



nacionalna
ruralna
mreža



MINISTARSTVO
POLJOPRIVREDE



listlabs
location intelligence
spatial technologies



LAGŠKOJI



Značaj i uloga svemirskih prostornih podataka u uzgoju mediteranskih kultura srednjodalmatinskih otoka



Program
RURALNOG RAZVOJA



SUFINANCIRANO SREDSTVIMA EUROPSKE UNIJE
EUROPSKI POLJOPRIVREDNI FOND ZA RURALNI RAZVOJ: EUROPA
ULAŽE U RURALNA PODRUČJA

Mjera Tehnička pomoć - Podmjera 20.2.

„Podrška za osnivanje i upravljanje Nacionalnom ruralnom mrežom“



Znanstvena studija: **Značaj i uloga svemirskih prostornih podataka u uzgoju mediteranskih kultura srednjodalmatinskih otoka**

Zagreb, 2022.

Autori:

doc.dr.sc. **Marin Čagalj**

mr. sc. **Dragan Divjak** *mag. ing. geod et geoinf.*

Antonio Morić-Španić *mag. geogr.*

Damir Matić, *mag. ing. geod et geoinf.*

Nositelj projekta: **LIST LABS**, Palinovečka 49, Zagreb.

Naslovna slika: vinograd u uvali Lučišće na otoku Hvaru; Antonio Morić-Španić (foto)

Izradom znanstvene studije *Značaj i uloga svemirskih prostornih podataka u uzgoju mediteranskih kultura srednjodalmatinskih otoka* generiran je pilot-projekt inventarizacije i primjenjivosti inovativnih tehnoloških rješenja u maslinarstvu i vinogradarstvu utemeljenih na uporabi svemirskih prostornih podataka. U znanstvenoj studiji analizirano je trenutno stanje, izazovi i problemi te budući trendovi razvoja poljoprivrede srednjodalmatinskih otoka s posebnim osvrtom na utjecaj klimatskih promjena na otočnu poljoprivredu. Studijom su inventarizirane i obrazložene mogućnosti korištenja svemirskih prostornih podataka u uzgoju mediteranskih kultura srednjodalmatinskih otoka (Braća, Hvara, Visa i Šolte) s posebnim osvrtom na dvije najzastupljenije poljoprivredne kulture - maslinu i vinovu lozu.

Sadržaj

1. UVOD	6
1.1. Cilj studije	6
1.2. Rezultati studije.....	6
1.3. Obilježja Splitsko-dalmatinske županije	6
1.4. Ruralni prostor.....	8
1.5. Klimatske promjene i poljoprivreda	10
1.5.1. Utjecaj klimatskih promjena.....	10
1.6. Posljedice klimatskih promjena.....	11
1.6.1. Učinak staklenika globalno zatopljenje.....	11
1.6.2. Ledenjaci povećanje razine mora	12
1.7. Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivredu	13
1.7.1. Utjecaj povišene razine ugljikovog dioksida (CO ₂) na usjeve	15
1.7.2. Utjecaj na kvalitetu.....	15
1.7.3. Utjecaj klimatskih promjena na eroziju i plodnost tla	16
1.7.4. Utjecaj visokih temperatura i suše na poljoprivredu	16
1.7.5. (Ne)Sigurnost hrane.....	17
1.8. Utjecaj poljoprivrede na klimatske promjene.....	18
1.8.1. Upotreba zemljišta.....	18
1.8.2. Stočarstvo	19
2. STRATEŠKO - ZAKONODAVNI OKVIR	20
2.1. Nacionalni strateško-zakonodavni okvir	20
2.2. Međunarodni strateško-zakonodavni okvir	23
3. POLJOPRIVREDA SREDNJODALMATINSKIH OTOKA	25
3.1. Maslinaraska i vinogradarska proizvodnja u Republici Hrvatskoj.....	25
3.2. Obilježja poljoprivredne proizvodnje srednjodalmatinskih otoka.....	27

3.3. Anketni upitnik poljoprivredno – prehrambenih proizvođača srednjodalmatinskih otoka	32
4. SVEMIRSKI PROSTORNI PODACI	34
4.1. Daljinska istraživanja i procesi.....	34
4.1.1. Elektromagnetsko zračenje i spektar elektromagnetskog zračenja.....	35
4.1.2. Interakcija elektromagnetskog zračenja sa površinom	37
4.2. Sustavi daljinskog istraživanja visoke i vrlo visoke rezolucije	40
4.2.1. Satelitske misije visoke rezolucije.....	41
4.2.2. Satelitske misije vrlo visoke rezolucije	42
4.3. Spektralni potpis i vegetacijski indeksi	43
4.3.1. Spektralna refleksija i spektralni potpis vegetacijskih čimbenika.....	44
4.3.2. Vegetacijski indeksi.....	48
5. PRIMJENA SVEMIRSKIH PROSTORNIH PODATAKA U POLJOPRIVREDI.....	53
5.1. Procjena kvalitete i prinosa usjeva	54
5.2. Procjena suše	55
5.3. Detekcija štetočina i bolesti usjeva.....	56
5.4. Upravljanje procesom gnojidbe i korovom	60
5.5. Procjena kvalitete tla	63
5.6. Inventarizacija optimalnih lokacija uzgoja.....	64
6. PERSPEKTIVE RAZVOJA POLJOPRIVREDE SREDNJODALMATINSKIH OTOKA KORIŠTENJEM SVEMIRSKIH PROSTORNIH PODATAKA	66
6.1. Primjena svemirskih prostornih podataka u vinogradarstvu	66
6.2. Primjena svemirskih prostornih podataka u maslinarstvu	69
7. PROVEDBENE SMJERNICE ZA IMPLEMENTACIJU SVEMIRSKIH PROSTORNIH PODATAKA U UZGOJU MEDITERANSKIH KULTURA SREDNJODALMATINSKIH OTOKA	70
7.1. Poljoprivrednici	71
7.2. Klimatske promjene	73
7.3. Javni sektor.....	74

7.4. EO rješenja	75
8. POPIS LITERATURE	77
9. POPIS IZVORA.....	85
POPIS PRILOGA.....	87
PRILOG 1: Usklađenost znanstvene studije s mjerama Plana razvoja Splitsko-dalmatinske županije 2022. – 2027.....	87

1. UVOD

Digitalna rješenja utemeljena na svemirskim prostornim podacima karakterizira inovativni segment, kako s tehnološkog, tako i s tematskog aspekta primjene. Obzirom da se kroz studiju ponajprije razmotrila mogućnost njihovog razvoja i primjene u segmentu poljoprivrede i proizvodnji hrane, a potom i za sektor šumarstva i ruralnih zajednica općenito, jasan je i nedvosmislen doprinos predložene projektne ideje cilju Nacionalne ruralne mreže o poticanju inovacija u poljoprivredi, proizvodnji hrane, šumarstvu i ruralnim područjima. Uspostavom programa Copernicus (svemirski program EU za opažanje Zemlje iz svemira), već se nekoliko godina kontinuirano razvijaju i nadograđuju inovativna digitalna rješenja kojima se adresiraju ključni izazovi i problemi u uzgoju, monitoringu i sprječavanju štetnih utjecaja nametnika na poljoprivrednim kulturama.

1.1. Cilj studije

Glavni cilj znanstvene studije *Značaj i uloga svemirskih prostornih podataka u uzgoju mediteranskih kultura srednjodalmatinskih otoka* bio je izraditi pilot-projekt inventarizacije i primjenjivosti inovativnih tehnoloških rješenja u poljoprivredi utemeljenih na uporabi svemirskih prostornih podataka.

1.2. Rezultati studije

Izradom studije analizirano je trenutno stanje, izazovi i problemi te budući trendovi razvoja poljoprivrede srednjodalmatinskih otoka s posebnim osvrtom na utjecaj klimatskih promjena na otočnu poljoprivredu. Studijom je inventarizirana i obrazložena mogućnosti korištenja svemirskih prostornih podataka u uzgoju mediteranskih kultura srednjodalmatinskih otoka (Braća, Hvara, Visa i Šolte) s posebnim osvrtom na dvije najzastupljenije poljoprivredne kulture - maslinu i vinovu lozu. Završno poglavlje studije rezultirat identifikacijom provedbenih smjernica za implementaciju svemirskih prostornih podataka u uzgoju mediteranskih kultura predmetnog područja. Rezultati ove znanstvene studije mogu se koristiti za unaprjeđenje razvoja i upravljanja poljoprivrednim resursima srednjodalmatinskih otoka.

1.3. Obilježja Splitsko-dalmatinske županije

Na središnjem dijelu istočne jadranske obale smještena je Splitsko-dalmatinska županija (SDŽ). Proteže se od Općine Marina do Općine Gradac, a obuhvaća otoke Brač, Hvar, Vis, Šoltu,

Drvenik te Dalmatinsku zagoru s gradovima Sinjem, Imotskim i Vrgorcem. Obzirom da jednu trećinu teritorija čini kopno s otocima Splitsko-dalmatinska županija prostorno je najveća hrvatska županija, dok ostatak od dvije trećine čini more. Sjedište županije je drugi po veličini grad u Hrvatskoj, Grad Split, koji je važno administrativno, gospodarsko, sveučilišno i kulturno središte. Geografski gledano, SDŽ obuhvaća tri geografske cjeline: zaobalje, priobalje i otoke, a gospodarstvo je većinom koncentrirano u priobalnim urbanim središtima.

Površinski SDŽ obuhvaća prostor od 4 572 km² što čini oko 8 % površine Hrvatske (HGK) te je u njoj, prema posljednjem popisu stanovništva provedenom 2021. godine živjelo 423 407 stanovnika što je oko 11 % ukupnog stanovništva Hrvatske. Udio broja zaposlenih u Županiji u ukupnom broju zaposlenih u Hrvatskoj iznosi 8,5 %. Poljoprivredu SDŽ karakterizira heterogenost, kako u svojim proizvodnim mogućnostima, tako i po stupnju razvijenosti obzirom da je njen prostor karakteriziran trima različitim područjima: otočnim, priobalnim i zagorskim. Navedeni prostor, stoga, zahvaljujući specifičnim agroekološkim čimbenicima te tradiciji proizvodnje pruža veliku raznolikost poljoprivrednih i prehrambenih proizvoda za potrebe lokalnog stanovništva i turističkog tržišta. Splitsko-dalmatinska županija, iako je se percipira u prvome redu kroz turističke djelatnosti, ima ujednačenu strukturu djelatnosti koje stvaraju BDP. U županiji najvažnije gospodarske djelatnosti su trgovina, prerađivačka industrija, graditeljstvo i turizam. Uz turizam, koji posljednjih godina ostvaruje rekordne rezultate i pokretač je razvoja gospodarstva, nakon razdoblja krize pozitivne pomake bilježe prerađivačka industrija i graditeljstvo, djelatnosti koje su dugi niz godina bile nositelji gospodarskog razvoja županije (HGK, 2019.). Poljoprivreda i ribarstvo tradicionalne su gospodarske grane s velikim potencijalom za daljnji razvoj. Obzirom na heterogenost geografskih cjelina županije, i njena poljoprivredna proizvodnja je heterogena, kako u svojim proizvodnim mogućnostima, tako i po stupnju razvijenosti (Gugić i Ivanišević, 2011.).

Splitsko-dalmatinska županija uglavnom je kvalitetno prometno povezana s ostatkom Republike Hrvatske, kao i većim dijelom srednje, južne i jugoistočne Europe. Prometna povezanost omogućena je suvremenom autocestom A1, dok je željeznička pruga zastarjela te se u skoroj budućnosti očekuje rekonstrukcija iste. Trajektna luka u Splitu najveća je s hrvatske strane Jadrana, dok je zračna luka Split druga po veličini kao i po prometnoj važnosti u Hrvatskoj. Povoljan geografski položaj i blaga mediteranska klima, netaknuta i čista priroda, velika povijesna, a zatim

i kulturna baština, iznimna prometna povezanost i dostupnost visokoobrazovanog kadra najistaknutije su komparativne prednosti Splitsko-dalmatinske županije. Navedene komparativne prednosti predstavljaju potencijal za razvoj i investiranje, kako u sve oblike turizma (nautički, zdravstveni, kongresni itd.), tako i u poljoprivredu (akvakultura, proizvodnja zdrave hrane itd.), industriju, proizvodnju čiste energije i sl.

1.4. Ruralni prostor

U akademskim i znanstvenim krugovima početak pojavljivanja pojma *ruralno* seže u kraj dvadesetih godina prošlog stoljeća (Woods, 2005.). Pojam ruralno se koristio za definiranje najvažnijih obilježja ruralnog društva u vrijeme velikih ekonomskih i socijalnih transformacija seoskih područja pod utjecajem industrijalizacije i same urbanizacije. Drugim riječima, ruralnim prostorom se smatralo sve ono što nije gradsko, odnosno što je urbano. U posljednjem desetljeću ruralnim prostorom se smatraju područja s dominantnim ekstenzivnim načinom iskorištavanja zemljišta, malim naseljima u kojima dominira prirodni pejzaž te područja u kojima je životni stil temeljen u suživotu s prirodom. Pojednostavnjeno, uz ruralno se vežu svi pridjevi i motivi kojih nema u gradskim područjima kao što su odsječeno, izolirano, zeleno, veliki vrt, domaće životinje, obitelj, tišina, mir, spokoj, zatim i bijeg od stvarnosti (Mustapić, 2020.). Prema Hodžiću (2006), razvojem proizvodnje i podjele rada, proizvode se grad i selo te stoga selo ne prethodi gradu, odnosno oboje su rezultat procesa diferencijacije naselja na određenom prostoru. Da su ruralno i urbano integralno i dijalektički povezani jedno s drugim kao dva dijela iste cjeline smatraju Marini i Mooney (2006).

Za razliku od država Europske Unije (EU), ruralni prostor u Republici Hrvatskoj (RH) dugo vremena nije bio u središtu kako društvenog, tako i akademskog zanimanja, dok EU nekoliko posljednjih desetljeća poklanja veliku pozornost njegovom razvitku, s posebnim naglaskom na poljoprivredu kao temeljnu djelatnost. U RH ruralna područja donedavno su se smatrala tek izvorištem jeftine radne snage za razvoj industrije i rast i razvoj gradova (Defilippis, 2006). Ruralno se poimalo u svjetlu „negativnoga“ u smislu da se rođenjem u ruralnom području podrazumijeva jedino zanimanje poljoprivrednika koje nije najpoželjniji zanat na listi želja, te se smatralo da uspješni pojedinci trebaju čim prije seliti iz ruralnih u urbana područja s jakim industrijama (Čagalj i dr., 2021). Znanstvena istraživanja razlike kvalitete života između ruralnih i urbanih područja (Eurofound, 2014.) donose zaključke da je prisutna velika razlika između urbanih i ruralnih

područja unutar samih država članica EU. Stanovništvo koje živi u urbanim područjima, za razliku od stanovništva iz ruralnih područja je nezadovoljnije smještajem, izražavaju veće nepovjerenje u lokalne vlasti, imaju veće prihode, ali cijena života u urbanim sredinama je veća negoli u ruralnim područjima (Čagalj i sur., 2021). Rezultati ovog istraživanja također ukazuju da je u pojedinim državama kvaliteta života niža u ruralnim područjima (Hrvatska, Cipar, Danska, Finska, Mađarska), za razliku od nekih drugih država u kojima je kvaliteta života niža u urbanim područjima (Francuska, Austrija, Njemačka, Irska). Prema Defilippisu (2006), krajem 70-ih godina u Francuskoj je 63 % stanovnika željelo živjeti na selu, od čeg je 26 % ruralnog stanovništva bilo vrlo zadovoljno životom u ruralnim područjima, 55 % zadovoljno, dok je 21 % smatralo da je život bolji u urbanim područjima. Taj podatak se promijenio krajem 80-ih godina, kada je više od 80 % ispitanika izrazilo želju za stalnim životom u ruralnom području Francuske (Čagalj i sur., 2021). U EU ruralna područja od 2017. obuhvaćaju više od 90 % ukupnog teritorija 27 zemalja članica EU i preko 56 % ukupnog stanovništva. Politika jačanja ruralnog razvoja dobiva na važnosti i uvrštava se među najveće razvojne prioritete EU. U preko pedeset godina provedbe programa Zajedničke poljoprivredne politike (ZPP), razvoj ruralnih prostora tradicionalno se oslanjao na poljoprivrednu proizvodnju kao glavnog nositelja gospodarskog razvoja, dok nakon suštinskih promjena ZPP-a 2004. godine politika čini odmak od podupiranja poljoprivredne proizvodnje prema povećanju same kvalitete proizvoda, izazovima tržišta, korištenju novih razvojnih mogućnosti i naposljetku očuvanju okoliša. Taj zaokret od prijašnjeg načina podupiranja poljoprivredne proizvodnje slijede i bitne promjene politike ruralnog razvoja koja se u tom razdoblju usmjerava na tri glavna cilja, i to: povećanje konkurentnosti poljoprivrede i šumarstva, poboljšanje stanja okoliša i krajolika te poboljšanje kvalitete života u ruralnim područjima podupiranjem diversifikacije ruralnog gospodarstva. Države članice i regije dužne su osiguravati uravnoteženu provedbu politike ruralnog razvoja primjerenom raspodjelom sredstva između triju navedenih tematskih područja.

Povećan fokus društva na ruralna područja u RH povećava se s intenzivnim rastom turizma, povećanim interesom za rekreaciju te s izdašnim fondovima EU (SAPARD, IPARD, EAFRD) za razvoj ruralnih područja i poljoprivrede. Prema Svjetskoj banci (2019) kako se trenutni ciklus proračunskog programa EU-a približava svojoj završnoj fazi (rok je 2023.), RH se nalazi na 22. mjestu od 28 država članica po apsorpciji sredstava te blago zaostaje u apsorpciji raspoloživih

sredstava fondova za ruralni razvoj u usporedbi s prosjekom EU-a. Isplaćeni iznosi u Hrvatskoj iz EAFRD-a, uključujući među plaćanja, su na 33 % nacionalne omotnice za programsko razdoblje 2014. – 2020., u odnosu na 42 % za cijelu EU, prema dostupnim podacima iz 2019. godine.

1.5. Klimatske promjene i poljoprivreda

Klimatske promjene su posljednjih desetljeća u fokusu kako znanstvenika, tako i medija i ljudi općenito. Utjecaj klimatskih promjena vidljiv je u današnje vrijeme, a u još većoj mjeri posljedice se tek očekuju u budućnosti. Općepoznato je da poljoprivreda ima važnu ulogu u ublažavanju klimatskih promjena znajući da usjevi, živice i drveće na poljoprivrednom zemljištu izdvajaju ugljik iz atmosfere procesom fotosinteze, a obradivo tlo kojim uz agrotehničke mjere osigurava skladištenje ugljika. Osim važnog učinka na ublažavanje klimatskih promjena, s druge strane poljoprivreda sudjeluje s oko 10% (438 994 MtCO_{2e}, 2017.) ukupnih emisija stakleničkih plinova u EU. Po količini emisije stakleničkih plinova poljoprivreda se nalazi odmah iza energetske, prometne, stambene i komercijalne sektora. Uz poljoprivrednu praksu vežu se dvije vrste stakleničkih plinova: metan (CH₄) – nastaje prilikom procesa probave kod stoke, upravljanja gnojem i uzgoja riže; te dušikov oksid (N₂O) – oslobađa se iz obrađenih poljoprivrednih tala korištenjem organske i mineralne gnojide dušikom i gospodarenjem stajskim gnojem. U posljednja dva desetljeća poljoprivredni sektor EU smanjio je emisije stakleničkih plinova za 19%. Uvođenjem određenih mjera u posljednja dva desetljeća samo u stočarskom sektoru emisije metana smanjene su za 21% iz procesa crijevne fermentacije probavnog sustava goveda. Cilj Zajedničke poljoprivredne politike (ZPP) Europska komisija (EC) je osigurati snažan doprinos smanjenju klimatskim promjenama u sektoru poljoprivrede u politikama EU. Strategija Europske komisije (EK) „*Od polja do stola*“ ocrta okvir za tranziciju prema održivom prehrambenom sustavu, u kojem poljoprivrednici mogu nastaviti zadovoljavati gospodarske zahtjeve za hranom, istovremeno smanjujući zagađenje okoliša.

1.5.1. Utjecaj klimatskih promjena

Tijekom Zemljine prošlosti izmjenjivala su se razdoblja toplije klime i vlažnije klime, kada je biljni svijet doživio najveću rasprostranjenost i razvoj. Predviđanjima znanstvenika u bliskoj budućnosti će klimatske promjene izazvati značajne promjene biljnih vrsta. To predviđanje znanstvenika uključuje pojavu pustinja na određenim područjima, dok na drugim područjima se

predviđaju staništa bujne vegetacije koja su danas nezamisliva. Znanstvenici temelje svoja predviđanja na ovakve promjene s već prisutnim širenjem borealnih šuma, te širenjem žitnih područja prema sjeveru zemaljske polutke. Ovo nam ukazuje da je biljni svijet ovisan i prilagodljiv klimatskim prilikama, te da svaka promjena u ekosustavu utječe na biljnu vegetaciju. Smatra se da će u budućnosti klimatske promjene imati negativan utjecaj na poljoprivrednu proizvodnju bliže ekvatoru, dok će učinci u zemljama sjevernije od ekvatora biti ili pozitivne ili negativne. Pretpostavlja se da će klimatske promjene dovesti do povećanog rizika od nestašice hrane za najranjivije skupine društva, ekonomski siromašne zemlje. Pretpostavke su da će Južna Amerika izgubiti do 20 % obradivih poljoprivrednih površina, Republika Hrvatska do 18 %, čitava Europa do 17 %, dok se smatra da će Indija izgubiti čak od 20 do 40 %. U centru klimatskih promjena je čovjek, obzirom da djelovanjem čovjeka na poljoprivredne procese ima izniman utjecaj na pojavu klimatskih promjena.

1.6. Posljedice klimatskih promjena

Posljedice klimatskih promjena već su zamjetne u svim dijelovima svijeta. Dokazano je da se polarne ledene ploče tope, svjedočimo porastu razina mora, sve češće svjedoci smo ekstremnih vremenskih (ne)uvjeta i oborina, dok se u nekim drugim područjima svijeta javljaju sve intenzivniji toplinski valovi i suše. Klimatske promjene vrlo su ozbiljna prijetnja i njihove posljedice utječu na mnoge aspekte naših života i u velikoj mjeri na poljoprivrednu proizvodnju.

1.6.1. Učinak staklenika globalno zatopljenje

Staklenički plinovi kao što su vodena para (H_2O), ugljični dioksid (CO_2), metan (CH_4) i dušik(I)oksid (N_2O), nastaju prirodnim aktivnostima i izmiješani s cjelokupnim slojem ostalih spojeva u atmosferi, čine zračni toplinski omotač koji obavija Zemaljsku kuglu. Ovaj toplinski omotač sprječava disperziju i gubitak toplinske energije dalje u svemir i doprinosi da na Zemlji imamo klimu pogodnu za život živih organizama. Ukoliko ne bi bilo omotača od stakleničkih plinova, temperatura površine Zemlje bila bi za $30^{\circ}C$ hladnija nego što je danas, što bi bilo nepovoljno za razvoj i život velike većine živih bića, odnosno bila bi hladna poput površine Marsa. Zemljina površina reflektira otprilike 70 % sunčevog zračenja koje dopijeva na njezinu površinu. Dio zračenja koje zemljina površina reflektira u atmosferu se apsorbira i stvaraju se staklenički plinovi čime dolazi do zagrijavanja atmosfere, odnosno "efekta staklenika". Za rezultat, Zemljina

površina održava klimu koja je povoljna za razvoj i život živih bića. Izgaranjem fosilnih goriva i sječa šuma za posljedicu imaju povećanje količine ugljičnog dioksida (CO₂) u atmosferi. Ljudi svojim aktivnostima ispuštaju i druge stakleničke plinove, kao što su metan (CH₄) i dušik(I)oksid (N₂O). Staklenički plinovi nastali ljudskim aktivnostima utječu na cijeli sustav dovodeći do dodatnog globalnog zagrijavanja (Grubešić, 2016). Kao posljedica industrijske revolucije, zbog velike uporabe fosilnih goriva koncentracija stakleničkih plinova u atmosferi u konstantnom je porastu

1.6.2. Ledenjaci povećanje razine mora

Posljednjih desetljeća najčešće se ledenjaci u smatraju jednim od prvih pokazatelja klimatskih promjena. Veličina ledenjaka se određuje ravnotežom masa u sustavu, odnosno između ulaza snijega i izlaza otopljenog leda. Povećavanjem temperatura ledenjaci se povlače, sve dok padaline snijega ne zamijene otopljeni led. Za rast i smanjenje ledenjaka zaslužno je mnogo faktora, stoga se njihovo stanje prati više desetljeća. Popis svjetskih ledenjaka napravljen do 1970-tih uglavnom se temeljio na ortofoto snimkama i terenskim metodama kartografske inventarizacije, dok se danas to radi uz pomoć satelita (Grubešić, 2016). Čitav popis obuhvaća više od 100 000 ledenjaka, koji zauzimaju više od 240 000 km², a preostali ledeni pokrivač se procjenjuje oko 445 000 km². Svjetska služba za praćenje ledenjaka (eng. *World Glacier Monitoring Service*) na godišnjoj razini prikuplja podatke o ravnoteži masa i o samom povlačenju ledenjaka. Temeljem ovih podataka vidljivo je da se svjetski ledenjaci značajno povlače i smanjuju, s izraženim povlačenjem 1940-tih, stabilnim i rastućim periodom 1920-tih i 1970-tih, dok ponovno povlačenje počinje od sredine 1980-tih. Najznačajniji klimatski procesi od sredine zadnjeg pliocena (prije oko 3 milijuna godina) su glacijali i interglacijali. Trenutni interglacijal (holocen) traje već oko 11 700 godina (Grubešić, 2016). Uslijed sitnih promjena u planetarnoj putanji, razmjerno tome dolazi do promjena u ledenom pokrivaču i razini mora. Ledenjaci ostavljaju iza sebe tzv. *morene*, odnosno veliku količinu materijala kojeg čine krhotine stijena koje ledenjaci prenose svojim kretanjem, uključujući organske tvari (kvarc i kalij), koji mogu biti datirani s ciljem određivanja njihove starosti. Prema znanstvenim istraživanjima uslijed topljena ledenjaka, od 1990. godine razina mora se povećava za 3,5 mm na godinu. Znanstvenici predviđaju još veće godišnje povećanje što bi u bliskoj budućnosti moglo predstavljati egzistencijalne probleme za neke gradove.

