

# Ispitivanje preciznosti GNSS pozicioniranja i navigacije poljoprivrednog traktora

---

**Agatić, Marijo**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:296457>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-22**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Marijo Agatić

Sveučilišni diplomski studij Mehanizacije u poljoprivredi

**ISPITIVANJE PRECIZNOSTI GNSS POZICIONIRANJA I NAVIGACIJE  
POLJOPRIVREDNOG TRAKTORA**

**Diplomski rad**

Osijek, 2019.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Marijo Agatić

Sveučilišni diplomski studij Mehanizacije u poljoprivredi

**ISPITIVANJE PRECIZNOSTI GNSS POZICIONIRANJA I NAVIGACIJE  
POLJOPRIVREDNOG TRAKTORA**

**Diplomski rad**

Osijek, 2019.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Marijo Agatić

Sveučilišni diplomski studij Mehanizacije u poljoprivredi

**ISPITIVANJE PRECIZNOSTI GNSS POZICIONIRANJA I NAVIGACIJE  
POLJOPRIVREDNOG TRAKTORA**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak, mentor
3. Dorijan Radočaj, mag. ing. geod. et geoinf., član

Osijek, 2019

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	2
2.1. Općenito o gps-u i navigacijama za poljoprivredu .....	5
2.1.1. Osnovni segmenti sustava za globalno pozicioniranje .....	6
2.1.2. Princip rada GNSS-a .....	8
2.1.3. Navigacija.....	11
2.1.4. Mogućnost i uzroci pogreške.....	12
2.1.5. Princip rada DGNS-a .....	15
2.2. Primjena preciznih sustava u poljoprivredi .....	21
2.2.1. Primjena sustava kod oranja .....	21
2.2.2. Primjena sustava kod dopunske obrade tla.....	22
2.2.3. Primjena sustava pri sjetvi.....	23
2.2.4. Primjena sustava u gnojidbi.....	24
2.2.5. Primjena sustava na kombajnu .....	25
3. MATERIJALI I METODE .....	27
3.1. Područje i način istraživanja .....	28
3.2. <i>Trimble CFX-750</i> .....	33
3.2.1. Upotreba uređaja <i>Trimble CFX-750</i> za navigaciju .....	34
3.2.2. Navigacijski izbornik.....	35
3.2.3. Svjetlosna traka .....	39
3.2.4. EZ- remote upravljač .....	40
3.2.5. Podatci .....	41
3.3. <i>Bespilotna letjelica DJI Phantom 4 Pro V2.0</i> .....	42
3.4. <i>Hi-kvadrat</i> test .....	45
4. REZULTATI.....	46
5. RASPRAVA .....	49
6. ZAKLJUČAK .....	50
7. POPIS LITERATURE .....	51
8. SAŽETAK.....	54
9. SUMMARY .....	55
10. POPIS TABLICA.....	56

11. POPIS SLIKA ..... 57

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

## 1. UVOD

Primjena novih tehnologija, kao što su navigacijski uređaji, automatsko navođenje poljoprivrednog traktora pomoću satelitskih signala i drugih će u budućnosti donijeti olakšanje rada samog rukovatelja poljoprivrednim traktorom i drugim strojevima u poljoprivredi na svim gospodarstvima navodi Milinović (2015.).

Prema Jurišiću i Plaščaku (2009.) primjenjivost novih visokoproduktivnih i sofisticiranih strojeva sve se više ograničava samo za rad na velikim površinama i visokoj razini angažiranosti. Tada one postaju superiorne, i to ne samo sa stajališta učinka i kvalitete, nego i profitabilnosti. Efikasno se koriste suvremeni visokoproduktivni strojevi, a konstantnim mjerenjem prinosa pravilno se raspodjeljuje prinos po vlasnicima i površinama. Upravo to nam omogućava korištenje navigacije u poljoprivredi.

Isti autori navode kako se korištenjem uređaja za navigaciju u poljoprivredi može uštedjeti na gorivu, gnojivu, sredstvima za zaštitu i slično. Osim ekonomskih čimbenika, veliki je utjecaj na zaštitu okoliša i smanjenje zagađenja tla i vode.

Uz manje razlike, većina uređaja za navigaciju u poljoprivredi nude iste ili slične mogućnosti, ali imaju različita sučelja te se na druge načine ostvaruju neke funkcije poput vođenja po zadanoj trasi, prikaz paralelnih linija i slično.

Glavni cilj istraživanja je testirati preciznost navigacijskih uređaja na poljoprivrednoj mehanizaciji korištenjem četiri različite GNSS korekcije u odnosu na izmjerenu referentnu trasu. Također, cilj je proći kroz različite opcije koje navigacijski uređaji nude, te kako, korak po korak koristiti iste.

Prema podacima iz 2007. godine, od strane autora Whipker i Akridge (2007.), u Sjedinjenim Američkim državama čak 82 % od ukupnog broja anketiranih poljoprivrednika koristilo je ili koristi neki vid navigacijskog GNSS uređaja. Razlozi su ti da se jednostavno uvodi u postojeći sustav rada bez neophodnih mjera prilagođavanja strojeva, korisnici se lako navikavaju na upotrebu jer nisu potrebne posebne vještine i znanja. Iznad svega razlog su ekonomski efekti zbog smanjenja utroška energenata i povećanja učinka uslijed smanjenja površine koja se višestruko tretira i obrađuje.

## 2. PREGLED LITERATURE

Prema Jurišić i Plaščak (2009.) precizna poljoprivreda služi ekonomskim i ekološkim poboljšanjima. Služi za uštede 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, navode kako konvencionalno ratarstvo tretira tlo i biljke na naoko homogenoj površini na temelju prosječnih faktora, dodajući i određenu količinu tvari kao osiguranje. Ovakve mjere nisu niti ekonomske niti ekološki prihvatljive.

Isti autori navode za cilj primjene geoinformacijskih tehnologija u poljoprivredi i agroekologiji, kao njezinoj sastavnici, racionalnije gospodarenje prirodnim resursima, koje se očituje u smanjenju nepotrebnih troškova, povećanju proizvodnje agroekosustava izborom optimalnog načina uporabe te smanjenju gubitaka resursa, poput gubitka tla ili zagađenja pitke vode uslijed neprimjerenog gospodarenja.

Jurišić i Plaščak (2009.) navode kako GIS sustav obrađuje prostorne podatke. Prostorni podatci su informacije povezane s prostornim položajem. GIS omogućuje povezivanje aktivnosti koje su prostorno povezane. Osim toga, GIS integrira prostorne i druge vrste informacija unutar jednog sustava te na taj način nudi konzistentni okvir za analizu prostora. Mogućnosti precizne poljoprivrede glede gospodarskih i okolišnih koristi u smanjenom korištenju vode, gnojiva, herbicida i pesticida. Umjesto upravljanja cijelim poljem temeljem nekog hipotetičkog, prosječnog uvjeta, koji možda ne postoji nigdje na polju, pristupom preciznog ratarstva prepoznaju se razlike specifične lokacije ili specifičnog mjesta na poljima, te se poslovi upravljanja podešavaju u skladu s takvim raznolikostima.

Prema istraživanjima koja su proveli Marković i sur. (2011.) primjenom najsuvremenijih tehničkih sustava za satelitsko navođenje i automatsko upravljanje na proizvodnim se površinama poljoprivredne korporacije Beograd postigla velika ušteda i to uglavnom preciznijim uklapanjem prohoda. Uzimajući u obzir sve poljoprivredne operacije tijekom sezone postigla se ušteda od 301.980 € na poljoprivrednoj površini od 18.959 hektara.

Prema navodima Pahernik (2006.) geografski informacijski sustav, GIS u najužem smislu jest računalni alat kojim možemo kreirati i analizirati geografske objekte, pojave i



dogadaje u prostoru. Tehnologija GIS-a integrira zajedničke operacije baze podataka, kao što su pretraživanja i statističke analize, s vizualnim geografskim analizama temeljene na kartografskim prikazima.

Novaković i sur (2009.) navode kako kvaliteta rezultata dobivenih satelitskim mjernim sustavima izravno ovisi o broju dostupnih satelita i geometrijskom rasporedu satelita-prijemnik.

Prema članku Štefaneka u časopisu Gospodarski list (2014.) napredni poljoprivrednici u razvijenim poljoprivrednim zemljama već redovito primjenjuju neku od tehnoloških mogućnosti precizne poljoprivrede. Tako danas u Francuskoj 10 % poljoprivrednika koristi neki od sustava precizne poljoprivrede. Uz to, navodi kako nekoliko velikih poljoprivrednih tvrtki u Hrvatskoj slijedi suvremene trendove primjene visokorazvijene poljoprivredne tehnologije, 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. (<https://gospodarski.hr/nekategorizirano/precizna-poljoprivreda/>)

Suvremeni uređaji za primjenu u poljoprivredi kontrolirani su elektronski i lako ih je umrežiti navode Zogović i suradnici, (2008.). Također navode da je svrha umrežavanja više tehničkih uređaja dobivanje sustava koji treba ispuniti sve zahtjeve u preciznoj poljoprivredi.

Banaj i Šmrčković (2003.) navode da 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 navodima Martinov i sur. (2008.) primjenjivost GNSS navođenja u poljoprivredi dostigao je visoki stupanj primjenjivosti u praksi zbog sve nižih cijena opreme i troškova primjene, te se zbog toga smatra pristupačniji i manjim obiteljskim gospodarstvima.

Danas se razvojem tehnologije satelitske navigacije i monitoringa na poljoprivrednim strojevima i smanjenjem cijene tih uređaja ponovno aktualiziralo pitanje primjene precizne poljoprivrede. ( Jurišić i suradnici, 2015.) .

Mogućnosti precizne poljoprivrede glede gospodarskih i okolišnih koristi je u smanjenom korištenju vode, gnojiva, herbicida i pesticida. Umjesto upravljanja cijelim poljem, temeljem nekog hipotetičkog, prosječnog uvjeta, koji možda ne postoji nigdje na polju, pristupom preciznog ratarstva prepoznaju se razlike specifične lokacije ili specifičnog mjesta na poljima te se poslovi upravljanja podešavaju u skladu s takvim raznolikostima (Goovaerts, 2000.).

Potreba za navođenjem strojeva javila se još prije više 100 godina kada su korišteni primitivni mehanički sustavi za vođenje po izabranoj putanji navodi Adamchuk (2008.). Sa pojavom strojeva širokog zahvata potreba za pravilnim navođenjem strojeva po parceli se dodatno osnažila. Prema stupnju automatizacije, navigacija poljoprivrednih traktora može biti sa ručnom korekcijom pravca uz vizualnu podršku na ekranu ili na LED traci i automatsko vođenje nezavisno od rukovatelja.

U nizu značajnih prodora visoke informatičke i telekomunikacijske tehnologije u poljoprivredu posljednjih nekoliko desetljeća, posebno se izdvaja GNSS tehnologija, odnosno satelitsko navođenje poljoprivrednih strojeva. Riječ je nesumnjivo, o najsuvremenijoj tehnologiji koja se ubrzano razvija i unapređuje (Luecke, & Katz, 2003). Time je omogućen i razvoj novih koncepata ratarske proizvodnje, a prije svega precizne poljoprivrede.

Uvođenjem GIS (Geografski informacijski sustav) i GPS (Globalni pozicijski sustav) tehnologija u poljoprivrednoj mehanizaciji počela se razvijati nova grana – precizna poljoprivreda. Osnovna pretpostavka precizne poljoprivrede je veći broj informacija, kao i da preciznije informacije budu na raspolaganju poljoprivredniku prilikom donošenja odluka (Gavrić, M., 2004.).

*Trimble CFX-750* je sustav za navigaciju sa zaslonom osjetljivim na dodir, koji pruža navigaciju, olakšava upravljanje i omogućuje precizno obavljanje poljoprivrednih radova. Uređaj također može koristiti velik broj dodataka koji povećavaju efikasnost prilikom sjetve, aplikacije pesticida, gnojidbe i oranja, dodatci poput automatskog upravljanja poljoprivrednim traktorom, pomoćnu led traku koja služi za paralelno navođenje i slično. (materijali s web stranice <https://www.trimble.com/>).

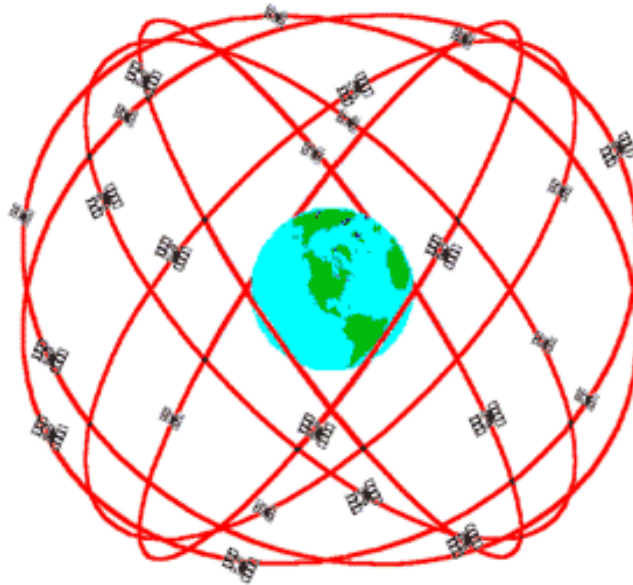
## 2.1. Općenito o gps-u i navigacijama za poljoprivredu

GPS je kratica za (eng. - *Global Positioning System*). To je mreža satelita koja kontinuirano odašilje kodirane informacije, pomoću kojih je omogućeno precizno određivanje položaja na Zemlji. GPS se temelji na skupini satelita Ministarstva obrane SAD-a koji stalno kruže oko Zemlje (slika 1.). Sateliti odašilju radio signale koji omogućuju GPS-prijamniku da odredi svoj položaj na Zemlji. Zanimljivo je da je GPS uređaj nastao prije osobnih računala.

