

Uporaba suvremenih sistema navođenja i inteligentnih rješenja kod osnovne obrade tla

Štivičić, Hrvoje

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:654837>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



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

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Hrvoje Štivičić

Preddiplomski sveučilišni studij

Smjer: Mehanizacija

**Uporaba suvremenih sistema navođenja i inteligentnih rješenja kod
osnovne obrade tla**

Završni rad

Osijek, 2024.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Hrvoje Štivičić

Preddiplomski sveučilišni studij

Smjer: Mehanizacija

**Uporaba suvremenih sistema navođenja i inteligentnih rješenja kod
osnovne obrade tla**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

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

Osijek 2024.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

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

Završni rad

Hrvoje Štivičić

Uporaba suvremenih sistema navođenja i inteligentnih rješenja kod osnovne obrade tla

Sažetak:

Cilj rada bio je istražiti uporabu različitih sustava navođenja i inteligentnih rješenja pri osnovne obrade tla. Sustavi upravljanja imaju značajan pozitivan utjecaj na osnovnu obradu podataka, poboljšavajući produktivnost, preciznost i fleksibilnost poslovanja. Unatoč izazovima, njihova pravilna implementacija i kontinuirana optimizacija mogu dovesti do značajnih unapređenja u poslovnim procesima. Navigacijski sustavi imaju značajan potencijal za unapređenje osnovne obrade podataka. Njihova uporaba donosi brojne prednosti u pogledu preciznosti i učinkovitosti, ali postoje i određeni izazovi poput visokih troškova. Buduća istraživanja trebala bi se fokusirati na razvoj jeftinijih i preciznijih navigacijskih rješenja. **Ključne riječi:** *Smart farming*, osnovna obrada, sustav navođenja, navođenje, kontrola upravljanja.

28 stranice, 20 slika, 12 literaturnih navoda

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

BASIC DOCUMENTATION CARD

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

Final work Faculty

Hrvoje Štivičić

Application of modern guidance systems and intelligent solutions in basic tillage

Summary:

The aim of the work was to investigate the use of different guidance systems and intelligent solutions in basic tillage. Management systems have a significant positive impact on basic data processing, improving productivity, precision and business flexibility. Despite the challenges, their proper implementation and continuous optimization can lead to significant improvements in business processes. Navigation systems have significant potential for improving basic data processing. Their use brings numerous advantages in terms of precision and efficiency, but there are also certain challenges like high income costs. Future research should focus on the development of cheaper and more accurate navigation solutions.

Keywords: Smart farming, basic processing, guidance system, guidance, management control

28 pages, 20 pictures, 12 references

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

Sadržaj

1. UVOD	1
2. SMART FARMING.....	2
2.1. Dron	2
2.2. <i>IoT</i>	3
2.3. Baza podataka	4
2.4. <i>BlockChain</i>	4
2.5. Umjetna inteligencija	5
3. OSNOVNA OBRADA TLA.....	6
3.1. Tehnika oranja.....	6
3.2. Oranja u ravnicu.....	6
3.3. Oranje na slogove.....	7
3.4. Razor	8
3.5. Figurno oranje	9
4. SUSTAV NAVOĐENJA	11
5. ASISTENCIJA PRI UPRAVLJANJU I AUTOMATSKO UPRAVLJANJE STROJEM.....	13
6. <i>JOHN DEERE</i> SISTEMI NAVOĐENJA	14
7.1. Manualno navođenje	16
7.2. Automatsko navođenje.....	17
7.2.1. AutoTrac Universal 200.....	17
7.2.2. AutoTrac Controller	17
7.2.3. Integriran AutoTrac.....	18
8. <i>CASE IH</i> SISTEMI NAVOĐENJA	20
9. <i>CLAAS</i> SISTEMI NAVOĐENJA	22
10. <i>DEUTZ FAHR</i> SISTEMI NAVOĐENJA	24
11. NAVOĐENJE I KONTROLA UPRAVLJANJA	25
12. PLANIRANJE PUTA I NAVIGACIJA.....	26
13. ZAKLJUČAK	28
14. LITERATURA.....	29

1. UVOD

Prema izračunima UN-a, do 2050. u svijetu će biti 9,7 milijardi ljudi, drugim riječima oko 2 milijarde više stanovnika koje treba hraniti nego 2020. Ovo povećanje, prema FAO-u - UNovoj agenciji za hranu i poljoprivredu treba ispuniti povećanjem poljoprivredne proizvodnje od 70 %.

Situacija predstavlja ozbiljan izazov za države članice UN-a u pogledu Agende 2030, a posebno SDG 2, čiji je cilj okončati glad u svijetu osiguravanjem pristupa svima, posebno siromašnima i ranjivima, uključujući bebe, zdravoj, hranjivoj hrani i dovoljno hrane tijekom cijele godine. I sve to ne zaboravljajući da je prehrambena industrija trenutno odgovorna za 30 % svjetske potrošnje energije i 22 % emisija stakleničkih plinova. Izazov, dakle, nije samo proizvesti više hrane, već to učiniti na održiv način.

Pametna poljoprivreda podrazumijeva korištenje novih tehnologija koje su se pojavile u osvit četvrte industrijske revolucije u područjima poljoprivrede i stočarske proizvodnje kako bi se povećala količina i kvaliteta proizvodnje, maksimalno iskoristavajući resurse i minimizirajući utjecaj na okoliš. Također, implementacija tehnologije u poljoprivredi i stočarskoj proizvodnji omogućit će povećanje sigurnosti hrane u cijelom svijetu (Izvor: <https://www.iberdrola.com/innovation/smart-farming-precision-agriculture>).



Slika 1. Pametna poljoprivreda

(Izvor: <https://www.iotworlds.com/wp-content/uploads/2022/12/iot-worlds-smart-farming.png>)

2. SMART FARMING

Među tehnologijama koje revolucioniraju sadašnjost i koje će definirati budućnost poljoprivrede, najznačajnije su:

2.1. Dron

Dron pojednostavljuje zadatke nadzora za farme tako što mogu pokriti stotine hektara u jednom letu, prikupljajući, zahvaljujući infracrvenoj tehnologiji, multispektralne slike i širok izbor informacija o stanju zemlje, potrebama za navodnjavanjem, rastu usjeva, postojanju patogena, a u slučaju goveda, broj životinja, njihovu težinu i moguće anomalije poput hromosti ili neobičnih pokreta.

Upotreba dronova u poljoprivredi je sve veća, a samim razvojem tehnologije, dolazi do specijalizacije. Dronovi, koji su u ovom momentu u upotrebi, dolaze u raznim veličinama. Oni manji s svojim jakim kamerama prikupljaju informacije, koje se obrađuju i pružaju podršku poljoprivredniku. Oni veliki pružaju uslugu obilaska i prskanja nasada. Razvijem tehnologija, njihova upotreba bit će sve veća.

Veliki dron s sustavom za prskanje je uistinu nešto neobično za vidjeti. Njegove dimenzije odmah govore da se radi o stroju, koji ima visoko profesionalnu ulogu. Ovo su neki od njegovim parametara: promjer od gotovo 2 m, niz velikih elisa, spremnik za 30 l otopine, mlaznice na bočnim stranama. Sama baterija je za sada nedostatak, jer dron može letjeti svega 8 min, ali sa svakim novim modelom dolazi do poboljšanja. Sama masa drona s punim spremnikom i baterijom je nekih 60-tak kg. Širina zahvata u prskanju je 9 m.