1.7. Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivredu

Klimatske promjene kao što su povećanje temperature zraka (toplinski valovi), nepravilan raspored padalina, odnosno smanjenje količine padalina i pojave suša, zatim elementarne nepogode kao što su tuča, mraz, poplave i oluje, imaju negativan utjecaj na poljoprivrednu proizvodnju obzirom da se ogledaju u smanjenju prinosa, eroziji tla, smanjenju plodnosti tla, većoj mjeri napada bolesti i štetnika u nasadima. Unatoč tehnološkim unaprjeđenjima kao što su poboljšane sorte, genetski modificirani i okolišu prilagođeni organizmi te sustavi za navodnjavanje, vremenske prilike, zajedno sa svojstvima tla i ekosustavom, i dalje predstavljaju ključni faktor u poljoprivrednoj proizvodnji pa i u industriji (Grubešić, 2016). Učinak klime na poljoprivredu očitiji je u lokalnim klimatskim uvjetima nego ako se promatra u globalnim i generalnim klimatskim obrascima. od 1880. godine prosječna Zemljina površinska temperatura porasla je za $0,83^{\circ}\text{C}$, dok je prema podacima u Europi prosječno povećanje temperature zraka bilo $1,3^{\circ}\text{C}$ (EEA, 2012). U Republici Hrvatskoj je u 20. stoljeću prosječno povećanje temperature zraka zabilježeno u iznosu od $0,7^{\circ}\text{C}$ (Europska komisija, 2016). Prema dostupnim podacima, trgovina poljoprivredno - prehrambenim proizvodima u posljednjem desetljeću je iznimno porasla te sada pruža značajne količine hrane i onim zemljama koje nemaju osnove za dostatnu poljoprivrednu proizvodnju, dok je s druge strane značajan prihod za zemlje koje izvoze. Međunarodna komisija o klimatskim promjenama IPCC (*Intergovernmental Panel On Climate Change*) u izvještaju o klimatskim promjenama objavljenom 2022. godine, zaključuje da će najsiromašnije zemlje svijeta biti najteže pogođene obzirom na predviđanje da će doći do smanjenih prinosa u većini tropskih i sub-tropskih područja uslijed smanjene dostupnosti vode, te pojavom novih i otpornijih korova, bolesti i štetočina. Znanstvenici IPCC-ja su izradili i ažuriranu procjenu rizika od katastrofa za sve dijelove svijeta, pa tako i Mediteransko more koje je proglašeno klimatskom “žarišnom točkom“ jer se zagrijava 20 posto brže od ostalih dijelova svijeta. Širom svijeta mnogi usjevi bez navodnjavanja se nalaze na razini svoje maksimalne tolerancije temperature, stoga se očekuje značajan pad prinosa čak i uslijed malih promjena. Osim smanjenja prinosa, IPCC predviđa i pad u poljoprivrednoj produktivnosti čak do 30 % tijekom 21. stoljeća. U nekim područjima morski život i ribarstvo također će biti teško pogođeni. Klimatske promjene inducirane su s povećanom količinom stakleničkih plinova, a te promjene vjerojatno će na usjeve utjecati drugačije od mikrolokacije do mikrolokacije. Prema IPCC-ovom izvješću očekuje se da će prosječni prinos usjeva u Pakistanu

biti niži i do 50 %, dok se za proizvodnju kukuruza u Europi očekuje porast sve do 25 % u optimalnim hidrološkim uvjetima. Postoji još mnogo nepoznanica koje znanstvenici i stručnjaci trebaju istražiti, ponajviše jer postoji nedostatak informacija o mnogim specifičnim regijama koje su od iznimne važnosti za istraživanja i promatranja o razini promjene klime. Već je znanstveno dokazano da promjene u temperaturi, količina ugljičnog dioksida (CO₂) te učestalost i intenzitet ekstremnih vremenskih (ne)prilika imaju značajan utjecaj na količinu prinosa usjeva. Više prosječne temperature određenim kulturama u usjevima mogu omogućiti brži rast dok s druge strane mogu smanjiti prinose. Neke kulture imaju tendenciju bržeg rasta u toplijim uvjetima. Više razine CO₂ mogu povoljno utjecati na povećanje prinosa određenih kultura. Prinosi nekih usjeva, poput pšenice i soje, mogu se povećati i do 30 % uz uvjet da se udvostruči koncentracija CO₂ u zraku. Prinosi drugih kultura, kao što je kukuruz, pokazuju znatno manju promjenu, odnosno povećanje manje od 10 %. Unatoč tomu, neki čimbenici mogu neutralizirati ova potencijalna povećanja prinosa. Ukoliko temperatura prelazi optimalnu razinu ili su vod i hranjive tvari u deficitu, prinos ne samo da se neće povećavati nego će se znatno smanjiti. Više ekstremnih temperatura i prekomjerne padaline mogu spriječiti rast usjeva. Ekstremni događaji, posebno poplave i suše, mogu također naštetiti usjevima i smanjiti prinose. U 2008. godini, rijeka Mississippi potopila je mnoge usjeve neposredno prije žetve, uzrokujući gubitak od čak 8 milijardi \$ za poljoprivrednike. Suočavanje sa sušom već je postao izazov u područjima gdje su se povećale ljetne temperature, a reducirao raspored količina padalina. Izvora vode sve je manje, stoga će se teško ispuniti zahtjevi za vodom za sve usjeve. Pri višim temperaturama i vlažnijim područjima mnogi korovi, štetočine i bolesti znatno brže se razvijaju. Toplinski valovi, za koje se očekuje znatno povećanje zbog klimatskim promjenama, direktna su prijetnja za stoku i stočarsku proizvodnju, tako su u SAD-u brojne države već svjedočile značajnim gubitcima sa više od 5 000 životinja od samo jednog toplinskog vala (Grubešić, 2016). Neka područja, mogla bi iskusiti duže, intenzivnije suše, što je rezultat viših ljetnih temperatura i smanjene količine padalina. Za životinje koje se u prehrani oslanjaju na žitarice, promjene u biljnoj proizvodnji bi zbog suše također mogle postati problem. Klimatske promjene će povećati učestalost pojave parazita i bolesti koje utječu na stoku. Raniji početak proljeća i toplije zime omogućit će nekim parazitima lakše preživljavanje. U područjima s učestalijim padalinama, paraziti koji ovise o vlazi, lakše će se prilagoditi nastalim uvjetima. Povećanje razine ugljičnog dioksida (CO₂) može poboljšati produktivnost pašnjaka, ali također može smanjiti njihovu kvalitetu. Također, povećat će se produktivnost biljaka potrebnih

za stočnu hranu, no istraživanja pokazuju da će se kvaliteta te stočne hrane smanjiti s višim razinama CO₂ što će za rezultat imati to da bi stoka trebala jesti više kako bi zadovoljila dnevnu potrebu za hranom. Ukoliko sagledamo ekonomske štete od klimatskih promjena u poljoprivredi, globalno su klimatske promjene u posljednja dva desetljeća nanijele gubitke u iznosu od 2,97 bilijuna \$ uslijed zabilježenih više od 7 tisuća vremenskih i prirodnih nepogoda (UNDRR, 2020). Gledajući Republiku Hrvatsku, štete od vremenskih nepogoda su prema procjenama Svjetske banke (2020) iznosile 1,3 milijarde HRK za razdoblje od 2000. – 2007. godine, dok su potvrđene štete od vremenskih nepogoda za razdoblje od 2013. – 2019. godine iznosile 1,118 milijardi HRK (Ministarstvo financija, 2020).

1.7.1. Utjecaj povišene razine ugljikovog dioksida (CO₂) na usjeve

Ugljični dioksid (CO₂) je esencijalan za rast i razvoj biljaka. Porast koncentracije CO₂ u atmosferi može imati i pozitivne i negativne posljedice na poljoprivredne usjeve. Pretpostavlja se da će povišena razina CO₂ imati pozitivne fiziološke učinke na povećanje razine fotosinteze u biljaka. Ova pojava poznata je kao "oplodnja ugljičnim dioksidom". Efekti povećanja ugljičnog dioksida će biti jači na usjevima kao što su pšenica nego na usjevima kao što su kukuruz, jer su usjevi pšenice osjetljiviji na manjak CO₂. Rezultati znanstvenih istraživanja ukazuju da povećana razina CO₂ je uzrok manjeg razvoja broja puči pri razvoju biljke što dovodi do smanjene potrošnje vode. Pri optimalnim uvjetima temperature i vlažnosti, povećanje prinosa moglo bi doseći 36 %, ako se razina ugljičnog dioksida udvostruči.

1.7.2. Utjecaj na kvalitetu

Istraživanje IPCC-a o važnosti učinka klimatskih promjena na prinos i kvalitetu zrna žitarica, kao i kakvoću biljne hrane navodi da sadržaj amiloze u zrnu riže, koji je inače glavni faktor za kvalitetu kuhanja, povećava se proporcionalno s povećanjem CO₂ (Conroy i sur., 1994.). Kuhana zrna riže nastala od biljaka uzgojenih pri visokim razinama CO₂, bit će čvršća nego ona zrna nastala od biljaka uzgojenih pri normalnim razinama. Neželjeni učinak na rižu je koncentracija željeza i cinka u zrnu, jer će biti niži (Seneweera i Conroy, 1997). Osim razina željeza i cinka, sadržaj proteina u zrnu riže smanjit će se pod utjecajem povećanja temperature u kombinaciji s povišenim CO₂ (Ziska i sur., 1997.). Mnoge studije zaključile su da povećana koncentracija CO₂ može dovesti do smanjenja koncentracije mikronutrijenata u biljnim kulturama. To može imati ključne učinke

na druge dijelove ekosustava, posebno kod biljojeda koji će morati jesti više hrane da dobiju istu količinu proteina. Uslijed povišene razine CO₂ smanjiti će se apsorpcije dušika (N), što će biti najvidljivije na kulturama s nižim prehrambenim vrijednostima. Ovo će prije svega utjecati na populacije u siromašnim zemljama koje nisu u mogućnosti kompenzirati jedući više ili raznovrsnije hrane. Smanjeni udio dušika u biljkama za ispašu, također pokazuje smanjenu produktivnost životinja u stadu, što ovisi o mikrobima u njihovim crijevima.

1.7.3. Utjecaj klimatskih promjena na eroziju i plodnost tla

Obzirom da su tijekom posljednjih desetljeća promatranja utvrđene više temperature atmosfere to će za posljedicu imati jače i snažnije izražene hidrološke cikluse, uključujući više ekstremnih događaja. Uslijed ekstremnih vremenskih pojava povećava se mogućnost erozije i degradacije tla. Globalno zatopljenje ima utjecaj i na samu plodnost tla. Budući da je omjer organskog ugljika i dušika u tlu posredovan biologijom tla, udvostručenje organskog ugljika u tlu vjerojatno će podrazumijevati udvostručenje organskog dušika u tlu, čime se osigurava više dostupnih hranjivih tvari za biljke, a sve to utječe na veći potencijal prinosa. Uslijed ekstremnih klimatskih pojava kao što su prekomjerne padaline, povećava se i rizik od erozije tla, a količina erozije ovisi o intenzitetu padalina. Moguće promjene organskih tvari u tlu su i dalje tema raznih istraživanja i oprečnih stavova znanstvenika. Porastom temperature povećava se proizvodnja mineralne sastavnice tla, što može za posljedicu imati smanjivanje sadržaja organske tvari u tlu, dok će se koncentracija atmosferskog CO₂ povećati.

1.7.4. Utjecaj visokih temperatura i suše na poljoprivredu

Klimatske promjene očituju se u povećanju ekstremnih vrućina, suša i jakih padalina. Ekstremni klimatski uvjeti kao što su sušna razdoblja i toplinski udari, imaju velike negativne posljedice na usjeve i stoku. Vrijeme nastanka ekstremnih suša ili visokih temperatura od iznimne je važnosti, jer se mogu pojaviti u najosjetljivijim fazama životnog ciklusa poljoprivrednih kultura ili u reproduktivnim fazama životinja, bolesti i insekata. Ekstremni biotički i abiotički čimbenici nastali u osjetljivim trenucima razvoja biljaka dovesti će do posljedica vezanih za uspješan rast i produktivnost. Pretpostavke znanstvenika su da do kraja ovog stoljeća će biti sve više toplih noći i sve duže razdoblje trajanje suša. Znanstvene studije ukazuju da će povećane prosječne temperature i sušni uvjeti u budućnosti, pojačati intenzitet suše i ekstremnih temperatura. Usjevi i stoka će biti

pod povećanim rizikom od izloženosti ekstremnim toplinskim udarima. Predviđena učestalost ekstremnih toplinskih događaja će izložiti proizvodne sustave uvjetima koje prelaze limite za pojedine vrste. Koze, ovce, goveda i svinje su vrste stoke koje najčešće borave u velikim vanjskim objektima. U okviru fizioloških granica, životinje se mogu prilagoditi i nositi se s postupnim toplinskim promjenama, no pomaci u termoregulaciji mogu dovesti do gubitka produktivnosti. Nedostatak osnovnih uvjeta za život stoke, zajedno sa rastućim nepovoljnim vremenskim prilikama, često rezultira smrću i gubitkom produktivnosti.

1.7.5. (Ne)Sigurnost hrane

Klimatske promjene utječu na sve čimbenike sigurnosti hrane i zdrave prehrane. Znamo da je dostupnost hrane uslijed promjene u klimatskim uvjetima već utjecala na proizvodnju pojedinih prehrambenih usjeva, a za budućnost se predviđa još veće pogoršanje. Povećane temperature će imati utjecaj na prinose poljoprivrednih kultura, dok će promjene u količini i intenzitetu padalina utjecati na kvalitetu i količinu prinosa. Klimatske promjene mogle bi također povećati cijene glavnih usjeva u nekim regijama. Najranjivijim osobama, slaba poljoprivredna proizvodnja znači i manje prihode. U tim uvjetima, najsiromašniji ljudi koji već koriste većinu svojih prihoda na hranu žrtvovat će dodatni prihod i ostalu imovinu kako bi zadovoljili svoje prehrambene potrebe. Iskorištenost hrane - rizici povezani s klimom utječu na unos kalorija, posebno u područjima gdje je kronični unos zdravstveno neispravne hrane već značajan problem. Prehrana će vjerojatno biti pod utjecajem klimatskih promjena putem povezanih utjecaja između sigurnosti hrane, prehrambene raznolikosti, brige i zdravlja. Šesti IPCC izvještaj također opisuje utjecaj klimatskih promjena na sigurnost hrane. Projekcije sugeriraju da bi moglo doći do smanjenja gladi širom svijeta do 2080. godine, u odnosu na tadašnju, 2006. godinu. Do ovog zaključka došlo se projekcijama sa uključenim društvenim i gospodarskim razvojem. Za usporedbu s IPCC-em, *Food and Agriculture Organization of the United States* (FAO) organizacija procijenila da će do 2023. godine broj pothranjenih ljudi na globalnoj razini biti 828 milijuna (FAO, 2022). Tri scenarija, koja ne uključuju promjenu klime, predviđaju da će do (scenarij 1.) 2080. godine, 100-130 milijuna biti pothranjeno. Drugi scenarij bez promjene klime, predviđa 770 milijuna pothranjenih. Na temelju stručne procjene svih dokaza, zaključilo se da bi ove projekcije mogle biti 50 % ispravne. Isti skup projekcija sa dodanim projekcijama koje uključuju posljedice klimatskih promjena, donio je još tri scenarija. Prvi scenarij predviđa 100-380 milijuna pothranjenih do 2080. godine, dok je drugi

scenarij s klimatskim promjenama predvidio 740 - 1 300 milijuna pothranjenih (Grubešić, 2016). Za ove projekcije se smatra da bi mogle biti točne između 20 % i 50 %. Projekcije su također predvidjele promjenu u globalnoj raspodjeli "najgladnijih" područja. Do 2080. godine sub-saharska Afrika mogla bi preći Aziju kao najnesigurnije i nestabilnije područje. To je uglavnom predviđeno zbog planiranih socio-ekonomskih promjena, a ne klimatskih promjena.

1.8. Utjecaj poljoprivrede na klimatske promjene

Opće je poznato da su čovjek i njegove djelatnosti jedni od glavnih uzroka klimatskih promjena. Kada govorimo o ljudskim djelatnostima, u prvom redu mislimo na sektore energetike, poljoprivredu, industrijske procese i gospodarenje otpadom, no značajan utjecaj ima i nerazborito korištenje prirodnih dobara kao što su šume. Iz podataka je vidljivo da nakon sektora energetike, poljoprivreda zajedno sa šumarstvom imaju gotovo najveći utjecaj na stakleničke plinove. Osim što je značajan korisnik zemljišta i značajan potrošač fosilnih goriva poljoprivreda izravno pridonosi emisiji stakleničkih plinova kroz praksu kao što su proizvodnja riže i uzgoj stoke. Prema Međunarodnoj komisiji o klimatskim promjenama (IPCC), tri glavna uzroka povećanja stakleničkih plinova promatrana unazad 250 godina su fosilna goriva, upotreba zemljišta i sama poljoprivreda.

1.8.1. Upotreba zemljišta

Doprinos poljoprivrede stakleničkim plinovima se povećava kroz upotrebu zemljišta na četiri osnovna načina:

- oslobađanje CO₂ vezano za krčenje šuma
- oslobađanje metana iz uzgoja riže
- oslobađanje metana iz unutrašnje fermentacije stoke
- oslobađanje dušikovih oksida iz primjene gnojiva

Zajedno, ovi poljoprivredni procesi odnose se na 54 % emisije metana, oko 80 % dušikovog oksida, te gotovo sve emisije ugljičnog dioksida vezane za upotrebu zemljišta. Velike promjene na Zemlji nakon 1750. godine, proizašle su iz deforestacije u umjerenim regijama kada su šume i šumska područja iskrčeni kako bi se napravilo mjesta za polja i pašnjake. Krčenje terena metodama kao što

su "*slash and burn*" (sječa i palež), u spoju s paljenjem biomaterijala, daje izravan učinak na stakleničke plinove, ispuštajući čestice kao što je čađa u zrak.

1.8.2. Stočarstvo

Stočarstvo i ostale aktivnosti vezane za uzgoj stoke, odgovorni su za više od 18 % od čovjeka proizašlih stakleničkih plinova, uključujući:

- 9 % globalne emisije ugljičnog dioksida
- 35-40 % globalnih emisija metana (uglavnom zbog unutrašnje fermentacije i gnojidbe)
- 64 % globalnih emisija dušikovog oksida (uglavnom zbog korištenja umjetnih gnojiva)

Stočarske aktivnosti također nerazmjerno doprinose negativnim učincima uporabe zemljišta, ako znamo da se usjevi poput kukuruza i lucerne uzgajaju za ishranu životinja. Prema podacima FAO-a, 2010. godine fermentacija u ishrani goveda bila je zaslužna za čak 43 % ukupnih emisija stakleničkih plinova iz svih poljoprivrednih aktivnosti u svijetu. U mesu preživača nalazi se veći postotak ugljičnog dioksida od ostalih vrsta mesa ili vegetarijanskih izvora proteina (Grubešić, 2016). Procjenjuje se da proizvodnja metana od strane životinja, uglavnom preživača čini 15-20 % ukupne svjetske proizvodnje metana.

2. STRATEŠKO - ZAKONODAVNI OKVIR

Predmetna znanstvena studija usklađena je s brojnim strateško-zakonodavnim dokumentima i direktivama, od nacionalne do međunarodne razine, a u nastavku će biti navedeni samo neki od njih.

2.1. Nacionalni strateško-zakonodavni okvir

Među brojnim strateško-zakonodavnim dokumentima na regionalnoj i nacionalnoj razini, za izradu predmetne studije, od posebne je važnosti naglasiti usklađenost s *Planom razvoja Splitsko-dalmatinske županije 2022. – 2027.* (regionalni nivo) te *Strategijom poljoprivrede do 2030.* (nacionalna razina).

Plan razvoja Splitsko-dalmatinske županije 2022. – 2027. kao srednjoročni akt strateškog planiranja koji se donosi u svrhu osiguravanja strateški usmjerenog, ujednačenog i resursno učinkovitog razvoja Splitsko-dalmatinske županije donesen je za razdoblje do 2027. godine, što prati novi višegodišnji financijski okvir Europske unije i kao takav naslanja se na pet ciljeva kohezijske politike Europske unije. Prema Planu razvoja, razvoj gospodarstva temelji se na konkurentnosti, održivosti i otpornosti, te predstavlja osnovni preduvjet rasta i razvoja produktivnosti (s naglaskom na prerađivački i IT sektor) na području SDŽ. Shodno tome, Splitsko-dalmatinska županija svoje napore namjerava usmjeriti na jačanje infrastrukture i kapaciteta koji će sustavno stvarati temelje za implementaciju najmodernijih tehnologija u svim područjima djelovanja te će stvoriti povoljne uvjete za buduće investitore i razvoj novih infrastrukturnih projekata, kao i onih projekata koji intelektualnim uslugama stvaraju nove dodane vrijednosti na tržištu. To se ostvaruje alatom diversifikacije mjera u svrhu ostvarivanja željenog cilja, odnosno konkurentnog, održivog i otpornog gospodarstva. Puno je već napravljeno za osiguravanje preduvjeta za ostvarivanje navedenog. Primjerice, Županija je projektom *ICT županija* implementirala i nastaviti će implementirati niz aktivnosti u smjeru poticanja jačeg razvoja IT sektora kao jednog od strateških opredjeljenja Županije. Djelovanjem *PICS predinkubatora*, provode se aktivnosti *StartIT – start-up* akademije i *GrowIT – financiranje* razvoja projekata koji rezultiraju stvaranjem novih *start-upova* s visokom vrijednosti u području novih tehnologija. Započeta izgradnja *Županijskog IT centra*, kao IT inkubatora, nastavak je aktivnosti stvaranja

preduvjeta za stvaranje novih *start-upova* u IT sektoru i sektoru novih tehnologija, ali i povezivanja cijele tehnološke zajednice s ciljem daljnjeg jačanja.

Daljnjom realizacijom projekata stvaraju se preduvjeti za realizaciju svih posebnih ciljeva Prioriteta 1 te se dugoročno utječe na razvoj gotovo svih prioriternih niša Jadranske Hrvatske utvrđenih ***Planom industrijske tranzicije Jadranske hrvatske*** - pametni turizam, pametno ribarstvo i akvakultura, pametna poljoprivreda i dr. (2021). Navedeni plan pridonijet će ostvarivanju NRS-a 2030. Strateškog cilja 13. *Jačanje regionalne konkurentnosti kroz aktivnosti pametne specijalizacije i jačanja položaja regionalnog gospodarstva u globalnim lancima vrijednosti*. Kulturna i prirodna baština, kao resursna osnova turističke ponude, destinacijski menadžment dodatno će usmjeriti k održivom upravljanju gdje alati zaštite generiraju nove posjetitelje uslijed ubrzane digitalizacije i održive mobilnosti. Svojom je geografskim smještajem Županija izuzetno pogodna za razvoj ribarstva, akvakulture i poljoprivrede. Podizanjem kvalitete poljoprivrednih proizvoda i usluga uvođenjem suvremenih tehnoloških rješenja, kao i uz održivo upravljanje prirodnim resursima i rizicima od klimatskih promjena, stvorit će se konkurentniji sektor poljoprivrede i ribarstva te će se dodatno uključiti ruralna područja u cjelokupan proces pružanja vrijednosti koncepta zdrave hrane i ekološke proizvodnje.

Plan razvoja Splitsko-dalmatinske županije 2022. – 2027. (kao i tematika ove znanstvene studije) također je usklađen s ***Nacionalnom razvojnom strategijom Republike Hrvatske do 2030. godine*** (2021). To se prvenstveno očituje kroz prioritet 1. *Konkurentno i otporno gospodarstvo* te posebni cilj Posebni cilj 1.4. *Razvoj održive i pametne poljoprivrede Splitsko-dalmatinske županije*. Poljoprivreda, kao neizostavna gospodarska grana Splitsko-dalmatinske županije s velikim potencijalom, u nadolazećem razdoblju razvijat će se unutar koncepta *pametna poljoprivreda*. S obzirom na raznolikost poljoprivrednih gospodarstava, površinske kapacitete i broj poljoprivrednika na području Županije, Splitsko-dalmatinska županija u nadolazećem će razdoblju posebnu pažnju usmjeriti na razvoj autohtone poljoprivrede i poljoprivrednih proizvoda i poticat će veću i snažniju proizvodnju zdrave hrane, čime će se pozicionirati kao važan izvozni konkurent. Kako bi sve mjere u razvoju tako održive i kvalitetne poljoprivredne proizvodnje mogle biti realizirane, ulagat će se u razvoj infrastrukture i suprastrukture koji će omogućiti svim poljoprivrednicima i gospodarstvenicima nesmetanu i funkcionalnu proizvodnju. Pritom svakako treba naglasiti nužnost povećavanja poljoprivrednih površina koje se navodnjavaju sustavom

javnog navodnjavanja pri čemu se ističe potreba daljnjeg razvoja i implementacije projekata. Nadalje, jačanje ljudskih potencijala prepoznato je kao ključni čimbenik održivog razvoja, pa će se i ovom segmentu pristupiti s velikom pažnjom ulaganjem u obrazovanje aktera u poljoprivredi kako bi bili kvalificirani i sposobni implementirati nove, moderne tehnologije u svoje proizvodnje i pogone, kao i intenzivirati i potaknuti proces okrupnjivanja poljoprivrednih posjeda kako bi se njihova konkurentnost na tržištu povećala. Mjerom podrške učinkovitijem gospodarenju poljoprivrednim zemljištem Županija će, u skladu sa svojim ovlastima, poticati aktivnosti vezane za gospodarsko vrednovanje šumskog zemljišta za poljoprivrednu proizvodnju, okrupnjivanje poljoprivrednog zemljišta, potporu gospodarskom vrednovanju i iskorištavanju šumskog zemljišta za poljoprivrednu proizvodnju, a sve s ciljem povećavanja poljoprivredne proizvodnje i jačanja konkurentnosti gospodarstva. Očekuje se i podrška poboljšavanju tržišnih mehanizama za prodaju poljoprivredno-prehrambenih proizvoda, poglavito unutar koncepta Zajedničke poljoprivredne politike Europske unije. Potrebno je olakšati pristup strateškim informacijama o proizvodnji, tržištu i okolišu/ klimi, kao i prilagođenim uslugama financijske, logističke i tehničke podrške koje su potrebne za sudjelovanje u strateškim segmentima tržišta (Ključna potreba 8.: Bolje uskladiti poljoprivredno-prehrambeni sektor s tržištem; Strategije poljoprivrede RH do 2030.). Ovaj posebni cilj izravno pridonosi razvoju kompetencija i mogućnosti ulaganja unutar definiranih niša regionalnog lanca vrijednosti Plana industrijske tranzicije Jadranske Hrvatske RLV zdravlja (*Farmaceutika budućnosti i Hrana za zdravlje*) i RLV zelenog rasta (*Svježa hrana*).

Detaljan opis usklađenosti znanstvene studije s mjerama *Plana razvoja Splitsko-dalmatinske županije 2022. – 2027.* nalazi se u Prilogu 1.

Strategija poljoprivrede do 2030. - Vizija razvoja Hrvatske poljoprivrede oblikovana je u četiri strateška cilja:

- 1) *povećanje produktivnosti i konkurentnosti poljoprivredno-prehrambenog sektora;*
- 2) *jačanje održivosti i otpornosti poljoprivredne proizvodnje na klimatske promjene;*
- 3) *obnova ruralnog gospodarstva i unaprjeđenje uvjeta života u ruralnim područjima; i*
- 4) *poticanje inovacija u poljoprivredno-prehrambenom sektoru.*

Svaki od strateških ciljeva povezan je s nekom od razvojnih potreba hrvatske poljoprivrede. Da bi se one ispunile, osmišljene su intervencije koje su niže u dokumentu i prikazane. Aktivnosti se planiraju realizirati putem ciljanih mjera financiranih iz državnog proračuna Republike Hrvatske ili sredstava proračuna Europske unije u skladu s budućim strateškim planom za zajedničku poljoprivrednu politiku (ZPP).

Svi strateški ciljevi usmjereni su na unaprjeđenje ruralnog gospodarstva, a njihovo ispunjenje doprinijet će cjelokupnom gospodarskom razvoju Hrvatske. Strategija poljoprivrede do 2030. sugerira da će se to ostvariti povećanjem produktivnosti poljoprivrede na okolišno i klimatski održiv način, uz jačanje veza između proizvodnje i tržišta te stvaranje novih radnih mjesta u ruralnom gospodarstvu. Strategija daje veliki naglasak na inovacije kao ključan čimbenik za unaprjeđenje gospodarskog razvoja poljoprivrede.

Da bi se ostvarili strateški ciljevi iz *Strategije poljoprivrede do 2030.* potrebno je odgovoriti na 15 razvojnih potreba hrvatskog poljoprivredno-prehrambenog sektora. Znanstvena studija *Značaj i uloga svemirskih prostornih podataka u uzgoju mediteranskih kultura srednjodalmatinskih otoka* komplementarna je s nekolicinom razvojnih potreba nacionalne Strategije poljoprivrede, pri čemu se izdvajaju sljedeće:

- Razvojna potreba 1.: *Povećati dodanu vrijednost poljoprivredne proizvodnje*
- Razvojna potreba 4.: *Unaprijediti poduzetničke sposobnosti proizvođača u poljoprivredno-prehrambenom sektoru*
- Razvojna potreba 5.: *Uskladiti proizvodnju sa zahtjevima tržišta*
- Razvojna potreba 9.: *Unaprijediti usklađenost između proizvodnih sustava i okolišnih uvjeta*
- Razvojna potreba 11.: *Unaprijediti funkcioniranje tržišta poljoprivrednim zemljištem*
- Razvojna potreba 13.: *Unaprijediti javnu infrastrukturu u ruralnim područjima*
- Razvojna potreba 14.: *Potaknuti ulaganja u tehnologiju i inovacije*
- Razvojna potreba 15.: *Unaprijediti pristup istraživanjima i razvoju te korištenje znanja i tehnologija*

2.2. Međunarodni strateško-zakonodavni okvir

Obzirom na svijest o klimatskim promjenama i njihovom utjecaju kako na čitavu Zemlju, kao i na poljoprivredni sektor, na globalnoj razini donesen je niz međunarodnih sporazuma radi

ublažavanja i prilagodbe klimatskim promjenama. Neki od njih su: *Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime, Kyotski protokol, Pariški sporazum, Agende 2030. UN-a (Cilj 13 - Poduzeti hitne akcije u borbi protiv klimatskih promjena)*.