GPS se može upotrebljavati svugdje, osim na mjestima gdje je nemoguće primiti signal, a to su mjesta unutar zgrada, u tunelima, špiljama, garažama i drugim podzemnim lokacijama te ispod vode (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Iako globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS) imaju vrlo značajnu i široku primjenu na mnogim područjima pozicioniranja i navigacije, pokazalo se da ta tehnologija, u određenom okruženju, ima svojih ograničenja ili se ne može primijeniti. Naime, kvaliteta rezultata dobivenih satelitskim mjernim sustavima izravno ovisi o broju dostupnih satelita i geometrijskom rasporedu satelita-prijemnik. Pod nepovoljnim uvjetima za opažanje, tj. ograničenom vidljivošću satelita, kao što su gradska područja, doline, velika gradilišta ili otvorena rudnička okna, broj dostupnih satelita možda neće biti dovoljan za dobivanje preciznih i pouzdanih podataka (Novaković i suradnici 2009.).

Sustav je razvijen od strane Ministarstva obrane SAD-a. Prvi GPS satelit lansiran je u orbitu 1978. godine, a 1994. lansiran je 24. satelit čime je sustav upotpunjen. Prvotno namijenjen u vojne svrhe, sustav je od 1980. do danas primjenu pronašao i u brojnim civilnim svrhama poput automobilske navigacije, planinarenja, ribolova, biciklizma i mnogim drugima. Svoj najveći razvoj doživio je upravo u posljednjih desetak godina znatnim unapređenjem proizvodnje i dostupnosti GPS prijamnika. Osim u specijaliziranim uređajima za navigaciju, prijamnici se danas mogu pronaći i u većini modernih mobilnih telefona, omogućujući široku primjenu sustava putem raznih aplikacija.



Slika 1. Putanje satelita u zemljinoj orbiti (Izvor: <http://www.vidipedija.com>)

### 2.1.1. Osnovni segmenti sustava za globalno pozicioniranje

Sustav za globalno pozicioniranje sastoji se od tri segmenta: svemirski segment kojeg čine sateliti, kontrolni segment čine zemaljske stanice i korisnički segment koji čine različiti tipovi prijamnika.

Svemirski segment sastoji se od 24 satelita. Sateliti su u visokoj orbiti na oko 20.000 kilometara iznad Zemljine površine. Rad na takvoj visini omogućuje da signali prekriju veće područje.

Sateliti su složeni u orbite tako da GPS-prijamnik na Zemlji može uvijek primiti signale s barem četiri satelita, trenutno ih je aktivno 30 i putuju brzinom od 11.000 kilometara na sat, što znači da obišu Zemlju svakih 12 sati. Napajaju se solarnom energijom i napravljeni su da traju oko 10 godina, ako solarna energija zakaže, postoje rezervne baterije koje ih održavaju u pogonu. Također imaju raketni pogon koji ih održava na pravoj putanji.

Svaki satelit emitira radio signale male snage na nekoliko frekvencija – signali L1, L2. Civilni GPS prijamnici zaprimaju signal L1. Signal putuje kao zraka svjetlosti, što znači da prolazi kroz oblake, staklo i plastiku, ali ne prolazi kroz mnoge čvrste objekte kao što su zgrade i planine, satelitski signali odašilju se vrlo malom snagom, od 20-50 W. Zato je važno da pri upotrebi GPS-a postoji jasan pogled na nebo (Jurišić i Plaščak, 2009.).

L1 sadrži dva "pseudoslučajna" signala, zaštićeni P-kod i C/A-kod. Svaki satelit 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.

Krajem 2008. godine u Zemljinj orbiti nalazila su se oko 32 aktivna satelita. Novcem iz proračuna Ministarstva obrane SAD-a financirala se kupnja novih satelita čiji je cilj bio održavanje postojećeg sustava, ali i povećanje preciznosti izračuna GPS prijamnika (Jurišić i Plaščak, 2009.).

Kontrolni segment obuhvaća glavnu komandnu stanicu, opažачke stanice i zemaljske kontrolne stanice. Glavne zadaće kontrolnog dijela GPS-a su praćenje satelita u svrhu određivanja orbita i vremena, sinkronizacija vremena satelita, te odašiljanje poruka s neophodnim informacijama satelitima.

Glavna kontrolna stanica smještena je u Falconu, Colorado Springs u Coloradu. Ovdje se sakupljaju podatci s opažачkih stanica, računaju putanje satelita i parametri sustava. Podatci se potom prosljeđuju jednoj od tri zemaljske stanice, radi eventualnog slanja prema satelitima.

Opazачke stanice razmještene su na Zemljinj površini u blizini ekvatora. Svaka od ovih stanica opremljena je preciznim atomskim satom i neprekidno mjeri pseudoudaljenosti do svih satelita na horizontu. Ta se mjerenja registriraju svakih 1,5 sekundi, te se koristeći ionosferske i meteorološke podatke, podatci filtriraju u 15-minutne intervale podataka koji se šalju glavnoj kontrolnoj stanici.

Zemaljske kontrolne stanice odašilju satelitu podatke o efemeridama i o satovima satelita izračunate u glavnoj kontrolnoj stanici, te se zbog toga sastoje od velikih antena s pratećom opremom. Efemeride su točni podatci o položaju satelita i vrijede do šest sati.

Da bi se ograničila točnost i pristup GPS-u, Ministarstvo obrane SAD uvelo je dva osnovna načina onemogućivanja neautoriziranih korisnika da potpuno koriste mogućnosti GPS-a: selektivna dostupnost i zaštita od prijevare.

Uvođenje selektivne dostupnosti je posljedica činjenice da se GPS pokazao boljim nego što se očekivalo. Zbog toga je u satelite ugrađena mogućnost selektivne dostupnosti čiji je cilj

smanjenje ostvarene navigacijske točnosti s C/A kodom. To se postiže pomoću dvaju procesa: kvarenjem podataka sata satelita, te manipuliranjem efemerida satelita. Selektivna dostupnost je ugašena 2000. godine (ukinuo ju je Bill Clinton) i nije više aktivna.

Zaštita od prijevare je još uvijek na snazi i onemogućuje nepozvane da manipuliraju GPS signalom, bilo odašiljanjem lažnog signala ili iskrivljavanjem pravog. Ova tehnika se sastoji u moduliranju P koda s tajnim W kodom, što rezultira šifriranim Y kodom koji mogu dešifrirati samo posebno opremljeni prijamnici autoriziranih korisnika.

Korisnički segment čine svi korisnici sustava za globalno pozicioniranje i njihovi prijamnici.

Postoje dvije osnovne skupine korisnika, autorizirane i neautorizirane. Autorizirane korisnike predstavlja vojska SAD, dok su u drugoj skupini svi ostali korisnici u svijetu, bilo civilni, ili vojni. Uporaba GNSS-a u civilne svrhe počela je vrlo brzo nakon uspostave sustava i razvijala se brže no što je itko očekivao.

Danas se GNSS prijamnici koriste za izvođenje svih vrsta geodetskih kontrolnih i inženjerskih radova, u fotogrametriji za precizno pozicioniranje aviokamere, kao i za snimanje linijskih objekata, kao što su prometnice. Također se koriste u zračnom, vodenom, kopnenom prometu, geofizici i ostalim geoznanostima, poljoprivredi i šumarstvu, a sve više za rekreaciju i sport ( Jurišić i Plaščak, 2009.).

### 2.1.2. Princip rada GNSS-a

GNSS prijamnik treba imati u vidu dva nužna čimbenika. Mora znati gdje su sateliti (njihov položaj) i koliko su daleko (udaljenost). Treba vidjeti najprije kako GNSS prijamnik zna gdje su u prostoru smješteni sateliti.

GNSS prijamnik od satelita prikuplja dvije vrste kodiranih informacija. Jedan tip informacija, podatci iz almanaha, sadrže približni položaj satelita. Ti se podatci kontinuirano prenose i spremaju u memoriju GNSS prijamnika tako da on zna orbite satelita i gdje bi koji satelit trebao biti. Kako se sateliti pomiču uokolo, podatci iz almanaha periodički se ažuriraju novim informacijama. Svaki satelit može putovati malo izvan orbite, pa zemaljska stanica za praćenje prati orbite satelita, njihovu visinu, položaj i brzinu. Zemaljska stanica za praćenje šalje orbitalne informacije glavnoj kontrolnoj stanici,

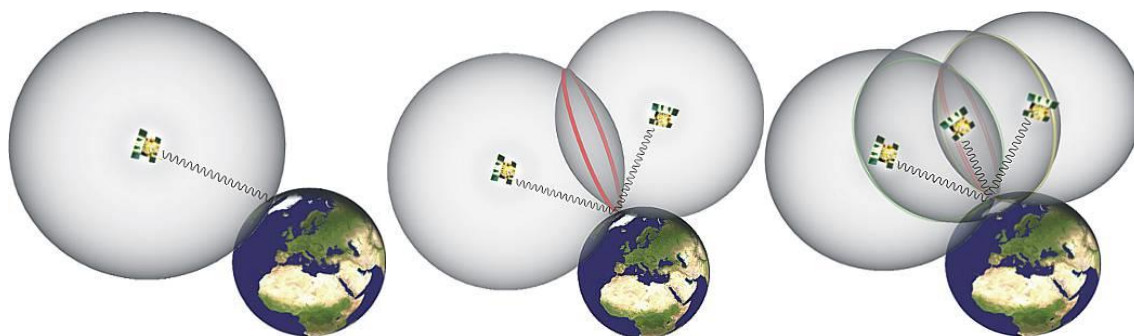
koja šalje satelitima ispravljene podatke. Ti ispravljani i egzaktni podatci o položajima nazivaju se efemeride. Vrijede do šest sati i šalju se GNSS prijammnicima u obliku kodiranih informacija.

Kada GNSS 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 (brzina x vrijeme putovanja = udaljenost).

Koristeći osnovnu formulu za određivanje udaljenosti, prijammnik „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 GNSS 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 GNSS 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 GNSS prijammnika ne mjeri vrijeme tako precizno kao satovi satelita. Stavljanje atomskog sata u prijammnik učinilo bi ga mnogo većim i skupljim.

Svako određivanje udaljenosti treba još ispraviti za iznos pogreške sata GNSS prijammnika. 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 GNSS prijammnika. Sad kada postoji oboje, položaj satelita i udaljenost, prijammnik može odrediti svoj položaj. Pretpostavka je da je 19.000 kilometara udaljenost od nekog satelita. Položaj će biti negdje na zamišljenoj sferi (lopti) kojoj je satelit u središtu i polumjer 19.000 kilometara (Slika 2.). Pretpostavka je nadalje da je udaljenost 20.000 kilometara od drugog satelita. Druga sfera siječe prvu u zajedničkoj kružnici. Većina GNSS prijammnika je paralelnog više kanalnog dizajna. Stariji jedno kanalni prijammnici u najtežim uvjetima (kao što je gusta šuma) nisu stalno mogli primiti signal. Paralelni više kanalni prijammnici imaju obično između 5 i 12 prijammnih krugova. Svaki je pridružen jednom satelitskom signalu, tako da može održavati dobru vezu sa svakim satelitom. Više kanalni prijammnici brzo se povezuju sa satelitima kada se

prvi put uključe i njihove su mogućnosti velike pri primanju signala čak i u teškim uvjetima (gusto lišće ili gradski uvjeti s visokim zgradama). Ako se doda treći satelit, na udaljenosti 21.000 kilometara, biti će dvije zajedničke točke u kojima se sijeku sve tri sfere. (Jurišić i Plaščak, 2009.).



Slika 2. Zamišljena sfera jednog, dva i tri satelita (Izvor: <http://www.kartografija.hr>)

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 GNSS prijamnik. To će omogućiti prijammniku izračunati dvodimenzionalni položaj (geografsku širinu i dužinu). Nadalje uz pomoć četvrtog satelita prijamnik može odrediti i trodimenzionalni položaj (geografsku širinu, dužinu i visinu). Pretpostavka da je udaljenost od četvrtog satelita 18.000 kilometara. Sada postoji situacija da četvrta sfera sječe prve tri u jednoj zajedničkoj točki. Vrlo je vjerojatno da će se površine triju sfera sjeći jer je kružnica presjeka prvih dviju sfera normalno poprilična velika pa će stoga površina treće sfere vrlo vjerojatno sjeći ovu veliku kružnicu. Naprotiv, malo je vjerojatno da će površina sfere koja odgovara četvrtom satelitu sjeći bilo koju od dviju točaka iz presjeka prvih triju pošto bi svaka pogreška sata mogla uzrokovati promašaj točke presjeka. Ipak, udaljenost valjane procjene pozicije GNSS prijammnika do površine sfere koja odgovara četvrtom satelitu može se iskoristiti za izračun korekcije satova. (Jurišić i Plaščak, 2009.).



### 2.1.3. Navigacija

Glavna svrha navigacije je omogućiti kretanje od točke A do točke B na najjednostavniji mogući način. GNSS prijamnici mogu spremati više stotina točaka ili položaja koji se nazivaju točkama na putu ili putnim točkama. U memoriji GNSS prijamnika mogu se kreirati točke koje prikazuju nepoznata mjesta. Nakon toga GNSS prijamnik može biti uređaj koji korisnika vodi do tih točaka.

Vođenje do nekog mjesta znači mogućnost jednostavnog izbora određene točke i naredbe GNSS prijamniku da ide do nje. Prijamnik će crtati crtu do te točke i voditi prema njoj pokazujući smjer strelicom koja izgledom podsjeća na kompas, željenom crtom smjera ili 3D prikazom ceste. Kada se ide do traženog mjesta, GNSS prijamnik može bilježiti položaj i smjer kretanja, brzinu, udaljenost do odredišta i vrijeme koje je potrebno da dođete do cilja. Ako je između prijamnika i cilja planina, otok ili kanjon pa se ne može ići ravnom crtom, tada se može narediti da ide nizom točaka određenim redom („ruta“).

GNSS prijamnik automatski bilježi putovanje u dnevnik trase. Ako se skreće i zaobilazi na putu kroz šumu ili skupinu otoka, svako se kretanje sprema u memoriju. Sve se informacije mogu spremati i po potrebi ponovno koristiti.