Dronovi su se pokazali kao izuzetno korisni u poljoprivredi, nudeći brojne prednosti i mogućnosti koje pomažu poljoprivrednicima u poboljšanju prinosa, optimizaciji resursa i smanjenju troškova. Uporabom dronova u poljoprivredi predstavlja jedan od najznačajnijih napredaka u poljoprivrednoj tehnologiji, omogućavajući efikasniju, održiviju i produktivniju poljoprivrednu praksu (Izvor: <https://www.iberdrola.com/innovation/smart-farming-precisionagriculture>).



Slika 2. Dron u poljoprivredi

(Izvor: https://rolify.com/wp-content/uploads/2023/12/caver_1701432096-768x432.jpg)

2.2. IoT

Internet stvari omogućuje optimiziranje nadzora farmi, uglavnom putem pametnih senzora koji mogu mjeriti sve, od sunčevog zračenja do vlage u lišću i promjera stabljike ili temperature svake životinje u slučaju stoke, što olakšava sve vrste upravljačkih odluka.

Glavna prednost Internet stvari je njegoa velika mogućnost povezivanja. Pomoću Internet stvari može se uspješno pratiti i upravljati složenim energetska sustavima. Samim time poboljšava se energetska učinkovitost, postiže se bolja sinkronizacija različitih energetskih sustava i poboljšava se ekonomski aspekt. Bolja upotreba i umrežavanje različitih prikupljenih podataka moglo bi dovesti do primjetnih poboljšanja učinkovitosti, uštede energije, poboljšane sigurnosti, poboljšanog održavanja opreme i konačno općenito poboljšanog rada uređaja u različitim primjenama.

Pretpostavlja se da će do 2050. godine populacija doći do 9,6 milijardi ljudi. Poljoprivreda mora svladati izazove kao što su klimatske promjene, ekstremni vremenski uvjeti i utjecaj na okoliš. Kako bi se povećala produktivnost potrebno je koristiti inovativnu tehnologiju i Internet stvari. Iot uređaji mogu biti od velike pomoći u povećanju proizvodnje i prinosa u poljoprivrednoj proizvodnji. Mogu se koristiti za praćenje razine kiselosti tla, temperature i drugih varijabli. Štoviše, pametna poljoprivreda će pomoći u praćenju produktivnosti stoke i zdravlja (Izvor:

<https://gospodarski.hr/rubrike/mehanizacija/novi-sustavi-u-poljoprivredi-za-optimiziranuinteligentnu-i-odrzivu-poljoprivredu-s-vecom-ucinkovitoscu/>).

2.3. Baza podataka

Zahvaljujući sposobnosti velikih podataka da analiziraju goleme količine podataka, farmeri mogu upravljati svim informacijama dobivenim od bespilotnih letjelica, Interneta stvari i drugih mjernih instrumenata te ih integrirati s povijesnim informacijama za farmu i vremenskim podacima, kako bi optimizirati sve faze proizvodnog procesa.

Povezanost s Arkod sustavom omogućuje brzi unos zemljišta, a baze podataka Agroklub-a (sredstva za zaštitu bilja, mineralna sredstva, sadni materijal) jednostavno i precizno definiranje svake pojedine aktivnosti na nasadu.

Evidentiraju se resursi (zemljišta, mehanizacija, djelatnici), pojedini nasadi (sadnja/sjetva), proizvodne aktivnosti (zaštita, gnojidba, obrada tla...) i rezultati godine (berba/žetva). Vinarima smo omogućili i propisane podrumske evidencije.

Danas *eGAP* aplikaciju za dokumentiranje poljoprivredne proizvodnje koriste brojni poljoprivrednici u biljnoj proizvodnji. Program je prilagođen svakoj pojedinoj djelatnosti i vodi brigu o tome da zadovoljite sve zahtjeve koje tržište i regulator traže. Uporabom *eGAP* aplikacije može značajno unaprediti poljoprivrednu praksu, omogućavajući poljoprivrednicima da iskoriste prednosti digitalne tehnologije za efikasnije i održivije upravljanje poljoprivrednom proizvodnjom.

Evidencije o primjeni sredstava za zaštitu bilja i gnojivima (nitratna direktiva), dokumentacija za IAKS mjere, sljedivost i transparentnost prema principima konvencionalne, integrirane i ekološke proizvodnje kao i GlobalGAP certifikacije - sve unutar jedne aplikacije (Lamešić i sur., 2019.).

2.4. BlockChain

Kako se globalno tržište sve više razvija tako i proizvođači nailaze na sve veće izazove. Opstanak u tržišnom okruženju velikog broja konkurenata zahtijeva prilagodbu, ali i praćenje novih tehnologija. *Blockchain* tehnologija omogućava razvoj sustava koji mogu zadovoljiti

potrebe današnjeg tržišta. Cilj rada je analiza mogućnosti primjene *blockchain* tehnologije u poljoprivredi te davanje prijedloga korištenja iste u poljoprivredi Republike Hrvatske. Mogući segmenti primjene *blockchaina* u poljoprivredi Republike Hrvatske su prilikom isplate državnih potpora, kod potpisivanja kooperantskih ugovora s otkupljivačima, pri implementaciji pametnih ugovora, te kod korištenja novih uređaja i senzora kao što su IoT uređaji.

Omogućuje praćenje usjeva i stoke od rasta do predaje dobavljačima, poboljšavajući, primjerice, opskrbnog lanca. Korištenjem ove tehnologije, ako uvezeno pšenice ili kukuruz otruje potrošače, lako se može ući u trag izvoru epidemije i povući samo zaražene proizvode, umjesto zabrane uvoza pšenice ili kukuruza iz cijele zemlje podrijetla.

Implementacija *blockchain* tehnologije u poljoprivredi može značajno poboljšati transparentnost, sigurnost, učinkovitost i održivost. Ova tehnologija omogućuje poljoprivrednicima i drugim sudionicima u opskrbnom lancu bolje upravljanje resursima, smanjenje rizika i povećanje povjerenja potrošača (Lamešić i sur., 2019.).

2.5. Umjetna inteligencija

U poljoprivredi se umjetna inteligencija i robotizacija koriste uglavnom za tumačenje slika polja i primjenu mineralnih sredstava i pesticida s velikom preciznošću ili za borbu protiv korova.

Umjetna inteligencija može analizirati velike količine podataka o tlu, klimi, usjevima, navodnjavanju i drugim faktorima kako bi pomogla poljoprivrednicima u donošenju informiranih odluka o uzgoju, a na putu »od polja do stola« sve se više primjenjuje i u prehrambenoj industriji.

Primjena umjetne inteligencije u poljoprivredi donosi značajna poboljšanja u pogledu učinkovitosti, produktivnosti i održivosti. Ove tehnologije omogućuju poljoprivrednicima da preciznije upravljaju svojim resursima, donose informirane odluke i odgovore na izazove moderne poljoprivrede. Integracija umjetne inteligencije s postojećim praksama može transformirati poljoprivrednu industriju, čineći je inovativnijom i otpornijom na promjene i izazove (Lamešić i sur., 2019.).