Tematika predmetne studije također je usklađena s nizom EU standarda / uredbi, a u nastavku su navedene samo od nekih:

- UREDBA (EU) br. 377/2014 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 3. travnja 2014. o uspostavi programa Copernicus i o stavljanju izvan snage Uredbe (EU) br. 911/2010,
- UREDBA (EU) 2021/696 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 28. travnja 2021. o uspostavi Svemirskog programa Unije i osnivanju Agencije Europske unije za svemirski program te o stavljanju izvan snage uredaba (EU) br. 912/2010, (EU) br. 1285/2013 i (EU) br. 377/2014 i Odluke br. 541/2014/EU
- KOMUNIKACIJA KOMISIJE EUROPSKOM PARLAMENTU, VIJEĆU, EUROPSKOM GOSPODARSKOM I SOCIJALNOM ODBORU I ODBORU REGIJA: Dugoročna vizija za ruralna područja EU-a – Do 2040. ostvariti jača, povezana, otporna i prosperitetna ruralna područja,
- Mišljenje Europskog gospodarskog i socijalnog odbora o Ulozi strukturne i kohezijske politike EU-a u poticanju transformacije gospodarstva na inovativan i pametan način (2020/C 429/21),
- UREDBA KOMISIJE (EU) br. 1089/2010 od 23. studenoga 2010. o provedbi Direktive 2007/2/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o međuoperativnosti skupova prostornih podataka i usluga u vezi s prostornim podacima i dr.

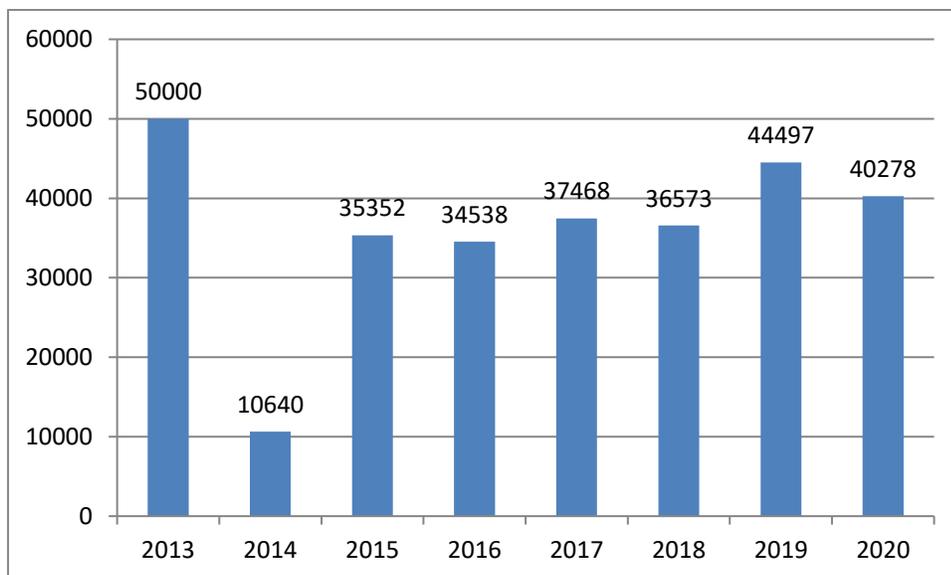
Uz navedene EU standarde / uredbu predmetna studija je kompatibilna s glavnim mjerama *Europskog zelenog plana* u području poljoprivrede te *EU Strategijom „od polja do stola”* za pravedan, zdrav i ekološki prihvatljiv prehrambeni sustav, poglavito segmentu 3.1. Istraživanja, inovacija, tehnologija i ulaganja. Sadržaj predmetne studije također je kompatibilan s nekolicinom ključnih ciljeva ZPP EU 2023. – 2027.: borba protiv klimatskih promjena, briga za okoliš, očuvanje krajolika i biološke raznolikosti, poticanje generacijske obnove, dinamična ruralna područja te poticanje znanja i inovacija.

3. POLJOPRIVREDA SREDNJODALMATINSKIH OTOKA

Na području srednjodalmatinskih otoka maslina i vinova loza rastu i uzgajaju se od davnina i jedne su od biljnih kultura koje su omogućile održavanje i razvoj stanovništva otočnog prostora. Tijekom dugog povijesnog razdoblja maslinarstvo i vinogradarstvo je prošlo uspone i padove, no u zadnjih nekoliko desetljeća povećan je interes za podizanjem i obnovom maslinika i vinograda, modernizacijom i povećanjem preradbenih kapaciteta te poboljšanjem kvalitete finalnog proizvoda ovih kultura, maslinovog ulja i vina. Unatoč tome, na nekim dijelovima srednjodalmatinskih otoka u maslinarstvu još uvijek prevladava tradicionalni uzgoj s neredovitom rodnosti, kao i neorganiziranost tržišta proizvoda od masline i uvozna ovisnost (Gugić i Ivanišević, 2011).

3.1. Maslinaraska i vinogradarska proizvodnja u Republici Hrvatskoj

Prema podacima DZS-a, u 2020. godini u Republici Hrvatskoj masline su uzgajane na 20 282 ha, a ukupno je proizvedeno 33 230 t ploda masline te 40 278 hl maslinovog ulja (sl 1.). U odnosu na prethodnu 2019. godinu nije bilo značajnije promjene u proizvodnji ploda masline (rast od 0,04%), dok je proizvodnja maslinovog ulja smanjena za 9,5%. U odnosu na prethodno petogodišnje razdoblje od 2015. do 2019. godine, u 2020. godini zamjetan je rast površina pod maslinama za 8,7%, rast proizvodnje ploda masline za 10,8%, uz prinos jednak prosjeku te rast proizvodnje maslinovog ulja za 6,9%. Uz trend povećanja proizvodnje ploda masline i maslinovog ulja, hrvatsko maslinovo ulje dokazuje važan gospodarski potencijal u poljoprivrednoj proizvodnji mediteranske Hrvatske, uz znatno poboljšanje kakvoće. Unatoč tome, Hrvatska ne proizvodi dovoljne količine maslinovog ulja za domaću potrošnju te se znatne količine uvoze. Prema posljednjim dostupnim podacima za 2019. godinu, samodostatnost u proizvodnji maslinovog ulja iznosila je 45,8%. U 2020. godini, prema podacima DZS-a, uvezeno je 4 829 t maslinovog ulja u vrijednosti od 13,6 milijuna €, dok je izvoz maslinovog ulja u istom razdoblju iznosio 294 t u vrijednosti od 2 milijuna €, slijedom čega deficit vanjskotrgovinske razmjene iznosi 11,6 milijuna €. Promatrano u odnosu na prosjek petogodišnjeg razdoblja od 2015. do 2019. godine, uvoz maslinovog ulja u 2020. godini količinski bilježi rast za 25,8%, dok izvoz u istom promatranom razdoblju bilježi rast za 10,5%.



Slika 1. Proizvodnja maslinovog ulja u Republici Hrvatskoj od 2013. do 2020. godine (t)

Izvor: DZS Poljoprivredna proizvodnja 2013. – 2020.; autorska obrada

Agroekološki uvjeti u Hrvatskoj povoljni su za uzgoj vinove loze i proizvodnju grožđa od kojeg se proizvode vina različite kakvoće, a najzastupljenija su vina sa zaštićenom oznakom izvornosti. Pod vinogradima je u 2020. godini bilo 21 454 ha poljoprivrednog zemljišta. Proizvodnja grožđa u 2020. godini iznosi 123 554 t uz prosječan prinos od 5,8 t/ha. Time je proizvodnja grožđa u 2020. godini povećana za 14,1% u odnosu na 2019. godinu. Prema podacima DZS-a (2021), proizvodnja vina u 2020. godini iznosi 800 000 hl vina, što u odnosu na 2019. godinu predstavlja povećanje za 13,6%. U 2020. godini uvezeno je vina u vrijednosti od 27,5 milijuna eura, što predstavlja pad za 14,1% u odnosu na 2019. godinu. Količinski uvoz je iznosio 24 543 t te bilježi pad u odnosu na 2019. godinu za 1,3%. Izvoz vina u 2020. godini iznosi 12,6 milijuna eura, što predstavlja smanjenje za 21,0% u odnosu na 2019. godinu. Količinski je izvoz iznosio 3 469 t te bilježi smanjenje u odnosu na 2019. godinu za 34,0%. Slijedom prikazanih podataka, u 2020. godini u segmentu vina ostvarena je negativna vanjskotrgovinska bilanca, odnosno deficit od 14,9 milijuna eura. Promatrano po državama, najviše vina uvozi se iz Sjeverne Makedonije, čiji udio, vrijednosno gledano, u ukupnom uvozu u 2020. godini iznosi 29,2%. Najznačajnija izvozna destinacija u 2020. godini je Bosna i Hercegovina (udio u ukupnom izvozu 30,6%), ali je u odnosu na prethodnu godinu izvoz u Bosnu i Hercegovinu smanjen za 24,0%.

Prema podacima APPRRR-a (2020) u Splitsko – dalmatinskoj županiji u Upisnik OPG-a bilo je prijavljeno ukupno 11 325 OPG-ova, od čega se maslinarskom proizvodnjom bavilo njih 2 676, a vinogradarskom proizvodnjom 1 757. Na nivou Županije ukupno je korišteno 21 584 ha poljoprivrednih površina, od čega pod maslinicima bilo 4 583 ha što je udio od 21,2% maslinika u ukupnoj korištenoj poljoprivrednoj površini županije, a pod vinogradima 1 574 ha što je udio od 7,3% vinograda u ukupnoj korištenoj poljoprivrednoj površini županije. Prema podacima, prosječna površina maslinika na gospodarstvu u Županiji je iznosila 1,7 ha, dok je prosječna površina vinograda na gospodarstvu iznosila 0,14 ha. Podaci Ministarstva poljoprivrede (2018) pokazuju da je prosječni bruto dohodak maslinarskog gospodarstva iznosio 109 016 HRK, a neto dodana vrijednost iznosila je 73 283 HRK, dok je bruto dohodak vinogradarskog gospodarstva iznosio 249 168 HRK, a neto dodana vrijednost bila je 113 780 HRK.

Tablica 1. Površine, prirodi i proizvodnja grožđa te proizvodnja vina u Splitsko-dalmatinskoj županiji od 2015. do 2020. godine

		2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.
Grožđe	Površina (tis. ha)	26	23	22	21	20	21
	Prirod (t/ha)	6	5.3	5.3	7.1	5.5	5.8
	Proizvodnja (t)	154 227	123 651	116 307	146 242	108 296	123 554
	Prirod po trsu (kg)	1.7	1.3	1.3	1.6	1.4	1.5
Vino	Proizvodnja (tis. hl)	992	760	726	952	704	800

Izvor: DZS Poljoprivredna proizvodnja 2013. – 2020., autorska obrada

3.2. Obilježja poljoprivredne proizvodnje srednjodalmatinskih otoka

Srednjodalmatinski otoci zaseban su geografsko – prirodni prostor te su dio otočno – obalne cjeline od izuzetne nacionalne važnosti (Radinović, 2001). Poljoprivreda srednjodalmatinskih otoka sadržajno je različita od poljoprivrede kopnenog dijela Dalmacije te se međusobno razlikuje na otočnoj razini. Na području provedbe istraživanja četiriju srednjodalmatinska otoka (Brač, Hvar, Šolta i Vis) dominantan je tip 1 i tip 2 visokovrijednog poljoprivrednog zemljišta uz dominaciju

trajnih nasada maslina, smokava, badema, vinograda, ostataka stočarskog sustava kao i uzgoj ljekovitog i aromatičnog bilja. Maslinarstvo i vinogradarstvo presudno su utjecali na život i egzistenciju otočana Dalmacije obzirom da su još od antičkog doba bili glavni izvozni proizvod. Riječ je o krškom području koje je bogato biološkom raznolikošću te predstavlja veliki izazov za intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju. Poljoprivredne površine formirane su na vapnencu i karakterizira ih nedostatak površinskih voda jer najveći dio vode teče podzemno, ili u dubokim klisurama. Krški predjeli sastoje se od dolina (dubokih, širokih ponikvi), škrapa (površnih krških jaruga i šupljina), polja (širokih krških zaravni) kao i sustava pećina. Travnjaci su dominantan način korištenja poljoprivrednog zemljišta na koji se stoljećima ekstenzivno napasala stoka koje je danas sve manje.

Poljoprivredno zemljište na otocima izrazito je usitnjeno što za posljedicu onemogućava uporabu ekonomije razmjera u ekonomski efikasnoj poljoprivrednoj proizvodnji i predstavlja veliku prijetnju budućem razvoju poljoprivrede. Male ukupne poljoprivredne površine s velikim brojem parcela glavna su obilježja površina za poljoprivrednu proizvodnju na srednjodalmatinskim otocima. Prirodnost kraškog terena uvjetuje različitu primjenu tog zemljišta, što vodi do diversificirane poljoprivredne proizvodnje, a struktura korištenja poljoprivrednog zemljišta je proces koji se sporo mijenja. Osim usitnjenosti parcela, izazov predstavljaju i neriješeni imovinskopravni odnosi. Primjetan je i proces deagrarizacije koji se očituje smanjivanjem površine obrađenog poljoprivrednog zemljišta što za posljedicu ima gubitak autohtonih poljoprivrednih sorti.

Na srednjodalmatinskim otocima primjetan je kroničan nedostatak vode za navodnjavanje, čemu u prilog ne idu ni nepovoljni hidrološki uvjeti (nepravilan raspored padalina). Nepravilan raspored padalina ima veliki utjecaj na poljoprivrednu proizvodnju i prinose, obzirom da vode nedostaje u najkritičnijim fazama intenzivnog razvoja mediteranskih kultura. Također, primjetno je povećavanje sušnih razdoblja koja predstavljaju veliki problem poljoprivrednicima. Prema podacima generalno na području Hrvatske vrlo malo poljoprivrednih površina intenzivno se navodnjava, a taj postotak je još i manji za navedene otoke. Obzirom da se navodnjavanjem stvaraju povoljni uvjeti za proizvodnju dohodovno unosnijih poljoprivrednih kultura, kao što su povrće i voće, posebno tijekom turističke sezone, ovo je podatak na koji treba obratiti pozornost znajući predviđanja o još većim poremećajima klimatskih promjena.

Prema podacima APPRRR-a (2021), na istraživanom otočnom području u Upisnik poljoprivrednika bilo je upisano ukupno 2 889 poljoprivrednih gospodarstava, dok je aktivno djelovalo 12 poljoprivrednih zadruga (tab. 2.). Broj poljoprivrednih gospodarstava istraživanog područja čini udio od 25,5% poljoprivrednih gospodarstava županije.

Tablica. 2. Broj OPG-ova i zadruga na istraživanom području na dan 31.12.2020.

Grad / Općina	Obiteljsko gospodarstvo (OPG)	Zadruga
Bol	100	0
Hvar	231	0
Jelsa	480	2
Komiža	109	2
Milna	124	2
Nerežišća	124	0
Postira	189	1
Pučišća	182	1
Selca	164	1
Stari grad	298	1
Sućuraj	36	0
Supetar	363	1
Sutivan	103	0
Šolta	147	1
Vis	239	0
UKUPNO	2 889	12

Izvor: APPRR, 2021; autorska obrada

Na otocima Braču, Hvaru, Šolti i Visu ukupno se koristi 8 412 ha poljoprivrednog zemljišta što je udio od 30,7% ukupno korištenog poljoprivrednog zemljišta županije (tab. 3.). Na istraživanom području pod maslinama se nalazi 3 288 ha (51,4% površine ukupno na razini Županije) te su maslinici uvjerljivo najiskorištenije poljoprivredno zemljište otoka. Vinogradi na području istraživanja prekrivaju 923 ha, što je udio od 33% svih vinograda županije i druga su najzastupljenija kultura po korištenju poljoprivrednog zemljišta otoka.

Tablica 3. Korištene poljoprivredne površine, broj stoke i peradi na otoku Braču, Hvaru, Šolti i Visu na dan 31.12.2020.

Grad / Općina	Ime	Skupine kućanstava prema korištenome poljoprivrednom zemljištu	Broj kućanstava	Korišteno poljoprivredno zemljište, ha						Broj stoke i peradi				
				ukupno korišteno poljoprivredno zemljište	oranice	voćnjaci	vinogradi	maslinici	ostalo poljoprivredno zemljište (livade, pašnjaci i dr.)	goveda	ovaca	koza	svinja	peradi
	SDŽ	Ukupno	154 528	27435.83	5593.25	1033.98	2811.94	6391.3	11605.36	5035	39111	13256	6820	188507
Grad	Hvar	Ukupno	1,553	725.74	168.26	7.45	135.26	273.59	141.18	1	11	35	7	245
Grad	Komiža	Ukupno	637	100.50	0.55	2.64	36.04	32.18	29.09	-	27	55	-	321
Grad	Stari Grad	Ukupno	1,112	540.50	38.42	5.73	136.44	240.35	119.56	-	163	72	2	787
Grad	Supetar	Ukupno	1,586	925.05	6.08	8.99	30.45	600.08	279.45	4	1,524	57	12	724
Grad	Vis	Ukupno	784	341.20	15.16	5.85	207.47	75.74	36.98	-	300	22	-	234
Općina	Bol	Ukupno	589	162.73	1.26	0.52	27.74	29.03	104.18	-	99	2	-	99
Općina	Jelsa	Ukupno	1,369	1,164.30	49.84	3.18	235.70	409.03	466.55	1	30	67	-	763
Općina	Milna	Ukupno	451	417.35	1.92	1.24	6.63	233.13	174.43	17	995	7	-	283
Općina	Nerežišća	Ukupno	326	1,488.69	14.04	4.90	22.81	163.73	1,283.21	1	3,681	68	2	237
Općina	Postira	Ukupno	556	448.34	9.53	9.87	23.23	302.83	102.88	8	1,897	24	8	236

Općina	Pučišća	Ukupno	756	1,103.31	28.84	7.47	24.33	287.18	755.49	22	3,922	89	13	995
Općina	Selca	Ukupno	702	522.03	7.26	1.01	8.96	246.59	258.21	14	643	59	-	658
Općina	Sučuraj	Ukupno	220	89.99	4.19	0.52	8.99	76.28	0.01	2	-	10	-	219
Općina	Sutivan	Ukupno	346	170.36	1.10	2.54	2.90	142.79	21.03	1	398	12	9	221
Općina	Šolta	Ukupno	829	212.25	1.22	2.03	15.84	175.16	18.00	-	-	18	-	673

Izvor: APPRR, 2021; autorska obrada

3.3. Anketni upitnik poljoprivredno – prehrambenih proizvođača srednjodalmatinskih otoka

U svrhu što realnijeg uvida u poljoprivrednu proizvodnju i probleme s kojima se poljoprivredno – prehrambeni proizvođači srednjodalmatinskih otoka susreću, kao i njihov pogled na utjecaj klimatskih promjena na poljoprivrednu proizvodnju, autori ove studije proveli su online anketni upitnik za poljoprivredne proizvođače na području navedenih otoka. Prikupljanje podataka za ovo istraživanje provedeno je metodom online anketnog upitnika u razdoblju od rujna do sredine listopada 2022. godine koji je bio dizajniran na platformi *Microsoft Forms*. Istraživanje je provedeno među 47 poljoprivredno prehrambenih proizvođača na navedena četiri otoka. Anketni upitnik se sastojao od 21 pitanja, od čega je 13 pitanja bilo zatvorenog oblika s mogućnošću samo 1 odgovora, 5 zatvorenih pitanja koja su dozvoljavala višestruke odgovore te 3 otvorena pitanja na koje su proizvođači mogli upisivati svoje odgovore. Anketni upitnik bio je strukturiran u 3 dijela, pri čemu se prvi dio odnosio na socio-demografska pitanja o proizvođačima, drugi dio na njihova stajališta o klimatskim promjenama, a posljednji dio anketnog upitnika sastojao se od pitanja usmjerenih na preporuke proizvođača za buduće klimatske promjene i učinkovito nošenje s istima.

Rezultati anketnog upitnika ukazuju da je prosječna dob anketiranih proizvođača bila 53,7 godina, od čega je sudjelovalo u istraživanju 9,2% žena, te 91,8% muškaraca. Od anketiranih proizvođača 69% je bilo sa srednjoškolskom naobrazbom, 30% sa sveučilišnom diplomom, te 1% sa osnovnoškolskom naobrazbom. Za većinu anketiranih proizvođača poljoprivredna djelatnost je primarna djelatnost. Ovaj podatak ukazuje na „snagu“ rezultata anketnog upitnika obzirom da su to poljoprivredni proizvođači koji egzistiraju od poljoprivredne proizvodnje koja im je primarni izvor prihoda kućanstva, za razliku od manjine ispitanika kojima je poljoprivredna proizvodnja sekundarna djelatnost kojom nadopunjuju budžet kućanstva. Sukladno službenim podacima o količini i kulturi obradivih poljoprivrednih površina, najveći udio ispitanika bavio se maslinarstvom (41%), zatim vinogradarstvom (27%), uzgojem ljekovitog i aromatičnog bilja (14%), te ostalim kulturama 18%.

Na dio pitanja anketnog upitnika o stajalištima proizvođača o klimatskim promjenama, proizvođači su na pitanje jesu li primijetili promjenu klimatskih uvjeta u posljednja dva desetljeća, 97,5% proizvođača je pozitivno odgovorio. Na pitanje o utjecaju klimatskih promjena na prinose maslina/grožđa, 96,3% proizvođača je odgovorilo da su primijetili utjecaj klimatskih promjena na prinose. Anketirani proizvođači su na pitanje da označe najvažnije klimatske elemente (na

Likertovoj skali od 1-5, gdje je 1- nevažno, 5- najvažnije) za koje smatraju da se vezuju za efekte klimatskih promjena, odgovorili na sljedeći način:

1. periodi suša (4.2)
2. prevruća ljeta (4.0)
3. izrazito visoke temperature (3.9)
4. nejasni prelazi između godišnjih doba (3.6)
5. jaka UV zračenja (3.4)

Najveći udio ispitanika je odgovorio da su primijetili učestalost pojave suša svake dvije godine, zatim svake godine, dok je najmanji udio proizvođača primijetio pojavu suša u svakih 10 godina. Gotovo 85% proizvođača smatra da postoje sorte maslina/vinove loze koje bolje podnose sušu, dok njih 60% je odgovorilo da ne bi mijenjali sortiment u svome nasadu maslina/vinograda uslijed ekstremnih klimatskih promjena. Ovaj odgovor ukazuje na to da proizvođači nisu spremni na promjenu sortimenta, odnosno da imaju povjerenje u naše autohtone sorte koje već uzgajaju, te je ovo jasan signal znanstvenoj i akademskoj zajednici da bi trebali poraditi na prilagodbi autohtonih sorata na klimatske promjene. Velika većina (73%) proizvođača smatraju iznimno važnim izbor podloge u nasadu na otpornost na sušu, odnosno deficit vode u kritičnim fazama razvoja biljaka. Na pitanje o ekonomskim posljedicama klimatskih promjena na poslovanje gospodarstva, najviši udio anketiranih proizvođača odgovorio je da klimatske promjene negativno utječu na njihovo poslovanje, jedna trećina njih da su posljedice klimatskih promjena neutralne na njihovo poslovanje, dok je najmanji udio proizvođača odgovorio da klimatske promjene pozitivno utječu na njihovo poslovanje.

4. SVEMIRSKI PROSTORNI PODACI

Svemirski prostorni podaci obuhvaćaju sve prostorne (georeferencirane) podatke koji imaju prostornu komponentu, a koji su prikupljeni putem umjetnih satelita metodom daljinskog istraživanja.

4.1. Daljinska istraživanja i procesi

Daljinska istraživanja (engl. *remote sensing*, njem. *fernerkundung*, fra. *teledetection*, tal. *telerilevamento*) predstavljaju nezaobilaznu metodu u brojnim znanstvenim područjima današnjice, a dobiveni rezultati zahvaljujući razvoju računalnih tehnologija nalaze široku primjenu u različitim disciplinama. Riječ je o metodi prikupljanja i interpretaciji informacija o udaljenim objektima bez fizičkog dodira s objektom. Uključuje sve aktivnosti od snimanja, procesiranja, analiziranja, interpretacije do dobivanja informacija iz podataka prikupljenih tim istraživanjem (Frančula i sur., 1994). Daljinska istraživanja se najčešće, ali ne i uvijek, bave opažanjem Zemlje. Podaci se dobivaju iz velike udaljenosti (od nekoliko stotina do nekoliko tisuća kilometara) instrumentima postavljenim u zračne ili svemirske letjelice. Daljinsko istraživanje je postupak koji se temelji na interakciji upadnih elektromagnetskih zračenja (svjetlosti) s opažanim predmetima te se taj proces može podijeliti na sedam etapa (Oštir i Mulahusić, 2014):

1. **izvor elektromagnetskog zračenja (A)** – Prvi uvjet za daljinska istraživanja je izvor elektromagnetskog zračenja, koji osvjetljava opažane predmete ili to zračenje stvaraju sami predmeti. Najčešći izvor zračenja je Sunce, a kod daljinskih istraživanja koriste se i umjetni izvori zračenja (antene) i vlastito (toplinsko) zračenje objekata (predmeta).
2. **put kroz atmosferu (B)** – Kada valovi putuju kroz atmosferu s njom dolazi do interakcije. Valovi prolaze kroz atmosferu u jednom (od površine do senzora) ili u dva smjera (od izvora energije – Sunca ili aktivnog instrumenta – na površinu i natrag)
3. **interakcija s površinom (C)** – Kada val dođe do površine Zemlje dolazi do međudjelovanja. Način međudjelovanja ovisi o svojstvima površine i samog vala.
4. **detekcija zračenja sensorom (D)** – Nakon što se val rasprši po površini, ili ako sama površina emitira valove, te valove potrebno je detektirati sensorom (koji je udaljen, tj. nije

u kontaktu s objektom). Senzori otkrivaju elektromagnetske valove i pretvaraju ga u odgovarajući zapis (fotografiju ili digitalnu sliku).

5. **prijenos, primanje i obrada** (E) – U pravilu, signali koje bilježi senzor trebaju se radio signalima prebaciti u elektronički oblik do prijemne stanice na Zemlji. Podaci se obrađuju u prijemnoj stanici i iz njih kreiramo snimke (slike) u analognom ili (i) u digitalnom obliku (u novije vrijeme).
6. **interpretacija i analiza** (F) – Obradeni snimak (sliku) potrebno je interpretirati, vizualno ili digitalno, pri čemu pokušavamo doći do što više informacija o promatranom objektu.
7. **korištenje** (G) – Posljednji, ali vjerojatno i najvažniji element u procesu daljinskih istraživanja je korištenje informacija koje smo dobili analizom u određenim studijama ili rješavanju konkretnog problema.

Cilj daljinskih istraživanja je brzo i ekonomično dobivanje preciznih informacija o relativno velikim područjima. Sustavnim ponavljanjem snimanja moguće je pratiti i registrirati dnevne, sezonske i godišnje promjene neke pojave. Objekt daljinskih istraživanja su svi elementi Zemljine površine i atmosfere u vidnom polju senzora (Oluić, 2001).

