

# Analiza primjene i potencijalnih koristi digitalizacije u poljoprivredi

---

Šimić, Tereza

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Economics and Business / Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:148:564808>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-16**



Repository / Repozitorij:

[REPEFZG - Digital Repository - Faculty of Economics & Business Zagreb](#)



**Sveučilište u Zagrebu**

**Ekonomski fakultet**

**Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij**

**Ekonomija**

**ANALIZA PRIMJENE I POTENCIJALNIH KORISTI  
DIGITALIZACIJE U POLJOPRIVREDI**

**Diplomski rad**

**Tereza Šimić**

**Zagreb, travanj 2024.**

**Sveučilište u Zagrebu**

**Ekonomski fakultet**

**Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij**

**Ekonomija**

**ANALIZA PRIMJENE I POTENCIJALNIH KORISTI  
DIGITALIZACIJE U POLJOPRIVREDI**

**ANALYSIS OF THE APPLICATION AND POTENTIAL  
BENEFITS OF DIGITALIZATION IN AGRICULTURE**

**Diplomski rad**

**Student: Tereza Šimić**

**JMBAG studenta: 0067583340**

**Mentor: izv. prof. dr. sc. Ozana Nadoveza**

**Zagreb, travanj 2024.**

Tereza Šimić

Ime i prezime studentice

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Studentica:

*Tereza Šimić*

U Zagrebu, 11.04.2024.

---

(potpis)

## **Sažetak**

Poljoprivreda je gospodarska grana koja osigurava ključan resurs za ljudsko preživljavanje – hranu. Dvadeset i prvo stoljeće obilježava ubrzan i kontinuiran tehnološki razvoj koji ulazi u pore svih gospodarskih sektora. S druge strane, poljoprivreda, iako je izuzetno važna gospodarska grana, izrazito zaostaje u tehnološkom napretku u odnosu na druge industrije. U sljedećih 30 godina, svijet očekuju brojni demografski i okolišni izazovi koji traže ubranu digitalnu transformaciju poljoprivrede kako bi se uspješno odgovorilo na njih. Digitalizacija poljoprivrede uključuje širok spektar tehnologija, od senzora i mobilnih aplikacija, do robotike i umjetne inteligencije. To znači da se događa ubrzan razvoj digitalizacije u poljoprivredi, međutim on nije dovoljno dostupan ni implementiran u svim ekonomijama. Digitalizacija ne donosi samo modernizaciju poljoprivrednih praksi, nego može i znatno pozitivno utjecati na cjelokupno gospodarstvo – od porasta ukupne produktivnosti do decentralizacije i razvoja ruralnih područja. Posljednje, ali nikako manje bitno je da digitalizacija značajno utječe na utjecaj poljoprivrede na okoliš. U radu se analizira digitalizacija poljoprivrede u vodećim regijama (EU i SAD). Tehnička ograničenja, nedostatak infrastrukture i znanja, te društveno – ekonomska pitanja usporavaju digitalnu transformaciju. To je primjetno u malim te manje razvijenim zemljama, zbog čega je provedeno vlastito istraživanje dviju malih ekonomija – Hrvatske i Slovenije. Digitalizacija povećava produktivnost poljoprivrede kroz smanjenje troškova i povećanje profitabilnosti, na što ukazuje i vlastito provedeno istraživanje koje pokazuje veću razinu digitaliziranosti poljoprivrede u Sloveniji te ujedno i veću stopu rasta bruto dodane vrijednosti poljoprivrede u odnosu na Hrvatsku.

**Ključne riječi:** poljoprivreda, digitalizacija, tehnologija, produktivnost

## **Summary**

Agriculture is an economic sector that provides a crucial resource for human survival - food. The 21st century is characterized by rapid and continuous technological development that permeates all economic sectors as well as private lives. Despite being an inevitable economic sector for human survival, agriculture significantly lags in technological advancement compared to other industries. Over the next 30 years, the world will face numerous demographic and environmental challenges that require urgent digital transformation of agriculture to successfully address them. The digitalization of agriculture involves a wide range of technologies, from sensors and mobile applications to robotics and artificial intelligence. This shows that a rapid development of digitalization in agriculture exists, however it is not sufficiently accessible or implemented in all economies. The thesis shows the correlation between digitalization and agriculture, its comparison in leading regions (EU and USA). Technical limitations, lack of infrastructure and knowledge, and socio-economic issues are slowing down digital transformation. This is noticeable in small and less developed countries, which is why research has been conducted on two small economies - Croatia and Slovenia. Digitalization increases agricultural productivity by reducing costs and increasing profitability, what is also confirmed by conducted research, which is showing higher level of digitalization in Slovenian agriculture and, consequently, a higher agricultural gross value added growth rate compared to Croatia.

**Keywords:** agriculture, digitalization, technology, productivity

## Sadržaj

1.	Uvod.....	1
1.1	Predmet i cilj rada .....	1
1.2	Izvori podataka i metode prikupljanja .....	2
1.3	Sadržaj i struktura rada .....	2
2.	Pregled postojeće literature.....	3
2.1	Digitalizacija poljoprivrede: stanje, trendovi i mogućnosti.....	3
2.2	Potencijalni ekonomski i okolišni učinci digitalizacije i poljoprivrede.....	12
3.	Digitalizacija i poljoprivreda u Europskoj uniji i Sjedinjenim Američkim Državama	16
3.1	Tehnologija, digitalizacija i poljoprivreda u Europskoj uniji i Sjedinjenim Američkim Državama.....	16
3.2	Digitalizacija i produktivnosti poljoprivrede Europske unije i Sjedinjenih Američkih Država.....	27
3.3	Digitalizacija i održivosti poljoprivrede u Europskoj uniji i Sjedinjenim Američkim državama .....	31
4.	Komparativna analiza digitalizacije i poljoprivrede u Hrvatskoj i Sloveniji.....	35
4.1	Definiranje ciljeva istraživanja stanja i mogućnosti digitalizacije u poljoprivredi u Hrvatskoj i Sloveniji.....	35
4.2	Metodologija istraživanja i izvori podataka.....	38
4.3	Rezultati istraživanja.....	39
5.	Zaključak.....	49
6.	Popis literature .....	52
7.	Popis tablica .....	59
8.	Popis slika .....	60
9.	Popis grafikona .....	61

# 1. Uvod

Poljoprivreda je jedna od najstarijih, ali i najvažnijih gospodarskih grana koja osigurava hranu - ključan resurs za preživljavanje. Isto tako, svijet se iz dana u dan mijenja – ubrzana urbanizacija, klimatske promjene, promjene u potrošačkim navikama samo su neki od izazova s kojima se danas susreće poljoprivreda. Nadalje, prema podacima Organizacije Ujedinjenih naroda za hranu i poljoprivredu, danas na svijetu živi oko osam milijardi ljudi, dok će 2050. taj broj narasti otprilike na deset milijardi. Sadašnja poljoprivreda neće moći odgovoriti na sve ove izazove, kao ni na veću potrebu za proizvodnjom hrane. Zato su nužno potrebne promjene u poslovnim pristupima, viša razina inovativnosti, ali i tehnološka transformacija poljoprivrede. Zanimljiva je činjenica da se poljoprivreda kao jedna od temeljnih grana čovječanstva nalazi na zadnjem mjestu po stupnju digitalizacije i primjene digitalnih rješenja.

Upravo ova informacija ukazuje da je poljoprivredu potrebno mijenjati, modernizirati i uvesti tehnologije koje povećavaju produktivnost. Implementacija digitalnih tehnologija, analitika podataka, IoT (Internet stvari) pružaju potencijal transformacije strategije poljoprivrednika i njihovih poduzeća, što u konačnici dovodi do povećanja produktivnosti i održivosti poljoprivrednog sektora. Takva poljoprivreda će moći odgovoriti na izazove s kojima se susreće i na potrebe čovječanstva.

## 1.1 Predmet i cilj rada

Predmet ovog rada je analiza primjene i potencijalnih koristi koje digitalizacija može donijeti poljoprivredi. Poljoprivreda se kroz vrijeme mijenjala – od tradicionalne prema preciznoj, digitalnoj i pametnoj te će se u radu prikazati njihove razlike, utjecaj na produktivnost i okoliš. Kroz rad je cilj prikazati trenutno stanje primjene digitalizacije, njena ograničenja koja nisu neznatna, ali i prednosti koje može donijeti poljoprivredi, gospodarstvu, stanovništvu i okolišu. Navedeno će se napraviti kroz globalni pregled, usporedbu dviju velesila (EU i SAD), ali i usporedbu malih ekonomija – Hrvatske i Slovenije, s ciljem predstavljanja primjene digitalizacije i njenog utjecaja na poljoprivredu i ukupnu produktivnost.



## 1.2 Izvori podataka i metode prikupljanja

U svrhu ostvarenja predmeta i ciljeva rada koristit će se postojeća istraživanja prisutnosti digitalizacije poljoprivrede u Europskoj Uniji (EU) i Sjedinjenim Američkim Državama (SAD). Komparativnom metodom usporedit će se stanje, trendovi, očekivanja i mogućnosti digitalizacije u poljoprivredi u EU i SAD-u. Kroz vlastito istraživanje provedeno anketnim putem na uzorku od 120 ispitanika, pokazat će se stanje, trendovi i koristi digitalizacije poljoprivrede u Hrvatskoj i Sloveniji.

## 1.3 Sadržaj i struktura rada

Sadržaj rada je strukturiran kroz pet poglavlja. U uvodnom poglavlju daje se kratki pregled digitalizacije u poljoprivredi kao i ciljevi postavljeni ispred ovog rada. Navedene su metode kojima će se postići zadani ciljevi te prikazati dobrobiti koje digitalizacija nosi poljoprivredi, poljoprivrednicima i gospodarstvu u cjelini.

U drugom poglavlju će se kroz postojeću literaturu predstaviti digitalizacija u poljoprivredi, počevši od povijesti digitalizacije u poljoprivredi, pregleda trenutnog stanja, budućih trendova i mogućnosti te potencijalnih ekonomskih i okolišnih učinaka.

Treće poglavlje orijentirano je na analizu rezultata postojećih istraživanja o povezanosti digitalizacije i poljoprivrede u EU i SAD-u, što uključuje i zakonske regulative i smjernice ovih globalnih velesila.

Četvrto poglavlje fokusirano je na vlastito istraživanje, kojemu je cilj prikazati trenutnu situaciju kao, i mogućnosti i ograničenja digitalizacije u poljoprivredi u Hrvatskoj i Sloveniji. Istraživanje je provedeno kako bi se dala usporedba dviju, ekonomski i geografski relativno sličnih zemalja, no po pitanju digitalizacije i poljoprivrede istovremeno jako različitih.

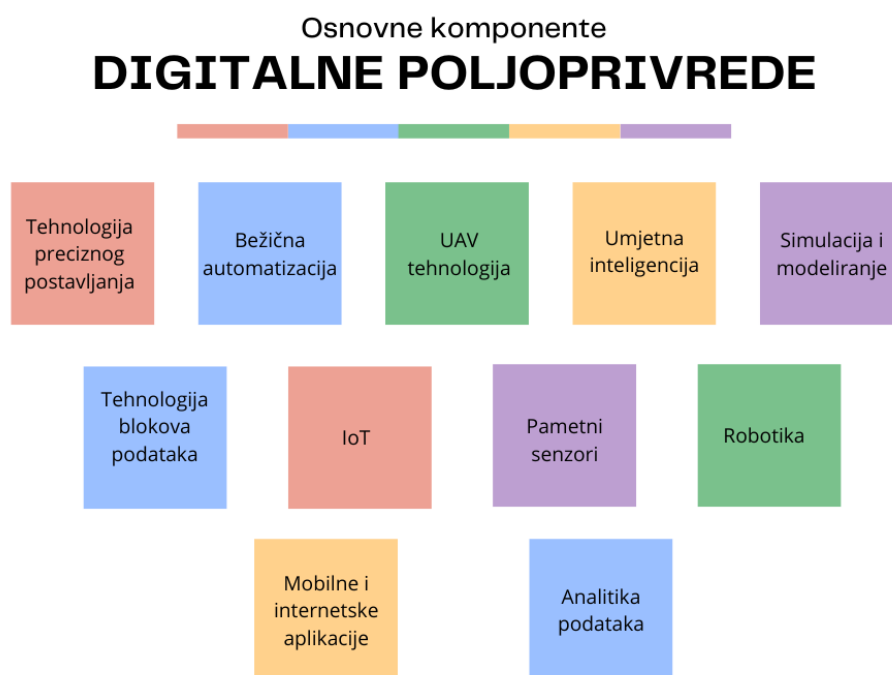
Rad završava zaključkom, u kojem se sažimaju sve bitne činjenice iz prethodnih poglavlja.

## 2. Pregled postojeće literature

### 2.1 Digitalizacija poljoprivrede: stanje, trendovi i mogućnosti

Digitalizacija poljoprivrede ima zadatak poboljšati potencijal ovog gospodarskog sektora i donijeti promjene u načinu funkcioniranja poljoprivrednih procesa s ciljem povećanja produktivnosti. Kako OECD (2022) navodi, digitalizacija se odnosi na usvajanje i primjenu informacijsko – komunikacijskih tehnologija, uključujući internet, naprednu/automatiziranu mehanizaciju, mobilne tehnologije i uređaje, kao i analizu podataka u svrhu prikupljanja, razmjene, analize, pristupa i prezentacije digitalnog sadržaja, uključujući razvoj usluga, softvera i aplikacija. Slika 1 prikazuje osnovne komponente digitalne poljoprivrede koje samostalno i/ili u međusobnoj interakciji stvaraju sinergije koje pretvaraju konvencionalnu (tradicionalnu) poljoprivredu u preciznu poljoprivredu, temeljenu na podacima i okolišno održivu. Agroindustrijski sektor sam po sebi ima više ciljeva, a Golubev A. V. (2015) kao glavne socioekonomske ciljeve navodi postizanje održivog rasta poljoprivredne proizvodnje, rješavanje problema opskrbe hranom te opskrba ljudi ne-prehrambenim dobrima nastalim iz sirovina poljoprivrednih proizvoda. (Zuhmaxanova et al. 2019)

Slika 1. Temeljne komponente digitalne poljoprivrede



Izvor: izrada autora, prema Abiri et al. 2023

Digitalizacija u poljoprivredi već ima određenu praktičnu primjenu – negdje veću, a negdje manju. OECD (2020) ističe da, kako je navedeno u istraživanjima United Soybeans (2019), na području SAD-a, od 2 000 poljoprivrednika kukuruza, soje, i stočara, devet od deset operacija je izvršeno korištenjem pametnih telefona unutar polja. Slično istraživanje provedeno je i na irskom tržištu 2019. godine. Rezultati su pokazali da, od preko 750 ispitanika, 84% koristi pametni telefon u sklopu poljoprivrednih poslova. (OECD, 2020 navedeno u Skillnet Ireland, 2019) Na tržištu Italije je provedena anketa na 250 poljoprivrednika te rezultati pokazuju da 69 – 78% korisnika koristi pametne telefone i računala za različite poljoprivredne operacije. (OECD, 2020 navedeno u Blasch et al., 2020) Ova istraživanja ukazuju da poljoprivrednici u različitim krajevima svijeta na neki način sudjeluju u digitalizaciji, točnije usvojili su neki oblik digitalizacije u svojim poslovnim procesima. Međutim, radi se o jednostavnim oblicima digitalizacije. Nadalje, uočljive su razlike među zemljama i razinama digitaliziranosti poljoprivrednika - prema Maloku, D. (2020), 30% njemačkih poljoprivrednika primjenjuje digitalizaciju u svom poslovanju, 83% škotskih te samo 6,9% mađarskih.