3. OSNOVNA OBRADA TLA

Osnovna obrada tla obuhvaća obradu strništa i naknadnu duboku obradu tla za glavnu kulturu, a što može biti oranje ili podrivanje. Cilj osnovne obrade tla je stvaranje takve strukture tla koja će omogućiti najpovoljnije uvjete za rast i razvoj biljaka, sa uravnoteženim omjerom vode, zraka i tla. Postupcima: oranje, podrivanja, rigolanje, dubinsko rahljenje, posebni načini, primjena eksploziva.

Osnovna obrada: ima zadatak zahvatiti masu tla do dubine do koje će se razvijati glavna masa korijenja i dio u koji će doći sjeme i osigurati uvjete za procese klijanja, nicanja, rasta i razvoja. Strojevi za osnovnu obradu tla su plugovi, rigoleri, podrivači i dr.

Oranje je najčešći način osnovne agrotehničke obrade tla. Obavlja se plugom pri čemu plužno tijelo reže dio cjelice, podiže brazdu, premješta ju u stranu, preokreće i odlaže na prethodnu brazdu. Uslijed rezanja, pritiska i ubrzanja brazda se mrvi i preokreće, formirajući tako mekotu (I. Jug i sur., 2015.).

3.1. Tehnika oranja

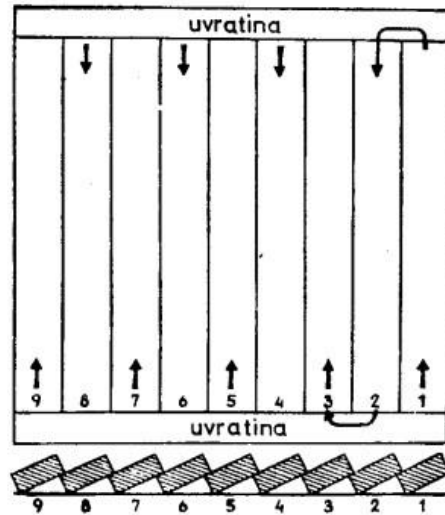
Tehnika oranja ili tehnika slaganja brazdi pri oranju. Ovisi o: reljefu, svojstvima tla, vodnim prilikama, klimi, vučnoj sili, vrsti pluga, veličini i obliku parcele.

Oranje može biti:

- oranje u ravnici
- oranje u slogove
- figurno oranje
- oranje na grebenove
- oranje na sistematiziranim terenima u ravnici i nagibu

3.2. Oranja u ravnici

Sve se brazde polažu na jednu stranu, a koriste se premetnjaci. Svake se godine mijenja strana polaganja brazde. Nema gubitka površine Pogodno: za ravnice, tla bolje dreniranosti, u manje vlažnoj klimi (I. Jug i sur., 2015.).



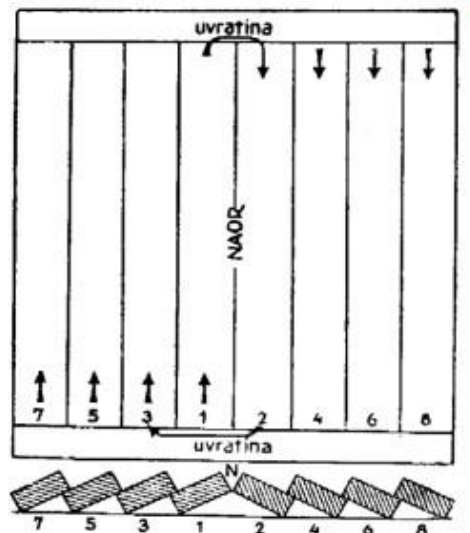
Slika 3. Shema oranja u ravnicu

(I. Jug i sur., 2015.).

3.3. Oranje na slogove

Za sva tla, posebice u vlažnoj klimi i na nagnutim terenima, za klasične plugove, s polaganjem plastice u desno. Dijeli se na: Naoravanje i Razoravanje

Naoravanje počinje u sredini sloga. Najprije “otvaranje” brazde, pa naor, da ne ostane neizoranog dijela (korov, zbijeno tlo) Dalje se ore uobičajeno, polaganjem brazde u desno U sredini nastaje “NAOR” – malo uzdignuće (I. Jug i sur., 2015.).

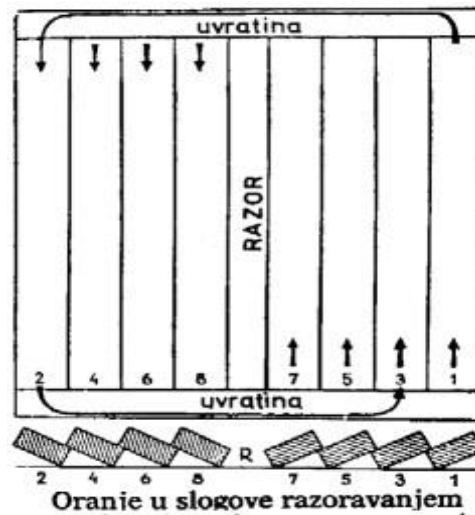


Slika 4. Shema oranja na slogove

(I. Jug i sur., 2015.).

3.4. Razor

Razor predstavlja gubitak površine, ali u humidnijim prilikama služi za odvodnju. Razoravanjem i naoravanjem dobiju se slogovi. Kao povoljna širina smatra se ne više od 20-25 m (80-130 brazda), ovisno o dužini parcele i svojstvima tla. Dužina sloga: U strojnoj obradi za manje agregate 600-700 m, a jače strojeve 1000 m. Kombinacija dužine i širine sloga: 400 m → 20-30 m 1000 m → 50-60 m. Na kraju sloga: UVRATINA. Njena širina ovisi o duljini i širini agregata. Važno: Razori i naori se za svako slijedeće oranje smjenjuju. Kao povoljna širina smatra se ne više od 20-25 m (80-130 brazda), ovisno o dužini parcele i svojstvima tla. Dužina sloga: U strojnoj obradi za manje agregate 600-700 m, a jače strojeve 1000 m. Kombinacija dužine i širine sloga: 400 m → 20-30 m 1000 m → 50-60 m. Na kraju sloga: UVRATINA. Njena širina ovisi o duljini i širini agregata. Važno: Razori i naori se za svako slijedeće oranje smjenjuju (I. Jug i sur., 2015.).

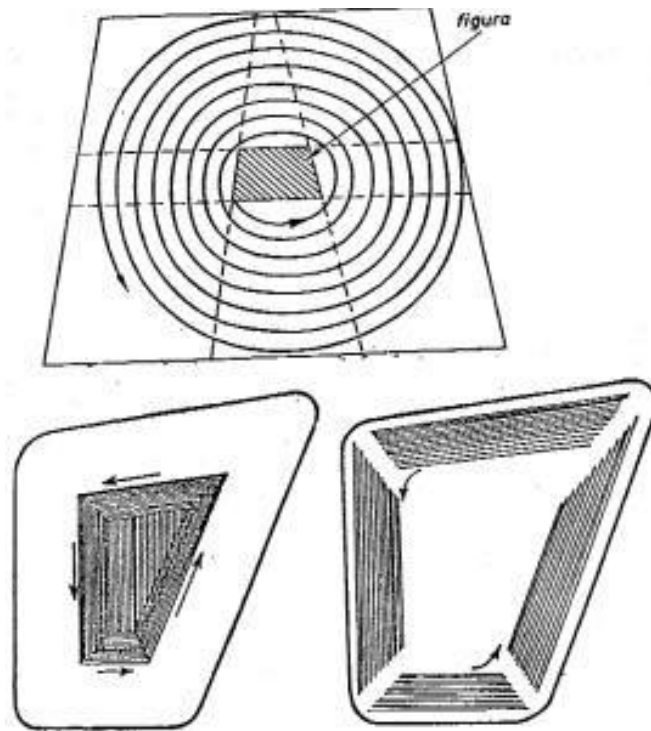


Slika 5. Shema oranja na razor

(I. Jug i sur., 2015.).

