m} \times 170,97 \text{ m} = 449,651 \text{ m}^2,$$

3. Površine preklopa nastale pri obradi uvratina, " $S_u$ ". Ova površina iznosi:

$$S_u = 2 \times p \times L = 2 \times 0,20 \text{ m} \times 182,57 \text{ m} = 73,028 \text{ m}^2.$$

Ukupna površina preklopa " $S_{pp}$ " izračunata je zbrajanjem površine preklopa " $S_{N'-1}$ ", površine preklopa " $S_p$ " te površine preklopa " $S_u$ ", pri čemu ukupna površina preklopa, pri radu proračunivačem te ručnim upravljanjem strojem uz pomoć informacija navigacijskog uređaja, na prosječnoj parceli ukupno iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_p + S_u = 2188,416 \text{ m}^2 + 449,651 \text{ m}^2 + 73,028 \text{ m}^2 = 2711,095 \text{ m}^2.$$

### 8.2.3. Površina preklopa pri radu sjetvospremačem

Potreban broj prohoda priključnim strojem za obradu prosječne parcele iznosi:

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

$$N = \frac{182,57 \text{ m}}{5,4 \text{ m}} = 33,81 \text{ prohoda} = 34 \text{ prohoda}$$

$$N' = N - 1 = 34 - 1 = 33,$$

Ukupna širina  $N'$  prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 33 \times 5,4 = 178,2 \text{ m},$$

Vrijednost  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 182,57 \text{ m} - 178,2 \text{ m} = 4,37 \text{ m},$$

Iz izračuna je vidljivo da je  $L_1 < B$  odnosno:

$$x' = B - L_1 = 5,6 - 4,37 \text{ m} = 1,23 \text{ m},$$

Preklop " $p'$ " između " $P$ " i " $Z$ " pri tome će iznositi:

$$p' = p + x' = 0,2 \text{ m} + 1,23 \text{ m} = 1,43 \text{ m},$$

Ukupna površina preklopa sastoji se iz:

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

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= N' - 1 \times \text{srednja vrijednost preklopa između prohoda} \times \text{dužina polja} = \\ &= 32 \times p \times L_r = 32 \times 0,2 \text{ m} \times (L_u - 2E) = 32 \times 0,2 \text{ m} \times (182,57 \text{ m} - 2(11 \text{ m})) = 32 \times 0,2 \\ &\quad \text{m} \times 160,57 \text{ m} = 1027,648 \text{ m}^2, \end{aligned}$$

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

$$S_{p'} = \text{širina preklopa } p' \times L_r = 1,43 \text{ m} \times 160,57 \text{ m} = 229,615 \text{ m}^2,$$

3. Površine preklopa nastala pri obradi uvratina, " $S_u$ ". Ova površina iznosi:

$$S_u = 2 \times p \times L = 2 \times 0,2 \text{ m} \times 182,57 \text{ m} = 73,028 \text{ m}^2.$$

Ukupna površina preklopa " $S_{pp}$ " izračunata je zbrajanjem površine preklopa " $S_{N'-1}$ ", površine preklopa " $S_{p'}$ " te površine preklopa " $S_u$ ", pri čemu ukupna površina preklopa, pri radu sjetvospremačem te ručnim upravljanjem strojem uz pomoć informacija navigacijskog uređaja, na prosječnoj parceli ukupno iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'} + S_u = 1027,648 \text{ m}^2 + 229,615 \text{ m}^2 + 73,028 \text{ m}^2 = 1330,291 \text{ m}^2.$$

#### 8.2.4. Površina preklopa pri radu prskalicom

Potreban broj prohoda priključnim strojem za obradu prosječne parcele iznosi:

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

$$N = \frac{182,57 \text{ m}}{17,80 \text{ m}} = 10,25 \text{ prohoda, odnosno 11 prohoda,}$$

$$N' = N - 1 = 11 - 1 = 10,$$

Ukupna širina  $N'$  prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 10 \times 17,80 = 178 \text{ m,}$$

Vrijednost  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 182,57 \text{ m} - 178 \text{ m} = 4,57 \text{ m,}$$

Iz izračuna je vidljivo da je  $L_1 < B$  odnosno:

$$x' = B - L_1 = 18 - 4,57 \text{ m} = 13,43 \text{ m,}$$

Preklop " $p'$ " između " $P$ " i " $Z$ " pri tome će iznositi:

$$p' = p + x' = 0,2 \text{ m} + 13,43 \text{ m} = 13,63 \text{ m,}$$

Kako je ranije navedeno, promatrana prskalica ima mogućnost zatvaranja dotoka tvari prema svakoj pojedinoj mlaznici. Rukovatelj će zatvoriti dio mlaznica odnosno neće koristiti sve mlaznice pri zadnjem proходу ukoliko za to nema potrebe. Za obradu ukupne površine polja preostalo je obraditi širinu dijela polja koja nije tretirana " $L_{pd}$ ", a koja iznosi:

$$L_{pd} = L_1 - p = 4,57 \text{ m} - 0,2 \text{ m} = 4,37 \text{ m}$$

Ukoliko 36 mlaznica, raspoređenih na međusobnoj udaljenosti od 0,5 m, čini radni zahvat prskalice od 18 m, onda je za 4,37 metara preostale širine za aplikaciju tvari dovoljno koristiti 9 mlaznica odnosno 4,5 metara radnog zahvata. Jednostavnije rečeno, pri zadnjem proходу će se koristiti samo  $\frac{1}{4}$  zahvata (točnije 25 % zahvata prskalice). Pri tome će se u zadnjem proходу javiti preklop " $p''$ ", koji se izračuna oduzimanjem vrijednosti širine " $L_{pd}$ " na koju je potrebno aplicirati određenu tvar od vrijednosti najbliže

potrebne širine radnog zahvata prskalice "B'" za obradu dijela polja koje nije tretirano, a koja iznosi u ovom slučaju 4,5 m:

$$p'' = B' - L_{pd} = 4,5 \text{ m} - 4,37 \text{ m} = 0,13 \text{ m}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se iz:

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

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= N' - 1 \times \text{srednja vrijednost preklopa između prohodaxdužina polja} = 9 \times p \times L_r \\ &= 9 \times 0,2 \text{ m} \times L_u = 9 \times 0,2 \text{ m} \times 182,57 \text{ m} = 328,626 \text{ m}^2, \end{aligned}$$

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

$$S_{p''} = \text{širina preklopa } p'' \times L_u = 0,13 \text{ m} \times 182,57 \text{ m} = 23,734 \text{ m}^2,$$

Ukupna površina preklopa " $S_{pp}$ " izračunata je zbrajanjem površine preklopa " $S_{N'-1}$ " i površine preklopa " $S_{p''}$ ". Ukupna površina preklopa, pri radu prskalicom te ručnim upravljanjem strojem uz pomoć informacija navigacijskog uređaja, na prosječnoj parceli ukupno iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p''} = 328,626 \text{ m}^2 + 23,734 \text{ m}^2 = 352,360 \text{ m}^2.$$

### 8.2.5. Površina preklopa pri radu rasipača mineralnih gnojiva

Potreban broj prohoda priključnim strojem za obradu prosječne parcele iznosi:

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

$$N = \frac{182,57 \text{ m}}{17,80 \text{ m}} = 10,25 \text{ prohoda, odnosno 11 prohoda,}$$

$$N' = N - 1 = 11 - 1 = 10,$$

Ukupna širina  $N'$  prohoda iznosi:

$$L_2 = N' \times B_r = 10 \times 17,80 \text{ m} = 178 \text{ m,}$$

Vrijednost  $L_1$  iznosi:

$$L_1 = L - L_2 = 182,57 \text{ m} - 178 \text{ m} = 4,57 \text{ m},$$

Iz izračuna je vidljivo da je  $L_1 < B$  odnosno:

$$x' = B - L_1 = 18 - 4,57 \text{ m} = 13,43 \text{ m},$$

Preklop "p'" između "P" i "Z" pri tome će iznositi:

$$p' = p + x' = 0,2 \text{ m} + 13,43 \text{ m} = 13,63 \text{ m},$$

Kako je ranije navedeno, ukoliko širina " $L_{pd}$ " iznosi manje od polovine konstrukcijskog zahvata centrifugalnog rasipača koji može aplicirati mineralno gnojivo na samo jednu stranu, pri čemu " $B'$ " iznosi  $\frac{1}{2}$  " $B$ " rukovatelj će pri zadnjem prohodu koristiti samo onoliko radnog zahvata koliko je potrebno i koji je omogućen izvedbom stroja. Za obradu ukupne površine polja preostalo je obraditi širinu dijela polja koja nije tretirana " $L_{pd}$ ", a koja iznosi:

$$L_{pd} = L_1 - p = 4,57 \text{ m} - 0,2 \text{ m} = 4,37 \text{ m}$$

Korišteni rasipač ima mogućnost raspodjele mineralnog gnojiva na jednu stranu pri čemu veličina zahvata " $B'$ " iznosi 9 m. To znači da ukoliko rukovatelj agregat upravlja uz granicu polja ukupni preklop " $p''$ " iznosi :

$$p'' = B' - L_{pd} = 9 \text{ m} - 4,37 = 4,63 \text{ m}$$

Ukupna površina preklopa sastoji se iz:

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

$$\begin{aligned} S_{N'-1} &= N' - 1 \times \text{srednja vrijednost preklopa između prohoda} \times \text{dužina polja} = 9 \times p \times L_r \\ &= 9 \times 0,2 \text{ m} \times L_u = 9 \times 0,2 \text{ m} \times 182,57 \text{ m} = 328,626 \text{ m}^2, \end{aligned}$$

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

$$S_{p''} = \text{širina preklopa } p'' \times L_u = 4,63 \text{ m} \times 182,57 \text{ m} = 845,299 \text{ m}^2,$$

Ukupna površina preklopa "S<sub>pp</sub>" izračunata je zbrajanjem površine preklopa "S<sub>N'-1</sub>" i površine preklopa "S<sub>p'-'</sub>". Ukupna površina preklopa, pri radu rasipačem mineralnog gnojiva te ručnim upravljanjem strojem uz pomoć informacija navigacijskog uređaja, na prosječnoj parceli ukupno iznosi:

$$S_{pp} = S_{N'-1} + S_{p'-'} = 328,626 \text{ m}^2 + 845,299 \text{ m}^2 = 1173,925 \text{ m}^2.$$

### 8.3. RAZLIKA U KOLIČINI PREKLOPA PRI OBRADI PROSJEČNE PARCELE

Ukupna razlika u količini preklopa pri obradi prosječne parcele, nastalih ručnim upravljanjem pogonskim strojem bez navigacije i sa navigacijom, prikazana je tablicom 4.