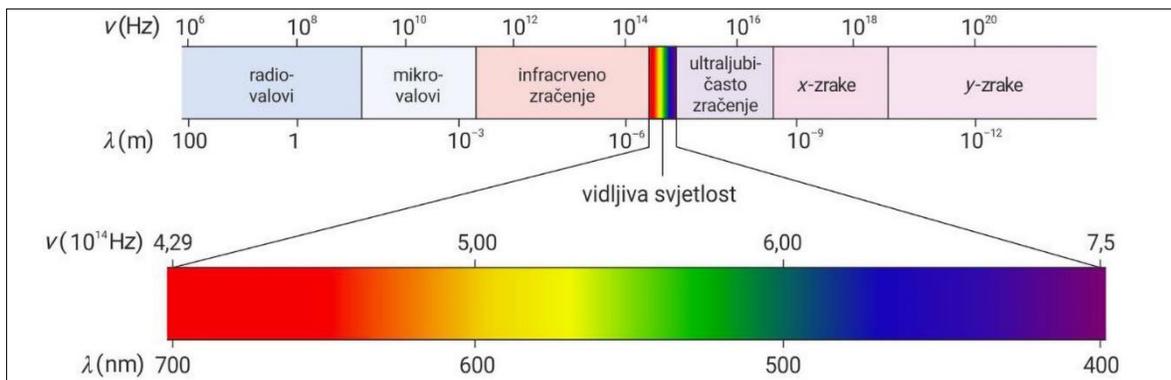
4.1.1. Elektromagnetsko zračenje i spektar elektromagnetskog zračenja

Temeljno polazište daljinskih istraživanja je elektromagnetsko zračenje, stoga je važno razumjeti kretanje elektromagnetskih valova kroz atmosferu i načine interakcije s objektima na Zemljinoj površini. U ovom poglavlju detaljnije će se objasniti karakteristike elektromagnetskog zračenja što će poslužiti kao uvod i daljnje razumijevanje pojmova vezanih za satelitske podatke i obradu istih. Elektromagnetsko zračenje, kao produkt nuklearnih reakcija unutar Sunca, putuje kroz svemir zatim atmosferu kako bi došlo do zemljine površine. Na tom putu zračenje dolazi u interakciju s objektima na površini, pri čemu se dio zračenja apsorbira, dio propusti, a ostatak odbije. Zračenje je kombinacija oscilirajućeg električnog polja (E) i magnetskog polja (H) koja su okomita na smjer širenja zračenja i u međusobno su okomitom odnosu. Elektromagnetsko zračenje, kao pojavu širenja vala, možemo opisati kroz sljedeća tri svojstva :

- **valnom duljinom (λ)**

- **frekvencijom (ν)**
- **amplitudom (A)**

Karakteristike elektromagnetskog zračenja ovise o njegovoj valnoj duljini i frekvenciji pa se na temelju toga dijeli na: električne, radio i mikro-valove, infracrvenu, vidljivu, ultraljubičastu svjetlost, X-zrake i gama zrake. Ukupan opseg valnih duljina svih navedenih vrsta zračenja naziva se elektromagnetski spektar (sl. 2.).



Slika 2. Prikaz spektra elektromagnetskog zračenja

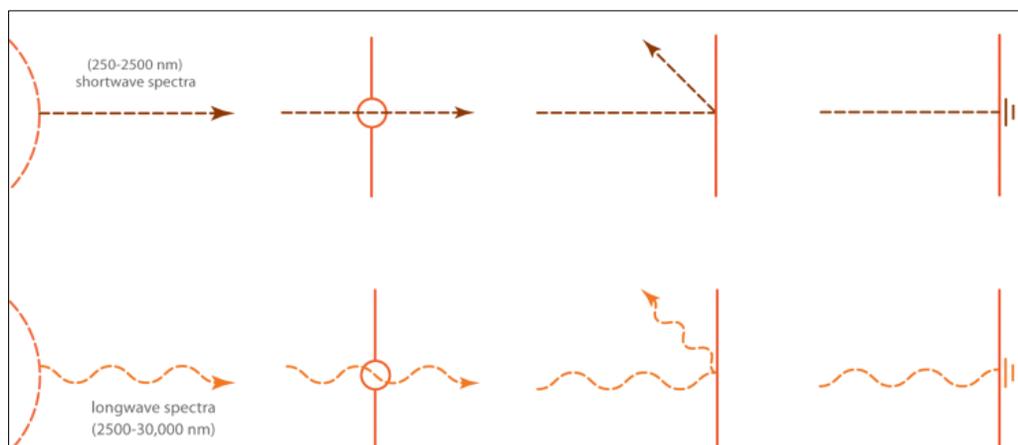
Izvor: Veselski, A., 2019

Raspon valnih duljina elektromagnetskog spektra proteže se od desetinke pikometra do nekoliko stotina kilometara, dok frekvencije navedenih dijelova spektra zauzimaju raspon od 10^3 s^{-1} do 10^{22} s^{-1} . Kod elektromagnetskog zračenja, uz valnu duljinu i frekvenciju, definirali smo i energiju kao čestično svojstvo. Prema tome poznato je kako čestice koje se kreću vrlo brzo, toplija tijela i tijela veće energije, emitiraju visokoenergetska zračenja, a hladnija i sporija tijela nisko energetska zračenja kao što su radio-valovi. Raspon valnih duljina radio valova je od 100 m do 1 mm. Koriste se za prijenos podataka, a najčešće se njima služe televizijski i radijski odašiljači. Primjer radio-valova su zračenja iz Svemira. Nakon radio-valova slijede mikro-valovi koji se nalaze u okviru područja od 1 m do 1 mm. Isto kao i kod radio-valova izvor su elektronski uređaji, a najčešće se primjenjuju u komunikacijskim sustavima i radarskoj tehnici. Slijedi infracrveno zračenje u rasponu valnih duljina od 1 mm do 750 nm gdje valove emitiraju molekule plina i užarena tijela. Infracrveno zračenje ima široku primjenu u industriji, medicini, astronomiji kao i u istraživanjima molekulske strukture. Može se podijeliti na tri dijela, i to na: dalje infracrveno (10 – 1 mm), srednje infracrveno (2,5 – 10 mm) i blisko infracrveno (750 nm – 2,5). Najpoznatiji i

vrlo uski dio spektra od 380 nm do 780 nm obuhvaća vidljiva svjetlost. Svakoj valnoj duljini unutar spektra pripada jedna boja i to su: crvena (625 – 740 nm), narančasta (590 – 625 nm), žuta (565 – 590 nm), zelena (520 – 565 nm), tirkizna (500 – 520 nm), plava (430 – 500 nm) i ljubičasta (380 – 430 nm). Nakon vidljivog dijela spektra slijedi ultraljubičasto svjetlo, koje pokriva valne duljine između 0,3 i 30 nm. Poznati su štetni učinci prekomjerne izloženosti kože ultraljubičastom svjetlu upravo zbog promjena struktura molekula u doticaju s ultraljubičastim zračenjem. Sunce emitira velike količine ovog zračenja, koje se većinom apsorbira u atmosferi. Još jedno od opasnih zračenja za ljude su X-zrake, valnih duljina između 10 nm i 100 pm. Njihova primjena je najčešća u medicini, astronomiji i fizici pri kontroliranim uvjetima. Podjelu završavamo s Gama zrakama koje predstavljaju elektromagnetsko zračenje najveće energije. Koriste se u nuklearnoj medicini za istraživanja i liječenje, kao i kod astronomije pri opažanju visokoenergetskih objekata i područja. Za potrebe provođenja istraživanja ovog diplomskog rada i prilikom primjene metoda daljinskih istraživanja koristi se samo ograničeni dio elektromagnetskog spektra, odnosno vidljiva svjetlost, infracrvena svjetlost i mikro-valovi (Oštir i Mulahusić, 2014).

4.1.2. Interakcija elektromagnetskog zračenja s površinom

Daljinsko istraživanje predstavlja postupak koji se temelji na interakciji upadnog elektromagnetskog zračenja (EM), koje se nije apsorbiralo ili rasipalo u atmosferi, s opažanim predmetima.

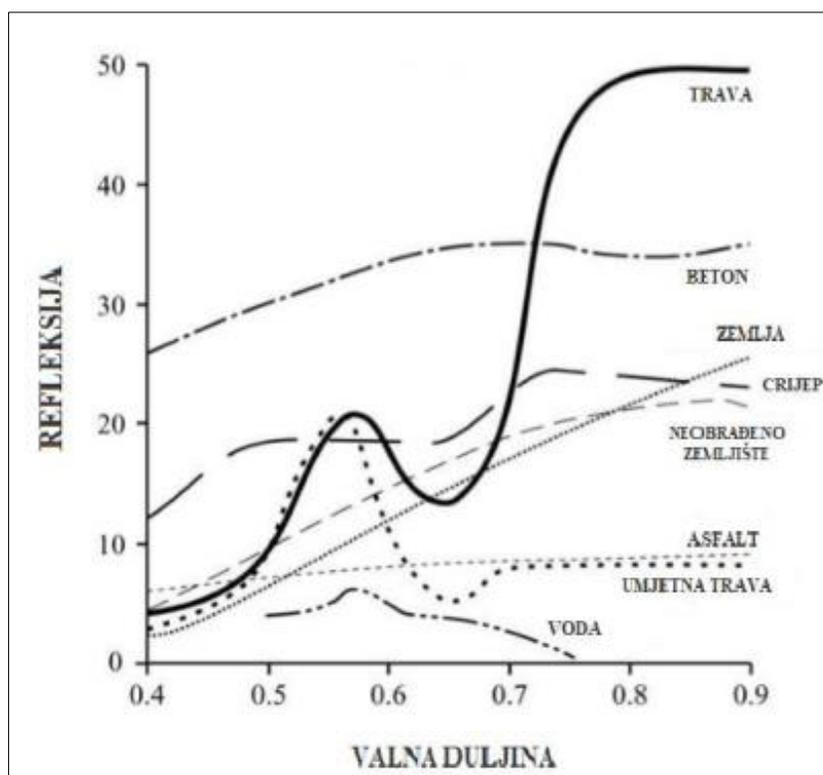


Slika 3. Interakcija elektromagnetskog zračenja s određenom površinom

Izvor: Veselski, A., 2019

Taj se proces može podijeliti na nekoliko etapa, a jedan od njih je i interakcija EM zračenja s površinom. Način interakcije ovisi o svojstvima površine i vala. Valna duljina kao svojstvo vala definira refleksiju odnosno tzv. spektralni potpis koji omogućava identifikaciju objekata na površini. Tri su glavna načina interakcije EM zračenja sa površinom: apsorpcija, transmisija i refleksija (sl. 3.).

Apsorpcija je prijenos energije valova na materiju prilikom prolaza vala kroz nju; upijanje različitih vrsta elektromagnetskog zračenja koje se pritom pretvara u toplinu ili neki drugi oblik energije. Iznos apsorpcije ovisi o tvari koja upija zračenje i njezinoj debljini. Tvari selektivno upijaju određene vrste zračenja, npr. žuto staklo (filar) propušta zeleni i crveni dio spektra, a apsorpira plavi. Transmisija je prenošenje zračenja kroz medij bez promjene valne duljine.



Slika 4: Spektralna refleksija određenih elemenata na Zemljinoj površini
Izvor: Veselski, A., 2019

Ovisno o fizikalnim svojstvima materijala, dio spektra će se reflektirati i/ili apsorbirati, a ostatak će biti transmitiran. Refleksija zračenja je promjena smjera širenja vala, tj. odbijanje vala od nekog objekta čime mijenja smjer svog širenja. Promjena smjera opisuje se pomoću upadnog kuta i kuta

refleksije, točnije, upadni kut jednak je kutu refleksije. Pošto većina realnih tijela nema savršeno glatku površinu, normale na površinu bit će različite za pojedine upadne valove zračenja dok su upadni kutovi uvijek isti, odnosno, na grubljim površinama reflektirane zrake bit će raspršene u različitim smjerovima (sl. 4.). Zato se refleksija dijeli na zrcalnu i difuznu (Berns, 2000).

Interakcija elektromagnetskog zračenja s površinom i pojam spektralne refleksije zajedno doprinose i omogućuju rad senzora. Senzori bilježe rezultate interakcije zračenja s površinom odnosno jačinu i količinu sposobnosti spektralne refleksije pojedinih elemenata. Senzori koji služe za detektiranje i snimanje odbijenih elektromagnetskih valova uvijek su postavljeni na stabilne platforme. Te platforme mogu biti na tlu, u avionima ili balonima, satelitima ili svemirskim letjelicama. Rezultati mjerenja se kvantiziraju i konvertiraju u digitalnu sliku gdje svaki element slike (piksel) ima određenu vrijednost u jedinicama tzv. digitalnog broja (*DN – Digital Number*). Digitalne slike koje nastaju različitih su rezolucija ovisno o senzoru koji prikuplja podatke. Nekoliko je vrsta rezolucije:

1. **prostorna rezolucija** – obično se izražava veličinom piksela, a ovisi o veličini detektora, žarišnoj duljini i visini senzora
2. **spektralna rezolucija** – pokazuje koliko dobro senzor određuje različite valne duljine; bolja spektralna rezolucija – veći broj spektralnih kanala i njihov raspon je uži
3. **radiometrijska rezolucija** – opisuje informacijsku vrijednost snimka, najčešće se mjeri u bitovima (binarni brojevi); je broj različitih intenziteta radijacije koje senzor može razlikovati
4. **vremenska rezolucija** – postoji samo za satelitske senzore, označava vrijeme da senzor ponovno preleti isto područje Zemlje

Pri definiranju idealnog rješenja za senzor, potrebno je pronaći najbolji omjer između navedenih vrsta rezolucija. Ako želimo imati veliku prostornu rezoluciju senzor mora imati usko trenutno vidno polje. To smanjuje količinu otkrivene energije pa možemo promatrati mali dio površine koja reflektira malo valova. Rezultat je slaba radiometrijska rezolucija i ograničena sposobnost otkrivanja razlika u energiji. Količina otkrivene energije, a time i radiometrijska rezolucija, može se povećati ako promatramo širi pojas valnih duljina u jednom kanalu. Na ovaj način smanjujemo

spektralnu rezoluciju senzora, ali s druge strane, slabija prostorna rezolucija povećava količinu energije koja dolazi na detektor, što povećava spektralnu i radiometrijsku rezoluciju. Zaključno, kada se želi postići najbolja rezolucija i sposobnost senzora mora se uspostaviti ravnoteža između željenih prostornih, spektralnih i radiometrijskih svojstava senzora (Oštir i Mulahusić, 2014).

4.2. Sustavi daljinskog istraživanja visoke i vrlo visoke rezolucije

Satelitski senzori visoke i vrlo visoke rezolucije imaju široku primjenu pri praćenju poljoprivrednog i šumskog pokrova. Senzori veće prostorne rezolucije u pravilu mogu s većom točnošću otkriti promjene vegetacije, ali njihova je vremenska rezolucija obično niža, što ometa intenzivno vremensko praćenje. Satelitske snimke vrlo visoke prostorne rezolucije kao nedostatak obično imaju problem s obradom zbog potrebe za snažnijim hardverskim sustavom i duljim razdobljem obrade podataka. Također im je nedostatak problem sa sjenama kao i problem dostupnosti zbog cijene, a često arhivske satelitske snimke vrlo visoke rezolucije nisu ni dostupne za određeno područje (Gašparović i sur., 2018). Prema prostornoj rezoluciji, kao važnom čimbeniku koji treba uzeti u obzir, satelitske se misije opažanja Zemlje dijele na (Gašparović i sur., 2019):

1. **satelitske misije srednje rezolucije** (100–1000 m): MERIS, MODIS, AVHRR/2 NOAA,
2. **satelitske misije visoke rezolucije** (10–100 m): Hyperion, ASTER, Sentinel 1-2, Landsat 1–8,
3. **satelitske misije vrlo visoke rezolucije** (<10m): QuickBird, WorldView 1–4, GeoEye 1, PlanetScope, RapidEye 1–5, Pleiades 1A, Pleiades 1B, IKONOS (tab. 4.).

Ne postoje idealne satelitske snimke te je ključno odabrati satelitske snimke s odgovarajućom prostornom, vremenskom, spektralnom i radiometrijskom rezolucijom u skladu sa svojstvima objekta klasifikacije. Odabir satelitske misije, odnosno satelitskih snimaka odgovarajuće prostorne rezolucije u skladu je s minimalnom veličinom objekta koji se želi detektirati. Prostorna rezolucija ima znatan utjecaj na rezultate klasifikacije. Satelitska snimka veće prostorne rezolucije uvelike smanjuje problem s miješanim pikselima, a ujedno predstavlja veliki potencijal za dobivanje velikog broja detaljnijih informacija (Suwanprasisit i Srichai 2012; Fisher i sur., 2018).

Tablica 4. Prostorna razlučivost satelitskih misija vrlo visoke rezolucije

Satelit	Pankromatska rezolucija	Multispektralna rezolucija
QuickBird	0,56 m	2,62 m
WorldView-I	0,46 m	-
WorldView-2	0,46 m	1,85 m
WorldView-3	0,31 m	1,24 m
WorldView-4	0,34 m	1,36 m
GeoEye-1	0,46 m	1,84 m
PlanetScope	3,00 m	3,00 m
RapidEye	5,00 m	5,00 m
Pleiades 1A	0,50 m	2,00 m
Pleiades 1B	0,50 m	2,00 m
IKONOS II	0,82 m	3,20 m

Izvor: Deur i sur, 2021

4.2.1. Satelitske misije visoke rezolucije

Landsat je jedna od najdugovječnijih i najuspješnijih satelitskih misija u povijesti, nastala suradnjom američke svemirske agencije (NASA) i američke geološke službe (USGS). Prvi satelit Landsat 1 lansiran je 23. lipnja 1972. Danas se Landsat program sastoji od niza satelitskih misija (Landsat 1 – Landsat 8) koje se kontinuirano unaprjeđuju. Zanimljivo je kako je satelit Landsat-5 ušao u Guinnessovu knjigu rekorda kao najdugovječniji operativni satelit u povijesti. Landsat-8, najnoviji Landsatov satelit, lansiran je 11. veljače 2013. godine. Prostorne rezolucije Landsat senzora postupno su poboljšavane s 80 m za MSS senzore (engl. *Multispectral Scanner*) na 30 m (15 m za pankromatske snimke) za TM senzore (engl. *Thematic Mapper*) (Chen i sur., 2019). Rezolucije na toj razini prikladne su za praćenje dinamike gotovo svih vrsta vegetacije te su kao takvi jedan od najznačajnijih globalnih izvora kronoloških podataka (Gutman i Masek, 2012). Posljednjih godina arhivi snimci postali su besplatni i javno dostupni na USGS portalu (Earth

Explorer, 2022) što je znatno intenziviralo upotrebu satelitskih snimki Landsat. Kao znatan doprinos pozitivnom trendu globalnih opažanja, Europska svemirska agencija (ESA) je 2012. godine uspostavila novi sustav optičkih satelitskih opažanja nazvan Sentinel-2. Sentinel sustav sastoji se od dva identična satelita, Sentinel-2a (lansiran 23. lipnja 2015. godine) i Sentinel-2b (lansiran 7. ožujka 2017. godine). Dva satelita rade istovremeno, fazno su međusobno usmjereni na 180°, u orbiti na srednjoj nadmorskoj visini od 786 km. Uz globalnu pokrivenost Zemljine površine kroz 10 dana s jednim satelitom i 5 dana s dva satelita, Sentinel-2 pruža visoku razinu kvalitetne multispektralne slike s prostornim rezolucijama u rasponu od 10 m do 60 m. ESA je omogućila besplatan pristup i korištenje Sentinel proizvoda putem portala Copernicus Open Access Hub (2022). Za razliku od navedenih javno dostupnih, trenutačno se u orbiti nalazi i niz komercijalnih satelita sa sensorima visoke (10–100 m) i vrlo visoke rezolucije (<10 m) (tab. 4.). Prvi komercijalni satelit vrlo visoke rezolucije, IKONOS, lansiran je 24. rujna 1999. godine. Od tada pa do danas, tehnološkim napretkom optičkih senzora omogućeno je vrlo precizno razlučivanje vegetacije na snimkama (Deur i sur., 2021).

4.2.2. Satelitske misije vrlo visoke rezolucije

Razvoj svemirskih tehnologija u vidu primjene satelitskih snimki u vidu komercijalnih proizvoda započeo je osnivanjem, danas najvećih tvrtki u svemirskoj industriji. Digital Globe (dio grupe Maxar), Planet i ostale tvrtke omogućile povećanje opsega primjene, otvorile nove mogućnosti za visoko precizne aplikacije, primjenjive u gotovo svim područjima poljoprivrede i gospodarstva. Digital Globe osnovan je kao World View Imaging Corporation 1992. godine. Godine 1999. pokrenut je Ikonos satelitska misija, QuickBird 2001., WorldView-1 2007., GeoEye-1 2008., WorldView-2 2009., WorldView-3 2014. i WorldView-4 2016 (tab. 4.). Najnoviji, WorldView-4 pruža visoku razinu kvalitete s prostornim rezolucijama u rasponu od 34 cm za pankromatske te 1,36 m za multispektralne snimke. WorldView-4 senzor sastoji se od četiri spektralna kanala od kojih su tri u vidljivom (plavi 450–510 nm, zeleni 510–580 nm i crveni 655–690 nm) i jedan u blizu infracrvenom (NIR 780–920 nm) dijelu spektra. Planet tvrtka koja je osmislila i pokrenula seriju mikrosatelita nazvanih *Doves* ili *Planet Scope* čini najveću konstelaciju satelita za snimanje Zemlje. Prva su dva satelita (Dove 3 i Dove 4) lansirana 21. studenoga 2013. Danas se sastoji od 180+ PlanetScope i 21 SkySat u orbiti (URL 6). PlanetScope se sastoji od pet spektralnih kanala (plavi 455–515 nm, zeleni 500–590 nm, crveni 590–670 nm, rubno crveni 733–

748 nm, blizu infracrveni 780–860 nm) te svakodnevno prikuplja informacije u rezoluciji 3–5 m. SkySat konstelacija satelita operativna je od 2013. godine te omogućuje dobivanje snimaka Zemljine površine s 450 km visine u prostornoj rezoluciji od 0,86 m za pankromatske i 1,0 m za multispektralne snimke. SkySat senzor sastoji se od četiri spektralna kanala od kojih su tri u vidljivom (plavi 450–515 nm, zeleni 515–595 nm i crveni 605–695 nm), a jedan u blizu infracrvenom (NIR 740–900 nm) dijelu spektra. U srpnju 2015. Planet je kupio tvrtku Blackbridge Geospatial, koja je vlasnik 5 satelita RapidEye. Prvi satelit RapidEye lansiran je 29. kolovoza 2008. godine. Konstelacija od 5 satelita omogućuje dobivanje snimaka Zemljine površine sa 630 km visine na dnevnoj frekvenciji opažanja u prostornoj rezoluciji od 5,0 m. RapidEye senzor sastoji se od 5 spektralnih kanala od kojih su tri u vidljivom (plavi 440–510 nm, zeleni 520–590 nm i crveni 630–685 nm), jedan u prijelaznom (tzv. *Red Edge* 690–730 nm) i jedan u blizu infracrvenom (NIR 760–850 nm) dijelu spektra. Pleiades su također sateliti vrlo visoke rezolucije: Pleiades-1A lansiran 17. veljače 2011. i Pleiades-1B lansiran 2. prosinca 2012. godine. Po prostornoj rezoluciji je sličan GeoEye satelitima (0,46 m za pankromatske i 1,84 m za multispektralne snimke). Pleiades omogućuje, u samo jednom prolazu, prikupljanje stereosnimaka velike površine (1000 km x 1000 km) u vrlo visokoj rezoluciji. Satelit se sastoji od četiri spektralna kanala od kojih su tri u vidljivom (plavi 430–550 nm, zeleni 490–610 nm i crveni 600–720 nm), a jedan u blizu infracrvenom (NIR 750–950 nm) dijelu spektra (Deur i sur., 2021).

4.3. Spektralni potpis i vegetacijski indeksi

U prethodnom poglavlju obrazložene su četiri vrste rezolucije te je utvrđeno kako navedene značajke EM zračenja mogu biti međuovisne, tj. oblik može biti različit u različitim vremenima ili u različitim spektralnim pojasevima te da sposobnost senzora ovisi o ravnoteži rezolucija. Različite vrijednosti rezolucija i njihovo povezivanje s poznatim značajkama objekta daje spektralni potpis predmetnog objekta, u našem slučaju trsova vinove loze ili stabla maslina. Poznavanje stanja polarizacije reflektiranog zračenja uz spektralne potpise različitih objekata u daljinskom istraživanju dodaje još jednu dimenziju za analizu i interpretaciju podataka. Upravo ti parametri izuzetno su korisni kod pružanja vrijednih podataka za razlikovanje objekata na terenu i donošenje odluka ovisno o iščitanim vrijednostima.

4.3.1. Spektralna refleksija i spektralni potpis vegetacijskih čimbenika

Za interpretaciju i klasifikaciju podataka daljinskih istraživanja izrazito je bitna spektralna refleksija određenih elemenata na površini Zemlje. Analize satelitskih snimki nemaju smisao ako se vrijednosti ne znaju iščitati ili se ne razumije tehnička pozadina koja dovodi do rezultata. Primjerice što znače visoke razine određenih indeksa, a što niske, kako tlo, voda i lišće utječu i što iz toga svega možemo zaključiti. Što se tiče vegetacije, na spektralnu refleksiju utječu količina pigmenta (klorofil A i B), količina vode u lišću, reflektivna svojstva asimilacijskih organa, njihov položaj, reljef gornje površine vegetacije, fenološko i fiziološko stanje. Za potrebe ovog znanstvenog rada izrazito je bitno poznavati kako navedeni parametri utječu na vrijednost spektralnog potpisa kako bi se u konačnici odabrala najprikladnija metoda analize podataka i pravilno iščitati rezultati obrade.

Spektralna refleksija vegetacije preko spektra elektromagnetskog zračenja ovisi o :

1. pigmentaciji
2. fiziološkoj građi
3. sadržaju vlage u lišću

Učinak apsorpcije pigmentacije kod biljaka

Primarni pigmenti kod biljaka su klorofil a, klorofil b, B karoten i ksantofil, koji svi apsorbiraju vidljivu svjetlost za fotosintezu. Klorofil a i klorofil b, koji su važniji pigmenti, apsorbiraju dijelove plave i crvene svjetlosti; klorofil a apsorbira na valnim duljinama od 0,43 um, dok klorofil b apsorbira EM zračenje na valnim duljinama od 0,45 um do 0,65 um. Karotenoidni pigmenti, karoten i ksantofil, apsorbiraju plavo do zeleno svjetlo. Zaključno, sam klorofil u vegetaciji dobro apsorbira valove zračenja u crvenom i plavom dijelu vidljivog spektra, a odbija u zelenom. Iz tog razloga vegetaciju vidimo kao zelenu i promjenu boje lišća možemo povezati s promjenama godišnjih doba i količini upadnog zračenja odnosno količini svjetlosti u tim periodima.

Fiziološka struktura i refleksija u bliskoinfracrvenim područjima (Near-Infra red – NIR)

Prekidi u indeksima loma unutar lista određuju njegovu blisku refleksiju. Ti se diskontinuiteti javljaju između membrana i citoplazme unutar gornje polovice lista i što je još važnije između pojedinačnih stanica i zračnih prostora spužvastog mezofila unutar donje polovice lista. Kombinirani učinci lisnih pigmenata i fiziološke strukture daju svim zdravim zelenim listovima njihova karakteristična svojstva refleksije: niska refleksija crvene i plave svjetlosti, srednja refleksija zelene svjetlosti i visoka refleksija bliskog infracrvenog zračenja. Glavna razlika u refleksiji listova između vrsta ovisi o debljini lista, što utječe i na sadržaj pigmenta i na fiziološku strukturu. Na primjer, debeli plosnati list pšenice će imati tendenciju propuštati malo, a apsorbirati puno zračenja, dok će tanki list salate propuštati mnogo, a apsorbirati malo zračenja.

Učinak vlage u lišću

Refleksija lišća je smanjena kao rezultat apsorpcije tri glavne trake apsorpcije vode koje se pojavljuju blizu valnih duljina od 1,4 μm , 1,9 μm i 2,7 μm i dvije manje trake apsorpcije vode koje se pojavljuju blizu valnih duljina od 0,96 μm i 1,1 μm . Refleksija lista unutar ovih vrpca apsorpcije vode negativno je povezana s količinom vode u listu i debljinom lista. Međutim, voda u atmosferi također apsorbira zračenje u ovim pojasima apsorpcije vode i stoga je većina senzora ograničena na tri 'atmosferska prozora' koji nemaju apsorpciju vode na valnim duljinama od 0,3 do 1,3 μm ; 1,5 do 1,8 μm ; i 2,0 do 2,6 μm . Srećom, unutar ovih valnih područja, elektromagnetsko zračenje je još uvijek osjetljivo na vlagu lišća.

