

# Senzori i njihova primjena u preciznoj poljoprivredi

---

**Kovačić, Danijel**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:893840>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**



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**

Danijel Kovačić, absolvent

Diplomski studij, Mehanizacija

**SENZORI I NJIHOVA PRIMJENA U PRECIZNOJ POLJOPRIVREDI**

Diplomski rad

**Osijek, 2019.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Danijel Kovačić, absolvent

Diplomski studij, Mehanizacija

**SENZORI I NJIHOVA PRIMJENA U PRECIZNOJ POLJOPRIVREDI**

Diplomski rad

Povjerenstvo za obranu diplomskog rada:

1. izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak, predsjednik
2. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, mentor
3. dr. sc. Domagoj Zimmer, član

**Osijek, 2019.**

1. UVOD.....	1
2. GEOINFORMACIJSKI SUSTAV U POLJOPRIVREDI.....	4
3. SENZORI .....	5
3.1. Podjela senzora .....	5
4. PRINCIP RADA SENZORA .....	9
5. TIPOVI SENZORA.....	10
5.1. Elektromagnetski senzori.....	10
5.2. Induktivni senzori .....	10
5.3. Fotoelektrični senzori .....	11
5.4. Termoelektrični senzori .....	11
5.5. Kapacitativni senzori .....	12
5.6. Otpornički senzori.....	12
5.7. Potenciometerski senzor .....	12
5.8. Termistori.....	13
5.9. Ultrazvučni senzori .....	13
5.10. Optički - <i>LIDAR</i> senzori .....	14
6. SENZORI U PRECIZNOJ POLJOPRIVREDI.....	16
6.1. Ispitivanje svojstva tla .....	17
6.2. Uređaji tvrtke <i>AgLeader</i> .....	21
6.2.1. <i>SureDrive</i> .....	21
6.2.2. <i>AgLeader OptRx</i> senzor .....	22
6.2.3. Postavljanje <i>AG Leader OptRx</i> senzora .....	33
6.3. Ostale vrste senzora .....	35
7. SENZORI ZA PRECIZNU POLJOPRIVREDU U AGREGATIMA.....	36
7.1. Gnojidba.....	36
7.1.1. Rasipač <i>Amazona ZA-V 3200</i> .....	36
7.2. Sjetva .....	44

7.2.1. <i>Amazone Cirrus 3003 Compact</i> .....	44
7.3. Zaštita bilja .....	50
7.3.1. Prskalica <i>Amazone UG 3000 Special</i> .....	52
7.4. SENZORI U SAMOHODNIM KOMBAINIMA.....	56
7.4.1. Mjerenje gubitka zrna.....	57
7.4.2. Mjerenje broja okretaja .....	58
7.4.3. Mjerenje prinosa zrna.....	58
7.4.4. Senzori prinosa.....	59
7.4.4.1. Podjela senzora prinosa .....	61
7.4.4.2. Sustav mjerenja snage / impulsa.....	62
7.4.4.3. Sustav mjerenja obujma .....	64
7.4.4.4. Drugi indirektni sustavi mjerenja .....	65
7.4.4.5. Senzori vlage .....	66
7.4.5. Karte prinosa .....	67
7.4.6. Baždarenje, održavanje i naknadno ugrađivanje senzora prinosa.....	68
8. ZAKLJUČAK.....	69
9. LITERATURA .....	70
10. SAŽETAK.....	72
11. SUMMARY .....	73
12. POPIS TABLICA.....	74
13. POPIS SLIKA .....	75
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA .....	79
BASIC DOCUMENTATION CARD .....	80

## 1. UVOD

Stalni porast stanovništva i trendovi povećanja prinosa predstavljaju izazov proizvođačima hrane. Klasičnu poljoprivrednu proizvodnju zamjenjuje suvremena poljoprivredna proizvodnja, koja podrazumijeva korištenje novih tehnologija i stalno unapređenje iste.

Prelazak na suvremenu poljoprivrednu tehnologiju i poljoprivrednu proizvodnju omogućuje povećanje prinosa, smanjenje koštanja proizvodnje kroz racionalno korištenje resursa i u konačnici zdraviji i kvalitetniji proizvod.

Svaki ozbiljniji poljoprivredni proizvođač koristi pogodnosti suvremene, precizne poljoprivrede. Uređaji su sve pristupačniji proizvođačima premda poljoprivrednici teško prihvaćaju nove tehnologije, jer smatraju da je to „puno elektronike, to se kvari“, a nisu svjesni koliko će ima ta ista tehnologija olakšati rad te ga podići na višu razinu. Lako je uočiti koji proizvođač koristi osnovni sustav precizne poljoprivrede, kao što je primjerice sustav navođenja. Uvođenjem navođenja ostvarena je prednosti kao što je lako i precizno upravljanje mehanizacijom neovisno o vremenskim i drugim uvjetima.

Uvođenjem preciznih strojeva u poljoprivredu, poljoprivredna proizvodnja povećava svoj profit i djeluje na očuvanje prirodnih resursa. Time se osiguravaju stabilni prinosi uz smanjenje ulaznih troškova tj. utroška goriva, radnih sati ljudi i strojeva, repromaterijala, te ostalog. Nadalje, olakšava se posao i smanjuje vrijeme donošenja odluka te ubrzava proces izvođenja radova. Većina novih suvremenih strojeva ukoliko već nisu opremljeni sa preciznim sustavom imaju pripremljenu „podstavu“ za naknadno i lako postavljanje sustava za preciznu poljoprivredu. Uvođenjem preciznog sustava na strojeve dobivaju se precizne informacije sa terena u što kraćem vremenskom roku.

Precizna poljoprivredna proizvodna nije kompletna samo sa sustavom navođenja, potrebni su i drugi sustavi. Najpoznatiji su sustavi apliciranja umjetnog gnojiva i zaštitnih sredstava. Takvi sustavi su opremljeni raznim sensorima koji očitavaju i šalju informacije u procesorsku jedincu koja na temelju tih informacija odlučuje o djelovanju cjelokupnog sustava. U ovom radu prikazani su, opisani i analizirani senzori koji se koriste u preciznim sustavima poljoprivredne proizvodnje.

Jedno od najvažnijih područja u kojima se primjenjuje precizna poljoprivreda jest upravljanje varijabilnošću svojstava tla, što je od iznimne važnosti za donošenje određenih odluka (Jurišić i sur., 2010.).

Za preciznu biljnu proizvodnju potrebne su točne karte s navedenim zemljišnim svojstvima. Grafičko organiziranje podataka o tlu najčešće se prikazuje zemljišnim kartama koje je moguće dobiti na više načina, uz geopozicioniranje u realnom vremenu pomoću satelita.

Jurišić i Plaščak (2009.) navode kako kvalitetna preporuka gnojidbe mora imati za podlogu fizikalno-kemijske podatke analize tla, a izračun potrebne doze mora uvažavati profitabilnost, mogući prinos, specifične potrebe biljne vrste i potencijal plodnosti tla.

Jurišić i sur. (2013.) navode kako GIS tehnologije daju pravi okvir za prikupljanje, analizu i interpretaciju kompleksnih prostornih i tabličnih podataka te kako je kartografija i prostorni koncept u vremenu i prostoru upravo neophodna za uporabu i upravljanje resursima.

Jurišić i Plaščak (2009.) opisuju GIS kao integrirani sustav sklopovlja, računalnih alata i korisničke programske podrške u svrhu prikupljanja, organiziranja, rukovanja, analize, modeliranja i prikaza prostornih podataka s ciljem rješavanja složenih problema analize i planiranja.

Prema istraživanjima provedenih od Marković i sur., (2011.) primjenom najsuvremenijih tehničkih sustava za satelitsko navođenje i automatsko upravljanje na poljoprivrednim proizvodnim površinama poljoprivredne korporacije Beograd postigla se visoka ušteda i to uglavnom preciznijim uklapanjem prohoda. Uzimajući u obzir sve poljoprivredne operacije tijekom sezone, postigla se ušteda od 301 980 € na poljoprivrednoj površini od 18 959 ha.

GIS kao dio suvremene tehnologije daje veliku prednost u efikasnoj zaštiti bilja (Jurišić i sur., 2015.). Potreba za smanjenjem onečišćenja okoliša i ulaznih troškova u poljoprivrednoj proizvodnji dovodi do proučavanja metode održive uporabe pesticida pomoću selektivne aplikacije pesticida tj. upotrebe senzora.

Uporaba senzora omogućuje prepoznavanje uzgojnog oblika, udaljenost i položaj biljke te osigurava kvalitetnu aplikaciju. Llorens i sur., (2013.) navode da se ugradnjom elektronskih dijelova na konvencionalne raspršivače značajno unaprjeđuje tehnika raspršivanja i smanjuje zanošenje sredstva raspršivanja izvan ciljanog prostora.

Jurišić i Plaščak (2009.) navode kako precizna poljoprivreda služi ekonomskim i ekološkim poboljšanjima, a prije svega pri uštedi radnih sredstava, uštedi strojeva i radnog vremena, poboljšanju ostvarenja dobiti kroz veće prinose te poboljšanje kvalitete proizvoda, smanjenju opterećenja okoliša i poticanju prirodno prostornih uvjeta.

Osnovna pretpostavka precizne poljoprivrede je da veći broj informacija, isto tako i preciznih, bude na raspolaganju poljoprivredniku prilikom donošenja odluka. Izravna usporedba višegodišnjih parametara dobivenih s parcela rezultira sve svrsishodnijom, argumentiranom i optimalnom upotrebom sredstava za rad čime će se povećati kvaliteta i kvantiteta (Štefanek, 2014. <http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/16/precizna-poljoprivreda/8046#>).

Jurišić i Plaščak (2009.) navode da područje poljoprivrednog inženjerstva sve više postaje integralni dio tehnologije proizvodnje hrane, a ne samo "alat" za ostvarenje te tehnologije, imajući udjela i u višim područjima kao što je razvoj senzora za identifikaciju kvalitete proizvoda. Industrija poljoprivrednih strojeva, zasnivajući se na postavljenim zahtjevima i istraživačko-razvojnim dostignućima, definira proizvode potrebne suvremenoj poljoprivredi.

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



## 2. GEOINFORMACIJSKI SUSTAV U POLJOPRIVREDI

Precizna poljoprivreda ne bi bila moguća bez primjene geoinforacijskog sustava. "Geografski informacijski sustav je po općoj definiciji integrirani sustav sklopovlja, računalnih alata, korisničke programske podrške, a u svrhu sakupljanja, organiziranja, rukovanja, analize, modeliranja i prikaza prostornih podataka s ciljem rješavanja složenih problema analize i planiranja." Pojam "precizna poljoprivreda" (*Precision agriculture* ili *Precision farming*) novijeg je datuma i ima višestruki značaj. Pod tim se pojmom razumijeva pravodobno obavljanje poljoprivrednih radova, visoka produktivnost, smanjen broj operacija te najniža cijena rada.“

Precizna poljoprivreda (*Precision farming*) temelji se na novo razvijenim informatiziranim strojnim sustavima programiranog eksploatacijskog potencijala, malom broju strojeva visoke pouzdanosti i visokim tehnološkim mogućnostima.

Bitno obilježje precizne poljoprivrede je uvažavanje točnih informacija geografskog položaja (pozicija) kod upravljanja i oblikovanja parcele na računalu. Točnost informacija ovisi o načinu prikupljanja istih.

Najprecizniji sustav je DPGS kod kojeg stacionarna stanica odašilje korekcijski signal, odstupanja u pozicioniranju su minimalna, međutim takav sustav nije prijeko potreban za preciznu poljoprivredu. GPS navigacijski prijemnici u savršenim uvjetima omogućuju preciznost od 30 cm, a ugradnjom RTK uređaja preciznost se povećava na 3 cm. Različite aktivnosti zahtijevaju različitu točnost pozicioniranja. Primjer potrebe preciznosti nalazi se u tablici 1.

Tablica 1. Preciznost GIS sustava ovisno o aktivnostima (Izvor: Jurišić i Plaščak, 2009.)

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

Dostupnost navigiranja agregata u kombinaciji sa sensorima poput senzora prinosa, senzora protoka goriva i sl., omogućilo je preciznu raspodjelu podataka po površini obrade podataka. Danas složeni programi kalkiliraju prinose, mjere vlagu ploda, računaju potrošnju goriva po jedinici površine, mase ili vremenu te računaju učinak agregata po radnom satu. Novi sustavi omogućavaju dostupnost informacija bez fizičkog kontakta sa agregatom gdje se informacije odašilju na *cloud*. Korisnik informacija preko predviđenog programa lako učitava podatke neovisno gdje se nalazio. Jedan od takvih sustava je *Telematics* proizvođača *Claas*. Podatci sadrže učinke agregata, prinose usjeva, učinak radne smjene te greške u sustavu agregata.

### **3. SENZORI**

Uređaji za otkrivanje, registraciju i mjerenje zračenja elektromagnetne energije, vlastite (emitirane) ili reflektirane nazivaju se zajedničkim imenom *senzori*. Postoje različite vrste senzora i dijele se prema: konstrukciji, području spektra elektromagnetnog zračenja koji registriraju, načinu detekcije, registracije i mjerenja, prikazu detektirane energije i slično.

Senzori su načinjeni da registriraju šire ili uže spektralno područje, pojedinačne spektralne linije, tj. zrake jedne valne duljine ili odjednom više razdvojenih spektralnih linija koje obuhvaćaju jedno spektralno područje.

Koliko su senzori bitni u svakodnevnom životu govori nam i činjenica da se senzori ne koriste samo za mjerenje nego i u ostalim područjima kao što su brodogradnja, sport, razne nauke, domaćinstvo, medicina itd. Razvijanjem senzora teži se dobiti što manje senzore te da su višefunkcionalni (ostvaruje se ugradnjom mikroprocesora). Senzor je definitivno postao sastavni dio većine elektroničkih uređaja koje koristimo. Moderni sustavi se oslanjaju na upotrebu senzora. Kontrola industrijskih procesa i automatiziranih sustava bila bi vrlo teška bez preciznih senzora. Konačni izbor senzora zavisi od željene točnosti, tako da se u slučajevima gdje nije potrebna velika točnosti nije ekonomično koristiti skupe i precizne senzore.

#### **3.1. Podjela senzora**

Osnovna podjela senzora je prema tipu detektirane energije, a mogu biti pasivni i aktivni. Aktivni senzori proizvode vlastitu energiju i šalju je prema objektu i registriraju odbijeno zračenje. Za razliku od pasivnih oni šalju i primaju energiju. U grupu aktivnih senzora pripadaju: radari i laserski skeneri. U kontekstu daljinskog očitavanja aktivni senzor je uređaj

sa odašiljačem koji šalje signal svjetlom valne duljine ili elektronom da bi se odbio o metu, sa podacima koje je prikupio senzor na svoj odraz. Aktivne i pasivne senzorske tehnologije se koriste u daljinskom istraživanju kako bi se obavila mjerenja na udaljenosti ili mjerenja nekih pojava koja se ne mogu vidjeti golim okom. Pasivni senzori su oni koji detektiraju energiju od samog objekta, bez obzira da li taj objekt ima vlastitu energiju ili je odašilje. Primjeri za tehnologije bazirane na pasivnim sensorima: fotografska, termalna, kemijska, infracrvena.

Najčešće se dijele po:

- mjernoj veličini,
- specifikacijama,
- načinu detekcije,
- tipu pretvaranja,
- materijalu izrade,
- području primjene;

Klasifikacija senzora po specifikaciji karakteristika:

- osjetljivost,
- linearnost,
- mjerno područje,
- stabilnost,
- točnost,
- selektivnost,
- brzina odziva, zona neosjetljivosti,
- životni vijek, cijeni, veličini i težini;

Prema načinu detekcije:

- mehaničke,
- kemijska reakcija,
- zračenje – radioaktivnost,
- toplina,
- temperatura,
- električni,
- magnetski ili elektromagnetski;

Klasifikacija senzora po materijalu od koga su načinjeni:

- neorganski ili organski,
- provodnici ili izolatori,
- poluprovodnici, biološki supstrat i plazma;

Klasifikacija po području primjene:

- poljoprivreda,
- automobili,
- medicina,
- elektroenergetika,
- procesna tehnika i proizvodnja,
- naučna istraživanja,
- meteorologija i ostala područja;

### Glavne odlike senzora:

Osjetljivost - predstavlja vrijednost promjene izlazne veličine pri promjeni izmjerene vrijednosti, npr. u električnom mjernom instrumentu. Ako se na pomak od 0,1 mm na izlazu stvara promjena napona od 0,1 V, tada je osjetljivost senzora 1 V/mm. Senzori, koji služe za mjerenje malih promjena, a moraju imati veliku osjetljivost.

Linearnost - idealni senzori projektirani su da budu linearni, tj. izlazni signal senzora linearno je proporcionalan vrijednosti izmjenjenog. Ipak, linearnost se teško postiže i devijacije od idealnog nazivaju se linearne tolerancije. Linearnost se izražava kao postotak odstupanja od linearne vrijednosti, tj. maksimalno odstupanje izlazne krivine u odnosu na liniju koja najbolje odgovara jednom kalibracijskom ciklusu, ona je povezana sa točnošću senzora.

Preciznost - obično se određuje pomoću apsolutne i relativne greške. Pod apsolutnom greškom podrazumijeva se razlika između stvarne vrijednosti mjerene veličine i rezultata mjerenja (izlazne vrijednosti senzora). Pod relativnom greškom podrazumijeva se odnos apsolutne greške prema stvarnoj vrijednosti. Relativna greška često se izražava u postocima.

Rezolucija signala - predstavlja najmanju promjenu vrijednosti koju senzor može prepoznati u mjerenoj količini. Rezolucija je povezana sa preciznošću mjerenja i ona predstavlja sposobnost senzora da reproducira određeni set očitavanja u okviru date točnosti.

#### 4. PRINCIP RADA SENZORA

Senzori pretvaraju mjerenu fizikalnu veličinu u analognu električnu (struja, napon, otpor) ili digitalnu veličinu. Senzori rade na osnovu njihove interakcije sa procesom i to tako što reaguju na stanja, a reakciju transformiraju u izlazni signal.

Postoji veliki broj fizikalnih pojava i efekata, načina transformacije svojstava procesa kao i metoda konverzije energije koji se mogu primijeniti pri gradnji senzora. Nosač informacije je masa ili energija. Mjerenje neelektričnih signala počinje pretvaranjem u električni pa se onda obavlja procesiranje. Važnost imaju fizikalni efekti koji omogućavaju takvu konverziju. Za neelektrično-električno pretvaranje potrebna je energija iz domena mjernog signala ili van njega.

Većina mjernih pretvarača sastoji se od tri osnovna dijela: izvor informacija ili senzor, mjernog sustava ili procesora i podsistema za predstavljanje informacija ili displeja. Slika 1. prikazuje shematski prikaz mjernog pretvarača.



Slika 1. Shematski prikaz tri osnovna dijela mjernih pretvarača

(Izvor: Autor)

Dio označen kao senzor često se još naziva primarni element. Senzor koristi energiju posebnog izvora u cilju stvaranja veličine koja predstavlja izmjerenu vrijednost. U sekundarnom elementu ili procesoru obrađuje se signala iz primarnog elementa. Sustavi za predstavljanje informacija, displej ili izlazni element je dio mjernog pretvarača koji na razne načine iznosi rezultate mjerenja.