**Tablica 4. Razlike u površini preklopa nastalih pri obradi prosječne parcele**

Površina prosječne parcele (3,33 ha)	Ručno upravljanje pogonskim strojem		Upravljanje pomoću navigacijskog uređaja	
	Širina preklopa, [m]	Površina ukupnih preklopa, [m <sup>2</sup> ]	Širina preklopa, [m]	Površina ukupnih preklopa, [m <sup>2</sup> ]
Tanjurača	0,28	2.346,795	0,2	1.647,555
Drljača	0,28	2.346,795	0,2	1.647,555
Prorahljivač	0,21	2.715,055	0,2	2.711,095
Sjetvospremač	0,39	2.303,964	0,2	1.330,291
Prskalica	1,26	2.086,775	0,2	352,360
Rasipač	1,26	2.817,056	0,2	1.173,925

### 8.4. POVRŠINA PREKLOPA PRI PROIZVODNJI POJEDINIH RATARSKIH KULTURA

#### 8.4.1. Proizvodnja pšenice i ječma

Ukupna površina poljoprivrednog gospodarstva 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 tanjuračom 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 4.) 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:

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

#### **Prskalica [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 prskalica 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 5. Razlike u površini preklopa pri proizvodnji pšenice i ječma**

Pšenica i ječam 350 ha	Obradena površina [ha]	Površine preklopa [ha]	
		Ručno upravljanje	Navigacija
Tanjurača (2X)	700	49,283	34,599
Sjetvospremač	350	24,192	13,968
Prskalica (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:

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

#### **8.4.2. Proizvodnja kukuruza**

Ukupna površina poljoprivrednog gospodarstva na kojoj se odvija proizvodnja kukuruza iznosi 50 ha (10 % ukupne površine poljoprivrednog gospodarstva).

Broj prosječnih parcela pod kukuruzom: 15

Korištena poljoprivredna mehanizacija i količine korištenja:

1. Tanjurača
2. Drljača
3. Sjetvospremač
4. Rasipač mineralnog gnojiva [2 puta]
5. Prskalica

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

##### **Tanjurača– obrađena površina iznosi 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod kukuruzom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu tanjuračom i ručnom upravljanju bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 2.346,795 \text{ m}^2 = 35.201,925 \text{ m}^2 = 3,52 \text{ ha}$$

##### **Drljača - obrađena površina iznosi 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod kukuruzom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu drljačomi ručnom

upravljanu bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 2.346,795 \text{ m}^2 = 35.201,925 \text{ m}^2 = 3,520 \text{ ha}$$

#### **Sjetvospremač – obrađena površina iznosi 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod kukuruzom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu sjetvospremačem i ručnom upravljanju bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 2.303,964 \text{ m}^2 = 34.559,460 \text{ m}^2 = 3,456 \text{ ha}$$

#### **Rasipač mineralnog gnojiva [2 puta] – obrađena površina iznosi 100 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod kukuruzom sa površinom preklopa koji se javlja pri radu rasipača i ručnom upravljanju bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 2.817,056 \text{ m}^2 = 42.255,840 \text{ m}^2 = 4,226 \text{ ha}$$

Budući da se rasipač koristi dva puta, odnosno obradi se 100 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$2 \times 42.255,840 \text{ m}^2 = 84.511,68 \text{ m}^2 = 8,451 \text{ ha}$$

#### **Prskalica - obrađena površina iznosi 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod kukuruzom sa površinom preklopa koji se javlja pri radu prskalice i ručnom upravljanju bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 2.086,775 \text{ m}^2 = 31.301,325 \text{ m}^2 = 3,130 \text{ ha}$$

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

#### **Tanjurača - obrađena površina 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod kukuruzom sa površinom preklopa koji se javlja pri radu tanjurače i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 1.647,555 \text{ m}^2 = 24.713,325 \text{ m}^2 = 2,471 \text{ ha}$$

### **Sjetvospremač – obrađena površina 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod kukuruzom sa površinom preklopa koji se javlja pri radu sjetvospremačem i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 1.330,291 \text{ m}^2 = 19.954,365 \text{ m}^2 = 1,995 \text{ ha}$$

### **Rasipač mineralnog gnojiva [2 puta] – obrađena površina 100 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod kukuruzom sa površinom preklopa koji se javlja pri radu rasipača i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 1.173,925 \text{ m}^2 = 17.608,875 \text{ m}^2 = 1,761 \text{ ha}$$

Budući da se rasipač koristi dva puta, odnosno obradi se 100 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$2 \times 17.608,875 \text{ m}^2 = 35.217,75 \text{ m}^2 = 3,522 \text{ ha}$$

### **Prskalica - obrađena površina 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod kukuruzom sa površinom preklopa koji se javlja pri radu prskalice i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 352,360 \text{ m}^2 = 5.285,4 \text{ m}^2 = 0,529 \text{ ha}$$

**Tablica 6. Razlike u površini preklopa pri proizvodnji kukuruza**

Kukuruz 50 ha	Obrađena površina [ha]	Površine preklopa [ha]	
		Ručno upravljanje	Navigacija
Tanjurača	50	3,520	2,471
Drljača	50	3,520	2,471
Sjetvospremač	50	3,456	1,995
Prskalica	50	3,130	0,529
Rasipač (2X)	100	8,451	3,522
Ukupno	300	22,077	10,988

Usporedba vrijednosti površine preklopa pri proizvodnji kukuruza pri ručnom upravljanju i upravljanju pomoću navigacije prikazana je tablicom 6. Iz tablice je vidljiv podatak da površina preklopa pri ručnom upravljanju pogonskim strojem iznosi 22,077 ha, dok površina preklopa pri upravljanju pomoću navigacije iznosi 10,988 ha. Iz ovih podataka moguće je prikazati razliku u površini preklopa između ručnog navođenja stroja i navođenja uz pomoć navigacije, pri proizvodnji kukuruza, koja iznosi:

$$\text{Razlika} = 22,077 \text{ ha} - 10,988 \text{ ha} = 11,089 \text{ ha}$$

#### **8.4.3. Proizvodnja uljane repice**

Ukupna površina poljoprivrednog gospodarstva na kojoj se odvija proizvodnja uljane repice iznosi: 50 ha (10 % ukupne površine poljoprivrednog gospodarstva).

Broj prosječnih parcela pod uljanom repicom: 15

Korištena poljoprivredna mehanizacija i količine korištenja:

1. Prorahljivač
2. Tanjurača
3. Sjetvospremač
4. Rasipač mineralnog gnojiva [4 puta]
5. Prskalica [3 puta]

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

##### **Prorahljivač – obrađena površina 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod uljanom repicom sa površinom preklopa koji se javljaju pri radu prorahljivačima ručnom upravljanju bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 2.715,055 \text{ m}^2 = 40.725,825 \text{ m}^2 = 4,073 \text{ ha}$$

### **Tanjurača– obrađena površina iznosi 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod uljanom repicom sa površinom preklopa koji se javljaju pri radu tanjurače i ručnom upravljanju bez navigacije najednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 2.346,795 \text{ m}^2 = 35.201,925 \text{ m}^2 = 3,520 \text{ ha}$$

### **Sjetvospremač – obrađena površina iznosi 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod kukuruzom sa površinom preklopa pri ručnom upravljanju bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli i iznosi:

$$15 \times 2.303,964 \text{ m}^2 = 34.559,460 \text{ m}^2 = 3,456 \text{ ha}$$

### **Rasipač mineralnog gnojiva [4 puta] – obrađena površina iznosi 200 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod uljanom repicom sa površinom preklopa koji se javljaju pri radu rasipača i ručnom upravljanju bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 2.817,056 \text{ m}^2 = 42.255,840 \text{ m}^2 = 4,226 \text{ ha}$$

Budući da se rasipač koristi četiri puta, odnosno obradi se 100 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$4 \times 42.255,840 \text{ m}^2 = 169.023,360 \text{ m}^2 = 16,902 \text{ ha}$$

### **Prskalica [3 puta] - obrađena površina iznosi 150 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod uljanom repicom sa površinom preklopa koji se javljaju pri radu prskalicom i ručnom upravljanju bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 2.086,775 \text{ m}^2 = 31.301,325 \text{ m}^2 = 3,130 \text{ ha}$$

Budući da se prskalica koristi tri puta, odnosno obradi se 150 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$3 \times 31.301,325 \text{ m}^2 = 93.903,975 \text{ m}^2 = 9,390 \text{ ha}$$

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

#### **Prorahljivač- obrađena površina 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod uljanom repicom sa površinom preklopa koji se javljaju pri radu prorahljivača i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 2.711,095 \text{ m}^2 = 40.666,425 \text{ m}^2 = 4,067 \text{ ha}$$

#### **Tanjurača - obrađena površina 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod uljanom repicom sa površinom preklopa koji se javljaju pri radu tanjurače i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 1.647,555 \text{ m}^2 = 24.713,325 \text{ m}^2 = 2,471 \text{ ha}$$