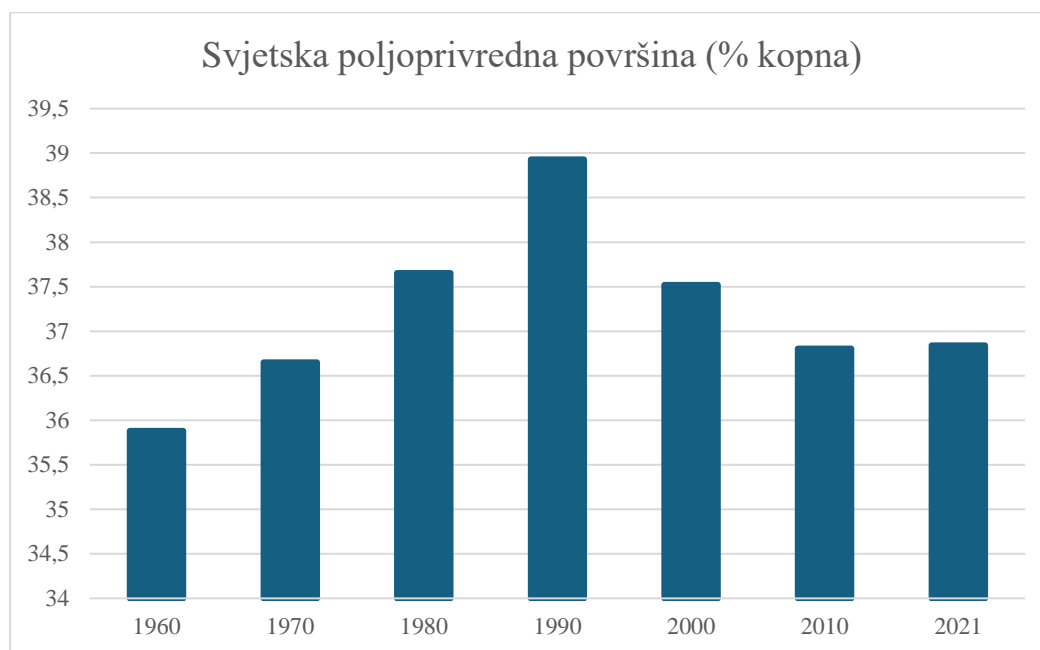
Prema OECD (2020) ključni akteri u procesu digitalizacije poljoprivrede su poljoprivrednici, pružatelji tehnologija i „posrednici“. Poljoprivrednici su glavni i ključni dionici koji opskrbljuju krajnje potrošače hranom te su u potrazi za ulaznim inputima, kako u fizičkom smislu proizvodnje, tako i u smislu potrebe usluga različitih tvrtki. Poljoprivrednici se značajno razlikuju po razini ljudskog kapitala (iskustvu, obrazovanju i drugim vještinama). (OECD, 2020 navedeno u Huffman, 2001) Daberkow i McBride (2012) ističu da se usvajanje tehnologije obično povećava s ljudskim kapitalom poljoprivrednika. Ispostavilo se da u mnogim slučajevima, razlike u ljudskom kapitalu drastično stvaraju digitalni jaz između onih koji su uspješno usvojili tehnologiju i onih koji ju ne usvajaju. Prema Eurostat podacima (2020), nizozemski poljoprivrednici su najobrazovaniji (62,6%) u Europskoj Uniji, dok najnižu razinu obrazovanja bilježe poljoprivrednici u Rumunjskoj i Grčkoj (0,7%). Nadalje, istraživanje provedeno 2019. godine od strane Geerling – Eiff et al. pokazuje svakodnevnu primjenu medijskih kanala (Internet stranice, baze podataka, digitalne platforme, društvene mreže, mobilne i kompjutorske aplikacije, digitalne izvještaje) dionika u poljoprivrednom lancu u Nizozemskoj (od poljoprivrednika do vlade), a sve u svrhu učenja, razmjene i primjene najboljih praksi te prijenosa znanja, rezultirajući aktivnim pristupom poljoprivrednika naprednim i najnovijim znanjima i tehnologijama. S druge strane, upotreba gore navedenih medijskih kanala u sektoru poljoprivrede u Rumunjskoj je niska – razmjena informacija se

prvenstveno odvija putem Internet stranica, dok drugi kanali nisu praktično primjenjivi u poljoprivredi, zbog čega rumunjskim poljoprivrednicima nedostaje pristup najnovijem znanju, informacijama i tehnologijama. Može se primijetiti da je razina obrazovanja povezana s praktičnom primjenom digitalnih alata u poljoprivredi.

Drugi akteri, pružatelji tehnologija, su programeri digitalnih poljoprivrednih tehnologija koji na tržištu nude diferencirane proizvode i usluge. Birner, Daum i Pray (2021) predlažu sljedeću klasifikaciju pružatelja tehnologija: velike multinacionalne tvrtke poljoprivrednih inputa, velike multinacionalne softverske i big- data tvrtke, tvrtke izvan poljoprivrednog sektora i start – up tvrtke. I zadnji akteri, „posrednici“, imaju ulogu povećavanja svijesti o digitalnim tehnologijama, i u nekim slučajevima, u mogućnosti su smanjiti troškove usvajanja istih. Posrednici se nalaze između poljoprivrednika i pružatelja tehnologija, a dijele se na ustanove u državnom vlasništvu i privatno osnovana poduzeća. Posrednici u državnom vlasništvu su sveučilišta, agencije i savjetodavna tijela, koja trebaju posjedovati znanja i vještine o upotrebi i koristima digitalnih rješenja te ista dijeliti s poljoprivrednicima na praktičnoj razini. Posrednici u privatnom vlasništvu nude savjetodavne usluge i imaju sličan ili isti cilj kao i državni posrednici, međutim njihov cilj je i stvaranje potražnje za njihovim uslugama u svrhu ostvarivanja profitabilnog poslovanja. (OECD 2020)

Svijet danas svjedoči velikim promjenama, kao što su ubrzan rast stanovništva, urbanizacija, industrijalizacija, oskudica pitke vode, smanjenje poljoprivrednog zemljišta i degradacije okoliša, zbog čega se pojavila ozbiljna globalna zabrinutost zbog sigurnosti hrane. Na Grafikonu 1. primjetan je porast poljoprivrednih površina gledano na globalnoj razini u periodu od 1960-ih do 1990-ih, od kada se bilježi trend smanjenja poljoprivrednih površina. Nadalje, očekuje se da će do 2050. godine globalno stanovništvo porasti s trenutnih 7,7 milijardi na 9,2 milijarde. Urbano stanovništvo će porasti za 66%, dok će se obradivo zemljište smanjiti za oko 50 milijuna hektara. Globalne emisije stakleničkih plinova CO<sub>2</sub> će se povećati za 50%, a poljoprivredna proizvodnja će se smanjiti za 20%. Konačno, potražnja za hranom porast će za 59 do 98%, što predstavlja ozbiljnu prijetnju sigurnosti i dostatnosti hrane. (Abbasi, Martinez i Ahmad, 2022)

Grafikon 1. Svjetski udio poljoprivrednih površina u ukupnim površinama



Izvor: Svjetska banka, izrada autora

Poljoprivreda mora pronaći strategiju upravljanja koja se fokusira na rješavanje postojećih izazova na dugoročan i održiv način. Kada govorimo o poljoprivredi, treba razlikovati preciznu i digitalnu poljoprivredu. Slika 2. prikazuje put razvoja poljoprivrede, pri čemu precizna poljoprivreda predstavlja prvi napredniji oblik poljoprivrede.

Slika 2. Razvojni put poljoprivrede



Izvor: prilagodba autora prema Karunathilake et al. (2023)

Ona igra ključnu ulogu u postizanju maksimizacije prinosa uz optimalnu upotrebu različitih resursa, pritom smanjujući negativan utjecaj na okoliš. Prvi put se spominje 1990-ih gdje se motorizirana oprema koristila u izvođenju poljoprivrednih procesa, pri čemu se i dalje donošenje odluka i prepoznavanje problema događalo od strane ljudi. Fokus precizne poljoprivrede je na optimiziranju upotrebe postojećih resursa.

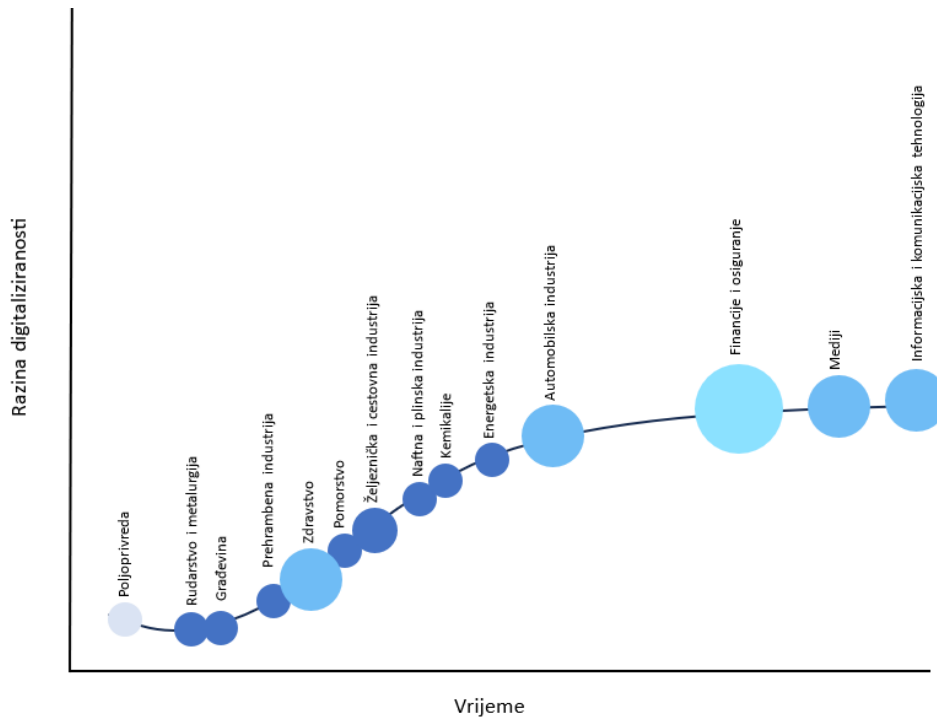
Treća industrijska revolucija, poznatija kao Industrija 3.0, donosi tehnološki napredak koji preciznu poljoprivredu pretvara u digitalnu, koja, u usporedbi s preciznom, veći fokus stavlja na tehnologiju. (Karunathilake, Le, He, Chung, Mansoor, 2023) Pametna poljoprivreda se temelji na podacima – prikupljanju, obradi, analitici podataka te donošenju odluka temeljenih na informacijama. Konvencionalna poljoprivreda ništa od toga nije uzimala u obzir. Jedan od primjera koristi digitalizacije u poljoprivredi je precizna sjetva za koju studije pokazuju da je 10 do 30% učinkovitija od konvencionalne sjetve. Pametna poljoprivreda, tj. poljoprivreda 4.0, čovjekovu uključenost limitira na promatranje, praćenje i vođenje poljoprivrednih procesa, dok je prikupljanje, obrada i donošenje odluka automatizirano te se radi tehnološkim putem. (Karunathilake, Le, He, Chung, Mansoor, 2023)

Swinton i Lowenberg – Deboer (2001) definiraju četiri ključne vrste tehnologije digitalne poljoprivrede, a to su određivanje položaja putem globalnog sustava pozicioniranja (GPS), geografski informacijski sustavi (GIS), računalno vođene upravljačke konzole za primjenu promjenjivih količina inputa i senzorske tehnologije za automatsko prikupljanje podataka i mapiranje. U Europi, prve primjene promjenjivih količina inputa (pametna gnojidba, pametna sjetva) zabilježene su u Njemačkoj i Danskoj 1998., a široka primjena GPS-a na području SAD-a započela je 1983. (Karunathilake, Le, He, Chung, Mansoor, 2023)

Godine 2011. dolazi do četvrte industrijske revolucije, poznate kao Industrija 4.0, kojom se predstavljaju internet stvari (IoT), umjetna inteligencija, robotika i tehnologija blokova podataka (engl. *blockchain technology*). Ovi noviteti su na jedan način implementirani i u poljoprivredu, mijenjajući digitalnu poljoprivredu u pametnu poljoprivredu ili poljoprivredu 4.0, kao što je prikazano na Slici 2. Poljoprivreda 4.0 sve veći fokus stavlja na održivost. (Karunathilake, Le, He, Chung, Mansoor, 2023)

Iako je zadnjih 20 godina došlo do znatnih tehnoloških napredaka u poljoprivredi te prelasku iz konvencionalne poljoprivrede u digitalnu, poljoprivreda je, globalno gledano, i dalje jedan od najmanje digitaliziranih industrija, kao što je prikazano i na S – krivulji na Slici 3.

Slika 3. Prikaz razine digitalizacije po industrijama



Izvor: izrada autora prema Bieliaieva et al. (2021)

Nadalje, danas je normalno plaćanje putem pametnih telefona i pametnih satova, upotreba mobitela, prikupljanje i analitika podataka prije odobravanja kredita, dok je digitalizacija u poljoprivredi u dosta država još uvijek svedena na teoriju, unatoč postojanju revolucionarne poljoprivrede 4.0. Razlozi tome su svojevrsna ograničenja u području digitalizacije poljoprivrede koje navode Abbasi, Martinez i Ahmad (2022), a to su:

a) Tehnička ograničenja:

- a. Interoperabilnost podataka – poljoprivredni podaci dolaze iz različitih izvora, zbog čega mogu imati različite formate i otežavati integraciju i analitiku.
- b. Standardizacija – uređaji se trebaju standardizirati kako bi se olakšala primjena digitalnih rješenja u različitim sustavima ili strojevima, uređajima.
- c. Kvaliteta podataka – u svrhu dobivanja smislenih rezultata, ključni su kvaliteta podataka, pohranjivanje podataka i sigurnost podataka.

- d. Hardverska implementacija – implementacija hardverskih rješenja na poljima zahtijeva jaku otpornost na različite vremenske uvjete, što još uvijek nije dovoljno postignuto.
  - e. Dostatni izvori energije – bežični uređaji korišteni na farmama imaju ograničen vijek baterije, što često izaziva nepravovremenu promjenu baterije te je ujedno i skupo.
  - f. Pouzdanost uređaja i odgovarajućih softverskih aplikacija – upitna je pouzdanost/relevantnost uređaja i/ili aplikacija jer su često temeljeni na informacijama iz različitih izvora.
  - g. Prilagodljivost – poljoprivredno okruženje je složeno, jako dinamično te zahtijeva sistem, uređaje i aplikacije koje se mogu jako brzo prilagođavati potrebnim promjenama.
  - h. Komunikacijske tehnologije i bežična internetska veza – promjene u temperaturama, pokreti živih objekata ili nedostatak prisutnosti internetske povezanosti predstavlja veliku zapreku.
  - i. Sigurnost i privatnost – zaštita podataka od pokušaja internetskih prijevара iznimno je važna, a još uvijek nedovoljno osigurana.
  - j. Kompleksnost i mjerljivost – tehnološka rješenja su iznimno kompleksna i traže profesionalno znanje za uspješnu primjenu; sva tehnološka rješenja kao i baze podataka trebaju biti mjerljive.
- b) Društveno - ekonomska ograničenja
- a. Razlika između poljoprivrednika i istraživača – digitalna rješenja osmišljena su od strane istraživača i tehnologa koji često nemaju pravi uvid u praktične probleme poljoprivrednika, dok poljoprivrednicima nedostaje znanje koje imaju istraživači.
  - b. Troškovi – troškovi digitalnih tehnoloških rješenja su vrlo često visoki i prosječan poljoprivrednik ih neće samo tako uvrstiti u svoj troškovni budžet.
  - c. Znanje – poljoprivredni sektor zaostaje u znanju o digitalnim tehnologijama i njihovim primjenama u odnosu na druge sektore.
  - d. Povrat uloženog – digitalna tehnološka rješenja su dugoročno ulaganje te poljoprivrednici često teško prihvaćaju ista zbog vremena potrebnog da se ostvari povrat uloženog.



- e. Povjerenje, zakoni i regulative – poljoprivrednici nemaju uvijek povjerenje u nove tehnologije; različite države imaju različite pravne okvire koji utječu na implementaciju digitalnih tehnologija, a neke ih uopće ni nemaju.
- f. Mrežna infrastruktura (prisutnost interneta) – većina manje razvijenih zemalja nema dovoljnu mrežnu infrastrukturu, zbog čega je primjena digitalnih rješenja teško primjenjiva.

Važno je istaknuti da digitalizacija poljoprivrede nosi velike prednosti i bolju budućnost, kako poljoprivrednicima, tako i gospodarstvima, potrošačima i drugim dionicima. Digitalizacija poboljšava agilnost poljoprivrednih radnji, pozitivno utječe na okoliš, poboljšava učinkovitost upotrebe resursa (vode, energije, gnojiva, pesticida itd.). Također, automatizirane operacije štede novac i vrijeme, napredne tehnologije omogućuju nadzor nad poljoprivrednim gospodarstvima u stvarnom vremenu i sprječavanje krađe te u konačnici osiguravaju produktivnost, sigurnost i dostatnost kvalitetne hrane. (Abbasi, Martinez i Ahmad, 2022) Kroz primjenu naprednih digitalnih rješenja, poljoprivrednici mogu ostvarivati bolje poslovne rezultate, povećavati svoju potrošačku moć, proizvoditi više hrane čime utječu i na manju potrebu država za uvozom iste.

Globalno gledano, već se razgovara o novoj industrijskoj revoluciji, industrija 5.0 i pratećoj poljoprivredi 5.0. Industrija 5.0 stavlja naglasak na međusobnu suradnju strojeva i ljudi, pri čemu je fokus na čovjeka, održivost i okolišnu otpornost. Ona upućuje na ponovno definiranje suradnje između čovjeka i strojeva, smanjenje okolišnog utjecaja i razvoj visoke robusnosti sustava s ciljem postizanja optimalne učinkovitosti i produktivnosti. Ovo sve upućuje na potencijal koji poljoprivreda 5.0 posjeduje, međutim, ona se još uvijek nalazi u razvojnoj fazi. (Abbasi, Martinez i Ahmad, 2022)

Unatoč svim prednostima koje digitalizacija donosi kao i razini digitaliziranosti poljoprivrede u određenim, razvijenim ekonomijama, još uvijek je to na niskim razinama. Zbog prije navedenih ograničenja daljnja očekivanja digitaliziranosti poljoprivrede su dosta predvidljiva. Pozitivan utjecaj uvođenja tehnologija će najviše obuhvatiti zemlje u kojima su dostupni ljudski i financijski kapital, to su na prvom mjestu Sjedinjene Američke Države, Kanada, Australija, dijelovi Argentine i Brazila. Tu također ulaze i zemlje Zapadne Europe s nešto manje obradivog zemljišta, ali i dalje dovoljno ljudskog i financijskog kapitala. (Abiri et al. 2023) Daljnja digitalizacija poljoprivrede moguća je svakako i uz potpore vlada kroz

poljoprivredne politike koje potiču primjenu digitalnih rješenja s ciljem smanjenja negativnog utjecaja na okoliš.