## 5. TIPOVI SENZORA

### 5.1. Elektromagnetski senzori

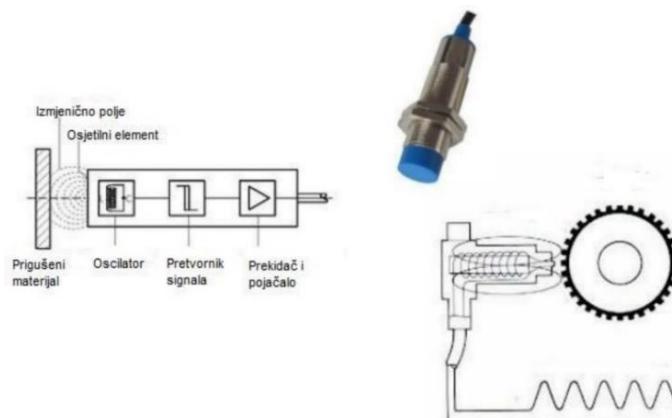
Princip rada elektromagnetskih senzora temelji se na ovisnosti induktivnosti zavojnice od promjene magnetne otpornosti. Približavanjem metalnog predmeta slabi magnetna otpornost zavojnice i raste induktivnost, a kad se predmet udaljava događa se suprotna pojava. Parametri elektromagnetnog toka i karakteristike objekta određuju zonu detekcije.

Elektromagnetski senzori dijele se na:

- elektrodinamičke ili senzore sa relativnim promjeravanjem provodnika
- elektromagnetne ili senzore sa promjenljivim magnetnim otporom

### 5.2. Induktivni senzori

Ova grupa elektromagnetnih senzora radi na principu promjene magnetnog otpora. Najčešće se koriste senzori kod kojih se promjena magnetnog otpora ostvaruje promjenom veličine zračnog zazora ili promjenom magnetne permeabilnosti tj. propustljivosti željezne jezgre  $\mu$ . Prednost korištenja induktivnog senzora ogleda se u njegovoj neosjetljivosti na vodu, ulje, prljavštinu, ne metalne dijelove, boju predmeta ili hrapavost površine predmeta koji detektira, kao i u otpornosti na udarce i vibracije.

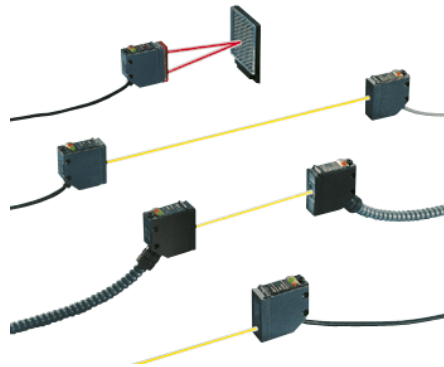


Slika 2. Induktivni senzor

(Izvor: <http://image.slidesharecdn.com/senzori-150102081334-conversion-gate01/95/>)

### 5.3. Fotoelektrični senzori

Princip rada fotoelektričnih senzora zasniva se na promjeni parametara optičkog signala sa promjenom mjerene fizikalne veličine tj. prvenstveno se bazira na fizičkoj pojavi fotoelektričnog efekta. Fotoelektrični efekt može biti unutrašnji i vanjski. Slika 3. prikazuje fotoelektrični senzor.



Slika 3. Fotoelektrični senzori

(Izvor: <https://www3.panasonic.biz/ac/e/fasys/sensor/photoelectric/rx/index.jsp>)

### 5.4. Termoelektrični senzori

Mjerenje temperature zasniva se na termoelektričnom efektu. Princip je sljedeći: spoje se dvije žice, načinjene od različitih materijala koji su elektroprovodnici. Jedan čvor npr. čvor se grije na temperaturu  $T_2$ , a drugi je na temperaturi  $T_1$ . Kada su krajevi provodnika na različitim temperaturama  $T_2 > T_1$  između njih nastaje toplinski tok od toplijeg prema hladnijem kraju. Prijenos topline je prema tumačenju kvantne teorije, usko povezan sa kretanjem slobodnih elektrona. Njihova koncentracija i pripadni potencijal neravnomjerno su raspoređeni duž provodnika, pa se javlja struja. Istovremeno se javlja i struja zbog temperaturnog gradijenta. Kako nije zatvoreno nikakvo vanjsko električno kolo, ukupna struja kroz provodnik je nula. Napon koji nastaje kao rezultat temperaturne razlike  $T_2 - T_1$  između krajeva promatranog provodnika naziva se termoelektrični napon.





Slika 4. Termoelektrični senzori

(Izvor: <https://njuskalo.hr/image-w920x690/alati-obrada-plastike/temperaturni-senzori>)

### 5.5. Kapacitativni senzori

Kapacitativni senzori koriste značajke kapacitivnosti za utvrđivanje promjenjivih vrijednosti. Kapacitivnost je svojstvo između bilo koje dvije površine na bliskoj udaljenosti, koje imaju provodnost. Promjena razmaka između površina utječe na promjenu kapacitivnosti. Ovu promjenu kapacitativni senzori koriste za identifikaciju promjene položaja predmeta. Senzori velike osjetljivosti imaju male površine, tako da ih je potrebno postaviti na maloj udaljenosti u odnosu na predmet kojeg je nužno detektirati (0.25 – 2 mm).

### 5.6. Otpornički senzori

U grupu otporničkih mjernih pretvarača ubrajaju se mjerne trake koje se koriste za mjerenje deformacija. Mjerne trake jedan su od najčešće korištenih mjernih pretvarača. Mjerna traka je kao otpornički pretvarač jeftina, neznatne je krutosti male dužine. Može se koristiti za mjerenja statički i dinamički opterećenih konstrukcija.

### 5.7. Potenciometarski senzor

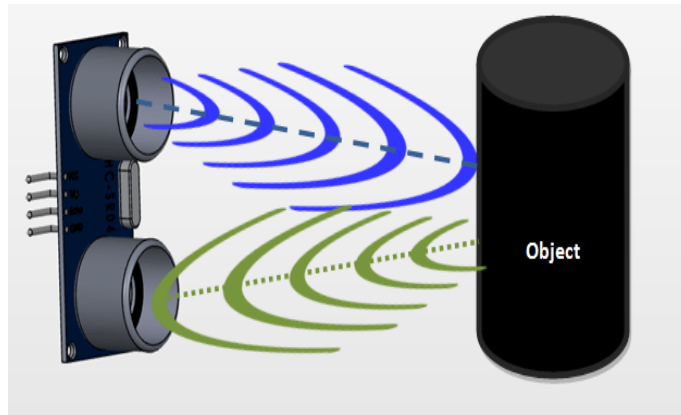
Rad se temelji na promjeni otpora uslijed promjene kliznog kontakta. Omski otpor se mijenja sa promjenom dužine provodnika. Nedostatak ove vrste senzora je kontaktna točka između klizača i otporničke žice. Primjenjuju se za mjerenje otpora senzora na bliskim rastojanjima.

## 5.8. Termistori

Termistor je osjetljivi otpornik, koji se pravi od čistog germanija, oksida metala kroma, kobalta, željeza, nikla i drugih. Termistori imaju otpore većeg iznosa u odnosu na otpore metala za iste temperature. Za većinu termistora otpor opada sa porastom temperature, što znači da je temperaturni koeficijent otpora negativan. Takvi termistori se nazivaju NTC otpornici (*Negative Temperature Coefficient*). Temperaturni koeficijent termistora može biti i pozitivan, kao što je kod metala. Tada je riječ o PTC-otpornicima (*Positive Temperature Coefficient*). Imaju najčešće oblik diska, prstena ili cilindra.

## 5.9. Ultrazvučni senzori

Ultrazvučni senzori vrsta su senzora za određivanje udaljenosti, koji udaljenost od prepreke određuju preko vremena potrebnog da se odaslani zvuk vrati od prepreke. Ultrazvučni senzori izrađuju se od ultrazvučnog primopredajnika, uređaja za formiranje izlaznog signala i pojačivača. Primopredajnik periodično emitira ultrazvučni val frekvencije 10 - 400 kHz, a zatim prima reflektirani val (jeku) od radnog objekta. U uređaju za formiranje izlaznog signala određuje se vrijeme  $t$  između emitiranja i prijema signala, te na osnovu poznate brzine  $c$  prostiranja ultrazvučnog vala kroz mjerni medij (obično je to zrak), izračunava udaljenost objekta. Ovakav način rada često se označava akronimom TOF (engl. *time of flight*). Rezultat računanja uspoređuje se s preklopnim razmakom i u skladu s tim, dolazi do promjene izlaznog signala s logičke nule na logičku jedinicu, ili obrnuto - s logičke jedinice na logičku nulu; što zavisi od toga da li se objekt približava ili udaljava. Od senzora do objekta ultrazvuk se širi po radijusu 5 - 10°. Najčešće se senzori isporučuju sa inicijalno postavljenim preklopnim razmakom, pa se nakon toga posebnim potenciometrom podešava željena vrijednost unutar 0 - 100% maksimalne vrijednosti. Podaci o nastavljenoj vrijednosti odnose se na slučaj kada se objekt kreće duž osi zračenja. Objekt se može kretati i normalno na os zračenja, ali je tada efektivni preklopni razmak potrebno odrediti eksperimentom. Detekcija blizine objekata na osnovu vremena prelaska ultrazvuka od predajnika do prijemnika u načelu je jednostavna, ali se u gradnji senzora javlja više problema (ovisnost brzine od temperature i pritiska zraka, slabljenje intenziteta zbog radijalnog širenja i apsorpcije, djelovanje šuma i ostalog). Tipične konstrukcije ultrazvučnog senzora blizine imaju oblik prizme ili cilindra, približno istih dimenzija kao kod induktivnih ili kapacitativnih senzora blizine. Glava sa primopredajnikom može biti odvojena od elektronskog dijela, čime se omogućava ugradnja i na nepristupačnim mjestima.



Slika 5. Ultrazvučni senzor

(Izvor: <https://components101.com/sites/default/files/inline-images/Ultrasonic-sensor-working.png>)

### 5.10. Optički - LIDAR senzori

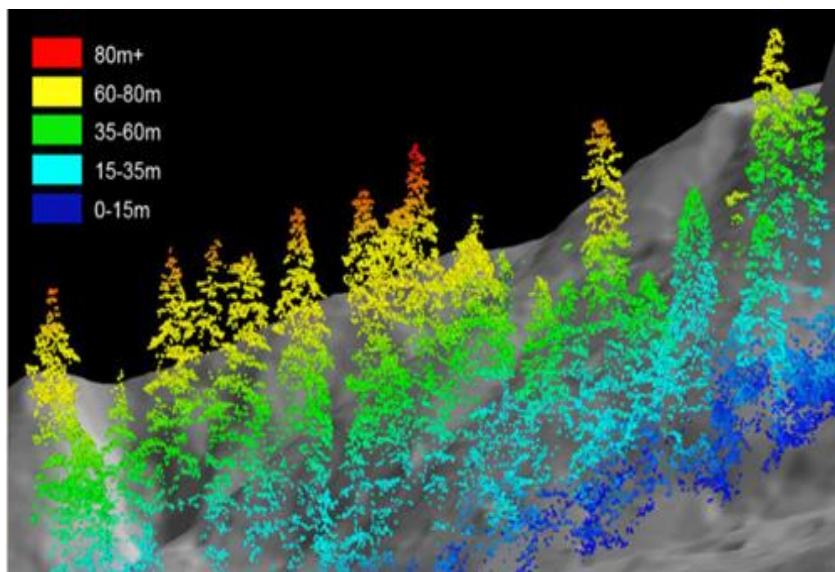
*Lidar* (engl. *Light Detection and Ranging*: svjetlosno zamjećivanje i klasifikacija) je optički mjerni instrument koji odašilje laserske zrake koje se odbijaju od vrlo sitnih čestica raspršenih u Zemljinoj atmosferi (aerosola, oblačnih kapljica i drugo) i potom registriraju u optičkom prijammniku obično teleskopu. Princip rada zasniva se na promjeni parametara optičkog signala sa promjenom fizičke veličine. Samim tim ovi senzori nemaju galvanske ili magnetne veze, već samo optičke. Zato se često nazivaju i optički senzori. Kod optičkih senzora postignuto je: galvansko odvajanje, zaštita od šumova, mogućnost mjerenja fizičkih veličina, kako u oblasti malih tako i u oblasti velikih vrijednosti, standardizacija izlaznog signala, visok kvaliteta statičkih i dinamičkih karakteristika, itd. Ovi senzori se mogu upotrijebiti u svim uvjetima djelovanja jakog magnetnog polja, visoke temperature, električnih šumova i kemijske korozije, pa su mnogo fleksibilniji i pouzdaniji od klasičnih senzora. Loše osobine su: složenost izrade, obrade signala, zahtijevaju optičku vidljivost između prijmnika i predajnika, osjetljivost na mehaničke vibracije.

Optički se senzori (Slika 6.) koriste za gotovo sve aplikacije bez kontaktne detekcije objekata s dugim dometom. Materijal objekta kojeg treba detektirati gotovo je nebitan. Na taj način pružaju izuzetno veliko područje primjene. Na slici 7. prikazan je način očitavanja *Lidar* senzora.



Slika 6. *LIDAR* senzori

(Izvor: <http://velodynelidar.com/newsroom/>)

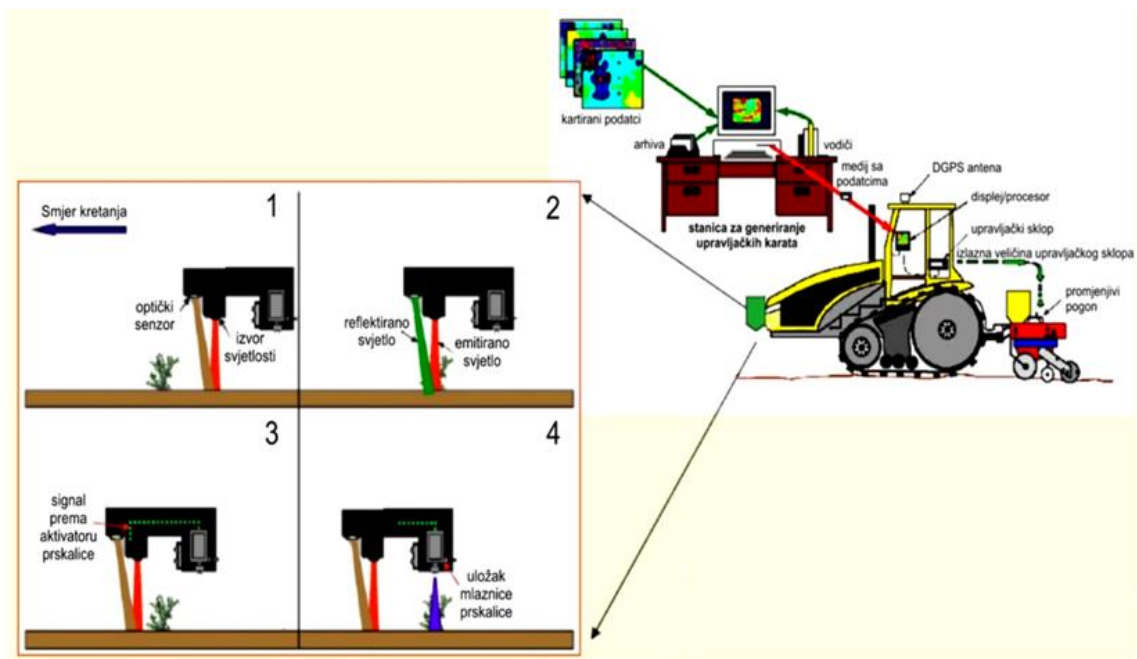


Slika 7. Očitavanje *LIDAR* senzora

(Izvor: <http://velodynelidar.com/newsroom/>)

## 6. SENZORI U PRECIZNOJ POLJOPRIVREDI

Senzore u preciznoj poljoprivredi nalazimo na uređajima za ispitivanje svojstva tla, na strojevima za prihranu i zaštitu usjeva i u konačnici u strojevima za ubiranje plodova. Senzor su podešeni na agregat te povezani sa upravljačkom jedinicom i *GPS* prijammikom. Podatci dobiveni mjerenjem bivaju iznimno precizni jer mjerenje je izvedeno izravno pri agrotehničkim mjerenjima. Najpoznatiji takav sustav je *OptRx* proizvođača *AgLeader*. Senzori se podešavaju na agregat (prskalicu). Senzori izravno očitavaju stanje usjeva i direktno utječu na agrotehničke zahvate u ovom slučaju tretiranje usjeva. Drugi poznati senzorski pristup mjerenja svojstva tla je proizvođača *Veris MSP3*. Princip rada senzora je isti, senzori isporučuju informacije izravno u postupku upravljanja, međutim za razliku od prethodnog navedenog sustava, ovaj sustav zahtjeva obradu dobivene informacije. Informacije se obrađuju pomoću računala i programa predviđenog za izradu karata. Informacije mogu dati više vrsta karata koje se kasnije provode u agrotehničkim mjerama. Na slici 8. prikazan je senzorski pristup izradi karata.



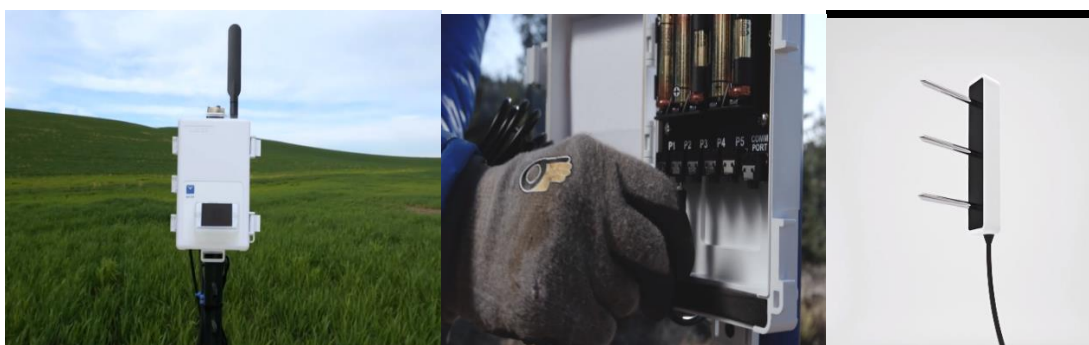
Slika 8. Senzorski pristup izradi karata (Jurišić i Plaščak, 2009.)

## 6.1. Ispitivanje svojstva tla

Ispitivanje tla obavljamo pomoći raznih senzora i sonde. Senzori (sonde) koriste se prilikom mjerenja vlage i temperature tla, induktivnost tla, pH vrijednost tla. Postoje razne izvedbe senzora od kojih najveći značaj, zbog svog velikog učinka, imaju senzori izvedeni kao priključni strojevi tj. mobilne senzorske platforme (MSP). Ručni uređaji su među najrasprostranjenijim sensorima za mjerenje svojstva tla zbog svoje pristupačnosti. Odlikuju se fleksibilnošću i mogućnosti priključivanja raznih senzora za uređaj međutim nisu namijenjeni za korištenje na velikim površinama jer bi mjerenja zahtijevala velike napore. Uređaji izvedeni kao priključni strojevi ili samostalna oruđa koja za prikupljanje podataka o tlu koriste metode poput bez kontaktnih ili kontaktnih postupaka prikupljanja podataka imaju visoku nabavnu cijenu pa takvu ovakvu opremu koriste samo veliki proizvođači.