Potrebno je odrediti želi li se koristiti geografski ili magnetski sjever. Geografski sjever je smjer sjevernog geografskog pola, dok je magnetski sjever smjer sjevernog magnetskog pola. Taj se pol nalazi u sjevernoj Kanadi. Ako se koristi GNSS prijamnik zajedno sa standardnim kompasom, podesit će se GNSS prijamnik na magnetski sjever. Razlika između geografskog i magnetskog sjevera poznata je kao magnetska varijacija i ona ovisi o mjestu. GNSS prijamnici obično imaju ugrađen model magnetske varijacije Zemlje i mogu automatski postaviti varijaciju za položaj bilo gdje. Najčešće koordinate su geografska širina i geografska dužina. Taj način zapisa koordinata ugrađen je u sve GNSS prijamnike. Na većini modela može se izabrati zapis koordinata u nekom drugom koordinatnom sustavu.

U Hrvatskoj je na postojećim kartama najzastupljenija poprečna Mercatorova projekcija. Potrebno je za pojedinu kartu poznavati i koji su parametri poprečne Mercatorove projekcije upotrijebljeni.

Većina prijamnika, ako nema ugrađene projekcije za Hrvatsku, omogućuje da ih korisnik sam definira.

Mnoge karte koje su danas u upotrebi izrađene su prije nekoliko desetljeća. S vremenom, tehnologija je omogućila poboljšanje vještine mjerenja i izradu točnijih karata. Prema tome, potrebno je adaptirati GNSS prijamnik za upotrebu i s takvim starijim kartama. Većina GNSS prijamnika sadrži više od 100 različitih datuma karata, koji omogućuju da se obavi transformacija na postavke koje odgovaraju karti. Upotreba datuma karte koji ne odgovara karti što se upotrebljava, može rezultirati značajnim razlikama u informacijama o položaju. Većina dobrih navigacijskih karata ima naveden datum, obično negdje sitnim slovima sa strane ili u legendi.

Iako GNSS tehnologija postaje svakim danom sve efektivnija, i dalje je dobro imati rezervnu opremu za navigaciju. Posjedovanje papirne karte, jednostavnog kompasa i poznavanje ručne navigacije dobra je i sigurna praksa razboritog navigatora. GNSS je dopuna u navigaciji i ne treba biti jedini navigacijski alat koji se koristi kad se koriste prometnice.

GNSS prijamnici obično imaju i pozadinsko svjetlo koje omogućuje upotrebu i danju i noću. Izbor prijamnika s više mogućnosti, kao što su detaljnije karte, može osigurati posve novu razinu svijesti o položaju i mogućnosti navigacije (Jurišić i Plaščak, 2009.).

#### 2.1.4. Mogućnost i uzroci pogreške

Pri računanju pozicije GNSS prijamnik zahtjeva poznavanje trenutnog vremena, poziciju satelita i izmjerenu razliku vremena primanja i slanja signala. Točnost izračuna pozicije ovisi o poziciji satelita i kašnjenju signala.

Pri mjerenju kašnjenja signala, prijamnik uspoređuje vrijeme dobiveno u GNSS poruci s onim koji dobije iz lokalnog sata. Korištenjem klasične dekompresije i demodulacije signala. Budući da signal putuje brzinom svjetlosti, pri izračunu lokacije možemo računati na greške do 2 m.

Uzroci odstupanja izračunate lokacije od stvarne mogu biti:

- Ionosferski i troposferski utjecaji. Satelitski signal usporava kad prolazi kroz atmosferu. Sustav koristi ugrađeni model koji računa prosječno, ali ne točno i vrijeme kašnjenja.
- Višestazni prijam. Događa kad se GNSS signal odbija od objekata, kao što su zgrade, površine velikih građevina ili prirodnih tvorevina prije nego što stigne do prijammnika. Povećava se vrijeme putovanja signala uzrokujući pogrešku.
- Pogreške sata prijammnika. Kako nije praktično imati atomski sat u GNSS prijammniku, ugrađeni sat može imati male pogreške u vremenu.
- Orbitalne pogreške. Također poznate kao "pogreške efemerida", netočnosti su u izvještaju o položaju satelita.
- Geometrija satelita/zasjenjivanje. To se odnosi na relativan položaj satelita u nekom trenutku. Idealna geometrija satelita postoji kad su sateliti smješteni pod velikim kutom relativno jedan u odnosu na drugi. Nepovoljna geometrija nastaje kad su sateliti smješteni na pravcu ili su tijesno grupirani.
- Namjerna degradacija satelitskog signala. Namjerna degradacija signala od strane vojske SAD-a poznata je kao selektivna raspoloživost (eng. *Selective Availability - SA*) i namjera joj je spriječiti vojne protivnike u upotrebi visokotočnih GPS signala. SA je odgovorna za većinu pogrešaka u određivanju položaja. SA je ugašena 2. svibnja 2000., i nije više aktivna.

Pored još uvijek visoke cijene najtočnijih navigacijskih sustava, uključujući opremu i godišnju pretplatu za korištenje odabranog signala, problem predstavljaju greške koje se događaju pri pozicioniranju (Gavrić i Martinov, 2006.). Ako se izuzme točnost samog uređaja odnosno korekcijskog signala, greške u lociranju nastaju kao posljedica više faktora, kao što su greške u prijenosu podataka satelita, greške satelitskog sata, izobličenja signala pri prolasku kroz troposferu i pojave simetričnih signala uslijed refleksije signala od objekte.

Kada se govori o sustavima za navigaciju poljoprivrednih traktora, pod pojmom greške podrazumijeva se maksimalno poprečno odstupanje trenutne linije vođenja od izabrane između dva prohoda (eng. - *pass to pass*) (Adamchuk i suradnici., 2007.). Važnost provjere dinamičke i statičke točnosti uređaja za navigaciju u poljoprivredi potvrđuju studije više autora (ION, 1997., Borgelt i suradnici., 1996., Adamchuk i suradnici., 2007., Stoll i

Kutzbach, 2000., Al-Gaadi i Ayers, 1998.). Drugi autori (Gomez-Gil i suradnici., 2013., Gomez-Gil i suradnici., 2011.) razvijali su metodologiju za poboljšanje preciznosti postojećih GNSS uređaja.

U Tablici 1. su prikazane tipične vrijednosti bitnijih izvora pogreški, također moramo uzeti u obzir da civilni GNSS prijamnici nisu u potpunosti precizni, te da izračuni pogreški nisu u potpunosti točni.

Tablica 1. Prikaz tipičnih izvora pogreški i njihovih vrijednosti

IZVOR	POGREŠKA
Ionosferski utjecaji	5,0 m
Greške efemerida	2,5 m
Greške u vremenu satelitskog sata	2,0 m
Višestazni prijam	1,0 m
Troposferski utjecaji	0,5 m
Numeričke pogreške	1,0 m

(Izvor: <http://docbook.rasip.fer.hr> )

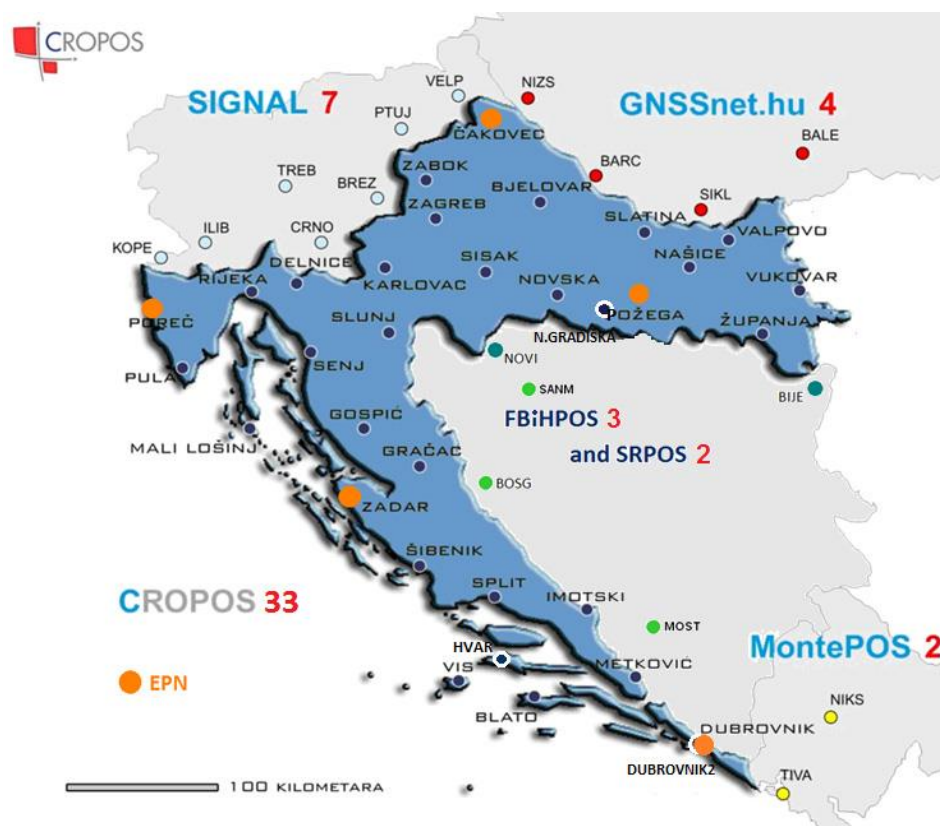
#### 2.1.5. Princip rada DGNSS-a

Diferencijalni GNSS radi tako da se GNSS prijamnik (referentna stanica) stavi na poznati položaj. Budući da referentna (stacionarna) stanica zna svoj položaj, može odrediti pogreške u satelitskim signalima. Ona to radi mjerenjem udaljenosti do svakog satelita koristeći dolazne signale i uspoređujući te mjerene udaljenosti sa udaljenostima izračunatima iz poznatih položaja. Razlika između mjerene i izračunate udaljenosti za svaki vidljivi satelit postaje diferencijalna korekcija. Diferencijalna korekcija za svaki praćeni satelit se oblikuje u odgovarajuću korektivnu poruku i šalje DGNSS prijamicima. Te se diferencijalne korekcije primjenjuju u računanjima GNSS prijammnika, uklanjajući mnoge od uobičajenih pogrešaka i povećavaju točnost. Razina postignute točnosti ovisi o GNSS prijammniku, posebno o njegovoj blizini toj stanici. Prijammnik referentne stanice određuje komponente pogreške i daje korekcije GNSS prijammniku u stvarnom (realnom) vremenu. Korekcije se mogu prenositi preko radio uređaja, preko satelita, i tako dalje.

CROPOS (eng. - *CROatian POSitioning System*) je državna mreža referentnih GNSS (eng. - *Global Navigation Satellite System*) stanica (Slika 3.). To je sustav koji se sastoji od 33 referentnih GNSS stanica na međusobnoj udaljenosti od 70 kilometara raspoređenih tako da pokrivaju cijelo područje Republike Hrvatske (Slika 4.). Umreženi sustav referentnih GNSS stanica omogućuje kontinuirana mjerenja koja se računski obrađuju u kontrolnom centru.

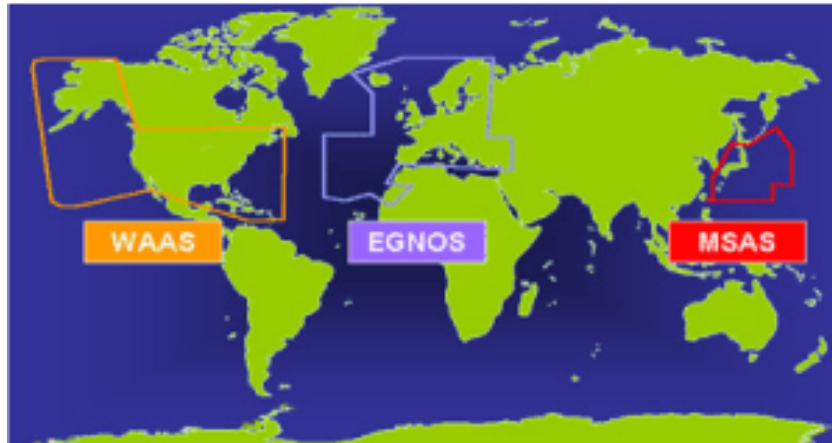
Korisnicima su na raspolaganju tri vrste usluga koje se međusobno razlikuju po metodi rješenja, načinu prijenosa podataka, točnosti i formatu podataka. To su:

- DSP – diferencijalni servis pozicioniranja u realnom vremenu točnosti 0,5 m koji je namijenjen za upotrebu u geoinformacijskom sustavu, zaštiti okoliša, poljoprivredi, navigaciji, šumarstvu,
- VPPS – visoko precizni pozicijski servis (centimetarske točnosti) namijenjen za upotrebu u katastru, geodeziji, preciznoj poljoprivredi i izmjeri granica i
- GPPS – geodetski precizni servis pozicioniranja točnosti manje od centimetarske namijenjen za znanstvena i geodinamička istraživanja.



Slika 3. Položaj CROPOS referentnih stanica (Izvor: <https://www.cropos.hr>)

SBAS (eng - *Satellite Based Augmentation System*) je naziv za sustave koji s pomoću satelita odašilju korekcijske podatke i podatke o integritetu satelitskih sustava GNSS i GLONASS (ruska vojna mreža satelita iste namjene kao i GPS). Svrha im je povećati točnost i pouzdanost određivanja položaja.