#### **Sjetvospremač – obrađena površina 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod uljanom repicom sa površinom preklopa koji se javljaju pri radu sjetvospremača i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 1.330,291 \text{ m}^2 = 19.954,365 \text{ m}^2 = 1,995 \text{ ha}$$

#### **Prskalica [3 puta]- obrađena površina 150 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod uljanom repicom sa površinom preklopa koji se javljaju pri radu prskalice i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 352,360 \text{ m}^2 = 5.285,4 \text{ m}^2 = 0,529 \text{ ha}$$

Budući da se prskalica koristi tri puta, odnosno obradi se 150 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$3 \times 5.285,4 \text{ m}^2 = 15.856,2 \text{ m}^2 = 1,586 \text{ ha}$$

### **Rasipač mineralnog gnojiva [4 puta] – obrađena površina 200 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod uljanom repicom sa površinom preklopa koji se javljaju pri radu rasipačem i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 1.173,925 \text{ m}^2 = 17.608,875 \text{ m}^2 = 1,761 \text{ ha}$$

Budući da se rasipač koristi četiri puta, odnosno obradi se 200 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$4 \times 17.608,875 \text{ m}^2 = 70.435,5 \text{ m}^2 = 7,044 \text{ ha}$$

**Tablica 7. Razlike upovršini preklopa pri proizvodnji uljane repice**

Uljana repica 50 ha	Obradena površina [ha]	Površine preklopa [ha]	
		Ručno navođenje	Navigacija
Prorahljivač	50	4,073	4,067
Tanjurača	50	3,520	2,471
Sjetvospremač	50	3,456	1,995
Prskalica (3X)	150	9,390	1,586
Rasipač (4X)	200	16,902	7,044
Ukupno	500	37,341	17,163

Usporedba vrijednosti površine preklopa pri proizvodnji uljane repice pri ručnom upravljanju i upravljanju pomoću navigacije prikazana je tablicom 7. Iz tablice je vidljiv podatak da površina preklopa pri ručnom upravljanju pogonskim strojem iznosi 37,341 ha, dok površina preklopa pri upravljanju pomoću navigacije iznosi 17,163 ha. Iz ovih podataka moguće je prikazati razliku u količini preklopa između ručnog navođenja stroja i navođenja uz pomoć navigacije, pri proizvodnji uljane repice, koja iznosi:

$$\text{Razlika} = 37,341 \text{ ha} - 17,163 \text{ ha} = 20,178 \text{ ha}$$



#### **8.4.4. Proizvodnja suncokreta**

Ukupna površina poljoprivrednog gospodarstva na kojoj se odvija proizvodnja suncokreta iznosi 50 ha (10 % ukupne površine poljoprivrednog gospodarstva).

Broj prosječnih parcela pod suncokretom: 15

Korištena poljoprivredna mehanizacija i količine korištenja:

1. Drljača
2. Tanjurača
3. Sjetvospremač
4. Rasipač mineralnog gnojiva [2 puta]
5. Prskalica [2 puta]

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

##### **Drljača – obrađena površina iznosi 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod suncokretom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu drljačom i ručnom upravljanju bez navigacije najjednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 2.346,795 \text{ m}^2 = 35.201,925 \text{ m}^2 = 3,520 \text{ ha}$$

##### **Tanjurača – obrađena površina iznosi 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod suncokretom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu tanjuračom i ručnom upravljanju bez navigacije najjednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 2.346,795 \text{ m}^2 = 35.201,925 \text{ m}^2 = 3,520 \text{ ha}$$

##### **Sjetvospremač – obrađena površina iznosi 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod suncokretom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu sjetvospremačem i ručnom upravljanju bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 2.303,964 \text{ m}^2 = 34.559,460 \text{ m}^2 = 3,456 \text{ ha}$$

### **Prskalica [2 puta] - obrađena površina iznosi 100 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod suncokretom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu prskalicom i ručnom upravljanju bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 2.086,775 \text{ m}^2 = 31.301,625 \text{ m}^2 = 3,130 \text{ ha}$$

Budući da se prskalica koristi dva puta, odnosno obradi se 100 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$2 \times 31.301,625 \text{ m}^2 = 62.603,250 \text{ m}^2 = 6,260 \text{ ha}$$

### **Rasipač mineralnog gnojiva [2 puta] – obrađena površina iznosi 100 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod suncokretom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu rasipača i ručnom upravljanju bez navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 2.817,056 \text{ m}^2 = 42.255,840 \text{ m}^2 = 4,226 \text{ ha}$$

Budući da se rasipač koristi dva puta, odnosno obradi se 100 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$2 \times 42.255,840 \text{ m}^2 = 84.511,68 \text{ m}^2 = 8,451 \text{ ha}$$

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

#### **Drljača- obrađena površina 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod suncokretom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu drljači ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 1.647,555 \text{ m}^2 = 24.713,325 \text{ m}^2 = 2,471 \text{ m}^2$$

#### **Tanjurača- obrađena površina 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod suncokretom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu tanjurači ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 1.647,555 \text{ m}^2 = 24.713,325 \text{ m}^2 = 2,471 \text{ m}^2$$

### **Sjetvospremač – obrađena površina 50 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod suncokretom sa površinom preklopa koja se javlja pri radu sjetvospremača i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 1.330,291 \text{ m}^2 = 19.954,365 \text{ m}^2 = 1,995 \text{ ha}$$

### **Prskalica [2 puta] - obrađena površina 100 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod suncokretom sa površinom preklopa koji se javlja pri radu prskalice i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 352,360 \text{ m}^2 = 5.285,4 \text{ m}^2 = 0,529 \text{ ha}$$

Budući da se prskalica koristi dva puta, odnosno obradi se 100 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$2 \times 5.285,4 \text{ m}^2 = 10.570,8 \text{ m}^2 = 1,057 \text{ ha}$$

### **Rasipač mineralnog gnojiva [2 puta] – obrađena površina 100 ha**

Ukupna površina preklopa na 50 hektara izračunava se množenjem 15 prosječnih parcela pod suncokretom sa površinom preklopa koji se javlja pri radu rasipača i ručnom upravljanju uz pomoć navigacije na jednoj prosječnoj parceli (tablica 4.) i iznosi:

$$15 \times 1.173,925 \text{ m}^2 = 17.608,875 \text{ m}^2 = 1,761 \text{ ha}$$

Budući da se rasipač koristi dva puta, odnosno obradi se 100 ha, ukupna površina preklopa iznosi:

$$2 \times 17.608,875 \text{ m}^2 = 35.217,750 \text{ m}^2 = 3,522 \text{ ha}$$

Usporedba vrijednosti površine preklopa pri proizvodnji suncokreta pri ručnom upravljanju i upravljanju pomoću navigacije prikazana je tablicom 8. Iz tablice je vidljiv podatak da površina preklopa pri ručnom upravljanju pogonskim strojem iznosi 25,207 ha, dok površina preklopa pri upravljanju pomoću navigacije iznosi 11,516 ha. Iz ovih

podataka moguće je prikazati razliku u količini preklopa između ručnog navođenja stroja i navođenja uz pomoć navigacije, pri proizvodnji suncokreta, koja iznosi:

$$\text{Razlika} = 25,207 \text{ ha} - 11,516 \text{ ha} = 13,691 \text{ ha}$$

**Tablica 8. Razlike u količini preklopa pri proizvodnji suncokreta**

Suncokret 50 ha	Obradena površina [ha]	Površine preklopa [ha]	
		Ručno navođenje	Navigacija
Drljača	50	3,520	2,471
Tanjurača	50	3,520	2,471
Sjetvospremač	50	3,456	1,995
Prskalica (2X)	100	6,260	1,057
Rasipač (2X)	100	8,451	3,522
Ukupno	350	25,207	11,516

## 8.5. KOLIČINA PREKLOPA PRI UKUPNOJ PROIZVODNJI

Ukupna količina preklopa pri proizvodnji svih promatranih kultura na poljoprivrednim proizvodnim površinama gospodarstva "Adnovas" prezentirana je tablicom 9. Iz tablice su vidljivi podatci o ukupnoj količini korištenja promatranih strojeva odnosno ukupno obrađenoj površini pri svakoj poljoprivrednoj operaciji i površini preklopa koje se pri tim operacijama javljaju.

**Tablica 9. Ukupne površine preklopa pri proizvodnji na gospodarstvu "Adnovas"**

Sve kulture, 500 ha	Orađena 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 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 prohodu, 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.

## 8.6. 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. 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 očitovale su 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 očitovale 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 automobilskog upaljača 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 navigacijskom 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.

## 9. ZAKLJUČAK

Analizom rada navigacijskog uređaja i analizom stanja gospodarstva moglo se zaključiti kako je upotreba navigacijskih tehnologija neophodna za kvalitetno obavljanje poljoprivrednih operacija, racionalizaciju utroška radnih sredstava te bolju evidenciju o izvedenim radovima u polju. Razina ulaganja treba se temeljiti na saznanjima o karakteristikama polja i podacima prikupljenim redovitim analizama tla. Primjena novih tehnologija precizne poljoprivrede uvelike ovisi o ekonomskim mogućnostima poljoprivrednog gospodarstva.

Veliki proizvođači imaju mogućnosti i potrebu uvođenja novih tehnologija u većem obimu budući da se uglavnom upravlja velikim poljoprivrednim površinama gdje su gubitci, ali i uštede velike. Na ovakvim velikim površinama moguće je primijeniti većinu postupaka precizne poljoprivrede te informacijskih i navigacijskih tehnologija. Manja imanja koje karakterizira velika usitnjenost posjeda nisu u mogućnosti (zbog uglavnom ekonomskih ograničenja) te im nije isplativo primijeniti visoku, najčešće skupu tehnologiju budući da bi za isplativost ovakvih sustava precizne poljoprivrede trebalo previše vremena.