Mjerenje induktivnost tla je mjerenje koliko tlo može provesti struje. To je učinkovit način za označavanje teksture tla jer manje čestice tla poput gline vode više struje od većih čestica, mulja i pijeska.

Tvrtka *Meter* je razvila suvremeno rješenje za ispitivanje tla svojim uređajima koji imaju široki raspon mjerenja mogućnošću priključivanja pet različitih senzora u jedan uređaj koji radi samostalno u polju te odašilje podatke na *Cloud*. Takav način odašiljanja podataka nam omogućuje prikupljanje istih gdje god se nalazili uz pristup internetu. Mana ovog sustava je njegova stacionaranost. Uređaj prikuplja podatke samo sa mjesta na koji je postavljen, očitava podatke samo sa jedno dijela parcele.



Slika 9. Uređaj EM50 sa senzorom za ispitivanje induktivnosti tla proizvođača *Meter*

(Izvor: <https://www.metergroup.com/>)

Mobilne senzorske platforme koje se izrađuju kao vučni uređaji ili uređaje koji se priključuju na priključne strojeve kao što je sijačica izrađuje proizvođač *Veris Technologies*. Najbolji i

najpoznatiji uređaj-senzor je MSP3. MSP3 je mobilna senzorska platforma koji mjeri induktivnost tla, pH tla i organsku tvar tla.

*Veris* MSP3, prikazan na slici 10., sastoj se od platforme na kotačima na kojoj se nalazi crpka i spremnik za tekućinu koji služe za pranje elektroda, hidraulički ventili i cilindar za upravljanje „papučom“ za uzimanje uzorka pri mjerenju pH tla, *Coulter* elektrode za mjerenje induktivnosti tla s mogućnosti ispitivanja na tri dubine, *pH Manager* senzor za mjerenja pH tla, *Infrared Soil Optics* senzor za mjerenje dušika i vlažnosti tla te vanjska jedinica za upravljanje.



Slika 10. *Veris* MPS3

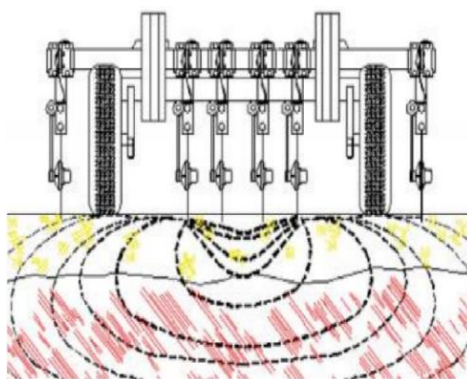
(Izvor: <https://www.agrotrend.hu/tehnika/gepesites/jol-ismeri-talajat>)

*Coulter* - elektrode mogu se pomicati i zahvat proširivati kako bi se omogućilo skeniranje unutar zasijanih kultura ili sužavati kako bi se izvelo skeniranje unutar redova vinograda ili voćnjaka.

Elektronsko skeniranje tla odnosi se na teksturu tla i salinitet to su činjenice koje su potvrđene opsežnim znanstvenim istraživanjima. Na skeniranim površinama prikazana je tekstura tla i promjene na njemu, na kartama je moguće pročitati promjenu na tom mjestu. Skenirati treba jednom, osim ako nije došlo do značajnijeg pomicanja tla.

*Veris* MPS3 generira dva seta karata. Gornji sloj tla karata od 0 – 45 cm i jedan donji sloj tla 0 – 91 cm. Razlikuju se dvije namjene, gornji sloj često se koristi za izbor uzorka tla, a dublje sloj skeniranja za promjenjivi iznos populacije i upravljanje dušikom.





Slika 11. Shematski prikaz rada *Coulter* elektroda

(Izvor: <https://www.agrotrend.hu/tehnika/gepesites/jol-ismeri-talajat>)

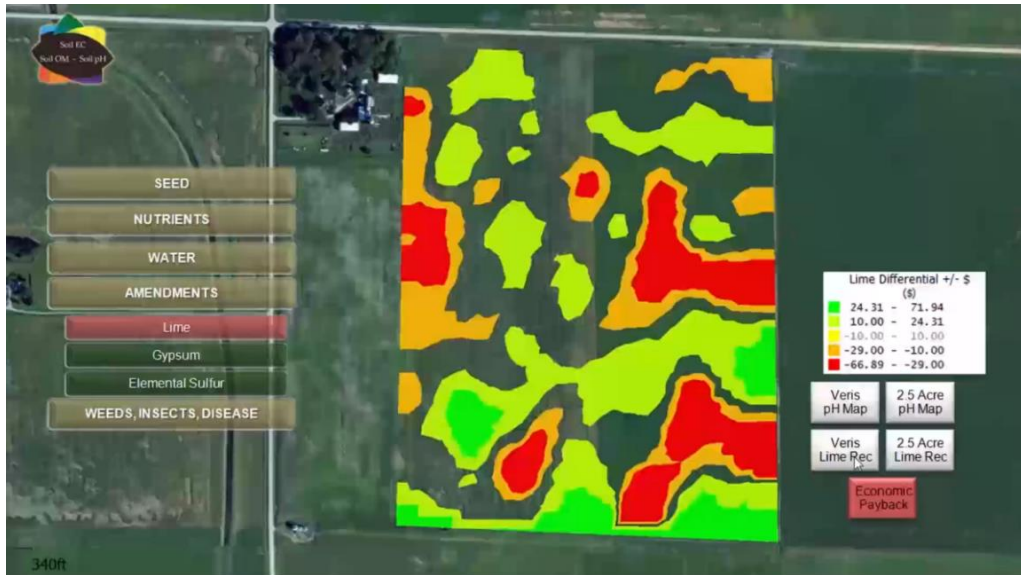


Slika 12. *Veris MSP3* sa sensorima za mjerenje induktivnosti tla (EC), organskog sadržaja (OM) i pH tla (pH)

(Izvor: <https://veristech.com/the-sensors/msp3>)

Rezultati mjerenja mobilnom senzorskom platformom očitavanju u programu se *FieldFusion*. Pomoću programa planira se provođenje kalcifikacije tla, planiranje sjetve i gnojidbe tla. Pomoću rezultata izmjerenih MSP lako se očita gdje su najveća odstupanja od normalnih vrijednosti tla te na tim mjestima može izvršiti dodatna istraživanja vađenjem uzorka tla. Primjer rezultata ispitivanja pH vrijednosti tla prikazani su na slici 13. Područja označena crvenom bojom zahtijevaju najveću količinu unošenja vapna u tlo.



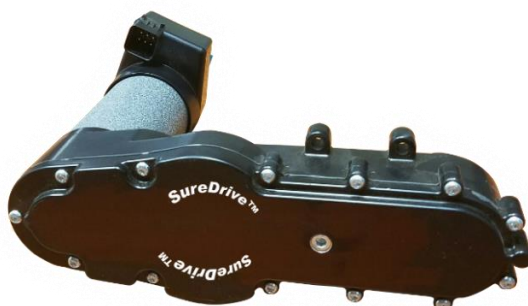


Slika 13. Primjer rezultata mjerenja pH vrijednosti tla  
 (Izvor: <https://veristech.com/the-solutions/fieldfusion%E2%84%A2>)

## 6.2. Uređaji tvrtke AgLeader

### 6.2.1. SureDrive

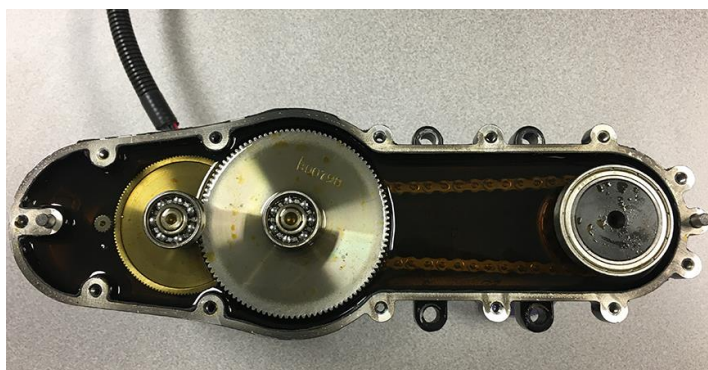
*SureDrive* je električno pogonjen uređaj za kontrolu sjetve. Uređaj se postavlja na sjetveni aparat bilo koje vrste. Uspoređujući druge uređaje za kontrolu sjetve, *SureDrive* ističe se pojedinačnom kontrolom sjetvenog aparata.



Slika 14. *SureDrive* uređaj

(Izvor: <http://www.agleader.com/products/seedcommand/sure-drives/>)

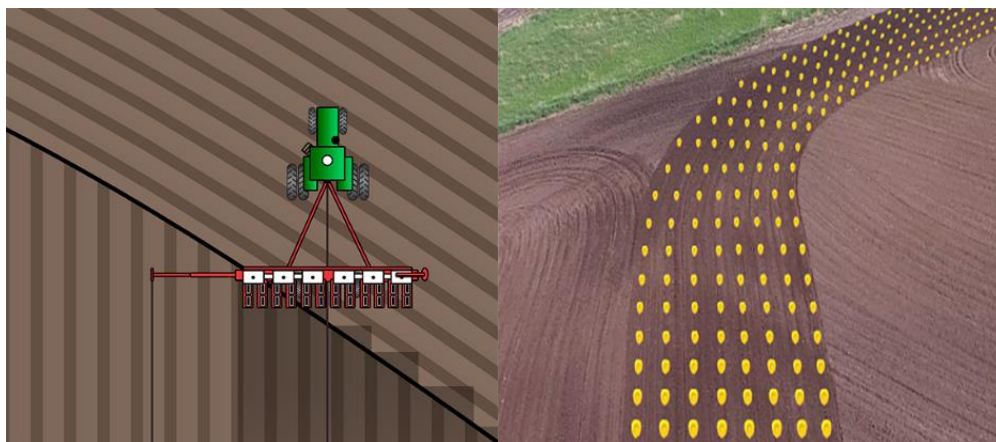
Unutar uređaja se nalazi visoko kvalitetni čelični zupčanci, precizni ležaji i pogonski lanac uronjeni u uljnoj kupci. Sve to omogućava kvalitetan električni pogon bez potrebe za održavanjem.



Slika 15. Unutrašnjost *SureDrive* uređaja

(Izvor: <http://www.agleader.com/products/seedcommand/sure-drives/>)

Da bi postigli jednaku količinu biljaka u unutrašnjim i vanjskim redovima *SureDrive* automatski regulira brzinu sjetve za svaki sjetveni aparat što omogućuje jednaki broj biljaka na neravnim površinama, smanjuje je preklapanje redova posebno na uvratinama gdje *SureDrive* pojedinačno isključuje svaki sjetveni aparat.



Slika 16. Prikaz sjetve *SureDrive* uređajem

(Izvor: <http://www.agleader.com/products/seedcommand/sure-drives/>)

### 6.2.2. *AgLeader OptRx* senzor

Korištenje tehnologije očitavanja usjeva i propisanih stopa dušika u žitaricama i drugim usjevima za proizvodnju *Ag Leader* povećava zdravlje biljaka i potencijal prinosa. *Ag Leader OptRx* senzori usjeva mjerenjem potreba dušika u usjevima daju preporuku iznosa aplikacije u stvarnom vremenu kako bi se povećala dobit.



Slika 17. *AgLeader OptRx* senzor

(Izvor: <http://www.agleader.com/products/directcommand/optrx-crop-sensors/>)

*OptRx* senzor mjeri i bilježi podatke o usjevu u stvarnom vremenu pomoću refleksije svjetlosti na biljkama. Izračun apliciranja dušika pojednostavljen je razvitkom nove tehnologije *Virtual reference strip* (Virtualne referentne trake) pomoću koje korisnik mjeri stvarno stanje u usjevu u zadanom trenutku apliciranja dušika što omogućuje apliciranje bez prethodno izrađene karte na temelju podataka prinosa.

*Red-edge* tehnologija emitiranja svjetlosti omogućuje točnije očitavanje stanja biljka pri velikoj vegetativnoj gustoći biljaka naspram drugih konkurentnih proizvoda što je pogodno za mjerenje stanja biljaka u kasnoj fazi razvoja.



Slika 18. Princip rada *OptRx* senzora

(Izvor: <http://www.agleader.com/products/directcommand/optrx-crop-sensors/>)

#### Značajke *OptRx* senzora

- *OptRx* senzor koristi tri valne duljine da bi odredio zdravlje biljke otkrivanjem koliko biljka sadrži (biomase) i koliko klorofila sadrži biljka .
- Senzor *OptRx* podržava oba vegetacijska indeksa, tj. *NDVI* (normalna razlika vegetativnog indeksa) i *NDRE* (Normalna razlika *Red-Edge*)
- *OptRx* senzor daje visoko kvalitete, pouzdane informacije u ranim fazama (*NDVI*), kao i kasnijim fazama rasta usjeva (*NDRE*).
- U *Ag Leader OptRx* senzori ne ovisi o visini primjene .
- Samo dva senzora će dostaviti dovoljnu pouzdanu vrijednost VI .
- Senzor usjeva *Ag Leader OptRx* skenira biljke u pogledu odozgo prema dolje kako bi dobio pravu sliku biljne prekrivenosti na način na koji biljka apsorbira svjetlost.

- Senzor emitira vlastiti izvor svjetlosti temeljan na biljnoj masi usjeva i reflektiranoj svjetlosti te je neovisan o sunčevoj svjetlošću.
- Podešava se na prednjim dijelovima stroja fiksno ili na pomičnim dijelovima kao što su npr. grane prskalice. *OptRx* senzor se može podesiti na dron što nam omogućuje brzo daljinsko autonomno očitavanje stanje usjeva (do 80 ha na dan).
- Vegetacijski indeksi izračunavaju se na temelju stvarnog očitavanja usjeva

Prednosti *OptRx* senzora:

- Smanjite primjenu dušika u dušikom bogatom području.
- Povećanje potencijala prinosa u dušikom siromašnih područja polja.
- Smanjite nagomilavanja dušika u polju.
- Snimanje vigora usjeva i očitavanje podataka u polju.
- Utjecaja pokretljivosti organske tvari unutar polja.
- Poboljšavanje potencijala prinosa za usjeve i neutralizirati denitrifikaciju zbog slabe drenaže.

Na temelju vlastitog iskustva poljoprivrednika ili prema preporuci agronoma može se odabrati raspon vegetacijskog indeksa te izračunati preporučena doza bilo kojeg sredstva apliciranja na usjevu. *Ag Leader OptRx* senzori idealni su za primjenu gnojiva, pesticida, defolijanta, regulatora rasta i drugih agrokemikalija po stupnjevima rast potrebnim za optimalne performanse.



Slika 19. *AgLeader OptRx* u radu

(Izvor: <http://www.agleader.com/products/directcommand/optrx-crop-sensors/>)

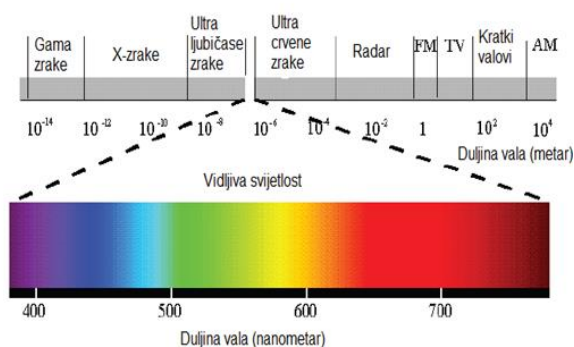
Valne duljine koje se koriste *Ag Leader OptRx* (670 nm, 730 nm, 760 nm) koriste se za izračunavanje *NDVI* i *NDRE*. To se obično naziva vegetacija indeks (VI -a), *DVI* je dobar za određivanja stanja usjeva, jer to je izravno povezano s biomasom i sadržajem dušika u biljci, (što je veća *NDVI*, to je veći sadržaj *N*). *NDVI* je sklon zasićenju pri višim vrijednostima pa se tako *NDRE* koristi u višim fazama rasta, jer je osjetljiviji. *NDVI* i *NDRE* se izračunavaju pomoću sljedeće jednadžbe:

$$NDVI = \frac{NIR (780) - RED (670)}{NIR (780) + RED (670)}$$

$$NDRE = \frac{NIR (780) - RE (730)}{NIR (780) + RE (730)}$$

*Ag Leader OptRx* senzori imaju tri kanala, tri valne duljine: 670 nm, 730 nm, i 780 nm. Na *Ag Leader OptRx* sensor ne utječe okolina svjetlosnim i stoga mogu raditi tijekom dana ili tijekom noći. *Ag Leader OptRx* sensor je jedinstven na tržištu jer nudi kombinaciju šest vrijednosti. *NDVI* (normalizirana razlika vegetacijskog indeksa) označava klorofil i biomasu u na malim površinama u ranim fazama rasta. *NDRE* (normalizirana razlika vegetacijskog indeks crvenog ruba) pokazuje klorofil i biomasu na velikim površinama u kasnijim fazama rasta.

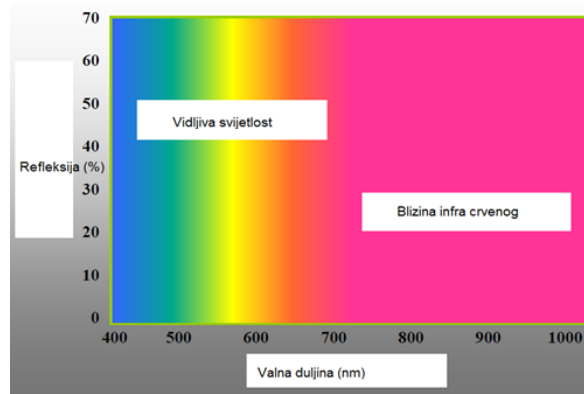
*Ag Leader OptRx* senzori su pokazali sposobnost da otkrije stres u usjevima kao što su krumpir i pšenice u ranim i kasnim fazama rasta, za razliku od ostalih senzora u mnogim ispitivanjima u Engleskoj i Nizozemskoj. *Ag Leader OptRx* je također pokazao mogućnost snimanja točne VI vrijednosti u prašnjavim poljskim uvjetima u kojima dok drugi nisu davali takve rezultate u takvim uvjetima.