3.5. Figurno oranje

Figurno oranje početak u primjeni parnog stroja, na velikim površinama, propusnim tlima, u manje vlažnoj klimi. U sredini table nekim se od načina izore “figura” (odatle naziv) i oko nje obaviti oranje u krug. Ostatak na uglovima izorati uobičajeno. Uvratine se uvijek oru posljednje (I. Jug i sur., 2015.).



Slika 6. Skica figurnog oranja

(I. Jug i sur., 2015.).

4. SUSTAV NAVODENJA

Novi sustavi navođenja i različita inteligentna rješenja mogu uvelike poboljšati učinkovitost, točnost i održivost mjera. Neke preporuke uključuju:

Precizna dinamika obrade tla, sustav navođenja – *GPS* set ugrađen u traktor koji pomaže poljoprivrednicima ne samo da voze točno u stalnom redu, smanjujući utrošeno vrijeme i općenito rade bolje tijekom rada, već i kultiviraju samo tamo gdje je potrebno, što minimizira curenje tla i čuva njegovu strukturu.

VRT ili Variable Rate Technology — *VRT* procjenjuje podatke iz karata tla i, u nekim slučajevima – karata prinosa, te primjenjuje jači ili blaži pritisak na jedno ili drugo područje polja. Ovaj više ili manje inteligentan stroj podešava dubinu, brzinu i postavke stroja u hodu prilagođavajući se uvjetima na terenu i trošeći manje s jednakim ili boljim učinkom na uobičajeni rad.

Odlučivanje temeljeno na podacima: Integracija inteligentnih rješenja s operacijama obrade tla omogućuje poljoprivrednicima prikupljanje i analizu podataka koji se odnose na vlažnost tla, razine hranjivih tvari, zbijanje i druge čimbenike. Ovaj pristup temeljen na podacima omogućuje poljoprivrednicima donošenje informiranih odluka o praksama obrade tla, što dovodi do boljih prinosa, očuvanja resursa i uštede troškova.

Autonomna obrada tla: napredak u robotici i automatizaciji doveo je do razvoja autonomnih sustava obrade tla. Ovi sustavi koriste senzore, kamere i algoritme umjetne inteligencije za navigaciju poljima, otkrivanje prepreka i obavljanje zadataka obrade tla bez ljudske intervencije. Autonomna obrada tla ne samo da smanjuje zahtjeve za radnom snagom, već također osigurava rad 24 sata dnevno, omogućujući poljoprivrednicima da optimiziraju svoje vrijeme i resurse.

Prakse konzervirajuće obrade tla: Inteligentna rješenja za obradu tla mogu promovirati prakse konzervacijske obrade tla kao što su no-till ili smanjena obrada tla. Smanjivanjem ometanja tla, ove prakse pomažu u očuvanju zdravlja tla, sprječavaju eroziju, zadržavaju vlagu i izdvajaju ugljik. Sustavi za navođenje igraju ključnu ulogu u preciznoj sadnji usjeva u neobrađeno tlo, osiguravajući pravilno postavljanje sjemena i nicanje.

Integracija s drugim tehnologijama: moderni sustavi navođenja i inteligentna rješenja mogu se neprimjetno integrirati s drugim poljoprivrednim tehnologijama kao što su precizne sadilice,

prskalice i senzori. Ova integracija omogućuje holistički pristup poljoprivredi, gdje su operacije obrade tla sinkronizirane s drugim zadacima tijekom vegetacije, maksimizirajući ukupnu učinkovitost i produktivnost.

Sve u svemu, integracija modernih sustava navođenja i inteligentnih rješenja u osnovne prakse obrade tla predstavlja značajnu priliku za poljoprivrednike da poboljšaju svoje poslovanje, povećaju profitabilnost i promiču održivu poljoprivredu (Izvor: <https://eos.com/blog/precisionagriculture/>).

5. 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.

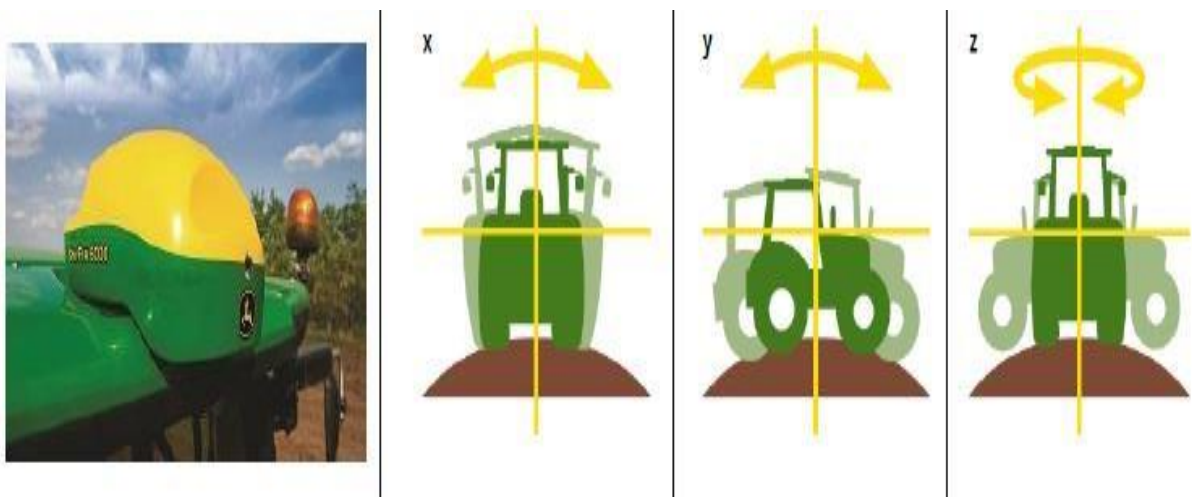
Automatsko upravljanje poljoprivrednim strojem

Asistencija prilikom upravljanja poljoprivrednim strojem očituje se ručnim ispravljanjem putanje agregata u prohodu 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 vratinama 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 (Crnekovic, 2015.).