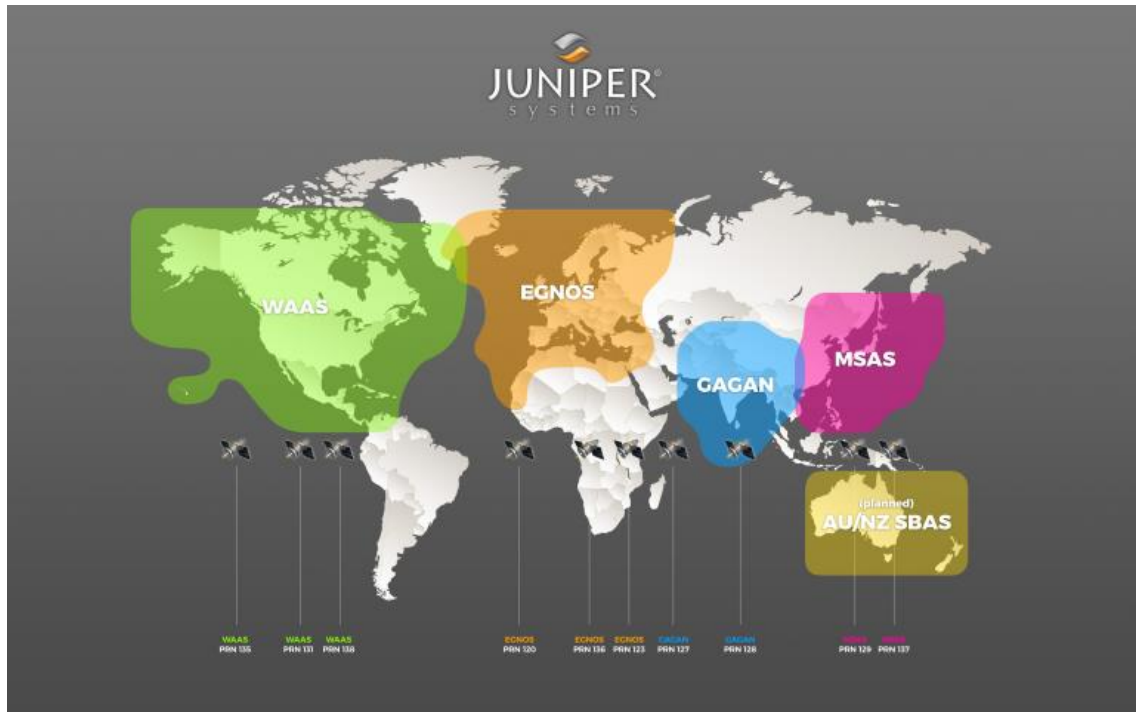
Slika 4. SBAS – Satellite Based Augmentation System (Izvor: Jurišić i Plaščak (2009.)

WAAS (eng. - *Wide Area Augmentation System*) je SBAS razvijen za područje Sjeverne Amerike i već je neko vrijeme u upotrebi. Sastoji se od mreže od 25 stanica na Zemlji i dva geostacionarna satelita koji pokrivaju područje cijelog SAD-a i dio Kanade i Meksika. Postavila ih je Federalna zrakoplovna uprava SAD-a (eng. - *Federal Aviation Administration*) i Ministarstvo prometa (eng. - *Department of Transportation*) s namjerom da se GNSS upotrijebi prilikom preciznog navođenja zrakoplova. Iako WAAS još nije službeno prihvaćen u zrakoplovstvu on je dostupan za civilnu upotrebu (njegova upotreba svrhovita je na području za koje je i predviđen, tj. Sjevernu Ameriku). Tipična točnost određivanja položaja upotrebom WAAS-a iznosi manje od 3 metra.

EGNOS (eng. - *European Geostationary Navigation Overlay Service*) je SBAS koji se razvija za područje Europe. Sastojat će se od 34 zemaljske stanice i 3 geostacionarna satelita. Razvija ga Europska svemirska agencija, Europska komisija i Europska organizacija za sigurnost zračne navigacije. U ovom trenutku odašilje se testni signal za koji nema garancije da povećava točnost. Potpuno uvođenje EGNOS-a planirano je za travanj 2004. godine. EGNOS će omogućavati povećanje točnosti i za GNSS i za GLONASS Iako je predviđena točnost određivanja položaja EGNOS-om bila oko 5 metara, testovi pokazuju da se ona kreće ispod 2 metra.

### Specifični ciljevi EGNOS programa:

- Ponuditi otvorenu uslugu (eng. - *open service - OS*), koja je besplatna za korisnika i omogućuje pozicioniranje i sinkronizaciju informacija namijenjenih za aplikacije satelitske navigacije u područjima pokrivenim sustavom;
- Ponuditi uslugu za diseminaciju komercijalnih podataka, EGNOS podataka (eng. - *EGNOS Data Access Service - EDAS*), za promociju razvoja aplikacija za profesionalno ili komercijalno korištenje uz pomoć napredne izvedbe i podataka veće dodane vrijednosti od onih koji su dobiveni kroz otvorenu uslugu;
- Ponuditi uslugu sigurnu za život korisnicima kojima je sigurnost važna i esencijalna. Ova usluga također ispunjava uvjete određenih sektora što se tiče kontinuiteta, dostupnosti i točnosti, te uključuje poruku koja upozorava korisnika na bilo kakav kvar u sustavu iznad područja djelovanja;
- Proširiti zemljopisnu pokrivenost ovih usluga kroz teritorij Unije, podložan tehničkim ograničenjima i međunarodnim dogovorima, drugim teritorijima svijeta a posebno područjima trećih zemalja pokrivenih „jedinstvenim europskim nebom“. Pokrivenost sustava nije na cijelom svijetu jednaka (Slika 5) .



Slika 5. Pokrivenost sustava (Izvor: <https://blog.junipersys.com> )



GALILEO je europski globalni navigacijski sustav koji će pružati usluge visoke preciznosti pod civilnom kontrolom (Slika 6.). U svojoj će konačnici biti interoperabilan s postojećim GPS i GLONASS satelitskim navigacijskim sustavima.

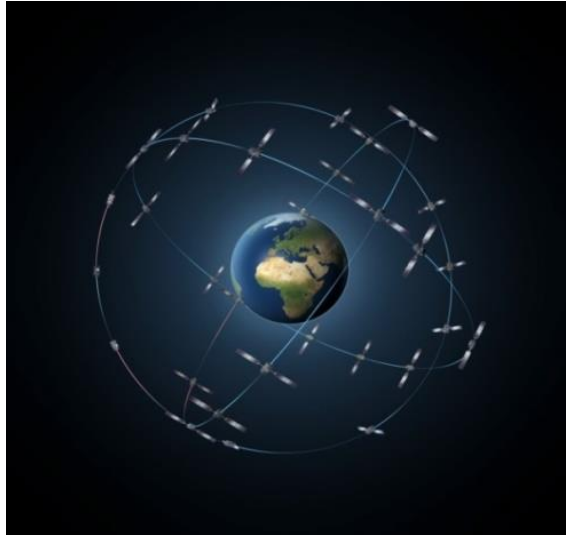
Cjelokupni sustav će se sastojati od 30 satelita pozicioniranih u tri kružne orbitalne ravnine 23.222 km iznad površine zemlje, s inklinacijom orbitalnih ravnina od 56° prema referentnoj ekvatorskoj ravnini. To će omogućiti dobru pokrivenost signalom sve do geografske širine od 75° sjeverno.

Zemaljski centri će biti smješteni u Njemačkoj u okolini Münchena, a drugi u Italiji u blizini Rima, osiguravati će zemaljsku kontrolu i vođenje sustava.

Mreža od dvadeset pomoćnih stanica biti će povezana s GALILEO kontrolnim centrima redundantnim komunikacijskim kanalima zbog osiguravanja prijenosa podataka za navigacijske potrebe.

Specifični ciljevi GALILEO programa:

- Ponuditi besplatnu otvorenu uslugu za korisnike koja omogućava pozicioniranje i sinkronizaciju informacija namijenjenih za aplikacije satelitske navigacije;
- Ponuditi uslugu sigurnu za život korisnicima kojima je sigurnost važna i esencijalna. Ova usluga također ispunjava uvjete određenih sektora što se tiče kontinuiteta, dostupnosti i točnosti, te uključuje funkciju integracije upozoravajući korisnika na bilo kakav kvar u sustavu;
- Ponuditi komercijalnu uslugu (eng. - *commercial service* - CS) za razvoj aplikacija za profesionalnu ili komercijalnu upotrebu koristeći se naprednim sredstvima i podacima veće dodane vrijednosti od onih dobivenih u usluzi otvorenog tipa;
- Ponuditi javnu reguliranu uslugu (eng. - *public regulated service* - PRS), ograničenu autoriziranim vladinim korisnicima, za osjetljive aplikacije koje zahtijevaju visoku razinu kontinuiteta usluge. Ova usluga koristi šifrirane i snažne signale.



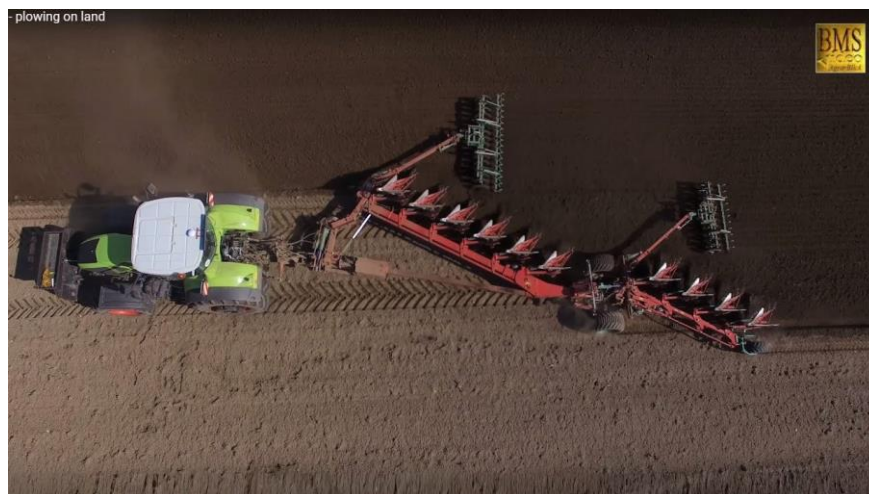
Slika 6. Prikaz sustava satelita Galileo (Izvor: <https://www.sueddeutsche.de>)

## 2.2. Primjena preciznih sustava u poljoprivredi

### 2.2.1. Primjena sustava kod oranja

Oranje je najstarija radna operacija obrade tla i vrlo malo se mijenjala kroz povijest. Ipak i uz tu činjenicu danas je nezamjenjiva radna operacija koja se standardno koristi kod većine poljoprivrednih proizvođača širom svijeta, a posebno je važna u regijama koje imaju teška, glinom bogata tla i zime s niskim temperaturama. Moderni plugovi u sustavu precizne poljoprivrede koriste senzore za precizno definiranje dubine rada, jer se već s vrlo malim promjenama radne dubine značajno povećavaju troškovi i cijena gotovih proizvoda. Osim precizne kontrole dubine oranja današnja tehnika GNSS-a i njegova preciznost omogućuju oranje izvan brazde (eng. - *on land*) rad, tj. oranje traktorom čiji kotači gaze po nepooranom dijelu tla (Slika 7.).

Takav način oranja traži automatsko upravljanje traktora s visokom razinom točnosti pozicioniranja i potrebno je koristiti baznu stanicu za korekciju satelitskog signala, kako bi se dobila velika relativna točnost. GNSS sustav kod vario plugova obavlja korekciju radnog zahvata pluga i na taj način se postiže idealna ravna brazda, što je pretpostavka da osjetljive biljne vrste imaju uvijek iste uvjete nicanja i ravnomjeran rast i razvoj, čiji se efekti na kraju vide u postignutim prinosima. Ovo je posebno važno u proizvodnji povrća. Automatsko upravljanje traktora pri oranju omogućuje idealno ravne brazde i izgled polja bez obzira na to radi li se o malim ili velikim poljima.



Slika 7. „*On land*“ oranje uz pomoć navigacijskog sustava (Izvor:

<https://www.youtube.com> )

### 2.2.2. Primjena sustava kod dopunske obrade tla

Upravljanje radnim procesima obrade tla u poljoprivrednoj proizvodnji na prvi se pogled čini jednostavnim i većina misli da tu nije potrebna primjena sofisticiranih metoda rada. Međutim, ako se detaljno uđe u problematiku obrade tla i dopunske obrade tla, tada se uočavaju pogreške koje rezultiraju neobrađenim trakama između dva prohoda stroja ili u preklapanju prohoda. Velikim strojevima radnog zahvata 6 m i više vrlo teško se upravlja bez pogrešaka. Tanjurače, gruberi, sjetvospremači i slični strojevi za pripremu tla u pravilu su širokog radnog zahvata i prilikom spajanja prohoda najčešći je slučaj da se dva prohoda preklapaju (Slika 8.). Ovo preklapanje u pravilu iznosi 50-80 cm danju, odnosno 60-100 cm noću. Zbog preklapanja se nepotrebno smanjuje učinak za 10 do 15 %, a u istom odnosu se povećava trošak dopunske obrade tla. Drugi problem kod strojeva za predsjetvenu pripremu tla jest slaba vidljivost između obrađenog i neobrađenog tla u drugom prohodu, pa se rukovatelj stroja mora značajno naprezati i umarati kako bi bio siguran da kvalitetno spaja prohode. Ovaj problem je posebno izražen u noćnom radu. Primjenom preciznih navigacijskih uređaja izravno se postiže ušteda 10 do 15 % ukupnih troškova za predsjetvenu pripremu tla. Dodatni efekti su još veći ako se radi noću, jer navigacija i automatsko upravljanje traktora značajno olakšavaju rad rukovateljima traktora.



Slika 8. Dopunska obrada tla uz pomoć navigacije (Izvor: <https://www.claas.co.uk>)

### 2.2.3. Primjena sustava pri sjetvi

Sjetva je jedan od najvažnijih poslova u poljoprivredi. O kvaliteti sjetve značajno ovisi očekivani prinos i profitabilnost cijelog procesa. Greške koje se učine tijekom sjetve najčešće kasnije nije moguće kompenzirati nekim drugim zahvatima. Razlozi se nalaze u relativno kratkim i važnim agrotehničkim rokovima za većinu kultura koje se proizvode. Iz svih navedenih razloga nameće se primjena kontrole i praćenja brojnih elemenata u procesu sjetve, što je sastavni dio precizne poljoprivrede. Moglo bi se čak reći da su prvi koraci precizne poljoprivrede bili u preciznoj sjetvi okopavina. Kod sjetve je važno da svaka biljka ima osiguran dovoljan životni prostor. Tehnologijom precizne poljoprivrede za taj posao je potrebno primijeniti automatsko upravljanje traktora, automatsku kontrolu sekcija, tehnologiju promjenjive količine sjemena i nadzor protoka sjemena. Izvjestan broj današnjih modernih sijaćica za sjetvu okopavina imaju za svaki red nezavisni pogonski elektromotor koji može u bilo kojem trenutku sijati sjeme na željeni razmak. Takvi strojevi imaju i optičke senzore koji detektiraju svaku posijanu sjemenku. Za sjetvu se unaprijed pripreme karte sjetve i sijaćica izvršava nalog prema tim podacima. Ukoliko je parcela koja se sije nepravilnog oblika, sijaćica će posijati sjeme bez preklapanja uvijek na točno definirani razmak. Na taj se način štedi sjeme i osiguravaju se optimalni uvjeti za daljnji rast i razvoj biljaka. Također korištenje autopilota donosi uštede na sjemenu jer nema preklopa te samim time i smanjenje troškova proizvodnje. Isto tako i olakšava posao noću i danju jer praćenje prohoda i crtala je puno lakše (Slika 9.).