Na gospodarstvima poput "Adnovas", obrađenog u radu, najbolje je provoditi mjere racionalne proizvodnje s dobrim strategijama upravljanja i obrade tla te uporabom navigacijskih tehnologija kao važnim čimbenikom koji pospješuje evidenciju obavljenih radova i osigurava određene uštede koje se očituju racionalnijim korištenjem poljoprivrednih repromaterijala. Najveća prednost korištenja navigacijskog uređaja je izravno smanjenje ukupne površine preklopa koji se javljaju pri obavljanju poljoprivrednih radova posebno pri upotrebi strojeva velikih radnih zahvata poput prskalica i rasipača. Osim očitih prednosti navigacijskih sustava, poput preciznog uklapanja prohoda i racionalnijeg korištenja poljoprivrednih inputa, postoje i određene dodatne prednosti.

Rasterećenje rukovatelja, psihičko i fizičko, predstavlja veliki pozitivan efekt, osobito kod primjene automatskog vođenja poljoprivrednog stroja. Automatsko upravljanje donosi određene uštede i rasterećenje rukovatelja, ali je gotovo beskorisno ukoliko se ne upotrpuni s najnovijim tehnologijama precizne poljoprivrede i dodatnim ulaganjem u kupnji preciznih korekcijskih signala. Upravo iz tog razloga većina poljoprivrednika koji koriste navigacijske uređaje ispravljanje putanje kretanja vrši ručno, osobito na malim poljoprivrednim površinama.



## 10. POPIS LITERATURE

1. Arnoff, S. (1989.): Geographic Information System: A Management Perspective. WDL Publications, Ottawa, Canada.
2. Banaj, Đ., Šmrčković, P. (2003.): Upravljanje poljoprivrednom tehnikom, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
3. Brkić, D., Vujčić, M., Šumanovac, L., Lukač, P., Kiš, D., Jurić, T., Knežević, D. (2005.): Eksploatacija poljoprivrednih strojeva, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
4. Burrough, P. A. (1986.): Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Oxford University Press, Oxford, 194 pp.
5. Cowen, D. J. (1988.). GIS versus CAD versus DBMS : what are differences?, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54: 1551-4.
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. Pribičević B., Medak D. (2003): Geodezija u građevinarstvu, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka.
10. 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.
11. Šubat, D., (2011.): Izrada aplikacije za upravljanje javnom rasvjetom na području grada Crikvenice, Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
12. Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1997.): Ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.

13. URL1:[http://www.dzs.hr/Hrv\\_Eng/publication/2010/01-01-20\\_01\\_2010.htm](http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2010/01-01-20_01_2010.htm)  
(22.12.2014.)
14. URL2: [http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/16/precizna-poljoprivreda/8046#.VMK7x9LF\\_\\_E](http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/16/precizna-poljoprivreda/8046#.VMK7x9LF__E)(22.12. 2014.).
15. URL3: [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) (22.12.2014.
- 16.URL4:  
[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), (22.01. 2015.)
17. URL5: <http://www.seos-project.eu> (22.12.2014.)
18. URL6: [http://www.kartografija.hr/old\\_hkd/obrazovanje/prirucnici/gspoc/gspoc.htm](http://www.kartografija.hr/old_hkd/obrazovanje/prirucnici/gspoc/gspoc.htm)  
(22.12.2014.)
19. URL7: <http://www.cropos.hr> (22.12.2014.)

## 11. SAŽETAK

Primjena geografskog informacijskog sustava neophodna je za primjenu precizne poljoprivrede na poljoprivrednim proizvodnim površinama budući da GIS alati omogućavaju prikupljanje, obradu, analizu i prezentaciju podataka koji zatim imaju utjecaja na strategije gospodarenja i donošenje kvalitetnijih odluka. Precizna poljoprivreda obuhvaća racionalno korištenje poljoprivrednih repromaterijala na način da se što više preciznih i na vrijeme prikupljenih informacija uzme u obzir te se tek na osnovu tih informacija pristupi određenim zahvatima u polju. Samu srž precizne poljoprivrede čini uporaba navigacije i sustava za satelitsko navođenje poljoprivrednih strojeva kojima se osigurava visoka razina preciznosti, a samim time i velike uštede. Satelitsko navođenje može biti izvedeno na dva načina, kao asistencija prilikom upravljanja (ručno navođenje poljoprivrednog stroja) ili kao automatsko navođenje poljoprivrednih strojeva. Ovisno o veličini gospodarstva moguće je primijeniti niže ili više tehnologije precizne poljoprivrede. Kod manjih gospodarstava već i sama upotreba navigacijskih uređaja donosi neke uštede, dok velika gospodarstva u pravilu koriste i dodatne tehnologije precizne poljoprivrede poput precizne gnojidbe, zaštite ili sjetve čime se postižu ne samo velike uštede nego ovakvi sustavi doprinose zaštiti okoliša i potrajnom gospodarenju. Osnovni razlozi primjene navigacijskih uređaja na gospodarstvima poput "ADNOVAS" su pokušaj smanjenja utroška poljoprivrednih repromaterijala, vođenje bolje evidencije o potrebnim i izvršenim radovima te bolje iskorištenje radnog vremena budući da se navigacijom osigurava i rad noću.

## 12. SUMMARY

Application of geographic information system is essential for the application of precision farming on agricultural production areas since GIS tools enable the collection, processing, analyzing and presenting data which then influence the management strategy and make better decisions. Precision agriculture involves the rational use of agricultural production materials in a way that is more accurate and timely information gathered taken into account and only on the basis of this information accesses certain interventions in the field. The very core of precision farming makes use of navigation and satellite navigation systems for agricultural machinery to ensure a high level of precision, and therefore big savings. Satellite navigation can be done in two ways, as well as assists in managing (manual guidance of agricultural machines) or as an automatic guidance of agricultural machinery. Depending on the size of the economy it is possible to apply a lower or higher precision farming technology. For smaller economies but also the very use of navigation devices brings some savings, while large farms typically use some additional precision farming technologies such as precision fertilization, protection or planting which provides not only great savings, but these systems contribute to environmental protection and sustainable forest management. The main reasons for the application of navigation devices in economies like "ADNOVAS" is an attempt to reduce energy agricultural production materials, keeping better records on the necessary and the works executed and better use of working time as the navigation and ensures work at night.

## **13 . PRILOZI**

### **13.1. GNOJIDBA TLA U SUSTAVU PRECIZNE POLJOPRIVREDE AUTOMATSKIM VOĐENJEM TRAKTORA**

Kako bi se dobio što bolji uvid u primjenu tehnologija precizne poljoprivrede dodatno je vršeno promatranje gnojidbe u sustavu precizne poljoprivrede automatskim vođenjem pogonskog stroja (traktora). Promatranje je obavljeno na poljoprivrednim proizvodnim površinama jednog od većih poljoprivrednih proizvođača.

Gospodarstvo obrađuje oko 6000 hektara poljoprivrednog zemljišta te se upravo iz tih razloga pristupilo korištenju navigacijskih uređaja i primjeni precizne poljoprivrede. Gospodarstvo koristi "Ag Leader" navigacijske uređaja, a u radu je prikazan način rada rasipača mineralnog gnojiva "Bogballe M3" koji za rad koristi karte potrebne gnojidbe i odlikuje se mogućnošću uporabe promjenjivih doza aplikacije mineralnog gnojiva.

Kako bi u konačnici aplicirali određenu količinu mineralnog gnojiva potrebno je izvršiti slijedeće postupke:

- izrada karte potrebne gnojidbe
- uporaba rasipača Bogbelle M3 (W) plus (VRT tehnologija)

#### **13.1.1. Izrada karte potrebne gnojidbe**

Izrada karte potrebne gnojidbe provodi se na slijedeći način:

Prvi korak je upotreba uređaja "EC Surveyor 3150" koji radi na principu električne vodljivosti. Uporabom ovog uređaja tvrtke "Veris Technologies" do sada je obrađeno više od 900 ha poljoprivrednih površina ovog gospodarstva. Uređaj je opremljen DGPS/ GPS sustavom.

Drugi korak pri izradi karte potrebne raspodjele hraniva je uzimanje uzoraka. Uzimanje uzoraka na poljoprivredni površinama vrši se uređajem "Duoprobe 60", tvrtke "Nietfeld". Uređaj koristi GPS tehnologiju za točno određivanje mjesta uzorkovanja.

Slijedeći korak je analiza samih uzoraka prikupljenih uređajem, a vrši se u laboratoriju zavoda za tlo u Osijeku. Na osnovu prikupljenih podataka o samom uzorku tla pristupa se izradi gnojidbene preporuke i karata raspodjele hraniva.

Ovi podatci (uz kartu prinosa) se unose u računalo koje pomoću posebnog softvera stvara kartu sa vrijednostima potrebne gnojidbe. Ta karta se zatim putem USB stickova unosi u navigacijske sustave te daje informacije o potrebnoj količini aplikacije gnojiva na točno određenom mjestu. Ovakve metode koriste se za strojeve koji imaju mogućnost promijene doze tijekom rada (VRT – Variable Rate Tehnology).

### **13.1.2. Uređaji za prikupljanje podataka**

#### **Mehanički skener tla "Ec Surveyor 3150"**

"Ec Surveyor 3150" tvrtke "Veris Technologies" (slika 42. lijevo) je stroj koji mjeri električnu provodljivost tla. Električna vodljivost je sposobnost materijala da provodi struju i izražena je u jedinicama miliSiemensa po metru (mS/m) ili deciSiemensa po metru (dS/m). Električna provodnost ovisi o veličini čestica i teksturi tla. Na osnovu skeniranja tla uređaj stvara karte koje prikazuju teksturu i pojedini tip tla (glina, pijesak, mulj).