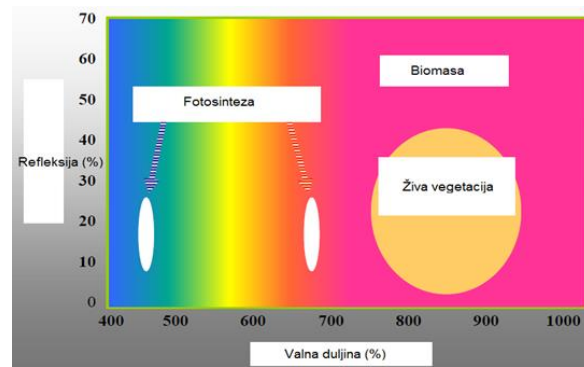
Slika 20. Prikaz valnih duljina svjetlosti

(Izvor: Hans Stiekema *Ag Leader Europe* bv Nov 2012)

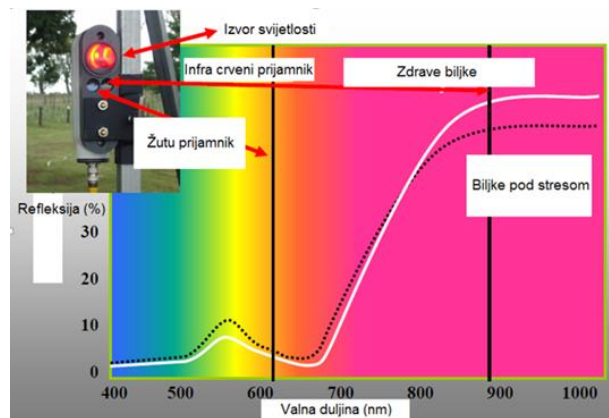




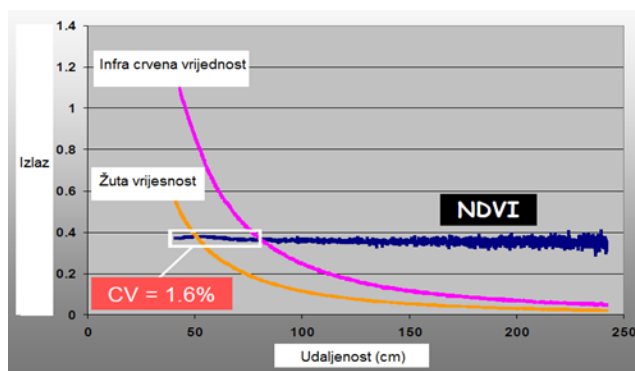
Slika 21. Dijagram Refleksija / Valna duljina  
(Izvor: Hans Stiekema Ag Leader Europe bv Nov 2012)



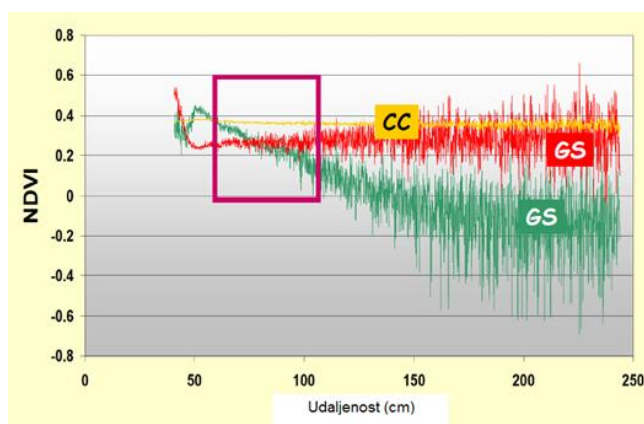
Slika 22. Dijagram Refleksija / Valna duljina  
(Izvor: Hans Stiekema Ag Leader Europe bv Nov 2012)



Slika 23. Prikaz očitavanja različitih valnih duljina  
*Ag Leader OptRx* senzora  
(Izvor: Hans Stiekema Ag Leader Europe bv Nov 2012)



Slika 24. Dijagram Izlazna vrijednost / udaljenost  
(Izvor: Hans Stiekema Ag Leader Europe bv Nov 2012)



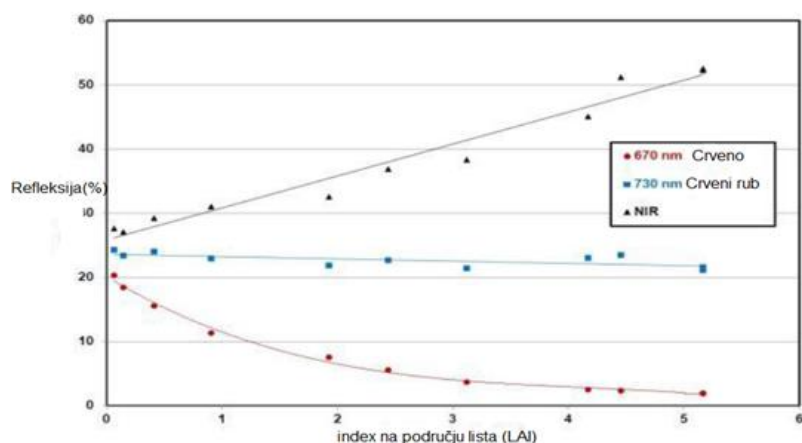
Slika 25. Dijagram NDVI / Udaljenost  
(Izvor: Hans Stiekema Ag Leader Europe bv Nov 2012)



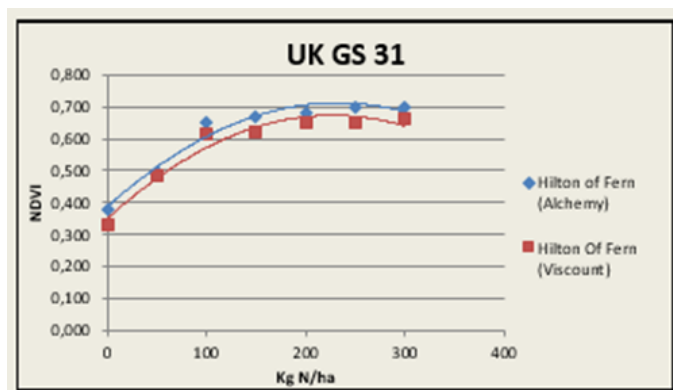
Slika 26. Način postavljenja *OptRx* senzora na traktor *Fendt 716 Vario* Belje d.d.  
(Izvor: Marić, 2015)



Kako biljka raste mijenja se značajno promjena refleksije. Ovaj grafikon (Slika 27.) pokazuje da ako senzor usjeva učitava samo crveno svjetlo, a refleksija se mijenja značajno kako biljka raste. Potrebno je promijeniti crveni rub u kasnijim fazama rasta, zadržati usporedbu zdravih biljaka naspram slabijih biljaka. *Ag Leader OptRx* senzor to odrađuje najpouzdanije i najpraktičnije na tržištu, te je vrlo ekonomičan. Graf s podacima prikupljenim od *OptRx*. Podaci prikazuju odnos između *NDVI* i *NDRE* i kilograma dušika po hektaru (Slika 28.).

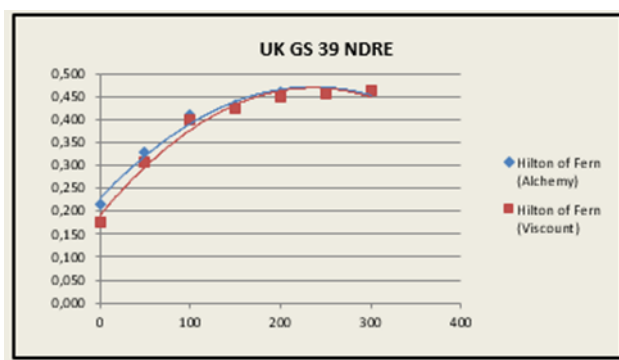


Slika 27. Dijagram Refleksija / Indeks na području lista  
(Izvor: Hans Stiekema *Ag Leader Europe* bv Nov 2012)



Slika 28. Dijagram *NDVI* / kilogram dušika po hektaru  
(Izvor: [http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx\\_2012.pdf](http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx_2012.pdf))

Kalibracija vrijednosti u usjevima sastoji se od odnosa između VI (*Ag Leadre OptRx*) i količine dušika u usjevu (Slika 29.).



Slika 29. Dijagram *NDRE* / kilogram dušika po hektaru  
(Izvor: [http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx\\_2012.pdf](http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx_2012.pdf))

#### VRA strategija aplikacije dušika

Kalibracija *OptRx* biljnog sadržaja je samo jedan dio algoritma. Strategija aplikacije dušika je jednako važna.

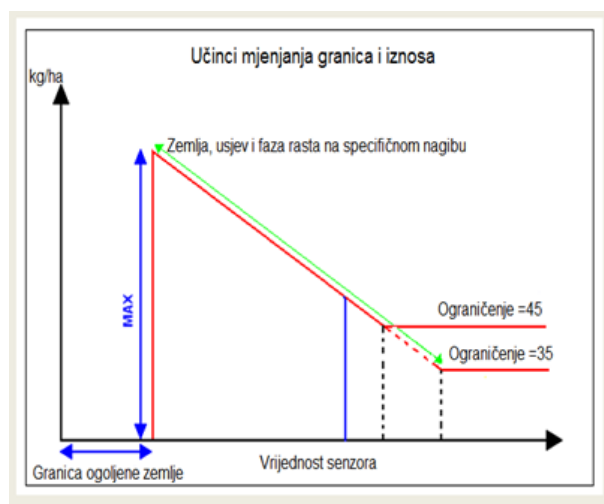
- GS 21 - više dušika (N) na siromašnim područjima, a manje na dobrim područjima. Povećanja izdanaka na siromašnim područjima, manje izdanaka na dobrim područjima.
- GS 30/31 - više dušika (N) na siromašnim područjima, manje na dobrim. Povećanje izdanaka na siromašnim područjima, manje izdanaka na dobrim područjima, niži rizik nakupljanja.
- GS 38/39 - više dušika (N) na dobrim mjestima, manje na siromašne. Nema dodatnog dušika (N) na siromašnim područjima, više dušika na dobrim mjestima koja ostaju dulje zelena.

Tablica 2. prikazuje maksimalne i minimalne granice dušika

(Izvor: [http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx\\_2012.pdf](http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx_2012.pdf))

Faza rasta	Promjena na polju	Iznos dušika	Preporučena ograničenja
21	0.6	30	± 15
31	1	50	± 25
39	1.5	75	± 35

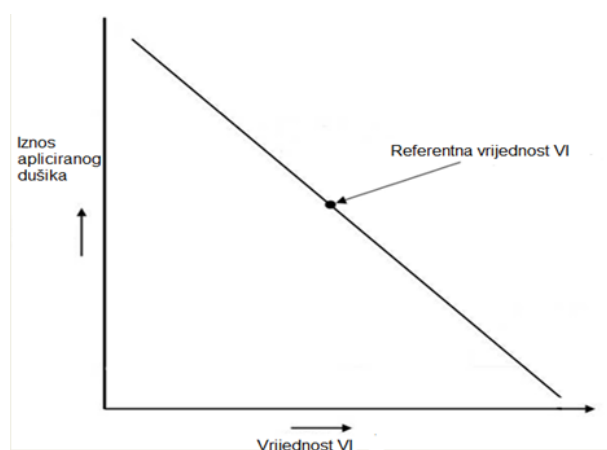
Ako nema maksimalne i minimalne vrijednosti nisu podešeni senzori i ne postoji preporučeni vrlo visoki iznos dušika N ili vrlo niski iznos N. Predložene granice za svaku fazu rasta se nalaze u tablici iznad. U fazi rasta 21 granica treba biti manja jer će biti malo varijabilnost usjeva, ali granice mogu biti veće u kasnijim fazama rasta. Granice ne moraju biti simetrične. Može se željeti primijeniti više dušika na siromašnim područjima, ali se ne smanjuje iznos dušika na dobrim područjima (Slika 30.).



Slika 30. Dijagram učinaka mijenjanja granica i iznosa

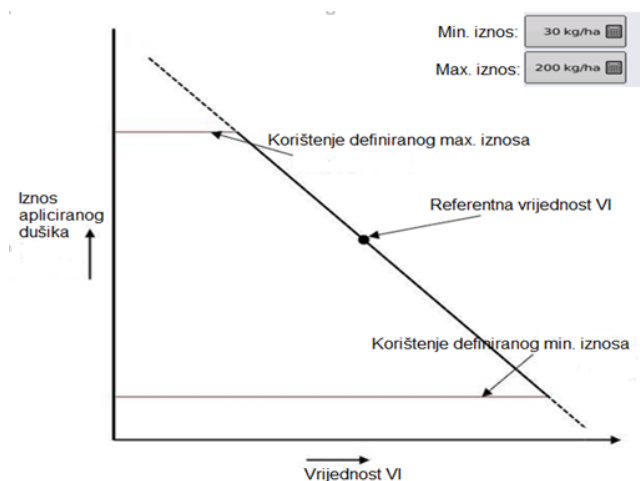
(Izvor: [http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx\\_2012.pdf](http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx_2012.pdf))

Iznos dušika primjenjuje se usporedbom biljaka skeniranja do VI referentne vrijednosti. U ranim fazama rasta, biljke s VI vrijednosti niže od VI referentne vrijednost dobivaju više dušika. Planirani zahtjevi iznosa dušika idu na prosječnu iz referentne trake (Slika 31.). Način na koji *Ag Leader OptRx* senzori doziraju dušik:



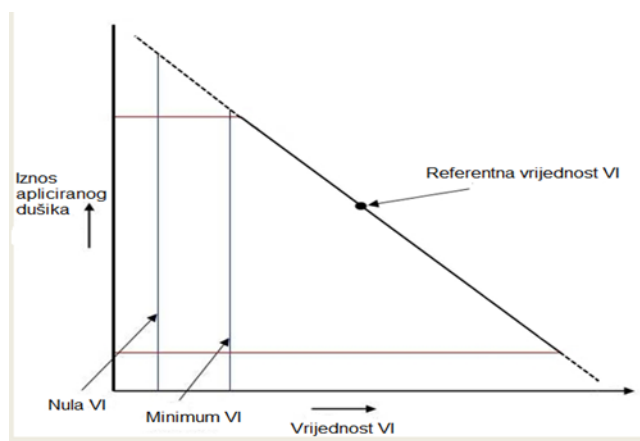
Slika 31. Dijagram Iznos aplicirani iznos / Vrijednost VI, način na koji senzor dozira dušik  
(Izvor: [http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx\\_2012.pdf](http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx_2012.pdf))

Najniži iznos dušika omogućuje korisniku da definira najniži iznos dušika po hektaru sustav će to primjenjivati. Maksimalni iznos dušika omogućuju korisniku da definira najveću količinu dušika po hektaru sustav će to primjenjivati (Slika 32.).



Slika 32. Dijagram Iznos aplicirani iznos / Vrijednost VI, način na koji senzor dozira dušik  
(Izvor: [http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx\\_2012.pdf](http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx_2012.pdf))

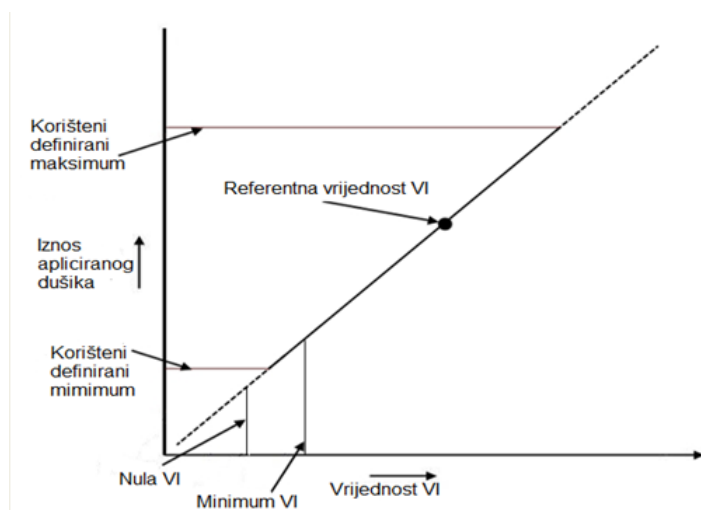
Nulti iznos omogućava korisniku definiranje mrtve usjeve ili golo tlo senzorom. Ako senzori očitaju vrijednost ispod nula, nema aplikacije dušika. Minimalna vrijednost omogućuje korisniku definiranje teško oštećene usjeva senzorom. Ako senzori očitaju vrijednost ispod minimalne i iznad nule, minimalna količina dušika se aplicira (Slika 33.).



Slika 33. Dijagram Iznos aplicirani iznos / vrijednost VI, način na koji senzor dozira dušik

(Izvor: [http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx\\_2012.pdf](http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx_2012.pdf))

U kasnijim fazama rasta aplikacija preporučuje, više dušik se primjenjuje na zdravije biljke, a manje dušika primjenjuje se na slabije biljke (Slika 34.).

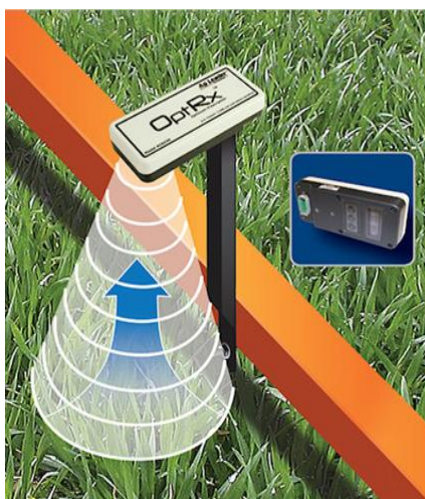


Slika 34. Dijagram Iznos aplicirani iznos / vrijednost VI, način na koji senzor dozira dušik

(Izvor: [http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx\\_2012.pdf](http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx_2012.pdf))

### 6.2.3. Postavljanje *AG Leader OptRx* senzora

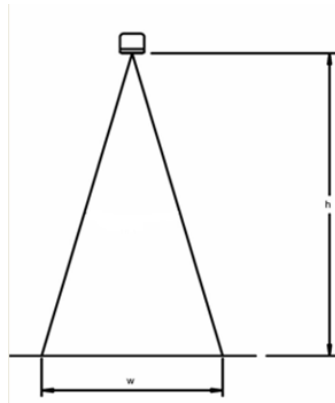
Pri odabiru gdje staviti senzor na stroju važno je uzeti u obzir što je vidno polje i gdje će biti (Slika 35.). Ako postoje rupe u preklapanju vidnog polja senzora dogoditi će se greška prilikom očitavanja. Vidno polje je otprilike na visini od 0,6, dakle, ako je senzor 1 m iznad površine vidno polje će biti široko 0,6 m. Može se primijetiti za području rada *Ag Leader OptRx* u mračnoj sobi.



Slika 35. Vidno polje *Ag Leader OptRx* senzora

(Izvor: [http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx\\_2012.pdf](http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx_2012.pdf))

Slika 36. prikazuje visinu postavljanja senzora na rasipaču. Senzori bi trebali biti postavljeni kako bi se osiguralo da vidno polje ne sadrži nikakva preklapanja ili preskakanje. Radni zahvat rasipača 24 m sa 4 senzora - dakle, prvi senzori treba staviti 3 m od središta na obje strane, a drugi senzori treba staviti 9 m od centra (Slika 37.). Senzor bi trebao biti postavljen na prskalicu okrenut izravno prema dolje na grane (Slika 38.), te se postavlja ispred grana prskalice da se osigura senzorima nesmetani rad u slučaju stvaranja vodene magle prilikom zanošenja vodenih kapljica - *drift*. Također treba voditi računa o tome na koji način se sklapaju grane prskalice kako ne bi dolazilo do oštećenja u transportu. Senzor se postavlja neposredno iznad usjeva, kako ne bi dolazilo do preklapanja ili preskakanja. Idealna visina za senzore koji se postavljaju iznad tla je između 0,75 m i 1,5 m.