S druge strane, nerazvijene zemlje poput Afrike u kojoj je primjena digitalnih tehnologija u poljoprivredi i dalje na niskim razinama, primarno zbog različitih ograničenja digitalizacije koja su prethodno opisana u radu i dalje će ostati na niskim razinama digitaliziranosti (Abiri et al. 2023) te će teško ostvariti napredak, što nije dobro za njihova gospodarstva, potrošače hrane, ali ni za okoliš.

## 2.2 Potencijalni ekonomski i okolišni učinci digitalizacije i poljoprivrede

Kuzmich (2021) govori da će se potreba za hranom do 2050. povećati za 1,5 do 1,7 puta. Zbog globalnih izazova kao što su već spomenuta urbanizacija, porast ljudskog stanovništva, promjene u prehrambenim i životnim navikama te klimatske promjene, poljoprivreda mora ubrzano prihvaćati nove tehnologije i prilagođavati se ovim izazovima. Digitalizacija temeljena na informacijama i komunikacijskim tehnologijama treba postati središnji faktor poljoprivredne proizvodnje, ali i ekonomije. Digitalizacija poljoprivrede može povećati sigurnost hrane, poboljšati lanac opskrbe i osigurati veću kvalitetu hrane te s druge strane, smanjiti pretjeranu upotrebu poljoprivrednih inputa. Ona također pruža mogućnost decentralizacije – pojačanog razvoja ruralnih područja i stvaranja novih poslova u tim ruralnim područjima. (Kuzmich, 2021) Novi poslovi koji se stvaraju kroz digitalizaciju su visokokvalificirani, dok se smanjuje potreba za niskokvalificiranim poslovima (Wenqiang i Rongwu, 2022) jer upotreba pametnih strojeva i drugih tehnoloških rješenja smanjuje potrebu za niskokvalificiranom radnom snagom. Poboljšanje procesa u lancima opskrbe kroz kvalitetne baze podataka i stvaranje procesa temeljenih na informacijama stvara veće povjerenje među svim dionicima, smanjuje gubitke u poljoprivrednim proizvodima, stabilizira veleprodajne i maloprodajne cijene poljoprivrednih proizvoda te osigurava veću agilnost poljoprivrednog tržišta.

Manje razvijene ekonomije i manje razvijena područja mogu ostvariti veći napredak u digitalizaciji poljoprivrede, što može optimizirati poljoprivredni opskrbeni lanac (proizvodnju, tržišne informacije, cirkulaciju faktora) i time nadoknaditi gubitak nedovoljnih investicija u drugim industrijama u tim krajevima. S druge strane, digitalizacija ne može, kratkoročno gledano, znatno povećati poljoprivrednu produktivnost u visokorazvijenim zemljama jer su one već dosegnule visoku razinu digitalizacije i njenog brzog utjecaja na povećanje produktivnosti. To ne znači da se ne treba dalje raditi na digitalizaciji poljoprivrede u razvijenim ekonomijama, nego će pozitivni učinci te digitalizacije biti vidljiviji kasnije u odnosu na istu primjenu u nerazvijenim zemljama. (Wenqiang i Rongwu, 2022)

Još jedan od potencijalnih ekonomskih učinaka digitalizacije poljoprivrede je i smanjenje troškova proizvodnje. Primjenom digitalnih rješenja, poljoprivrednici optimiziraju svoje poslovanje na način da primjenjuju samo onoliko poljoprivrednih inputa koliko je potrebno i

samo ondje gdje je potrebno, dok u isto vrijeme vrlo često ostvaruju više prinose. U konačnici, štede novac i vrijeme u primjeni poljoprivrednih inputa, a zarađuju više kroz veći prinos. Osim toga veliki broj tehnoloških digitalnih rješenja omogućuje smanjenje troškova rada poljoprivrednicima, što je još jedan oblik uštede. Sve ovo povećava konačnu zaradu poljoprivrednika i njegovu potrošačku moć.

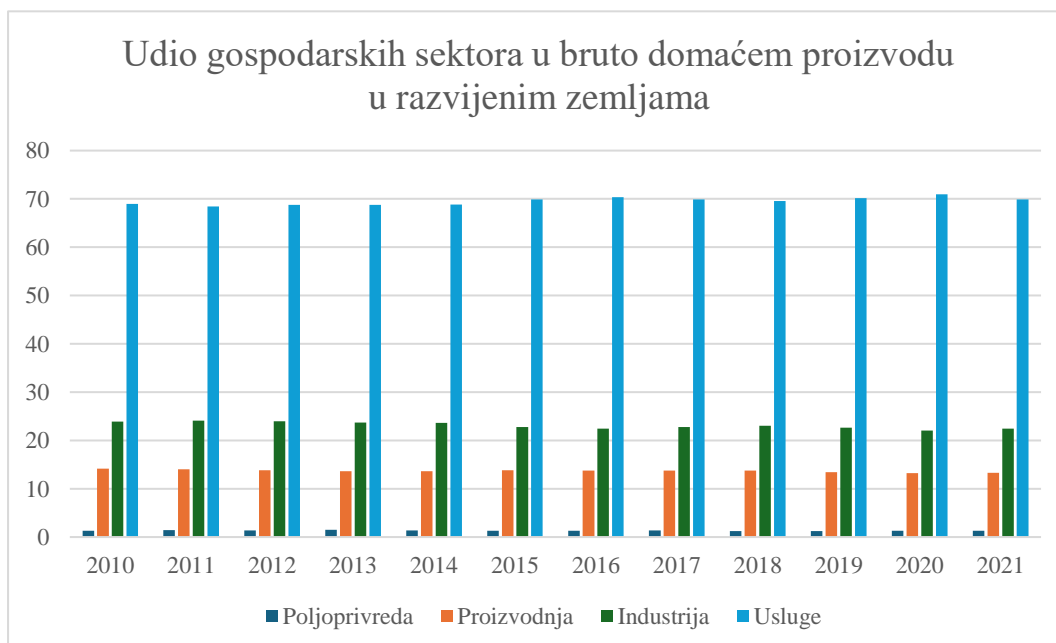
Digitalizacija omogućuje i ekonomsko – društvene efekte. U razvijenim zemljama postoji sve veća potražnja za kvalitetnom hranom – digitalne tehnologije omogućuju veću kvalitetu poljoprivrednih proizvoda, kao i stvaranje mogućnosti za promoviranje lokalne hrane na inozemnim tržištima (izvoz). (Kuzmich, 2021) Razvoj ruralnih krajeva kroz digitalizaciju omogućuje veću kvalitetu života u istima, kao i veću konkurentnost ruralnih poljoprivrednih proizvođača. Ovdje postoji određeno ograničenje, a to je da ruralne krajeve većinom čine mala poljoprivredna gospodarstva i male površine, dok je digitalizaciju lakše primjenjivati na velikim gospodarstvima i površinama jer iziskuje veće troškove. (Kuzmich 2021, Wenqiang i Rongwu, 2022) Stoga je tu ključna uloga vlade koja svojim regulativama, zakonima i poticajima za primjenu digitalnih rješenja može olakšati malim poljoprivrednim gospodarstvima brzu i efikasnu prilagodbu digitalizaciji.

Nejednak tijek informacija koji se događa kada poljoprivredni procesi u lancu opskrbe nisu strukturirani i digitalizirani, otežava odlučivanje i suradnju među distributerima, što često rezultira neučinkovitim skladišnim kapacitetima i visokim oscilacijama u cijenama. (Wenqiang i Rongwu, 2022) Tehnologija blokova podataka može pozitivno utjecati na dionike poljoprivrednog lanca opskrbe jer povećava transparentnost i omogućuje prikupljanje te oslanjanje na vjerodostojne, lako provjerljive podatke. Putem ove tehnologije, cijeli lanac opskrbe može biti mjerljiv i praćen – od poljoprivrednog osiguranja, primjene digitaliziranih tehnoloških rješenja preko distributerskih kanala, sve do razmjene poljoprivrednih proizvoda. Tehnologija blokova podataka osigurava lako provjerljivu kvalitetu hrane i sigurnije poslovanje svim dionicima. (Abiri et al. 2023)

Wenqiang i Rongwu (2022) zaključuju da u razvijenim ekonomijama postoji negativna korelacija između bruto društvenog proizvoda (BDP) i ukupne poljoprivredne proizvodnje, a razlog tome je činjenica da razvijene ekonomije više prednjače u tercijarnim industrijama, dok je orijentiranost na primarne industrije kao što je poljoprivreda, manja. Drugi razlog tome može biti i to što su razvijene ekonomije dosegnule stanje konvergencije u učinkovitoj

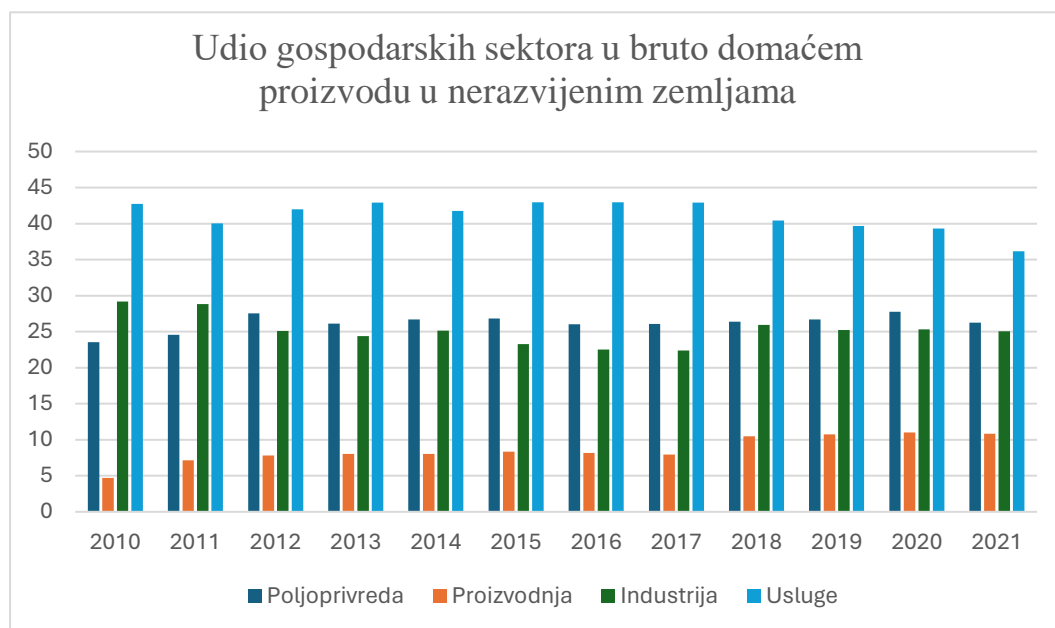
poljoprivrednom rastu (kroz duži period primjenjivana digitalizacija), bilježe veći trend urbanizacije i smanjenja poljoprivrednih površina, te pad zainteresiranosti radne snage za poljoprivredna zvanja. Grafikon 2. i 3. prikazuju usporedbu udjela gospodarskih sektora u BDP-u razvijenih i nerazvijenih zemalja (prema Svjetskoj banci, razvijene zemlje su zemlje u kojima je bruto nacionalni dohodak po glavi stanovnika u 2022. iznosio više od 13 845\$; nerazvijene zemlje su one u kojima je bruto nacionalni dohodak po glavi stanovnika u 2022. iznosio 1 135\$ ili manje.). U razvijenim zemljama, uslužni gospodarski sektor zauzima najveći udio u BDP-u, dok je udio poljoprivrede u padu od 2010. do 2019. (od 1,33% do 1,22%). 2020. dolazi do porasta udjela poljoprivrede na 1,29%. U nerazvijenim zemljama, poljoprivreda čini više od 20% BDP-a te je od 2010. do 2020. u porastu (od 23,55% do 27,76%), dok 2021. dolazi do određenog pada na 26,27%. Uslužne djelatnosti također čine najveći udio u BDP-u u nerazvijenim zemljama, no taj udio je manji u odnosu na razvijene i primjetan je trend njegovog pada od 2018. do 2021. (s 40,43% na 36,15%). I u razvijenim i u nerazvijenim zemljama, važna je kvalitetna suradnja institucija, tržišta rada i poljoprivrednika jer digitalizacija mijenja oblik rada u poljoprivredi te iziskuje veću razinu znanja i vještina, nego ikada prije. Zbog toga je potrebna međusobna jasna komunikacija kako bi digitalizacija donijela dugoročnu profitabilnost poljoprivrede ali, i gospodarstva općenito. (Wenqiang i Rongwu, 2022)

Grafikon 2. Udio gospodarskih sektora u bruto domaćem proizvodu u razvijenim zemljama



Izvor: Svjetska banka, izrada autora

Grafikon 3. Udio gospodarskih sektora u bruto domaćem proizvodu u nerazvijenim zemljama



Izvor: Svjetska banka, izrada autora

Uz mnoge ekonomske učinke, ne smiju se zaboraviti ni okolišni učinci digitalizacije. Poljoprivreda je najveći zagađivač vode te jedan od glavnih zagađivača okoliša općenito. (Sagasta, Zadeh i Turrall, 2017) Konvencionalne poljoprivredne prakse podrazumijevaju homogen pristup polju i poljoprivrednim radovima. Drugim riječima, sva polja i sve poljoprivredne kulture se tretiraju homogeno – jednaka primjena gnojiva i pesticida na cijelom polju. Polje nije homogeno i primjena digitalizacije vrlo često kreće upravo od te spoznaje. Digitalizacija omogućuje pametnu gnojidbu, pametno prskanje, pametnu sjetvu i pametnu žetvu. Za okoliš najveću važnost ima pametna primjena gnojiva i pesticida, što omogućuje da se tlu i biljci daju samo oni elementi koji su potrebni i samo ondje gdje su potrebni. Na taj način ne dolazi do ispiranja viška kemikalija u vodu. Poljoprivrednici, posebice u manje razvijenim zemljama, ne stavljaju dovoljnu važnost okolišnom aspektu, iako znaju da biljka neće potrošiti sve elemente koje joj damo, nego samo one koji joj trebaju i onoliko koliko ih treba. Ostatak odlazi u tlo i vodu. Sve navedeno traži promjenu načina razmišljanja poljoprivrednika, što nije uvijek lako i brzo ostvarivo. Ključni faktori koji na to mogu utjecati su sve veća potreba za zdravom hranom od strane potrošača te državne politike. Kroz regulative ili subvencije za primjenu digitalnih rješenja u poljoprivrednim procesima, poljoprivrednike će se potaknuti na promjenu od konvencionalnog pristupa prema digitalnom pristupu poslovanja i time posljedično pozitivno utjecati na okoliš.

### 3. Digitalizacija i poljoprivreda u Europskoj uniji i Sjedinjenim Američkim Državama

#### 3.1 Tehnologija, digitalizacija i poljoprivreda u Europskoj uniji i Sjedinjenim Američkim Državama

Sjedinjene Američke Države (SAD) i Europska unija (EU) su dvije svjetski najjače velesile u proizvodnji, potrošnji i trgovinskoj razmjeni. (The Congressional Research Service, 2016) Obje velesile su zadnjih desetljeća prošle značajne strukturalne promjene – smanjenje zaposlenosti u poljoprivrednom sektoru, smanjenje broja poljoprivrednih gospodarstava i njihovo okrupnjivanje te porast prihoda iz nepoljoprivrednih industrija. CRS (2016) ističe da je u periodu od 2013. do 2015. 17% ukupnog američkog izvoza te 9% izvoza poljoprivrednih dobara išlo na područje EU, što čini EU petom najvažnijom izvoznom destinacijom za SAD. S druge strane, 19% ukupnog izvoza EU te 14% poljoprivrednog izvoza išlo je prema SAD-u, što čini SAD trećim najvećim partnerom.

Oba tržišta svjedoče kontinuiranim promjenama u potrošačkim navikama, okolišnim i klimatskim uvjetima, zakonskim regulativama, ali i promjenama tržišnih globalnih uvjeta zbog čega se svakodnevno moraju prilagođavati kako bi zadržale uspješnost poljoprivredne industrije. Poljoprivreda predstavlja strateški važnu gospodarsku granu i EU i SAD-a. Najvažnije razlike među njima su različitosti u poljoprivrednim površinama i broju poljoprivrednih gospodarstava. SAD ima dvostruko više poljoprivredne zemlje (362 milijuna hektara) u odnosu na EU koja 2020. bilježi 157 milijuna hektara. S druge strane, EU ima skoro pet puta više farmi – devet milijuna u odnosu na američkih dva milijuna farmi. Farme u SAD-u su površinski veće u odnosu na EU – prosječna veličina farme u SAD-u je deset puta veća od one u EU (vidjeti Tablicu 1.).