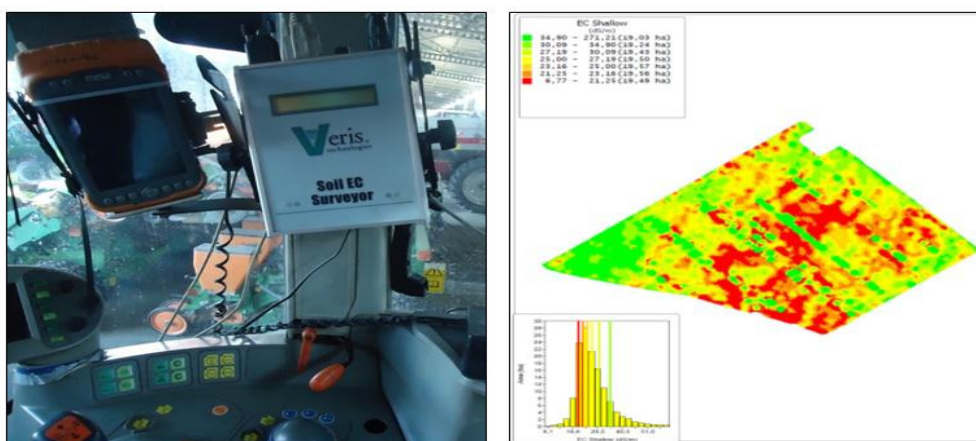
Tri para diskova sa elektrodama (slika 42. desno) predstavljaju radne elemente stroja te se na njima nalaze senzori. Jedan par diskova služi kao izvor struje, dok se ostali diskovi koriste sensorima koji mjere pad napona struje koja dolazi do njih preko tla. Taj pad napona je proporcionalan električnoj vodljivosti tla na određenoj lokaciji. Pad napona struje ovisi prvenstveno o teksturi tla, veličini čestica tla te slanosti tla. Za dobru električnu vodljivost potrebno je da su sva crtala (diskovi) u izravnom dodiru sa tlom. Glinena tla i tla s visokom razinom saliniteta su vrlo vodljiva, dok pijesak ne provodi struju dobro. Na osnovu tih informacija uređaj može prikazati varijabilnost tla. Sustav bilježi podatke na vlastiti uređaj ili uređaj za snimanje podataka kao što je prijenosno računalo. Radni zahvat skenera je 16- 24 metra.

Za dobru električnu vodljivost potrebno je da su sva crtala (diskovi) u izravnom dodiru sa tlom. Dubina rada je 2,5 – 5 cm, dok se kao dubine skeniranja koriste dvije vrijednosti (0-45 cm i 0-90 cm). Upotrebom ove tehnologije kao izlazni element dobiju se karte tla sa točnim koordinatama, budući da sustav upotrebljava GPS tehnologiju.



Slika 42. "Ec Surveyor 3150" (lijevo) i disk sa senzorom (desno).

Nastale karte (slika 43. lijevo) prikazuju strukturu tla i saliniteta te prikazuje mjenjaju li se tlo na parceli. Mapiranje može biti učinjeno samo jednom u nekoliko godina jer se promijene tipa tla vrlo sporo mijenjaju. Ovaj uređaj u kombinaciji s GPS prijemnikom može proizvesti 50 uzoraka električne provodljivosti po hektaru pri brzini od oko 15 km/h. To je puno gušće od klasičnog uzorkovanja (jedan uzorak na svakih 2,5 ha). Pri upotrebi ovog stroja traktor mora biti opremljen DGPS/ GPS antenom, kao i uređajem za navigaciju "MESA" (slika 43. desno).



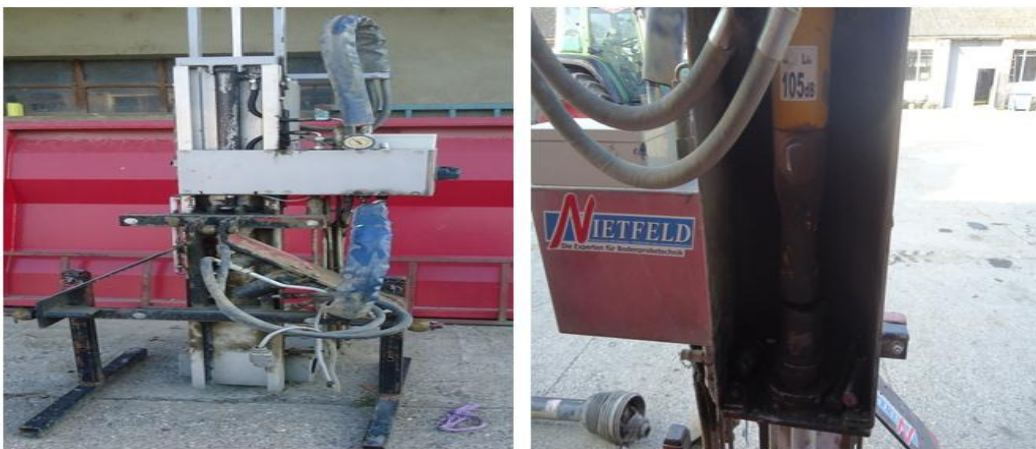
Slika 43. "MESA" uređaj (lijevo) i prikaz karte nastale uređajem "Ec Surveyor 3150" (desno).

Kako bi se postigla dovoljna dubina rada uređaj je opremljen utezima mase 180-275 kg. Utezi služe za osiguravanje dodatne težine stroja kako bi diskovi ušli u tlo na dovoljnu dubinu. Budući da su elektrode tvornički postavljene i kalibrirane uvijek je osiguranje dovoljne dubine potrebno obaviti pomoću utega.

Primjenom mjerenja električne provodljivosti tla moguće je dobiti podatke koji nam pridonose u strategiji apliciranja gnojiva, zaštitnih sredstava, navodnjavanju, sjetvi, obliku obrade tla te povećanoj ili sniženoj razini ulaganja u pojedine dijelove polja koji pokazuju mogućnost većeg ili manjeg prinosa, ovisno o kvaliteti tla. Pri korištenju ovih tehnologija svakako je potrebno koristiti i informacije iz drugih izvora kao što su analize tla, stručno agronomsko znanje te podatci o prošlim prinosima. Na osnovu nastalih karata vrši se uzimanje uzoraka tla i to na način da se koristi uređaj "Duoprobe 60" koji uz pomoć GPS prijemnika bilježi točnu lokaciju uzimanja uzorka.

### Uzorkovanje tla uređajem "DUOPROBE 60"

Za uzimanje uzorka na polju koristi se uređaj "Duoprobe 60" tvrtke "Nietfeld" (slika 44. lijevo). Radi se o uređaju koji se može montirati na poljoprivredno vozilo ili traktor, a služi za kvalitetno, jednostavno i brzo uzimanje uzoraka uz određivanje točne lokacije uzorkovanja pomoću GPS prijemnika.



Slika 44. "Duoprobe 60" (lijevo) i izgled pneumatskog čekića (desno).

Sam uređaj sastoji se od tijela, igle za uzimanje uzorka te dvije kutije u koju se odlažu uzeti uzorci tla. Igla se zabija u zemlju pomoću pneumatskog čekića (2500 udaraca u minuti)(slika 44. desno), a zatim se pomoću motora igla okreće pri čemu struže tlo i na taj način prikuplja uzorak. Igla se potom izvlači iz tla, a uzorak tla koji se nalazi u igli zatim se automatski odlaže u kutije i to na način da se uzorak tla do dubine od 30 cm stavlja u jednu, a uzorak tla dubine 30- 60 cm u drugu kutiju.



Prema podacima dobivenim od strane radnika gospodarstva na osnovu rezultata dobivenih pomoću skenera tla ("EC Surveyor 3150") radi se uzorkovanje površina u količini od 11 – 24 uboda. Broj uboda varira ovisno o veličini površine koja pokazuje slično svojstvo pri skeniranju. Za manje površine od oko 3,5 ha koristi se 11 uboda, dok se kod većih površina koristi 24 uboda pomoću uređaja "Duoprobe 60".

### 13.1.3. Primjena podataka i gnojidba rasipačem "Bogballe M3 (W) plus"

U sklopu diplomskog rada obrađeni su podaci o načinu aplikacije mineralnog gnojiva pomoću rasipača mineralnog gnojiva Bogballe M3 (W) plus (slika 45.). Osim samog opisivanja stroja vršeno je promatranje rada na polju. Rasipač ovog tipa koristi se za apliciranje mineralnog gnojiva pomoću karata (Map based system) koje daju informacije o potrebnoj količini aplikacije gnojiva na točno određenom mjestu na poljoprivrednoj proizvodnoj površini.



Slika 45. Rasipač "Bogballe M3 (W) plus".

Rasipač Bogballe M3 (W) plus koristi VRT tehnologiju (Variable Rate Technology) odnosno ima mogućnost promijene količine izbačenog gnojiva u radu. Za korištenje ove tehnologije potrebno je imati traktor opremljen navigacijskim prijemnikom i uređaj "KALIBRATOR ZURF" te kartu koja se putem USB sticka unosi u software navigacijskog prijemnika. Takva karta sadrži informacije o potrebnoj količini izbačenog sredstva na nekom dijelu polja. Promatrani rasipač M3 W vučenog je tipa zahvata 12- 42 metra. Širina

tragova kotača se može mijenjati i iznosi 180 – 210 centimetara čime se omogućuje prihrana različitih biljaka. Maksimalni kapacitet lijevka je 4000 litara. Masa stroja iznosi 660 kilograma.