Slika 9. Sjetva noću uz pomoć navigacije i autopilota ( Izvor: <https://www.claas.co.uk> )

#### 2.2.4. Primjena sustava u gnojidbi

Osnovna gnojidba primjenom varijabilne doze gnojidbe je metoda koja se sastoji od izrade varijabilnog plana gnojidbe i karata gnojidbe koje unaprijed definiraju količinu pojedinačnih gnojiva na svakom dijelu neke parcele. Računalo u traktoru očitava poziciju rasipača i s karte očitava dozu gnojiva koju u tom trenutku rasipač treba raspodijeliti te šalje informaciju rasipaču da namjesti uređaj za doziranje u točno definirani položaj. Takav način gnojidbe se zove VRT (eng. - *Variable Rate Technology*) (Slika 10.).

Ovakav sustav gnojidbe zadovoljava većinu uvjeta koje nam zadaje precizna poljoprivreda. Navigacijski sustavi štede vrijeme, a osobito repromaterijal, omogućujući doziranje samo one količine koja je stvarno potrebna. Uz to, obavljanje radova može se izvoditi i noću budući da nas navigacijski prijemnik obavještava o našoj točnoj poziciji na polju.



Slika 10. VRT gnojidba uz pomoć navigacijskog uređaja (Izvor: <https://precisionspreaders.ca>)

### 2.2.5. Primjena sustava na kombajnu

Korištenje suvremenih sustava precizne poljoprivrede na kombajnama prilikom žetve uvelike pomaže pri upravljanju i kontroliranju kombajna na polju te samoj preciznosti rada. Rukovatelj kombajna može lakše obavljati svoj posao bez većih naprezanja, može se posvetiti preciznijem punjenju prikolica „istovaru u hodu“, te drugim aktivnostima koje mora obavljati tijekom žetve.

Tijekom žetve poljoprivrednih kultura postoji znatan problem vođenja univerzalnih žitnih kombajna uzduž redova kod širokorednih kultura ili pravilnog spajanja prohoda kod uskorednih kultura.

Automatsko vođenje kombajna tijekom berbe kukuruza riješeno je tako da su između para razdjeljivača na hederu za berbu postavljena dva dodirna ticala (Slika 11.). Ukoliko razdjeljivači ne idu sredinom između redova, jedno ticalo se pod pritiskom stabljika potiskuje, te djeluje na osjetnik, koji putem servo ventila djeluje na upravljački modul. Modul djeluje na kotače koji se zakreću, te kombajn korigira pravac gibanja. Kod žetve strnih žitarica ovakvo bi automatsko vođenje kombajna bilo otežano, budući su stabljike ovih poljoprivrednih kultura manje čvrstoće.



Slika 11. Razdjeljivači s dodirnim tipkalima (Izvor: <https://www.claas.co.uk>)

Jedno od tehničkih rješenja navođenja pri žetvi uskorednih kultura je upravljanje pomoću lasera. Ovo tehničko rješenje primijenjeno je na kombajnima Claas Lexion (Slika 12.). Uređaj posjeduje dva laserska osjetnika koji se pomiču za 6° u lijevo i u desno. Lijevi osjetnik zrači infracrvene zrake frekvencije 60 MHz, dok desni osjetnik apsorbira zrake koje se reflektiraju od stabljika ili strništa. Područje djelovanja ovog uređaja iznosi 14 m duljine i 3 m širine. Ako se dobiveni podatci ne slažu s rubom usjeva dolazi do promjene pravca gibanja kombajna. Osjetnici laserskog uređaja ne prepoznaju rub usjeva samo po visini nego i po boji, što osigurava učinkovitu uporabu na polegnutom i zakorovljenom usjevu, pri radu noću i na padinama. Laserski pilot osigurava automatsko vođenje kombajna s punim radnim zahvatom uz preciznost 10 do 15 cm.



Slika 12. Lasersko upravljanje kombajnom (Izvor: <https://www.claas.co.uk>)



### 3. MATERIJALI I METODE

Za provedbu ovog diplomskog rada korišteni su priručnici za korisnike navigacijskog uređaja *Trimble CFX-750*, internet stranice raznih zastupnika i proizvođača strojeva te druga dostupna stručna i znanstvena literatura. Istraživanje se odvijalo na površinama tvrtke Jerković d.o.o. (slika 13.) koja se nalazi na području Osječko-baranjske županije u mjestu Koška.

Povijest tvrtke Jerković seže u 1958. godinu gdje se obitelj Jerković ozbiljno bavila uvođenjem mehanizacije u poljoprivrednu proizvodnju. Nizom uspješnih godina već 1970. na tržištu djeluje kao prodajno-servisni partner Koncerna STEYR, a od 1978. godine surađuje sa tvrtkom CLAAS.

Ubrzo nakon osamostaljenja RH osniva se tvrtka Jerković d.o.o. koja postaje regionalni zastupnik Koncerna STEYR s kojim surađuje već od 1958. godine.

Nakon 2000. god Jerković d.o.o. postaje partner tvrtki CLAAS te prerasta u glavnog ovlaštenog partnera za istočnu Hrvatsku. Također zastupaju tvrtke HORSCH, STRAUTMANN, JESSERNIGG & Co, GUTTLER.

Danas tvrtka zapošljava 14 djelatnika od kojih je 7 licenciranih i educiranih servisera. Te raspolaže sa vlastitim prodajno-edukacijskim i servisnim prostorom te skladištem rezervnih dijelova.



Slika 13. Tvrtka Jerković D.o.o. (Izvor: <https://www.jerkovic.hr>)

### 3.1. Područje i način istraživanja

Područje istraživanja (Slika 14.) je cesta nižeg reda u blizini tvrtke Jerković d.o.o. u Koški. Na navedenom je području za potrebe ovog istraživanja projektirana trasa duljine 520 m. Prikupljanje podataka na traktoru provedeno je u dva ponavljanja za svaku vrstu GNSS korekcija. Datum i vrijeme početka istraživanja je 11. rujna 2019. u 10:30h.



Slika 14. Područje istraživanja (Izvor: Vlastita fotografija)

Koordinate orijentacijskih točaka prikupljene su na terenu korištenjem GNSS *Real time kinematic* (RTK) prijavnika *Trimble R8s* (Slika 15.)



Slika 15. *Trimble R8s* (Izvor: <https://www.indiamart.com>)

Orijentacijske točke obilježene su kvadratnim markerom dimenzija 30x30 cm. Snimanje je provedeno korištenjem bespilotnog zrakoplova *DJI Phantom 4 v2.0 Pro*. Let je prijavljen sukladno uputama Hrvatske agencije za civilno zrakoplovstvo preko AMC mobilne aplikacije (Slika 17.).

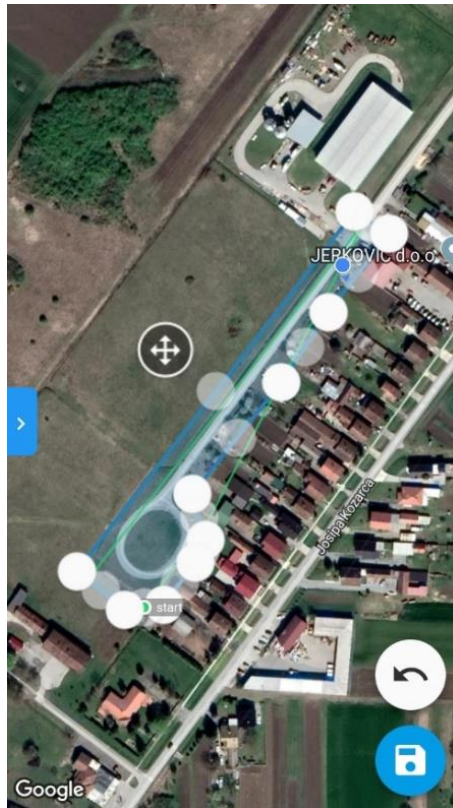


Slika 16. Kvadratni marker (Izvor: Vlastita fotografija)

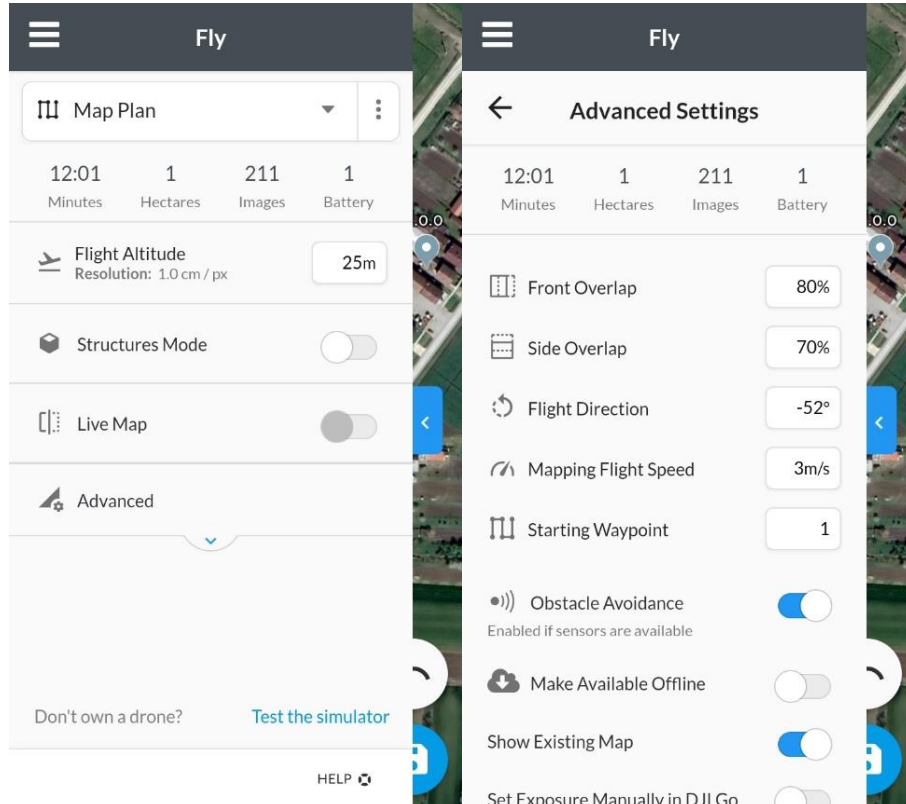


Slika 17. AMC aplikacija, parametri prijavljenog leta (Izvor: Vlastita fotografija)

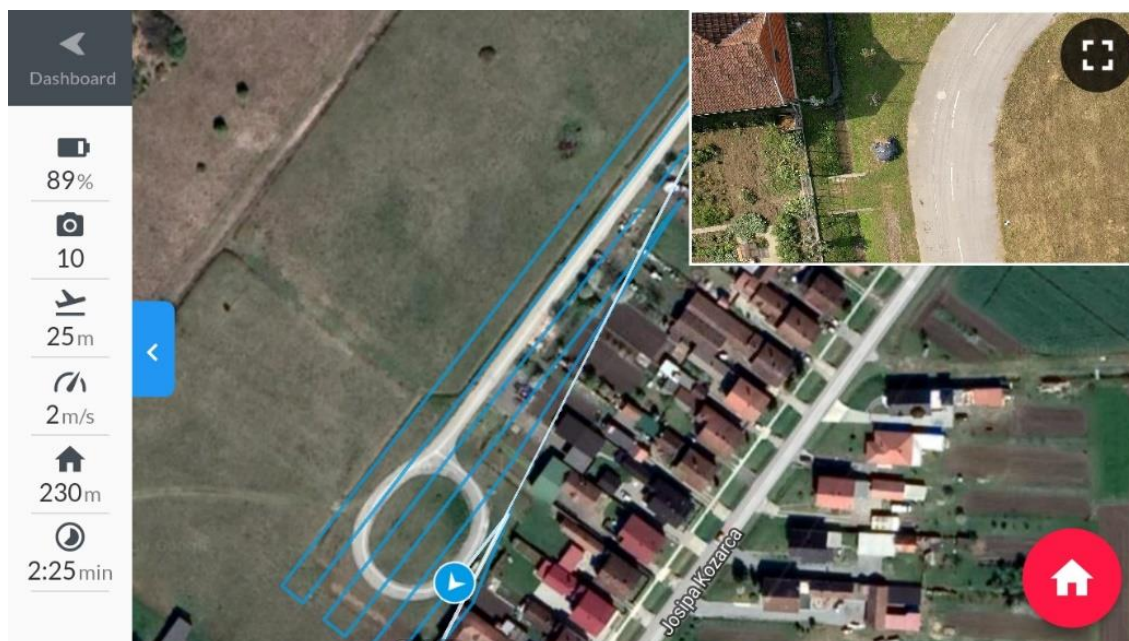
Plan leta (Slika 18.) s parametrima leta bespilotne letjelice (Slika 19.) izrađen je u aplikaciji *DroneDeploy*. Sučelje aplikacije vrlo je jednostavno za korištenje te je kao takvo dostupno svima. (Slika 30.)



Slika 18. Plan leta *DroneDeploy* (Izvor: Vlastita fotografija)



Slika 19. Postavljanje parametara leta (Izvor: Vlastita fotografija)



Slika 20. Sučelje aplikacije *DroneDeploy* tijekom leta (Izvor: Vlastita fotografija)

Obrada snimki prikupljenih korištenjem bespilotnog zrakoplova (izrada digitalnog ortofota) provedena je u programu *Agisoft Metashape v1.5.2*. To je napredno softversko rješenje koje omogućava izradu teksturiranih 3D modela iz digitalnih snimaka na temelju dubinskih mapa. Podržava rekonstrukciju i georeferenciranje s i bez izmjere kontrolnih točaka na terenu. To znači da omogućava izradu digitalnog modela terena i digitalnog ortofota pomoću određivanja koordinata orijentacijskih točaka na terenu ili da se pozicija kamere za svaki napravljeni snimak (pomoću RTK pozicioniranja) koristi kao zamjena za opažanje kontrolnih točaka na terenu. Rezultati koji se mogu dobiti pomoću *Agisoft Metashape* softvera su oblak točaka, digitalni visinski modeli te, digitalni ortofoto. Površinska razlučivost kreiranog digitalnog ortofota je 1 cm.