Učinak pozadine tla

Dvosmjerna refleksija tla ima značajan utjecaj na dvosmjernu refleksiju vegetacijske krošnje. Mogu se identificirati kombinacije tla/valnog pojasa koje nisu prikladne za daljinsko detektiranje vegetacije. Na primjer, na tlima tamnih tonova s niskom crvenom dvosmjernom refleksijom mala je promjena u crvenoj dvosmjernoj refleksiji krošnje s povećanjem indeksa lisne površine (*Leaf Area Index - LAI*) krošnje jer lišće ima slična svojstva refleksije kao i tlo. Na svijetlom tlu s visokom dvosmjernom refleksijom, odnos između bliske infracrvene dvosmjerne refleksije i LAI je slabiji nego na tamnom tlu, budući da je na tamnom tlu kontrast između lišća i tla visok u bliskim infracrvenim valnim duljinama.

Učinak starenja vegetacije

Kako vegetacija stari zbog starenja i usjev počinje sazrijevati, refleksija bliskog infracrvenog zračenja lista se značajno ne smanjuje. Međutim, razgradnja biljnih pigmenata rezultira povećanjem refleksije plavih i crvenih valnih duljina. Kao rezultat toga, postoji pozitivan odnos između dvosmjerne refleksije, na svakoj valnoj duljini, i indeksa lisne površine (LAI) stare vegetacije.

Učinak geometrije nadstrešnice

Geometrija vegetacijske krošnje odredit će količinu sjene koju vidi senzor i stoga će utjecati na osjetljivost dvosmjernih mjerenja refleksije na kutne varijacije na suncu i senzoru. Na primjer, refleksija hrapave krošnje drveća za razliku od glatke krošnje travnjaka uvelike ovisi o solarnom kutu.

Učinak fenologije

Sezonska promjena utječe na dvosmjernu refleksiju krošnje. Iz kvantitativnih studija poznato je da je za ne-listopadne krošnje (npr. travnjak) crvena dvosmjerna refleksija maksimizirana u jesen i minimizirana u proljeće, a bliska infracrvena dvosmjerna refleksija maksimizirana je ljeti i minimizirana zimi. Ti se odnosi mogu prikazati kao petlje histereze dvosmjerne refleksije. Svaki dijagram histereze sadrži očekivani uzorak, s manjim varijacijama za vegetaciju prirodnog rezervata i usjeve kukuruza i velikim varijacijama za usjeve pšenice i riže. Status navodnjavanja kao i indeks lisne površine (LAI) usjeva određuju dvosmjernu refleksiju usjeva riže; na primjer, ljeti vlažna pozadina tla smanjuje inače visoku dvosmjernu refleksiju usjeva u blizini infracrvenog zračenja.

Spektralna refleksija i spektralni potpis tla

Većina fluksa koji pada na površinu tla se reflektira ili apsorbira, a malo se prenosi. Svojstva refleksije većine tla su slična, s pozitivnim odnosom refleksije i valnih duljina. Pet karakteristika tla koje određuju njegova svojstva refleksije su, prema važnosti: sadržaj vlage, organski sadržaj, tekstura, struktura i sadržaj željeznog oksida. Svi su ti čimbenici međusobno povezani, na primjer

tekstura (udio čestica pijeska, mulja i gline) povezana je i sa strukturom (raspored čestica pijeska, mulja i gline u agregate) i sposobnošću tla da zadrži vlagu.

Utjecaj teksture tla, strukture i vlažnosti tla

Odnos između teksture, strukture i vlažnosti tla najbolje se može opisati s obzirom na dva različita tipa tla. Glinasto tlo nastoji imati jaku strukturu, što dovodi do hrapave površine pri oranju; glinena tla također imaju visok sadržaj vlage i kao rezultat imaju prilično nisku difuznu refleksiju. Nasuprot tome, pjeskovito tlo obično ima slabu strukturu, što dovodi do prilično glatke površine pri oranju; Pješčana tla također imaju nizak sadržaj vlage, a rezultat toga imaju prilično visoka i često zrcalna svojstva refleksije. U vidljivim valnim duljinama prisutnost vlage u tlu znatno smanjuje površinsku refleksiju tla. To se događa dok se tlo ne zasiti; u kojoj točki daljnji dodaci vlage nemaju učinak refleksije.

Refleksija u bliskim i srednjim infracrvenim valnim duljinama također je negativno povezana s vlagom tla. Povećanje vlažnosti tla rezultirat će brzim smanjenjem refleksije u valnim pojasima koji apsorbiraju vodu (H₂O) i hidroksil (H₂O) koji apsorbiraju na valnim duljinama sa središtem na približno 0,9 μm, 1,9 μm, 2,2 μm i 2,7 μm. Učinak apsorpcije vode i hidroksila vidljiviji je u glinenim tlima jer ta tla imaju mnogo vezane vode i vrlo jaka svojstva apsorpcije hidroksila.

Hrapavost površine (određena teksturom i strukturom) i sadržaj vlage u tlu također utječu na način na koji je reflektirano vidljivo i blisko infracrveno zračenje polarizirano. To je zato što kada se polarizirana sunčeva svjetlost zrcalno reflektira od glatke mokre površine, ona postaje slabo polarizirana do stupnja koji je pozitivno povezan s glatkoćom i vlažnošću te površine. Ovaj je učinak korišten za procjenu površinske vlažnosti tla pomoću senzora u zrakoplovu na visinama do 300 metara.

Organska tvar

Organska tvar u tlu je tamna i njezina prisutnost smanjuje refleksiju od tla do sadržaja organske tvari od oko 4-5 posto. Kada je sadržaj organske tvari u tlu veći od 5 posto, tlo je crno i svako daljnje povećanje organske tvari imat će mali učinak na refleksiju.

Spektralna refleksija i spektralni potpis vode

Većina toka zračenja koji pada na vodu se ili ne reflektira, već se apsorbira ili prenosi. U vidljivim valnim duljinama EMR-a malo se svjetlosti apsorbira, mala količina, obično ispod 5%, reflektira se, a ostatak se propušta. Voda snažno apsorbira NIR i MIR ostavljajući malo zračenja za refleksiju ili prijenos, što rezultira ostrim kontrastom između vodenih i kopnenih granica.

Čimbenici koji upravljaju varijabilnošću refleksije vodenog tijela su dubina vode, lebdeći materijal u vodi i hrapavost površine vode. U plitkoj vodi dio zračenja se ne odbija od same vode, već od dna vodenog tijela. Stoga, u plitkim bazenima i potocima često je temeljni materijal taj koji određuje svojstva refleksije vodenog tijela i boju u FCC. Među suspendiranim materijalima najčešći su neorganski sedimenti, tanin i klorofil. Učinak neorganskih muljeva i glina povećava raspršenje i refleksiju u vidljivim valnim duljinama.

Vodena tijela koja sadrže klorofil imaju svojstva refleksije koja nalikuju, barem djelomično, onima vegetacije s povećanom zelenom i smanjenom plavom i smanjenom crvenom refleksijom. Međutim, sadržaj klorofila mora biti dovoljno visok da bi se otkrile te promjene.

Hrapavost vodene površine također može utjecati na njezina svojstva refleksije. Ako je površina glatka, svjetlost se reflektira od površine, dajući vrlo visoku ili vrlo nisku refleksiju, ovisno o položaju senzora. Ako je površina vrlo hrapava, doći će do povećanog raspršenja na površini, što će zauzvrat povećati refleksiju.

4.3.2. Vegetacijski indeksi

Kako bi se odredila gustoća zelenila na određenoj površini Zemlje, potrebno je promatrati različite valne duljine vidljivog i blizuinfracrvenog Sunčeva zračenja reflektiranog s biljaka. Kada Sunčevo zračenje dolazi do biljaka, pigmenti u listovima (klorofili) apsorbiraju vidljivu svjetlost (od 0,4 do 0,7 μm) za upotrebu u fotosintezi. Struktura stanica lista reflektira blizuinfracrvenu svjetlost (od 0,7 do 1,1 μm). Što više listova posjeduje biljka, veći je utjecaj na valne duljine svjetla. Zbog toga vegetacija u vidljivom spektru izgleda potpuno drugačije nego u blizuinfracrvenom spektru. Na temelju blizuinfracrvenih i crvenih valnih duljina određuju se relativne količine vegetacije. Ako postoji više reflektirane energije u blizuinfracrvenom spektru nego u vidljivom spektru, tada je vegetacija u tom pikselu vjerojatno gusta i može sadržavati travnata područja.

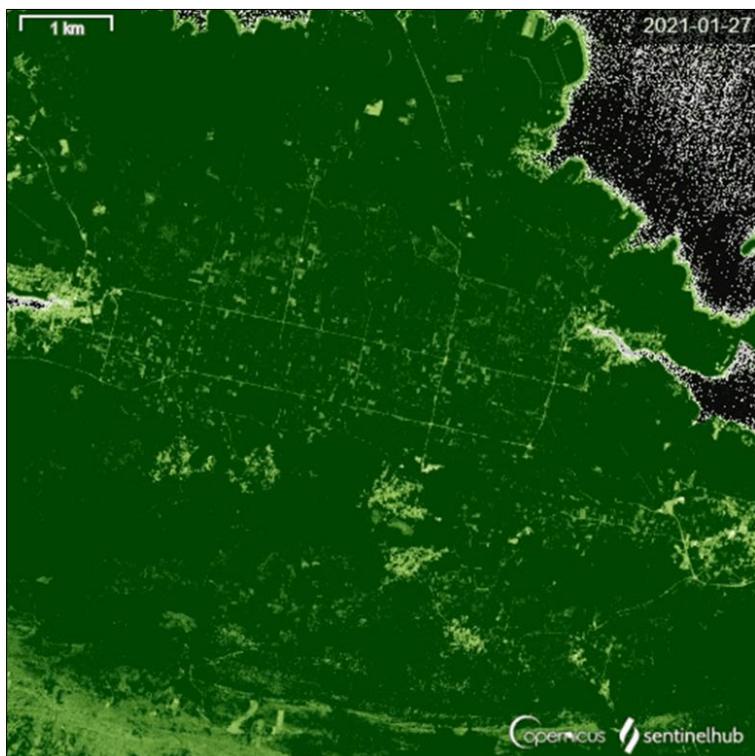
Jedan od najčešće korištenih vegetacijskih indeksa je **NDVI** (*Normalized Difference Vegetation Index*), a uz njega se vrlo često koriste varijacije u vegetacijskom indeksu lisne površine (**LAI**), indeksu prilagođen tlu koji (**SAVI**) prikazuje odnos vegetacije i gole zemlje. U poljoprivredi također vrlo visoku primjenu bilježi indeks normalizirane razlike vode (**NDWI**) te zeleni vegetacijski indeks (**GNDVI**).

Normalized Difference Vegetation Index

Postoji velik broj satelita koji mjere crvene i blizuinfračrvene valne duljine reflektirane s površine Zemlje. Pomoću algoritama izvorni satelitski podaci transformiraju se u snimke. Na temelju snimaka određenih kanala mogu se izračunati vegetacijski indeksi. Vegetacijski indeks indikator je koji opisuje zelenilo (relativnu gustoću i zdravlje vegetacije) svakog elementa slike (piksel) na satelitskoj snimci. Vegetacijski indeksi baziraju se na opažanju kako različite površine različito reflektiraju zračenje (Dong i sur., 2015).

Najčešći je vegetacijski indeks normalizirane razlike (*Normalized Difference Vegetation Index – NDVI*). To je indeks zelenila ili fotosintetske aktivnosti biljaka. Njegova biofizička interpretacija komadić je apsorbirane fotosintetske aktivnosti radijacije apsorbirane od površine (tla). Na NDVI utječe i velik broj drugih atributa, kao što su atmosferski uvjeti, skala snimke, vlaga vegetacije, vlaga tla, ukupni pokrov vegetacije, razlike u tipu zemlje, itd. NDVI ima smanjenu osjetljivost na promjene u količini vegetacije. To znači da se s povećanjem zelene vegetacije promjene u NDVI-u sve više smanjuju. Stoga prilikom visokih vrijednosti NDVI-a mala promjena u NDVI-u može označavati veliku promjenu u vegetaciji. Taj tip osjetljivosti problematičan je za analizu velikog područja s velikom količinom fotosintetski aktivne vegetacije (Pilaš i sur., 2014).

Vrijednosti NDVI-a nalaze se unutar intervala od -1 do $+1$. Područja pokrivena kamenjem, pijeskom ili snijegom obično pokazuju niske vrijednosti NDVI-a (0,1 ili manje). Rijetka vegetacija kao što je žbunje ili travnjak mogu rezultirati umjerenim vrijednostima NDVI-a (od 0,2 do 0,5). Visoke vrijednosti NDVI-a (0,6 – 0,9) odgovaraju gustom vegetaciji koja se može naći u umjerenim i tropskim šumama ili usjevima na vrhuncu rasta (sl.5.) (Huete i Jackson, 1987).



Slika 5. Vrijednost NDVI – Starogradsko polje (27.1.2022)
Izvor: Sentinel Hub EO Browser, 2022

Indeks lisne površine

Indeks lisne površine (engl. *Leaf Area Index*) biljne krošnje definira se kao lisna površina po jedinici površine tla. Drugim riječima, govori nam koliko bi slojeva lišća bilo na tlu kada bi svi pali i bili poredani točno jedan pored drugog. Indeks lisne površine (LAI) važan je parametar u ekologiji biljaka i preciznoj poljoprivredi. Budući da ukazuje na količinu lisne površine, ujedno predstavlja mjeru fotosintetske aktivne površine, a u isto vrijeme i površine podložne transpiraciji. To je također područje koje dolazi u kontakt s različitim zagađivačima zraka. LAI je nadalje pokazatelj koliko svjetla prolazi kroz krošnju; u slučaju višeslojne krošnje, LAI gornjeg sloja (na primjer sloja drveća) važan je za svjetlost koju prima donji sloj (prizemna vegetacija).

Vegetacijski indeks prilagođen tlu

S obzirom na učinak pozadine tla, zračenje crvenog spektra značajno raste kada je vegetacijski pokrov rijedak i obrnuto blisko infracrveno zračenje se smanjuje kako bi odnos između vegetacije i tla postao razumniji. Budući da NDVI ima nedostatke u opisivanju spektralnog

ponašanja vegetacije i pozadine tla, uspostavljen je indeks prilagođen tlu. Predstavlja modificirani NDVI, a primjenjuje se kada je potrebno otkloniti utjecaj atmosfere i tla na snimci sa smanjenim vegetacijskim pokrovom (Huete, 1988). Može se izračunati prema formuli:

$$SAVI = \frac{(1+L)(NIR-RED)}{NIR+RED+L}$$

gdje su: NIR zračenje u blisko infracrvenom dijelu spektra ($\lambda \approx 0.8 \mu\text{m}$), RED zračenje u crvenom dijelu spektra ($\lambda \approx 0.6 \mu\text{m}$) i L faktor prilagođavanja pozadini lišća. Faktor L je funkcija gustoće vegetacije i često zahtjeva prethodno poznavanje vegetacije. Vrijednosti ovog faktora kreću se u rasponu od minus jedan (-1) do plus jedan (+1) u ovisnosti od količine prisutne zelene vegetacije na nekom području. Za područja s visokom količinom zelene vegetacije, L se postavlja na nulu, dok područja s rijetkom vegetacijom zahtijevaju $L = 1$. Huete (1988) predlaže optimalnu vrijednost $L = 0.5$ kako bi se uzele u obzir varijacije pozadine tla prvog reda. Uzimajući u obzir prethodno, SAVI se može izračunati prema formuli:

$$SAVI = 1.5 * (NIR - RED) / (NIR + RED + 0.5),$$

Indeks normalizirane razlike vode

Indeks normalizirane razlike vode (engl. *Normalized Difference Water Index – NDWI*) dizajnirao je McFeeters (1996) kako bi maksimizirao refleksiju vode koristeći zeleni dio spektra i smanjujući refleksiju NIR-a na vodenim površinama, te koristeći prednosti visoke refleksije u NIR dijelu elektromagnetskog spektra za vegetaciju i tlo. NDWI se može izračunati prema formuli:

$$NDWI = \frac{GREEN-NIR}{GREEN+NIR}$$

gdje su: NIR zračenje u blisko infracrvenom dijelu spektra ($\lambda \approx 0.8 \mu\text{m}$), GREEN zračenje u crvenom dijelu spektra ($\lambda \approx 520 - 565 \text{ nm}$).

Zeleni vegetacijski indeks normalizirane razlike

Zeleni vegetacijski indeks normalizirane razlike (engl. *Green Normalized Difference Vegetation Index – GNDVI*) zeleni je NDVI, te umjesto crvenoga kanala upotrebljava zeleni kanal. Mnoge studije su pokazale kako je zeleni kanal u velikoj korelaciji s vegetacijskim parametrima (Vela i sur., 2017). Neka su istraživanja pokazala kako zeleni dio spektra ima bolju osjetljivost na klorofil od crvenog dijela spektra te je zbog toga nastao GNDVI, koji je pokazao veću korelaciju s indeksom površine lista (engl. *Leaf Area Index – LAI*) od NDVI-ja (Wang i sur., 2007). GNDVI se može prema formuli:

$$GNDVI = \frac{NIR - GREEN}{NIR + GREEN},$$

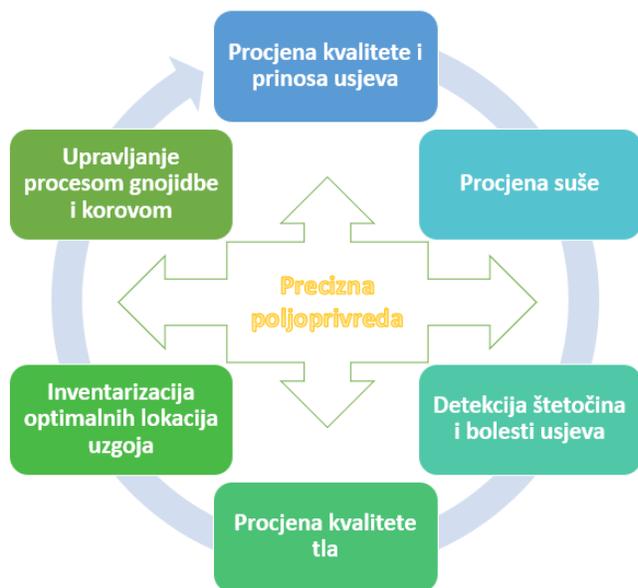
gdje su: NIR zračenje u blisko infracrvenom dijelu spektra ($\lambda \approx 0.8 \mu\text{m}$), GREEN zračenje u crvenom dijelu spektra ($\lambda \approx 520 - 565 \text{ nm}$).

5. PRIMJENA SVEMIRSKIH PROSTORNIH PODATAKA U POLJOPRIVREDI

Primjena produkata svemirskih prostornih podataka u poljoprivredi u posljednjih desetak godina potiče značajan interes za kreiranjem znanstveno-istraživačkih radova i projekata. U razdoblju između 2010. i 2021. godine Mathenge i sur. (2022) identificirali su 2 113 međunarodnih znanstvenih radova koji su se bavili primjenom produkata GIS tehnologije u poljoprivredi, pri čemu je 40 znanstvenih radova bilo izravno usmjereno na istraživanje mogućnosti primjene svemirskih (EO) prostornih podataka u poljoprivredi (sl. 6.).

Slijedom navedenog, identificirano je šest temeljnih područja primjene produkata svemirskih prostornih podataka u poljoprivredi:

- procjena kvalitete i prinosa usjeva
- procjena suše
- detekcija štetočina i bolesti usjeva
- upravljanje procesom gnojidbe i korovom
- procjena kvalitete tla
- inventarizacija optimalnih lokacija uzgoja



Slika 6. Područja primjene produkata svemirskih prostornih podataka u poljoprivredi
Izvor: autorska prilagodba prema Mathenge i dr., 2022

Navedena područja primjene integrirane su sastavnice koncepta precizne poljoprivrede, koji se temelji na korištenju i primjeni produkata svemirskih prostornih podataka u razvoju i unaprjeđenju poljoprivrede. Preciznu poljoprivredu, pritom, možemo definirati kao pristup upravljanja poljoprivrednim gospodarstvom na načelima provjerenih, prikupljenih, stvarnih i vidljivih podataka, koji omogućuju donošenje pravilnih i pravovremenih odluka upravljanja, a sve zahvaljujući korištenju suvremene tehnologije za monitoring, prikupljanje, analiziranje, prikazivanje i upravljanje

5.1. Procjena kvalitete i prinosa usjeva

Kako bi se kvalitetno i pravovremeno procijenio prinos usjeva različitih poljoprivrednih kultura razvijeni su brojni modeli procjene prinosa usjeva (*Crop Growth Models - CGM*). Postoji nekoliko osnovnih razloga zašto su ti modeli razvijeni. Prvi od njih je postojanje modela kao istraživačkog alata za razumijevanje i analizu procesa i rasta usjeva. Drugo, za dijagnostičku procjenu i analizu u kratkim vremenskim okvirima za upravljanje sustavima usjeva uz pomoć primjene vode i gnojiva, budući da modeli mogu pružiti pomoć u donošenju odluka tijekom različitih faza sjetve i berbe za poljoprivrednika. Treće, modeli mogu dati dugoročne prognostičke informacije za razvoj najboljih praksi upravljanja ili procjenu učinaka klimatskih promjena na poljoprivredu. Različiti modeli prilagođavaju se ovisno o poljoprivrednoj kulturi i podneblju koje se analizira. Veliki napredak u točnosti modela pridonijela je integracija prostornih podataka i podataka s terena sa multispektralnim satelitskim snimkama visoke rezolucije i metodama daljinskih istraživanja (Machwitz i sur., 2014).

Konkretno, svemirski program, Europske svemirske agencije - Copernicus, svojim besplatnim i lako dostupnim proizvodima uvelike doprinosi razvoju precizne poljoprivrede. Program Copernicus pomaže u procjeni upotrebe poljoprivrednog zemljišta, stanja usjeva i *predviđanja prinosa*. Druge prednosti uključuju upravljanje ulaznim informacijama, vođenje evidencije o upravljanju gospodarstvom i upravljanje navodnjavanjem (Copernicus Land Monitoring Service, 2022). Uz podatke satelitske misije Sentinel, dostupni su i podaci satelitske misije Landsat, a uz njih za visokoprecizne procjene moguće je primjenjivati snimke visoke rezolucije komercijalnih misija kao što je WorldView-2 koje dostižu i centimetarske točnosti. Sve navedene snimke koriste se za izračun vegetacijskih indeksa koji daju uvid u različita stanja vegetacije i tla.

Za potrebe procjene prinosa usjeva i izradu karata i studija predviđanja prinosa najčešće se primjenjuju, već spomenuti, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Leaf Area Index (LAI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) i razne inačice NDVI-a kao što je Normalized Difference Water Index (NDWI) i sl. Navedeni indeksi najveću točnost postižu kombinacijom dva i više indeksa na istom području uz korelaciju s podacima o količini usjeva (ploda) sa terena.

Uz NDVI kao standardni vegetacijski indeks za prikaz zdravlja biljaka sve češća je korelacija s LAI vegetacijskim indeksom. Leaf Area Index važan je pokazatelj pretvorbe energije i ravnoteže vode u biljci. U konačnici, predstavlja pouzdan indikator rasta biljaka. Upravo iz tog razloga većina studija u agronomiji i hortikulturi mjeri rezultate intervencija kao što su prinos, količina gnojiva i navodnjavanje kroz vrijednosti LAI-a. Budući da je lišće neophodno za fotosintezu i proizvodi najveći dio biomase, broj lišća (i LAI) također će utjecati na prinos. Štoviše, većina simulacijskih modela usjeva koristit će LAI za predviđanje prinosa, s obzirom na njegovu važnost u procjeni učinka okolišnih čimbenika na biljke. Međutim, odnos između LAI biljaka i prinosa nije jednostavan i varirat će s vrstama usjeva i različitim životnim stadijima biljke. Stoga se LAI može mjeriti u različitim fazama biljnog ciklusa kako bi se točno izračunao optimalni prinos. Usporedbe vrijednosti LAI-a kroz nekoliko uzastopnih godina dobar su način procjene kvalitete razvoja i napretka usjeva (CID Bio-Science, 2022).

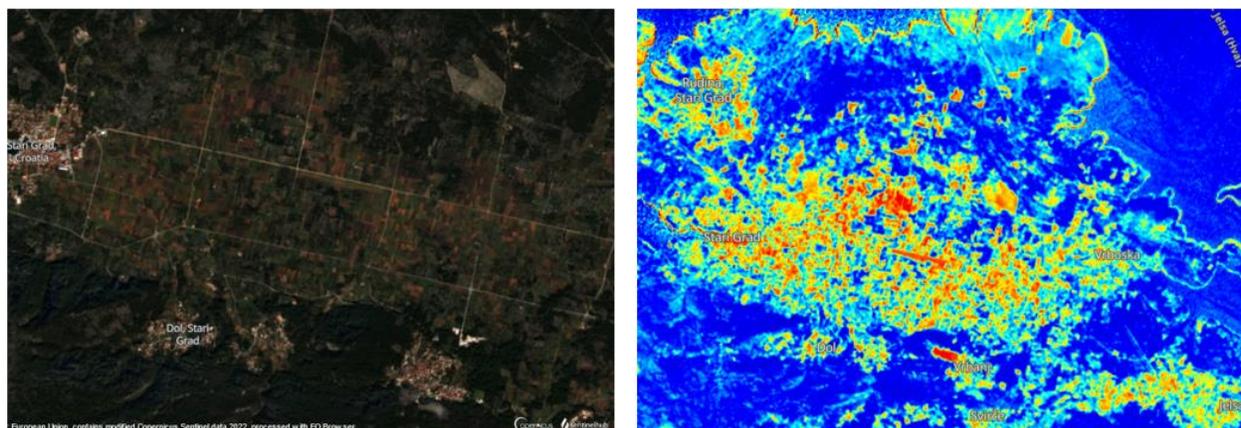
Predviđanje prinosa usjeva prije same berbe je ključno, posebice u predjelima koja karakteriziraju klimatske nesigurnosti. Postizanje maksimalnog prinosa usjeva uz najmanja ulaganja krajnji je cilj poljoprivrednika u njihovoj težnji prema ekonomski učinkovitoj poljoprivrednoj proizvodnji. Rano otkrivanje problema povezanih s prinosom usjeva može uvelike pomoći u smanjenju gubitka i postizanju ciljanog prinosa i dobiti (Al-Gaadi i sur., 2016).

5.2. Procjena suše

Dostupnost (besplatnih) globalnih podataka o prostorno-vremenskim varijacijama parametara koji pokreću Zemljine kopnene, vodene i energetske cikluse, poput stope evapotranspiracije i površinske vlažnosti tla, od ključne su važnosti za razvoj poljoprivredne djelatnosti. Vodeni i energetske ciklusi izravno utječu na globalnu sigurnost hrane i vode, a u posljednjih nekoliko godina sve je vidljiviji naglašeni utjecaj klimatskih promjena na iste. U posljednjih nekoliko desetljeća, razvojem znanosti i metoda EO sektora (opažanja Zemlje iz

svemira), unaprijedio se i proces praćenja i predviđanja stupnja evapotranspiracije i površinske vlažnosti tla (Petropoulos i dr., 2018).

Uporabom produkata svemirskih prostornih podataka moguće je izvršiti procjenu i modeliranje obrazaca rizika pojave suše u poljoprivredi, praćenje uvjeta nastanka suše te generirati karte ranjivosti (rizika) na sušu (Alshaikh, 2015). Jedan od najkorisnijih vegetacijskih indeksa za procjenu suše u poljoprivredi je indeks vlažnosti tla (eng. *NDMI - Normalized Difference Moisture Index*), koji prikazuje intenzitet stresa biljaka prouzrokovan sušom (sl. 7.).