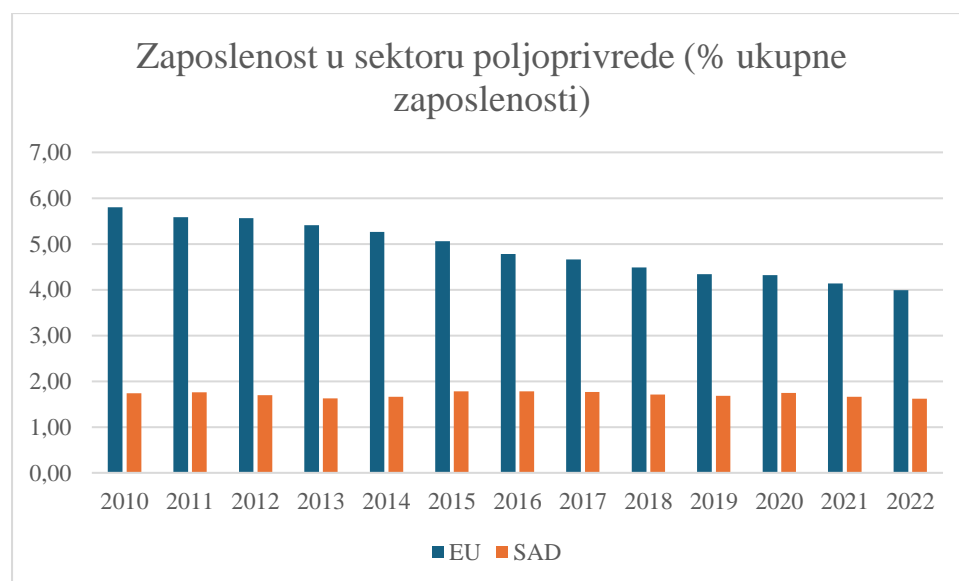
*Tablica 1. Poljoprivredno zemljište i poljoprivredna gospodarstva u EU i SAD-u 2020. godine*

	Jedinica	SAD	EU
Poljoprivredno zemljište	milijuni hektara	362	157
Broj polj. gospodarstava	1 000	2 019	9 100
Prosječna veličina polj. gospodarstva	hektar	179	17,4

*Izvor: USDA, Eurostat*

I EU i SAD suočavaju se s činjenicom da je radna snaga u poljoprivredi sve starija. USDA (2024) navodi da je prosječna starost poljoprivrednika u SAD-u u 2022. godini bila 58,1 godinu te da se poljoprivrednik poljoprivredom u prosjeku bavi 23,4 godine što upućuje na iskusnost poljoprivrednika i manji udio mladih koji se tek počinju baviti poljoprivredom. 53% poljoprivrednika je u dobnoj skupini 35 – 64 godine, 38% su stariji od 65, dok je samo 9% njih mlađe od 35 godina. Kada je riječ o EU, Eurostat (2022) navodi da je u 2020. većina poljoprivrednika (57,6%) imala 55 i više godina. Samo 11,9% poljoprivrednika bila je mlađa od 40 godina. Najveći udio mladih poljoprivrednika imali su Austrija (23,4%) i Poljska (21%), dok je najmanji udio imao Cipar (5,1%). EU ima veći udio zaposlenih u sektoru poljoprivrede, što je vidljivo i na Grafikonu 4. Udio zaposlenih u poljoprivredi u EU kreće se od 5,8% u 2010. do 3,99% u 2022. što upućuje na trend smanjenja poljoprivredne zaposlenosti. S druge strane, trend u SAD-u je relativno stabilan do 2020. godine, dok 2021. i 2022. također dolazi do pada zaposlenosti u sektoru poljoprivrede (s 1,75% u 2020. na 1,62% u 2022.).

Grafikon 4. Zaposlenost u sektoru poljoprivrede u EU i SAD-u



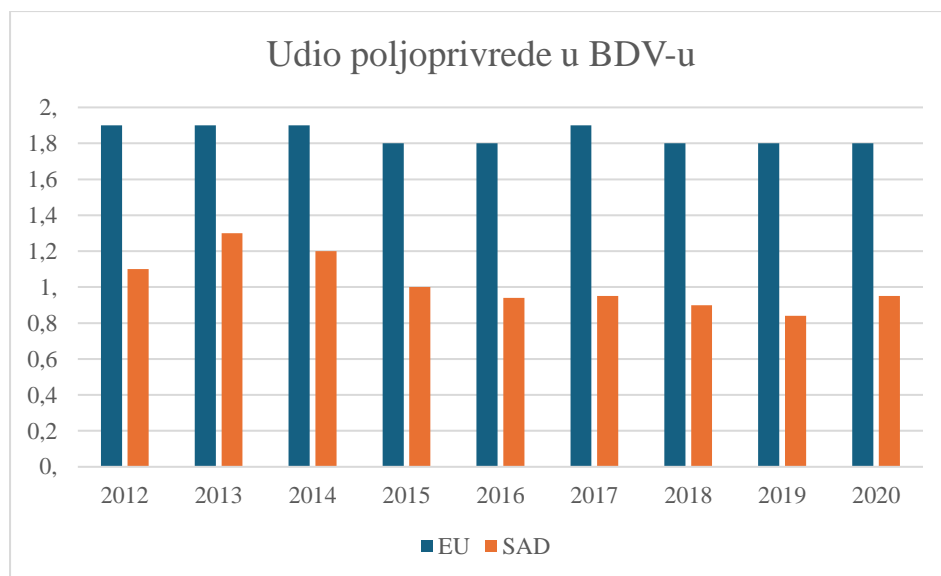
Izvor: Svjetska banka, izrada autora

Udio poljoprivrede u bruto dodanoj vrijednosti je malen i u EU i u SAD-u, a Grafikon 5 pokazuje da, iako je postotak generalno malen, ipak EU bilježi dvostruko veći udio u BDV-u u odnosu na SAD (npr. 2020. odnos je bio 1,8% u EU naspram 0,95% u SAD-u). S druge strane, na Grafikonu 6 prikazana je BDV poljoprivrede po poljoprivredniku te se primjećuje razlika između EU i SAD-a, ali ovaj put SAD je taj koji bilježi veće vrijednosti tijekom cijelog promatranog vremena (od 2010. do 2019. godine). BDV po poljoprivredniku u SAD-u je u



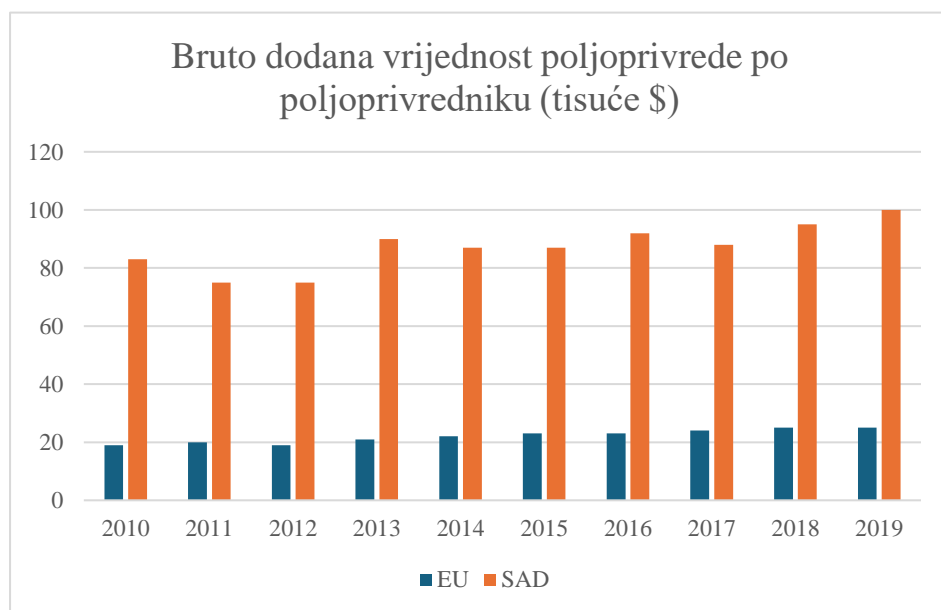
promatranom periodu tri puta, a nekada čak i četiri puta veća od EU – npr. 2019. EU BDV poljoprivrede po poljoprivredniku iznosila je 25 000 dolara, a u SAD-u 100 000 dolara. U EU najniža BDV je u razvijenijim regijama gdje zemljišta imaju veću upotrebu za uslužne djelatnosti, nego za poljoprivredu – to su Njemačka, Austrija i Švedska, gdje je BDV poljoprivrede 2019. godine iznosila manje od 0,1%. (Eurostat 2022)

Grafikon 5. Udio poljoprivrede u BDV-u u EU i SAD-u



Izvor: Eurostat, USDA, izrada autora

Grafikon 6. BDV poljoprivrede po poljoprivredniku u EU i SAD-u

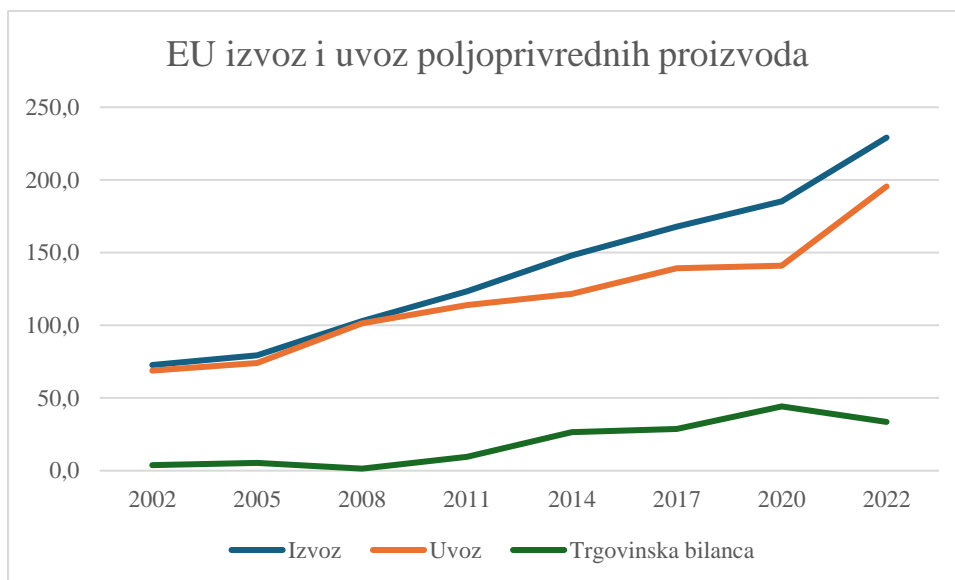


Izvor: Svjetska banka, izrada autora

Nadalje, EU i SAD su jedni od najvećih izvoznika poljoprivrednih dobara. Sukladno podacima Europske komisije za 2022., tržišta na koja EU najviše izvozi su Ujedinjeno Kraljevstvo, SAD i Kina, dok su za SAD, kako navodi USDA, najveća izvozna tržišta Istočna Azija (Kina, Japan, Južna Koreja), Meksiko, Kanada, kao i EU.

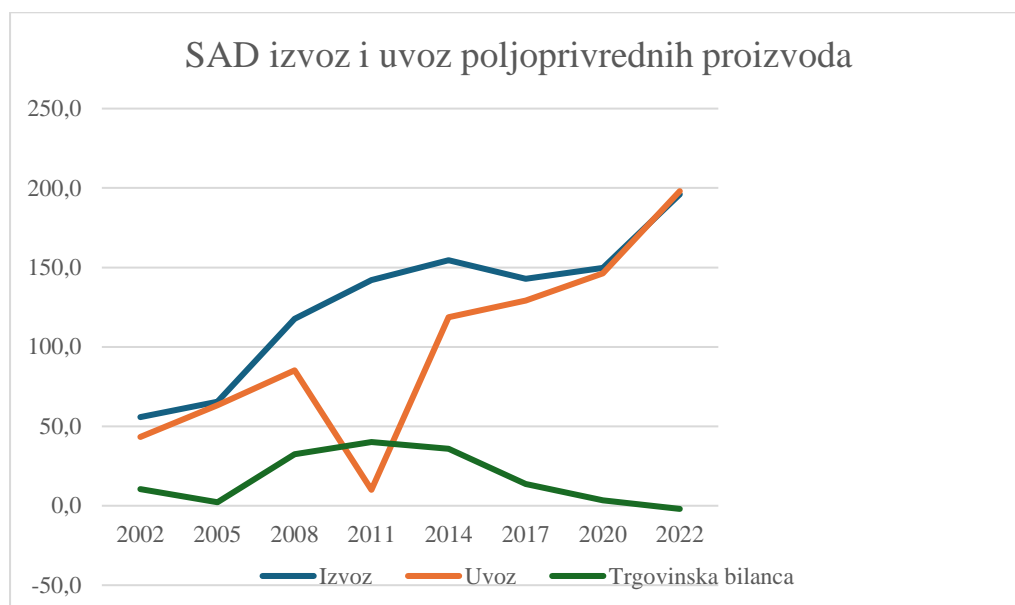
USDA (2004) navodi da je od 1996. uvoz poljoprivrednih proizvoda porastao u SAD-u, a pao u EU. Prema novijim podacima, kao što je vidljivo na Grafikonima 7. i 8., obje velesile bilježe pad uvoza i izvoza poljoprivrednih dobara u periodu COVID-19 te ponovni porast po završetku pandemije. No porast je intenzivniji u SAD-u nego u EU, pretpostavlja se da je razlog tome rat u Ukrajini.

*Grafikon 7. EU izvoz i uvoz poljoprivrednih proizvoda (mlrd. €)*



*Izvor: Eurostat, izrada autora*

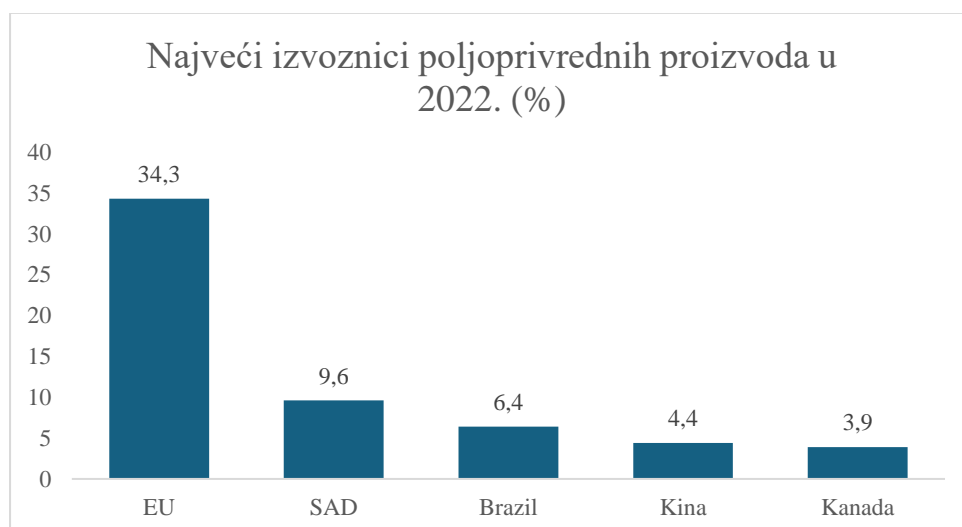
Grafikon 8. SAD izvoz i uvoz poljoprivrednih proizvoda (mlrd. \$)



Izvor: USDA, izrada autora

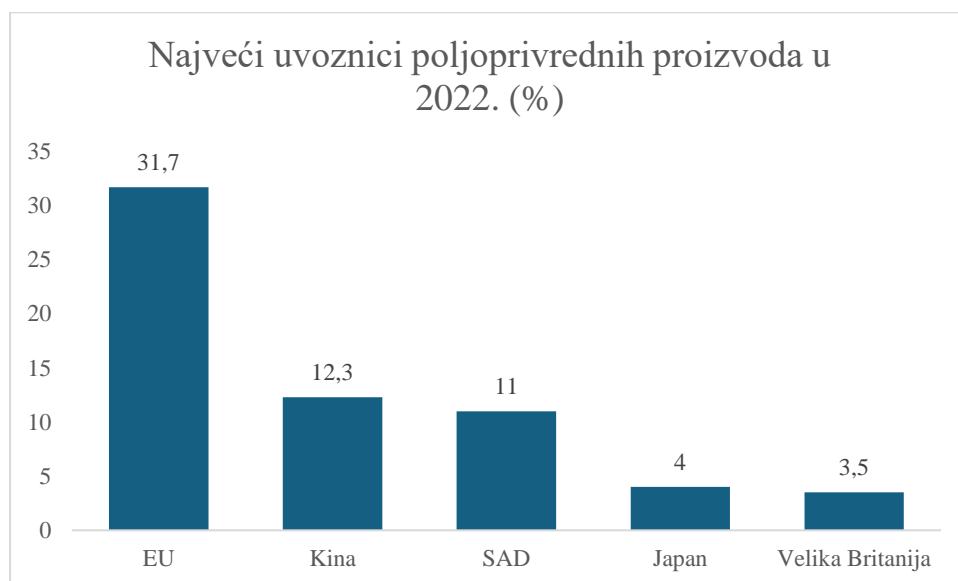
Svjetska trgovinska organizacija (WTO) u svom godišnjem izvještaju izdanom 2023. godine navodi najveće izvoznike i uvoznike poljoprivrednih proizvoda u 2022. godini, gdje EU u obje kategorije zauzima prvo mjesto – udio u svjetskom izvozu je 34,3%, a u uvozu 31,7% (vidjeti Grafikon 9. i 10.). SAD je u 2022. godini drugi najveći izvoznik poljoprivrednih proizvoda (9,6%), a treći najveći uvoznik (11%). EU izvoz poljoprivrednih proizvoda porastao je za 5% u odnosu na 2021. godinu, a uvoz za 9%. SAD također bilježi veći porast uvoza, nego izvoza (14% naspram 10%).

