

# Praćenje važnijih fenoloških i agrotehničkih parametara soje primjenom bespilotnog zrakoplova i vegetacijskih indeksa

---

**Sigurnjak, Emanuel**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:619486>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-09**



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

Emanuel Sigurnjak

Diplomski sveučilišni studij Mehanizacija

**PRAĆENJE VAŽNIJIH FENOLOŠKIH I AGROTEHNIČKIH PARAMETARA  
SOJE PRIMJENOM BESPILOTNOG ZRAKOPLOVA I VEGETACIJSKIH  
INDEKSA**

**Diplomski rad**

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Emanuel Sigurnjak

Diplomski sveučilišni studij Mehanizacija

**PRAĆENJE VAŽNIJIH FENOLOŠKIH I AGROTEHNIČKIH PARAMETARA  
SOJE PRIMJENOM BESPILOTNOG ZRAKOPLOVA I VEGETACIJSKIH  
INDEKSA**

**Diplomski rad**

Osijek, 2020.

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

Emanuel Sigurnjak

Diplomski sveučilišni studij Mehanizacija

**PRAĆENJE VAŽNIJIH FENOLOŠKIH I AGROTEHNIČKIH PARAMETARA**  
**SOJE PRIMJENOM BESPILOTNOG ZRAKOPLOVA I VEGETACIJSKIH**  
**INDEKSA**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

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

Osijek, 2020.

## SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| 1.UVOD.....  | 1  |
| 2.PREGLED LITERATURE.....  | 3  |
| 3. MATERIJALI I METODE.....  | 5  |
| 3.1. Uzgoj soje .....  | 5  |
| 3.2. Terenski postupak snimanja bespilotnom letjelicom-dronom..... | 13 |
| 3.3. Vegetacijski indeks.....                                      | 19 |
| 3.4. Fotogrametrijske obrade snimki .....                          | 21 |
| 4. REZULTATI .....   | 23 |
| 5.RASPRAVA.....  | 29 |
| 6.ZAKLJUČAK.....   | 31 |
| 7. POPIS LITERATURE.....   | 32 |
| 8. SAŽETAK.....  | 36 |
| 9. SUMMARY.....  | 37 |
| 10. POPIS TABLICA.....   | 38 |
| 11. POPIS SLIKA.....   | 39 |

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

## 1. UVOD

Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) je jedna od najstarijih i najvažnijih ratarskih kultura na svijetu koja se uzgaja više tisuća godina. Slovi kao uljna kultura, iako bi joj bolji naziv bio proteinska kultura (Vratarić, 1986.). Proizvodnja soje razvila se u brojnim zemljama u svijetu gdje je postala integralni dio njihove moderne poljoprivrede u sustavu hrane. Cijeli niz stoljeća bila je glavni izvor hrane narodima Dalekog istoka (Kina, Japan, Indija i drugi). Izgradnjom tvornica u dvadesetom stoljeću postaje trgovačka roba. U Republici Hrvatskoj soja, također, postaje sve važnija kultura. Njena proizvodnja još uvijek ne zadovoljava potrebe zemlje stoga postoje potrebe za proizvodnjom na još većim površinama. Vratarić i Sudarić (2008.) navode kako se površine pod sojom u Republici Hrvatskoj kreću između 40 000 i 50 000 ha, s prosječnim urodom zrna 2500 do 3000 kg/ha.

Značaj i važnost soje proizlazi iz kakvoće njenog zrna (visok sadržaj ulja i bjelančevina), zbog čega je jedna od značajnijih uljnih i bjelančevinastih kultura. Zrno soje koristi se kao izvor jestivih ulja i bjelančevina kako za ishranu ljudi tako i za ishranu stoke, te u razne industrijske svrhe. Danas se pri preradi soje najveći dio proizvedenog sojinog zrna u svijetu koristi za ishranu stoke. Posljednjih godina se širom svijeta podižu tvornice za preradu sojinog zrna u proizvode za izravnu ljudsku ishranu, kao što su sir „tofu“, mlijeko, hrenovke, kruh i drugo. Preradom sojinog zrna dobiva se ulje i drugi proizvodi (pogače, brašno, sačme) s oko 40% bjelančevina koje se koriste za ishranu ljudi, domaćih životinja te kao sirovina u prehrambenoj, farmaceutskoj i kemijskoj industriji. Sojina sačma najkvalitetnije je biljno bjelančevinasto hranjivo koje može poslužiti kao osnovni i jedini izvor bjelančevina za ishranu stoke, a važna je u ishrani visoko muznih krava i sportskih konja.

Daljinska istraživanja (engl. *Remote Sensing*, njem. *Fernerkundung*) danas su nezaobilazna metoda u raznim znanstvenim područjima, a dobiveni rezultati, zahvaljujući razvoju računalnih tehnologija, nalaze široku primjenu u različitim disciplinama, pa tako i u poljoprivrednoj proizvodnji. Riječ je o metodi prikupljanja i interpretaciji informacija o udaljenim objektima bez fizičkog dodira s objektom. Ova metoda uključuje sve aktivnosti, od snimanja, procesiranja, analiziranja, interpretacije sve do dobivanja informacija iz podataka prikupljenih istraživanjem. Podatci se dobivaju iz velike udaljenosti (od nekoliko stotina do nekoliko tisuća kilometara) instrumentima postavljenim u zračne ili svemirske

letjelice. Cilj daljinskih istraživanja je brzo i ekonomično dobivanje preciznih informacija o relativno velikim područjima.

Definicija daljinskih istraživanja uključuje dva temeljna aspekta:

- prikupljanje podataka i
- analizu podataka s interpretacijom.

Poljoprivreda je proizvodnja hrane pod otvorenim nebom. Promjenom klime i ostalih čimbenika poljoprivreda postaje sve zahtjevnija, te rokovi obavljanja određenih operacija moraju biti u određenome periodu kako bi rezultati bili što bolji te time dolazili do boljih prinosa. Stručnjaci su razvili poljoprivredu novijega datuma koja se odlikuje visokom produktivnosti i smanjenju broja operacija te postavili hipotezu da će se primjenom suvremene tehnologije moći bolje upravljati proizvodnjom i imati stalni nadzor nad kulturama.

Precizna poljoprivreda (engl. *Precision farming*) temelji se na novorazvijenim strojnim sustavima programiranog eksploatacijskog potencijala, malom broju strojeva visoke pouzdanosti i visokim tehnološkim mogućnostima (Jurišić i Plaščak, 2009). Cilj precizne poljoprivrede je približiti se svakoj biljci i stvoriti joj optimalne uvjete za rast i razvoj. Pritom se postiže smanjeni učinak negativnog utjecaja na okoliš od prekomjerne primjene kemijskih sredstava za poticanje rasta ili suzbijanje štetnih organizama. Osnovna karakteristika precizne poljoprivrede je da što veći broj informacija bude na raspolaganju pri donošenju odluka. Ovakav način poljoprivrede ne bi bio moguć bez primjene geografskoga informacijskog sustava (GIS-a).

Uvođenjem GIS i GNSS (globalni navigacijski satelitski sustav) tehnologija u poljoprivrednoj mehanizaciji počela se razvijati precizna poljoprivreda. Osnovna premisa precizne poljoprivrede je da što veći broj informacija bude na raspolaganju poljoprivredniku prilikom donošenja odluka. Izravna usporedba višegodišnjih parametara dobivenih s parcela rezultira sve svrsishodnijom, argumentiranom i optimalnom upotrebom sredstava za rad (pri čemu treba imati na umu ekološki utjecaj), čime će se povećati kvaliteta i kvantiteta proizvoda (Jurišić i Plaščak, 2009).

Cilj ovog rada je cikličko snimanje s ciljem istraživanja praćenja usjeva tako da odredimo u kojim fenološkim fazama soje je potrebno provesti snimanje. Navedeno će se obaviti praktičnim putem uporabom bespilotnih letjelica.

## 2. PREGLED LITERATURE

Vratarčić i Sudarić (2008) navode da je soja, *Glycine max* (L.) Merr. stara ratarska kultura, koja se uzgaja više od četiri tisuće godina. Kroz duga stoljeća bila je glavni izravni izvor hrane narodima Dalekoga istoka (Kina, Japan, Indija i drugi). Tek izgradnjom tvornica za preradu sojina zrna u dvadesetom stoljeću postaje trgovačka roba. Danas je soja vodeća uljna i bjelančevinasta kultura, čije se zrno koristi kao izvor jestivih ulja i bjelančevina kako za ishranu ljudi tako i za ishranu stoke, te u razne industrijske svrhe.

Jurišić i Plaščak (2009) navode da su ciljevi daljinskih istraživanja brzo i ekonomično dobivanje preciznih informacija o relativno velikim područjima. Objekt daljinskih istraživanja su svi elementi Zemljine površine i atmosfere u vidnom polju senzora. Dobivanje informacija postalo je posljednjih desetljeća jedan od najvažnijih zadataka, pri čemu se sve više koriste metode daljinskih istraživanja.

Prema postupcima pridobivanja snimaka metode daljinskih istraživanja mogu se podijeliti na one koji koriste fotografske postupke i one koje koriste nefotografske postupke. Uređaji za snimanje mogu biti smješteni na zrakoplovima, helikopterima, balonima, a u novije vrijeme i na malim bespilotnim letjelicama te na satelitima i svemirskim letjelicama (Donassy i sur., 1983, Weng, 2010).

U Narodnim novinama broj 49/15 od 6. svibnja 2015. godine objavljen je Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova (u daljnjem tekstu Pravilnik) koji stupa na snagu osmog dana nakon objave. Tim Pravilnikom, kako je navedeno u članku 1, propisuju se opći, tehnički i operativni uvjeti za sigurnu uporabu bespilotnih zrakoplova, sustava bespilotnih zrakoplova i zrakoplovnih modela te uvjeti kojima moraju udovoljavati osobe koje sudjeluju u upravljanju tim zrakoplovima i sustavima. Odredbe Pravilnika primjenjuju se na sustave bespilotnih zrakoplova, operativne mase bespilotnog zrakoplova (ukupna masa u trenutku polijetanja) do i uključujući 150 kilograma koji se koriste na području Republike Hrvatske. Nadležna institucija za izdavanje odobrenje i općenito regulacije svih operacija je Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo (HACZ).

Pavlik i sur. (2014) navode da je glavni razlog uporabe bespilotne letjelice potpuno autonomna navigacija koja pruža veliku funkcionalnost u slučajevima kada se prekine radijski kontakt s letjelicom, te ona autonomno izvršava zadanu operaciju. Ključno je odrediti poziciju bespilotne letjelice kako bi se poboljšala navigacija. Neovisno o tome koji senzor za daljinsko opažanje letjelica koristi, potrebna je točna lokacija svakog snimka



kako bi se snimci mogli georeferencirati. Bepilotne letjelice (eng. *Unmanned Aerial Vehicles* – UAV) su po svojoj definiciji sve letjelice koje imaju mogućnost obitavanja u zraku bez posade te mogućnost da se njima upravlja (Bendea i dr., 2007).

Još od 1960-ih znanstvenici su izdvojili i oblikovali razne vegetacijsko-biofizičke varijable koristeći podatke daljinskih istraživanja. Većina ovoga uključivala je korištenje vegetacijskih indeksa – bezdimenzionalna radiometrijska mjerenja koja ukazuju na obilje i aktivnost zelene vegetacije uključujući prostorni indeks lista, postotak zelenog pokrivača, sadržaj klorofila, zelenu biomasu i upijenu fotosintetsku aktivnu radijaciju (Jensen, 1996).

Bušetlja-Vdović (2006) navodi da su avionske snimke već duže vrijeme poznati i korišteni izvori informacija o djelovanju u prostoru. Razvojem tehnologija danas je moguće prilikom jednog preleta zrakoplova, osim snimanja fotografije, skenirati područje preleta i drugim sensorima. Isto tako, moguće je snimiti i videozapis područja kako bi se stvorila kompletna slika o prostoru. Uobičajeno je korištenje više snimaka s otklonom za obradu u digitalnoj fotogrametriji. Snimke moraju biti snimljene na odgovarajući način. Na taj se način naknadnom obradom, osim mapa područja, mogu dobiti visinske informacije, pa i čitavi 3D modeli nekoga područja, npr. grada. Ponekad se za pojedina istraživanja obavljaju snimanja pomoću dodatnih posebnih uređaja koji izdvajaju informacije o nekom području, ali su danas upravo takve vrste posebnih snimaka postale predmet satelitskoga snimanja (Križanović, 1999).