6. JOHN DEERE SUSTAVI NAVOĐENJA

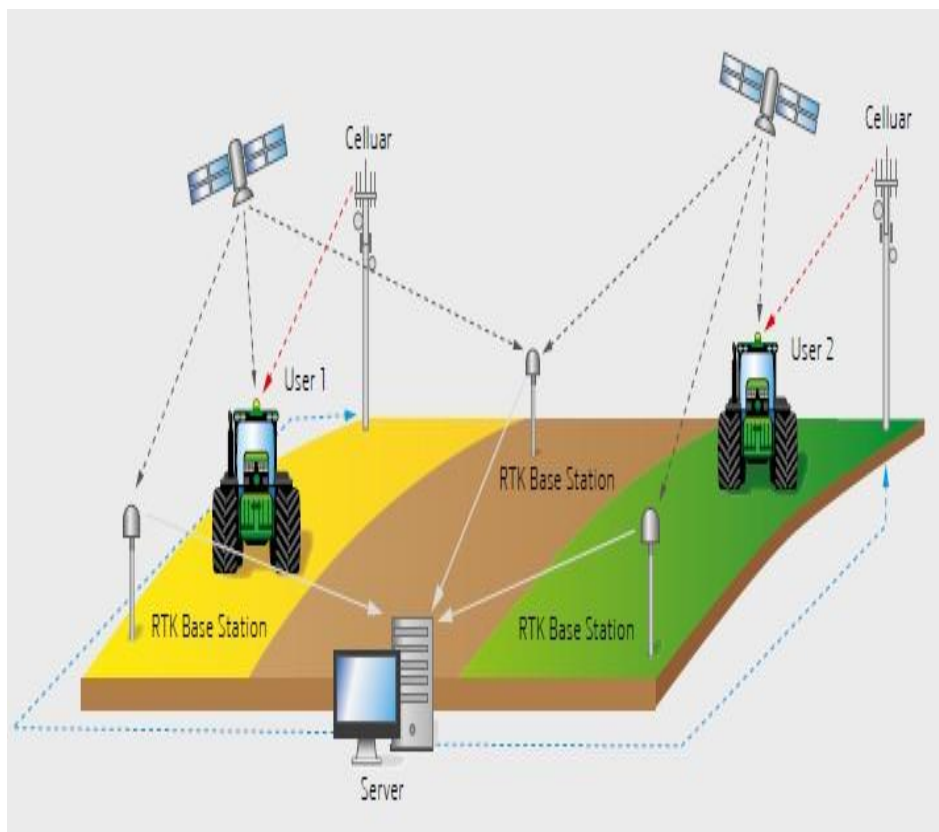
John Deere nudi proizvod za navođenje i upravljanje pod nazivom *AutoTrac*TM, koristeći *NavCom*TM (John Deere) *StarFire*TM GNSS sustav navođenja (John Deere, 2017.). Sustav za navođenje *StarFire*TM nudi niz točnosti pozicioniranja koje se mogu odabrati na temelju aplikacije, korištenjem informacija o korekciji satelitskog emitiranja ili kinematičkog (*RTK*) pozicioniranja u stvarnom vremenu koje pruža točnost od $\pm 2,5$ cm. Novi sustav *StarFire*TM 6000 koji koristi korekcije satelitskog emitiranja SF3 uz točnost od ± 3 cm (John Deere, 2017.). Sustavi za navođenje također su opremljeni modulom za kompenzaciju terena (*TCM*), koji koristi senzore za otkrivanje nagiba, naginjanja i skretanja vozila i kompenzaciju kako bi se osiguralo točno pozicioniranje traktora na tlu.

RTK diferencijalne korekcije također se mogu emitirati korištenjem *Mobile RTK* modema. Sustav *iGuide* pruža navođenje priključka kako bi se osiguralo da je priključak pravilno postavljen pod opterećenjem i tijekom rada na padinama. *GPS* (*StarFire*TM) montiran je na stroj i priopćava položaj stroja sustavu za navođenje *AutoTrac*TM, koji prilagođava navođenje traktora kako bi kompenzirao i održao ispravan položaj stroja. Sustav *iSteer* pruža aktivno vođenje priključka gdje se hidraulika instalirana na priključku koristi za aktivno fino podešavanje položaja (Craig P. Baillie 2018.).



Slika 7. *StarFire*TM 6000 sustav navođenja i kompenzacija terena

(Craig P. Baillie, 2018.)



Slika 8. Mobilne RTK korekcije korištenjem 3G/4G komunikacije

(Craig P. Baillie, 2018.)



Slika 9. Uporaba John Deere suvremenih tehnologija u poljoprivredi

(Izvor: <https://www.deere.hr/assets/images/region-2/campaigns/s7-series/s7-wsatellite-r2g075093-large.jpg>)

7.2. Automatsko navođenje

7.2.1. *AutoTrac Universal 200*

Univerzalni je komplet za upravljanje tvrtke *John Deere* vidljiv na slici 11. dizajniran za automatizirano upravljanje za različite poljoprivredne strojeve, povećavajući preciznost i učinkovitost poljoprivrednih operacija. Može se ukloniti, laka ugradnja te je kompatibilan s više od 300 vrsta i modela (Izvor: <https://www.deere.com/en/index.html>).



Slika 11. *AutoTrac Universal 200*

(Izvor: https://www.deere.com/assets/images/region-4/products/precision-ag-technology/guidance/autotracuniversal/autotrac_universal_gpc_small_a34f1bc08b85e3f55a46c827ba46f04e7b6041aa.jpg)

7.2.2. *AutoTrac Controller*

AutoTrac Controller vidljiv na slici 12. je još jedna komponenta *John Deere* automatiziranih sustava upravljanja, pružajući poboljšanu preciznost i pogodnost za razne vrste poljoprivrednih strojeva (Izvor: <https://www.deere.hr/hr/index.html>).



Slika 12. *AutoTrac Controller*

(Izvor: <https://i.ebayimg.com/images/g/AEsAAOSwIXJj0SD/s-l1200.jpg>)

7.2.3. Integriran *AutoTrac*

"Integriran *AutoTrac*" odnosi se na integriranu verziju sustava *AutoTrac* tvrtke *John Deere*, koji je dizajniran da se neprimjetno ugradi u strojeve za automatizirano upravljanje i navođenje. Ovaj je sustav obično integriran izravno u sustav upravljanja vozila, pružajući visoku razinu točnosti i pouzdanosti bez potrebe za dodatnom hardverskom instalacijom kao što je *AutoTrac Universal*.

Prednosti integriranog *AutoTraca*, preciznost: Visoka točnost i ponovljivost zahvaljujući integraciji sa sustavom upravljanja vozila, pogodnost: Nema potrebe za dodatnom instalacijom hardvera, što olakšava korištenje, učinkovitost: Smanjuje umor operatera i poboljšava učinkovitost na terenu automatiziranjem zadataka upravljanja. Kompatibilnost: besprijekorna integracija s drugim *John Deere* tehnologijama i sustavima za poboljšane mogućnosti precizne poljoprivrede (Izvor: <https://www.deere.hr/hr/index.html>).