Slika 36. Prikaz visine postavljanja senzora

(Izvor: [http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx\\_2012.pdf](http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx_2012.pdf))



Slika 37. Prikaz pravilnog postavljanja većeg broja *Ag Leader OptRx* senzora

(Izvor: [http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx\\_2012.pdf](http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx_2012.pdf))



Slika 38. *Ag Leader OptRx* senzor postavljen na krila samohodne prskalice

(Izvor: [http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx\\_2012.pdf](http://www.findri.hr/agleader/download/OptRx_2012.pdf))

### 6.3. Ostale vrste senzora

#### Fritzmeier senzori usjeva

*MiniVeg*: relativno skup, posjeduje puno pokretnih dijelova, fluorescentan.

*Isaria*: pokrenut 2009. godine primjena samo za dušik, a zastupljen samo u Njemačkoj.



Slika 39. *Fritzmeier* senzori usjeva

(Izvor: <https://pbs.twimg.com/media/BpoQQLJCMMAA3dee.jpg>)

#### Yara dušični senzori

*Classic*: pasivni izvor svjetla, radi samo na dnevnom svjetlu uz ograničeno vrijeme.

*ALS*: aktivni izvor svjetla, isključivo dušični iznosi *OSR*.



Slika 40. *Yara* dušični senzori postavljeni na kabinu traktora

(Izvor: <http://agglotzberg.de/content/uploads/2015/06/YaraNSchlepperdachverkleinert.jpg>)



## **7. SENZORI ZA PRECIZNU POLJOPRIVREDU U AGREGATIMA**

### **7.1. Gnojidba**

Primjena varijabilne doze gnojidbe je metoda koja se već primjenjuje i na nekim većim farmama u Hrvatskoj, a sastoji se od izrade varijabilnog plana gnojidbe i karata gnojidbe koje unaprijed definiraju količinu pojedinačnih gnojiva na svakom dijelu parcele. Računalo u traktoru očitava poziciju rasipača i s karte očitava dozu gnojiva koju u tom trenutku rasipač treba izbaciti te šalje informaciju rasipaču da namjesti uređaj za doziranje u točno definirani položaj. Sama tehnika je vrlo jednostavna, ali postoje određene teškoće u operativnoj primjeni ove metode, a one su loša zastupljenost određenih gnojiva na domaćem tržištu te visoka cijena analize uzorka tla.

Kod prihrane usjeva sustav određuje količinu gnojiva prema potrebama biljke i prema potencijalima tla. Senzori koji se nalaze na traktoru ili na posebnim nosačima ispred stroja, očitavaju reflektirajući signal od biljke i šalju ga na obradu u računalo. Već prema tome koji se sustav obrade podataka primjenjuje, *software* obrađuje podatke pri čemu uvažava kriterije maksimalnog potencijala tla i šalje informaciju stroju koju količinu dušičnog gnojiva treba aplicirati. Na taj se način povezuju proizvodni potencijali tla i biljke i postiže se maksimalni mogući prinos uz optimalnu potrošnju dušičnog gnojiva.

#### **7.1.1. Rasipač *Amazone ZA-V 3200***

Nošeni rasipači proizvođača *Amazone* odlikuje se preciznim radom, velikim radnim zahvatom te velikim spremnikom od 3.200 l. *ISOBUS* sustav, precizni sustav vaganja, kontrole i doziranja mineralnog gnojiva te radni zahvat od 28 m i radna brzina do 30 km/h ovaj rasipač ističu ispred drugih rasipača u svojoj klasi.



Slika 41. *Amazone ZA-V 3200*

(Izvor: Autor)

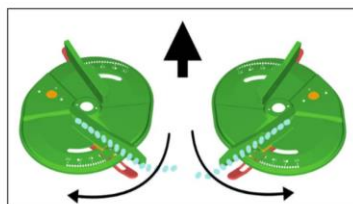
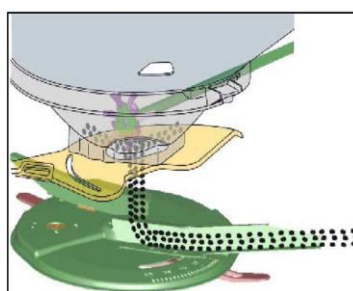
Prednosti rasipača *Amazone ZA-V 3200*:

- Precizno apliciranje gnojiva u radnom zahvatu 28 m
- Kontrola i praćenje apliciranja gnojiva 200 HZ sustavom vaganja
- *Soft Ballistic System (SBS)* za precizno nježno apliciranje gnojiva
- Jedinica za rasipanje za primjenu do 390 kg/min
- Inteligentan agitator za uštedu gnojiva sa smanjenom brzinom kada je zatvarač zatvoren
- Diskovi sa izuzetno brzim i precizno prilagodljivim lopaticama koristeći *QuickSet* sistem
- Hidraulični *limiter V* ili električki aktiviran *limiter V* sustav rasipanja, oba mogu se mogu mijenjati radi preciznijeg obruba
- *ISOBUS* sustav
- Kompaktno, čvrsto zatvaranje, poklopac spremnika za prevrtanje koji se može prilagoditi operateru

## Građa i funkcija rasipača

Rasipač gnojiva *AMAZONE ZA-V* je opremljen s dva vrha lijevka i izmjenjivim diskovima za posipanje koji se suprotno smjeru vožnje rotiraju obrnuto iznutra prema van, a opremljeni su kraćom i dužom lopaticom za posipanje.

Gnojivo se jednakomjerno propušta iz spremnika kroz miješalicu do diskova za posipanje te niz diskove za posipanje vodi prema van i izbacuje. Prije upotrebe rasipača potrebno je provesti kontrolu gustoće prosipanja.



Slika 42. Smjer prosipanja gnojiva

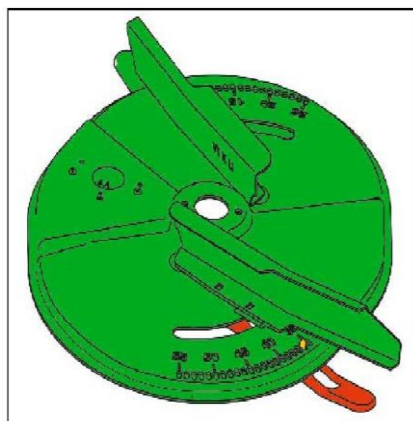
(Izvor: <http://et.amazone.de/files/pdf/MG4136.pdf>)

## Diskovi za posipanje s lopaticama za posipanje

Kontinuirano namještanje radnih širina moguće je uz:

- zakretanje lopatica za posipanje na diskovima za posipanje
- zamjenu lopatica za posipanje na diskovima za posipanje

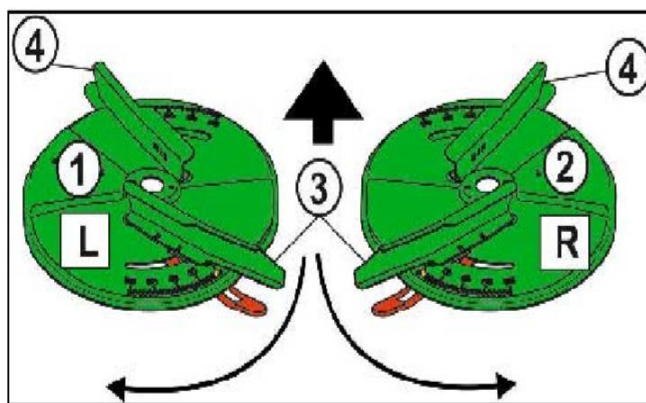
Pogon diskova za posipanje i miješalice odvija se od zglobnog vratila preko središnjeg prijenosnika i kutnog prijenosnika.



Slika 43. Shematski prikaz lopatica za prosipanje gnojiva  
(Izvor: <http://et.amazone.de/files/pdf/MG4136.pdf>)

Gledano u smjeru vožnje (Slika 44.):

- (1) lijevi disk za posipanje
- (2) desni disk za posipanje
- (3) Lopatice za posipanje duga - skala podešavanja s vrijednostima od 35 do 55
- (4) Lopatice za posipanje kratka - skala podešavanja s vrijednostima od 5 do 28



Slika 44. Diskovi sa lopaticama za prosipanje  
(Izvor: <http://et.amazone.de/files/pdf/MG4136.pdf>)

Na slici 45. prikazan je primjer oznake na lopaticama. „V2“ označava izvedbu lopatice broj 2. „K“ označava kratku lopaticu, a „LI“ označava lijevu stranu dogradnje. Ostale oznake su „V1“ i „V3“ za izvedbe, „L“ za dugu lopaticu i „RE“ za desnu stranu dogradnje. Lopatice za posipanje postavljaju se tako da otvorene strane pokazuju u smjeru vrtnje i zahvaćaju gnojivo.

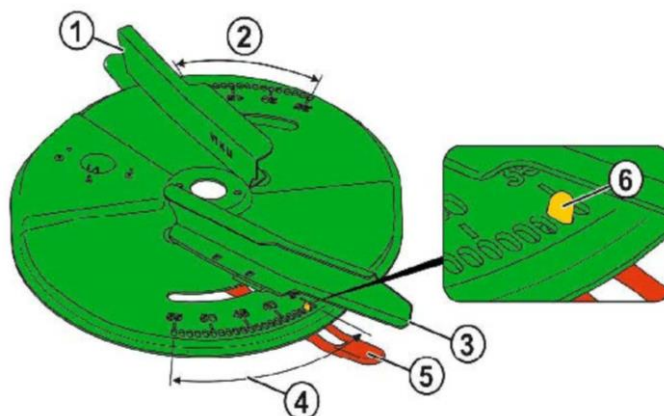


Slika 45. Primjer označavanja lopatica

(Izvor: <http://et.amazone.de/files/pdf/MG4136.pdf>)

Podešavanje položaja lopatica za prosipanje (Slika 47.):

1. Kratka lopatica za posipanje
2. Ljestvica za namještanje (5-25) za kratku lopaticu za posipanje
3. Duga lopatica za posipanje
4. Ljestvica za namještanje (35-55) za dugu lopaticu za posipanje
5. Poluga za namještanje za lopaticu za posipanje
6. Blokada lopatice kao prikaz položaja lopatice



Slika 46. Prikaz dijelova pri podešavanju položaja lopatice za prosipanje


















(Izvor: <http://et.amazone.de/files/pdf/MG4136.pdf>)

Najvažnije veličine koje utječu na svojstva posipanja su:

- Veličina zrna
- Nasipna težina
- Svojstva prašine
- Vlažnost

Tablica 3. Izvadak iz tablice prosipanja prema gnojivu *YaraBela Extran 27*

(Izvor: <http://et.amazone.de/files/pdf/MG4136.pdf>)

ZA-V															
					Posipanje po rubu	Posipanje graničnog područja				Posipanje jarka					
															
V-Set 2	18,0	17/46	720	C	60	90	25	5	90	60	9	-220	18	-8	
	24,0	17/46	720	D	60	90	25	5	90	60	10	-220	23	-4	
	28,0	18/47	720	E	60	90	25	5	90	60	12	-220	27	1	
V-Set	27,0	14/46	720	E	50	80	25	5	80	60	12	-220	28	-3	
	32,0	15/46	720	F	50	80	25	5	80	60	13	-220	31	0	
	36,0	15/48	720	G	50	80	25	5	80	60	14	-220	32	2	

Iz tablice se očitavaju vrijednosti prema kojem se rasipač podešava. Iz prvog stupca uočavamo radni zahvat našeg rasipača koji iznosi 28 m. Iz reda na kojem se nalazi radi zahvat našeg rasipača podešavamo rasipač prema vrijednostima iz tablice. U tablici su podatci od izboru lopatica za prosipanje, broj okretaja diskova, izvedba *limitera* te njegove vrijednosti pri posipanju na različitim reljefima tla.

## Miješalica

Spiralne miješalice u vrhovima lijevaka (Slika 47., oznaka 1.) jamče ravnomjeren dotok gnojiva na diskove za posipanje. Lagano rotirajući segmenti miješalice u obliku spirale jednakomjerno odvođe gnojivo do izlaznog otvora. Pogon se odvija preko zglobnog vratila. Smanjenje broja okretaja postiže se s pomoću jednosmjerne spojke.



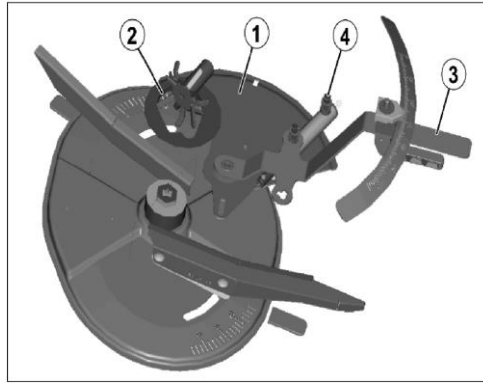
Slika 47. Miješalica rasipača *Amazone ZA-V*

(Izvor: <http://et.amazone.de/files/pdf/MG4136.pdf>)

## Zaporni kliznik i dozirni kliznik

Podešavanje količine posipanja vrši se:

- elektronski preko upravljačkim terminalom. Pritom se pomoću servo-motora (1) (Slika 48.) pogonjenog dozirnog kliznika oslobađaju različite širine ispusnog otvora (2) (Slika 48.)
- ručno pomoću poluge za upravljanje (3) (Slika 48.) podešavanjem različitih širina ispusnih otvora (2) (Slika 48.). Za to potreban položaj kliznika je moguće odrediti ili pomoću podataka iz tablice posipanja ili pomoću logaritamskog računala. Dodirni kliznik otvara se hidraulički pomoću hidrauličnog cilindra (4) (Slika 48.).



Slika 48. Shematski prikaz kliznika

(Izvor: <http://et.amazone.de/files/pdf/MG4136.pdf>)



Slika 49. Stvarni prikaz kliznika

(Izvor: Autor)

### Limiter

Ako se prva vozna staza nalazi na pola radne širine od ruba polja, *limiter* omogućuje daljinsku aktivaciju granice posipanja mijenjanjem uzorka prosipanja. *Limiter* se radi namještanja može vrtjeti oko osi diska za posipanje i spustiti na različite položaje.

### Sustav za vaganje

Uz pomoć sustava za vaganje rasipač za gnojivo nudi mogućnost preciznog izražavanja posipane količine gnojiva. Također omogućuje precizno doziranje količine bez probnog kalibriranja. S prednje strane rasipača postavljen je okvir sustava za vaganje na kojemu se nalazi mjerna ćelija koja važe 200 puta u sekundi. Za precizno mjerenje mase važno je osigurati vodoravnost vodoravne usmjerene vučne upornice.



## 7.2. Sjetva

Greške koje se učine tijekom sjetve najčešće kasnije nije moguće kompenzirati nekim drugim zahvatima. Razlozi leže u relativno kratkim i važnim agrotehničkim rokovima za većinu kultura koje se proizvode u RH. Iz svih navedenih razloga nameće se gotovo kao nužnost primjena kontrole i praćenja brojnih elemenata u procesu sjetve, što je sastavni dio precizne poljoprivrede. Kod sjetve je važno da svaka biljka ima osiguran dovoljan životni prostor a da istovremeno ne ugrožava drugu biljku. Iz tog razloga je važno posijati točno određenu količinu sjemena na odgovarajuća mjesta. Tehnologijom precizne poljoprivrede za taj posao je potrebno primijeniti automatsko upravljanje traktora, automatsku kontrolu sekcija, tehnologiju promjenjive količine sjemena i nadzor protoka sjemena. Za sjetvu se unaprijed pripreme karte sjetve prema kojima sijačica izvršava sjetvu. Ukoliko je parcela sjetve nepravilnog oblika, sijačica će posijati sjeme bez preklapanja uvijek na točno određeni razmak. Na taj se način štedi sjeme i osiguravaju se optimalni uvjeti za daljnji rast i razvoj biljaka. Kod sjetve u redove može se postići individualno podešavanja razmaka sjemena neovisno za svaki red, kontrola stvarno izbačenog sjemena, uspostavljanje stalnih tragova, satelitska kontrola početka i kraja sjetve, precizno spajanje prohoda i vođenje uz pomoć *GPS-RTK* sustava te vrlo precizna regulacija dubine sjetve.

### 7.2.1. *Amazona Cirrus 3003 Compact*

*Amazona Cirrus* je vučena pneumatska sijačica koja se odlikuje izvrsnim radnim učinkom, kako u konvencionalnoj tako i u reduciranoj sjetvi. Sa radnim zahvatom od 3 m i zapreminom spremnika od 3000 l, *Cirrus* sijačica postiže maksimalne radne učinke u svojoj klasi.

Glavne prednosti sijačice:

- Maksimalna učinkovitost uz precizno mjerenje i pneumatska distribucija sjemena
- *RoTeC-Pro* raonik sa jednim diskom
- Veliki središnji uski spremnik omogućuje dobru vidljivost svih strana stroja
- Dva reda baterija tanjura omogućuju obradu i sjetvu u jednom prohodu
- *Matrix* gume koje omogućuju dobro razbijanje busa i transport sijačice brzinom od 40 km/h. Gume ujedino služe kao valjak.
- Kontrola doziranja sjemena i *ISOBUS* tehnologija



Slika 50. *Amazone* Currus 3003 Compact sijačica

(Izvor: Autor)

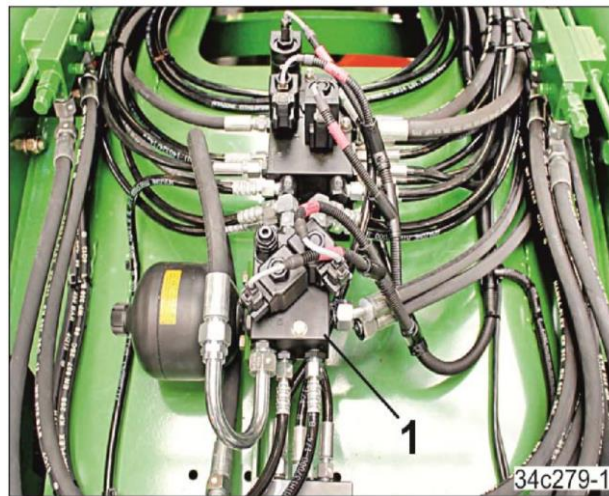
Mjerni sustav sijačice prikladan je za sve vrste sjemena i sve sjetvene norme od 1,5 do 400 kg/ha. Dozirni valjak omogućuju nisku perifernu brzinu sjemena što uvjetuje izvrsnom očuvanju sjemena, a izmjena dozirnih valjaka omogućuje pravilnu sjetvu pri različitim kalibrima sjemena. Dozirni valjci se mogu mijenjati i kad je spremnik pun sjemena.



Slika 51. Dozirni valjak volumena 210 cm<sup>3</sup>

(Izvor: <http://et.amazone.de/files/pdf/mg5539.pdf>)

Upravljanje sijačicom vrši se preko upravljačkog terminala. Hidraulične funkcije stroja aktiviraju se preko elektrohidrauličnog upravljačkog bloka (1) (Slika 52.). Najprije se u upravljačkom terminalu mora odabrati željena hidraulična funkcija koja se potom može izvesti putem odgovarajućeg upravljačkog uređaja. Takvim omogućivanjem hidraulične funkcije u upravljačkom terminalu omogućuje se rukovanje svim hidrauličnim funkcijama s manje upravljačkih uređaja traktora za funkcije stroja i sa samo jednim upravljačkim uređajem traktora za ventilator.