Središnji kontrolni informacijski sustav automatski regulira točku padanja gnojiva na rotirajuće diskove (slika 46.), dok se dvostruki otvarači otvaraju različitim brzinama te osiguravaju savršenu točku padanja gnojiva neovisno o promijeni brzine kretanja. Za apliciranje gnojiva koriste se lopatice izrađene od manganskog čelika (ne puca pri udarcu), što je posebno bitno kod korištenja gnojiva s visokim indeksom tvrdoće. Broj okretaja lopatica iznosi 750 o/ min. kako bi se gnojivo što manje mrvilo pri dodiru s lopaticama. Na ovom tipu rasipača koriste se dva tipa lopatica, ovisno o tome da li se aplicira urea ili kompleksno, miješano gnojivo. Podešavanje radnog zahvata može biti izvedeno pomoću smanjenja broja okretaja vratila ili pomoću kuta nagiba rasipača u minus. Ekscentrični mješač gnojiva osigurava konstantan protok gnojiva prema otvorima uz okretanje 12- 60 o/min. Ovaj rasipač opremljen je sustavom vaganja koji omogućuje trenutni uvid u protok gnojiva i omogućuje namještanje zatvarača u toku vožnje.



Slika 46. Izgled radnih organa stroja.

Računalno upravljanje omogućeno je uporabom upravljačke jedinice "KALIBRATOR ZURF" (slika 47.). Ovaj uređaj omogućuje elektroničko otvaranje i zatvaranje otvora za doziranje odnosno automatsku dozaciju mineralnog gnojiva ovisno o promijeni brzine rada i kartama uvedenim u sustav navigacije. Uz to, ovakav sustav omogućuje upravljanje smjerom kretanja lopatica ovisno o načinu raspodjeljivanja gnojiva, kao i uključivanjem i isključivanjem rada lopatica pri okretu na uvratinama.

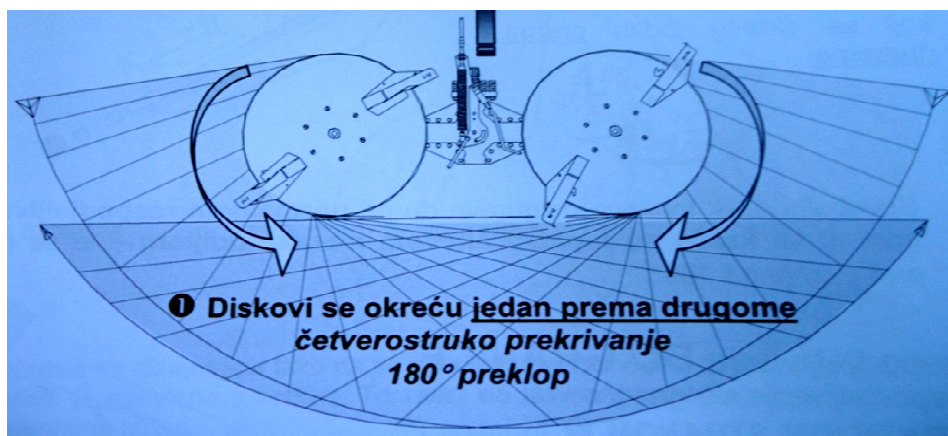


Slika 47. Upravljački uređaj "KALIBRATOR ZURF".

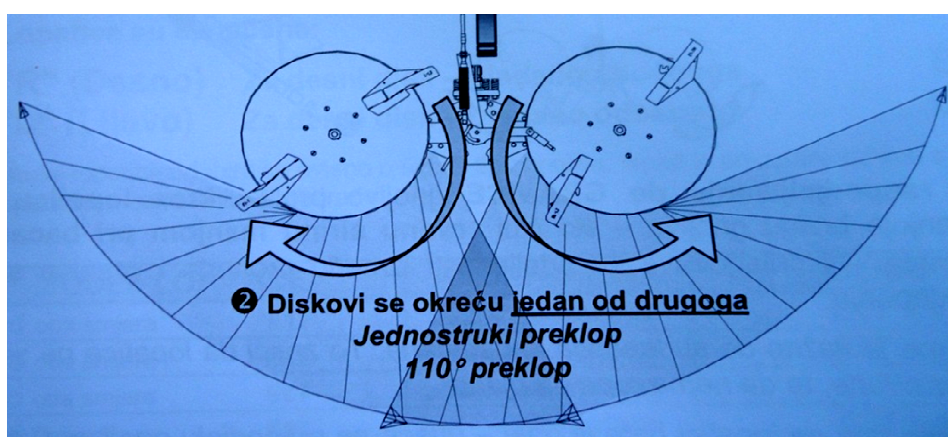
Rasipač koristi "Trend" tehniku raspodjeljivanje gnojiva što rezultira minimalnim namještanjem širine radnog zahvata te precizno raspodjeljivanje gnojiva na polju. Ovim pristupom moguće je odabrati raspodjeljivanje "u polju" ili "do granice".

Normalno raspodjeljivanje "u polju" (prema centru), za aplikaciju gnojiva koristi prednji dio lopatice, pri čemu je smjer vrtnje diskova jedan prema drugom. Pri ovom načinu raspodjeljivanja diskovi raspodjeljuju gnojivo u 2 jednaka polukruga od  $180^{\circ}$  pri čemu oba diska raspodjeljuju gnojivo u isto područje (slika 48.).

Raspodjeljivanje "do granice" (od centra) pri aplikaciji gnojiva koristi stražnji dio lopatice i smjer okretanja diskova je jedan od drugoga (slika 49.). Ovaj način raspodjeljivanja se sastoji od dva različita načina raspodjeljivanja "od granice" i "do granice". Pri raspodjeljivanju "do granice" prekrivanje se postiže desnim diskom koji raspodjeljuje gnojivo "do granice" te lijevom diskom koji gnojivo raspodjeljuje "u polje". Kod raspodjeljivanja "od granice" desna strana raspođjeljivača je zatvorena dok lijeva strana raspodjeljuje gnojivo od granice "u polje". Ovo je osobito korisno pri apliciranju mineralnog gnojiva uz otvorene vodotokove ili kanale.



"



a".

Namještanje raspadjeljivača se izvodi na način da se samo mijenja nagib uređaja bez potrebe za promjenom položaja lopatica ili točke dolaska gnojiva na disk. Kut nagiba rasipača služi za određivanje širine radnog zahvata stroja, pomoću ugrađene libele i skale (slika 50.). Aplikacijska količina određuje pomoću skale na stroju na način da se graničnik postavi na mjesto koje odgovara vrijednosti u tablici za odgovarajuće gnojivo.



Osnovna gnojidba obavljena je gnojivom MAP 12:52 (monoamonijev fosfat). Ovo gnojivo pripada skupini kompleksnih NPK gnojiva visoke koncentracije hraniva. Gnojivo sadrži 12 % dušika i 52 % fosfora te je osobito povoljno za gnojidbu tla siromašnog fosforom (slika 51.). Primjenom ovo gnojiva povećava se kiselost zemljišta. Ovaj tip gnojiva se može primijeniti samostalno ili u mješavinama gnojiva.



Slika 51. Punjenje lijevka rasipača.

Pri aplikaciji mineralnog gnojiva korišten je traktor "Fendt FARMER 410 VARIO" (110 KS) (slika 52.) opremljen navigacijskim monitorom "Ag Leader INTEGRA" te GPS antenom "Paradyne". Gnojidba je obavljena navedenim rasipačem mineralnog gnojiva "Bogballe M3 (W) plus" koji je čiji uređaj "KALIBRATOR ZURF" kompatibilan s navedenim navigacijskim uređajem tvrtke "Ag Leader".



Slika 52. Traktor "Fendt FARMER 410 VARIO" u radu.

Navigacijski zaslon "Ag Leader INTEGRA"(slika 53. lijevo) odlikuje se veličinom (31 centimetar) te kvalitetnom prikazu informacija. Rasipanje mineralnog gnojiva dodatno je olakšano korištenjem automatskog vođenja traktora pritiskom na tipku autopilot koje je omogućeno primjenom GPS signala antenom "Paradyne" (slika 53. desno). Ovakvi uređaji omogućuju dovođenje agregata na pravilnu putanju na polju pri čemu se smanjuje količina preklapanja ili neobrađene površine.



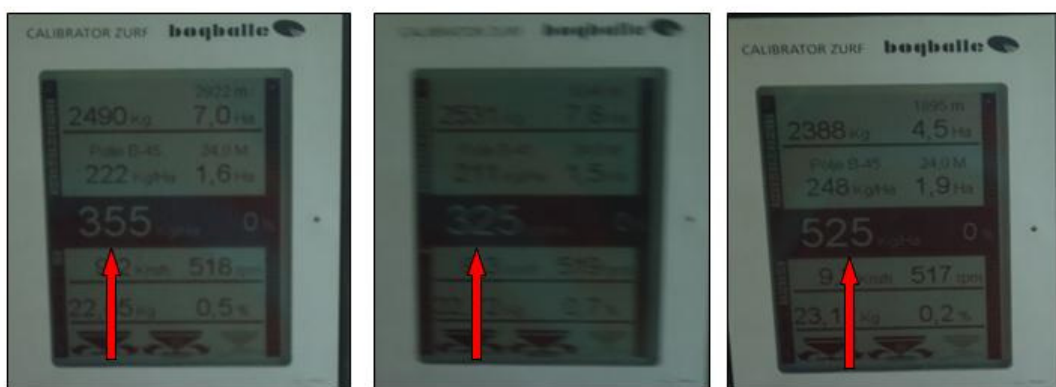
Slika 53. Zaslon "Ag Leader INTEGRA" ( lijevo) i antena "Paradyne" (desno).

Pri ovom sustavu korišten je hidraulički način automatskog upravljanja. Hidraulički način upravljanja se sastoji od hidrauličnog bloka (slika 54.) za upravljanje volanom traktora. U blok su ugrađeni ventili za sprječavanje okretanja volana pri vožnji s uključenim autopilotom. Ovakav sustav se može ugraditi samo na traktore s hidrauličkim volanom.



Slika 54. Hidraulički blok za automatsko upravljanje.