Slika 13. Integriran *AutoTrac*

8. CASE IH SUSTAVI NAVOĐENJA

Case IH je jedan vodeći proizvođač poljoprivredne opreme koji nudi napredne sustave navođenja i automatizacije za optimizaciju obrade tla i drugih poljoprivrednih aktivnosti. Njihovi sustavi za navođenje dizajnirani su kako bi poboljšali preciznost, smanjili troškove i povećali učinkovitost poljoprivrednih operacija. Evo nekoliko ključnih komponenti i značajki *Case IH* sustava navođenja. *Case IH* koristi *AFS* tehnologiju koja omogućava precizno navođenje, automatsko upravljanje i prikupljanje podataka. Ovi sustavi omogućuju preciznu obradu tla, sjetvu, gnojidbu i žetvu. *Case IH* nudi *GPS* sustave za navođenje koji koriste satelitske signale za precizno pozicioniranje strojeva na polju. *RTK* navođenje omogućava iznimno visoku točnost (do 2,5 cm), što je ključno za operacije koje zahtijevaju maksimalnu preciznost. Sustavi za automatsko upravljanje omogućuju traktorima i drugim strojevima autonomno slijediti unaprijed definirane rute. Ovi sustavi smanjuju umor operatera, povećavaju produktivnost i preciznost (Izvor: <https://www.caseih.com/en-gb/europe/products/precisiontechnology/afs-connect>).

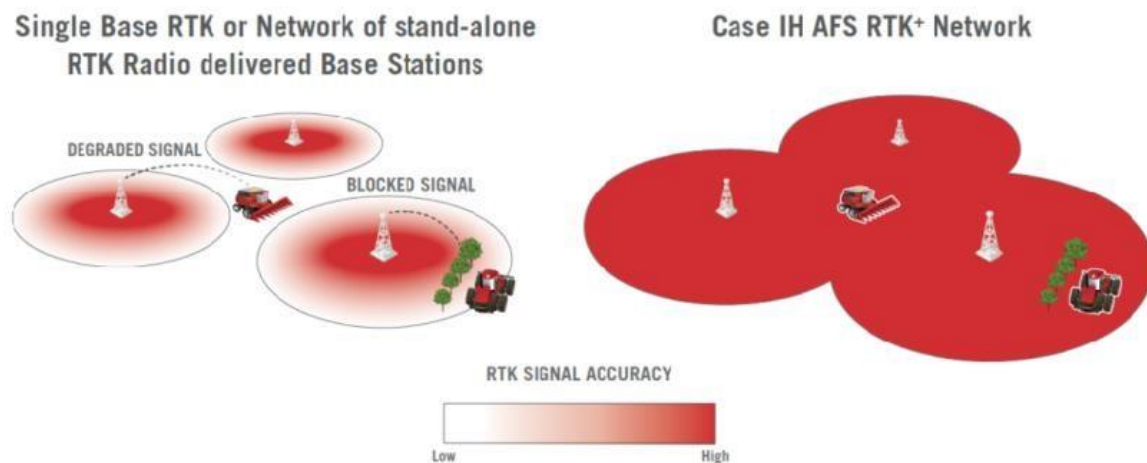


Slika 14. *Case IH* upotreba upotreba moderne tehnologije u poljoprivredi

(Izvor: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=>)

Rješenja za navođenje *Case IH Advanced Farming Systems (AFS)* i *Precision Land*

Management (PLM) tvrtke New Holland su Trimble® sustavi (*AccuGuide™*, *AutoPilot™* i *Intellisteer™*) i nude niz usluga GNSS prijemnika i satelitskih diferencijalnih korekcija dostupnih od Trimble® npr. *Omnistar®* i Trimble (*Centerpoint™ RTX™* i *Rangepoint™ RTX™*). *Case IH* je nedavno izdao vlasničku uslugu RTK korekcije (*AFS RTK+*) u SAD-u i Kanadi, koja koristi mrežu RTK baznih stanica instaliranih od strane trgovaca, a ispravke emitira putem mobilne telefonske mreže. Sustavi za navođenje također pružaju kompenzaciju terena za ispravljanje mjerenja položaja na tlu na temelju nagiba, nagiba i skretanja vozila. Sustav *AutoPilot™* omogućuje izravnu integraciju unutar Elektro hidrauličkog kruga za kontrolu upravljanja (Craig P. Baillie, 2018.).



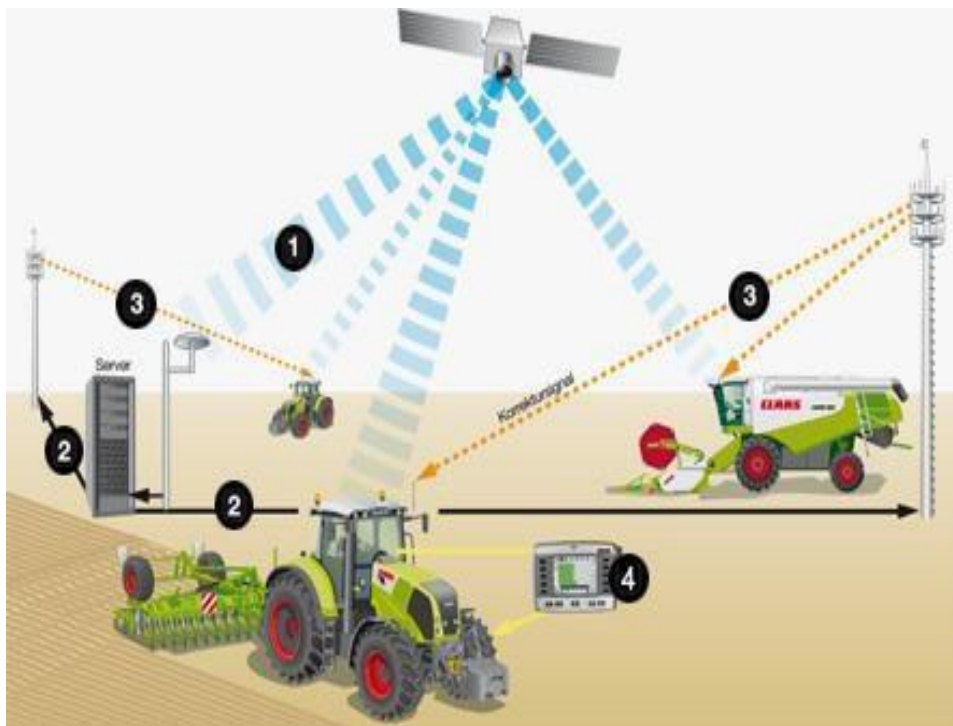
Slika 15. *Case RTK* usluga ispravka

(Craig P. Baillie, 2018.)

9. CLAAS SUSTAVI NAVODENJA

Claas je jedan poznati proizvođač poljoprivredne opreme koji nudi napredne navigacijske sustave za optimizaciju obrade tla i drugih poljoprivrednih aktivnosti. Njihovi sustavi za navođenje dizajnirani su kako bi povećali preciznost, učinkovitost i produktivnost. *Claas telematics* sustav za prikupljanje, prijenos i analizu podataka u stvarnom vremenu. Ovaj sustav omogućava poljoprivrednicima praćenje rada strojeva, analizu performansi i optimizaciju radnih procesa. Claas nudi rješenja za preciznu poljoprivredu koja uključuju korištenje podataka za optimizaciju resursa i povećanje prinosa. Ovi sustavi omogućavaju prilagodbu obrade prema specifičnim potrebama različitih dijelova polja. Od opreme koje Claas nudi u svojoj ponudi su *CLAAS GPS PILOT* takozvani automatski sustav upravljanja koji koristi GPS za precizno vođenje strojeva. *CLAAS AUTO PILOT* sustav za autonomno vođenje kombajna i drugih strojeva. *CLAAS TELEMATICS* sustav za daljinski nadzor i upravljanje strojevima, koji omogućava prikupljanje podataka u stvarnom vremenu. *ISOBUS TERMINAL* centralizirana upravljačka jedinica koja omogućava jednostavno upravljanje svim funkcijama stroja i priključaka (izvor: <https://www.claas.hr/proizvodi/proizvodi/digitalna-rjesenja>).