Prilikom svakog prohoda rukovatelj traktora upravljao je na način da je unutrašnjom stranom prednje lijeve gume traktora vozio po sredini iscrtane bijele linije na cesti (Slika 21.). Prilikom učitavanja u GIS, referentna linija je pomaknuta za 0,675 m (polovica udaljenosti između unutrašnjih strana guma traktora), kako bi se dobila točna putanja središta traktora. Za svako mjerenje s navigacije traktora, na pohranjenoj liniji su generirane točke svakih 5 metara trase. Te točke korištene su za ocjenu točnosti pozicioniranja traktora u odnosu na referentnu liniju. Obzirom da za svaki oblik GNSS korekcija postoje dvije iteracije mjerenja, proveden je *Hi-kvadrat* test (eng. - *Chi-square*).

Udaljenosti svih točaka trase od referentne linije izračunate su u programu *QGIS* v3.4.5, za koje je potom određena aritmetička sredina i povezani statistički pokazatelji.



Slika 21. Kretanje traktora po bijeloj liniji na cesti (Izvor: Vlastita fotografija)

### 3.2. Trimble CFX-750

*Trimble CFX-750* je napredni GNSS (GPS+GLONASS) navigacijski sustav za poljoprivredu (Slika 22.). Koristi se za ručno ili automatsko navođenje uz *Trimble Autopilot*, *EZ-Pilot* ili *EZ-Steer* sustav. *Trimble CFX-750* ima mogućnost nadogradnje točnosti i funkcionalnosti. Podržava korekcijske signale svih razina točnosti, uz odgovarajuću nadogradnju. Pored osnovnih navigacijskih funkcija, *Trimble CFX-750* ima i neke od naprednih funkcija poput, automatskog upravljanja uz *Trimble autopilot*, *EZ-pilot*, *EZ-steer*, mogućnost neprekidnog rada u slučaju gubitka signala pomoću *Trimble xFill*. Podržava kontrolu rada rasipača mineralnog gnojiva, prskalice i sijačice uz *Trimble field IQsistem* ili povezivanjem sa računalima proizvođača priključnih strojeva. To su funkcije poput automatskog uključivanja ili isključivanja sekcija, te varijabilno doziranje gnojiva sjemena i sredstava za prskanje. Na kombajnim se može povezati sa sensorima za praćenje prinosa i vlage zrna.



Slika 22. Trimble CFX-750 (Izvor: Vlastita fotografija)

### 3.2.1. Upotreba uređaja Trimble CFX-750 za navigaciju

Na uređaju postoji USB priključak za učitavanje i čuvanje podataka o polju pomoću kojeg smo preuzeli informacije o istraživanju na USB uređaj. Priključak se nalazi na poledini uređaja i kompatibilan je s velikim brojem USB uređaja. Ako je USB ispravno stavljen, na navigacijskom zaslonu se pojavljuje USB ikonica (Slika 24.). Boja USB ikonice pokazuje trenutno stanje USB uređaja:

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



Slika 23. Prikaz USB ikonice na zaslonu (Izvor: Trimble, 2015.)

Kada se napravi snimka zaslona (primjerice kako bi se prikupile informacije ili kada se pojavi određen problem), uređaj će kreirati direktorij na USB-u i tamo spremiti datoteku. Snimak zaslona se može napraviti samo kada je USB uređaj uključen u *Trimble CFX-750*. Snimak zaslona napravi se na način da se istovremeno pritisnu oba gumba za kontrolu osvjetljenja i drže pritisnuta dok zaslon ne bljesne. Datoteka se sprema u .png formatu. Slika 25. prikazuje prvu stranicu nakon uključivanja uređaja.



# Jedinice



Pritisni ili za izbor jedinica mere.

Metrički

US / Imperial mere



Slika 24. Prva stranica nakon uključivanja uređaja (Izvor: Trimble, 2015.)

## 3.2.2. Navigacijski izbornik

Na navigacijskom izborniku (Slika 26.) nalazi se tekst i ikone koje pružaju operativne informacije i omogućavaju pristup raznim funkcijama sustava. Dostupnost teksta i ikona ovisi o podešenosti sustava. Ikona se aktivira pritiskom prsta.



Slika 25. Navigacijski izbornik (Izvor: Trimble, 2015.)

Pritiskom na ikonu **Status** otvara se prozor koji prikazuje razne postavke sustava. Isti prozori se uklanjaju, ako se nastavi pritiskati ista tipka. Pritiskom na ikonu **Konfiguracija** otvara se izbornik postavki (Slika 27.). Pomoću izbornika postavki postavljena je radna širina i svi ostali parametri vozila i trase.

## Konfiguracija



Slika 26. Izbornik postavki (Izvor: Trimble, 2015.)

Ikona **Prikaz** mijenja perspektivu (Slika 28.). Perspektivu je moguće približiti i udaljiti te potpuno promijeniti. Perspektiva je na navigacijskom izborniku moguće približiti pritiskom na ikonu **Uvećaj** te udaljiti pritiskom na ikonu **Umanji**. Postoje dva načina pogleda, „pogled od gore“ i „pogled od nazad“. Standardno je postavljeno tako da se mijenja „pogled od gore“ u „pogled od nazad“ kada se približi AB liniji. „Pogled od gore“ uključuje se pritiskom na ikonu **Iznad**.



Slika 27. Ikone za promjenu perspektive (Izvor: Trimble, 2015.)

Ikona **Brzi pristup** koristi se za brzo podešavanje uobičajenih postavki. Koje stavke se pojavljuju u izborniku brzi pristup ovisi o tome koje se aplikacije koriste u danom trenutku. Ikona za brzi pristup pojavljuje se samo ako se koristi **Field IQ** ili upravljač varijabilnog doziranja. U sklopu brzog pristupa, moguće je kontrolirati:

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

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

Dopunjavanje se koristi kako bi se pregledale i podesile postavke kao trenutna zapremnina, metoda dopunjavanja i dopuni odmah/djelomično dopuni odmah. Kod trenutne zapremnine se podešava trenutna zapremnina spremnika. Metoda dopunjavanja nudi odabir između **Dopunjavanje**, za punjenje do vrha, ili **Djelomično dopunjavanje**, za dodavanje određene količine. Pri odabiru jedne od navedene dvije opcije, koristi se naredba **Dopuni odmah** i **Djelomično dopuni odmah**, ovisno koja je ranije odabrana opcija.

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

Za manje preklapanja se podešava manji postotak (kada se treba štedjeti materijal). Sustav isključuje sekcije čim dođe na već pokrivenu površinu. Uslijed toga, može doći do izvjesne mjere preskakanja. Sekcije se uključuju čim cijeli priključni uređaj prijeđe s pokrivenog na nepokriveno područje. Ostale postavke su iste kao i u prethodnom dijelu.

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

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

Namjerno preklapanje se može koristiti kako bi bili sigurni da će tijekom rada cijela površina biti ravnomjerno pokrivena, kada se dođe na neobrađeno područje ili kada se ode s pokrivenog područja. Željeno doziranje se koristi za podešavanje doziranja, tj. količine materijala koji se želi potrošiti. Upisuje se broj između 1,333 i 41,333.

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

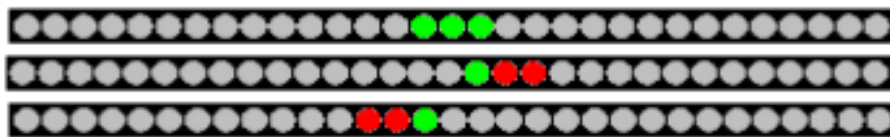
Kako bi se napravilo novo polje ili odabralo već postojeće, potrebno je na navigacijskom izborniku pritisnuti ikonu **Reset navođenja**. Da bi se brzo malo pomjerali, premjestili ili vratili navigacijsku liniju potrebno je pritisnuti ikonu **Navođenje**. Pritiskom na ikonu **Kartiranje** moguće je brzo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

- kamen,
- ograda,
- drvo,
- područje,
- korov i
- zabranjena zona.

### 3.2.3. Svjetlosna traka

Kada su uključene, LED diode pokazuju poziciju vozila u odnosu na željenu navigacijsku liniju (Slika 19.). Kako se pozicija vozila mijenja, u odnosu na navigacijsku liniju, tako se LED diode pale nalijevo ili nadesno. Svjetlosna se traka koristi kako bi se zadržao željeni pravac kada se podesi odstojanje priključnog stroja ili otklon priključnog stroja i kada je potrebno precizno održavanje pravca kod ravnih redova. LED diode, od kojih se sastoji svjetlosna traka, prikazuju poziciju vozila u odnosu na navigacijsku liniju:

- kada se vozilo nalazi na navigacijskoj liniji – svijetle 3 zelene LED diode u sredini,
- kada se vozilo pomakne s navigacijske linije – uključivat će se LED diode nalijevo ili nadesno i promijenit će boju u crvenu.



Slika 28. Svjetlosna traka (Izvor: Trimble, 2015.)

U ovom istraživanju nije korištena svjetlosna traka. Zadani se pravac slijedio pomoću iscrtane bijele linije na asfaltiranoj površini.

### 3.2.4. EZ- remote upravljač

*Trimble CFX-750* se može kontrolirati i preko EZ – Remote upravljača. Ovaj upravljač je opremljen s 10 LED tipki, šest imaju unaprijed podešene funkcije, a svakoj od preostalih četiri tipke je moguće dodijeliti neku od sljedećih funkcija:

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



Slika 29. EZ – Remote upravljač (Izvor: Trimble, 2015.)

### 3.2.5. Podatci

*Trimble CFX-750* čuva podatke u svojoj memoriji. Podatke je moguće prebaciti na računalo pomoću USB uređaja ili bežičnim putem preko servera Connected Farm. Izborniku Podatci (Slika 31.) se pristupa na način da na navigacijskom izborniku pritisne ikona **Konfiguracija** te na zaslonu odabere **Podaci**. Opcije u izborniku **Podaci** koriste se za:

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

## Rad sa podacima



Slika 30. Izbornik *Podatci* (Izvor: Trimble, 2015.)

### 3.3. Беспилотна летjelica *DJI Phantom 4 Pro V2.0*

*Phantom 4 Pro V2.0* (Slika 32.) ima snažan OcuSync HD sustav prijenosa slike, koji omogućuje automatsko prebacivanje između dva frekvencijska pojasa i bežičnu vezu s *DJI Goggles RE*. Opremljen je 1-inčnim senzorom od 20 mega piksela koji može snimati videozapise u 4 K pri 60 slika u sekundi. Sustav *FlightAutonomy* opremljen je dvostrukim senzorima okrenutim prema natrag i dva infracrvena senzora, koji omogućuju otkrivanje prepreka u pet smjerova i izbjegavanje prepreka u četiri smjera. Sažete karakteristike prikazane su u Tablici 2.



Slika 31. *DJI Phantom 4 Pro V2.0* (Izvor: <https://www.dji.com/hr>)

#### **Fotoaparat s 1-inčnim 20 MP senzorom**

Integrirana kamera je redizajnirana tako da koristi CMOS senzor od 1 inča s 20 mega piksela. Posebno dizajnirana leća od 8 elemenata bila je podijeljena u sedam skupina. To je prvi DJI fotoaparat koji koristi mehanički zatvarač koji eliminira izobličenja okidača koji se pojavljuju pri snimanju pri velikoj brzini. To čini fotoaparat jednak mnogim tradicionalnim zemaljskim kamerama.



## **Navigacijski sustav sa 6 kamera**

Tri para senzora tvore navigacijski sustav od šest kamera, koje stalno izračunavaju relativnu brzinu i udaljenost između drona i objekata. Zahvaljujući mreži senzora, *Phantom 4 Pro V2.0* može lebdjeti izuzetno precizno na mjestima bez GNSS-a, kao što su unutarnji letovi, balkoni ili čak letovi kroz prozor. *Phantom 4 Pro V2.0* također može letjeti u složenim okruženjima pri velikim brzinama do 50 km / h izbjegavajući prepreke. U novom *Narrow Sensing* modu, *Phantom 4 Pro V2.0* smanjuje radijus otkrivanja prepreka kako bi vidio još više detalja, omogućujući siguran let kroz najuže prolaze.

## **Autonomija leta**

Autonomija leta je napredna i inteligentna platforma za automatizaciju leta. Sastoji se od složene mreže od deset skupina komponenti, uključujući sedam kamera. To uključuje sve senzore vida, primarnu kameru, infracrveni sustav detekcije, dvo-pojasni satelitski položaj (GPS i GLONASS), dva ultrazvučna daljinomjera, IMJ (Inercijalna mjerna jedinica) i kompase te skupinu snažnih računalnih jezgri. *Phantom 4 Pro V2.0* koristi pogled uživo na okoliš, kao i podatke o visini i položaju s obližnjih prepreka, kako bi stvorio 3D kartu. Jedinice IMU-a i kompasi prikupljaju kritične podatke o letu, brzinu i smjer, dok suvišni IMU-ovi i kompasi nadziru kritične podatke kako bi isključili potencijalne pogreške, dramatično povećavajući sigurnost leta.

## **Načini rada**

*Phantom 4 Pro V2.0* ima tri različita načina rada: P, A i S. Prebacivanje između tih načina rada daje pilotu kontrolu koja mu je potrebna, bez obzira koliko precizno i kvalitetno snima. U modu položaja aktivne su funkcije *TapFly*, *ActiveTrack*, otkrivanje prepreka i pozicioniranje. Sport način rada dodaje dodatnu agilnost i brzinu, do 72 km / h. Atti način deaktivira stabilizaciju satelita i zadržava samo pravac. Način rada stativa ograničava brzinu na 7 km / h za najprecizniju kontrolu i letove u skućenim prostorima. Infracrveni i vizualni senzori se uvijek aktiviraju u ovom načinu rada iz sigurnosnih razloga. (<https://www.dji.com>).