Slika 7. Detekcija vlažnosti tla Starogradskog polja - rujan 2022. (lijevo *True Color*, desno *NDMI*)
Izvor: Sentinel Hub EO Browser, 2022

5.3. Detekcija štetočina i bolesti usjeva

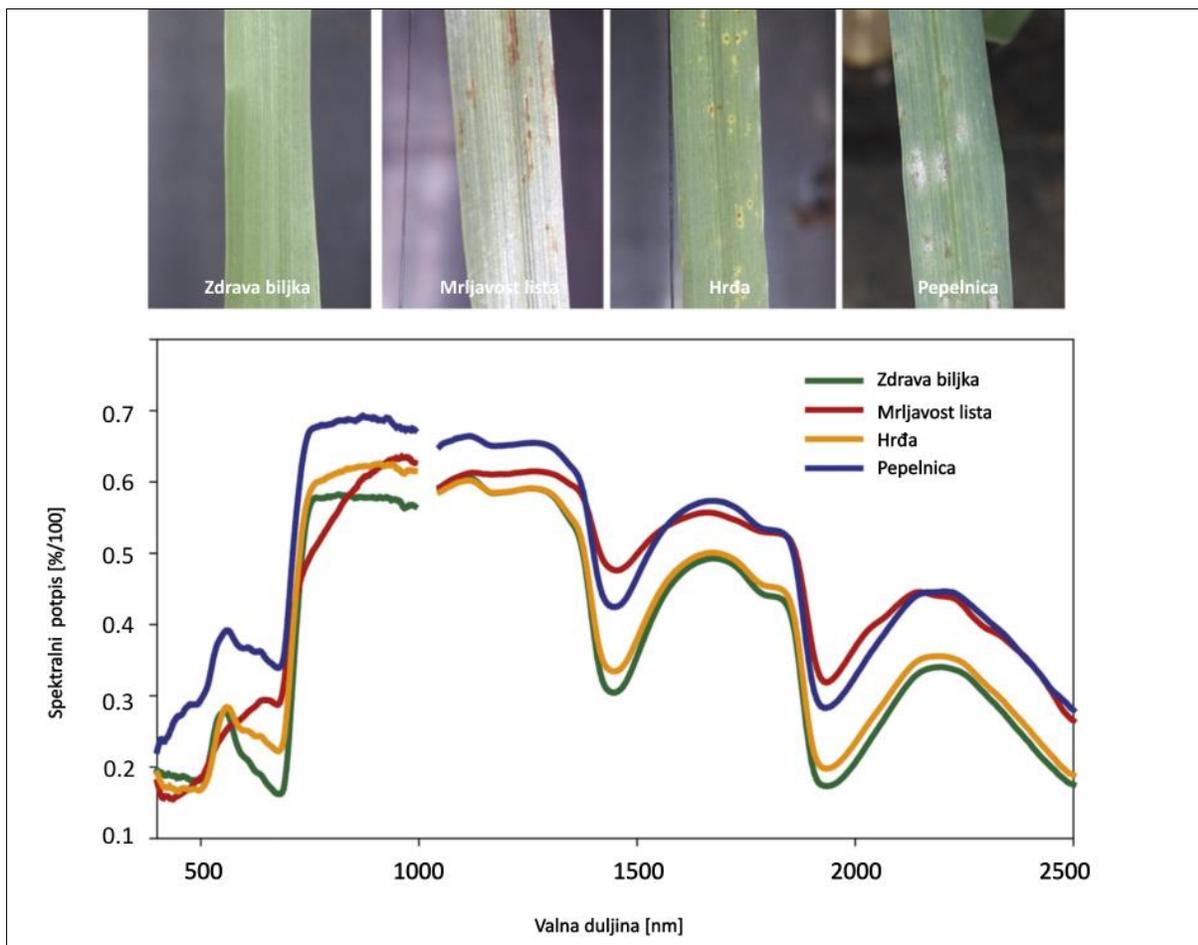
Precizne procjene učestalosti bolesti biljaka, ozbiljnosti bolesti i negativnih učinaka bolesti na kvalitetu i količinu poljoprivrednih proizvoda važne su za ratarstvo, hortikulturu, oplemenjivanje bilja i za poboljšanje učinkovitosti fungicida kao i za istraživanje biljaka. Pouzdane i pravovremene procjene pojave i širenja biljnih bolesti temelj su za planiranje ciljanih aktivnosti zaštite bilja u poljskoj ili stakleničkoj proizvodnji te za prognozu vremenskog i prostornog širenja bolesti u pojedinim uzgojnim regijama. Uobičajene metode za dijagnozu i otkrivanje biljnih bolesti uključuju vizualnu procjenu biljnih bolesti od strane ljudi, mikroskopsku procjenu morfoloških značajki za identifikaciju patogena, kao i molekularne, serološke i mikrobiološke dijagnostičke tehnike (Bock i sur., 2010).

Uz spomenute standardne laboratorijske metode i metode uzorkovanja, korelacija rezultata različitih vegetacijskih indeksa temeljenih na satelitskim snimkama te primjena različitih senzorskih sustava omogućuju otkrivanje ranih promjena u fiziologiji biljaka uslijed biotičkih

stresova, jer bolest može uzrokovati promjene u boji tkiva, obliku lista, brzini transpiracije, morfologiji krošnje i gustoći biljke kao i varijacije u interakciji sunčevog zračenja s biljkama (West i sur., 2010).

Snimke već spomenutih satelitskih misija Landsat i Sentinel, prostorne rezolucije od 30m i 10m omogućuju detekciju i tretiranje zaraze kao što je i dokazano kroz desetke radova. Uz navedene misije, napredovanje senzora i popularizacija komercijalnih satelita omogućila je sve češću i širu primjenu satelitskih podataka uz značajno povećanje preciznosti detekcije zbog povećanja prostorne rezolucije samih senzorskih sustava i kamera ugrađenih na satelitima. Primjerice, satelitske snimke komercijalne misije QuickBird, u jednoj od znanstvenih studija, korištene su za otkrivanje pepelnice i lisne hrđe kod pšenice, dok su u drugom slučaju korištene za detekciju bazalne truleži stabljike uljane palme. Postignuti su rezultati visoke točnosti kod infekcija većih razmjera i kasnijim fazama rasta (Franke i Menz, 2007; Santoso i sur., 2011). Također, snimke SPOT-6 i WorldView-2 satelitskih misija korištene su u znanstvenim radovima za dokazivanje mogućnosti detekcije bolesti žitarica i ozelenjivanja citrusa, prvenstveno zbog visoke prostorne rezolucije samih snimki (Yuan i sur., 2016; Li i sur., 2015). Uz satelitske snimke sve je češća primjena bespilotnih letjelica, posebice za nasade manjih površina i bolesti i štetočina koje obuhvaćaju manje površine biljaka. Tako su se u jednoj od primjena, snimke bespilotnih letjelica primijenile u detekciji bolesti grožđa - *Flavscenee doree* (Albetis i sur., 2017; Chenghai Y., 2020).

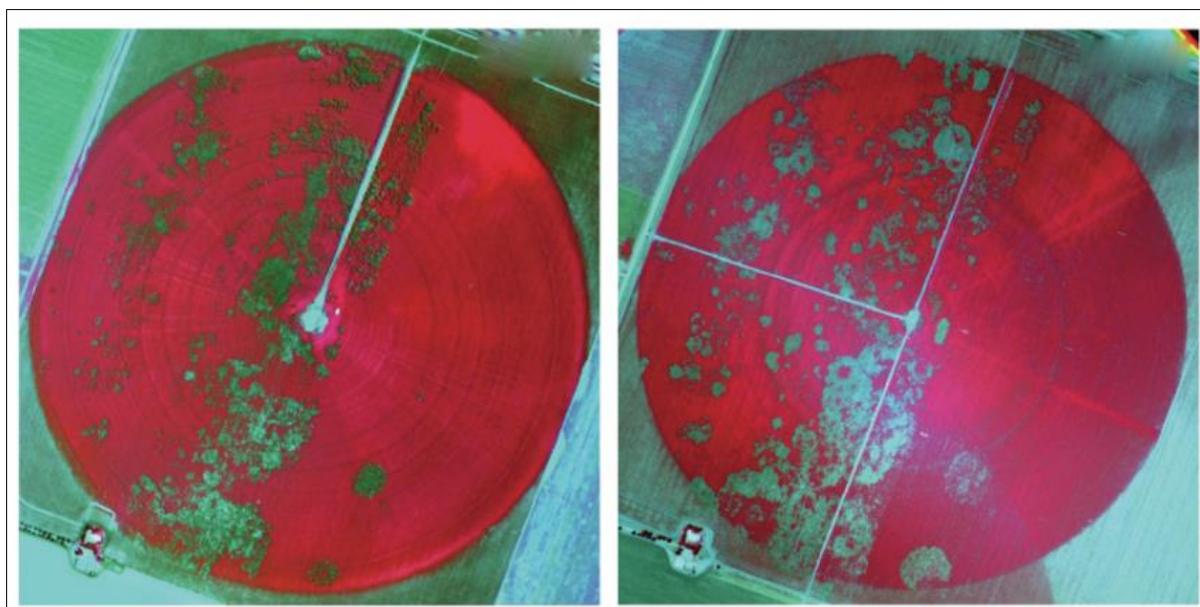
Biljka koja se nalazi u stresnim uvjetima (induciranim bolešću) reagira zaštitnim mehanizmima koji dovode do suboptimalnog rasta koji se očituje kao promjene u varijablama kao što su indeks lisne površine (LAI), sadržaj klorofila ili površinska temperatura; stvarajući tako spektralni potpis koji se razlikuje od potpisa zdrave vegetacije bez stresa. Kada su biljke izložene patogenima, one aktiviraju obrambene reakcije čiji su molekularni mehanizmi vrlo složeni. U ranim fazama, kada nisu prisutni vizualni simptomi kao što su lezije na površini lista, biljke reagiraju na prisutnost patogena fiziološkim mehanizmom kao što je smanjenje stope fotosinteze, što uzrokuje povećanje fluorescencije i emisije topline (West i sur., 2003). Ukratko, daljinska istraživanja mogu pružiti informacije o fiziološkim procesima koji se odvijaju u uvjetima stresa, kao što su učinci pasivne fluorescencije ili rasipanje toplinske energije, i parametrima biljke (pigmenti lišća, sadržaj vode i sadržaj klorofila) koji pokazuju stvarno stanje (sl. 8.), a mogu se očitati analizom satelitskih snimki i spektralnih karakteristika različitih stanja biljaka (Martinelli i sur., 2015).



Slika 8. Spektralni potpisi lišća ječma oboljelog od mrljavosti, hrđe i pepelnice
 Izvor: Mahlein, A.K., 2016

Zračne i satelitske snimke poljoprivrednih područja, dobivene tijekom vegetacijskih sezona, koriste se ne samo za rano otkrivanje i unutar sezonsko upravljanje bolestima usjeva, već i za kontrolu učestalih bolesti u narednim sezonama i planiranje korištenja fungicida i ostalih preventivnih sredstava u poljoprivredi. Primjena satelitskih snimki u svrhu detekcije „zdravih,“ i „zaraženih“ dijelova parcela omogućava primjenu tehnologije *promjenjive količine ili varijabilne doze*. (Chenghai Y., 2020). Upravo navedena tehnologija omogućuje poljoprivrednicima apliciranje različite količine određenog materijala na različite dijelove parcele ovisno o opsegu širenja zaraze. Primjerice, preciznom detekcijom zaraženih zona pomoću satelitskih snimki i njihovom obradom te izdvajanjem od zdravih nasada, moguće je aplicirati veće količine fungicida i ostalih materijala na zaražena područja. U ovisnosti od vrste bolesti te ako bolest ima tendenciju

sezonskog pojavljivanja unutar sličnih zona, uzastopnim praćenjem kroz nekoliko godine i izrada karata zaraze, moguće je suzbiti samo pojavljivanje bolesti apliciranjem fungicida i ostalog materijala prije predviđene pojave bolesti. Yang (2020) daje uvid primjere detekcije i mapiranja zaraženih dijelova usjeva u kojem se tehnologije daljinskih istraživanja koriste za otkrivanje i mapiranje truleži korijena pamuka, destruktivne gljivične bolesti koja se prenosi tлом, na poljima pamuka. Uz detekciju promjena pomoću satelitskih snimki, opisana je i primjena fungicida na zaraženim zonama prikazanih na karata za učinkovitu kontrolu bolesti (sl. 9.). Slika predstavlja dvije snimke dobivene kombinacijom bliskog infracrvenog (NIR) i infracrvenog kanala (IR). Na slici se nalazi polje pamuka na području Teksasa a) 2001. i b) 2011. godine pred kraj vegetacijske sezone. Zdravi usjevi vidljivi su kao crvena područja dok su zaraženi dijelovi zeleno-plave boje. Daljnjom analizom izračunato je da su zaražena područja iznosila a) 14%, odnosno b) 18% ukupne površine polja.



a)

b)

Slika 9. Detekcija zaraženih dijelova uzgoja

Izvor: Yuan i dr., 2016

Nekoliko je pozitivnih čimbenika koji proizlaze kod ovakvog načina primjene fungicida i gospodarenja zemljištem. Jedna od njih je ušteda, jer za razliku od ustaljene *tehnologije uniformne količine*, gdje se jednolika količina materijala primjenjuje na svim dijelovima parcele ovim

načinom racionalizira se količina upotrebe materijala. Isto tako, bitna činjenica je da se samo tlo se ne izlaže nepotrebnim materijalima i sredstvima, što posebice utječe i na kvalitetu budućih usjeva.

5.4. Upravljanje procesom gnojidbe i korovom

U prethodnom poglavlju spomenuli dva načina tretiranja polja kroz domenu primjene pesticida – *tehnologiju uniformne količine* i *tehnologiju varijabilne količine ili promjenjive doze*. U ovom poglavlju iste tehnologije ili metode nalaze primjenu i prilikom korištenja gnojiva na poljoprivrednim područjima. Konvencionalni uzgoj temelji se na tehnologiji uniformne količine poljoprivrednih materijala (sjeme, pesticidi, gnojivo) na cijeloj poljoprivrednoj parceli. Takva poljoprivredna parcela smatra se jedinstvenim homogenim područjem, čije se trenutno stanje tla i svojstava usjeva utvrđuje kao prosječna vrijednost višestrukih diskretnih točaka promatranja unutar parcele. Takav pristup rezultira optimalnom prosječnom primjenom poljoprivrednih materijala jednoliko na parceli, ali njihova distribucija ne uzima u obzir postojeće varijabilnosti unutar polja odnosno polje se analizira kao homogena cjelina. Recentno istraživanje Brayden i sur. (2022) potvrdilo je i preciziralo mogućnosti određivanja točne potrebe za dušičnim gnojivima na specifičnim lokacijama na polju za kulturu kukuruza (sl. 10.).

Tretiranje parcele kao homogene cjeline najčešće rezultira neadekvatnim uvjetima uzgoja usjeva. Nedostatak ili višak određenih tvari stvaraju ozbiljne poteškoće kod poljoprivrednog uzgoja. Činjenica je da nedostatak hranjivih tvari uzrokuje gubitke u proizvodnji dok višak hranjivih tvari koji se stvara u pojedinim dijelovima uzrokuje nepotrebno onečišćenje okoliša i višak troškova. Rješenja ovih i sličnih problema nudi primjena precizne poljoprivrede i metoda daljinskih istraživanja. Kod metoda precizne poljoprivrede parcela se tretira kao heterogena cjelina. Količina poljoprivrednih materijala prilagođena je zahtjevima specifičnih dijelova područja tretiranja, što rezultira optimalnim stanjem tla i svojstava usjeva. Osim optimalne raspodjele poljoprivrednih materijala, pristup precizne poljoprivrede obično rezultira njihovom manjom količinom, što poljoprivrednicima omogućuje uštedu novca (Jurišić i sur., 2021).

Precizna gnojidba jedan je od najvažnijih aspekata precizne poljoprivrede, omogućavajući 5-45% uštede gnojiva bez pada u prinosu usjeva, u usporedbi s konvencionalnim pristupom (Colaço i Bramley, 2018). To se posebno odnosi na gnojidbu dušikom, koja je u posljednje vrijeme bila dominantan predmet istraživanja precizne gnojidbe. Dva opća pristupa preciznoj gnojidbi mogu se podijeliti na *pristup temeljen na karti* i *pristup temeljen na sensorima*.

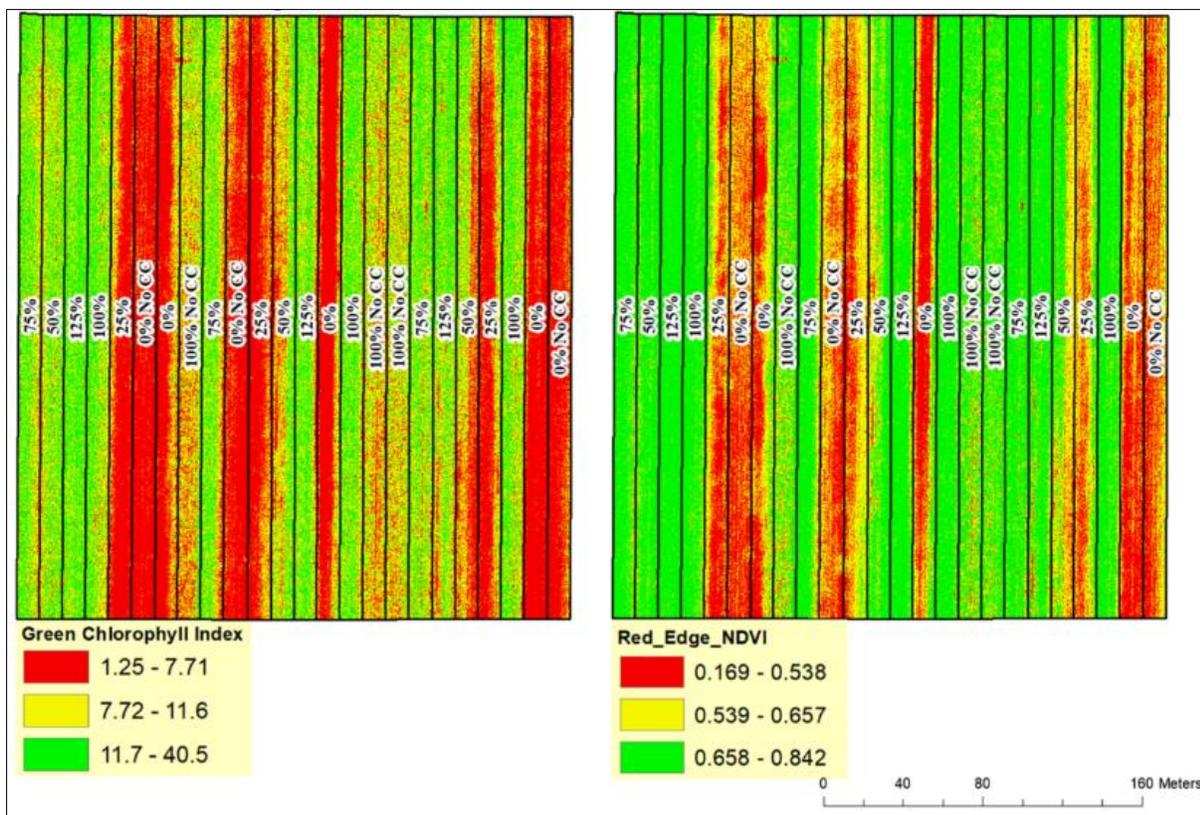
Pristup temeljen na karti namijenjen je predstjetvenoj gnojidbi, temeljen na uzorkovanju tla i laboratorijskoj analizi hranjiva u tlu. To rezultira vrlo preciznim kartama, ali je cijeli proces vremenski neučinkovit u usporedbi s pristupom temeljenim na sensorima.

Pristup temeljen na sensorima uključuje tehnologiju daljinskog očitavanja putem bespilotnih letjelica, senzora na satelitima ili senzora usjeva za određivanje sadržaja dušika u usjevima putem vegetacijskih indeksa, prvenstveno NDVI i indeksa normalizirane razlike crvenog ruba (engl. *NDRE*). Ovi vegetacijski indeksi međusobno se nadopunjuju i daju visoku korelaciju sa sadržajem dušika u usjevima (Amaral i sur., 2015).

Uz gnojidbu i obogaćivanje tla, sličan problem pojavljuje se kod tretiranja korova. Konvencionalnim pristupom, parcela se tretira jednolično neovisno o količini korova duž parcele. Prisutnost korova na poljoprivrednim parcelama može smanjiti potencijalni prinos poljoprivrednih usjeva do 35%.

Detekcija korova u ranoj fazi rasta poljoprivrednih kultura temelji se na geometrijskoj determinaciji redova usjeva i na odjeljku vegetacije koji se nalazi izvan redova usjeva. Korištenjem binarne klasifikacije i Houghove transformacije na digitalnom ortofoto snimku postiže se pouzdano određivanje redova u poljoprivrednim usjevima. Dijelovi poljoprivrednih parcela izvan redova usjeva su naknadno klasificirani prema spektralnim vrijednostima, s ciljem razlikovanja vegetacije od tla (Zwiggelaar, 1998).

Kod detekcije korova u kasnoj fazi, naglasak je na diferencijaciji spektralnih vrijednosti poljoprivrednih usjeva koji su tada suhi i poprimaju nijanse smeđe boje i zeleno obojenog korova (López-Granados, 2011.). Zbog principa kompetitivnosti biljaka, u kasnom razvojnom stadiju poljoprivrednih kultura preživjeti će samo korovi približne ili veće visine u odnosu na poljoprivredne kulture, pri čemu ih je moguće detektirati snimanjem sa satelita ili sensorima sa bespilotnih letjelica. Tematska karta zakorovljenosti u kasnoj fazi usjeva služi za validaciju provedenih mjera suzbijanja korova u ranoj fazi i kao osnova za tretiranje korova u sljedećoj sjetvenoj sezoni, kako bi prostorni raspored korova na poljoprivrednim parcelama bio godišnje stabilan. (Koger i sur., 2003.).

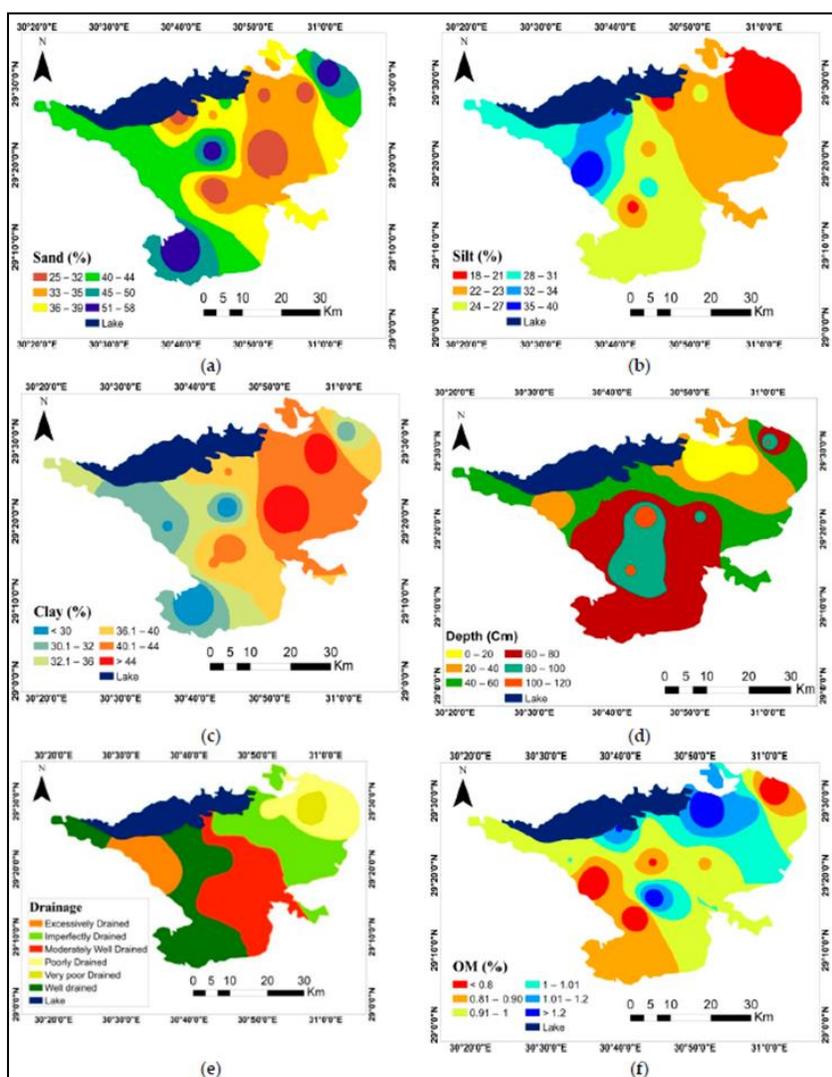


Slika 10. Detektiranje precizne potrebe za dušičnim gnojivima u usjevima kukuruza
Izvor: Brayden i sur., 2022

Daljinsko otkrivanje nedostatka dušika u kukuruzu može biti jedan od načina da se primjena dušičnih gnojiva približi specifičnim potrebama za dušikom. Šest vegetacijskih indeksa (normalizirani diferentni vegetacijski indeks (NDVI), zeleni normalizirani diferentni vegetacijski indeks (GNDVI), crveni rub normalizirani diferentni vegetacijski indeks (RENDVI), trokutasti indeks zelenila (TGI), normalizirani vegetacijski indeks područja (NAVI) i indeks klorofila-zelenog (CIgreen) korišteni su za otkrivanje nedostatka dušika i predviđanja prinosa zrna kukuruza. Podaci daljinskog istraživanja prikupljeni su tjedno bespilotnim zrakoplovnim sustavom (UAS) opremljenim multispektralnim i toplinskim senzorom. Procijenjeni su odnosi između vrijednosti indeksa, količine dušičnog gnojiva i stadija rasta kukuruza. Green NDVI, RENDVI i CIgreen imali su najjaču povezanost s tretiranjem dušičnim gnojivima. Indeks klorofila-zeleni i GNDVI su bili najbolji prediktori prinosa zrna kukuruza rano u vegetacijskoj sezoni kada je primjena dodatnog dušika još uvijek bila agronomski izvediva.

5.5. Procjena kvalitete tla

Kvaliteta tla jedan je od ključnih segmenata razvoja poljoprivredne djelatnosti u prostoru. Svemirski prostorni podaci, upotpunjeni metodama GIS modeliranja, pružaju nove mogućnosti za procjenu kvalitete tla. Prvenstveno se to odnosi na uspostavu prostornih modela za procjenu kvalitete tla u kombinaciji s in-situ podacima o fizičkim, kemijskim i biološkim svojstvima tla te digitalnim modelom reljef, koje se u konačnici upotpunjuju produktima satelitskih snimki (Shokr i dr., 2021). Prilikom prostornog modeliranja kvalitete tla određenog područja često se koristi indeks kvalitete tla (tzv. *SQI - soil quality index*), pomoću kojeg se vrši prostorno modeliranje fizičkih, kemijskih i bioloških svojstava tla na temelju zadane metodologije (sl. 11.).