Slika 52. Elektro-hidraulični upravljački terminal sijačice  
(Izvor: <http://et.amazone.de/files/pdf/mg5539.pdf>)

Radna brzina određuje se, primjerice, na temelju impulsa radara (Slika 53.). Iz podataka o radnoj brzini utvrđuje se obrađena površina (brojač hektara) i potreban broj okretaja dozirnih valjaka.



Slika 53. Radar

(Izvor: <http://et.amazone.de/files/pdf/mg5539.pdf>)

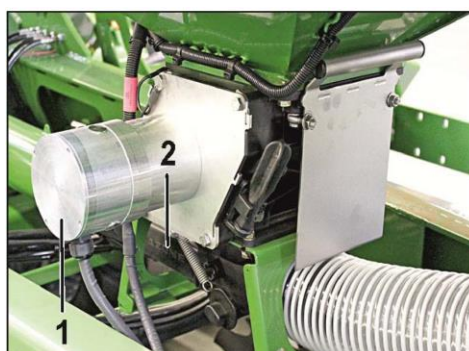
Radi nadzora sadržaja spremnika svaka komora ima senzor razine napunjenosti (1) (Slika 54.). Ako razina materijala u komori dosegne senzor, upravljački terminal prikazuje upozorenje te se istodobno oglašava alarmni signal. Taj alarmni signal trebao bi podsjetiti vozača traktora da dopuni spremnik. Visina na kojoj se nalazi senzor može se namjestiti izvana, pričvršćivanjem senzora u drugi držač.



Slika 54. Senzor napunjenosti

(Izvor: <http://et.amazone.de/files/pdf/mg5539.pdf>)

Doziranje sjemena vrši se elektronički. Spremnik je opremljen sa jednom ili više komora. Svaka komora ima svoj dozator i senzor ispunjenosti. Spremnik Cirrus 3003 Compact sijačice sadrži jednu komoru i jedan dozator. Dozirni valjak pogoni elektromotor (1) (Slika 55.). Dozirani materijal pada u komoru (2) (Slika 55.), a zračna ga struja odnosi prema razdjelnoj glavi i dalje prema raonicima. Čim se raonici podignu radi okretanja na kraju polja ili se stroj zaustavi, elektromotor se isključuje i dozirni se valjak zaustavlja.



Slika 55. Prikaz elektromotora (1) i komore dozirnog valjka (2)

(Izvor: <http://et.amazone.de/files/pdf/mg5539.pdf>)

Broj okretaja dozirnog valjka:

- pri umjeravanju količine posipanja
- određuje količinu posipanja. Što je veći broj okretaja elektromotora, to je veća količina posipanja
- automatski se prilagođava promjenama radne brzine
- može se povećati tijekom rada pritiskom tipke na upravljačkom terminalu pri prelasku s normalnog tla na teško tlo

Strojevi s jednokomornim sustavom opremljeni su dozatorom. Pri umjeravanju količine posipanja dozirani materijal pada u prihvatnu vrećicu. Zaklopka zatvara otvor ubrizgača nakon umjeravanja. Postupak umjeravanja pokreće se pritiskom tipke na upravljačkom terminalu u kabini traktora. Tipka za pokretanje umjeravanja mora biti pritisnuta tijekom čitavog postupka umjeravanja. Dozirni valjak automatski se zaustavi čim se postupak umjeravanja završi. Ispušteni materijal koji se nalazi u prihvatnoj vrećici važe s pomoći digitalne vage. Odstupanja u količini materijala korigiraju se u računalu.



Slika 57. *ISOBUS* modul sijačice  
(Izvor: Autor)

Pri umjeravanju količine posipanja simulira se kasnija vožnja poljem. Potreban broj okretaja dozirnog valjka izračunava se na temelju simulirane površine (npr. 1/40 ha) i težine uhvaćenog sjemena. Postupak umjeravanja provodi se uvijek pri prvom puštanju u rad, pri promjeni vrste sjemena, pri istoj vrsti sjemena ali drugoj veličini ili obliku zrna, specifičnoj težini te sredstvu za tretiranje sjemena, nakon zamjene dozirnog valjka i kad se spremnik prazni brže/sporije no što je očekivano. U tom slučaju stvarna količina posipanja ne podudara se s količinom posipanja utvrđenom pri umjeravanju. Pored spomenutih senzora na sijačici se nalaze senzor broja okretaja ventilatora, senzor regulatora pritiska senzor struje sjemena, senzor položaja u razdjelniku sjemena te *ISOBUS* sustav.

### 7.3. Zaštita bilja

Prskalice su namijenjene prvenstveno za zaštitu ratarskih površina. Pravilna i uspješna aplikacija pesticida ovisi uglavnom o ispravnosti radnih dijelova prskalice i o vanjskim čimbenicima. Prskalice mora pod određenim tlakom aplicirati sredstvo po ratarskoj površini. Kako ne bi došlo do prekomjernog, nepotrebnog korištenja zaštitnog sredstva prskalice mora biti besprijekorno tehnički ispravna.

Za uspješnu primjenu zaštitnih sredstava nije dovoljno samo odabrati odgovarajući preparat. Važno je i da se preparat pravilno primjeni, te da se odabere odgovarajuća tehnika apliciranja. Nepravilnom primjenom može izostati koristan učinak pesticida, te mogu se nanijeti i ozbiljne štete kulturnim biljkama.

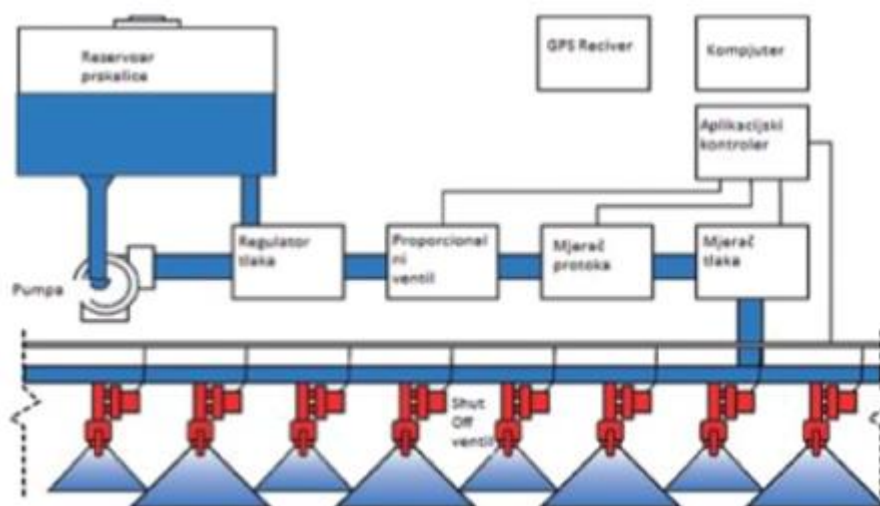
Za kemijsku zaštitu bilja protiv korova, bolesti te štetnika najčešće se koriste ratarske prskalice odnosno strojevi koji rade na principu hidrauličke dezintegracije otopine. Kod prskalice mehanička energija kardanskog vratila pogoni crpku koja ostvaruje hidraulički tlak. Ostvarena energija se najvećim dijelom troši na dezintegraciju otopine u što sitnije kapljice, a ovaj proces se odvija na mlaznicama. Ostatak hidrauličke energije se pretvara u kinetičku koja služi za distribuciju kapljica do odredišta. Veličine čestica kod prskanja može se usporediti sa drugim metodama aplikacije pesticida shematskim prikazom na slici 57.



Slika 57. Shematska prikaz usporedbe veličina čestica – µm

(Izvor: <https://repositorij.pfos.hr/islandora/object/pfos:72/preview>)

Suvremena, štedljiva i prema okolišu obzirna zaštita bilja prvenstveno ovisi o točnosti nanošenja zaštitnog sredstva. Suvremene prskalice moraju biti pouzdane u radu, precizno podešene, te upravljane osobom koja ima potrebna znanja i iskustvo. Danas se posebna važnost pridaje injektorima kao elementima koji određuju preciznost rada svake prskalice (Slika 58.).



Slika 58. Shema prskalice za preciznu poljoprivredu  
(Izvor: <http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/16/precizna-poljoprivreda/8046#.XKXAdpgzbid>)



### 7.3.1. Prskalica *Amazone* UG 3000 Special

Prskalica *Amazone* UG 3000 Special je vučena prskalica zapremnine 3.200 l. Opremljena je sa *Super-S* krilima radnog zahvata 28 m. Prednosti *UG* serije prskalica su:

- Visoki klirens sa zaobljenim rubovima na okviru
- Optimalno težište spremnika s apsolutno glatkim zidovima
- Super stabilna, super lagana i super kompaktna krila
- Odlično vješanje krila za miran rad krila
- Crpka velikog kapaciteta
- Najmodernija tehnologija armatura i računala koji su jednostavni za korištenje



Slika 59. *Amazone* UG 3000 Special

(Izvor: Autor)

Široki okvir, kompaktni spremnik i robusna tehnologija krila omogućuju potrebnu stabilnost u radu. Svi su rubovi zaobljeni i sva su crijeva skrivena u nosačima. Moguće je podešavanje širine traga od 1,50 do 2,25 m. Dopuštena brzina od 40 km/h.

Na slici 60. prikazana je konstrukcija prskalice:

1. Robusni čelični okvir u kojem su zaštićena crijeva
2. Kompaktni spremnik s glatkim unutrašnjim i vanjskim stranicama
3. Posuda za pripremu s *Power-injektorom* za ispiranje i brzo punjenje posuda

4. Veliki spremnik čiste vode za razblaživanje ostataka u spremniku ili pranje glavnog spremnika kao i mogućnost pranja prskalice i pri punom spremniku
5. Poseban spremnik tehničku vodu (20 l)
6. Izravni pokazivač razine tekućine preko plovka i serijski elektronički u upravljačkom terminalu
7. Sigurnosni ormarić za radnu odjeću (opcija).



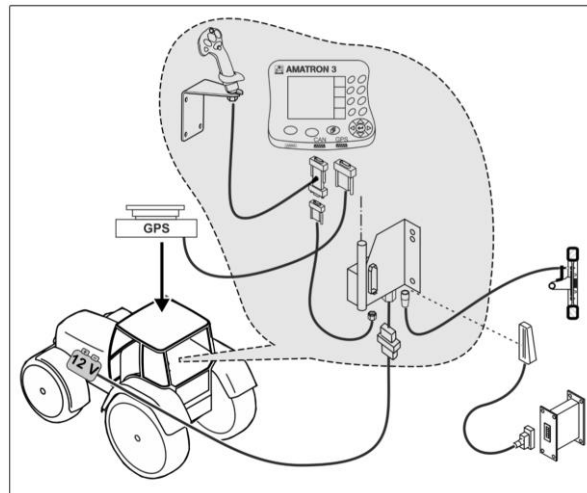
Slika 60. Konstrukcija prskalice *Amazone* UG 3000  
(Izvor: <http://et.amazone.de/files/pdf/mg3506.pdf>)

Upravljačka jedinica prskalice zove se *AMATRON 3*. Upravljačka jedinica se povezuje sa *GPS* prijemnikom te *AMABUS* sustavom prskalice. *AMABUS* je kontrolna sabirnica proizvođača *Amazone*. Naspram *ISOBUS* sustav razlikuje se dodatnim opcijama koje su prilagođene samo za *Amazone* strojeve.

*AMABUS* očitava i šalje vrijednosti senzora upravljačkoj jedinici koja te vrijednosti preračunava i prikazuje na svom ekranu. Preko upravljačke jedinice upravlja se i nadzire se rad prskalice. Princip rada ovog pametnog sustava je sljedeći: upravljačka jedinica učitava točnu lokaciju preko *GPS* prijemnika. U postavkama upravljačke jedinice podesi se radni zahvat prskalice te udaljenost centra prskalice od položaja antene *GPS*-a. Prskalice je opremljena elektro-ventilima koji omogućuju uključenje rada prskalice i svake sapnice posebno pomoću električne struje. Uključenjem rada prskalice upravljača jedinica označava površinu na kojoj je tretiranje obavljeno. Ukoliko se agregat nalazi na uvratini gdje se zbog

neppravilne površine polja nailazi na preklapanje, upravljačka jedinica će isključiti svaku sapnicu koja je u preklapanju.

Nadziranje prskalice omogućuju senzori tlaka sustava, protoka tekućine, senzor ispunjenosti spremnika prskalice, senzor položaja grana prskalice, senzor brzine vjetra i slično.



Slika 61. Shematski prikaz spajanja AMABUS sustava prskalice  
(Izvor: <http://et.amazone.de/files/pdf/MG5560-EN-II.pdf>)

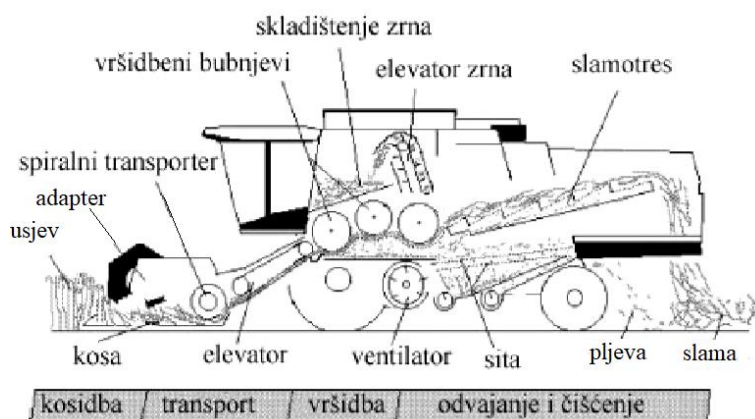


Slika 62. AMATRON 3 upravljački terminal  
(Izvor: Autor)

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

## 7.4. SENZORI U SAMOHODNIM KOMBALJNIMA

Istraživanja tehnologije rada senzora na kombajnim se ubrzano odvijaju. Ona obuhvaćaju mjerenje protoka i drugih osobina zrna i biomase, kao i kinetičkih parametara mehaničkih elemenata na kombajnu, brzine, broja okretaja i dinamičkih veličina kao što su sila i okretni moment. Mjesta na kombajnu na koja se ovi senzori postavljaju određeni su u ovisnosti od mjerene veličine i procesa na kombajnu u kome se ona stvara. Komponente jednog žitnog kombajna sa klasičnom tehnološkom shemom prikazane su na slici 63.



Slika 63. Procesi koji se odvijaju na žitnom kombajnu sa klasičnom tehnološkom shemom  
(Izvor: Marković i sur., 2005)

Na adapteru kombajna usjev se sječe i uvodi u mehanizam za vršidbu, gdje započinje postupak izdvajanja zrna iz klasa. U posljednjem koraku zrno se čisti da bi se odstranio strani materijal i pljeva. Poslije čišćenja zrno se transportira do spremnika za zrno uz pomoć spiralnih transportera i elevatora. Mjerenje volumetrijskog i masenog protoka očišćenog zrna može se obavljati samo u ovoj, posljednjoj fazi. Kada se usjev kosi dovoljno nisko, tj. što bliže tlu, mjerenja na slami se mogu obaviti skoro na svakom mjestu na kombajnu gdje slama prolazi. Senzori za mjerenja koja daju informacije o osobinama zemljišta na kome se usjev uzgaja, moraju se obaviti na prednjoj strani adaptera.

#### 7.4.1. Mjerenje gubitka zrna

Mjerni uređaj za gubitke zrna može biti piezokeramička sonda eliptičnog poprečnog presjeka. Ona se pokazala kao odlično rješenje iz razloga što je pogodna za podešavanje aktivne površine sonde (zakretanjem sonde oko uzdužne osi) i zbog mogućnosti relativno dobrog odvođenja nataloženih žetvenih otpadataka. Sonda ima istu osjetljivost na cijeloj svojoj dužini, bez obzira na njenu konstruktivnu vrijednost, koja može biti i do 1700 mm. Uređaj se može isporučiti sa jednom sondom za mjerenje gubitaka slobodnog zrna u slami, ili sa dvije sonde, za mjerenje gubitaka slobodnog zrna u slami i gubitaka slobodnog zrna u pljevi, a na samom ekranu uređaja moguće je prikazati samo jedne, druge ili ukupne gubitke. On radi na principu pretvaranja mehaničkih impulsa u zvučne, svjetlosne ili se oni jednostavno prikažu na ekranu. Zrna kulture koja se žanje izazivaju mehaničke impulse padajući na sonde, gdje se pretvaraju u električne, zatim se prenose do elektronskog sklopa, u kojem se sumiraju i pojačavaju. Karakteristika električnog signala duž cijele sonde je konstantna i prenosi se do indikatora. Planirani, željeni gubitci se unaprijed određuju za svaku vrstu kulture posebno i to su parametri koje postavlja rukovatelj kombajnom. Senzori se ugrađuju na nepomične dijelove kombajna ispod sita i slamotresa te pričvršćuju se pomoću gumenih amortizera tako da na njih padaju zrna koja napuštaju prostor kombajna. Gumene amortizere prilikom žetve omogućavaju, uslijed vibracija, automatsko čišćenje sonde. Osim funkcije pretvaranja mehaničkih impulsa u električne, uređaj ima i selektivnu funkciju, tj. reagira samo na pad zrna zadatog materijala, dok na ostale materijale ne reagira. Indirektno mjerenje apsolutne zapremine zrna koje ne propada kroz sito za čišćenje na kombajnu i koje se izbacuje iz zadnjeg dijela kombajna se izračunava na osnovu izlaznih signala dobivenih pomoću aparata koga čini matrica senzora raspoređenih oko sita i koji su sposobni da detektiraju naglu promjenu protoka zrna. Aparat pored mjerenja apsolutnih gubitaka zrna obavještava rukovatelja kombajnom o tome da je izmjerena vrijednost prekoračila zadata koja se smatra maksimalno dozvoljenim gubitkom za efikasno obavljanje žetve. Kada se prekorači vrijednost dozvoljenih gubitaka zrna, aktivira se indikator na ekranu koji upozorava rukovatelja na taj događaj.

### **7.4.2. Mjerenje broja okretaja**

Broj obrtaja mjeri se pomoću induktivnih, optoelektronskih, otpornih, kapacitivnih, a najčešće indukcijskih (elektrodinamičkih) senzora blizine koji se pomoću nosača postavljaju pored vratila čiji se broj obrtaja mjeri. Podjela elektronskih uređaja za mjerenje broja okretaja, tj. kutne brzine, može se izvršiti i u ovisnosti od vrste indikatora na kome se vrši očitavanje. Pri tome se razlikuju uređaji sa digitalnim frekvencmetrima ili tajmerima, kao i uređaji kod kojih se broj obrtaja ili kutna brzina mjeri voltmetrima. Ukoliko pri radu dođe do preopterećenja pojedinih vratila, a samim tim i do pada njihovog broja okretaja, na ekranu indikatora pojaviti će se odgovarajuća signalizacija. Obično se mjere brojevi okretaja vratila bubnja, elevatora adaptera, koljenastoga vratila slamotresa i vratila elevatora zrna.