Sustav koristi VRT (Variable Rate Tehnology) metodu rasipanja mineralnog gnojiva. Sustav funkcionira na način da prethodno napravljene karte raspodjele hraniva, dobivene na osnovu prikupljenih podataka pomoću analize tla i bilježenja mjesta uzorkovanja pomoću GPS uređaja te karata prinosa unosimo u navigacijski uređaj putem USB sticka. Uređaj KALIBRATOR ZURF na osnovu podataka učitanih sa karte obavještava regulacijsku elektroniku rasipača o količini potrebnog izbačenog sredstva na određenom mjestu na polju (slika 55.). Karta sadrži informaciju o točnoj poziciji i količini sredstva koja se treba primijeniti na tom području (slika 56. lijevo).



Slika 55. Prikaz varijabilnosti doza na pojedinom dijelu polja.

Pri okretu na uvratinama rukovatelj isključuje sustav autopilota na način da okrene volan ili jednostavno pritisne tipku *autopilot*. Nakon toga potrebno je pritiskom na tipku *stop* koja se nalazi na "kalibrator zurf" uređaju isključiti diskove za aplikaciju te okrenuti stroj na uvratini. Nakon okreta dovoljno je opet pritisnuti tipku *autopilot* kako bi sustav prepoznao gdje mu je idući prohod te stroj usmjerio ka pravilnoj liniji vođenja. Rukovatelj sam procjenjuje kada pritisnuti tipku *start* kako bi rasipač počeo s aplikacijom gnojiva. Nakon završene operacije svi podatci spremaju se na "USB stick" (slika 56. desno) te se na taj način uvijek ima uvid u aplicirane količine gnojiva i operacije koje smo izvodili na našim poljima uz prezentaciju podataka po datumu i broju parcele.



Slika 56. Prikaz karte na zaslonu (lijevo) i USB "stick" za prijenos i dokumentaciju podataka (desno).

Radni zahvat rasipača pri izvršenoj gnojidbi iznosio je 24 metra, dok su se vrijednosti doza kretale do maksimalno 560 kg/ ha za vrijeme promatranja. Brzina obavljanja rada je bila oko 10 km/h. Iz razgovora s rukovateljem saznalo se da je učinak ovakvog stroja oko 80 ha po smjeni, ovisno o dostupnosti mineralnog gnojiva za punjenje spremnika tj. transportnim rješenjima dovoza gnojiva na poljoprivrednu proizvodnu površinu.

#### **13.1.4. Zaključak o primjeni precizne gnojidbe**

Ovim primjerom moglo se zaključiti da ovakav sustav gnojidbe zadovoljava većinu uvjeta koje nam zadaje precizna poljoprivreda. Uporaba kvalitetne analize i uzorkovanja polazna je točka za obavljanje kvalitetne gnojidbe. Uz to, primjena navigacijskih uređaja i visokosofisticiranih strojeva te znanje o stvaranju i uporabi karata potrebne gnojidbe neophodan je preduvjet za primjenu precizne gnojidbe. Navigacijski sustavi štede vrijeme, a osobito repromaterijal, omogućujući doziranje samo one količine koja je stvarno potrebna. Uz to, obavljanje radova može se vršiti i noću budući da nas navigacijski prijemnik obavještava o našoj točnoj poziciji na polju. Očuvanje okoliša omogućeno je racionalnom upotrebom gnojiva te posebnim tehnikama raspodjele mineralnih gnojiva na poljima kao što je "trend" sustav raspodjeljivanja. Važno je spomenuti i pozitivne efekte na rukovatelja stroja kojem je omogućeno manje zamaranja prilikom upravljanja strojem, posebno u drugim operacijama kao što je obrada tla. Velike poljoprivredne jedinice koje imaju mogućnost i potrebu uvođenja precizne poljoprivrede na svoja polja trebali bi biti u stanju prepoznati važnosti primjene ovakvih sustava na svojim proizvodnim površinama.



### 13.2. ANALIZA EKONOMSKIH POKAZATELJA U PRIMJENI GPS TEHNOLOGIJE U POLJOPRIVREDNOM KOMBINATU BEOGRAD

Izvor: Marković D, i dr. (2011). Analiza ekonomskih pokazatelja u primeni gps tehnologije u poljoprivrednom kombinatu Beograd. Savremena poljoprivredna tehnika 37(3): 283-294.

**Tablica 10. Preporuke za vrstu korekcijskog signala po poljoprivrednim operacijama**

	EGNOS	OmniStar StarFire	RTK
oranje			
razrivanje	+	+	+
tanjuranje	+	+	+
drljanje	+	+	+
valjanje	+	+	+
blanjanje	+	+	+
predsjetvena priprema	+	+	+
DMH rasturačem	+	+	+
DMH avionom	+	+	+
sjetva uskoredna		+	+
sjetva širokoredna			+
prihranjivanje uskoredno	+	+	+
prihranjivanje širokoredno			+
zaštita prskalicom uskoredna	+	+	+
zaštita prskalicom uskoredna			+
zaštita avionom	+	+	+
međuredna kultivacija			+
žetva strnih kultura		+	+
berba kukuruza, žetva suncokreta			
košnja kukuruza za silažu			
vađenje šećerne repe			+
košnja		+	+
grabljanje, prevrtanje			
presovanje, baliranje			

Tablica 1. Iskorištenje radnog zahvata strojeva na gospodarstvu "Adnovas" (ručno upravljanje pogonskim strojem), ( izvor: vlastita tablica).....	9
Tablica 2. Iskorištenje zahvata strojeva gospodarstva "Adnovas" pri radu s navigacijskim uređajem i širinom preklopa od 20 centimetara, ( izvor: vlastita tablica)....	11
Tablica 3. 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> ).....	70
Tablica 4. Razlike u površini preklopa nastalih pri obradi prosječne parcele, ( izvor: vlastita tablica).....	87
Tablica 5. Razlike u površini preklopa pri proizvodnji pšenice i ječma, ( izvor: vlastita tablica).....	90
Tablica 6. Razlike u površini preklopa pri proizvodnji kukuruza, ( izvor: vlastita tablica).....	93
Tablica 7. Razlike u površini preklopa pri proizvodnji uljane repice, ( izvor: vlastita tablica).....	97
Tablica 8. Razlike u količini preklopa pri proizvodnji suncokreta, ( izvor: vlastita tablica).....	101
Tablica 9. Ukupne površine preklopa pri proizvodnji na gospodarstvu "Adnovas", ( izvor: vlastita tablica).....	102
Tablica 10. Preporuke za vrstu korekcijskog signala po poljoprivrednim operacijama, (izvor: Marković D, i dr. (2011): Analiza ekonomskih pokazatelja u primeni gps tehnologije u poljoprivrednom kombinatu Beograd, Savremena poljoprivredna tehnika 37(3): 283-294.).....	122

Slika 1. Prikaz prosječne parcele, (izvor:vlastita fotografija).....	7
Slika 2. Shematski prikaz prosječne parcele s mjernim oznakama, (izvor:vlastita fotografija).....	12
Slika 3. Shematski prikaz korištenja dijela radnog zahvata B' u zadnjem prohodu, (izvor:vlastita fotografija).....	15
Slika 4. Prikaz slojeva u GIS-u, (izvor: <a href="http://www.geografija.hr">http://www.geografija.hr</a> ).....	22
Slika 5. Prikaz točke, linije i poligona u vektorskom i rasterskom obliku, (izvor: <a href="http://library.oceanteacher.org">http://library.oceanteacher.org</a> ).....	22
Slika 6. Prikaz realnog svijeta kao raster modela, (izvor: <a href="http://gis.washington.edu">http://gis.washington.edu</a> ).....	23
Slika 7. Projekcija Zemljine plohe na ravninu, (izvor: <a href="http://stonito.com">http://stonito.com</a> ).....	25
Slika 8. Primjer izgleda baze podataka za GIS,(izvor: <a href="http://www.crwr.utexas.edu">http://www.crwr.utexas.edu</a> ).....	26
Slika 9. Procjena pogodnosti zemljišta za usjeve, (izvor: <a href="http://www.agroklub.com">http://www.agroklub.com</a> ).....	27
Slika 10. Uzorkovanje tla velike površine, (izvor: Geoinformacijski sustavi, Jurišić M., Plaščak I. (2009.)).....	31
Slika 11. (lijevo)Prikaz refleksije i apsorpcije elektromagnetskog zračenja, (izvor: <a href="http://www.seos-project.eu">http://www.seos-project.eu</a> ).....	33
Slika 11.(desno) Količine reflektirane svjetlosti,(izvor: <a href="http://www.seos-project.eu">http://www.seos-project.eu</a> ).....	33
Slika 12. Satelitski prikaz zdravlja biljaka, (izvor: <a href="http://www.seos-project.eu">http://www.seos-project.eu</a> ).....	34
Slika 13. Karta prinosa, (izvor: <a href="http://www.agtechgis.com">http://www.agtechgis.com</a> ).....	35
Slika 14. Karta raspodjele korova na parceli, (izvor: <a href="http://californiaagriculture.ucanr.edu">http://californiaagriculture.ucanr.edu</a> ).....	36
Slika 15. Mehanički skener tla, (izvor:vlastita fotografija).....	37
Slika 16. Karta hraniva- raspodjela K <sub>2</sub> O (raster 50 m), (izvor: Geoinformacijski sustavi, Jurišić M., Plaščak I. (2009.)).....	38
Slika 17. "OptRx" sustav za mjerenje refleksije biljke, (izvor: <a href="http://www.agleader.com">http://www.agleader.com</a> ).....	41
Slika 18. GPS satelit, (izvor: <a href="http://en.wikipedia.org">http://en.wikipedia.org</a> ).....	43