Grafikon 9. Najveći svjetski izvoznici poljoprivrednih proizvoda u 2022.



Izvor: WTO, izrada autora

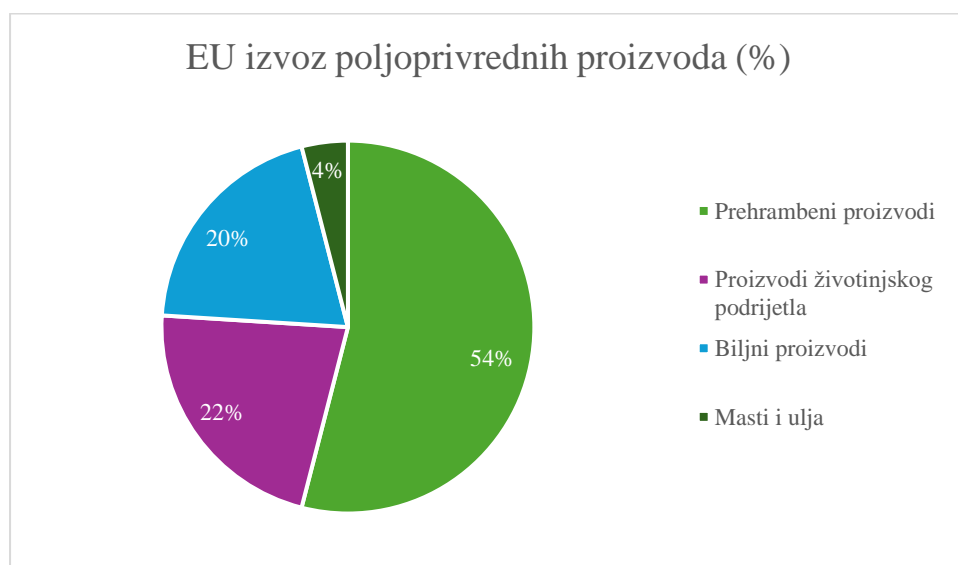
Grafikon 10. Najveći svjetski uvoznici poljoprivrednih proizvoda u 2022.



Izvor: WTO, izrada autora

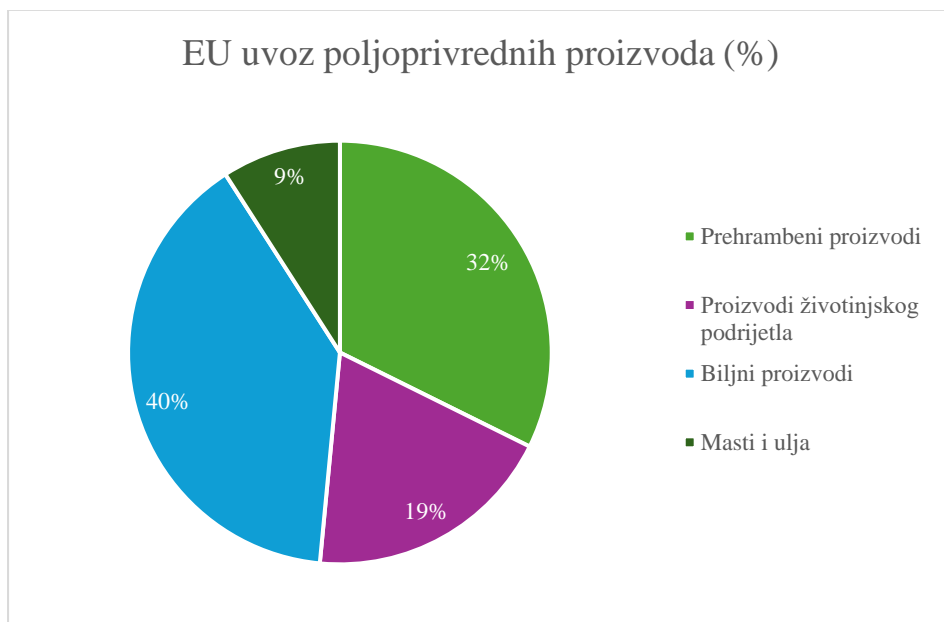
EU je 2022. godine najviše izvozila prehrambene proizvode, a najmanje masti i ulja. S druge strane (Grafikon 11.), SAD je u 2022. godini najviše izvezio stočnu hranu (Grafikon 12.). Kada je riječ o uvozu, EU je najviše uvozila biljne proizvode – 40%, dok su masti i ulja činile najmanji postotak uvoznih proizvoda – 9%. Te iste godine, najveći uvoz u SAD-u zabilježen je u miješanim prehrambenim proizvodima (14%), a najmanje se uvozila stočna hrana – 2% (vidjeti Grafikone 13. i 14.). (Eurostat 2023, USITC 2023)

Grafikon 11. EU izvoz poljoprivrednih proizvoda u 2022.



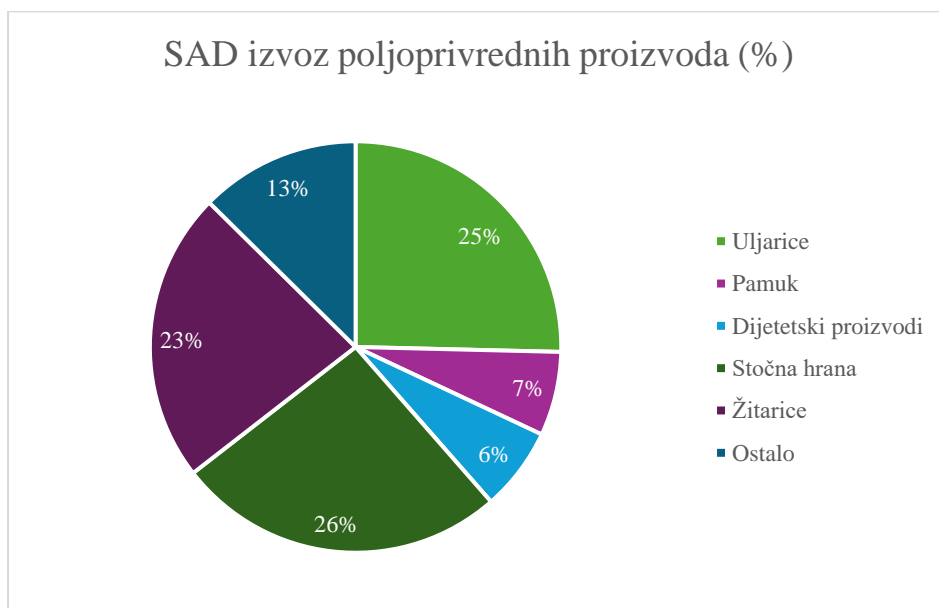
Izvor: Eurostat, izrada autora

Grafikon 12. EU uvoz poljoprivrednih proizvoda u 2022.



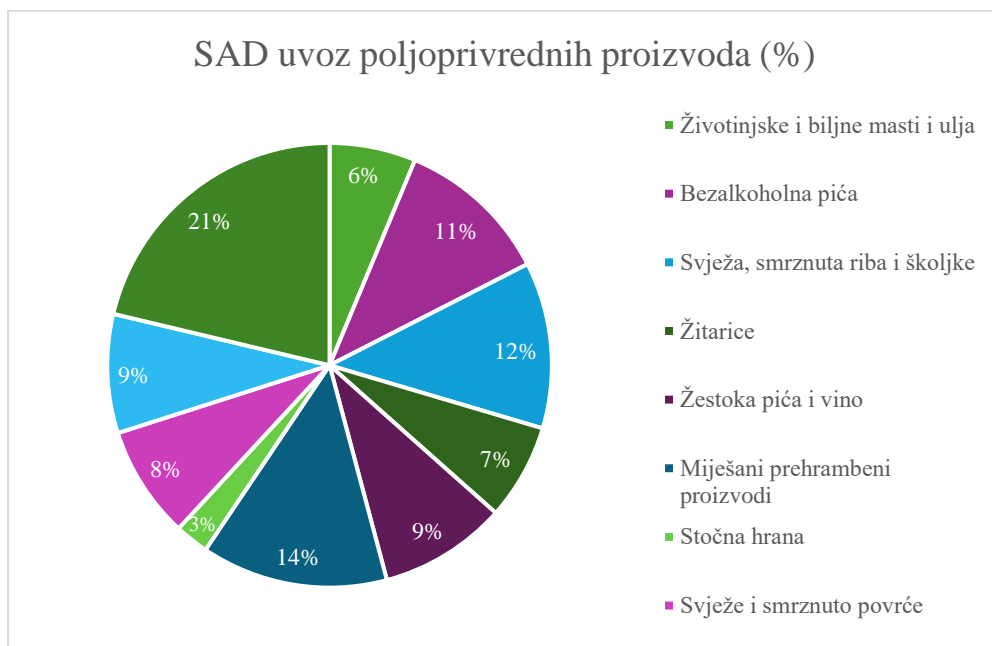
Izvor: Eurostat, izrada autora

Grafikon 13. SAD izvoz poljoprivrednih proizvoda u 2022.



Izvor: USITC, izrada autora

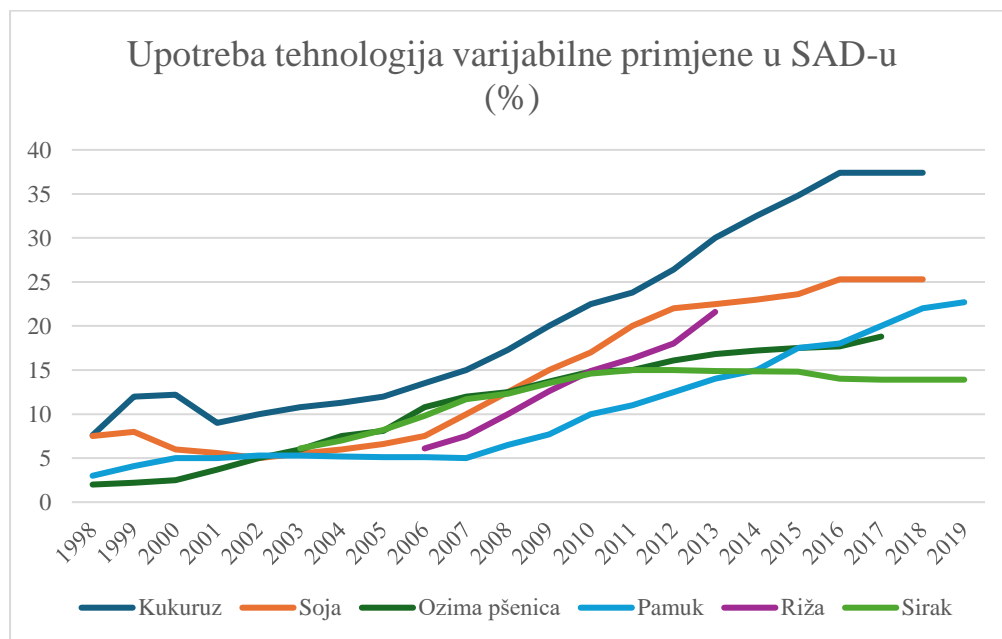
Grafikon 14. SAD uvoz poljoprivrednih proizvoda u 2022.



Izvor: USITC, izrada autora

USDA (2023) govori da je veće prihvaćanje i primjena digitalizacije prisutnija kod velikih poljoprivrednika, nego kod malih, a kada je riječ o upotrebi tehnologije varijabilne primjene (VRT), ona je najprisutnija u području gnojidbe (varijabilna gnojidba). Grafikon 15. pokazuje primjenu VRT tehnologije, prikazanu kao postotak u ukupnim obradivim površinama po kulturama. Najveća primjena je u kukuruzu, i u periodu od 2006. godine nadalje, u svim je kulturama primjetniji trend bržeg porasta u odnosu na 1990-te i sami početak 2000-ih.

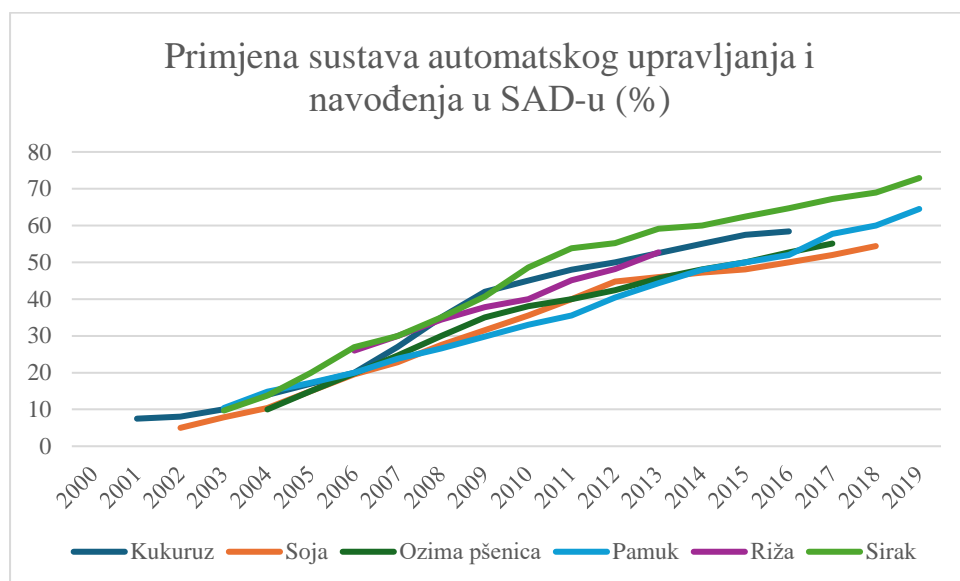
Grafikon 15. Postotak upotrebe tehnologija varijabilne primjene u SAD-u po kulturama



Izvor: USDA, izrada autora

Sustavi automatskog upravljanja i navođenja vizualiziraju položaj opreme na polju s ciljem smanjenja preskakanja i preklapanja te omogućuju gotovo potpuno automatizirano upravljanje traktorima čime se oslobađa vrijeme poljoprivrednika u kabini. Ovi sustavi omogućuju niže varijabilne ulazne troškove zbog sprječavanja primjene poljoprivrednih inputa tamo gdje nisu potrebni (primjerice, ne dolazi do preklapanja, tj. duplog sisanja tijekom sjetve). Stope usvajanja ovih tehnologija bilježe brzorastući trend od 2000-ih nadalje, što je vidljivo i na Grafikonu 16.

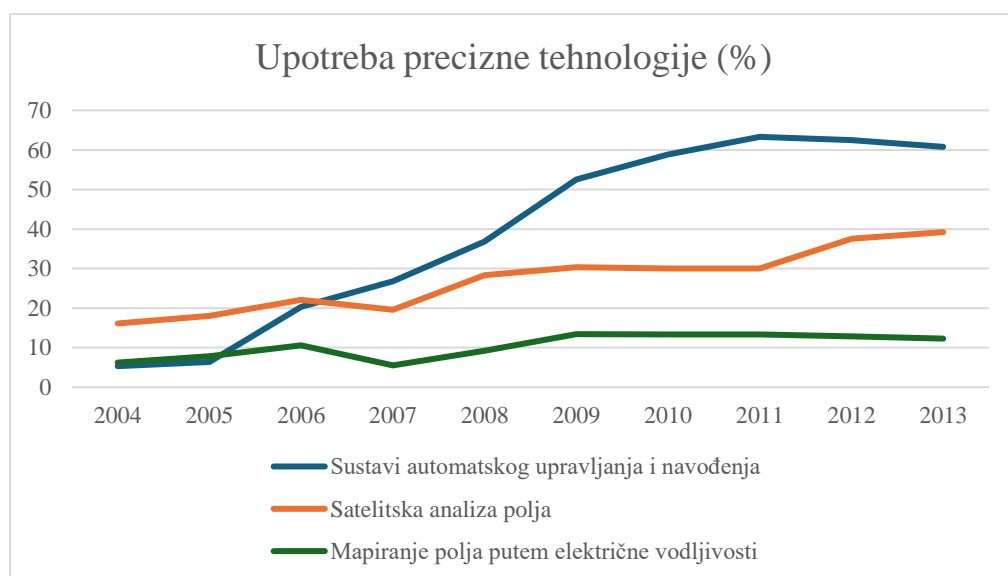
Grafikon 16. Postotak primjene sustava automatskog upravljanja i navođenja u SAD-u po kulturama



Izvor: USDA, izrada autora

Europa također bilježi brzi rastući trend upotrebe sustava automatskog upravljanja i navođenja (Grafikon 17.). 2004. godine njihova primjena iznosila je samo 5,3%, dok je 2013. porasla na 60,8%. Usluge precizne poljoprivrede koje se najčešće nude poljoprivrednicima u Europi su pametna analiza tla i mapiranje tla upotrebom GIS sustava (Grafikon 18.). Što se tiče tehnologija varijabilne primjene (VRT), u Europi prevladava usluga varijabilne sjetve koja je najveći porast zabilježila nakon 2013. godine – s tadašnjih 9,8% na 30,5% u 2016. (ZIC EK 2014).