### **7.4.3. Mjerenje prinosa zrna**

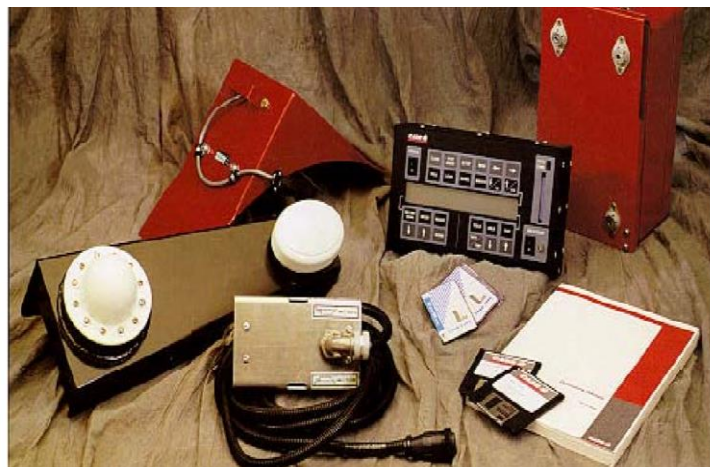
Prinos zrna i slame izražava se kao masa po jedinici površine. Osnovni princip ovih mjerenja je kombinacija mjerenja promjene mase, tj. zapremine u jedinici vremena i brzine kretanja. Dakle paralelno sa mjerenjem protoka mjeri se i brzina kretanja, a koristi se i podatak o širini radnog zahvata, pa se na osnovu njih određuje aktualni površinski učinak. Korištenjem podataka o trenutnom protoku (propusnoj moći kombajna) i površinskom učinku proračunava se prinos u  $[\text{kg}/\text{m}^2]$ . Senzori masenog i zapreminskog protoka mogu se podijeliti u više grupa u ovisnosti od principa mjerenja koji koriste. Pri ocjeni rada ovih senzora, potrebno je obratiti pažnju na nekoliko kritičnih točki, naprimjer:

- jednostavnost baždarenja i neovisnost od tipa usjeva
- dovoljna preciznost i točnost
- neugrožavanje normalnog procesa vršidbe čak i u slučaju oštećenja senzora
- jednostavnost montiranja na različite tipove i modele kombajna



#### 7.4.4. Senzori prinosa

Danas svaki novi stroj za ubiranje plodova posjeduje sustav za kartiranje prinosa koji se sastoji od senzora protoka zrna, *GPS* prijamnika i *display*-a (Slika 64.). Senzor prinosa pretvara analogne signale, kao što su impuls - sila udara zrna od senzorsku ploču ili visina stupca sjemena u elevatoru, u digitalne signale koje učitava računalo sa displejom. Takav sustav mjerenja je zastupljen u kombajnim za žitarice. Senzori prinosa su zastupljeni i u drugim strojevima za ubiranje plodova kao što su silažni kombajni, kombajni za šećernu repu i krumpir i slično. Senzori u silažnim kombajnim očitavaju količinu zelene mase koja ulazi u uvlačno grlo. Velika količina zelene mase zahtjeva veći zazor između uvlačnih bubnjeva. Pomak između bubnjeva očitava senzor. Princip rada senzora je sličan kao kod senzora prinosa mjenjenog sile udara zrna, a razlika je u tome što kod silažnog kombajna očitavanje količine je konstantno bez prekida dok kod senzora u kombajnu za žitarice postoji vrijeme putovanja zrna do udara od senzorsku ploču.



Slika 64. Sustav za kartiranje prinosa

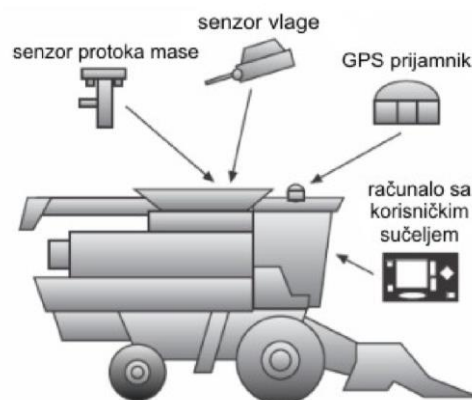
(Izvor: Jurišić i Plaščak, 2009.)





Slika 65. Uvlačno grlo silo kombajna sa senzorom prinosa u plavom kvadratiću  
(Izvor: <https://www.youtube.com/user/NewHollandAG>)

Senzor kod kombajna za šećernu repu i krumpir važe količinu čistog izvađenog ploda. Senzor je postavljen ispod trake odnosno traka je postavljena na senzorske pladnjeve koji očitavaju masu u protoku. Da bi se dobio točan podatak o prinosu usjeva uz senzore prinosa agregat mora biti opremljen sustavom za navigaciju. Podatak o točnoj lokaciji je neophodan za pravilno mjerenje prinosa jer bez podatka o lokaciji senzor bi samo mjerilo količinu ploda bez podatka o količini ploda po jedinici površine. Podatak o količini ploda po jedinici površine je ključni podatak u primjeni precizne poljoprivrede. Pomoću tog podatka planira se daljnji agrotehnički zahvati. Radi postizanja što točnijih podatak o prinosu u kombajnama za žitarice, uz sustav mjerenja prinosa ugrađuje se i senzor vlage zrna. Senzor vlage mjeri količinu vode u zrnu. Na slici 66. prikazane su glavne komponente sustava za nadzor prinosa zrna ugrađenog na kombajn.



Slika 66. Sustav za nadzor prinosa zrna  
(Izvor: Jurišić i Plaščak, 2009.)

#### 7.4.4.1. Podjela senzora prinosa

Senzori prinosa ugrađeni u univerzalnom žitnom kombajnu dijele se prema načinu rada na:

- sustave mjerenja obujma
- sustave mjerenja snage / impulsa
- druge indirektno sustave mjerenja

Senzori prinosa isporučuju pojedine mjerne vrijednosti poput, primjerice, promjera zrna, prolaznosti zrna, količine zrna i slično. Zajedno s utvrđenom pobranom površinom čiji rezultat prikazuje prinos, obavlja se obračun pomoću jednadžbe.

$$Prinos = \frac{\dot{m} * \frac{tona}{1000kg} * \frac{3600s}{h}}{w * v * \frac{1000m}{km} * \frac{ha}{10000 m^2}} \left[ \frac{t}{h} \right]$$

Prinos – količina sjemena po hektaru (t/ha)

$\dot{m}$  - protočna masa sjemena (kg/s)

tona – količina ubranog ploda (t)

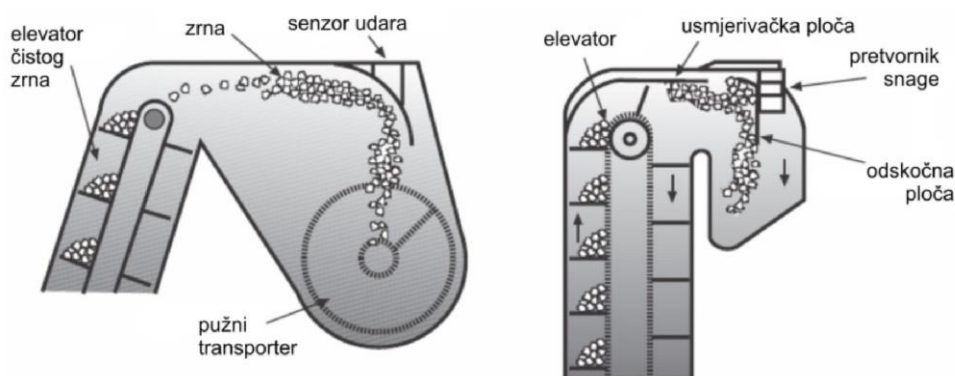
h – sat

w – radni zahvat *hedera* (m)

v – brzina vršidbe (km/h)

#### 7.4.4.2. Sustav mjerenja snage / impulsa

Sustavi senzora tog tipa utvrđuju masu po jedinici vremena putem djelovanja snage ili impulsa zrna, koja su kod glave elevatora s lopaticom elevatora bačena u spremnik zrna. Na tom putu prolaze kraj senzora. Sensor se sastoji od dva senzorska prsta koji su priključeni na jednu stanicu što mjeri snagu ili impuls. Točnost utvrđenih prinosa bitno ovisi o redovitom baždarenju sustava. Drugi sustavi te vrste stave na mjesto senzorskih prstiju jednu odskočnu ploču koja stoji okomito na pravac s kojeg se zrno baca. Funkciju savitljivih štapova preuzimaju ugrađene opruge s električnim snimačima puta. Masa zrna koja su bačena na savijenu odskočnu ploču uzrokuje promjenu napona u električnim snimačima puta. Napon se u određenim vremenskim razmacima mjeri i u obliku električnog signala proslijedi dalje u nadzorni sustav. Osnovu za izračunavanje aktualnog prinosa površine ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) čine broj okretaja na elevatoru, radna širina i radna brzina te signali snimača puta. *John Deere*, *Case* i *Deutz-Fahr* koriste ovaj princip mjerenja u svojim kombajnim. On je dio vlastitih rješenja tvrtki za izračunavanje prinosa specifično za pojedine parcele. Baždarenje sustava se vrši mjerenjem ovršene mase. Najčešće se na vagi izmjeri ovršeno zrno u prikolici međutim potrebno je izvjesno vrijeme dok informacija o ukupnoj masi ne dođe do kombajnera. Novi *John Deere* sustavi imaju ugrađene tri mjerne ploče u spremniku zrna na kombajnu što omogućuje izravno vaganje ovršene mase na kombajnu te automatsko baždarenje senzora prinosa. Dakako, sustav vaganja zahtjeva periodičko baždarenje koje je nije toliko učestalo kao kod senzora prinosa.



Slika 67. Prikaz pozicioniranja senzora protoka mase u kućištu elevatora ovršenog zrna

(Izvor: Jurišić i Plaščak, 2009.)



Slika 68. Naglašeno plavom bojom – senzor udara (lijevo); senzor vlage (desno)

(Izvor: <https://www.youtube.com/user/NewHollandAG>)

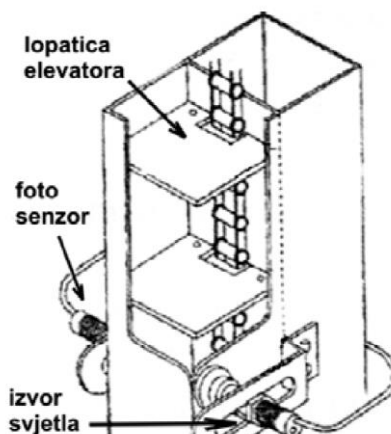


Slika 69. Senzor udara – protoka mase u eksploatacijskim uvjetima

(Izvor: [http://loupelectronics.com/products/yield\\_monitor.html](http://loupelectronics.com/products/yield_monitor.html))

### 7.4.4.3. Sustav mjerenja obujma

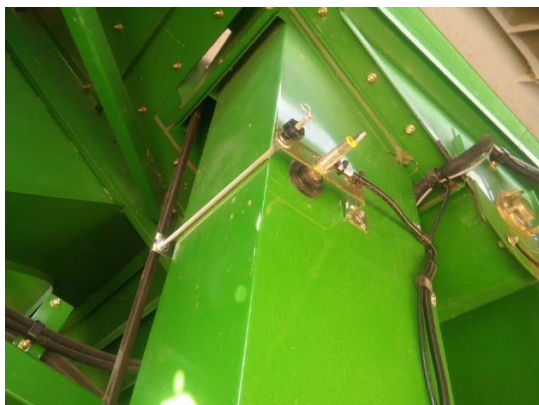
U ovom sustavu mjeri se obujam pšenice koja prolazi pokraj senzora. S jedne strane kućišta elevatora smješten je izvor svjetlosti s kojeg se emitiraju svjetlosne zrake. Na suprotnoj strani kućišta elevatora nalazi se jedan ležeći fotosenzor, koji registrira i mjeri vrijeme u kojem lopatice elevatora i zrnje, koje se nalazi na njima, propušta, odnosno, ne propušta zrake. Ovisno o količini zrna koja se nalaze na jednoj lopatici, duže ili kraće razdoblje, svjetlo ne dopiye od izvora do fotosenzora. To razdoblje se preračunava uz pomoć odgovarajućeg algoritma u odgovarajuće vrijednosti obujma zrna. Iz prethodno određene gustoće berbe i obujma zrna utvrđuje se masa zrna, odnosno, masa po jedinici vremena. Na slici 70. prikazan je princip mjerenja obujma.



Slika 70. Shematski prikaz principa mjerenja obujma

(Izvor: Jurišić i Plaščak, 2009.)

Sustavi *Ceres 2* i *Ceres 8000* tvrtke *RDS* i *Quantimeter II* tvrtke *Claas* rade na tom principu. Sustavi koji rade na principu mjerenja obujma pokazuju u odnosu na druge sustave mjerenja prinosa veću netočnost dobivenih vrijednosti pri radu na padinama. Zato se kombajni s tim sustavom dodatno opreme nagibnim sensorima. Za određivanje mase po jedinici vremena mora biti poznata gustoća zrna (sklop i specifična težina). Prednost ovog sustava je u tome što točnije mjeri prinos jer vlaga zrna ne utječe puno na rezultate mjerenja kao na sustavu mjerenja snage / impulsa.



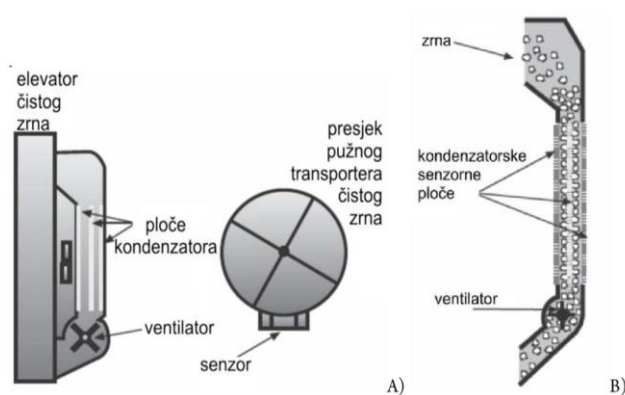
Slika 71. Naknadno postavljeni sustav mjerenja obujma zrna i fotosenzori sustava (desno)  
(Izvor: [http://loupelectronics.com/products/yield\\_monitor.html](http://loupelectronics.com/products/yield_monitor.html))

#### 7.4.4.4. Drugi indirektni sustavi mjerenja

*Flow Control System* tvrtke *Massey-Ferguson* i *Fendt/Dronningborg* također je smješten na glavi elevatora kombajna. Slabo radioaktivni izvor zračenja (*Americium 241*) šalje određenu količinu gama-zraka k detektoru zračenja. S elevatorskih lopatica bačena količina zrna apsorbira dio zraka. Ako je sloj zrna visok, velika količina zrna apsorbira odgovarajuću visoku količinu zraka, a na detektoru izmjerena vrijednost zračenja bude niska. Da bi se ova mjerenja mogla dalje preraditi u karte prinosa, treba kombinirati vrijednosti sloja zrna s podacima mjesta (*DGPS* podatci). Da se varijabilnost u prinosu ne bi mogla svesti na različite sadržaje vlage zrna, neophodno je stalno mjerenje vlage zrna. Zato se instaliraju senzori za vlagu u punjač spremnika zrna ili u glavu elevatora zrna. Njihova je točnost mjerenja kod stručne ugradnje i egzaktnog baždarenja vrlo visoka. Prinos površine rezultira iz prevaljenog puta i širine zahvata kombajna. U praksi nastaju posebni problemi kada se širina rezanja često mijenja i kombajner bi morao imati puno vremena za manualno unošenje. Kod većine sustava se zato širina površine shvaća konstantnom i izjednačuje se s jednom već unesenom širinom kombajniranja. Neka računala u kabini dopuštaju brzo mijenjanje namještene širine zahvata po principu djelomične širine.

#### 7.4.4.5. Senzori vlage

Način mjerenja vlage sastoji se u mjerenju mase uzorka u normalnom i osušenom stanju, pa se oduzimanjem dobije masa vode. Materijal se suši dužim zagrijavanjem do temperature nešto iznad 100°C ili uz pomoć vakuumiranja. Kad se masa uzorka prestane smanjivati, to je znak da je sva vlaga isparila. Ova gravimetrijska mjerenja su i unatoč svojoj preciznosti previše spora da bi se mogla primjenjivati u industriji. Zato se za mjerenje sadržaja vlage zrna, koristi nekoliko drugih tipova senzora, kao što su otporni, kapacitivni, mikrovalni ili infracrveni.



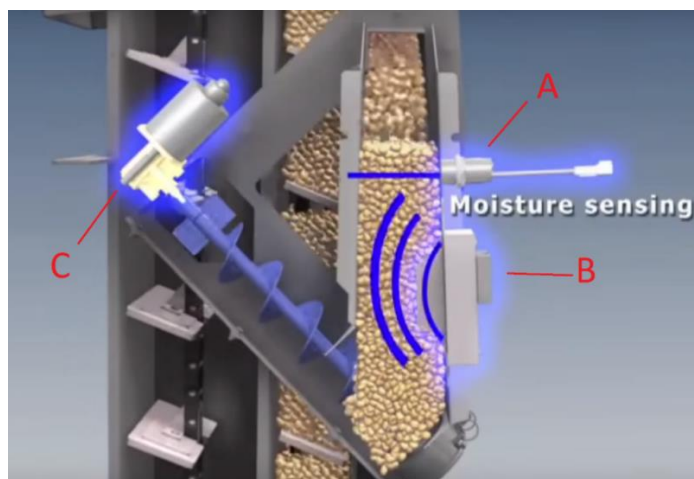
Slika 72. (A) Shematski prikaz senzora za vlagu u sustavu za monitoring prinosa  
(B) Shematski prikaz senzora za vlagu u elevatoru ovršenog zrna

(Izvor: Jurišić i Plaščak, 2009.)

Kapacitivni senzori koriste se u različitim komercijalnim paketima za preciznu poljoprivredu. Postavlja se na transporter koji prenosi očišćeno zrno do spremnika za zrno. Da bi se dobilo konstantno punjenje transportera, njegova krilca se uklanjaju na mjestima na kojima se nalazi senzor. Pri težim uvjetima vršidbe, kada je usjev vlažan ili nedozreo, odsustvo krilaca može blokirati rad transportera.

Na slici 73. prikazan je sustav mjerenja vlage na elevatoru čistoga zrna. Elevator čistoga podiže zrno lopaticama prema transporteru za usipanje zrna u spremnik. Zrno slobodnim padom pada u prostor gdje se nalazi senzor vlage. Senzor vlage (B) mjeri vlagu zrna i odašilje podatke u upravljački terminal. Kad senzor visine stupca sjemena (A) učita zadanu visinu pokreće se elektomotor (C) koji pogoni pužni transporter koji transportira zrno, kojim je prethodno izmjerena vlaga, ponovno u elevator čistoga zrna.