Deak (2017) navodi da su slobodni GIS programi, koji su uglavnom otvorenog koda (eng. *Open source software*), besplatni za korištenje te se njihova struktura i rad može prilagoditi ovisno o potrebama korisnika (ako su otvorenog koda). Obično ih razvijaju neprofitne organizacije, sveučilišta ili nezavisni stručnjaci. Zbog jednostavnosti i dostupnosti izuzetno su pogodni za obrazovanje, međutim mnogi od njih su i izuzetno kvalitetni te omogućuju izvršavanje vrlo zahtjevnih i kompleksnih GIS analiza i operacija. Najpoznatiji GIS programi otvorenog koda po učinkovitosti su tako uz bok najboljim komercijalnim programima, a neki od njih su QGIS, SAGA GIS i GRASS GIS.

Bajić i sur. (2004) su fotogrametriju prikazali u ovom slučaju da služi za dobivanje pouzdanih prostornih podataka o terenu i objektima na njemu iz velikog broja snimaka dobivenih različitim sustavima senzora. Redukcija površina kontaminiranih minama multidisciplinarna je zadaća u kojoj svoje mjesto nalaze i daljinska istraživanja i fotogrametrija i GIS.

### 3. MATERIJAL I METODE

#### 3.1. Agroekološki uvjeti uzgoja soje

Među svim kulturnim biljem, soja ima najviše sorti. U svijetu postoji čak 10 000 različitih sorata soje, a sorte se razlikuju po dužini vegetacije. Neke sorte sazrijevaju sa 70-90 dana, a druge trebaju preko 200 dana. U Hrvatskoj su najviše zastupljene skupine soje prema dužini vegetacije (Tablica 1.)

Tablica 1. Skupine soje koje su najzastupljenije prema dužini vegetacije

| Skupine soje                   | Dužina vegetacije u danima |
|--------------------------------|----------------------------|
| 000 – jako izrazito rane sorte | Manje od 80 dana           |
| 00 – izrazito rane sorte       | 80 dana                    |
| 0 – vrlo rane sorte            | 90 dana                    |
| I – rane sorte                 | 100 dana                   |
| II – srednje sorte             | 110 dana                   |
| III – rane srednje sorte       | 120 dana                   |

(Izvor: Ag Base)

Tlo, svjetlo, vlaga i temperatura su primarni vanjski činitelji koji utječu na urod soje. Sorta ima genetički potencijal rodosti, a ekološki činitelji određuju u kojoj mjeri će genetički potencijal rodosti biti realiziran.

Soja dobro uspijeva na mnogim tipovima tala. U glavnim proizvodnim područjima uzgoja soje u svijetu prevladavaju duboka tla, a upravo soja najbolje uspijeva na dubokim, strukturnim, plodnim tlima, bogatim humusom, s pH 7, dobrih vodozračnih osobina. Daje dobre rezultate i na siromašnim tlima, ako ima dovoljno vode tijekom vegetacije.

Soja je biljka kratkog dana. Cvjetanje počinje oko 30 dana iza nicanja, ako je dužina dana kratka. Većini sorata soje potrebno je prema novijim istraživanjima od 12 do 13 sati mraka dnevno. Ako su dani duži, soja neće prijeći iz vegetativne u generativnu fazu.

Najveće potrebe i kritičan period za vodom je u fazi cvatnje i nalijevanja zrna. Utjecaj vode na rast i razvoj sojine biljke je vrlo velik. U vrijeme klijanja, sjeme soje treba

apsorbirati vode više od 50% od svoje mase da bi se moglo klijeti, a to je više vode nego što treba kukuruz (45-48% njegove mase). Sigurni visoki prinosi očekuju se u godinama s puno oborina u lipnju i srpnju (bar 150 mm) - kod nas je često srpanj s manje oborina.

Soja ima umjerene potrebe za vlagom. U toku vegetacijskog razdoblja soji je potrebno oko 5 000 – 6 000 m<sup>3</sup> vode po hektaru. Transpiracijski koeficijent iznosi 500 – 600. Nema iste potrebe za vodom u svim fazama razvoja. Najveće potrebe za vodom su u fazi cvjetanja i nalijevanja zrna. U prvom dijelu vegetacije soja je otporna na sušu, dok u fazi formiranja generativnih organa pogotovo u cvatnji suša nanosi velike štete. Relativna vlaga zraka u razdoblju od formiranja cvjetova do formiranja mahuna i sjemena iznosi 70 – 80% od PVK. Soja je kultura vlažnog i toplog podneblja. Najbolje uspijeva u područjima u kojima su prosječne ljetne temperature 19°C, a noćne iznad 13°C. Prema mnogim autorima za uspijevanje soje potrebna je suma temperatura zraka od 1 600 °C do 3 200 °C što uvelike ovisi od sorte i njene otpornosti prema niskim temperaturama. Potrebe soje za toplinom nisu iste tijekom cijelog vegetacijskog razdoblja i one rastu idući od faze klijanja i nicanja pa sve do faze cvjetanja i sazrijevanja mahuna i sjemena u njima. Soja u fazi klijanja i nicanja posjeduje dobru otpornost na niske temperature. Mlade biljke su sposobne da podnesu kratkotrajno snižavanje temperature od -2 °C do -4 °C. Ako u fazi cvatnje temperatura padne ispod 14 °C prestaje rast biljke, a ako se dogodi da u toj fazi temperatura padne do -1 °C dolazi do smrzavanja cvjetova. Kod visokih temperatura i to preko 32 °C s nedovoljnom vlagom biljke slabije cvjetaju, dolazi do opadanja cvjetova i mahuna, u mahunama se smanjuje broj zrna, a samim time se smanjuje masa 1 000 zrna što dovodi u konačnici do smanjenja prinosa.

Važnost plodoreda u ratarskoj proizvodnji je opće poznata, iako se njegova uloga zanemaruje. U istočnoj Hrvatskoj uočljiv je uski plodored. Smjenjuju se u uskom vremenskom razdoblju suncokret, soja i ozima uljana repica, iako se zna da ove kulture imaju zajedničkih bolesti. Za soju su najpovoljnija duboka, dobro strukturna tla povoljnih kemijskih osobina, neutralne reakcije (pH = 6,5 - 7). Plodored kao preventivna mjera očuvanja zdravstvenog stanja soje sve je važniji upravo zbog porasta bolesti soje. Plodored i predusjev - uzgaja se većinom u skraćenom plodoredu s kukuruzom ili žitaricama. Kao biljka punog vegetacijskog razdoblja ona može zauzeti svako mjesto u plodoredu u kojem dolazi kukuruz. Suncokret kao predusjev je vrlo loš, zbog bolesti sklerocinije treba ga izbjegavati (barem 2-3 godine ne treba uzgajati soju). Soja je u pravilu dobar predusjev za

sve ratarske kulture, jer ostavlja u tlu znatne količine dušika (200-300 kg/ha). Loš je predusjev za pšenicu u sušnim godinama.

Obrada tla za soju važan je čimbenik uspjeha, a prvenstveno ovisi o predkulturi (Pospišil, 2010). Oranje na punu dubinu obavlja se krajem ljeta na dubinu od 30-35 cm. Ako je predusjev kukuruz, zbog velike količine biljnih ostataka obrada je dosta otežana. Proljetno oranje kod soje treba izostaviti. Proljetna ili predsjetvena priprema ima za cilj da se stvori ravan, rastresiti površinski sloj tla koji će biti bez korova, dovoljno vlažan i koji će osigurati brzo klijanje i nicanje sjemena. Kako bi se spriječila evaporacija, odnosno kapilarni gubitak vode iz tla što ranije u proljeće teškim drljačama se zatvara zimska brazda (Pospišil, 2010). Osobito je važna poravnatost tla, jer neravno tlo otežava sjetvu, a u žetvi dovodi do povećanih gubitaka. Priprema u proljeće sastoji se od zatvaranja brazde (zimske) s drljačama i priprema sa sjetvospremačima. Ako je tlo zakorovljeno i zbijeno onda se koriste tanjurače.

U posljednje vrijeme kod nas se uvodi reducirana obrada tla nekih ratarskih kultura, uključujući i soju, na nekim područjima. S obzirom na veliku različitost u tipovima tla rezultati s jednog područja nisu primjenjivi na drugo. Sjetva soje bez obrade ili s reduciranom obradom opravdana na dreniranim tlima i tlima lakšeg mehaničkog sastava, visoke plodnosti i uz to da ima dovoljno oborina tijekom vegetacije. Na težim tlima manje plodnosti reducirana je obrada davala slabije rezultate. Osim toga, potrebna je uspješna zaštita od korovnih biljaka i sjetva sorata s visokom otpornošću na bolesti. Pri sjetvi bez obrade treba izabrati sorte s visokom otpornošću na bolesti i visokom kvalitetom zrna s obzirom na sjemenska svojstva klijavost i energiju klijanja (Slika 1.).



Slika 1. Soja u fazi rasta druge troliske  
(Izvor: Emanuel Sigurnjak, 2019.)

Vrijeme sjetve određuje se prema agroekološkim prilikama pojedinog područja. U sjetvu soje treba krenuti čim temperature tla dosegnu 10 °C, a optimalni rokovi su od 15. - 25. travnja (Pospišil, 2010). Rokovi sjetve soje ovise o vremenskim uvjetima kada su temperature tla 10 °C. U istočnoj Slavoniji i Baranji sjetva I. i II. grupe započinje oko 10.04. i treba je završiti do 15. odnosno 20.4. Iza toga se sije 0. i 00. grupa i sjetvu treba završiti do kraja travnja. Zapadna Hrvatska sjetvu I. grupe (II. se ne sije) započinje oko 15.4. , a završava do 25.4. Iza toga se siju soja vegetacijske skupine 0 ili 00. i sa sjetvom treba završiti do 5.5. Grupe duže vegetacije siju se ranije da bi bilo dovoljno vremena za sazrijevanje. U pripremi sjemena soje za sjetvu kao obaveznu mjeru obavlja se inokulacija sjemena. Inokulacija se obavlja sojinim bakterijama roda *Bradyrhizobium japonicum* (Slika 2). Unošenjem bakterija fiksatora dušika u tlo popravljaju se struktura tla te se povećava sadržaj bjelancevina u sjemenu soje te štede dušična gnojiva za sljedeću kulturu (Vratarić i Sudarić, 2008).



Slika 2. Kvržične bakterije na korijenu soje

(Izvor: <https://bit.ly/2tlb8Af>)

Prilikom inokulacije sjemena mora se voditi računa da se izvrši u sjenovitom mjestu, da se masa sjemena dobro izmiješa te da poslije toga ne bude izložena sunčevoj svjetlosti jer ona ubija bakterije. Inokulacija sjemena posebice je važna na tlima gdje se ranije nije uzgajala soja (Vratarić i Sudarić, 2008).

Kod nas prevladava sjetva u redove na razmak 45 ili 50 cm (Slika 3). Izvodi se pneumatskim sijačicama. Gušća sjetva i uži redovi daju veći urod zrna. Obično u praksi treba povisiti količinu sjemena (oko 100 kg/ha).



Slika 3. Sjetva soje u redove na razmak 45 cm

(Izvor: Emanuel Sigurnjak, 2019.)

Dubina sjetve - u ranim rokovima sije se pliće (3-6 cm), a u kasnim dublje. Na vlažnim tlima sije se pliće, a na sušim dublje. Važna je veličina i ujednačenost sjemena. Na težim tlima manji je problem u nicanju sa sitnijim i srednje krupnim nego s krupnim sjemenom, iako proizvođači vole srednje i krupno zrno (Slika 4.).



Slika 4. Sijačica za sjetvu soje na razmak 45 cm  
(Izvor: Emanuel Sigurnjak, 2019.)

Dušik je nositelj visine uroda. Sastavni je dio bjelančevina i enzima. Soja je proteinska kultura i dušik ima veliki značaj u ishrani soje. U našim uvjetima soja ovisno o prinosu iz tla iznosi 180 - 240 kg/ha dušika. Soja koristi tri izvora dušika: tlo, mineralna gnojiva i zrak (nitrofikacija kvržičnim bakterijama). Na tlima gdje su povoljni uvjeti za nitrofikaciju dovoljno je 30 - 50 kg/ha dušika, a ako su uvjeti nepovoljni 120 -150 kg N/ha. Dušik treba davati u što manjim obrocima.

Fosfor se ubraja u esencijalne elemente neophodne za rast i razvitak biljaka. Povezan je s brojnim životno važnim funkcijama biljke, kao što su metabolizam ugljikohidrata, fotosinteza, dioba stanice te prenošenje nasljednih svojstava. Fosfor utječe na povećanje masti i ulja u sjemenu. On utječe i na razvoj kvržičnih bakterija. Prema nekim autorima gnojidbu na siromašnim tlima treba izvesti s 80 - 100, a na plodnim tlima 50 - 60 kg/ha fosfora.