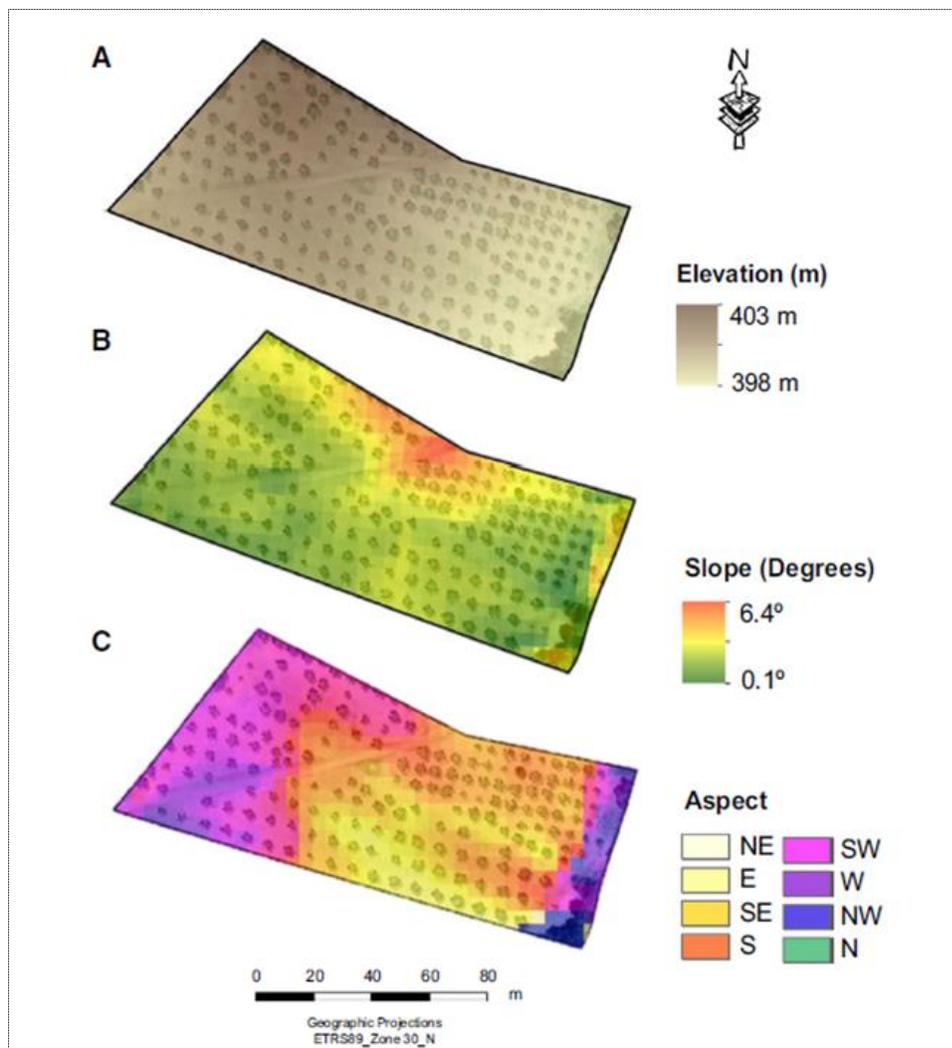


Slika. 11. Digitalno kartiranje pedoloških parametara - El Fayoum depresija (Egipat)

Izvor: Shokr i dr., 2021

5.6. Inventarizacija optimalnih lokacija uzgoja

Korištenjem produkata svemirskih prostornih podataka ima izrazito visoku primjenjivost u inventarizaciji optimalnih lokacija uzgoja poljoprivrednih kultura u određenom (mikro)geografskom području. Razvoj, rast i prinos gotovo svih biljnih vrsta uvelike je determiniran prirodno-geografskim lokacijskim čimbenicima, prvenstveno geomorfološkim (sl. 12.).



Slika 12. Inventarizacija optimalnih lokacija uzgoja poljoprivrednih kultura

Izvor: Rubio Delgado i dr., 2021

Programskom analizom satelitskih snimaka, vrijednosti digitalnog modela reljefa, parametara vlažnosti tla i količine padalina te koristeći se, pritom, klasifikacijskim metodama strojnog učenja te multikriterijskim odlučivanjem, moguće je razviti i uspostaviti primjenjive modele

inventarizacije optimalnih lokacija uzgoja poljoprivrednih kultura, ovisno o razvojnim potrebama i posebnostima pojedine biljke. Jedan od takvih primjera je GIS model inventarizacije optimalnih lokacija uzgoja otoka Hvara, kojeg su 2017. godine razvili Morić-Španić i Fuerst-Bjeliš. Poseban naglasak, pritom, su stavili na uzgoj autohtonih biljnih kultura lavande, masline i vinove loze.

6. PERSPEKTIVE RAZVOJA POLJOPRIVREDE SREDNJODALMATINSKIH OTOKA KORIŠTENJEM SVEMIRSKIH PROSTORNIH PODATAKA

Uvidom u mogućnosti korištenja svemirskih prostornih podataka u poljoprivredi, na primjerima raznih poljoprivrednih kultura, dokazana je vrlo visoka razina primjenjivosti istih u procesima pripreme, planiranja, razvoja i upravljanja razvojnim ciklusima poljoprivrednih kultura.

Korištenje svemirskih prostornih podataka omogućuje vinogradarima i maslinarima optimiziranje procesa donošenja odluka dobivajući informacije o varijabilnosti prinosa iz spomenutih satelitskih snimaka. Upravo ti podaci im omogućuju da pravovremenim odlukama, utemeljenim na rezultatima analiza iz snimki, povećaju kvalitetu vina i ulja.

Poznato je kako je za proizvodnju kvalitetnih vina potreban je adekvatan odabir ploda koje će biti uključeno u proces proizvodnje vina. Sve je češća primjena širokopojasnih vegetacijskih indeksa iz satelitskih podataka koji se odnose na vegetaciju, klorofil, karotenoide, omjer karotenoid/klorofil i antocijane, kako bi se dobio uvid u zrelost i zdravlje ploda. Pritom se posebno ističe upotreba NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) za upravljanje selektivnom berbom i povezivanje čimbenika kvalitete, na primjer, šećera i kiselosti, s njom.

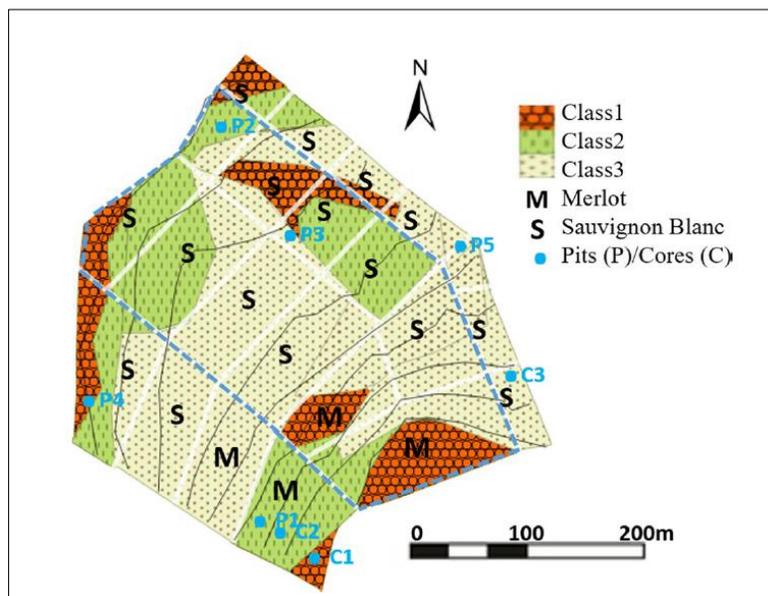
Zaključno, dodatna vrijednost uporabe svemirskih prostornih podataka u maslinarstvu i vinogradarstvu srednjodalmatinskih otoka može se ostvariti kroz svih šest područja primjene: procjena kvalitete i prinosa usjeva, procjena suše, detekcija štetočina i bolesti usjeva, upravljanje procesom gnojidbe i korovom, procjena kvalitete tla i inventarizacija optimalnih lokacija uzgoja (sl. 6.). U nastavku će biti navedene mogućnosti primjene nekolicine navedenih, uzevši u obzir specifičnosti poljoprivredne proizvodnje istraživanog područja.

6.1. Primjena svemirskih prostornih podataka u vinogradarstvu

Kroz razne poljoprivredne primjene, dokazano je da je vrijednost NDVI-a linearno povezana s površinom lista, dozrijevanjem plodova, zarazama i bolestima, statusom vode, sadržajem antocijana u grožđu, taninima u kožici, prognozom prinosa i svojstvima zrelosti.

Analizom vrijednosti NDVI-a te pripadajućih vegetacijskih indeksa, otočni poljoprivrednici mogu donositi odluke o količini i prostornoj rasprostranjenosti dodanih hranjivih tvari, insekticida ili zakazati selektivnu berbu prikupljanjem grožđa vrhunske kvalitete.

Uzgoj određenih vinovih sorti na srednjodalmatinskim otocima usko je povezan s vrstom tla na kojem se uzgaja (pr. biševski plavac, faros, bogdanuša) te je prilikom planiranja i zoniranja područja sadnje izuzetno važno odrediti uzročno-posljedičnu determinantu s pedološkim otočnim značajkama (sl. 13.)



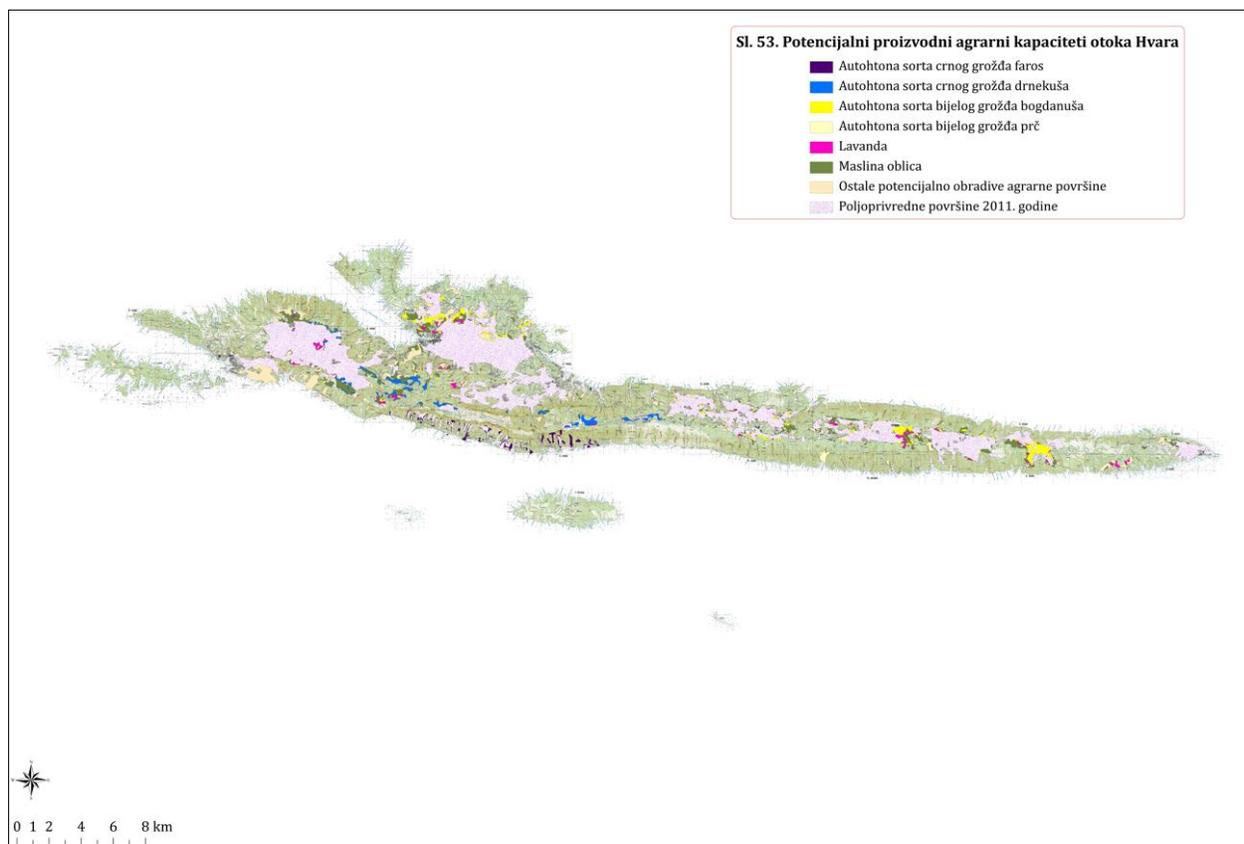
Slika 13. Zoniranje vinograda prema vrsti tla i vrstama vinove loze

Izvor: Hubbard i dr., 2021

Koristeći GIS alate, Morić-Španić i Fuerst Bjeliš (2017) su korelacijskom analizom prirodno-geografskih čimbenika (pedološke podloge, nagiba i ekspozicije terena) i odabranih autohtonih poljoprivrednih kultura i sorti otoka Hvara su razvili prostorni model inventarizacije najpovoljnijih lokacija uzgoja nekolicine poljoprivrednih kultura otoka Hvara (autohtonih sorti vinove loze *faros*, *drnekuša*, *bogdanuša* i *prč*, lavande i sorte masline *oblica*).

Navedeni model može biti jedan od polaznih segmenata reagrarizacije i revitalizacije otočnog vinogradarstva, usmjerenog prema prepoznatljivosti i jedinstvenosti autohtonih otočnih sorti, kako bi otočni vinari bili konkurentni na vinarskom tržištu koje je preplavljeno nizom uvoznih i jeftinijih vina. Poljoprivredna politika Europske unije potiče visoku kvalitetu vinskih sorti te promovira geografsku izvornost i autohtonost kao primarne indikatore na tržištu (Mollevi, 2010).

Primjerice, kultivacija autohtone crne sorte vinove loze *faros* moguća je na svim zapuštenim agrarnim površinama na koluviju, koje se nalaze na području vinogorja "Hvarske plaže". Na otoku Hvaru 2017. godine identificirano je 123,79 ha potencijalnog zemljišta za uzgoj ove vrhunske sorte crnog vina, a svi se nalaze na južnim padinama, s nagibom terena većim od 5° (sl. 14.).



Slika 14. Optimalne lokacije uzgoja autohtonih sorti otoka Hvara
Izvor: Morić-Španić, 2014

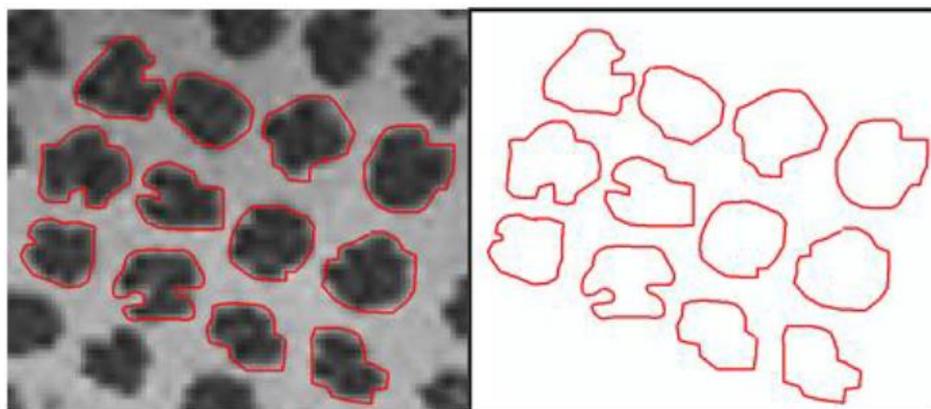
Pri određivanju mogućih potencijalnih areala uzgoja autohtone crne sorte *drnekuša*, jedna od ključnih ulaznih komponenti je nadmorska visina. Drnekuša izrazito kvalitetno vino daje na nadmorskim visinama višim od 300 metara (Tomić, 1995). Otok Hvar 2017. godine imao je 243,46 ha potencijalnog areala, najvećim dijelom rasprostranjenog u središnjoj zoni otočnog hrpta. Prilikom određivanja najpovoljnijih prirodnih staništa za uzgoj autohtone sorte bijelog vina *bogdanuša*, nekoliko je bitnih parametara. Bogdanuša najkvalitetnije vino daje na nagibima terena 0-5°, na crvenici i rigolano pjeskovitim-ilovastim tlima (Tomić, 1995), a ukupno 409,26 ha hvarskih napuštenih agrarnih zona ispunjava sva tri uvjeta.

Gotovo zaboravljena sorta bijelog vina *prč*, nekoć je svoje prirodno stanište imala u južnim uvalama Plama, između Gdinja i Sućurja, a sadnja iste preporučljiva je na području 99,09 ha zapuštenih poljoprivrednih površina.

6.2. Primjena svemirskih prostornih podataka u maslinarstvu

Kako je ranije navedeno, na istraživanom području pod maslinama se nalazi 3 288 ha (površinom polovica svih maslinika Splitsko-dalmatinske županije), pri čemu su maslinici uvjerljivo najkorištenije poljoprivredno zemljište otoka.

Spomenuti vegetacijski indeksi također imaju vrlo visoku razinu primjenjivosti u planiranju i optimiziranju uzgoja maslina na otocima Braču, Hvaru, Visu i Šolti. Korištenjem satelitskih snimki (vrlo visoke rezolucije) moguće je detektirati niz promjena u morfologiji krošnji masline, što u konačnici predstavlja polazište prilikom planiranja rezidbe, prevencije bolesti i drugih poljoprivrednih aktivnosti u maslinicima (sl. 15.)



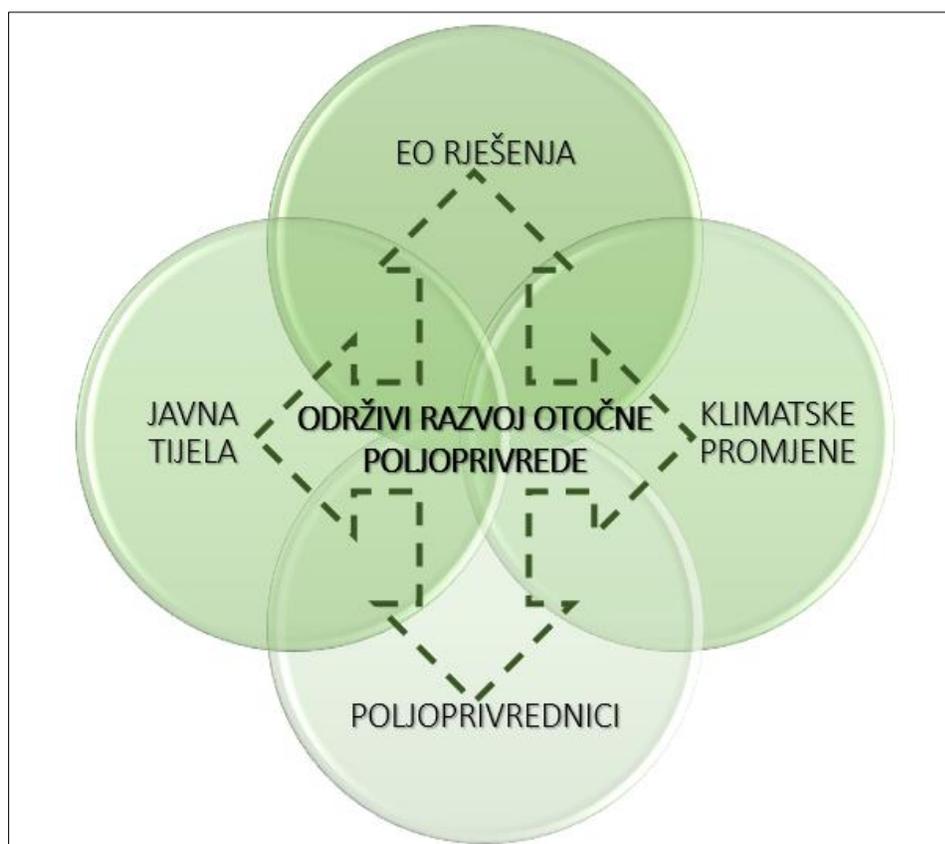
Slika 15. Detekcija promjena u morfologiji krošnji masline

Izvor: Castillejo-González, 2018

Revitalizacijski prostorni model (Morić-Španić i Fuerst Bjeliš, 2017) također se može primijeniti na poljoprivrednu kulturu masline, primjerice sorte oblice. Iako sorta masline oblica uspjeva na lokalitetima na kojima ne može niti jedna druga agrarna kultura, ipak veći prinos uroda bilježi na terenima s nagibom 2 - 5° te na rigolanim tlima iz crvenice i smeđeg tla i rigolanim skeletno-karbonatnim tlima. Na otoku Hvaru, primjerice, moguće je spomenutom sortom agrarno reaktivirati oko 737 ha nekadašnjih agrarnih zona.

7. PROVEDBENE SMJERNICE ZA IMPLEMENTACIJU SVEMIRSKIH PROSTORNIH PODATAKA U UZGOJU MEDITERANSKIH KULTURA SREDNJODALMATINSKIH OTOKA

Analizom dostupne literature, provedbom anketnog upitnika među poljoprivrednicima, konzultacijama s lokalnim akcijskim grupama koje djeluju na području srednjodalmatinskih otoka, ženama iz ruralnih otočnih područja te nizom drugih dionika identificirane su **četiri temeljne sastavnice održivog razvoja otočne poljoprivrede**, na kojima bi se trebale temeljiti buduće aktivnosti i djelovanja kako bi došlo do početka i provedbe implementacije svemirskih prostornih podataka u uzgoju mediteranskih kultura srednjodalmatinskih otoka. Glavne sastavnice na kojima bi se trebao temeljiti budući provedbeni model su: **poljoprivrednici, klimatske promjene, javna tijela i EO rješenja** (sl. 16.).



Slika 16. Revitalizacijske sastavnice održivog razvoja otočne poljoprivrede
Izvor: autorska analiza

7.1. Poljoprivrednici

Kako je u prijašnjim poglavljima navedeno, s obzirom na klimatske (mikroklimatske) i pedološke (reljefne) predispozicije, područje srednjodalmatinskih otoka pogodno je za raznovrsnu poljoprivrednu proizvodnju, u prvom redu kao i do sada primarne vinogradarstvo, maslinarstvo, voćarstvo, povrtlarstvo, uzgoj ljekovitog i aromatičnog bilja te tradicionalno stočarstvo. Iznimno važan faktor koji utječe na uspješnu i efikasnu poljoprivredu kao djelatnost je među ostalim i dobna struktura poljoprivrednika. Sukladno kao i u zemljama iz okruženja, jednako tako i u Republici Hrvatskoj dobno starije stanovništvo u većini slučajeva se slabije snalazi u uvjetima uvođenja novih tehnoloških i informacijskih rješenja za suvremeniji način obrade zemljišta, efikasnije proizvodnje dobara, racionalnije korištenje resursa, dok se ujedno mali broj mlađih ljudi odlučuje na bavljenje poljoprivredom. Dobna struktura poljoprivrednika od iznimnog je utjecaja na budućnost razvoja poljoprivrede.

U Republici Hrvatskoj prema dostupnim službenim podacima iz 2016. godine proglašeno je alarmantno stanje zbog dobne strukture nositelja poljoprivrednih gospodarstava obzirom da više od trećine njih (35,3%) je bilo starije od 65 godina (Verović, 2018). Istovremeno, mlađih od 40 godina bilo je svega 10,5 % (APPRRR, 2017). Razina obrazovanja poljoprivrednika i učinkovito upravljanje farmom kao uz pravodobno prihvaćanje ekološki prihvatljivih upravljačkih praksi su u pozitivnoj korelaciji (Dantsis i sur., 2010). U regiji u kojoj su društveni faktori bolji (među njima je i obrazovanost) bolji su i ekonomski faktori (Dantsis i sur., 2010), premda je u drugoj regiji povoljnija prosječna veličina gospodarstva, veća raznolikost usjeva i slično. Osim obrazovanosti, dobna struktura poljoprivrednika je ključna za prihvaćanje inovacija u poljoprivrednoj proizvodnji. Starijem stanovništvu teže je prihvatiti inovativne tehnologije, za suvremen i ekstenzivan način poljoprivredne proizvodnje, zatim introdukcija novih sorata i slično obzirom da nisu na to navikli i nisu skloni relativno brzim promjenama. Ekonomske se posljedice starenja stanovništva očituju i kroz inovacije i obrazovanost obzirom na pretpostavku da dobno mlađi ljudi općenito, pogotovo u ruralnim područjima, lakše prihvaćaju inovacije i primjenjuju ih više i brže od dobno starijih, koji su najčešće i posebice u ruralnim područjima nižeg stupnja obrazovanja (Jež Rogelj i sur., 2019). Prema istraživanju (Jež Rogelj i sur., 2019) teško je za očekivati da će se uvođenje i prihvaćanje inovacija u hrvatskoj poljoprivredi odvijati lako i brzo obzirom da je dobna struktura nositelja OPG-ova nepovoljna. Većina nositelja OPG-ova u Hrvatskoj starija je od 65 godina što je izrazito nepovoljno za sam opstanak poljoprivrede, posebno za njen uspješan i

ekonomski efikasan razvoj. Imajući u vidu da inovacije brže i lakše usvajaju i prihvaćaju mlađi i obrazovaniji poljoprivrednici, za očekivati je da se one u hrvatsku poljoprivredu neće uvoditi relativno brzo niti u velikom obujmu obzirom da trenutna dobna i obrazovna struktura hrvatskih poljoprivrednika (38,74 % nositelja obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava je starije od 65 godina, 5,96 % nema završenu osnovnu školu dok ih čak 21,71 % ima samo završenu osnovnu školu) nije za to dobno pogodna, ali unatoč tome treba težiti tome da se poboljša. Kroz program Ruralnog razvoja 2014. - 2020. pokušalo se kroz mjeru za mlade poljoprivrednike povećati udio mladih poljoprivrednika gdje se poticao njihov ulazak u poljoprivredu i preuzimanje gospodarstava od starijih poljoprivrednika, te su trenutni podaci zahvaljujući ovoj mjeri i nešto povoljniji nego što su bili prijašnjih godina. Kratkoročno gledano, promjene se ne mogu očekivati relativno brzo ako znamo da je generacijska obnova proces koji iziskuje relativno dugo vremena, no generacijskom obnovom trebala bi se poboljšati i obrazovna struktura nositelja poljoprivrednih gospodarstava obzirom da rezultati pokazuju da su u pravilu mlađi nositelji u velikoj većini slučajeva i obrazovaniji.

SMJERNICE:

- edukacije i jačanja digitalnih vještina poljoprivrednika u domeni primjene EO rješenja u poljoprivredi
- povezivanje i umrežavanje poljoprivredno – prehrambenih proizvođača
- unaprijediti znanje poljoprivrednika/dionika o korištenju agroekoloških načela usmjerenih na kontrolu štetnika/bolesti
- omogućavanje eksperimentalnih i oglednih farmi i terenske mreže za testiranje sredstava za kontrolu bolesti
- aktivno uključenje poljoprivrednika u razvoj alata za preciznu poljoprivredu u svrhu osiguranja ciljane prednosti na razini farme, a sve u smislu poboljšane produktivnosti i ekološke održivosti te povećanja ekonomičnosti poslovanja
- savjetodavna služba i konzultanti trebali bi igrati ključnu ulogu u informiranju poljoprivrednika o metodama precizne poljoprivrede što zahtijeva razvoj specifičnih

alata za analizu podataka s posebnim naglaskom na ekonomičnost. potrebno je povezati sve dionike u inicijative razmjene znanja

7.2. Klimatske promjene

Utjecaj klimatskih promjena iznimno je osjetan u današnje vrijeme, a u još većoj mjeri posljedice se tek očekuju u budućnosti. Iako poljoprivreda ima važnu ulogu u ublažavanju klimatskih promjena znajući da usjevi, živice i drveće na poljoprivrednom zemljištu izdvajaju ugljik iz atmosfere procesom fotosinteze, a obradivo tlo kojim uz agrotehničke mjere osigurava skladištenje ugljika, s druge strane druge strane poljoprivreda sudjeluje s oko 10% ukupnih emisija stakleničkih plinova u EU. Klimatske promjene koje se ogledaju u povećanju temperatura zraka (toplinski valovi), nepravilnog rasporeda padalina, odnosno smanjenju količine padalina i pojave suša, zatim elementarnih nepogoda kao što su tuča, mraz, poplave i oluje, imaju negativan utjecaj na poljoprivrednu proizvodnju obzirom da se ogledaju u smanjenju prinosa, eroziji tla, smanjenju plodnosti tla, većoj mjeri napada bolesti i štetnika u nasadima. Unatoč tehnološkim unaprjeđenjima kao što su poboljšane sorte, genetski modificirani i okolišu prilagođeni organizmi te sustavi za navodnjavanje, vremenske prilike, zajedno sa svojstvima tla i ekosustavom, i dalje predstavljaju ključni faktor u poljoprivrednoj proizvodnji.