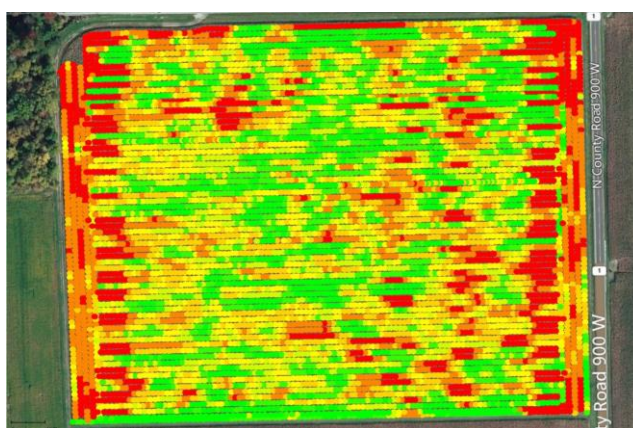


Slika 73. Sustav mjerenja vlage čistoga zrna

(Izvor: <https://www.youtube.com/user/NewHollandAG>)

#### 7.4.5. Karte prinosa

Izradi karata prinosa se može pristupiti sa samo rezultatima prinosa po jedinici površine. Karta se prikazu u raster stanicama, svaki kvadratni segment karte označava određenu vrijednost prinosa. Na poljima gdje su najmanji prinosi planira se provođenje analize tla. Dobiveni rezultati određuju daljnje korake gospodarenja tлом. Na slici 74. prikazani su rezultati mjerenja prinosa kukuruza. Crvenom bojom su označena polja koja imaju najmanji prinos, a zelena polja sa najvišim prinosom. Najmanji prinos je uvjetovan operaterom agregata koji zadaje najmanju vrijednost prinosa.



Slika 74. Primjer rezultata prinosa kukuruza

(Izvor: [http://loupelectronics.com/products/yield\\_monitor.html](http://loupelectronics.com/products/yield_monitor.html))



#### **7.4.6. Baždarenje, održavanje i naknadno ugrađivanje senzora prinosa**

Senzori prinosa se za svaku vrstu ploda moraju baždariti i za svaku promjenu uvjeta berbe. Po pravilu proizvođači navedu osnovno baždarenje. Kod mnogih sustava automatski se na početku jednog naloga (nakon nekoliko minuta vršidbe) provede novo baždarenje. Dok se baždarenje kod senzora koji rade po volumetrijskom principu može relativno točno provesti, kod senzora koji rade po principu snage/impulsa točnost je manja. Da bi se ovdje postigla veća točnost, potrebno je izvesti baždarenje putem usporedbe izmjerenih rezultata senzora s rezultatima iz usporednog vaganja. Različiti sustavi mjerenja razlikuju se u pogledu na korekciju mjernih vrijednosti nakon novog baždarenja. Da bi se izbjeglo ometanje svjetlosne zapreke, mjernih prstiju ili odskočne ploče zbog velikog onečišćenja, moraju se češće očistiti. Kod vlažne i jako zakorovljene vršidbe potrebno je čišćenje u kraćim razmacima, nego kod čiste i vrlo suhe vršidbe. Svi novi kombajni su danas pripremljeni za senzore prinosa. Ponuđeni su vlastiti sustavi proizvođača. Za skoro sve starije tipove kombajna postoje dijelovi za nadoknadnu ugradnju.

## 8. ZAKLJUČAK

Suvremena poljoprivredna proizvodnja traži maksimalne prinose, a da pri tome konačan proizvod ili sirovina bude što jeftiniji. Takva očekivanja teško je ostvariti bez suvremene tehnologije uzgoja u kojoj se koriste sustavi precizne poljoprivrede. Sustavi za preciznu poljoprivredu omogućuju smanjenje cijene koštanja proizvodnje svojim preciznim doziranjem, a ujedno se proizvodi i zdraviji proizvod zbog racionalnog korištenja resursa.

Danas su sustavi precizne poljoprivrede pristupačniji proizvođačima zbog napretka tehnologije. Svaki ozbiljni, profesionalni proizvođači koriste neki sustav precizne poljoprivrede u kojem je sustav navigacije agregata najzastupljeniji. Bez sustava navigacije drugi sustavi precizne poljoprivrede ne bi mogli raditi.

U svakom novom stroju, pa i starijim kvalitetnijim strojem nalazi se neka vrsta senzora. Senzori pretvaraju analogne signale u digitalne koje učitava i preračunava računalo. Pomoću informacija iz senzora određuju se daljni koraci rada.

Sustav mjerenja prinosa nalaze se na kombajnim. Najjednostavniji sustav sastoji se od senzora prinosa, senzora vlage zrna te *GPS* prijavnika. Dobiveni rezultati učitavaju se kao karte prinosa prema kojima se izrađuju druge vrste karata poput karta gnojidbe te se planiraju daljnji agrotehnički zahvati koji bi trebali unaprijediti proizvodnju.

Korištenje suvremenih sustava u poljoprivrednoj proizvodnji neophodno je za opstanak svakog proizvođača. Veliko tržište EU otvorilo je lagan plasman i uvoz poljoprivrednih proizvoda različite kvalitete. Korištenjem suvremenih sustava te pametno apliciranje resursa poboljšava kvalitetu proizvoda. Danas bi se trebali istaknuti s kvalitetnim i zdravim proizvodom koji ima siguran plasman na tržište te stabilnu cijenu što je ključ opstanka održive poljoprivredne proizvodnje.

## 9. LITERATURA

Adamchuk, V. I., Hummel, J. W., Morgan, M. T., Upadhyaya, S. K. (2004.): On-the-go soil sensors for precision agriculture, *Computers and electronics in agriculture*, 44(1), 71-91.

Banaj, Đ., Tadić V., Banaj Ž., Lukač P. (2010.): Unapređenje tehnike aplikacije pesticida, Osijek

Chen, G. (2018.): *Advances in Agricultural Machinery and Technologies*, CRC Press

Hans Stiekema - Ag Leader Europe by Nov 2012

Ingold, A., McMahon-Beattie, U., Yeoman, I. (2007.): *Yield Management, Strategies for service industries*, Book, Thomson Learning.

Jurišić, M., Plaščak, I. (2009.): Geoinformacijski sustavi GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša, Udžbenik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

Jurišić, M., Stanisavljević, A., Plaščak, I. (2010.): Application of geographic information system (GIS) in the selection of vineyard sites in Croatia, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*.

Jurišić, M., Šumanovac, L., Zimmer, D., Barač, Ž. (2015.): Tehnički i tehnološki aspekti pri zaštiti bilja u sustavu precizne poljoprivrede, *Poljoprivreda*, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

Marić, P. (2016.): Tehničko tehnološki aspekti gnojidbe žitarica u sustavu precizne poljoprivrede, *Diplomski rad*, Poljoprivredi fakultet u Osijeku

Marković, D., Veljić, M., Krejić, Z. (2005.): Merni sistemi na samohodnim poljoprivrednim kombajnima, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu.

Marković, D., Veljić, M., Simonović, V., Marković, I. (2011.): Analiza ekonomskih pokazatelja u primeni GPS tehnologije u Poljoprivrednom kombinatu Beograd, *Savremena poljoprivredna tehnika*, 37(3), 283-294.

Miu, P. (2018.): *Combine Harvesters: Theory, Modeling, and Design*, CRC Press.

Srinivasan, A. (2006.): *Handbook of Precision Agriculture, Principles and Applications*, The Haworth Press

Internet stranice:

1. <https://www.linkedin.com/pulse/producing-geographic-data-lidar-kodi-volkmann>  
(03.02.2019.)
2. <https://veristech.com/the-sensors/v3100> (03.02.2019.)
3. [https://www.veristech.com/pdf\\_files/Manuals/OM18/OM18-MSP3.pdf](https://www.veristech.com/pdf_files/Manuals/OM18/OM18-MSP3.pdf) (03.02.2019.)
4. [http://loupelectronics.com/products/yield\\_monitor.html](http://loupelectronics.com/products/yield_monitor.html) (03.02.2019.)
5. [http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/16/precizna-poljoprivreda/8046#.W\\_6UNOhKjic](http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/16/precizna-poljoprivreda/8046#.W_6UNOhKjic) (04.02.2019.)
6. <http://www.agleader.com/products/directcommand/optrx-crop-sensors/> (04.02.2019.)
7. [http://findri.hr/agleader/download/OptRx\\_2012.pdf](http://findri.hr/agleader/download/OptRx_2012.pdf) (04.02.2019.)
8. <http://www.amazone.net/4415.asp> (06.02.2019.)
9. <http://www.amazone.net/176.asp> (06.02.2019.)
10. <http://www.amazone.net/3420.asp> (06.02.2019.)
11. <http://www.agriexpo.online/agricultural-manufacturer/yield-sensor-276.html>  
(24.02.2019.)
12. <http://agronom.hr/amazone/> (24.02.2019.)
13. <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/> (24.02.2019.)
14. <https://repositorij.pfos.hr/islandora/object/pfos:72/preview> (24.02.2019.)
15. <https://www.agrobiz.hr/agrovijesti/sto-je-precizna-poljoprivreda-i-kako-se-provodi-830>  
(24.02.2019.)

## 10. SAŽETAK

Suvremena poljoprivredna proizvodnja traži maksimalne prinose, a pri tome da konačan proizvod ili sirovina bude što jeftinija. Takva očekivanja teško je ostvariti bez suvremene tehnologije uzgoja u kojoj se koriste sustavi precizne poljoprivrede. Zadovoljavanje uvjeta maksimalnih prinosa i što jeftinijeg proizvoda traži racionalno korištenje svih resursa. Precizni sustavi omogućuju smanjenje koštanja cijene proizvodnje svojim preciznim doziranjem, a ujedino se proizvodi i zdraviji proizvod zbog racionalnog korištenja resursa. Danas su sustavi precizne poljoprivrede pristupačniji proizvođačima zbog napretka tehnologije. Svaki ozbiljni, profesionalni proizvođači koriste neki sustav precizne poljoprivrede u kojem je sustav navigiranja agregata najzastupljeniji. Bez sustava navigacije drugi sustavi precizne poljoprivrede ne bi mogli raditi. Sustav mjerenja prinosa nalazi se na kombajnama. Najjednostavniji sustav sastoji se od senzora prinosa, senzora vlage zrna te *GPS* prijavnika. Dobiveni rezultati učitavaju se kao karte prinosa prema kojima se izrađuju druge vrste karata poput karta gnojidbe te se planiraju daljnji agrotehnički zahvati koji bi trebali unaprijediti proizvodnju.

## 11. SUMMARY

Contemporary agricultural production requires maximum yields, making the final product or raw material as cheaper as possible. Such expectations can hardly be achieved without the modern technology of farming using precision farming systems. Meeting the requirements of maximum yields and the cheaper product demands rational use of all resources. Precise systems make it possible to reduce the cost of production with their precise dosage, and because of the rational use of resources, a healthier product is produced at the same time. Today, precision farming systems are more accessible to manufacturers due to technology advancement. Every serious, professional manufacturer uses a precision farming system where the aggregate navigation system is the most widely used one. Without the navigation system, other precision farming systems could not work. The yield measurement system is located on combines. The simplest system consists of the yield sensors, the grain moisture sensor and the *GPS* receiver. The obtained results are loaded as a yield map according to which other types of maps are produced, such as a map of fertilization, and day-to-day agrotechnical procedures, which should improve the production, are planned out.

## **12. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Preciznost GIS sustava ovisno o aktivnostima

Tablica 2. Maksimalne i minimalne granice dušika

Tablica 3. Izvadak iz tablice prosipanja prema gnojivu *YaraBela Extran 27*

### 13. POPIS SLIKA

Slika 1. Shematski prikaz tri osnovna dijela mjernih pretvarača

Slika 2. Induktivni senzor

Slika 3. Fotoelektrični senzor

Slika 4. Termoelektični senzor

Slika 5. Ultrazvučni senzor

Slika 6. *LIDAR* senzor

Slika 7. Očitavanje *LIDAR* senzora

Slika 8. Senzorski pristup izradi karata

Slika 9. Uređaj EM50 sa senzorom za ispitivanje induktivnosti tla proizvođača *Meter*

Slika 10. *Veris* MSP3

Slika 11. Shematski prikaz rada *Coulter* elektroda

Slika 12. *Veris* MSP3 sa sensorima za mjerenje induktivnosti tla (EC), organskog sadržaja (OM) i pH tla (pH)

Slika 13. Primjer rezultata mjerenja pH vrijednosti tla

Slika 14. *SureDrive* uređaj

Slika 15. Unutrašnjost *SureDrive* uređaja

Slika 16. Prikaz sjetve *SureDrive* uređajem

Slika 17. *AgLeader OptRx* senzor

Slika 18. Princip rada *OptRx* senzora

Slika 19. *AgLeader OptRx* u radu

Slika 20. Prikaz valnih duljina svjetlosti

Slika 21. Dijagram Refleksija / Valna duljina

Slika 22. Dijagram Refleksija / Valna duljina



Slika 23. Prikaz očitavanja različitih valnih duljina *Ag Leader OptRx* senzora

Slika 24. Dijagram Izlazna vrijednost / Udaljenost

Slika 25. Dijagram *NDVI* / Udaljenost

Slika 26. Način postavljenja *OptRx* senzora na traktor *Fendt 716 Vario* Belje d.d.

Slika 27. Dijagram Refleksija / Indeks na području lista

Slika 28. Dijagram *NDVI* / kilogram dušika po hektaru

Slika 29. Dijagram *NDRE* / kilogram dušika po hektaru

Slika 30. Dijagram učinaka mijenjanja granica i iznosa

Slika 31. Dijagram Iznos aplicirani iznos / Vrijednost VI, način na koji senzor dozira dušik

Slika 32. Dijagram Iznos aplicirani iznos / Vrijednost VI, način na koji senzor dozira dušik

Slika 33. Dijagram Iznos aplicirani iznos / Vrijednost VI, način na koji senzor dozira dušik

Slika 34. Dijagram Iznos aplicirani iznos / Vrijednost VI, način na koji senzor dozira dušik

Slika 35. Vidno polje *Ag Leader OptRx* senzora

Slika 36. Prikaz visine postavljanja senzora

Slika 37. Prikaz pravilnog postavljanja većeg broja *Ag Leader OptRx* senzora

Slika 38. *Ag Leader OptRx* senzor postavljen na krila samohodne prskalice

Slika 49. *Fritzmeier* senzori usjeva

Slika 40. *Yara* dušični senzori postavljeni na kabinu traktora

Slika 41. *Amazone ZA-V 3200*

Slika 42. Smjer prosipanja gnojiva

Slika 43. Shematski prikaz lopatica za prosipanje gnojiva

Slika 44. Diskovi sa lopaticama za prosipanje

Slika 45. Primjer označavanja lopatica

Slika 46. Prikaz dijelova pri podešavanju položaja lopatice za prosipanje

Slika 47. Miješalica rasipača *Amazone ZA-V*

Slika 48. Shematski prikaz kliznika

Slika 49. Stvarni prikaz kliznika

Slika 50. *Amazone* Currus 3003 Compact sijačica

Slika 51. Dozirni valjak volumena 210 cm<sup>3</sup>

Slika 52. Elektro-hidraulični upravljački terminal sijačice

Slika 53. Radar

Slika 54. Senzor napunjenosti

Slika 55. Prikaz elektromotora i komore dozirnog valjka

Slika 56. *ISOBUS* modul sijačice

Slika 57. Usporedba veličina čestica – $\mu\text{m}$

Slika 58. Shema prskalice za preciznu poljoprivredu

Slika 59. *Amazone* UG 3000 Special

Slika 60. Konstrukcija prskalice *Amazone* UG 3000

Slika 61. Shematski prikaz spajanja *AMABUS* sustava prskalice

Slika 62. *AMATRON 3* upravljački terminal

Slika 63. Procesi koji se odvijaju na žitnom kombajnu sa klasičnom tehnološkom shemom

Slika 64. Sustav za kartiranje prinosa

Slika 65. Uvlačno grlo silo kombajna sa senzorom prinosa u plavom kvadratiću

Slika 66. Sustav za nadzor prinosa zrna

Slika 67. Prikaz klasičnog pozicioniranja senzora protoka mase u kućištu elevatora ovršenog zrna

Slika 68. Naglašeno plavom bojom – senzor udara; senzor vlage

Slika 69. Senzor udara – protoka mase u eksploatacijskim uvjetima

Slika 70. Shematski prikaz principa mjerenja obujma

Slika 71. Naknadno postavljeni sustav mjerenja obujma zrna i fotosenzori sustava

Slika 72. (A) Shematski prikaz senzora za vlagu u sustavu za monitoring prinosa (B)  
Shematski prikaz senzora za vlagu u elevatoru ovršenog zrna

Slika 73. Sustav mjerenja vlage čistoga zrna

Slika 74. Primjer rezultata prinosa kukuruza

Senzori i njihova primjena u preciznoj poljoprivredi  
Danijel Kovačić

**Sažetak**

Suvremena poljoprivredna proizvodnja traži maksimalne prinose, a pri tome da konačan proizvod ili sirovina bude što jeftinija. Takva očekivanja teško je ostvariti bez suvremene tehnologije uzgoja u kojoj se koriste sustavi precizne poljoprivrede. Zadovoljavanje uvjeta maksimalnih prinosa i što jeftinijeg proizvoda traži racionalno korištenje svih resursa. Precizni sustavi omogućuju smanjenje koštanja cijene proizvodnje svojim preciznim doziranjem, a ujedino se proizvodi i zdraviji proizvod zbog racionalnog korištenja resursa. Danas su sustavi precizne poljoprivrede pristupačniji proizvođačima zbog napretka tehnologije. Svaki ozbiljni, profesionalni proizvođači koriste neki sustav precizne poljoprivrede u kojem je sustav navigiranja agregata najzastupljeniji. Bez sustava navigacije drugi sustavi precizne poljoprivrede ne bi mogli raditi. Sustav mjerenja prinosa nalazi se na kombajnim. Najjednostavniji sustav sastoji se od senzora prinosa, senzora vlage zrna te GPS prijavnika. Dobiveni rezultati učitavaju se kao karte prinosa prema kojima se izrađuju druge vrste karata poput karta gnojidbe te se planiraju danji agrotehnički zahvati koji bi trebali unaprijediti proizvodnju.

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

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

**Broj stranica:** 78

**Broj grafikona i slika:** 74

**Broj tablica:** 3

**Broj literaturnih navoda:** 13

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** precizna poljoprivreda, senzori, prinos, GIS

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. izv. prof. dr. sc. Ivan Plaščak, predsjednik
2. prof. dr. sc. Mladen Jurišić, mentor
3. dr. sc. Domagoj Zimmer, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilištu u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

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

**Graduate thesis**

Sensors and their application in precision agriculture  
Danijel Kovačić

### **Abstract**

Contemporary agricultural production requires maximum yields, making the final product or raw material as cheaper as possible. Such expectations can hardly be achieved without the modern technology of farming using precision farming systems. Meeting the requirements of maximum yields and the cheaper product demands rational use of all resources. Precise systems make it possible to reduce the cost of production with their precise dosage, and because of the rational use of resources, a healthier product is produced at the same time. Today, precision farming systems are more accessible to manufacturers due to technology advancement. Every serious, professional manufacturer uses a precision farming system where the aggregate navigation system is the most widely used one. Without the navigation system, other precision farming systems could not work. The yield measurement system is located on combines. The simplest system consists of the yield sensors, the grain moisture sensor and the GPS receiver. The obtained results are loaded as a yield map according to which other types of maps are produced, such as a map of fertilization, and day-to-day agrotechnical procedures, which should improve the production, are planned out.

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

**Mentor:** PhD Mladen Jurišić, Full Professor

**Number of pages:** 78

**Number of figures:** 74

**Number of tables:** 3

**Number of references:** 13

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** precision farming, sensors, yield, GIS

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. PhD Ivan Plaščak, Associate Professor, president
2. PhD Mladen Jurišić, Full Professor, supervisor
3. PhD Domagoj Zimmer, member

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