Slika 19. Određivanje položaja pomoću satelita, (izvor: <a href="http://www.kartografija.hr">http://www.kartografija.hr</a> ).....	45
Slika 20. Lightbar displej, (izvor: <a href="http://www.deere.com">www.deere.com</a> ).....	47
Slika 21. Princip rada DGPS-a, (izvor: <a href="http://extension.missouri.edu/">http://extension.missouri.edu/</a> ).....	49
Slika 22. Bazna stanica za RTK metodu, (izvor: <a href="http://www.deere.com">www.deere.com</a> ).....	49
Slika 23. Prostorni razmještaj referentnih stanica, (izvor: <a href="http://www.cropos.hr">http://www.cropos.hr</a> ).....	51
Slika 24. Službena prezentacija "Farmnavigatora G7", (izvor:vlastita fotografija).....	53
Slika 25. (lijevo) Postavljanje antene na krov kabine traktora, (izvor: vlastita fotografija).....	58
Slika 25. (desno)Spajanje kablova GPS antene s navigacijskim uređajem, (izvor:vlastita fotografija).....	58
Slika 26. Prikaz stanja GPS satelita, (izvor:vlastita fotografija).....	58
Slika 27. Glavni izbornik navigacije, (izvor:vlastita fotografija).....	59
Slika 28. Opcija zadatki, (izvor:vlastita fotografija).....	59
Slika 29. Izbornik <i>novi posao</i> , (izvor:vlastita fotografija).....	60
Slika 30. (lijevo)Prikaz alata za iscrtavanje granice polja, (izvor: vlastita fotografija).....	61
Slika 30. (desno) Prikaz polja u bazi podataka, (izvor:vlastita fotografija).....	61
Slika 31. Postavljanje širine radnog zahvata, (izvor:vlastita fotografija).....	61
Slika 32. (lijevo) Ikona "A", (izvor: vlastita fotografija).....	62
Slika 32. (desno) Paralelne linije vođenja, (izvor: Farmnavigator katalog).....	62
Slika 33. Ukrivljene linije vođenja, (izvor:Farmnavigator katalog).....	63
Slika 34. Koncentrične linije vođenja, (izvor:Farmnavigator katalog).....	64
Slika 35. (lijevo) Nepravilno vođenje agregata, (izvor: vlastita fotografija).....	64
Slika 35. (desno) Pravilno vođenje agregata, (izvor:Farmnavigator katalog).....	64
Slika 36. Traka s informacijama o količini odstupanja od idealne putanje, (izvor: vlastita fotografija).....	65
Slika 37. (lijevo) Prikaz preklopa, (izvor: vlastita fotografija).....	66
Slika 37. (desno) Prikaz oplazina , (izvor: vlastita fotografija).....	66
Slika 38. (lijevo) C- Box uređaj, (izvor: <a href="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</a> ).....	68

Slika 38. (desno) uređaj za kontrolu sekcija B.MATIC 700, (izvor: <a href="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</a> ).....	68
Slika 39. Sustav za automatsko upravljanje, (izvor: vlastita fotografija).....	68
Slika 40. Velika nepreciznost signala (DOP 5,5) , (izvor: vlastita fotografija).....	69
Slika 41. Shematski prikaz veličine preklopa "p´" u posljednjem proходу, (izvor: vlastita fotografija).....	77
Slika 42. (lijevo) "Ec Surveyor 3150" , (izvor: vlastita fotografija).....	112
Slika 42. (desno) Disk sa senzorom, (izvor: vlastita fotografija).....	112
Slika 43. (lijevo) "MESA" uređaj, (vlastita fotografija).....	112
Slika 43. (desno) prikaz karte nastale uređajem "Ec Surveyor 3150", (izvor: vlastita fotografija).....	112
Slika 44.(lijevo) "Duoprobe 60", (izvor: vlastita fotografija).....	113
Slika 44. (desno) Izgled pneumatskog čekića, (izvor: vlastita fotografija).....	113
Slika 45. Rasipač "Bogballe M3 (W) plus", (izvor: vlastita fotografija).....	114
Slika 46. Izgled radnih organa stroja, (izvor: vlastita fotografija).....	115
Slika 47. Upravljački uređaj "KALIBRATOR ZURF", (izvor: vlastita fotografija).....	116
Slika 48. Prikaz načina raspodjeljivanja " prema centru", (izvor: priručnik za rukovanje i održavanje rasipača mineralnog gnojiva "BogballeM3(W)" .....	117
Slika 49. Prikaz načina raspodjeljivanja "od centra", (izvor: priručnik za rukovanje i održavanje rasipača mineralnog gnojiva "BogballeM3(W)" .....	117
Slika 50. Uređaj za promjenu širine radnog zahvata i aplikacijske količine, (izvor: vlastita fotografija).....	117
Slika 51. Punjenje lijevka rasipača, (izvor: vlastita fotografija).....	118
Slika 52. Traktor "Fendt FARMER 410 VARIO" u radu, (izvor: vlastita fotografija).....	118
Slika 53. (lijevo) Zaslon "Ag Leader INTEGRA" , (izvor: vlastita fotografija).....	119
Slika 53. (desno) Antena "Paradyme" (izvor:vlastita fotografija).....	119
Slika 54. Hidraulički blok za automatsko upravljanje, (izvor:vlastita fotografija).....	119

Slika 55. Prikaz varijabilnosti doza na pojedinom dijelu polja, (izvor:vlastita fotografija).....	120
Slika 56. (lijevo) Prikaz karte na zaslonu (izvor: vlastita fotografija).....	121
Slika 56. (desno) USB "stick" za prijenos i dokumentaciju podataka, (izvor: vlastita fotografija).....	121

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij, smjer Mehanizacija

## AUTOMATSKO VOĐENJE TRAKTORA, STROJEVA I UREĐAJA U SUSTAVU GIS- PRECIZNA POLJOPRIVREDA

**Milan Crneković**

Primjena geografskog informacijskog sustava neophodna je za primjenu precizne poljoprivrede na poljoprivrednim proizvodnim površinama budući da GIS alati omogućavaju prikupljanje, obradu, analizu i prezentaciju podataka koji zatim imaju utjecaja na strategije gospodarenja i donošenje kvalitetnijih odluka. Precizna poljoprivreda obuhvaća racionalno korištenje poljoprivrednih repromaterijala na način da se što više preciznih i na vrijeme prikupljenih informacija uzme u obzir te se tek na osnovu tih informacija pristupi određenim zahvatima u polju. Samu srž precizne poljoprivrede čini uporaba navigacije i sustava za satelitsko navođenje poljoprivrednih strojeva kojima se osigurava visoka razina preciznosti, a samim time i velike uštede. Satelitsko navođenje može biti izvedeno na dva načina, kao asistencija prilikom upravljanja (ručno navođenje poljoprivrednog stroja) ili kao automatsko navođenje poljoprivrednih strojeva. Ovisno o veličini gospodarstva moguće je primijeniti niže ili više tehnologije precizne poljoprivrede. Kod manjih gospodarstava već i sama upotreba navigacijskih uređaja donosi neke uštede, dok velika gospodarstva u pravilu koriste i dodatne tehnologije precizne poljoprivrede poput precizne gnojidbe, zaštite ili sjetve čime se postižu ne samo velike uštede nego ovakvi sustavi doprinose zaštiti okoliša i potrajnom gospodarenju. Osnovni razlozi primjene navigacijskih uređaja na gospodarstvima poput „ADNOVAS“ je pokušaj smanjenja utroška poljoprivrednih repromaterijala, vođenje bolje evidencije o potrebnim i izvršenim radovima te bolje iskorištenje radnog vremena budući da se navigacijom osigurava i rad noću.

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

**Mentor:** Doc.dr.sc. Ivan Plaščak

**Broj stranica:** 129

**Broj grafikona i slika:** 56

**Broj tablica:** 10

**Broj literaturnih navoda:** 39

**Broj priloga:** 2

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** GIS, precizna, poljoprivreda, racionalno, navigacija, navođenje, gospodarstvo

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. Prof.dr.sc. Mladen Jurišić, predsjednik
2. Doc.dr.sc. Ivan Plaščak, 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**  
**Faculty of Agriculture**  
**University Graduate Studies, course Machinery**

**Graduate thesis**

### **AUTOMATIC GUIDANCE OF TRACTORS, MACHINERY AND EQUIPMENT IN THE GIS- PRECISION AGRICULTURE**

**Milan Crneković**

Application of geographic information system is essential for the application of precision farming on agricultural production areas since GIS tools enable the collection, processing, analyzing and presenting data which then influence the management strategy and make better decisions. Precision agriculture involves the rational use of agricultural production materials in a way that is more accurate and timely information gathered taken into account and only on the basis of this information accesses certain interventions in the field. The very core of precision farming makes use of navigation and satellite navigation systems for agricultural machinery to ensure a high level of precision, and therefore big savings. Satellite navigation can be done in two ways, as well as assists in managing (manual guidance of agricultural machines) or as an automatic guidance of agricultural machinery. Depending on the size of the economy it is possible to apply a lower or higher precision farming technology. For smaller economies but also the very use of navigation devices brings some savings, while large farms typically use some additional precision farming technologies such as precision fertilization, protection or planting which provides not only great savings, but these systems contribute to environmental protection and sustainable forest management. The main reasons for the application of navigation devices in economies like "ADNOVAS" is an attempt to reduce energy agricultural production materials, keeping better records on the necessary and the works executed and better use of working time as the navigation and ensures work at night.

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

**Mentor:** Doc.dr.sc. Ivan Plaščak

**Number of pages:** 129

**Number of figures:** 56

**Number of tables:** 10

**Number of references:** 39

**Number of appendices:** 2

**Original in:** Croatian

**Key words:** GIS, precision, agriculture, rational, navigation, guidance, economy

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. Prof.dr.sc. Mladen Jurišić, president
2. Doc.dr.sc. Ivan Plaščak, 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.