Kalij povećava sintezu bjelančevina, sudjeluje u prijenosu ugljikohidrata, a povoljno djeluje na sintezu ulja u sjemenu. Pospješuje razvoj kvržičnih bakterija te povećava otpornost prema suši i bolestima. Gnojidba na siromašnim tlima je oko 100, a na plodnim oko 40-60 kg/ha.

Magnezij izravno utječe na fiksaciju dušika putem kvržičnih bakterija. Utječe na kvalitetu sjemena i otpornost biljke na sve negativne vanjske činitelje. Potreban je više u razdoblju cvatnje i mahunanja, te nalijevanja zrna. S obzirom na to da ulazi u sastav klorofila nezamjenjiv je u svim procesima u biljci. Na većini naših tala uglavnom ima dovoljno magnezija, te ga ne treba odvojeno dodavati u tlo gnojidbom.

Ako postoje mogućnosti poželjno je uz mineralnu gnojidbu, primijeniti i organsku gnojidbu (stajski gnoj od 20 - 40 t/ha). Stajski gnoj povoljno utječe na fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla, a pored toga predstavlja izvor biljnih hraniva. Posebno je poznato njegovo pozitivno djelovanje na razvoj i rad kvržičnih bakterija (Tablica 2). Soju ne treba izravno gnojiti krutim organskim gnojivima ili stajnjakom, jer može proizvesti i neke negativne pojave (produženje internodija, veća visina biljaka, jače polijeganje, neujednačena zrioba i slično). Najbolje je ako je predkultura gnojena stajnjakom.

Tablica 2. Primjer preporuke gnojidbe soje

| Vrijeme gnojidbe                   | Vrsta gnojiva            | Količina kg/ha |
|------------------------------------|--------------------------|----------------|
| Uz fiksaciju dušika<br>Zaoravanje  | NPK 7-20-30              | 400            |
| Bez fiksacije dušika<br>Zaoravanje | NPK 7-20-30              | 500            |
| Pred sjetvu                        | Urea N46                 | 150            |
| Bez fiksacije dušika<br>Zaoravanje | NPK (MgO) 8-16-24(2)     | 500            |
| Pred sjetvu                        | NPK 15-15-15             | 200            |
| Prihrana                           | KAN N (MgO) 27 (4,8) ili | 200            |
|                                    | ASN (26N+15S)            | 200            |

(Izvor: <https://bit.ly/2Nu8mzz>)

Prvu kultivaciju treba vršiti rano, desetak dana nakon nicanja i treba koristiti zaštitne diskove, posebno kod zbijenih tala. Druga kultivacija izvodi se nakon deset dana, a posljednja kultivacija bi se trebala obaviti prije zatvaranja redova (prije pojave prvih



mahuna). Prvu kultivaciju treba izvršiti najdublje, a dalje pliće, jer se razvija korijenov sustav. Kultivacije se obavljaju sa zaštitnim zonama i to: prva na 10-12 cm, druga na 7-9 cm, a treća na 5-6 cm;

Korovi se mogu suzbijati kemijskim i mehaničkim putem ili pak kombinirano. Kemijsko suzbijanje korova odnosno primjena herbicida dolazi na prvo mjesto i bez sumnje je brži i ekonomičniji put kojim se može postići dulja i bolja suzbijenost korova (Tablica 3). Mehaničko suzbijanje samo je dopuna kemijskom, a ako su s prvom potpuno suzbijeni korovi, mehaničke mjere mogu izostati. U redovitoj širokoj proizvodnji soje na velikim poljoprivrednim posjedima, kao i na manjim obiteljskim posjedima, primjenu herbicida smatra se obvezatnom tehnološkom mjerom. Za proizvodnu praksu najvažnija je podjela načina primjene (prije sjetve; nakon sjetve; nakon nicanja soje).

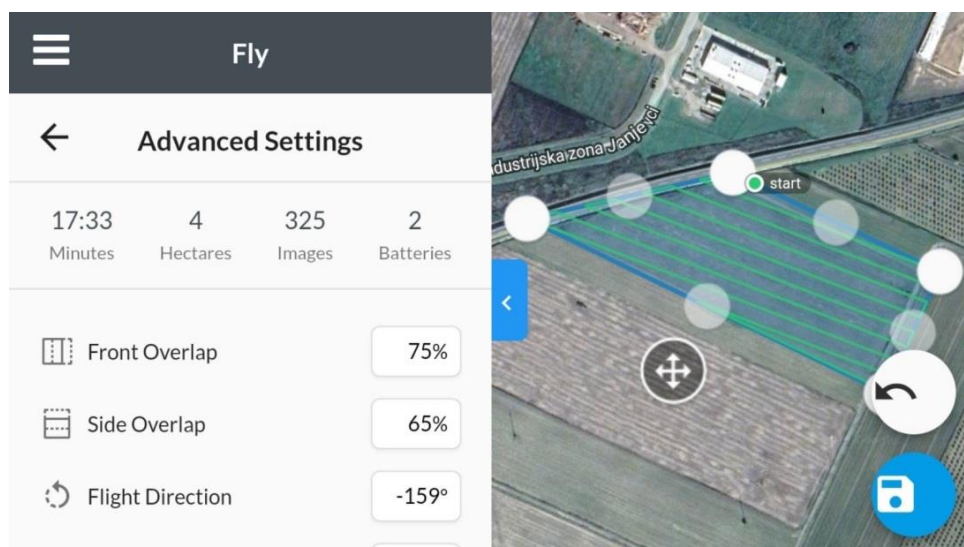
Tablica 3. Kombinacije herbicida i fungicida u soji

| Preparat                        | Vrijeme primjene               | Doza                         | Napomena  |
|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---|
| Herbicidi                       |                                |                              |   |
| Stomp 330E +<br>Frontier X2     | Prije sjetve,<br>nakon nicanja | 3-4 l/ha +<br>1 l/ha         | Jednogodišnji i višegodišnji<br>širokolisni i travni korovi |
| Metriphar +<br>Proman           | Prije sjetve,<br>nakon nicanja | 0,4 kg/ha + 1,5-<br>2,5 l/ha | Jednogodišnji i višegodišnji<br>širokolisni i travni korovi |
| Basagran 480 +<br>Pulsar 40     | Nakon nicanja                  | 1 l/ha +<br>0,8 l/ha         | Jednogodišnji i višegodišnji<br>širokolisni i travni korovi |
| FocusUltra                      | Nakon nicanja                  | 1-3 l/ha                     | Jednogodišnji i višegodišnji<br>travni korovi               |
| Laguna 75 WG<br>+<br>Harmony SX |                                | 100 g/ha +<br>12 g/ha        | Jednogodišnji i višegodišnji<br>širokolisni i travni korovi |
| Fungicidi                       |                                |                              |   |
| RidomilGold<br>MZ               |                                | 2,5– 3 kg/ha                 |   |
| Galben M                        |                                | 1,5-2,5 kg/ha                |   |

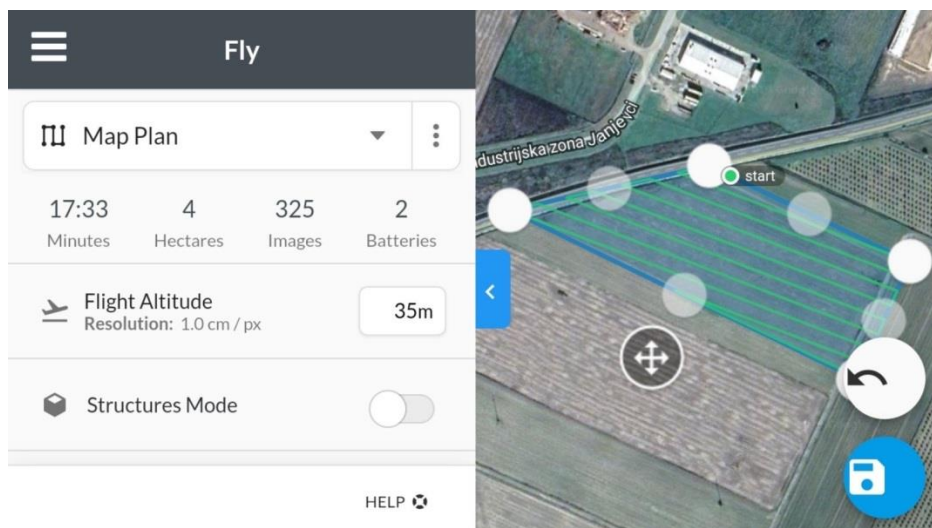
(Izvor: Ag Base)

### 3.2. Terenski postupak snimanja bespilotnim zrakoplovom

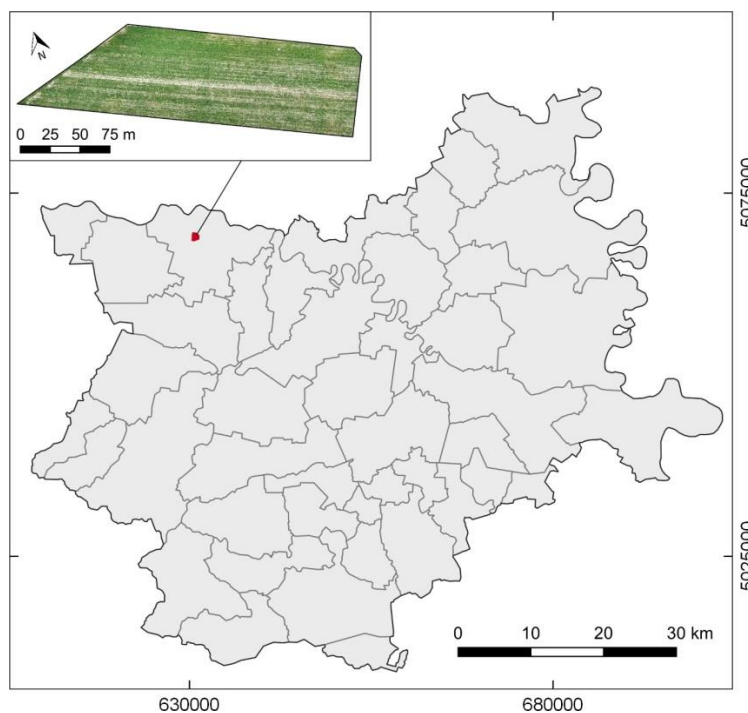
AMC portal je jedinica za upravljanje zračnim prostorom. To je združena civilno-vojna fokusna točka nadležna za dnevno upravljanje zračnim prostorom pod nadležnošću RH, ustrojena u pružatelju usluga u zračnoj plovidbi – Hrvatskoj kontroli zračne plovidbe d.o.o. Prije prijave leta bespilotnim zrakoplovom trebamo se registrirati na AMC portal. AMC portal dostupan je kao aplikacija na androidu ili iOS sustavu. Prijava leta je pokazana na slici 5, a obavljala se putem pametnoga telefona. Na slici je prikazana ruta kojom će se bespilotni zrakoplov kretati, vrijeme koje je potrebno da obavi taj let i koliko će izraditi slika tijekom toga leta. U aplikaciji određujemo na kojoj će visini bespilotna letjelica letjeti, a što je prikazano slikom 6. Let bespilotnim zrakoplovom obavljen je na području katastarske općine Donji Miholjac, katastarske čestice 3015/1 (Slika 7).



Slika5. Prijava leta na AMC portalu  
(Izvor: Emanuel Sigurnjak, 2019.)



Slika 6. Određivanje visine leta bespilotnim zrakoplovom  
(Izvor: Emanuel Sigurnjak, 2019.)



Slika 7. Područje snimanja bespilotnim zrakoplovom  
(Izvor: Emanuel Sigurnjak, 2019.)

U današnje vrijeme bespilotne letjelice se upotrebljavaju kako za vojne tako i za civilne potrebe. Vojnu upotrebu možemo podijeliti na pomorsku, kopnenu i zračnu, dok je civilna upotreba značajna u mnogim područjima kao npr. u fotogrametriji, poljoprivredi, elektroprivredi, ribarstvu, informacijskim uslugama, prometnim agencijama, očuvanju granice na moru i rijekama, otkrivanju i uništavanju mina itd. (Pavlik i sur., 2014).

Bespilotni zrakoplov je definiran kao zrakoplov namijenjen izvođenju letova bez pilota u zrakoplovu, koji je ili daljinski upravljani ili programiran i autonoman .

Razvoj bespilotnih zrakoplova može se zahvaliti vojnoj upotrebi gdje su već dugi niz godina vrlo koristan izvor informacija o neprijatelju, njegovim kretanjima i terenu na kojem se nalazi. Od Drugog svjetskog rata do danas svakodnevno su u upotrebi u različitim dijelovima svijeta i na različitim zadacima (Kolarek, 2010).