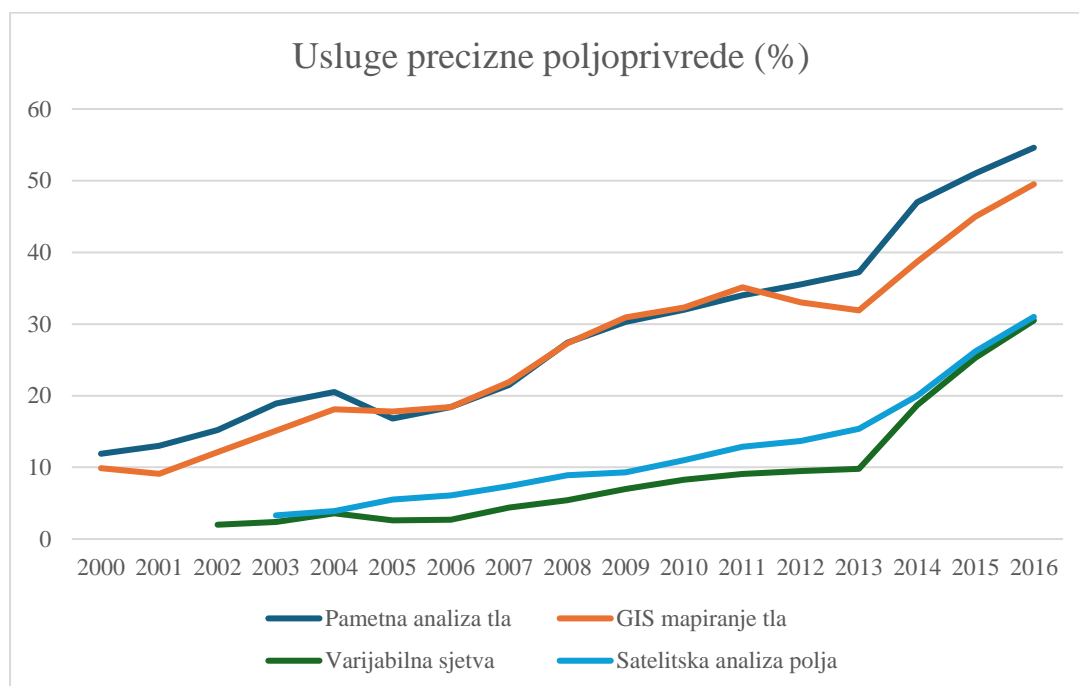
Grafikon 17. Postotak upotrebe precizne tehnologije u Europi



Izvor: Europska komisija, izrada autora



Grafikon 18. Usluge precizne poljoprivrede u Europi



Izvor: Europska komisija, izrada autora

Zajednički istraživački centar Europske komisije navodi financijske koristi primjene VRT tehnologije kroz primjer u Njemačkoj. Uobičajeno, primjena dušičnih gnojiva donosi između 10€/ha i 25€/ha dodatne zarade. Međutim, precizna primjena dušičnih gnojiva povećava tu zaradu za 10 – 15% zbog smanjenja nepotrebne primjene dušika, pritom bez utjecaja na prinos usjeva. Drugi primjer pokazuje povećanje zarade zbog VRT primjene u kulturama ozima pšenica i uljana repica, u rasponu od 48€/ha do 83€/ha, zbog poboljšanja kvalitete i sadržaja proteina u usjevu te smanjene potrošnje goriva zbog poboljšanja homogenosti tla.

### 3.2 Digitalizacija i produktivnosti poljoprivrede Europske unije i Sjedinjenih Američkih Država

Tijekom zadnja tri desetljeća, poljoprivredne prakse svjedoče velikim primjenama tehnologije kao što su automatizacija, kontrolni sistemi, analiza podataka i mobilne aplikacije. Primarni cilj ovih inovacija je maksimizirati produktivnost poljoprivredne zemlje i resursa.

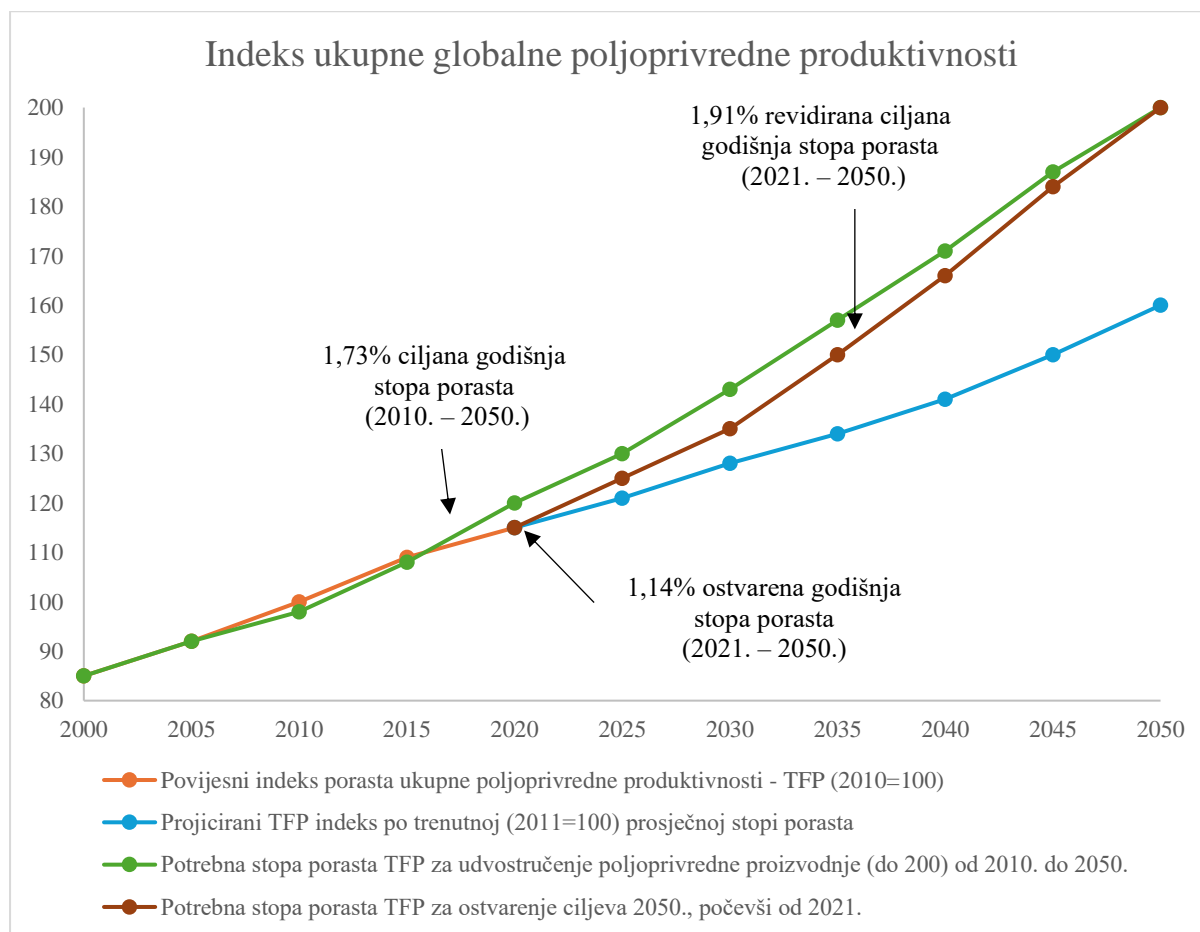
Trendovi poput povećanja pretilosti, ubrzanog života koji rezultira konzumiranjem hrane izvan kuće, starenjem populacije, okretanjem prema zdravijim životnim navikama i konzumiranju organske hrane te kontinuiranim promjenama u trgovinskim i ekonomskim korelacijama stvaraju potrebu za drugačijim pristupima u proizvodnim procesima, ali i marketinškim te trgovinskim lancima. Zadnjih desetljeća poljoprivrednici u EU i SAD-u postižu veću produktivnost i profitabilnost, ponajprije kao rezultat tehnoloških promjena, povećane učinkovitosti i proizvodnih procesa, boljih vještina vođenja poljoprivrednih radnji te utjecaja vladinih programa i regulativa. (USDA, 2004 i Europska komisija, 2020)

Kroz vrijeme, poljoprivredne prakse su prošle revoluciju primjene novih tehnologija s primarnim ciljem maksimizacije produktivnosti poljoprivrednih površina i resursa. Već početkom 1990-ih poljoprivrednici su mapirali svoja polja te koristili mogućnosti GPS-a. Učinkovitost na poljima (veći prinosi), kao i smanjenje troškova kroz cijeli poljoprivredni proces, povećani su korištenjem tehnoloških rješenja kao što su robotika, bežični sustavi, mobilne aplikacije i mrežne automatizacije s ciljem detektiranja, procjene i kontrole uvjeta u tlu, opskrbi vodom i vremenskih oscilacija. Naprednija rješenja poput robotike i kompleksnih sustava koji uključuju analitiku podataka imaju veću primjenu u SAD-u u odnosu na EU, pogotovo uzimajući u obzir geografski manje te manje razvijene zemlje u EU. (Abiri et al, 2023 i CRS 2016)

Francuska, Njemačka i Nizozemska su primjeri veće primjene digitalizacije, no robotika je i dalje svojstvena SAD-u. SAD, Brazil i Kanada su vodeće zemlje u području digitalizacije poljoprivrede, na praktičnoj razini, ali i u istraživanju te razvoju novih tehnologija. U Aziji također raste primjena digitalizacije, posebice u Kini, dok je u Africi još uvijek na niskim razinama zbog različitih faktora kao što su ograničen pristup tehnologiji i infrastrukturi te mala ulaganja u istraživanje i razvoj. (Abiri et al. 2023)

Porast produktivnosti je ključan za dugoročnu ekonomsku održivost poljoprivrednog sektora. Američka Nacionalna udruga državnih ministarstava poljoprivrede (NASDA) 2023. godine predstavila je dokument pod nazivom *GAP Report*. Cilj ovog dokumenta je prikazati potrebnu godišnju stopu porasta ukupne globalne produktivnosti, kako bi poljoprivreda mogla odgovoriti na sve izazove koji je čekaju do 2050. godine. Grafikon 19. prikazuje kretanje ciljane i ostvarene stope ukupne poljoprivredne produktivnosti u periodu od 2000. do 2050. Indeks globalne poljoprivredne produktivnosti (GAP indeks), kreiran 2010. godine, pokazuje da, u periodu od 2010. do 2050., ciljana godišnja stopa porasta ukupne poljoprivredne produktivnosti treba iznositi 1,73%. Međutim, u periodu od 2011. do 2021. ona je prosječno iznosila 1,14%, što nije ni približno dovoljno. Zbog toga je GAP indeks revidiran te je određeno da u periodu od 2021. do 2050. godišnja stopa porasta ukupne poljoprivredne produktivnosti treba iznositi 1,91%.

Grafikon 19. Indeks ukupne globalne poljoprivredne produktivnosti



Izvor: NASDA, izrada autora

Prema podacima Europske komisije (2016, 2023), ukupna produktivnost poljoprivrede se tijekom vremena povećala, no posljednjih godina sporije nego u prošlosti. Od 1995. do 2005. stopa rasta prelazila je 1% godišnje, međutim, usporila se na oko 0,8% između 2005. i 2022. Kada se govori o poljoprivrednoj proizvodnji, zabilježen je njezin rast – oko 6% u periodu od 2005. do 2015. te oko 1% u periodu od 2020. do 2022. Radna snaga je od 2005. do 2015. pala za oko 25%, dok je u periodu od 2018. do 2023. godišnje rasla otprilike 5%. Porast ukupne poljoprivredne produktivnosti rezultat je više faktora – od onih na koje poljoprivrednik može utjecati (znanje, vještine, učinkovitost, primjena naprednih tehnologija) do onih na koje ne može (okoliš, državna ulaganja u istraživanje i razvoj, državne politike itd.). U izvještaju iz 2016., Europska komisija u promatranom razdoblju (2005. – 2015.) nije uspjela pronaći izravnu korelaciju između državnih ulaganja u istraživanje i razvoj (R&D) poljoprivrede i ukupne poljoprivredne produktivnosti, zbog čega je osnovala Europsko inovacijsko partnerstvo za poljoprivrednu produktivnost i održivost, koje je provelo istraživanje za period 2014. - 2020. Cilj istraživanja bio je provjera povezanosti primjene tehnologija digitalne poljoprivrede s produktivnošću poljoprivrednog gospodarstva i smanjenjem emisije stakleničkih plinova, a u istraživanju je sudjelovalo pet zemalja – Velika Britanija (kao tadašnja EU članica), Nizozemska, Belgija, Njemačka i Grčka te 971 ispitanik (poljoprivrednik). (Europska komisija 2016) Po pitanju tehnologija digitalne poljoprivrede, fokus je stavljen na sustave automatiziranog navođenja (eng. *machine guidance* – *MG*) i varijabilnu gnojidbu dušikom (eng. *variable – rate N – application* – *VRNT*). Ispitanici su imali visoku svjesnost o postojanju MG i VRNT – 94, odnosno 79%. Najnižu razinu svjesnosti o postojanju MG i VRNT imale su Belgija i Grčka koje imaju manje poljoprivredne površine, a može se napraviti i poveznica s razinom obrazovanja u Grčkoj koja je, kako je prethodno opisano u radu, prema Eurostatu 2020. bilježila stopu obrazovanja poljoprivrednika od 0,7%. Gledajući primjenu, 34% ispitanika koristilo je MG, a samo 22% VRNT. Zanimljivo je istaknuti kako poljoprivrednici nisu prepoznali nikakav utjecaj primjene MG i/ili VRNT na produktivnost, dok ipak prosječni podaci upućuju na smanjenje troškova – gorivo za 5,4, odnosno 2,8% i troškovi rada (potreba za manjim brojem radne snage) – te povećanje produktivnosti kod primjene VRNT za 4,1%. MG primjena nije utjecala na veću produktivnost. (Europska komisija 2019)

Prosječna godišnja stopa ukupne poljoprivredne produktivnosti u SAD-u porasla je s 0,7% u periodu od 2007. do 2019. na 5,57% godišnje u periodu od 2019. do 2021. Porast poljoprivredne produktivnosti je, za razliku od većine drugih industrija, povezan sa

smanjenjem upotrebe poljoprivrednih inputa – vrlo često manja upotreba inputa dovodi do veće ukupne produktivnosti. Ova korelacija vidljiva je i u SAD-u, osim u periodu od 2007. do 2019., kao što je i prikazano u Tablici 2. Utrošak rada se smanjivao po prosječnoj godišnjoj stopi od 1,93%. U periodu od 1948. do 2021. upotreba zemljišta u poljoprivredne svrhe pala je za 28%, što je u istom periodu utjecalo na negativan doprinos kapitala ukupnoj poljoprivrednoj proizvodnji od -0,07% godišnje. (USDA 2024) Pozitivan utjecaj digitalne poljoprivrede na ukupnu poljoprivrednu produktivnost vidljiv je iz činjenice da je upotreba sustava za automatizirano navođenje povećalo operativnu dobit poljoprivrednika za skoro 3%, a upotreba tehnologija varijabilne primjene za oko 1% na američkim farmama kukuruza. Smanjenje upotrebe inputa kao što su gnojiva, pesticidi, gorivo i voda mogu smanjiti operativne troškove te posljedično povećati dobit – primjer toga je pametna sijačica koja zaustavlja sjetvu na dijelovima polja koji su već posijani. Pametne tehnologije mijenjaju i pogled na radnu snagu – potrebno je brojčano manje radne snage, ali s većim stupnjem znanja. (US GAO 2024)

Tablica 2. Prikaz čimbenika ukupne poljoprivredne proizvodnje u SAD-u u periodu od 1960. do 2021.