Tablica 2. Karakteristike DJI *Phantom* 4 Pro+ V2.0

<b>LETJELICA</b>	<b>KAMERA</b>
Ukupna masa 1375g	Senzor: 1" CMOS Efektivni pikseli: 20 M
Dimenzije: Visina: 196,0 mm, Dužina: 289,5 mm, Širina: 289,5 mm	Leća: FOV 84° 8.8 mm/24 mm (35 mm format equivalent) f/2.8 - f/11 auto focus na 1 m - ∞
Maksimalna brzina: S-mod: 72 km/h A-mod: 58 km/h P-mod: 50 km/h	Veličina slike: 4096x2160, 3840x2160, 2720x1530, 1920x1080, 1280x720.
Maksimalni kut nagiba: S-mod: 42° A-mod: 35° P-mod: 25°	Podržani sustavi slika: JPEG, DNG (RAW), JPEG+DNG
Otpornost na udare vjetra pri brzini od 10 m/s	
Maksimalno vrijeme leta: 30 min	
Raspon radne temperature: 0-40 °C	
Sustavi geopozicioniranja: GPS/GLONASS	

(Izvor: <https://www.dji.com/hr/>)

### 3.4. *Hi-kvadrat* test

*Hi-kvadrat* test spada u grupu statističkih testova koji ne uključuju usporedbe. Ovaj test se koristi za ispitivanje nezavisnosti dvije varijable ili faktora, slučajnosti, te dobrote prilagodbe.

Postupak nazvan *hi-kvadrat* test se upotrebljava u većini slučajeva ako se radi o kvalitativnim podacima ili ako tim podacima distribucija značajno odstupa od normalne. Već u početku treba naglasiti da se *hi-kvadrat* test računa samo s frekvencijama pa u račun nije dopušteno unositi nikakve mjerne jedinice. Osnovni podaci istraživanja mogu biti i mjerne vrijednosti, ali u *hi-kvadrat* unose se samo njihove frekvencije (Grubišić, 2004.).

*Hi-kvadrat* test je statistički alat namijenjen analiziranju grupnih razlika kada se varijabla mjeri na nominalnoj razini

Prema Grubišić, (2004.) najčešće se koristi u ovim slučajevima:

- kada su poznate frekvencije jednog uzorka pa želimo ustanoviti odstupaju li te frekvencije od frekvencija koje očekujemo uz neku hipotezu,
- kada su poznate frekvencije dvaju ili više nezavisnih uzoraka te želimo ustanoviti razlikuju li se uzorci u opaženim svojstvima i
- kada su poznate frekvencije dvaju zavisnih uzoraka, koji imaju dihotomna svojstva, te želimo ustanoviti razlikuju li se uzorci u mjernim svojstvima, to jest je li došlo do promjene.

Vrijednosti prikazane u Tablici 3. su  $P$ -vrijednost (vrijednost vjerojatnosti) i Kramerov koeficijent  $V$ .  $P$ -vrijednost je vjerojatnost da će, pod nulnom hipotezom  $H_0$ , vrijednost *hi-kvadrat* testa biti veća od empirijske vrijednosti podataka (<https://www.researchgate.net/post/>).

Kramerov koeficijent  $V$  mjera je korelacije između dvije nominalne varijable, što daje vrijednost između 0 i +1. Temelji se na Pearsonovoj statistici s *hi-kvadrat*om. Također se može reći da je međusobna povezanost dviju varijabli i može se koristiti s varijablama koje imaju dvije ili više razina (<https://en.wikipedia.org/wiki/>).

## 4. REZULTATI

*Hi-kvadrat* testom prema rezultatima (Tablica 3. i Tablica 4.) i intervalom pouzdanosti 95 % prikazano je da nema značajne statističke razlike između ponavljanja preciznosti traktorskih navigacija

Tablica 3. Vrijednost *hi-kvadrat*-a (eng - *Chi square*)

<b>Chi-square testne vrijednosti</b>	<b>CROPOS</b>	<b>Bazna stanica</b>	<b>SBAS</b>	<b>Mobitel</b>
<b>P</b>	0,140	0,259	0,242	0,265
<b>Kramerov koeficijent V</b>	0,854	0,824	0,980	0,989

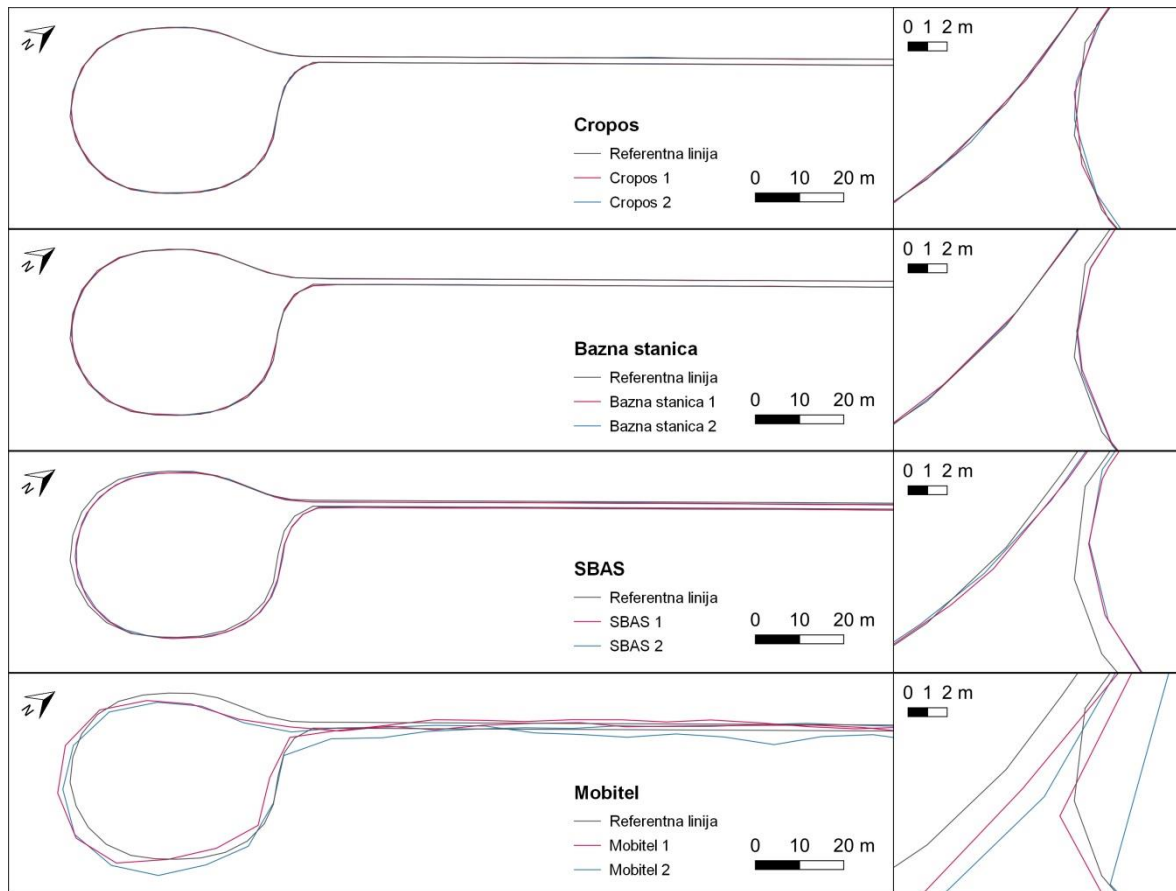
(Izvor: Vlastita tablica)

Tablica 4. Prikaz odstupanja od aritmetičke sredine

Varijabla	Broj mjerenja	Aritmetička sredina	Standardno odstupanje	Standardna pogreška	Interval pouzdanosti (95 %)	
<b>CROPOS1</b>	102	0,050	0,047	0,005	0,041	0,060
<b>CROPOS2</b>	101	0,053	0,051	0,005	0,043	0,063
<b>CROPOS sve</b>	203	0,052	0,049	0,003	0,045	0,058
<b>Bazna stanica1</b>	102	0,054	0,070	0,007	0,040	0,068
<b>Bazna stanica2</b>	100	0,065	0,066	0,007	0,052	0,078
<b>Bazna stanica sve</b>	202	0,059	0,068	0,005	0,050	0,069
<b>SBAS1</b>	101	0,381	0,243	0,024	0,333	0,429
<b>SBAS2</b>	100	0,362	0,289	0,029	0,304	0,429
<b>SBAS sve</b>	201	0,371	0,267	0,018	0,334	0,408
<b>Mobitel1</b>	100	0,849	0,820	0,082	0,687	1,012
<b>Mobitel2</b>	102	1,299	1,009	0,100	1,101	1,497
<b>Mobitel sve</b>	202	1,076	0,945	0,067	0,945	1,208

(Izvor: Vlastita tablica)

Prema Slici 32. možemo vidjeti da je za precizne radove u poljoprivredi najbolje koristiti CROPOS i baznu stanicu jer su najprecizniji i najtočniji sustavi korekcije signala.



Slika 32. Prikaz usporedbe preciznosti uređaja pomoću referentnih linija (Izvor: Vlastita fotografija)

## 5. RASPRAVA

U ovom istraživanju pokazalo se da je aritmetička sredina svih odstupanja najmanja korištenjem sustava CROPOS, nakon toga slijedi bazna stanica kod koje je razlika od svega 7 mm, nakon bazne stanice slijedi SBAS sustav koji ima razliku 319 mm od CROPOS-a, te nakon SBAS-a slijedi mobitel koji ima odstupanje od CROPOS sustava čak 1069 mm (Tablica 4.).

U Tablici 4. vidljivo je kako nema značajnih razlika u preciznosti korekcije signala među mjerenjima svih vrsta korekcija signala. Također istraživanjem nisu postignute deklarirane preciznosti korekcija signala, ali nisu daleko od istih. Naprotiv, rezultati ovise i o lokaciji istraživanja, objektima koji se nalaze u blizini i ostalim negativnim čimbenicima koji su ranije navedeni u radu. Neki od njih su ionosferski i troposferski utjecaji, višestazni prijam, pogreške sata prijammnika, orbitalne pogreške i geometrija sata (zasjenjivanje).

Višestazni prijam dovodi do fenomena lokacijskog i frekvencijskog selektivnog slabljenja prijamnog signala navode Hobljaj i Matković, (2011.).

Možemo ih koristiti počevši od pripreme kod koje imamo uštede u preklapanjima tj. stvarnom radnom zahvatu stroja, kod sjetve imamo preciznost koja nam ostvaruje uštede na sjemenu i olakšava kasniju među rednu obradu, kod prskanja imamo uštede na preklapanjima, na sredstvima za zaštitu, čak uz dodatne priključne strojeve koji imaju senzore za očitavanje korova, bolesti i drugog ne moramo prskati cijele površine koje su za tretiranje nego samo dijelove koji su zahvaćeni bolešću ili korovom.

Kod aplikacije gnojiva možemo uštedjeti na preklapanjima tj. količini gnojiva, a uz automatsko upravljanje možemo rukovatelju stroja olakšati rad u svim uvjetima. SBAS je nešto ne precizniji te ga nije moguće koristiti u sjetvi i sličnim agrotehničkim mjerama koje zahtijevaju veliku preciznost. Međutim, moguće ga je koristiti u paralelnom navođenju kod prihrane ratarskih i povrtlarskih kultura rasipačem mineralnog gnojiva i slično. Mobitel još uvijek nije na razini dostatne preciznosti za korištenje u preciznoj poljoprivredi. Zbog velikih odstupanja od stvarnih vrijednosti (odstupanja su čak do 5 m) referentne linije, nemoguće je osloniti se na navigaciju pomoću mobitela i koristiti ju u poljoprivredi

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom istraživanju korišten je navigacijski sustav *Trimble CFX-750* te je pomoću navedenog uređaja obavljeno istraživanje kojim je zaključeno kako je CROPOS najbolji i najprecizniji za korištenje u preciznoj poljoprivredi, nakon njega slijedi bazna stanica koja se također može koristiti u preciznoj poljoprivredi zbog visoke točnosti. Nakon bazne stanice slijedi SBAS koji u prosjeku ima 319 mm odstupanja od CROPOS-a te ga nije moguće koristiti za sve agrotehničke mjere, a tehnološko rješenje korištenja GNSS signala pomoću mobitela još uvijek nije dovoljno dobro kako bi se moglo koristiti u preciznoj poljoprivredi. Mobitel kao uređaj nije izričito namijenjen korištenju za preciznu navigaciju te zbog toga i nije realno za očekivati neke bolje rezultate.

Također, istraživanjem je utvrđeno kako nije postignuta deklarirana preciznost signala. Naime, CROPOS ima deklariranu preciznost od 2 cm horizontalno i 4 cm vertikalno, a istraživanjem postignuta preciznost iznosi 5 cm. Baznom stanicom, koja ima deklariranu vrijednost od 2 cm horizontalno i 4 cm vertikalno, postignuta preciznost iznosila je 6,5 cm. SBAS korekcija signala deklarirana je na preciznost od 12 cm, a istraživanjem postignuta preciznost iznosila je tek 37 cm.

Primjena navigacija na modernim poljoprivrednim gospodarstvima sve je češća. Prvenstveno na preciznu poljoprivredu prelaze veća poljoprivredna gospodarstva i to zbog većih površina i većih gubitaka, odnosno mogućnosti većih ušteda, ako se koriste navigacijski uređaji. Pomoću navigacijskih uređaja postiže se bolje iskorištenje radnog zahvata stroja, uštede na preklapanjima, općenito veći učinak.

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 upotpuni s najnovijim tehnologijama precizne poljoprivrede i dodatnim ulaganjem u nabavku preciznih korekcijskih signala.