Glavna podjela bespilotnih letjelica ovisi o njihovoj radnoj visini leta i dijele se na dvije osnovne grupe (Kolarek, 2010):

1. Letjelice koje obitavaju na visini od 3.000 m i više, u mogućnosti su na dulje vrijeme prikupljati podatke uz minimalnu potrebnu energiju za održavanje leta.

2. Letjelice kojima je maksimalna relativna visina leta do 300 m (mikro i mini kategorija bespilotnih zrakoplova).

Razvojem GNSS-a i INS-a (Inercijalni navigacijski sustav), digitalnih kamera i samih bespilotnih letjelica te sve veće ekonomske opravdanosti, odabir mikro i mini kategorija bespilotnih letjelica postaje zanimljiv za fotogrametrijske potrebe (Kolarek, 2010). Osnovni zahtjevi koje bespilotni zrakoplovi moraju zadovoljavati da bi se mogle koristiti za fotogrametrijsko snimanje su:

- mogućnost izvođenja projektiranog plana leta s visokom točnošću,
- mogućnost nosivosti opreme za snimanje i navigaciju,
- autonomija leta letjelice,
- smanjenje vibracija i ostalih vanjskih utjecaja tijekom leta.

Bespilotni zrakoplovi mogu nositi različite alate, uključujući visoko razlučive kamere, infracrvene i termalne senzore, elektromagnetne senzore, pa čak i radare. Za utvrđivanje pojedinih svojstava koriste se različite EMI tehnike (elektromagnetna indukcija, spektralna analiza u vidljivom i infracrvenom dijelu spektra), kao i druge vrste senzora.

Sustav bespilotnog zrakoplova je sustav namijenjen izvođenju letova zrakoplovom bez pilota koji je daljinski upravljani ili programiran i autonoman. Sastoji se od bespilotnog zrakoplova i drugih komponenti za upravljanje ili programiranje neophodnih za kontrolu bespilotnog zrakoplova, od strane jedne ili više osoba. Bitno je naglasiti i postojanje daljinski upravljanih zrakoplovnih sustava, koji su dio šire kategorije bespilotnih zrakoplova kojima i samo ime govori da im daljinski upravljaju piloti. Bespilotni sustavi

moгу poslužiti kao pomoć pri pronalasku i spašavanju unesrećenih, za nadzor određenih područja (npr. državne granice), za pristup opasnim područjima bez ugrožavanja ljudskih života (posade) i u mnoge druge.

Zabilježene su nezakonite uporabe bespilotnih zrakoplova diljem svijeta kojima su ugrožavani ljudski životi i koji nisu u skladu s određenim zakonima poput zakona o zaštiti osobnih podataka. Kako bi se ograničila i regulirala uporaba bespilotnih zrakoplova mnoge države su donijele posebne zakone o toj temi ili su zakoni u izradi.

Zakoni su doneseni prvenstveno zbog sigurnosti ljudi čiji bi život mogao biti ugrožen uporabom bespilotnih zrakoplova. Letjelice se mogu vrlo lako nabaviti ili izraditi te postoji mogućnost preplavljenosti zračnog prostora. Zbog toga je potrebno registrirati svaku letjelicu i regulirati njezinu uporabu.

Praćenje vegetacije satelitima ili zrakoplovima, kao i pregled usjeva s tla (hodanjem po terenu) do sada su bili osnovni način pregleda/inspekcije stanja usjeve. No, ove metode često su nepotpune i vremenski ograničene (oblačno i/ili kišno vrijeme, magla, vlažno tlo i sl.) pa prikupljanje podataka, njihova obrada i analiza može potrajati dugo vremena. Rezultat je zakašnjela intervencija pa su neizbježne štete zbog nezapažene pojave bolesti, neishranjenosti usjeva i sl., uz povećane troškove gnojidbe i zaštite usjeva, dakako, smanjen prinos i kakvoću proizvoda i pad profita. U usporedbi s drugim „zračnim metodama istraživanja“, bespilotni zrakoplovi mogu generirati češće i daleko jeftinije podatke o stanju usjeva pa su za praćenje usjeva na malim površinama (50 do 500 ha) dronovi trenutno prvi i najbolji izbor.

Tijekom snimanja zadane površine upotrijebljena je bespilotni zrakoplov Phantom 4 2.0 Pro. Ovakva vrsta bespilotnog zrakoplova je odličnih mogućnosti te niskobudžetna jer sa svojom kamerom može pratiti predmet bez zasebnoga uređaja i izbjegavati prepreke koje se nalaze na putu. U tablici 4 prikazane su njegove zračne specifikacije te u tablici 5 njegove pojedinosti kamere. Osnovni dijelovi bespilotne letjelice prikazani su slikom 8.

Tablica 4. Općenito o Phantomu 4 2.0 Pro

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Težina (uključena baterija i propeleri) | 1388 g                               |
| Dijagonalna veličina (bez propelera)    | 350 mm                               |
| Maksimalna brzina uspona                | S-način: 6 m / s<br>P-način: 5 m / s |
| Maksimalna brzina spuštanja             | S-mod: 4 m / s<br>P-način: 3 m / s   |

|   |  |
|---|--|
| Maksimalna brzina                           | S-način: 45 mph (72 kph)<br>A-način: 36 mph (58 kph)<br>P-način: 31 mph (50 kph)   |
| Maks. Kut nagiba                            | S-mod: 42 °<br>A-način: 35 °<br>P-način: 25 °  |
| Maks. Kutna brzina                          | S-mod: 250 ° / s<br>A-način: 150 ° / s   |
| Maksimalni servisni strop iznad razine mora | 19685 stopa (6000 m)   |
| Maksimalni otpor brzine vjetra              | 10 m / s   |
| Maksimalno vrijeme leta                     | Cca. 30 minuta   |
| Raspon radne temperature                    | 32 ° do 104 ° F (0 ° do 40 ° C)  |
| Satelitski pozicioniranje                   | GPS / GLONASS  |
| Zadržite raspon točnosti                    | Okomito:<br>± 0,1 m (s pozicioniranjem vida)<br>± 0,5 m (s GPS pozicioniranjem)<br>vodoravno:<br>± 0,3 m (s pozicioniranjem vida)<br>± 1,5 m (s GPS pozicioniranjem) |

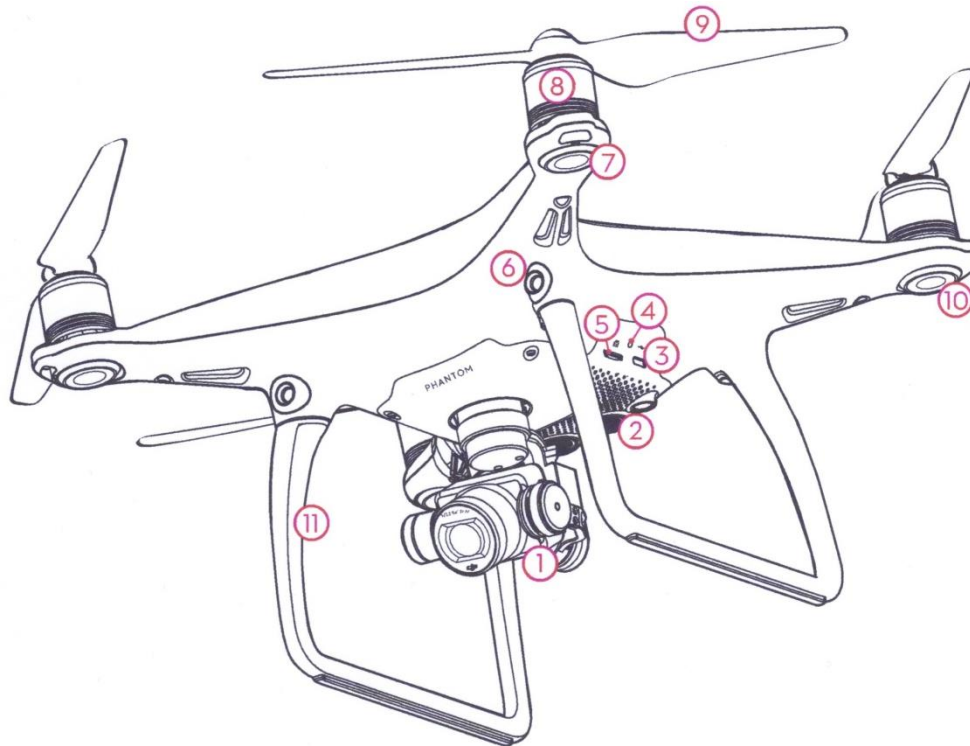
(Izvor:<https://www.dji.com/hr/phantom-4-pro-v2/specs>)

Tablica 5. Pojediniosti kamere Phantoma 4 2.0 Pro

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Senzor                       | 1 " CMOS<br>efektivni pikseli: 20M  |
| Leće                         | FOV 84 ° 8,8 mm / 24 mm (ekvivalent formata 35 mm) f / 2,8 - f / 11 automatsko fokusiranje na 1 m - ∞                   |
| Raspon ISO                   | Videozapis:<br>100 - 3200 (Automatski)<br>100 - 6400 (ručno)<br>Foto:<br>100 - 3200 (Automatski)<br>100 - 12800 (ručni) |
| Mehanička brzina zatvarača   | 8 - 1/2000 s  |
| Elektronska brzina zatvarača | 8 - 1/8000 s  |
| Veličina slike               | Omjer omjera 3: 2: 5472 × 3648<br>4: 3 Omjer slike: 4864 × 3648<br>16: 9 Omjer slike: 5472 × 3078                       |
| Veličina slike PIV           | 4096 × 2160 (4096 × 2160 24/25/30/48 / 50p)   |

|                            |  |
|----------------------------|--|
|                            | 3840 × 2160 (3840 × 2160<br>24/25/30/48/50 / 60p) 2720 × 1530 (2720 × 1530, 24/25/30/48 / 50 / 60p)<br>1920 × 1080 (1920 × 1080<br>24/25/30/48/50/60 / 120p)<br>1280 × 720 (1280 × 720 24/25/30/48/50/60 / 120p) |
| Načini fotografiranja      | Jedan metak<br>burst snimanja: 3/5/7/10/14 okviri<br>Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5<br>ekspozicijom okviri od 0,7 EV Bias<br>interval: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 a   |
| Maksimalni video zapis     | 100 Mbps   |
| Podržani datotečni sustavi | FAT32 (≤32 GB); exFAT (> 32 GB)  |
| foto                       | JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG  |
| Podržane SD kartice        | Micro SD<br>Max kapacitet:<br>128 GB Brzina pisanja ≥15MB / s, potrebna<br>je klasa 10 ili UHS-1 ocjena  |
| Raspon radne temperature   | 32 ° do 104 ° F (0 ° do 40 ° C)  |

(Izvor: <https://www.dji.com/hr/phantom-4-pro-v2/specs>)



Slika 8. Phantom 4 2.0 Pro s označenim dijelovima:

1-Kamera, 2-Sustav za pozicioniranje vida, 3-Utor za USB, 4-Povezivanje kamere/ indikatora statusa i gumba veze, 5-Utor za Micro SD karticu, 6-Sustav za prepoznavanje prepreka, 7- Prednje LED diode, 8- Pogonski motori, 9- Propeleri, 10- Indikator stanja letenja, 11- Antene

(Izvor:<https://images-eu.ssl-images-amazon.com/images/I/D1POoQD46HS.pdf>)

### 3.3. Vegetacijski indeksi

Snimke mnogobrojnih satelitskih senzora se koriste za analizu fizičkih procesa na površini Zemlje bez obzira na to da li je površina vegetacija ili urbano područje. Također, jedan od primarnih interesa sustava za promatranje Zemlje je proučavanje uloge vegetacije u globalnim procesima velikih razmjera s ciljem razumijevanja kako Zemlja funkcionira kao sustav. Oba nastojanja zahtijevaju razumijevanje globalne distribucije vegetacijskih tipova kao i njihovih biofizičkih i strukturnih osobina i prostorno - vremenskih varijacija (Jensen, 1996).

Opažanje vegetacije je od iznimne važnosti za razumijevanje korelacija između klimatskih promjena, stanja okoliša, zdravlja i produktivnosti vegetacije. Nadalje, stanje vegetacije utječe i na druge ekosustave kao što su staništa brojnih životinjskih vrsta uključujući insekte, ptice i velike biljojede (Nijland i sur., 2014).



Vegetacijski indeksi su podaci koji se računaju iz različitih kanala multispektralnih snimki na temelju apsorpcije, transmisije i refleksije energije vegetacije u različitim spektralnim kanalima. Ponajprije služe kao grafički indikator procjene aktivnosti vegetacije na promatranom području. Vegetacijski indeksi na području s vegetacijom pokazuju veće vrijednosti piksela nego na područjima bez nje (She i sur., 2015).