CLAAS sustavi za automatsko upravljanje su *GPS PILOT S3* i *GPS PILOT FLEX*. *GPS PILOT S3* koristi integriranu kontrolu upravljanja, a *GPS PILOT FLEX* koristi elektronički nastavak za upravljač. Oba sustava koriste navigacijske kontrole koji ima senzore za kompenzaciju kretanja vozila kao što su nagib, skretanje i bočno pomicanje (kompenzacija terena). Brojne opcije diferencijalnog *GPS* korekcijskog signala dostupne su sa *CLAAS* sustavima uključujući satelitske signale (*EGNOS*, *OMNISTAR HP/XP/G2*), *BASELINE HD*, koji koristi mobilnu referentnu stanicu (radio kratkog dometa) i *RTK* sustave uključujući *RTK NET*, koji mogu dati ispravke korištenjem mobilne telefonske mreže (Craig P. Baillie, 2018.).



Slika 16. CLAAS diferencijalne GNSS korekcije pomoću RTK NET-a

(Craig P. Baillie, 2018.)



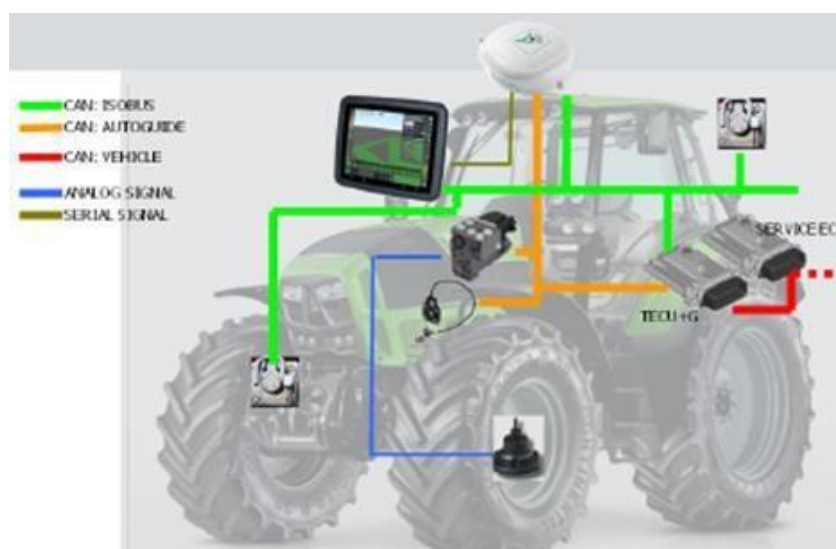
Slika 17. Upotreba moderne tehnologije u poljoprivredi

(<https://cdn.claas.com/app/2023/digital-story/images/teaser-smartfarming.jpg>)

10. DEUTZ FAHR SISTEMI NAVODENJA

Deutz-Fahr koristi napredne *GPS* tehnologije za precizno navođenje traktora i poljoprivrednih strojeva. Ovi sustavi omogućuju točno pozicioniranje strojeva na polju, smanjujući preklapanja i praznine tijekom obrade tla. Sustavi automatskog upravljanja omogućuju traktorima da autonomno slijede unaprijed definirane rute. To značajno smanjuje umor vozača i povećava učinkovitost obrade. *Deutz-Fahr* strojevi često dolaze s *ISOBUS* kompatibilnošću, što omogućuje besprijekornu komunikaciju između traktora i raznih priključaka i dodataka. Ovo omogućava centralizirano upravljanje i nadzor nad svim aspektima obrade tla (Izvor: <https://www.deutz-fahr.com/en-nd/precision-farming>)

Deutz Fahr se udružio s *TopConom* kako bi osigurao svoje sustave za automatsko navođenje traktora, nazvane *Agrosky*. *GPS* opcije su *RTK*, *HP* (visoke performanse) i *DGPS*. Preko *Agrosky auto steer* sustava, korisnik može unaprijed isplanirati staze za pokrivanje nepravilnih oblika polja, omogućavajući ortogonalne, dijagonalne i kružne transekte. Slika 18. prikazuje podatkovni komunikacijski sustav za automatsko upravljanje na traktoru *Deutz Fahr*. S *Deutz Fahr Agrosky Performance Steering* serijom automatskog *GPS* navođenja, odabrani traktor može se konfigurirati da bude "spreman za *Agrosky*", što omogućuje elektroničku kontrolu hidrauličkih sustava upravljanja. Svi novi traktori serije 7 i 9 standardno imaju *Performance Steering* i *iMonitor2* (Craig P. Baillie, 2018.).



Slika 18. Podatkovne komunikacije za automatsko upravljanje na *Deutz-Fahr* traktoru

(Craig P. Baillie, 2018.)