SMJERNICE:

- osmišljavanje strategije promjene vremena (roka) berbe
- off-farm posao
- izbor maslinarskih/vinskih sorata otpornijih na bolesti, selekcija i oplemenjivanje sorata maslina/vinove loze i raznovrsnog sadnog materijala koji je prilagođen lokalnim uvjetima (biotičkim i abiotičkim) i zahtjevima tržišta
- istraživanja koja bi uključivala testiranje i selekciju autohtonih sorti, ali i heterogenih materijala, tolerantnih na štetnike i bolesti, ali i prihvatljivih za tržište i relativno lakih za uzgoj u lokalnim mikro specifičnim uvjetima
- intenziviranje istraživanja o ulozi organske tvari i plodnosti tla na zdravlje biljaka
- istraživanje metoda za upravljanje organskom tvari tla, plodnošću tla i mikrobiomom tla koje će poboljšati zdravlje biljaka/kultura i smanjiti utjecaj štetočina i bolesti

- učinci klimatskih promjena na štetnike i bolesti – provedba istraživanja koje uključuje identifikaciju specifičnih promjena u životnim ciklusima štetočina i bolesti, njihov utjecaj na proizvodnju

7.3. Javni sektor

Javni je sektor, uz lokalne poljoprivrednike, jedan od ključnih segmenata razvoja otočne poljoprivrede. Uspostavom lokalnih akcijskih grupa, LAG-ova Brač i Škoji, poljoprivredna proizvodnja je u posljednjih desetak godina doživjela značajne pomake i unaprjeđenje kroz niz financijskih ulaganja i projekata koji su provedeni među ruralnim otočnim dionicima. Poljoprivredno-savjetodavna služba predstavlja primarno tijelo koje je najbolje upoznato s lokalnim problemima i potrebama otočnih poljoprivrednika, stoga je njezino djelovanje i planiranje budućih aktivnosti od izuzetne važnosti. Također, predstavnici jedinica lokalne samouprave (gradova i općina) uvelike mogu doprinijeti stvaranju i uspostavi polaznih preduvjeta za implementaciju svemirskih prostornih podataka u otočnoj poljoprivredi (razvojem strategija pametnog upravljanja ruralnim područjem općine / grada, izdvajanjem dodatnih financijskih sredstava za poticanje digitalne tranzicije u poljoprivredi, razvojem ruralne infrastrukture i dr.). Slični modeli ulaganja i djelovanja, na višoj prostornoj i financijskoj razini, mogu također provoditi Splitsko-dalmatinska županija, RERA, Ministarstvo poljoprivrede i ostali nacionalni agrarni dionici javnog sektora.

SMJERNICE:

- integriranje tematike precizne poljoprivrede u vlastite razvojne dokumente, planove upravljanja, strateške ciljeve, mjere i prioritete (pr. Strategija razvoja precizne poljoprivrede Splitsko-Dalmatinske županije)
- sufinanciranje projekata digitalne tranzicije u poljoprivredi (pr. dodjela digitalnih vaučera za poljoprivrednike)
- poticanje uspostave koncepta pametnog upravljanja ruralnim prostorom
- poticanje procesa komasacije / okrupnjavanja i uređenja imovinsko-pravnih odnosa poljoprivrednog zemljišta

- iniciranje okupljanja, umrežavanja i povezivanja dionika poljoprivrednog razvoja u zajedničke inicijative, projekte, edukativne i druge aktivnosti s ciljem razmjene i prijenosa znanja i iskustava
- potpora organiziranju edukacija / jačanja digitalnih vještina poljoprivrednika u domeni korištenja i primjena EO rješenja poljoprivredi
- integracija tematike precizne poljoprivrede u školske odgojno-obrazovne programe / kurikulume / projekte
- uspostava međuotočnog GIS / EO centra - istraživačko-edukacijskog tijela o najnovijim EO rješenjima, njihovom razvoju i primjeni
- organiziranje međunarodnih znanstvenih konferencija, simpozija i radionica - razvoj kongresnog turizma

7.4. EO rješenja

Digitalna geoprostorna rješenja utemeljena na svemirskim prostornim podacima tzv. EO rješenja karakterizira inovativni segment, kako s tehnološkog, tako i s tematskog aspekta primjene. Uspostavom programa Copernicus (svemirski program EU za opažanje Zemlje iz svemira) već pet godina se kontinuirano razvijaju i nadograđuju inovativna digitalna rješenja kojima se adresiraju ključni izazovi i problemi u uzgoju, monitoringu i sprječavanju štetnih utjecaja nametnika na poljoprivrednim kulturama.

Kako su u okviru programa EIP AGRI svemirski podaci i tehnologije (kroz niz dokumenata i financiranih projekata) prepoznati kao generator inovacija i alat za inovativne pristupe u poljoprivredi, predmetna studija u potpunosti adresira potrebe i načela EIP koncepta. Kako je navedeno, značajan broj inovacija u poljoprivredi, proizvodnji hrane, šumarstvu i ruralnim područjima temelji se na primjeni tehnoloških mogućnosti suvremenih tehnologija, što svemirske tehnologije svakako jesu. Značaj svemirskih podataka i tehnologija u predmetnim područjima dolazi do izražaja ponajviše u kontekstu održivog upravljanja i monitoringa prostornih resursa (ruralnih područja), zahvaljujući EU svemirskom programu Copernicus.

Sadržaj i zaključne preporuke ove znanstvene studije u svim su segmentima usklađeni s ključnim AKIS načelima. U okviru provedbe projekta proveden je prijenos znanja prema široj

otočnoj zajednici, a posebice kroz jačanje znanja i kapaciteta 15 žena iz ruralnog otočnog područja, provedbom edukacije o mogućnostima korištenja i upravljanja svemirskim prostornim podacima. Svakako se nameće nužnost i potreba intenzivnijeg i sveobuhvatnijeg modela jačanja znanja i vještina korištenja EO podacima i rješenjima prema svim dionicima agrarnog otočnog razvoja jer se jedino na taj način mogu stvoriti kvalitetni preduvjeti za održivim i dugoročnim korištenjem EO rješenja u poljoprivredi.

SMJERNICE:

- razvoj EO rješenja za monitoring zdravlja vinove loze i maslina u gotovo stvarnom vremenu
- razvoj EO rješenja za procjenu količine prinosa vinove loze i maslina
- razvoj EO rješenja za praćenje meteoroloških parametara u maslinicima i vinogradima u gotovo stvarnom vremenu
- razvoj EO rješenja za praćenje kvalitete i vlažnosti tla u maslinicima i vinogradima u gotovo stvarnom vremenu
- razvoj EO rješenja za rani sustav upozorenja pojave bolesti, štetnika, korova ili opasnih vremenskih prilika u maslinicima i vinogradima u gotovo stvarnom vremenu
- razvoj EO rješenja za marketing proizvoda vinove loze i maslina
- razvoj EO rješenja za brendiranje proizvoda vinove loze i maslina

8. POPIS LITERATURE

Al-Gaadi, K.A., Hassaballa, A., Tola, E., Kayad, A., Madugundu, R., Alblewi, B., Assiri, F., 2016: *Prediction of Potato Crop Yield Using Precision Agriculture Techniques*, PLoS One 2016.

Albetis, J., Duthoit, S., Guttler, F., Jacquin, A., Goulard, M., Poilvé, H., 2017: Detection of Flavescence dorée grapevine disease using unmanned aerial vehicle (UAV) multispectral imagery. *Remote Sensing* 9 (4), 308.

Alshaikh, A. Y., 2015: Space applications for drought assessment in Wadi-Dama (West Tabouk), KSA, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 18 (1), S43-S53, <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.07.001>

Amaral, L. R., Molin, J. P., Portz, G., Finazzi, F. B., Cortinove, L., 2015: Comparison of crop canopy reflectance sensors used to identify sugarcane biomass and nitrogen status, *Precision Agriculture* 16 (1), 15-28. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-014-9377-2>

Andabaka Ž., Stupić D., Karoglan M., Z. Marković, Preiner D., Maletić E., J. Karoglan Kontić., 2016: Povijesni tijek uzgoja najvažnijih autohtonih dalmatinskih sorata vinove loze (*Vitis vinifera* L.), *Glasnik zaštite bilja* 3

Berns, R. S., 2000: *Billmeyer and Saltzman's Principles of color technology*, Third edition.

Bock, C. H., Poole, G.H., Parker, P.E., Gottwald, T.R., 2010: Plant disease severity estimated visually, by digital photography and image analysis, and by hyperspectral imaging. *Crit Rev Plant Sci* 29, 59–107, doi:10.1080/07352681003617285

Brayden, W., Burns, V., Green, S., Hashem, A.A., Massey, J.H., Shew, A.M., Arlene, M., Adviento-Borbe, A., Milad, M., 2022: Determining nitrogen deficiencies for maize using various remote sensing indices, *Precision Agriculture* 23, 791–811.

Castillejo-González, I.L., 2018: Mapping of Olive Trees Using Pansharpened QuickBird Images: An Evaluation of Pixel- and Object-Based Analyses, *Agronomy* 8, 288. <https://doi.org/10.3390/agronomy8120288>

- Chen, Y., Guerschman, J. P., Cheng, Z., Guo, L., 2019: Remote sensing for vegetation monitoring in carbon capture storage regions: A review, *Applied Energy* 240, 312–326.
- Chenghai, Y., 2020: Remote Sensing and Precision Agriculture Technologies for Crop Disease Detection and Management with a Practical Application Example, *Engineering* 6, 528–532.
- Colaço, A. F., Bramley, R. G., 2018: Do crop sensors promote improved nitrogen management in grain crops? *Field Crops Research* 218, 126-140. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.01.007>
- Conroy, J.P., Seneweera, S., Basra, A., Rogers, G., Nissen-Wooley, B., 1994.: Influence of rising atmospheric CO₂ concentrations and temperature on growth, yield and grain quality of cereal crops. *Aust. J. Plant Physiol*, 21, 741-758.
- Čagalj, M., Ivanković, M., Dulčić, Ž., Grgić, I., Paštar, M., 2021: Tipologija ruralnog prostora Republike Hrvatske s posebnim osvrtom na Splitsko-dalmatinsku županiju, *Agroecologia Croatica* 11 (1) 93-103.
- Čop, T., Njavro, M., 2022: Risk management of Dalmatian grape and wine producers facing climate change, *Journal of Central European Agriculture* 23 (1), 232-245.
- Dantsis, T., Douma, C., Giourga, C., Loumou, A., Polychronaki, E.A., 2010: A methodological approach to assess and compare the sustainability level of agricultural plant production systems. *Ecological Indicators* 10, 256–263.
- Defilippis J., 2006: Hrvatska u ruralnom prostoru Europe, *Sociologija sela* 170 (4), 823-836.
- Deur M., Gašparović M., Balenović I., 2021: Pregled satelitskih misija i metoda klasifikacije šumskog pokrova primjenom satelitskih snimaka visoke rezolucije, *Geodetski list* 75 (98), 2, 143-168.
- Dong, J., Xiao, X., Kou, W., Qin, Y., Zhang, G., Li, L., Jin, C., Zhou, Y., Wang, J., Biradar, C., 2015: Tracking the dynamics of paddy rice planting area in 1986–2010 through time series Landsat images and phenology-based algorithms, *Remote Sensing of Environment* 160, 99–113.
- EEA, 2012: *Climate change, impacts and vulnerability in Europe*, Report N^o12/2012.

Eurofound, 2014: *Trendovi u kvaliteti života – Hrvatska: 2007. –2012.*, Ured za publikacije Europske unije, Luxembourg.

Europska komisija, 2016: *The EU Strategy on adaptation to climate change - Strengthening Europe's resilience to the impacts of climate change*, Climate action. DOI: 10.2834/5599

Fisher, J.R., Acosta, E.A., Dennedy-Frank, P.J., Kroeger, T., Boucher, T.M., 2018: Impact of satellite imagery spatial resolution on land use classification accuracy and modeled water quality, *Remote Sensing in Ecology and Conservation* 4 (2), 137-149.

Frančula, N., Lapaine, M., Vučetić, N., 1994: Primjena daljinskih istraživanja u kartografiji, *Geodetski list* 48 (3), 265-276.

Franke, J., Menz, G., 2007: Multi-temporal wheat disease detection by multi-spectral remote sensing, *Precision Agriculture* 8 (3), 161–172.

Gašparović, M., Medak, D., Pilaš, I., Jurjević, L., Balenović, I., 2018: Fusion of Sentinel-2 and PlanetScope imagery for vegetation detection and monitoring, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences* 41 (1), 155–160.

Gašparović, M., Dobrinić, D., Medak, D., 2019: Geometric accuracy improvement of WorldView-2 imagery using freely available DEM data, *The Photogrammetric Record* 34 (167), 266–281.

Grubešić, N., 2016; *Klimatske promjene u poljoprivredi*, Završni rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

Gugić, J., Ivanišević, G., 2011: Ekonomska ocjena investicije u proizvodni sustav maslina-ovca, *Pomologia Croatica* 17, 3-4.

Gutman, G., Masek, J. G., 2012: Long-term time series of the Earth's landsurface observations from space, *International Journal of Remote Sensing* 33, 15, 4700–4719.

Hodžić, A., 2006: *Selo kao izbor?*, Institut za društvena istraživanja Ivo Pilar, Zagreb.

Hubbard, S.S., Schmutz, M., Balde, A., Falco, N., Peruzzo, L., Dafflon, B., Léger, E., Wu, Y., 2021: Estimation of soil classes and their relationship to grapevine vigor in a Bordeaux vineyard:

advancing the practical joint use of electromagnetic induction (EMI) and NDVI datasets for precision viticulture, *Precision Agriculture* 22, 1353–1376. <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09788-w>

Huete, A., 1988: A soil-adjusted vegetation index (SAVI), *Remote Sensing of Environment* 25(3), 295–309.

Huete, A. R., Jackson, R. D., 1987: Suitability of spectral indices for evaluating vegetation characteristics on arid rangelands, *Remote Sensing of Environment* 23 (2).

Jež Rogelj, M., Hadelan, L., Kovačićek, T., Mikuš, O., 2019: Obrazovanost kao preduvjet inovativne poljoprivrede, *Agroeconomia Croatica* 9 (1), 81-90.

Jurišić, M., Radočaj, D., Šiljeg, A., Antonić, O., Živić, T., 2021: Trenutni status i perspektiva primjene daljinskih istraživanja u upravljanju poljoprivrednim usjevima, *Journal of Central European Agriculture* 22 (1), 156-166.

Koger, C. H., Shaw, D. R., Watson, C. E., Reddy, K. N., 2003: Detecting late-season weed infestations in soybean (*Glycine max*), *Weed Technology* 17 (4), 696-704. <https://doi.org/10.1614/WT02-122>

Li, X., Lee, W.S., Li, M., Ehsani, R., Mishra, A.R., Yang, C., 2015: Feasibility study on huanglongbing (citrus greening) detection based on WorldView-2 satellite imagery, *Biosystem Engineering* 132, 28–38.

López-Granados, F., 2011: Weed detection for site-specific weed management: mapping and real-time approaches, *Weed Research* 51 (1), 1-11.

Machwitz M., Giustarini L., Bossung C., Frantz D., Schlerf M., Lilienthal H., Wandera L., Matgen P., Hoffman L., Udelhoven T., 2014: Enhanced biomass prediction by assimilating satellite data into a crop growth model, *Environmental Modelling & Software* 62, 437-453.

Mahlein, A-K., 2016: Plant Disease Detection by Imaging Sensors – Parallels and Specific Demands for Precision Agriculture and Plant Phenotyping, *Plant Disease* 100 (2), <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-03-15-0340-FE#fig2>

Marini, M. B., Mooney, P. H., 2006: Rural economies, u; Cloke, P., Marsden, T., Mooney, P. H. (ur.): *Handbook of Rural Studies*, Sage Publications Ltd, London, 91-103.

Martinelli, F., Scalenghe, R., Davino, S., Panno, S., Scuderi, G., 2015: Advanced methods of plant disease detection. A review, *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 35 (1), 1-25.

Mathenge, M., Sonneveld, B. G. J. S., Broerse, J. E. W., 2022: Application of GIS in Agriculture in Promoting Evidence-Informed Decision Making for Improving Agriculture Sustainability: A Systematic Review, *Sustainability* 14, 9974, <https://doi.org/10.3390/su14169974>

McFeeters, S. K., 1996: The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features, *International Journal of Remote Sensing* 17 (7), 1425–1432.

Ministarstvo poljoprivrede, 2021: *Zeleno izvješće o stanju poljoprivrede u 2020. godini*, Zagreb.

Mollevi, G., 2010: The grapevine: a multifaceted, Mediterranean crop for the marginal areas of Catalonia, u; Leimgruber, W., (ur.): *Geographical Marginality as a global issue* University of Otago, Dunedin, New Zealand, 3-10.

Morić Španić, A, Fuerst-Bjeliš, B., 2017: The GIS Model For The Revitalisation Of Traditional Island Cultures: The Island Of Hvar, Croatia, u; Pina, H., Felisbela, M., (ur.): *Overarching Issues of the European Space. Society, Economy and Heritage in a Scenario Towards Greater Territorial Cohesion*, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto, 374-392.

Mustapić, J. 2020: *Uvjeti života u ruralnim područjima Europske unije*, Diplomski rad, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, <https://repositorij.agr.unizg.hr/islandora/object/agr%3A1724/datastream/PDF/view> (19.11.2022.)

Oluić, M., 2001: *Snimanje i istraživanje Zemlje iz Svemira: sateliti, senzori, primjena*, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti (HAZU) i Geosat, Zagreb.

Oštir, K., Mulahusić, A., 2014: *Daljinska istraživanja*, Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Bosna i Hercegovina.

Petropoulos, G.P., Srivastava, P.K., Piles, M., Pearson, S., 2018: Earth Observation-Based Operational Estimation of Soil Moisture and Evapotranspiration for Agricultural Crops in Support of Sustainable Water Management, *Sustainability* 10, 181, <https://doi.org/10.3390/su10010181>

Pilaš, I., Medved, I., Medak, J., Medak, D., 2014: Response strategies of the main forest types to climatic anomalies across Croatian biogeographic regions inferred from FAPAR remote sensing data, *Forest ecology and management* 326, 58–78.

Plan industrijske tranzicije Jadranske Hrvatske, 2021, <https://prigoda.hr/wp-content/uploads/2022/03/Plan-za-industrijsku-tranziciju-Jadranske-Hrvatske.pdf> (19.11.2022.)

Radinović, S., 2001: Razvoj poljoprivrede na srednjodalmatinskim otocima, *Sociologija sela* 39, 97 – 108.

Rubio-Delgado, J., Pérez, C. J., Vega-Rodríguez, M. A., 2020: Predicting leaf nitrogen content in olive trees using hyperspectral data for precision agriculture, *Precision Agriculture*, <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09727-1>

Santoso, H., Gunawan, T., Jatmiko, R.H., Darmosarkoro, W., Minasny, B., 2011: Mapping and identifying basal stem rot disease in oil palms in North Sumatra with QuickBird imagery, *Precision Agriculture* 12 (2), 233–248.

Seneweera, S., Conroy, J.P., 1997: Growth, grain yield and quality of rice (*Oryza sativa* L.) in response to elevated CO₂ and phosphorus nutrition, *Soil Science and Plant Nutrition* 43 (1).

Shokr, M.S., Abdellatif, M.A., El Baroudy, A.A., Elnashar, A., Ali, E.F., Belal, A.A., Attia, W., Ahmed, M., Aldosari, A.A., Szantoi, Z., Jalhoum, M.E., Kheir, A.M.S., 2021: Development of a Spatial Model for Soil Quality Assessment under Arid and Semi-Arid Conditions, *Sustainability* 13, 2893, <https://doi.org/10.3390/su13052893>

Splitsko - dalmatinska županija, 2022: Plan razvoja Splitsko-dalmatinske Županije 2022.-2027., <http://www.rera.hr/upload/stranice/2021/03/2021-03-10/17/planrazvojasplitskodalmatinskeupanije20222027.pdf> (18.11.2022.)

Strategija poljoprivrede do 2030., https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2022_03_26_325.html (18.11.2022.)

Suwanpravit, C., Srichai, N., 2012: Impacts of spatial resolution on land cover classification, *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network* 33, 39.

Svjetska banka, 2019: Poljoprivreda, ribarstvo i prerada hrane u hrvatskoj prehrambenoj industriji i biogospodarstvu.

Svjetska banka, 2020: *Strategija razvoja poljoprivrede i ruralnog prostora (STARS RAS)*, Ministarstvo poljoprivrede, Zagreb.

Tomić, A., 1995: Vinarstvo, sudbina i ponos otoka Hvara, u: *Otok Hvar* (ur. Mihovilović, M.), Matica hrvatska, Zagreb, 315-318.

UNDRR, 2020: *Human costs of disasters. An overview of the last 20 years 2000 - 2019*, Center for research on the Epidemiology of Disasters CRED.

Vela, E., Medved I., Miljković V., 2017: Geostatistička analiza vegetacijskih indeksa na šumskom ekosustavu Česma, *Geodetski list* 71 (94), 1, 25-40

Verović, A. (2018). Poljoprivreda Šibensko – kninske županije: stanje, ograničenja i mogućnosti. Diplomski rad. Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Veselski, A., 2019: *Analiza urbanizacije grada Zagreba*, Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.

Wang, F., Huang, J., Tang, Y., Wang, X., 2007: New Vegetation Index and Its Application in Estimating Leaf Area Index of Rice, *Rice Science* 14 (3), 195–203.

West, J.S., Bravo, C., Oberti, R., Lemaire, D., Moshou, D., McCartney, H.A., 2003: The potential of optical canopy measurement for targeted control of field crop diseases, *Ann Rev Phytopathol* 41, 593–614.

West, J. S., Bravo, C., Oberti, R., Moshou, D., Ramon, H., McCartney, H. A., 2010: Detection of fungal diseases optically and pathogen inoculum by air sampling, u; Oerke, E.C., Gerhards, R,

Menz, G., Sikora, R.A., (ur): *Precision Crop Protection—The Challenge and Use of Heterogeneity*, Springer, Dordrecht, Netherlands, 135-149.

Woods, M., 2005: *Rural Geography: Processes, Responses and Experiences in Rural Restructuring*, Sage Publications Ltd, London.

Yuan, L., Pu, R., Zhang, J., Wang, J., Yang, H., 2016: Using high spatial resolution satellite imagery for mapping powdery mildew at a regional scale, *Precision Agriculture* 17 (3), 332–348.

Ziska, L.H., Namuco, O., Moya, T., Quilang, J., 1997: Growth and yield response of field-grown tropical rice to increasing carbon dioxide and air temperature, *Agronomy Journal* 89 (1).
<https://doi.org/10.2134/agronj1997.00021962008900010007x>

Zwiggelaar, R., 1998: A review of spectral properties of plants and their potential use for crop/weed discrimination in row-crops, *Crop protection* 17 (3), 189-206, [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(98\)00009-X](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(98)00009-X)

9. POPIS IZVORA

APPRRR – Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju, 2021: Agronet. Izvješća za 2020. godinu, <https://www.apprrr.hr/agronet/> (15.11.2022.)

APPRRR – Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju, 2021: Arkod. Prikaz broja, površine ARKOD-a i broja PG-a s obzirom na veličinu i sjedište PG-a 31.12.2020. <https://www.apprrr.hr/arkod/> (15.11.2022.)

APPRRR – Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju, 2021: Upisnik poljoprivrednika. Upisnik poljoprivrednika_broj PG-a 2020_31.12.2020. <https://www.apprrr.hr/upisnik-poljoprivrednika/> (15.11.2022.)

CID Bio-Science, 2022, <https://cid-inc.com/blog/the-importance-of-leaf-area-index-in-environmental-and-crop-research/> (10.10.2022.)

Copernicus Land Monitoring Service, 2022, <https://land.copernicus.eu/> (10.10.2022.)

Copernicus Open Access Hub, 2022, <https://scihub.copernicus.eu/> (10.10.2022.)

DZS - Državni zavod za statistiku, 2021: Poljoprivredna proizvodnja u 2020. godini. Zagreb, https://podaci.dzs.hr/media/dprdzttj/si-1677-poljoprivredna-proizvodnja-u-2020_web.pdf (10.10.2022.)

Earth Explorer, 2022, <https://earthexplorer.usgs.gov/> (10.10.2022.)

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022: The state of food security and nutrition in the world, <https://www.fao.org/publications/sofi/2022/en/> (10.10.2022.)

Hrvatska gospodarska komora, 2021: Gospodarski profil Splitsko – dalmatinske županije. Županijska komora Split, <https://www.hgk.hr/zupanijska-komora-split/gospodarski-profil> (10.10.2022.)

Hrvatski sabor, 2021: Nacionalna razvojna strategija Republike Hrvatske do 2030. godine, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_02_13_230.html (15.11.2022.)

Ministarstvo financija, 2020: Prijavljene štete po vrstama prirodnih nepogoda po županijama. Zagreb.

Ministarstvo poljoprivrede, 2018: Sustav poljoprivrednih knjigovodstvenih podataka FADN baza. Zagreb.

Ministarstvo poljoprivrede, 2021: Strategija poljoprivrede do 2030. za transformaciju hrvatskog sela i poljoprivrede - Više od farme

POPIS PRILOGA

PRILOG 1: Usklađenost znanstvene studije s mjerama Plana razvoja Splitsko-dalmatinske županije 2022. – 2027.

MJERA 2: Razvoj infrastrukture, suprastrukture i programa potrebnih za razvoj konkurentne i otporne poljoprivrede

Svrha mjere unapređenje je poljoprivredne infrastrukture i razvoj programa nužnih za razvoj otporne i konkurentne poljoprivrede.

Mjera obuhvaća programe/projekte/aktivnosti:

- daljnji razvoj projekta i izgradnja sustava za navodnjavanje Sinjskog, Imotsko-bekijskog i Vrgoračkog polja
- daljnji razvoj projekta i izgradnja mješovitog hidromelioracijskog sustava odvodnje i navodnjavanja Sinjskog polja – I. faza područje Trnovača
- daljnji razvoj projekta i izgradnja sustava navodnjavanja Bunina, grad Vrgorac
- potpora projektima *Izgradnja i opremanje logističko-distributivnih centara za voće i povrće* (npr. uspostava i izgradnja Logističko-distributivnog centra za voće i povrće Trilj)
- potpora uspostavi proizvođačkih organizacija u voćarstvu i povrćarstvu
- implementacija *Programa potpore poljoprivredi i ruralnom razvoju SDŽ-a*, konkretno implementacija mjera:
 - potpore izgradnji jednostavnih akumulacija u poljoprivredi
 - potpore za osiguranja u poljoprivredi
 - potpore razvoju konkurentne poljoprivredne proizvodnje
 - potpora za nabavku sadnog materijala u Splitsko-dalmatinskoj županiji
- implementacija Programa potpore osnivanju i razvoju OPG-a na području SDŽ-a (2019. - 2024.)

- potpore radu poljoprivrednih udruga
- potpore radu Lokalnih akcijskih grupa
- potpora projektima *Uspostave mreže logističke infrastrukture za jačanje proizvodno-tržišnog lanca u sektoru voća i povrća (NPOO)* itd.

MJERA 3: Poticanje uporabe i razvoj novih tehnologija u poljoprivredi

Svrha mjere jest potaknuti poljoprivredna gospodarstva i ostale dionike u poljoprivrednoj proizvodnji i povezanim djelatnostima na uporabu digitalnih tehnologija u svrhu unapređenja kapaciteta proizvodnje i jačanja znanja ljudskih kapaciteta.

Mjera obuhvaća programe/projekte/aktivnosti:

- poticaj razvoja novih tehnologija u poljoprivredi unutar koncepta pametne poljoprivrede
- inicijativa dodjele vaučera za uporabu novih tehnologija koju proizvode lokalni start-upovi (višestruki učinak u širem kontekstu povezivanja IT-a prerađivačkog sektora i bazične poljoprivrede)
- potpora javno-privatnim inovacijskim partnerstvima koja uključuju proizvođače, savjetnike, poljoprivredna poduzeća i znanstvene ustanove i slične aktivnosti poticanja uporabe novih tehnologija
- nastavak provedbe županijskog programa potpore znanstveno-istraživačkih projekata u poljoprivredi SDŽ-a.

MJERA 4: Podrška učinkovitijem gospodarenju poljoprivrednim zemljištem

Svrha mjere jest potaknuti okrupnjavanje poljoprivrednog zemljišta, uporaba nekorištenog poljoprivrednog zemljišta s ciljem povećavanja poljoprivredne proizvodnje i jačanja konkurentnosti gospodarstva.

Mjera obuhvaća programe/projekte/aktivnosti:

- poticaje okrupnjavanju poljoprivrednog posjeda i uređenje poljoprivrednog zemljišta

- poticaje za rješavanje imovinsko-pravnih odnosa
- usklađivanje zemljišno-knjižnih i katastarskih stanja na poljoprivrednom zemljištu katastarskim izmjerama i zemljišno-knjižnim pojedinačnim postupcima
- poticanje aktivnosti vezanih za gospodarsko vrednovanje šumskog zemljišta za poljoprivrednu proizvodnju itd.