Zahvaljujući karakterističnom spektralnom potpisu biljaka moguće je dobiti vegetacijski indeks kombinacijom snimki iz više različitih spektralnih područja. Klorofil u biljkama jako apsorbira valne duljine u crvenom i plavom dijelu spektra, a odbija zeleno svjetlo. Vegetacijski indeksi predstavljaju bezdimenzionalnu radiometrijsku mjeru, koja se dobiva kombinacijom informacija iz različitih kanala gdje se uglavnom upotrebljavaju crveni i blisko infracrveni (engl. *Near Infrared*, NIR) dio elektromagnetskog spektra (Maeda i sur., 2016).

Vegetacijski indeksi se koriste u različite svrhe pa tako imamo vrste koje se primjenjuju za određeno područje znanosti. Vegetacijski indeksi s kojima se provodilo istraživanje navedeni su u tablici 6.

Tablica 6. Vegetacijski indeksi s njihovim jednadžbama

| Kratice | Naziv                                   | Jednadžba   | Literatura             |
|---------|---|---|------------------------|
| VARI    | Visible Atmospherically Resistant Index | $VARI = \frac{G - R}{G + R - B}$                  | Gitelson i sur. 2002.  |
| NGRDI   | Normalized Green-Red Difference Index   | $NGRDI = \frac{G - R}{G + R}$                     | Yang i sur. 2008.      |
| GLI     | Green Leaf Index                        | $GLI = \frac{2G - R - B}{2G + R + B}$             | Louhaichi i sur 2001.  |
| ExG)    | Excess Green Index                      | $ExG = 2g - r - b,$<br>$g = \frac{G}{R + G + B'}$ | Woebbecke i sur. 1995. |

### 3.4. Fotogrametrijske obrade snimki

Fotogrametrija je umjetnost, znanost i tehnologija dobivanja pouzdanih informacija o fizičkim objektima i okolišu procesom snimanja, mjerenja i interpretacije fotografskih slika i uzoraka registriranog elektromagnetskog zračenja i drugih fenomena (Novotny, 2019.). Ova metoda počiva na principu različitog reflektiranja prirodne svjetlosti (sunčeve zrake) ili umjetnog zračenja (radar, zvuk) od pojedinih objekata.

Prema stajalištu kamere fotogrametrija se dijeli na:

- terestričku fotogrametriju,
- aerofotogrametriju,
- satelitsku fotogrametriju

Prema položaju osi snimanja dijeli se na:

- okomitu (aerofotogrametrija)
- vodoravnu (terestrička fotogrametrija)
- blago nagnutu (terestrička fotogrametrija)
- kosu (aerofotogrametrija).

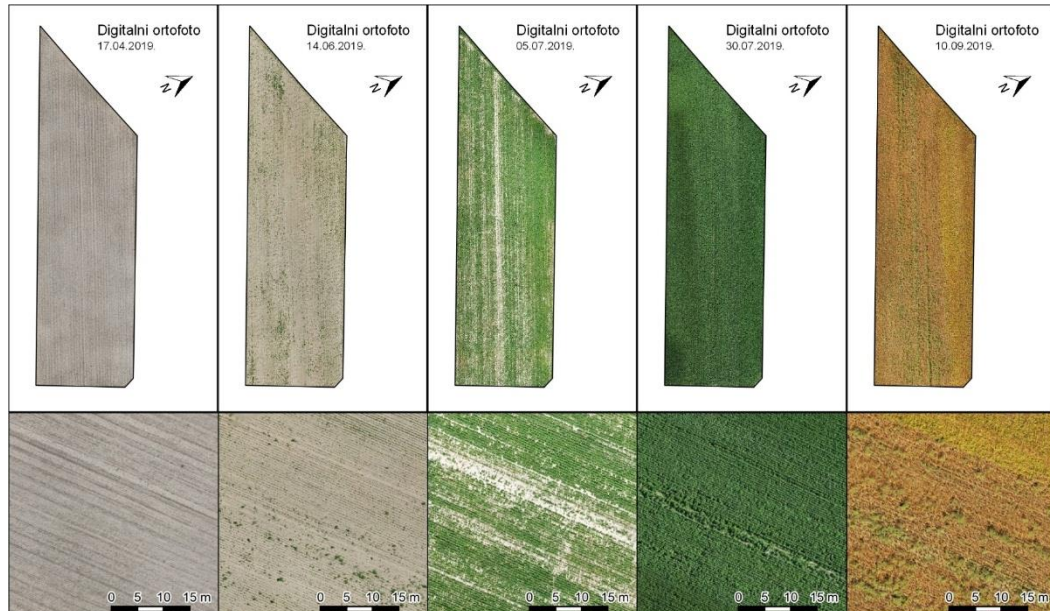
Ortofoto karta se izrađuje prevođenjem digitalne aerofotogrametrijske snimke (poznatih vrijednosti unutarnje i vanjske orijentacije) iz centralne u ortogonalnu projekciju uz upotrebu digitalnog modela reljefa (DMR-a) odgovarajuće točnosti. Ortofoto snimka je središnji dio fotogrametrijske snimke preveden iz centralne ili druge poznate projekcije u ortogonalnu uz upotrebu DMR-a odgovarajuće točnosti. Ortofoto karta je sastavljena od jedne ortofoto snimke ili više njih jedinstvenog mjerila, s nanesenom pravokutnom koordinatnom mrežom, odgovarajućim kartografskim znacima i nadopunjen izvan okvirnim podacima (članci 4. i 35. Pravilnika).

QGIS je vodeći GIS program otvorenog koda u svijetu razvijen u okviru službenog projekta *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) zajednice (QGIS, 2017.). Korisničko sučelje QGIS-a je vrlo prilagođeno potrebama korisnika (eng. *user friendly*) i pruža mogućnost korištenja alata iz ostalih GIS programa otvorenog koda (npr. SAGA GIS, GRASS GIS), pa služi kao univerzalno sredstvo za izradu GIS analiza i kartografskih prikaza. Komponenta koja odvaja QGIS od ostalih programa su dodaci (eng. *plugins*), koji proširuju mogućnosti programa i omogućuju izvršavanje dodatnih operacija (Deak, 2017.).

SAGA GIS (Conrad i dr., 2015.) je GIS program otvorenog koda razvijen na sveučilištima u Göttingenu i Hamburgu. Omogućava izvršavanje velikog broja temeljnih i naprednih GIS operacija s naglaskom na geoznanstvenu analizu. Sadrži okruženje vrlo pogodno za napredne matematičke operacije nad podacima, pa tako i sadrži brojne ugrađene operacije za multikriterijalnu analizu, kao što je određivanje težina matricom usporedbe parova, standardizacija podataka *fuzzy* metodama i metoda poredanih težina (Deak, 2017.).

## 4. REZULTATI

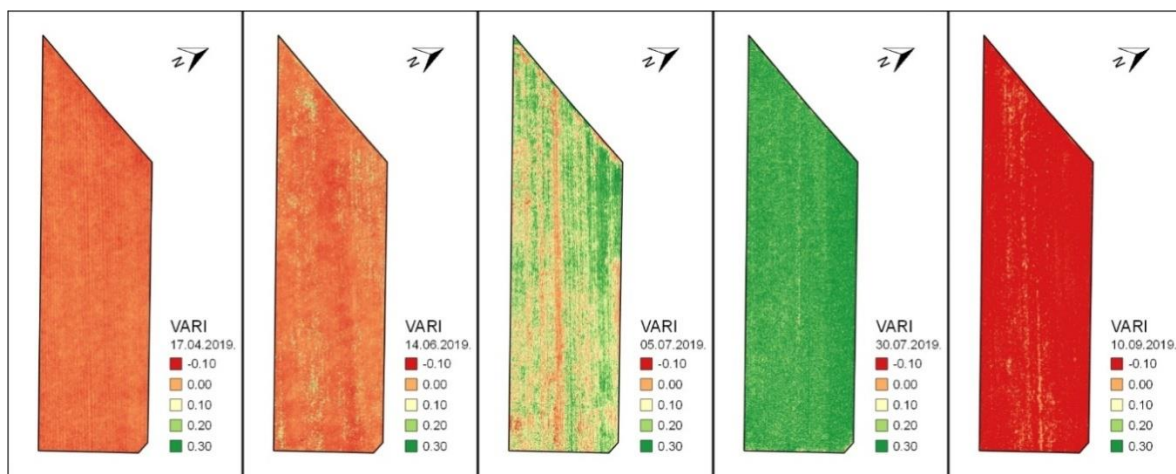
Digitalni ortofoto izrađen fotogrametrijskom obradom snimki kroz pet faza cikličkog snimanja prikazan je na slici 9.



Slika 9. Digitalni ortofoto kroz 5 faza cikličkog snimanja bespilotnim zrakoplovom

(Izvor: Emanuel Sigurnjak, 2019.)

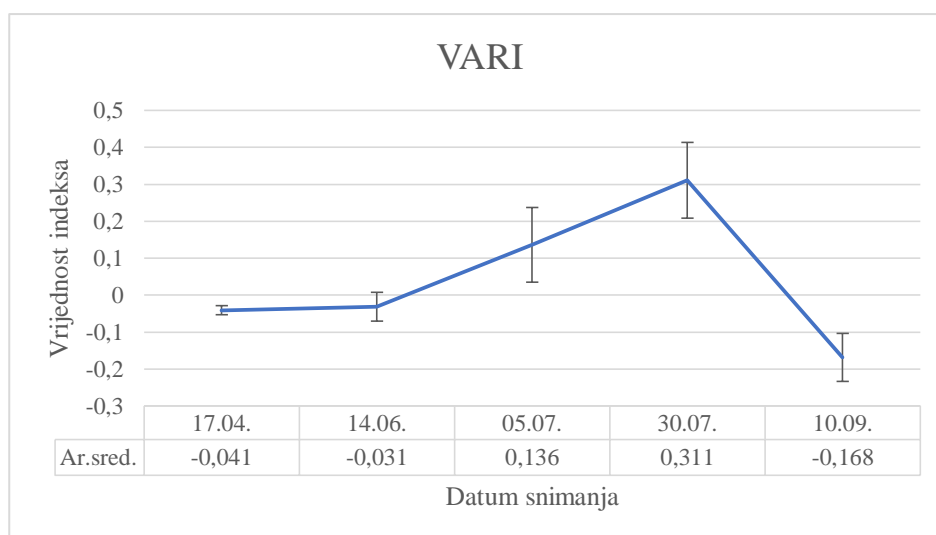
Temeljem snimki prikupljenih 17.4.2019. godine vidljivo je kako VARI poprima negativne vrijednosti kod dominantno prisutnog tla. Moguće je vizualno detektirati manje razlike u teksturi tla. Vrijednosti od 14.6.2019. godine ukazuju na prisustvo korova koji se samo u većim nakupinama mogu pouzdano izdvojiti od tla. Analizom VARI iz 5.7.2019. godine moguće je detektirati redove soje, kao i područje slabije sjetve u sredini poljoprivredne čestice. Snimke prikupljene 30.7.2019. godine u potpunosti ukazuju na homogenost soje, gdje VARI postiže ujednačene vrijednosti bliske 0,30. Prilikom posljednje promatrane faze razvoja soje vidljivo je kako VARI postiže najniže vrijednosti od svih opažanih faza, iako je vegetacija još uvijek prisutna na cijeloj poljoprivrednoj čestici. To ukazuje na nemogućnost primjene tog spektralnog indeksa kod suhe vegetacije neposredno prije žetve (Slika 10).



Slika 10. Prikaz faza praćenja soje pomoću VARI

(Izvor: Emanuel Sigurnjak, 2019.)

Dijagram ukazuje na ujednačene vrijednosti VARI u prvoj fazi praćenja soje. Kroz sljedeća tri opažanja VARI postupno raste, što ukazuje na mogućnost praćenja količine klorofila soje koji proporcionalno raste u spomenutom razdoblju. Standardna odstupanja u tim opažanjima također postepeno rastu, što ukazuje na sve veću heterogenost usjeva, suprotno vizualnoj interpretaciji za set snimki iz 30.7.2019. Posljednja snimljena faza 10.9.2019. dala je najniže vrijednost VARI s umjerenom heterogenošću (Slika 11).