	Rad	Kapital <sup>1</sup>	Porast upotrebe polj. inputa
1960.-1969.	-0,79	0,06	-0,04
1969.-1973.	-0,41	-0,15	0,49
1973.-1979.	0,19	0,3	1,55
1979.-1981.	-0,23	0,04	-1,25
1981.-1990.	-0,45	-0,76	-1,28
1990.-2000.	-0,23	-0,22	0,3
2000.-2007.	-0,37	-0,05	0,08
2007.-2019.	0,38	0,06	-0,02
2019.-2021.	-1,65	-0,1	-3,35

Izvor: USDA, izrada autora

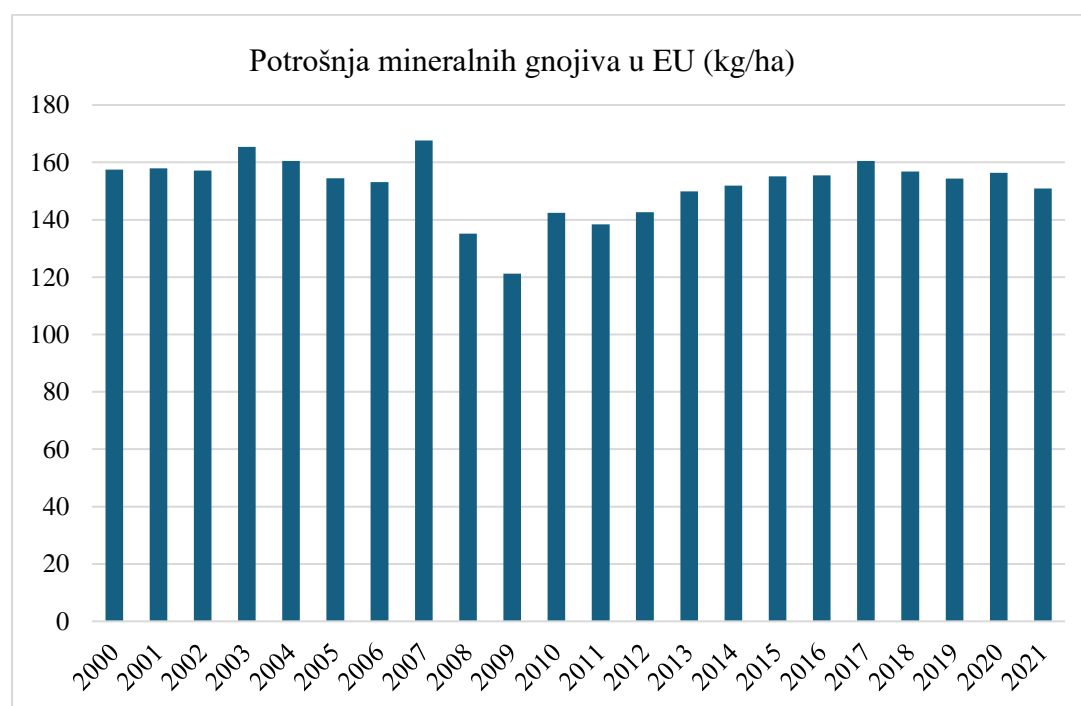
<sup>1</sup> Kapital uključuje zemljište, dugotrajnu opremu, nekretnine i inventar

### 3.3 Digitalizacija i održivosti poljoprivrede u Europskoj uniji i Sjedinjenim Američkim Državama

Kada se govori o učinkovitosti i tehnološkim promjenama, poljoprivredni repromaterijali su jedan od važnih faktora koji utječu na poljoprivrednu produktivnost, ali i na okoliš. U periodu od 1970-ih do 1990-ih, primjena repromaterijala bila je u porastu. (USDA 2004)

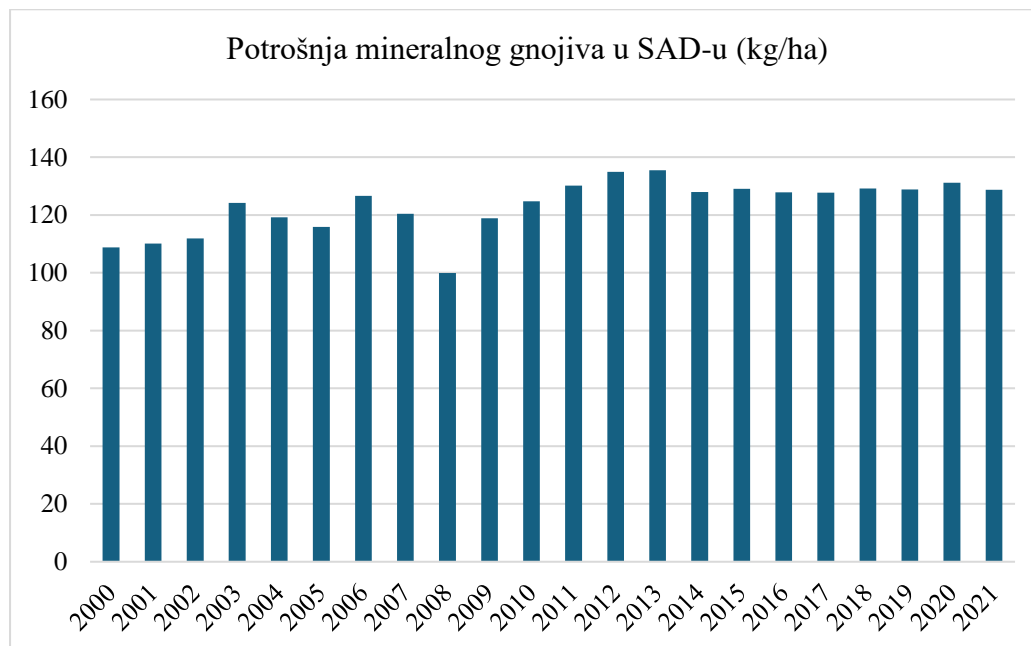
Grafikoni 20. i 21. prikazuju potrošnju mineralnih gnojiva u kilogramima po hektaru, u EU, odnosno SAD-u, u periodu od 2000. do 2021. godine. EU bilježi veću potrošnju mineralnih gnojiva tijekom cijelog promatranog perioda, no trend kretanja je sličan za obje zemlje. Najniža razina zabilježena je 2009. godine, dok je najviša razina u EU zabilježena 2007., a u SAD-u 2013.

Grafikon 20. Potrošnja mineralnih gnojiva u EU u periodu od 2000. do 2021.



Izvor: Svjetska banka, izrada autora

Grafikon 21. Potrošnja mineralnih gnojiva u SAD-u u periodu od 2000. do 2021.



Izvor: Svjetska banka, izrada autora

EU i SAD aktivno pružaju podršku poljoprivrednom sektoru po pitanju poljoprivrednih politika. Veliki broj poljoprivrednih politika usmjeren je na okolišne izazove. Bayliss i Rausser (2004) navode dva glavna cilja agro – ekoloških programa, a to su pružanje potpore dohotku poljoprivrednicima na trgovinski pogodan način uz istovremeno odgovaranje na izazove koje poljoprivreda stvara okolišu. Agro – ekološki programi potencijalno mogu poslužiti kao zamjena za robna plaćanja poljoprivrednicima, čime donose korist trgovini jer ih odvaja od proizvodnje.

Američki agro – ekološki programi usredotočuju se na negativne vanjske učinke na okoliš, kao što su erozija tla i kvaliteta vode te se često usredotočuju na velike površine za koje se smatra da zemlja ima veću ekološku vrijednost kada se izuzme iz poljoprivrede i vrati u svoje prvotno stanje. Posljedično, poljoprivrednici na takvim površinama dobivaju financijske poticaje kako bi napustili poljoprivredne radnje i/ili kako bi uzgajali tradicionalne kulture te sadili autohtono drveće, pokušavajući tako vratiti zemlju što prirodnijem stanju. S druge strane, EU se uvelike usredotočuje na pozitivne učinke poljoprivredne djelatnosti za okoliš i ruralna područja. Cilj EU je poticanje i povećanje poljoprivredne aktivnosti, ali primjenjujući što povoljnije prakse za okoliš. Europski poljoprivredni dionici kao najvažnije ekološke probleme povezane s poljoprivredom navode onečišćenje vode zbog ispiranja kemikalija, neodržive razine

navodnjavanja, eroziju tla, zagađenje zraka i smanjenje bioraznolikosti. (Bayliss i Rausser 2004)

Na poljoprivredne politike zasigurno utječu i društvene preferencije – EU potrošači su više osjetljivi na ostatke pesticida u hrani kao i na GMO proizvode, dok američki nisu toliko. Također, stanovnici EU vrlo često žive bliže poljoprivrednim površinama, zbog čega osjećaju veću povezanost s poljoprivredom u odnosu na američke jer se u SAD-u poljoprivreda većinom radi na površinama koje su udaljene od nastanjenijih područja. Uz društvene preferencije, na poljoprivredne politike općenito, ali i na one usmjerene na okoliš, utječu i ekonomski te politički čimbenici. Poljoprivredni programi u SAD-u potiču na smanjenje proizvodnje na okolišno osjetljivoj zemlji, što rezultira smanjenjem uzgajanja određenih kultura te poticanjem intenzivnije poljoprivredne proizvodnje onih kultura koje se proizvode jednostavno i koje se uzgajaju na zemlji koja nije okolišno osjetljiva. EU, s druge strane, ne ograničava poljoprivrednike ni po pitanju kultura ni po pitanju površina – štoviše, potiče što intenzivniju proizvodnju i što širi raspon kultura, ali uz jaki naglasak na primjenu ekološki održivih praksi.

Jedna od najnovijih poljoprivrednih politika u EU je tzv. Strategija od polja do stola, engl. *Farm to Fork Strategy* (F2F). Ciljevi ove strategije su:

- a) Smanjenje upotrebe pesticida za 50% do 2030.
- b) Smanjenje upotrebe mineralnih gnojiva za najmanje 20% do 2030.
- c) Smanjenje prodaje antimikrobika za uzgoj životinja i akvakulture za 50% do 2030.
- d) Do 2030., 25% poljoprivrednih površina treba biti obrađivano organskim načinom proizvodnje (Europska komisija 2020)

Provođenje F2F strategije je ili će biti obavezno za sve zemlje članice, koje će zajedno s Europskom komisijom razviti akcijski plan njene provedbe. Način za postizanje gore navedenih ciljeva leži u digitalizaciji. Primjena digitalnih rješenja kao što su pametna gnojidba, pametno prskanje i pametna sjetva pomažu u smanjenju primjene mineralnih gnojiva i pesticida, kao i u nepotrebnom opterećivanju tla i vode. Poljoprivrednici su u većini zemalja EU još uvijek orijentirani tradicionalnim metodama gnojidbe i prskanja (bacanje jednakih količina kemikalija i mineralnih gnojiva na cijelo polje), dok pametna gnojidba i pametno prskanje omogućuju bacanje samo onih aktivnih tvari koje su biljci potrebne i samo ondje gdje su potrebne. Na taj način se smanjuje primjena mineralnih gnojiva i pesticida, ali i njihovo



inspiriranje u vodu što rezultira manjim onečišćenjem vode i zadovoljavanjem ciljeva F2F strategije. Cilj EU kroz ovu strategiju i kroz „*green deal*“ pristup je učiniti Europu prvim klimatski neutralnim kontinentom do 2050. godine, uz poticanje poljoprivrede koja će poboljšati kvalitetu i zdravlje ljudi, ali i okoliš. (Europska komisija 2020)

U publikaciji koja objašnjava ciljeve F2F strategije (2020), Europska komisija ističe da je poljoprivreda odgovorna za 10,3% emisija stakleničkih plinova u EU, ali isto tako je EU poljoprivreda jedina na svijetu koja je tu emisiju uspjela smanjiti – za 20% od 1990. S obzirom na to da ne pridonosi svaka zemlja jednako ovom smanjenju, Europska komisija ističe hitnu potrebu za redukcijom ovisnosti o pesticidima, prekomjerne gnojidbe, povećanjem organske poljoprivrede i smanjenjem gubitka bioraznolikosti.

USDA je 2020. godine najavila inicijativu pod nazivom „*Agriculture Innovation Agenda*“ (AIA) s ciljem povećanja poljoprivredne proizvodnje za 40% i smanjenja negativnog utjecaja na okoliš upola do 2050. Povećanje poljoprivredne produktivnosti pratit će se kroz pokazatelje ukupne poljoprivredne proizvodnje i stvarne bruto proizvodnje. Referentna godina je 2017. te, da bi se ostvario cilj 40% porasta, poljoprivredna bruto proizvodnja i ukupna poljoprivredna proizvodnja moraju rasti za 1,02% godišnje. Tome najviše mogu pridonijeti inovacije u genetici životinja i usjeva, poljoprivrednim kemikalijama i gnojivima, učinkovitija poljoprivredna mehanizacija te smanjenje troškova poljoprivrednog poslovanja.

Kada je riječ o okolišu, SAD od 1990-ih bilježi porast emisije stakleničkih plinova za 9%. Smanjenje negativnog utjecaja na okoliš koje je ciljano u AIA, planira se postići kroz poticanje primjene inovativnih novih tehnologija, praksi koje imaju cilj optimalniji pristup poljoprivrednim radnjama (gnojidba, sjetva itd.), smanjenja troškova proizvodnje i poticanja praksi koje utječu na zdravije tlo, kao što je praksa ne – oranja tla prije obrade. (USDA 2020)

## 4. Komparativna analiza digitalizacije i poljoprivrede u Hrvatskoj i Sloveniji

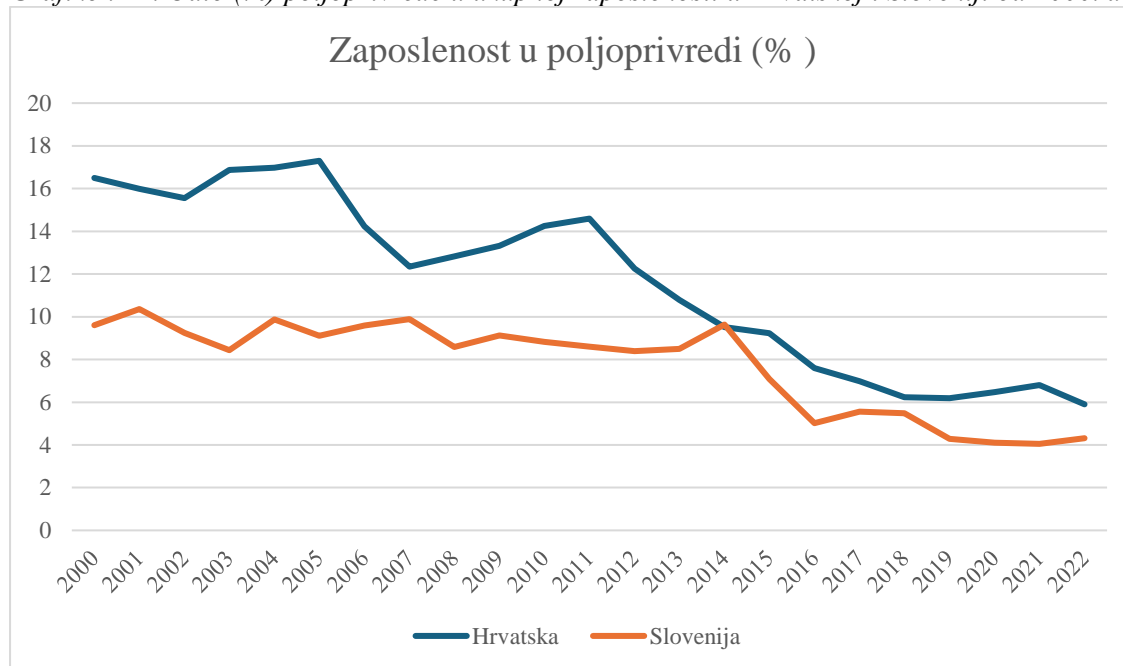
### 4.1 Definiranje ciljeva istraživanja stanja i mogućnosti digitalizacije u poljoprivredi u Hrvatskoj i Sloveniji

Uspoređujući Hrvatsku i Sloveniju, može se reći da se radi o dvije geografski, politički i ekonomski slične zemlje, koje su dugi niz godina bile dio iste države. Upravo zbog tih sličnosti, provedeno je komparativno istraživanje stanja i mogućnosti digitalizacije u poljoprivredi u Hrvatskoj i Sloveniji.

Kada je riječ o poljoprivredi, Hrvatska ima 1,48 milijuna hektara, a Slovenija 611 tisuća hektara obradivih površina. Hrvatski se poljoprivrednici najviše bave ratarstvom (68%), nakon čega slijede trajni nasadi i livade (26%). (Europska komisija, 2024) S druge strane, slovenski se poljoprivrednici najviše bave stočarstvom, mljekarstvom, vinogradarstvom te proizvodnjom krmnog bilja. Obje zemlje karakteriziraju mala obiteljska poljoprivredna gospodarstva. Hrvatska broji više od 134 000 poljoprivrednih gospodarstava, a Slovenija oko 70 000. Prosječna površina poljoprivrednog gospodarstva vrlo je slična za obje zemlje – u Hrvatskoj je to 9 hektara, a u Sloveniji 6,9. (Europska komisija 2023)

Grafikon 22. prikazuje postotni udio poljoprivrede u ukupnoj zaposlenosti u obje zemlje – u 2000-im Hrvatska je bilježila skoro duplo veću stopu zaposlenosti u poljoprivredi, nego Slovenija, dok je zadnjih godina ta razlika manje primjetna. Udio zaposlenih u poljoprivredi u Hrvatskoj je u promatranom razdoblju od 2000. do 2022. pao za više od 70%, a u Sloveniji za oko 50%.