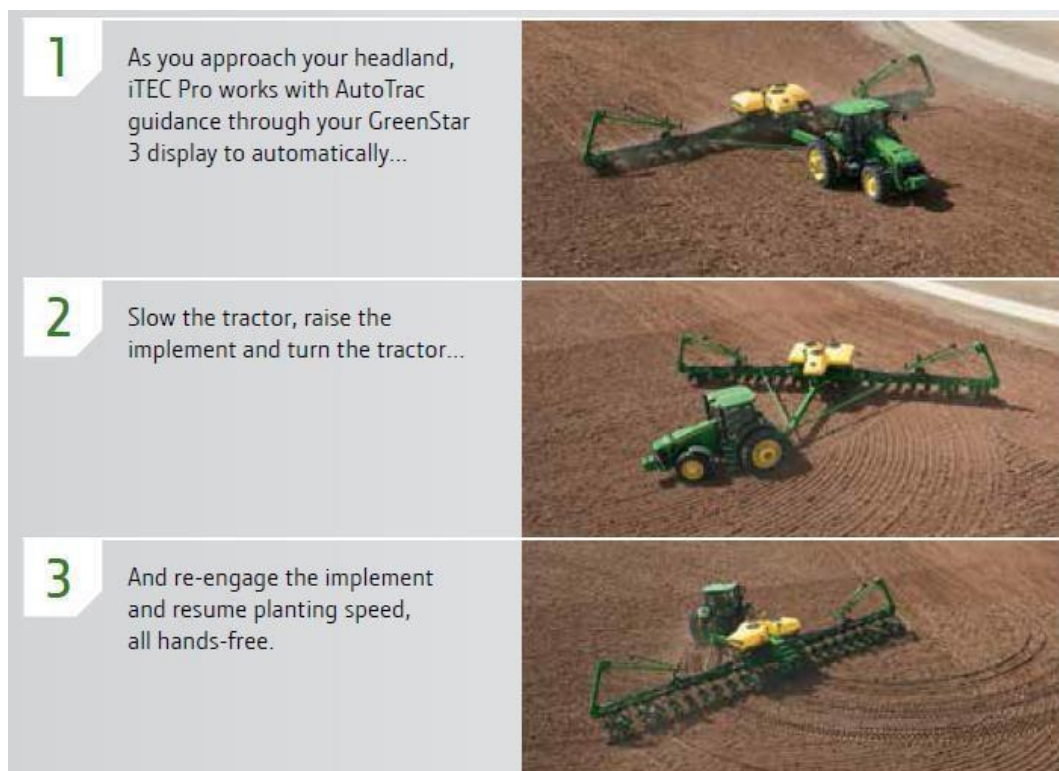
11. NAVOĐENJE I KONTROLA UPRAVLJANJA

Kontrola upravljanja i navođenja je najzrelija tehnologija automatizacije u poljoprivredi, a većina proizvođača traktora nudi proizvode za kontrolu navođenja i upravljanja. S iznimkom *John Deere*, koji proizvodi navigacijski sustav *StarFire*TM. Većina proizvođača uključila je dobavljače treće strane (npr. *Trimble* ®) u svoje linije proizvoda. Većina sustava također kompenzira naginjanje vozila i nagib preko terena kako bi se odredio točan položaj na tlu, što je ključno za brojne primjene u preciznoj poljoprivredi (PA). Većina proizvođača nudi i potpuno integrirane upravljačke sustave s elektromotorom hidraulička kontrola upravljačkog mehanizma, što podrazumijeva barem neku ograničenu funkcionalnost pogona putem žice za podršku automatizaciji.

Za neke tehnološke elemente (npr. navođenje i upravljanje), razina razvoja dosljedna je među svim proizvođačima. Neki su proizvođači usmjerili razvoj unutar ključnih područja proizvoda, na primjer, proizvodi koje je izdao *CLAAS* za automatizaciju žetelica posebno su jedinstveni i napredni. Slično tome, čini se da su *CLAAS* i *CNH* proizvodi najnapredniji unutar tehnologija varijabilne stope, pri čemu oba pružaju podršku za detekciju krošnje usjeva (Craig P. Baillie, 2018.).

12. PLANIRANJE PUTA I NAVIGACIJA

Kako bi poboljšao rad stroja i planiranje putanje, *John Deere* je razvio *iTEC™ Pro* (*Intelligent Total Equipment Control*), koji može automatizirati i koordinirati funkcije vozila i priključka na krajnjim zavojima. Kao što je prikazano na Slika 19. Sustav smanjuje brzinu vozila, automatski podiže i spušta priključke i provodi skretanje i poravnavanje za sljedeći prolaz (Craig P. Baillie, 2018.).



Slika 19. *iTEC™ Pro* vozilo i provedba koordinacije na krajnjim zavojima za upravljanje uvratinom

(Craig P. Baillie, 2018.)

CLAAS ima značajku *TURN IN* objavljenu 2017. koja olakšava okretanje na uvratinu na njihovom trenutnom sustavu navođenja. Sustav može automatski identificirati sljedeću stazu i stazu kako bi pravilno poravnao traktor, a zatim usmjeriti traktor na tu stazu (Craig P. Baillie, 2018.).

CLAAS Turn In predstavlja naprednu tehnologiju koja značajno poboljšava učinkovitost i preciznost poljoprivrednih operacija. Integracija ovog sustava u poljoprivredne strojeve

omogućava poljoprivrednicima da optimiziraju svoje radne procese, smanje troškove i povećaju produktivnost. Korištenje *GPS* tehnologije za automatsku kontrolu traktora i drugih strojeva pridonosi održivijoj i učinkovitijoj poljoprivredi, čineći ovaj sustav vrijednim dodatkom modernoj poljoprivrednoj praksi.



Slika 20. *CLAAS TURN IN* proširenje sustava navođenja

(Craig P. Baillie 2018.)

13. ZAKLJUČAK

Korištenje navigacijskih tehnologija u osnovnoj obradi informacija donosi brojne prednosti i povećava učinkovitost različitih procesa. Navigacijske tehnologije, kao što su GPS (Global Positioning System) i GIS (Geographic Information System), omogućuju precizno određivanje lokacije, praćenje kretanja i analizu prostornih podataka. U kontekstu osnovne obrade, ove se tehnologije mogu koristiti za: Poboljšanje točnosti. Navigacijske tehnologije omogućuju preciznu lokalizaciju podataka, što je ključno za analizu i donošenje odluka. Na primjer, u poljoprivredi GPS omogućuje precizno mapiranje parcela, što dovodi do učinkovitijeg upravljanja resursima.

Učinkovitost i ušteda vremena: Integracija navigacijskih sustava smanjuje vrijeme potrebno za prikupljanje i obradu podataka. Ovo je osobito važno u sektorima kao što su logistika i transport, gdje optimizacija rute ima izravan utjecaj na smanjenje troškova i vremena isporuke.

Integracija s drugim tehnologijama: Navigacijske tehnologije lako se integriraju s drugim naprednim tehnologijama, kao što su senzori i *IoT (Internet of Things)*, što dodatno poboljšava mogućnosti prikupljanja i analize podataka u stvarnom vremenu.

Korištenje navigacije u osnovnoj obradi značajno poboljšava različite sektore kroz poboljšanu točnost, učinkovitost i sigurnost. Ove tehnologije postaju sastavni dio modernih sustava za obradu podataka, omogućujući bolju analizu i donošenje informiranih odluka. Konstantnim razvojem i usavršavanjem navigacijskih tehnologija, njihov značaj i primjena će samo rasti, otvarajući nove mogućnosti za inovacije i poboljšanja u raznim industrijama.

14. LITERATURA

1. Craig P. i sur. A review of the state of the art in agricultural automation. Part III: Agricultural machinery navigation systems, University of Southern Queensland, National Centre for Engineering in Agriculture, Toowoomba, QLD, Australia 2018.
2. Crneković T. (2015.): Automatsko vođenje traktora, strojeva i uređaja u sustavu GIS-Precizna poljoprivreda. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Diplomski rad, Osijek 2015.
3. CLAAS Agricultural machinery:
company<https://www.claas.hr/proizvodi/proizvodi/digitalna-rjesenja> [8.7.2024.]
4. Case IH Agricultural machinery company:
<https://www.caseih.com/engb/europe/products/precision-technology/afs-connect>
[8.7.2024.]
5. EOS Data Analytics, Precision Agriculture Technology, Benefits & Application:
<https://eos.com/blog/precision-agriculture/> [8.7.2024.]
6. Gospodarski list: <https://gospodarski.hr/rubrike/mehanizacija/novi-sustavi-u-poljoprivrediza-optimiziranu-inteligentnu-i-odrzivu-poljoprivredu-s-vecom-ucinkovitoscu/>
7. Iberdrola, Smart Farming and Precision Agriculture:
<https://www.iberdrola.com/innovation/smart-farming-precision-agriculture> [8.7.2024.]
8. John Deere Manufacturing company: <https://www.deere.com/en/index.html> [8.7.2024.]
9. Jug D. Osnovna obrada tla, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek, 2015.
10. Lamešić D. i sur.: Blockchain tehnologija u poljoprivredi, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet Osijek, 2019.
11. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, stručna podrška:
<https://www.savjetodavna.hr/2014/02/14/strojevi-i-oruda-za-osnovnu-obradu-tla/>
[18.6.2024.]
12. Tractors and Combine Harvesters - Home - DEUTZ-FAHR:
<https://www.deutzfahr.com/en-nd/precision-farming> [4.7.2024.]