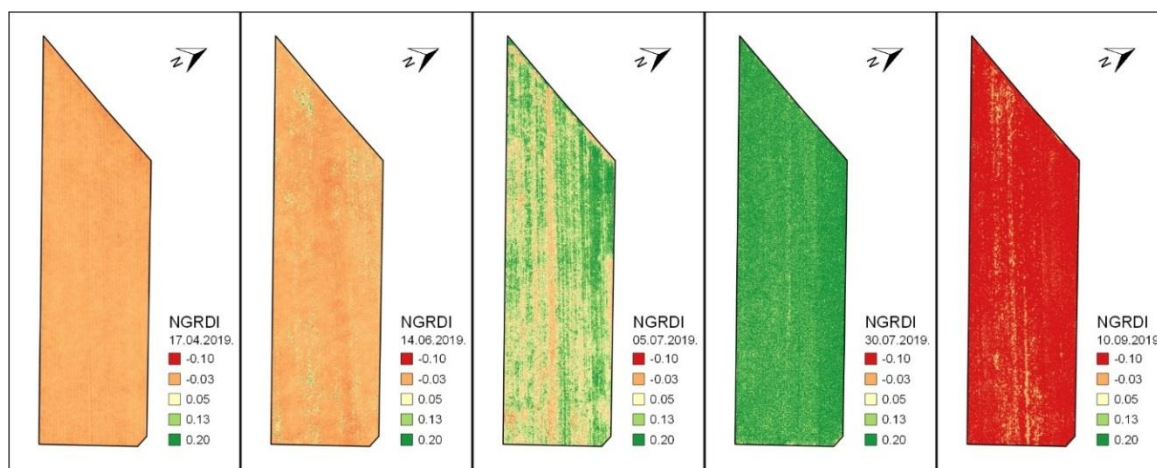


Slika 11. VARI vegetacijski dijagram

(Izvor: Emanuel Sigurnjak, 2019.)

Temeljem prikupljenih snimki 17.4.2019. vidljivo je kako NGRDI poprima drugačiju vrijednost kod prisutnoga tla te se razlikuje u spektru boja u odnosu na VARI. Kod

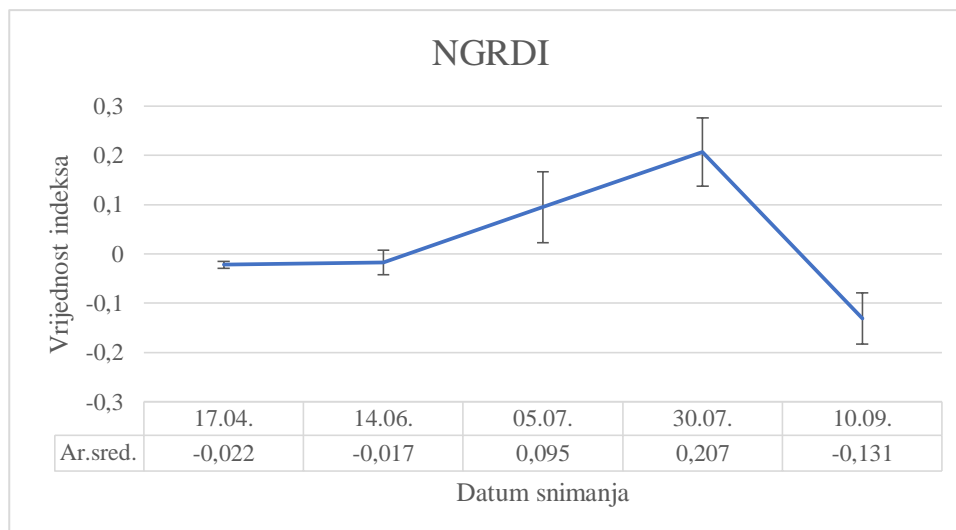
vrijednosti snimljenih 14.6.2019. vidljivo je prisustvo korova na pojedinim mjestima. Snimanjem obavljenim 5.7.2019. mogu se uočiti redovi soje te se vide redovi koji nisu dobro zasijani ili su još u fazi nicanja sjemena. Snimkom urađenom 30.7.2019. uočavamo da je vegetacija svugdje jednolika te je na većinskom dijelu vrijednost 0,20. Posljednje snimanje pokazalo je kako NGRDI postiže najniže vrijednosti iako je vegetacija još prisutna. Vidljivo je da su zadnji snimci kod VARI i NGRDI slični te pružaju najnižu vrijednost od svih faza opažanja (Slika 12).



Slika 12. NGRDI prikaz praćenja faza soje

(Izvor: Emanuel Sigurnjak, 2019.)

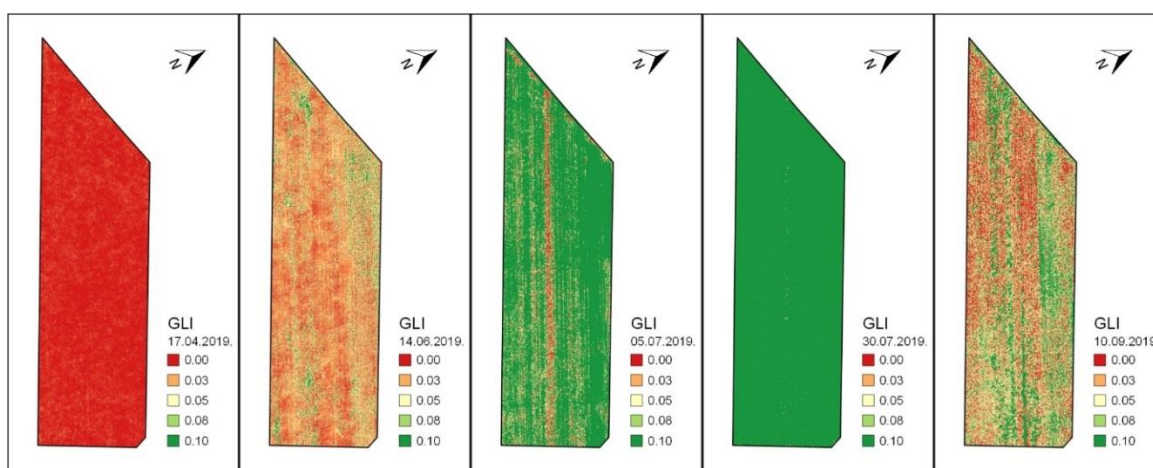
Dijagram ukazuje na ujednačene vrijednosti NGRDI u prvoj fazi praćenja soje. Kroz sljedeća dva razdoblja možemo vidjeti kako NGRDI postupno raste, što pokazuje da količina klorofila soje proporcionalno raste u spomenutom razdoblju. U posljednjoj fazi vidi se kako se količina klorofila proporcionalno snižava te dolazi do vrijednosti od -0,131 (Slika 13).



Slika 13. NGRDI vegetacijski dijagram

(Izvor: Emanuel Sigurnjak, 2019.)

GLI snimka se razlikuje u odnosu na VARI i NGRDI što se na prisutno dominantno tlo održava drugačijim spektrom. Snimka snimljena 14.6.2019. ukazuje na prisustvo korova na pojedinim dijelovima parcele. Na snimci od 5.7.2019. možemo uočiti redove soje te dijelove slabije sjetve. U odnosu na VARI snimku, kod GLI snimke 30.7.2019. vidimo da su ujednačene vrijednosti bliske 0,10 što je znatno niže u odnosu na prethodna dva vegetacijska indeksa. Kod zadnje snimke 10.9.2019. vidimo da je vegetacija još uvijek prisutna na što ukazuje različitost boja na poljoprivrednoj čestici (Slika 14).

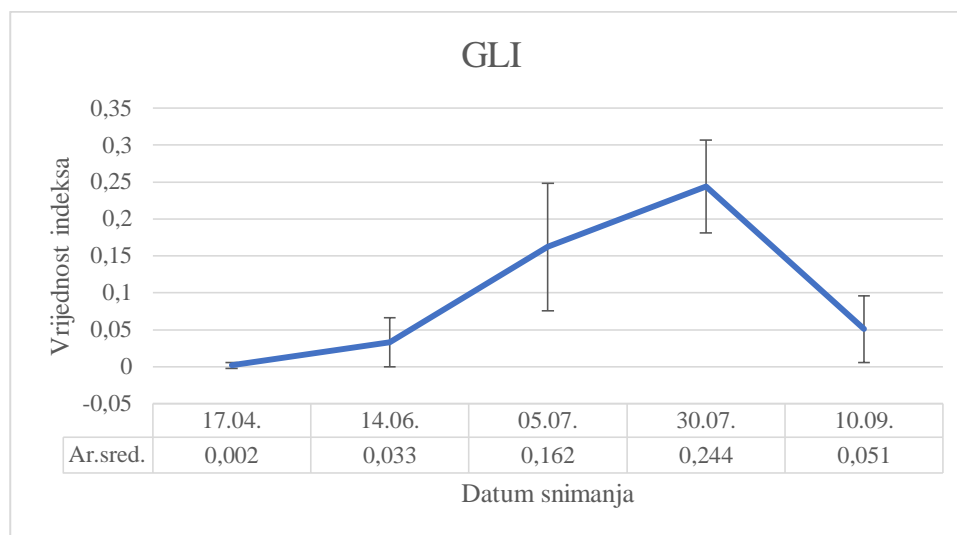


Slika 14. GLI praćenje faza soje

(Izvor: Emanuel Sigurnjak, 2019.)

Prema dijagramu, vrijednost u prve tri faze praćenja soje stalno raste. Od nicanja pa sve do pojave redova linija ima blagi porast dok kod sljedeće dvije faze praćenja soje vrijednost

pojačano raste te ukazuje na mogućnost praćenja količine klorofila soje. U zadnjoj fazi polako opada, ali za razliku od prethodnih vegetacijskih dijagrama ne prelazi vrijednost 0 (Slika 15).

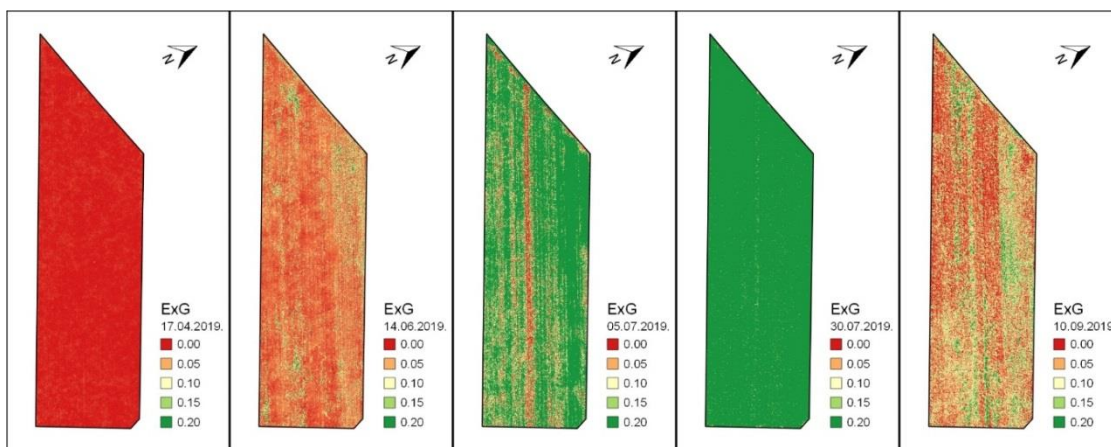


Slika 15. GLI vegetacijski dijagram

(Izvor: Emanuel Sigurnjak ,2019.)

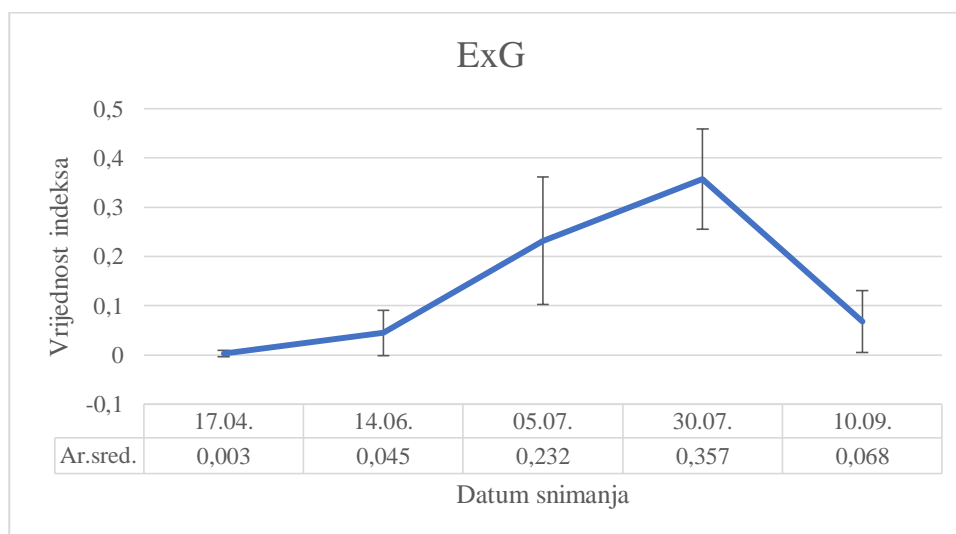
ExG indeks je sličan GLI indeksu što se odražava istim vrijednostima na prisutno tlo koje je snimljeno 17.4.2019. Snimka napravljena 14.6.2019. ukazuje na izraženost korova u pojedinim dijelovima poljoprivredne parcele što pokazuje količina klorofila korova. Na snimci urađenoj 5.7.2019. vidljivi su redovi soje te se mogu uočiti dijelovi gdje soja nedostaje zbog slabije sjetve. Kasnije urađena snimka 30.7.2019. ukazuje da su dijelovi slabije sjetve nestali te je na većini parcele vrijednost 0,2. Na zadnjoj snimci 10.9.2019. vidljivi su dijelovi gdje je vegetacija još uvijek prisutna (Slika 16).