## 7. POPIS LITERATURE

1. Adamchuk V.I, Hoy R.M, Meyer G.E, Kocher M.F. 2007. GPS-based auto-guidance test program development. In. J.V. Stafford, editor. Precision agriculture '07. 6th European Conference on Precision Agriculture Skiathos, Greece 3-6 June 2007.
2. Al-Gaadi K.A, Ayers P.D. 1998. Assembly a real-time DGPS-Testing and investigating factors that affect its accuracy. *Applied Engineering in Agriculture*, 14(6): 659-665.
3. Banaj, Đ., Šmrčković, P. (2003.): Upravljanje poljoprivrednom tehnikom, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
4. Borgelt S. C, Harrison J. D, Suddth K. A, Birrell. 1996. Evaluation of GPS for applications in precision agriculture. *Applied Engineering in Agriculture*, 12(6): 633-638
5. Gavrić M. i Martinov M. 2006. Postupci i tačnost primene gps u poljoprivredi. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 32: 1-2, p. 96-102
6. Gomez-Gil J, Alonso-Garcia S, Gomez-Gill J, Stoumbaugh T. 2011. A simple method to improve autonomous gps positioning for tractors. *Sensors*, 11:5630- 5644.
7. Gomez-Gil J, Guiz-Gonzales R, Alonso-Garsia S, Javier Gomez-Gil F. 2013. A Kalman filter implementation for precision improvement in low-cost gps positioning of tractors. *Sensors*, 13:15307-15232
8. Goovaerts, P., (2000.) Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall, *Journal of Hydrology*, 113-129
9. Grubišić, A., (2004.) Hi-kvadrat test i njegove primjene, Fakultet elektronike i računarstva Zageb, Split.
10. Hobljaj, J. i Matković, D. (2011). Kodirani ortogonalni frekvencijski multipleks u zemaljskoj radiodifuziji digitalnog videosignala. *Tehnički glasnik*, 5 (1), 89-97
11. ION. 1997. Recommended test procedures for GPS recievers. ION STD101 – Revision C. Fiarfax, Va: The institu of Navigation.
12. Jurišić, M., Plaščak, I. (2009.): Geoinformacijski sustavi - GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.
13. Jurišić, M., Šumanovac, L., Zimmer, D., & Barač, Ž. (2015). Tehnički i tehnološki aspektipri zaštiti bilja u sustavu precizne poljoprivrede. *Poljoprivreda*, 21(1), 75–81.
14. Luecke, R., & Katz, R. (2003). *Harvard business essentials: managing creativity and innovation*. Harvard Business School Press

15. Marković, D., i dr. (2011): Analiza ekonomskih pokazatelja u primeni gps tehnologije u poljoprivrednom kombinatu Beograd, Savremena poljoprivredna tehnika 37.
16. Martinov, M., Gavrić, M., Ferenc, K., Brunet, B., Micković, G., Veselinov, B., Bojić, S. (2008.): Primjenjivost GPS navođenja. XXXVII. međunarodni simpozij „Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede“, Opatija, 201.-212.
17. McHugh, M.L. (2013). The Chi-square test of independence. *Biochemia Medica*, 23 (2), 143-149.
18. Novaković G., Đapo A., Mahović H. (2009.) Pregledni rad: Razvoj i primjena pseudolita za pozicioniranje i navigaciju, Geodetski fakultet sveučilišta u Zagrebu.
19. Pahernik, M., (2006): Uvod u geografsko informacijske sustave, MORH, Zagreb
20. Stoll A. i Kutzbach H. D. 2000. Guidance of a Forage Harvester with GPS. *Precision Agriculture*, 2:281-291.
21. Zogović, N., Dimić, G. (2008.): Zahtevi i tehnološke mogućnosti komunikacionih sistema u preciznoj poljoprivredi. XVI. telekomunikacioni forum TELFOR 2008, Beograd, Srbija, 282.-285.
22. Whipker L.D. i Akridge J.T. 2007. Precision agricultural services: Dealership survey results. Working paper no. 07-13. Department of Agricultural Economics, Purdue University
23. Trimble, 2015. Tvornički priručnik Trimble CFX-750.
24. URL1: [http://www.vidipedija.com/index.php?title=Globalni\\_sustav\\_pozicioniranja](http://www.vidipedija.com/index.php?title=Globalni_sustav_pozicioniranja) (20.12.2019.)
25. URL 2: [http://www.kartografija.hr/old\\_hkd/obrazovanje/prirucnici/gspoc/gspocslide](http://www.kartografija.hr/old_hkd/obrazovanje/prirucnici/gspoc/gspocslide) (20.12.2019.)
26. URL 3: <https://www.cropos.hr/o-sustavu/cropos-drzavna-mreza-referentnih-stanica-republike-hrvatske> (20.12.2019.)
27. URL 4: <https://blog.junipersys.com/how-does-sbas-improve-gps-free-sbas-coverage-map/> (20.12.2019.)
28. URL 5: <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/galileo-ausfall-1.4526770> (20.12.2019.)
29. URL 6: [https://www.youtube.com/watch?v=ShKjV6VsloQ&feature=emb\\_title](https://www.youtube.com/watch?v=ShKjV6VsloQ&feature=emb_title) (20.12.2019.)
30. URL 7: [https://www.claas.co.uk/products/tractors/xerion5000-4200-hrc\\_2020\\_special-uk](https://www.claas.co.uk/products/tractors/xerion5000-4200-hrc_2020_special-uk) (20.12.2019.)

31. URL 8: [https://www.claas.co.uk/products/tractors/axion870-800\\_stageV\\_2020](https://www.claas.co.uk/products/tractors/axion870-800_stageV_2020) (20.12.2019.)
32. URL 9: [https://precisionspreaders.ca/product/sulky-dx-20-precision-spreader/#iLightbox\[product-gallery\]/0](https://precisionspreaders.ca/product/sulky-dx-20-precision-spreader/#iLightbox[product-gallery]/0) (20.12.2019.)
33. URL 10: <https://www.claas.co.uk/products/combindes/lexion670-620hrc-2018> (20.12.2019.)
34. URL 11: <https://www.dji.com/hr/phantom-4-pro-v2?site=brandsite&from=homepage> (21.12.2019.)
35. URL 12: <https://www.jerkovic.hr/o-nama/> (21.12.2019.)
36. URL 13: <https://www.indiamart.com/proddetail/trimble-r8s-gnss-receiver-15673458212.html> (21.12.2019.)
37. URL 14: <https://www.trimble.com/> (20.12.2019.)
38. URL 15: [https://www.researchgate.net/post/What\\_is\\_the\\_role\\_of\\_p-value\\_in\\_chi\\_square\\_test\\_of\\_difference?fbclid=IwAR2j8dGkKmsswlj6OLXkXZpcyo\\_xMMZG2rEdZs6XfDXXvpMtbeTwKa2CuTtI](https://www.researchgate.net/post/What_is_the_role_of_p-value_in_chi_square_test_of_difference?fbclid=IwAR2j8dGkKmsswlj6OLXkXZpcyo_xMMZG2rEdZs6XfDXXvpMtbeTwKa2CuTtI) (19.01.2019.)
39. URL 16: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cram%C3%A9r%27s\\_V](https://en.wikipedia.org/wiki/Cram%C3%A9r%27s_V) (19.01.2019.)
40. URL 17: <https://docbook.rasip.fer.hr> (19.01.2019.)
41. URL 18: <https://gospodarski.hr/nekategorizirano/precizna-poljoprivreda/> 20.01.2019.)

## 8. SAŽETAK

Primjena geografskog informacijskog sustava neophodna je za primjenu precizne poljoprivrede na poljoprivrednim gospodarstvima budući da GIS alati omogućavaju prikupljanje, obradu, analizu i prezentaciju podataka koji zatim imaju utjecaja na strategije gospodarenja i donošenje kvalitetnijih i pravovremenih odluka.

Korištenjem uređaja za navigaciju u poljoprivredi, uvelike se može uštedjeti na repromaterijalu. Osim ekonomskih čimbenika, veliki je utjecaj na zaštitu okoliša i smanjenje zagađenja tla i vode, a primjena također ima velik utjecaj na olakšanje rada rukovatelju stroja.

U ovom radu opisani su osnovni segmenti sustava za globalno pozicioniranje te princip rada, prikazano je i opisano sučelje navigacijskog uređaja *Trimble CFX-750* pomoću kojeg je obavljeno istraživanje na površinama tvrtke Jerković d.o.o.

Od svih sustava pomoću kojih smo obavili istraživanje najprecizniji sustav je CROPOS, zatim slijedi bazna stanica koja također ima vrlo visoku točnost, nakon bazne stanice slijedi SBAS sustav koji nema preciznost kao prethodni sustavi ali se može koristiti u poljoprivredi. Mobitel kao posljednji još uvijek nema preciznost za korištenje u poljoprivredi.

Ključne riječi: navigacija, GIS, GNSS, *Trimble*, korekcijski signal, precizna poljoprivreda.

## 9. 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

Using agricultural navigation devices you can save plant protection products, mineral fertilizers, except economic factors, it has a major impact on environmental protection and the reduction of soil and water pollution, it also has a major impact on facilitating the operation of the machine operator. There are also shown possibilities of using navigation and GNSS in agriculture.

There is also described basic segments of the Global Positioning System and the operating principles. The interface of the *Trimble CFX 750* navigation device is shown and described, we used that navigation device to complete this research on the surfaces of Jerković D.o.o. company.

Of all the systems that we used for research on the most extensive system is CROPOS, followed by a base station that also has very high accuracy, after the base stations follow an SBAS system that does not have precision like the previous systems and also can be used in agriculture. The mobile phone as of the last one still lacks precision of use in agriculture.

Key words: navigation, GIS, GNSS, *Trimble*, correction signal, precision agriculture.

## 10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz tipičnih izvora pogreški i njihovih vrijednosti

Tablica 2. Karakteristike DJI *Phantom* 4 Pro V2.0

Tablica 3. Vrijednost *hi-kvadrat* (eng - *Chi square*)

Tablica 4. Prikaz odstupanja od aritmetičke sredine

## 11. POPIS SLIKA

1. Putanje satelita u zemljinoj orbiti
2. Zamišljena sfera jednog, dva i tri satelita
3. Položaj CROPOS referentnih stanica
4. SBAS – Satellite Based Augmentation System
5. Pokrivenost sustava
6. Prikaz sustava satelita Galileo
7. “on land” oranje uz pomoć navigacijskog sustava
8. Dopunska obrada tla kombinatorom uz pomoć navigacije
9. Sjetva noću uz pomoć navigacije i autopilota
10. VRT gnojidba uz pomoć navigacijskog uređaja
11. Razdjeljivači s dodirnim tipkalima
12. Lasersko upravljanje kombajnom
13. *Trimble CFX-750*
14. Prikaz USB ikonice na zaslonu
15. Prva stranica nakon paljenja uređaja
16. Navigacijski izbornik
17. Izbornik postavki
18. Ikonice za promjenu perspektive
19. Svjetlosna traka
20. EZ - Remote upravljač
21. Izbornik podatci
22. *DJI Phantom 4 Pro V2.0*
23. Tvrtka Jerković D.o.o
24. Područje istraživanja
25. *Trimble R8s*
26. Kvadratni marker
27. AMC aplikacija, parametri prijavljenog leta
28. Plan leta DroneDeploy
29. Postavljanje parametara leta
30. Sučelje aplikacije
31. Kretanje traktora po bijeloj liniji na cesti
32. Prikaz usporedbe preciznosti uređaja pomoću referentnih linija

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij, Mehanizacija

Diplomski rad

Ispitivanje preciznosti GNSS pozicioniranja i navigacije poljoprivrednog traktora

Marijo Agatić

## 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. Korištenjem uređaja za navigaciju u poljoprivredi, uvelike se može uštedjeti na repromaterijalu. Osim ekonomskih čimbenika, veliki je utjecaj na zaštitu okoliša i smanjenje zagađenja tla i vode, te također ima velik utjecaj na olakšanje rada rukovaoca stroja. Prikazane su i mogućnosti korištenja navigacije u poljoprivredi to jest agrotehničke mjere koje možemo raditi uz pomoć navigacijskih uređaja i GNSS signala. U ovom radu su također opisani osnovni segmenti sustava za globalno pozicioniranje i princip rada, prikazano je i opisano sučelje navigacijskog uređaja *Trimble CFX 750* pomoću kojeg smo obavili ovo istraživanje na površinama tvrtke Jerković D.o.o. Od svih sustava pomoću kojih smo obavili istraživanje najprecizniji sustav je CROPOS, zatim slijedi bazna stanica koja također ima vrlo visoku točnost, nakon bazne stanice slijedi SBAS sustav koji nema preciznost kao prethodni sustavi ali se može koristiti u poljoprivredi. Mobitel kao posljednji još uvijek nema preciznost za korištenje u poljoprivredi.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak

**Broj stranica:** 46

**Broj slika:** 32

**Broja tablica:** 4

**Broj literaturnih navoda:** 41

**Broj priloga:** -

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** navigacija, GIS, GNSS, , *Trimble*, korekcijski signal, precizna poljoprivreda

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak, mentor
3. Dorijan Radočaj, mag. ing. geod. et geoinf., član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1.



# BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
University Graduate Studies, Mechanization

Graduate thesis

Testing precision of GNSS positioning and navigation of agricultural tractor  
Marijo Agatić

## Abstract:

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.

Using agricultural navigation devices you can save plant protection products, mineral fertilizers, except economic factors, it has a major impact on environmental protection and the reduction of soil and water pollution, it also has a major impact on facilitating the operation of the machine operator. There are also shown possibilities of using navigation and GNSS in agriculture. There is also described basic segments of the Global Positioning System and the operating principles. The interface of the *Trimble CFX 750* navigation device is shown and described, we used that navigation device to complete this research on the surfaces of Jerković D.o.o. company. Of all the systems that we used for research on the most extensive system is CROPOS, followed by a base station that also has very high accuracy, after the base stations follow an SBAS system that does not have precision like the previous systems and also can be used in agriculture. The mobile phone as of the last one still lacks precision of use in agriculture.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak

**Number of pages:** 46

**Number of figures:** 32

**Number of tables:** 4

**Number of references:** 41

**Number of appendices:** -

**Original in:** Croatian

**Key words:** navigation, GIS, GNSS, , *Trimble*, correction signal, precision agriculture,

**Thesis defended on date:**

## Reviewers:

1. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, president
2. izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak, mentor
3. Dorijan Radočaj , mag. ing. geod. et geoinf, member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1.