Slika 16. ExG praćenje faza soje  
(Izvor: Emanuel Sigurnjak ,2019.)

Prema vrijednostima prikazanim na ExG dijagramu vidljivo je da se u početnim razdobljima praćenja soje kreće blagim rastom koji se u kasnijim segmentima drastično podiže. Najveća točka nalazi se na 0,357 te ukazuje kada je vegetacija bila najveća i onda počinje opadati do svoje minimalne vrijednosti (Slika 17).



Slika 17. ExG vegetacijski dijagram  
(Izvor: Emanuel Sigurnjak, 2019.)

## 5. RASPRAVA

Soja je sve značajnija i dominantnija kultura u Republici Hrvatskoj te se iz godine u godinu povećavaju površine pod njom. Njezin način usvajanja dušika razlikuje se od ostalih uljarica zbog čega je svrstavaju u leguminoze zbog simbiotskoga djelovanja bakterije roda *Bradirhizobium japonicum*. Soja popravljajući strukturu tla te ostavlja velike količine dušika u tlu što ju čini odličnim predusjevom za sljedeće kulture. Soja je bogata bjelančevinama i sadrži veliki postotak uljnosti. Bjelančevine od soje se koriste za ishranu životinja kao sojina sačma te u industriji za proizvodnju krupice i brašna.

Poljoprivreda kojom se danas koristimo oslanja se na moderne tehnologije, upotrebom modernih naprava i uređaja te softverskih programa za unos, obradu i provođenje podataka. Pod tim se pojmom podrazumijeva pravodobno obavljanje poljoprivrednih radova, visoka produktivnost, smanjen broj operacija te najniža cijena rada (Jurišić i Plaščak, 2009). Precizna poljoprivreda omogućuje uštede kemijskih sredstava, gnojiva te smanjuje negativan utjecaj na okoliš. Pomoću nje možemo svakoj biljci pružiti uvjete za optimalni rast i razvoj.

Razvoj bespilotnih letjelica može se zahvaliti vojnoj upotrebi gdje su već dugi niz godina vrlo koristan izvor informacija o neprijatelju, njegovim kretanjima i terenu na kojem se nalazi (Kolarek, 2010). Zahvaljujući tome bespilotne letjelice počele su se koristiti za civilne svrhe te sve više za fotogrametrijska snimanja određenih objekata, površina, poljoprivrednih parcela i dr. Bespilotne letjelice u zadnje vrijeme su dobile sve veći značaj uporabe u poljoprivredi. Njihova jednostavnost konstrukcije i mogućnost sakupljanja velikih količina podataka omogućava korisniku veću učinkovitost i smanjenje vremena te korisnik može svoje vrijeme posvetiti drugim operacijama. Maimaitijiang i sur. (2010) su u svom istraživanju koristili jeftine bespilotne letjelice s multispektralnim i toplinskim sensorima kako bi dobili RGB očitavanje. Njihova studija je pokazala da se korištenjem jeftine bespilotne letjelice mogu dobiti relativno točne i robusne procjene prinosa usjeva.

Podatci koji su u istraživanju prikupljeni bespilotnom letjelicom moraju se unijeti u određene softverske programe. Korištenjem besplatnoga softvera otvorenoga koda izrađeni su vegetacijski indeksi VARI, NGRDI, GLI te ExG. Snimanje obavljeno 17.04.2019 je bilo nepotrebno jer nema znatnih razlika u odnosu na snimanje obavljeno 14.06.2019. Vegetacijski indeksi VARI I NGRDI pokazali su bolji spektar boja iz kojih je vidljivo da vegetacijska masa još nije pokrila određene dijelove u odnosu na GLI i ExG, koji su

prikazali cijelo područje potpuno zelenim, što se odnosi na snimku od 30.7.2019. Snimka koja je urađena 10.9.2019. pokazala je potpunu obrnutost GLI i ExG indeksa što je ukazalo da na određenim dijelovima vegetacija nije gotova za razliku od VARI I NGRDI indeksa. Zhou i sur. (2019) su u svom istraživanju proučavali mogućnost predviđanja datuma sazrijevanja soje na 326 pokusnih polja. Rezultati su pokazali da su procjene u kasnijim fazama imale bolju točnost od onih u ranijim fazama što je također pokazano i u ovom radu. U ovom istraživanju isto tako zabilježeno je da je kod cikličkih snimanja neizostavno korištenje GNSS prijarnika za georeferenciranje digitalnih ortofota, kako bi se oni mogli pouzdano uspoređivati.

Meng i sur., (2013) navode da satelitsko daljinsko istraživanje pokazalo je vrlo obećavajuće rezultate za praćenje usjeva unutar i između polja. U ovom radu razvijen je model predviđanja datuma zrelosti soje pomoću regresijske analize korištenjem varijacija normaliziranog indeksa razlike vegetacije (NDVI) i normaliziranog indeksa razlike vode (NDWI). Rad je pokazao da se podaci mogu učinkovito koristiti za predviđanje datuma zrelosti soje. Na temelju ovih rezultata, mogla bi se dobiti predviđena karta datuma sazrijevanja soje koja definira optimalni datum žetve i površine.

Izračun zrelosti soje korištenjem relativnih razlika NDVI pri 85% starosnoj dobi lišća bio je točan do 1,5 od promatrane zrelosti u 21 od 24 sorte  $\times$  mjesta  $\times$  godine pojavljivanja. Uzgajivači bi mogli koristiti ovu metodu za prikupljanje fenotipskih podataka koji se odnose na relativnu zrelost sa smanjenim naporima rada u sezoni, ali daljnji rad treba provoditi pomoću NDVI prikupljenih s drugih platformi. Buduća ispitivanja trebala bi također proširiti opseg germplazme i relativne zrelosti testirane za procjenu optimalnog RV-a (Lindsey i sur., 2020.)

## 6. ZAKLJUČAK

Sve veće klimatske promjene uslijed velikoga onečišćenja zraka, tla i vode te sve manje cijene proizvoda zbog velikog pritiska na tržištu hrane dovode do upotrebe znanosti novijega datuma koja se naziva GIS. U GIS se svrstava precizna poljoprivreda koja koristi moderne uređaje i softvere koji poljoprivredniku omogućavaju jednostavnije te produktivnije vođenje i kontinuirano praćenje proizvodnje različitih kultura. Precizna poljoprivreda je sve više zastupljena na našim područjima kako bi se smanjile količine gnojiva i pesticida što rezultira uštedu u proizvodnji i povećanje rentabilnosti te smanjuje zagađenje okoliša.

U istraživanju je korišten bespilotni zrakoplov DJI Phantom 4 2.0 Pro koji se svrstava u letjelice niskobudžetnoga razreda, ali odličnih specifikacija. Danas si svaki malo ozbiljniji poljoprivrednik može priuštiti ovu letjelicu što mu donosi uštedu vremena te može s jedne lokacije pregledati kondiciju svojih usjeva i moguću pojavu bolesti. Pomoću bespilotne letjelice mogu se prikupljati podaci te se kasnije obrađivati kao što je provedeno u ovom istraživanju. Mogu se koristiti besplatni softveri otvorenoga koda QGIS i SAGA GIS koji su sve popularniji za upotrebu u civilne svrhe u odnosu na one skupe licencirane softvere.

Pomoću QGIS-a izrađen je kartografski prikaz, dok su u SAGA GIS-u izrađeni vegetacijski indeksi. Vegetacijski indeksi koji su izrađeni pokazali su različita odstupanja u određenim fazama vegetacije. To pokazuje da bi se za neke faze, kao što je u ovom istraživanju bilo praćenje soje, trebali koristiti određeni vegetacijski indeksi. Vegetacijski indeksi GLI i ExG trebali su se koristiti za snimanje u fazi nicanja soje gdje pokazuju bolju detekciju korova u odnosu na druge indekse te u zadnjoj fazi kod završetka vegetacije gdje ukazuju na postojanje vegetacije. NGRDI i VARI indeksi su pokazali bolje rezultate u fazi kada je soja zatvorila redove što pokazuje da na dijelovima još uvijek nije sve pokriveno zelenom masom.

Ovim istraživanjem dokazana je hipoteza da će se primjenom suvremene tehnologije moći bolje upravljati proizvodnjom i imati stalni nadzor nad kulturama. Suvremena tehnologija sve više pomaže u odlučivanju kada odraditi određenu operaciju u svrhu poboljšanja produktivnosti i uštede novca. Upotrebom takve tehnologije u svakome trenutku vegetacije možemo vidjeti u kakvome je stanju određena kultura. Zbog sve većega pritiska tržišta čovjek se mora oslanjati na modernu tehnologiju.

## 7. POPIS LITERTURE

1. Bajić, M., Ciceli, T., i Krtalić, A. (2004.): Primjena daljinskih istraživanja, fotogrametrije i GIS-a u razminiravanju teritorija RH, *Ekscentar*, (6), str. 54-57.
2. Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., Heute, A. R. (1995): A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews*, 13(1), pp.95–120.
3. Bendea, H., Chiabrando, F., Tonolo, G. F., Marenchino, F. (2007.): Mapping of archaeological reasusing a lowcost UAV, XXI International CIPA Symposium, Athens, Greece.
4. Benko, M. i Balenović, I. (2011.): Prošlost, sadašnjost i budućnost primjene metoda daljinskih istraživanja pri inventuri šuma u Hrvatskoj. *Šumarski list*, 135 (13), 272-281.
5. Bušljeta Vdović, S. (2006.): Zračne snimke kao podloga za daljinska istraživanja u prostornom planiranju. *Prostor*, 14 (2(32)), 246-254.
6. Deak M. (2017.): Upotreba GIS-a u planiranju poljoprivredne proizvodnje- uzgoja lijeske, Diplomski rad, Fakultet Agrobitehničkih znanosti u Osijeku, Osijek
7. DJI Phantom pro v2.0 <https://www.dji.com/hr/phantom-4-pro-v2/info> (25.5.2020.)
8. Donassy, V., Oluić, M., Tomašegović, Z.(1983.): Daljinska istraživanja u geoznanostima . *JAZU*, 281–329, Zagreb
9. Dukmeniće, D. (2019.): Proizvodnja krme za potrebe hranidbe goveda na "Matakovo"d.o.o., Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
10. Duvnjak, J. (2018.): Utjecaj međurednog razmaka na prinos soje na OPG-u "Duvnjak Jurica", Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
11. . Gitelson, AA, Kaufman, YJ, Stark, R & Rundquist, D (2002.): Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction, *Remote Sensing of Environment*, vol. 80, no. 1, pp. 76-87. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00289-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00289-9)
12. Goward, S. N., Markham, B., Dye, D. G., Dulaney, W. i Yang, J., (1991.): Normalized difference vegetation index measurements from the Advanced Very High Resolution radiometer. *Remote Sensing of the Environment*, 35, 257 – 77.
13. Hrvatski zavod za poljoprivrednu savjetodavnu službu: Soja,( <http://axereal.hr/download/publikacije1/soja.pdf> ) 4.2.2020.

14. Jensen, R. J.,(1996.): Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, Prentice Hall.
15. Jurišić, M., (2012.): Agro-Base, Osijek
16. Jurišić, M., Plaščak, I. (2009.): Geoinformacijski sustavi GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša. Poljoprivredni fakultet, Osijek.
17. Jurišić, M., Plaščak, I.,(2015.): AgBase: Priručnik za uzgoj bilja , Osijek
18. Kolarek M. (2010): Bespilotne letjelice za potrebe fotogrametrije Ekscentar, br. 12, str. 70-73
19. Križanović, K. (1999.), Klasifikacija tipova zemljišta na temelju satelitskih snimaka u različitim dijelovima spektra, diplomski rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
20. Lindsey, Alexander&Craft, John&Barker, David. (2020.): Modeling canopy senescence to calculate soybean maturity date using NDVI. Crop Science. 60. 172-180. 10.1002/csc2.20079.
21. Louhaichi, M., Borman, M.M., Johnson, D.E. (2001.): Spatially Located Platform and Aerial
22. Maimaitijiang, M., Sagana, V., Sidikea, P., Hartlinga, S., Esposito, F., B. Fritschid, F.,(2020.): Soybean yield prediction from UAV using multimodal data fusion and deep learning.
23. Meng, J.H. & Dong, T. & Zhang, M. & You, X. & Wu, B.. (2013.): Predicting optimal soybean harvesting dates with satellite data. Precision Agriculture 2013 – Papers Presented at the 9th European Conference on Precision Agriculture, ECPA 2013. 209-215.
24. Milanović, K. (2018.): Obrada i analiza 3D podataka iz aerofotogrametrijskog snimanja', Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet
25. Myneni, R. B., Hall, F. G., Sellers, P. J., Marshak, A. L. (1995.): Interpretation of spectral vegetation indexes. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 33(2), 481– 486.
26. Narodne novine (2015.): Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova 69 Narodne novine (2012.): Uredba o snimanju iz zraka Narodne novine (2012): Zakon o zaštiti osobnih podataka Narodne novine (2007.): Zakon o tajnosti podataka

27. Nijland, W., de Jong, R., de Jong, S. M., Wulder, M. A., Bater, C. M., Coops, N. C. (2014): Monitoring plant condition and phenology using infrared sensitive consumer grade digital cameras. *Agricultural and Forest Meteorology*, 184, 98–106.
28. Nikolić, V. (2015.): Ispitivanje mogućnosti bespilotnih letjelica i pravna regulativa, Geodetski fakultet Zagreb, Zagreb
29. Novotny, L. (2019.): Usporedba fotogrametrijski procijenjenih visina stabala dobivenih snimanjem iz bespilotne letjelice i terenskih podataka, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet
30. Pavlik, D., Popčević, I., Rumora, A. (2014.): Bespilotne letjelice podržane INS i GNSS senzorima *Ekscentar*, br. 17, pp. 65-70
31. Pelin, V. (2015): Utjecaj vremenskih prilika na proizvodnju soje, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek,
32. Pospišil A. (2010.): Ratarstvo I. dio, Zrinski d.d.
33. Primorac, Ž. (2019.): Proizvodnja soje na OPG-u "Primorac Željko", Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
34. Rončević, M. (2018.): Agroekonomska analiza proizvodnje soje na OPG-u Darko Cecelja, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
35. Sabo, F., Pavlović, S., Popović, D. (2014): Veza između vegetacijskih indeksa i detekcije šuma na osnovi Landsat 5 snimki *Ekscentar*, br. 17, pp. 58-61
36. Stević, A. (2014.): Primjena GIS tehnologije u sustavu precizne poljoprivrede pri sadnji trajnih nasada, Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
37. Tomšić, D. (2014.): Reducirana obrada tla i gnojidba dušikom za soju u 2005./2006. godine, Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
38. Vela, E., Medved, I. i Miljković, V. (2017): Geostatistička analiza vegetacijskih indeksa na šumskom ekosustavu Česma. *Geodetski list*, 71 (94) (1), 25-40.
39. Vratarić (1986.): Proizvodnja soje, NIRO, Zadrugar, Sarajevo
40. Vratarić, M. & Sudarić, A. (2008.): *Soja Glycinemax (L.) Merr.*. Osijek, Poljoprivredni institut Osijek.

41. Wang, F., Huang, J., Tang, Y., Wang, X. (2007.): New Vegetation Indeks and Its Application in Estimating Leaf Area Indeks of Rice, *Rice Science*, 14(3), 195–203.
42. Weng, Q., (2010.): *Remote sensing and GIS integration*. The McGraw-Hill Companies, 433 str., New York.
43. Woebbecke, D.M., Meyer, G.E., VonBargen, K., Mortensen, D.A. 1995. Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions. *Transactions of the ASAE* 38(1), 259–269.
44. Yang, Z., Willis, P., Mueller, R. (2008.): Impact of band-ratio enhanced AWIFS image to crop classification accuracy. *Pecora* 17, 18–20.
45. Yoder, B. J., Waring, R. H. (1994.): The normalized difference vegetation indeks of small Douglas-fir canopies with varying chlorophyll concentrations, *Remote Sensing of Environment*, 49(1), 81–91.
46. Zhou, J., Yungbluth, D., Vong, C., Scaboo, A., Zhou, J., (2019.): Estimation of the Maturity Date of Soybean Breeding Lines Using UAV-Based Multispectral Imagery. *Remote Sensing*.
47. Žugec, I., Jug, D., Stipešević, B., Stošić, M., (2006.): Istraživanja reducirane obrade tla i gnojidbe dušikom za ozimu pšenicu i soju na amfikleju južne Baranje. *Katedra za opću proizvodnju bilja, Poljoprivredni fakultet Osijek. Izvješće o radu na istraživanjima „Belju“ d.d. za 2006. godinu*



## 8.SAŽETAK

Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) je jedna od najstarijih i najvažnijih kulturnih biljaka u svijetu. Uvođenjem GIS i GNSS tehnologija u poljoprivrednoj mehanizaciji počela se razvijati precizna poljoprivreda čiji je cilj približiti se svakoj biljci i stvoriti joj optimalne uvjete za rast i razvoj. Cilj ovog rada je cikličko snimanje s ciljem istraživanja praćenja usjeva tako da se odredi u kojim fenološkim fazama soje je potrebno provesti snimanje. Tlo, svjetlo, vlaga i temperatura su primarni vanjski činitelji koji utječu na urod soje. Tijekom snimanja zadane površine upotrebljavana je bespilotna letjelica Phantom 4 2.0 Pro. Ovakva vrsta bespilotne letjelice je izuzetno pametna te niskobudžetna jer sa svojom kamerom može pratiti predmet bez zasebnoga uređaja i izbjegavati prepreke koje se nalaze na putu. Podatci koji su u istraživanju prikupljeni bespilotnom letjelicom uneseni su u računalne programe. Pomoću QGIS-a izrađen je kartografski prikaz, dok su u SAGA GIS-u izračunati vegetacijski indeksi VARI, NGRDI, GLI te ExG. Vegetacijski indeksi koji su izrađeni pokazali su različita odstupanja u određenim fazama vegetacije. To pokazuje da bi se za neke faze, kao što je u ovom istraživanju bilo praćenje soje, trebali koristiti određeni vegetacijski indeksi.

## **9.SUMMARY**

Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) is one of the oldest and most important cultivated plants in the world. Precision agriculture, whose goal is to get closer to any plant and to create optimal conditions for growth and development of these plants, started to develop by implementing GIS and GNSS technology in agricultural mechanization. The goal of the paper is monitoring crops to see in which phenological phase is recording necessary, and that is possible with cyclic monitoring. Ground, light, humidity and temperature are primal external factors that affect the soy harvest. Drone Phantom 4 2.0 Pro was being used during the recording of provided area. This kind of drone is very sophisticated and low-budget because it can follow the object without additional device and also avoid obstacles that are on its way. Collected data is imported in computer software. Cartographic display is made in QGIS, while vegetal indexes VARI, NGRDI, GLI, ExG etc. are made in SAGA GIS. Mentioned vegetal indexes showed different deviations in certain phases of vegetation. That implicates that for some phases (e.g. tracking growth phases of soy) certain vegetal indexes should be used.

## **10.POPIS TABLICA**

|  |    |
|--|----|
| Tablica 1. Skupine soje koje su najzastupljenije prema dužini vegetacije ..... | 5  |
| Tablica 2. Primjer preporuke gnojidbe soje.....                                | 11 |
| Tablica 3. Kombinacije herbicida i fungicida u soji.....                       | 12 |
| Tablica 4. Zračne jedinosti Phantoma 4 2.0 Pro .....                           | 16 |
| Tablica 5. Jedinosti kamere Phantoma 4 2.0 Pro .....                           | 17 |
| Tablica 6. Vegetacijski indeksi s njihovim jedndžbama .....                    | 20 |

## 11.POPIS SLIKA

|   |  |
|---|--|
| Slika 1. Soja u fazi rasta treće troliske.....  | 8  |
| Slika 2. Kvržične bakterije na korijenu soje.....   | 9  |
| Slika 3. Sjetva soje u redove na razmak 45 cm .....   | 9  |
| Slika 4.Sijačica za sjetvu soje na razmak 45 cm .....                                       | 10   |
| Slika 5. Prijava leta na AMC portalu.....   | 13   |
| Slika 6. Određivanje visine leta bespilotne letjelice.....                                  | 14   |
| Slika 7. Prikazuje područje snimanja bespilotnom letjelicom.....                            | 14   |
| Slika 8. Phantom 4 2.0 Pro s označenim dijelovima: .....                                    | 19   |
| Slika 9. Digitalni ortofoto kroz 5 faza cikličkog snimanja bespilotnim zrakoplovom<br>..... | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| Slika 10. Prikaz faza praćenja soje pomoću VARI .....                                       | 24   |
| Slika 11. VARI vegetacijski dijagram.....   | 24   |
| Slika 12. NGRDI prikaz praćenja faza soje.....  | 25   |
| Slika 13. NGRDI vegetacijski dijagram .....   | 26   |
| Slika 14. GLI praćenje faza soje.....   | 26   |
| Slika 15. GLI vegetacijski dijagram .....   | 27   |
| Slika 16. ExG praćenje faza soje .....  | 28   |
| Slika 17. ExG vegetacijski dijagram .....   | 28   |

Utvrđivanje i praćenje fenoloških i agrotehničkih parametara soje primjenom bespilotne letjelice- daljinska istraživanja

Emanuel Sigurnjak

**Sažetak:**

Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) je jedna od najstarijih i najvažnijih kulturnih biljaka u svijetu. Uvođenjem GIS i GNSS tehnologija u poljoprivrednoj mehanizaciji počela se razvijati precizna poljoprivreda čiji je cilj približiti se svakoj biljci i stvoriti joj optimalne uvjete za rast i razvoj. Cilj ovog rada je cikličko snimanje s ciljem istraživanja praćenja usjeva tako da se odredi u kojim fenološkim fazama soje je potrebno provesti snimanje. Tlo, svjetlo, vlaga i temperatura su primarni vanjski činitelji koji utječu na urod soje. Tijekom snimanja zadane površine upotrebljavana je bespilotna letjelica Phantom 4 2.0 Pro. Ovakva vrsta bespilotne letjelice je izuzetno pametna te niskobudžetna jer sa svojom kamerom može pratiti predmet bez zasebnoga uređaja i izbjegavati prepreke koje se nalaze na putu. Podatci koji su u istraživanju prikupljeni bespilotnom letjelicom uneseni su u računalne programe. Pomoću QGIS-a izrađen je kartografski prikaz, dok su u SAGA GIS-u izračunati vegetacijski indeksi VARI, NGRDI, GLI te ExG. Vegetacijski indeksi koji su izrađeni pokazali su različita odstupanja u određenim fazama vegetacije. To pokazuje da bi se za neke faze, kao što je u ovom istraživanju bilo praćenje soje, trebali koristiti određeni vegetacijski indeksi.

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

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

**Broj stranica:** 41

**Broj slika:** 17

**Broj tablica:** 6

**Broj literaturnih navoda:** 48

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** soja, GIS, vegetacijski indeksi, bespilotna letjelica, precizna poljoprivreda

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo:**

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

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

Monitoring of important soybean phenological and agricultural parameters using unmanned aerial vehicle and vegetation indices

Emanuel Sigurnjak

**Abstract:**

Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) is one of the oldest and most important cultivated plants in the world. Precise agriculture, whose goal is to get closer to any plant and to create optimal conditions for growth and development of these plants, started to develop by implementing GIS and GNSS technology in agricultural mechanization. The goal of the paper is monitoring crops to see in which phenological phase is recording necessary, and that is possible with cyclic monitoring. Ground, light, humidity and temperature are primal external factors that effect the soy harvest. Drone Phantom 4 2.0 Pro was being used during the recording of provided area. This kind of drone is very sophisticated and low-budget because it can follow the object without additional device and also avoid obstacles that are on its way. Collected data is imported in computer software. Cartographic display is made in QGIS, while vegetal indexes VARI, NGRDI, GLI, ExG etc. are made in SAGA GIS. Mentioned vegetal indexes showed different deviations in certain phases of vegetation. That implicates that for some phases (e.g. tracking growth phases of soy) certain vegetal indexes should be used.

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

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

**Number of pages:** 41

**Number of figures:** 17

**Number of tables:** 6

**Number of references:** 48

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** soybean, GIS, vegetation index, drones, precision agriculture

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

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

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