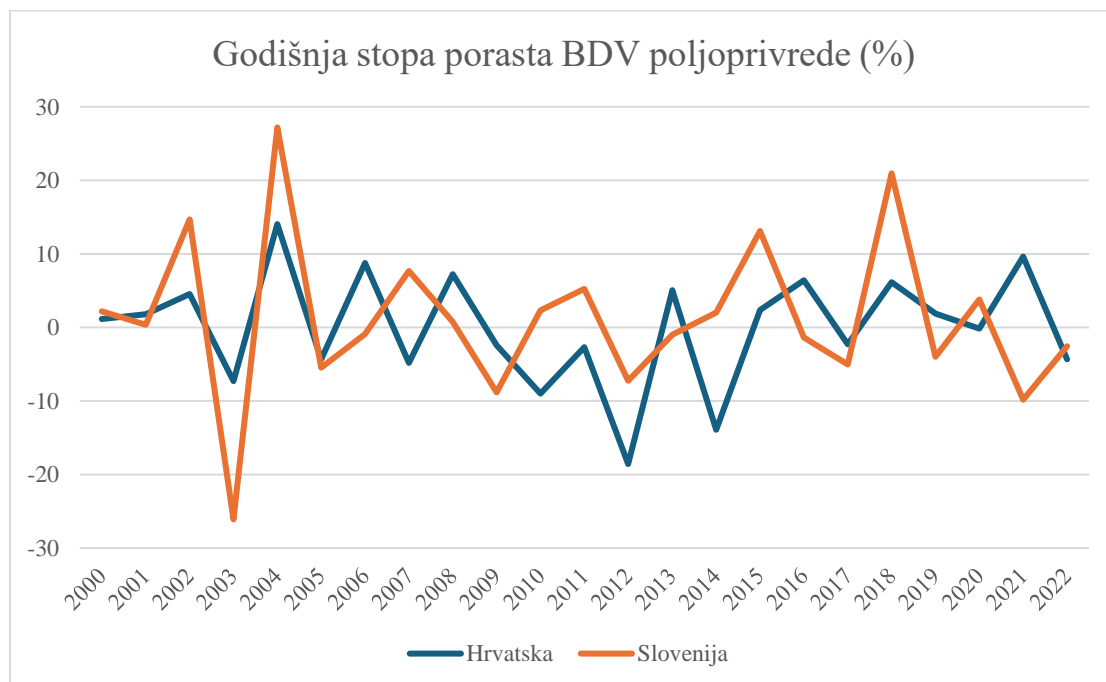
Grafikon 22. Udio (%) poljoprivrede u ukupnoj zaposlenosti u Hrvatskoj i Sloveniji od 2000. do 2022.



Izvor: Svjetska banka, izrada autora

Na Grafikonu 23. prikazan je godišnji postotak porasta BDV-a poljoprivrede, koji i u Hrvatskoj i u Sloveniji bilježi razdoblja negativnog kretanja. Primjećuje se sličan trend kretanja u obje zemlje tijekom promatranog razdoblja.

Grafikon 23. Godišnja stopa porasta BDV-a poljoprivrede u Hrvatskoj i Sloveniji od 2000. do 2022.



Izvor: Svjetska banka, izrada autora

U 2022. godini, vrijednost poljoprivredne proizvodnje u Hrvatskoj iznosila je 3,2 milijarde eura što je 18,2% više nego 2021. (Ministarstvo poljoprivrede RH – godišnje izvješće 2022) Iste te godine, vrijednost poljoprivredne proizvodnje u Sloveniji iznosila je 1,6 milijardi eura, što je također povećanje od oko 18% u odnosu na prethodnu godinu. (Ministarstvo poljoprivrede Republike Slovenije – godišnje izvješće 2022)

Sve navedene sličnosti su i razlog zašto su se u radu istraživale i uspoređivale upravo ove dvije zemlje po pitanju digitalizacije u poljoprivredi.

Cilj istraživanja je prikazati trenutnu situaciju, mogućnosti i ograničenja digitalizacije poljoprivrede. Istraživanjem se htjelo prepoznati postoje li razlike u prihvaćanju, primjeni i razumijevanju koristi digitalizacije između poljoprivrednika u ove dvije zemlje.

## 4.2 Metodologija istraživanja i izvori podataka

Za potrebe istraživanja stanja i mogućnosti digitalizacije u poljoprivredi u Hrvatskoj i Sloveniji, provelo se vlastito istraživanje. Istraživanje je provedeno kroz period od devet mjeseci, prateći tako jednu poljoprivrednu sezonu. Korišten je anketni upitnik koji se sastojao od 13 pitanja. Upitnik se provodio osobnim intervjuom, bilježeći odgovore ispitanika te elektronskim putem (anketni upitnik poslan i zaprimljen putem elektroničke pošte).

Pitanja su koncipirana kao jednostavna s ponudom višestrukih odgovora te su podijeljena u dva dijela. Prvi dio je demografski kojim se dobiva pregled dobne skupine, vrste poljoprivrede i ukupne površine koju poljoprivrednik obrađuje. Drugi dio orijentiran je na digitalizaciju, poznavanje i primjenu iste, stavljanjem fokusa na kompleksne oblike digitalizacije (pametni poljoprivredni strojevi, složena softverska rješenja). Sudjelovalo je 120 ispitanika – 60 u Hrvatskoj, 60 u Sloveniji te su svi ispitanici muškog spola. U Hrvatskoj su ispitanici poljoprivrednici od Županje do Nove Gradiške te od Gospića do Sinja. Istraživanje u Sloveniji pokrilo je sve regije osim Primorske (područje Kopra i Pirana).

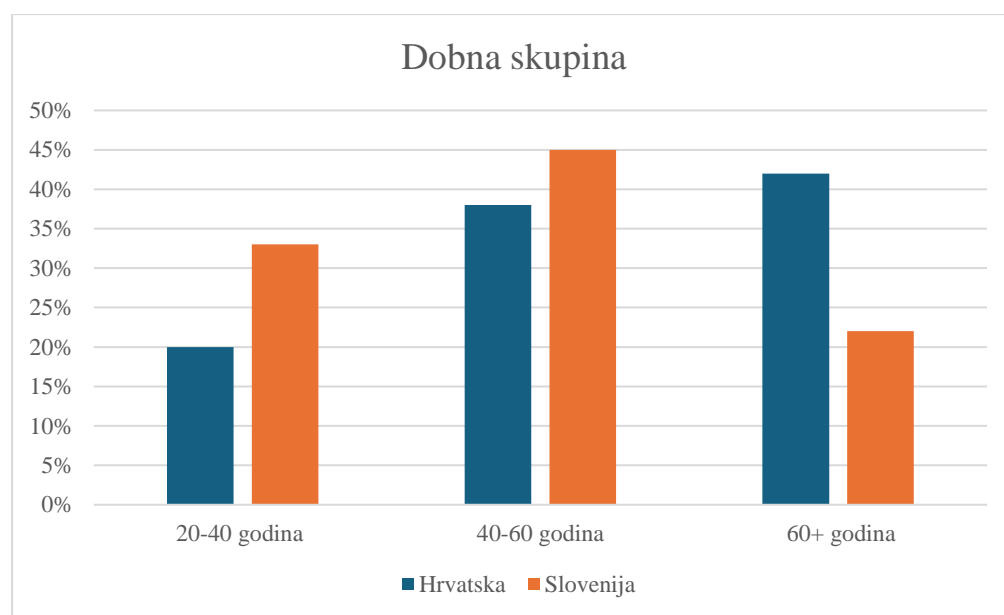
Na kraju, potrebno je istaknuti kako provedeno istraživanje ima i određena ograničenja. U obje zemlje ispitano je po 60 osoba koji su svi muškog spola (uzorak nije slučajna) te nisu pokriveno sve geografske regije (u Hrvatskoj je to Središnja Hrvatska i Istra, a u Sloveniji Primorska regija – područje Kopra i Pirana).

### 4.3 Rezultati istraživanja

Kako je prikazano na Grafikonu 24. ispitanici iz Hrvatske većinski pripadaju starijoj životnoj dobi (60+ godina), a u Sloveniji srednjoj (40 – 60 godina). Ovi rezultati u skladu su s činjenicom da je poljoprivreda stara gospodarska djelatnost koju većinski obavlja starija populacija.

Istraživanjem tržišta i provedbom anketnog upitnika, zaključuje se da je u Sloveniji prisutan trend promjene dobne skupine poljoprivrednika te da se mladi više okreću modernoj poljoprivredi. U Hrvatskoj je taj trend sporiji te mladi još uvijek ne vide toliko svoju budućnost u poljoprivredi. Jedan od razloga zasigurno može biti centralizacija koja je u Hrvatskoj izraženija, nego u Sloveniji.

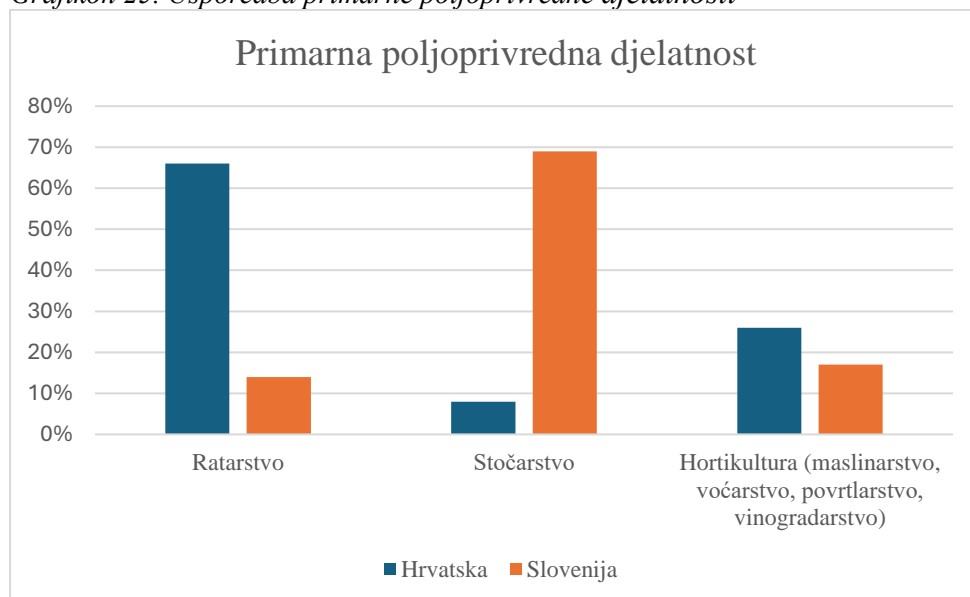
Grafikon 24. Prikaz dobne skupine poljoprivrednika



Izvor: izrada autora

Prema rezultatima prikazanim na Grafikonu 25. ispitanici hrvatski poljoprivrednici prvenstveno se bave ratarstvom (66%), a slovenski stočarstvom (69%). Upravo je u ovim segmentima uočena najveća razlika među ispitanicima u Hrvatskoj i Sloveniji, dok se hortikulturom bavi otprilike isti broj ispitanih poljoprivrednika u obje zemlje. Nekolicina se ispitanika bavi ratarstvom i stočarstvom paralelno, ali je fokus ovog pitanja bio istražiti primarnu djelatnost, tj. onaj segment koji im većinski prevladava na gospodarstvu.

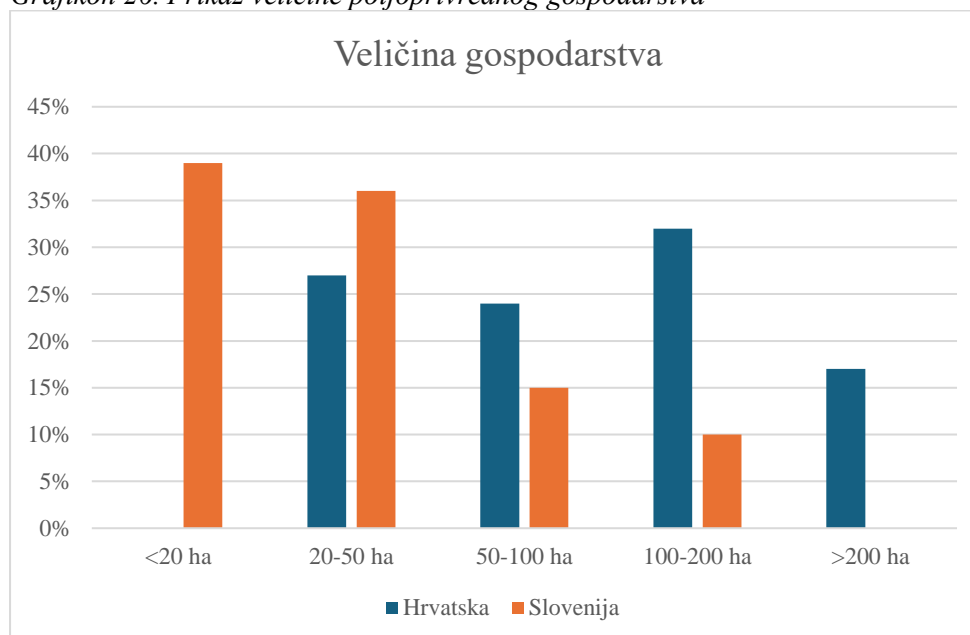
Grafikon 25. Usporedba primarne poljoprivredne djelatnosti



Izvor: izrada autora

Prema rezultatima prikazanim na Grafikonu 26. 32% hrvatskih ispitanika obrađuje površine od 100 do 200 hektara, dok približno jednak postotak njih ima površine 20 – 50 hektara i 50 – 100 hektara (27, tj. 24%). Tu je uočena razlika u odnosu na Eurostat podatke o hrvatskoj poljoprivredi, prema kojima je 2020. prosječna veličina poljoprivrednog gospodarstva bila 9 hektara. Slovenski ispitanici najviše obrađuju manje od 20 hektara zemlje (39%), nakon čega ih 36% obrađuje 20 – 50 hektara, što je u skladu s Eurostat podacima prema kojima 2020. prosječno slovensko gospodarstvo imalo je oko 7 hektara.

Grafikon 26. Prikaz veličine poljoprivrednog gospodarstva

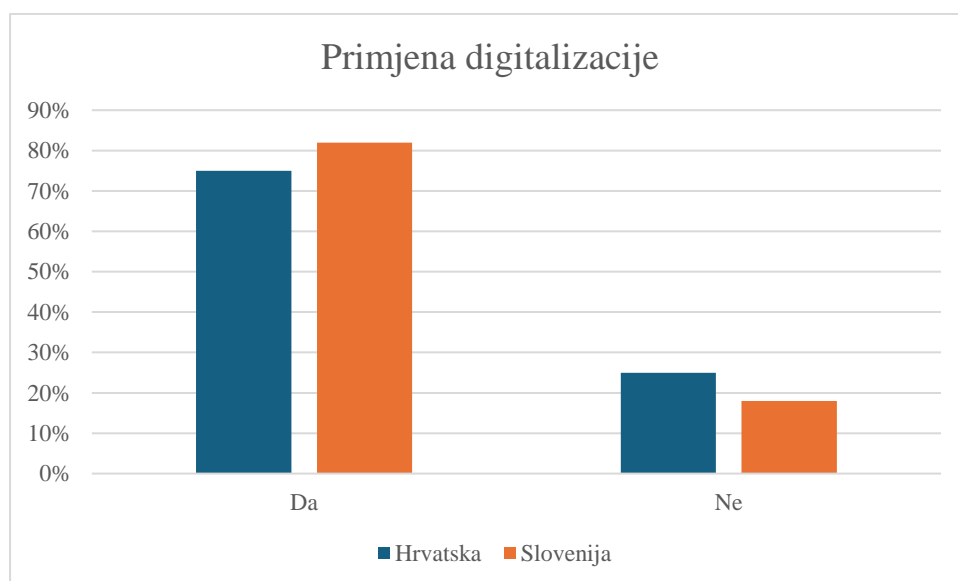


Izvor: izrada autora

Kod istraživanja primjene digitalizacije u svom poslovanju, poljoprivrednicima je postavljeno pitanje o primjeni bilo kakvog oblika digitalizacije u svom poslovanju. Rezultati primjene su visoki u obje zemlje, ali je primijećeno da je razlog tome primjena besplatnih jednostavnih aplikacija, poput onih za praćenje vremena i slično.

S obzirom na dobnu skupinu ispitanih poljoprivrednika, prema rezultatima prikazanim na Grafikonu 27. približno sličan postotak poljoprivrednika u Hrvatskoj i Sloveniji primjenjuje neki oblik digitalizacije u svom poslovanju (75%, tj. 82%).

*Grafikon 27. Zastupljenost digitalizacije u poljoprivredi*



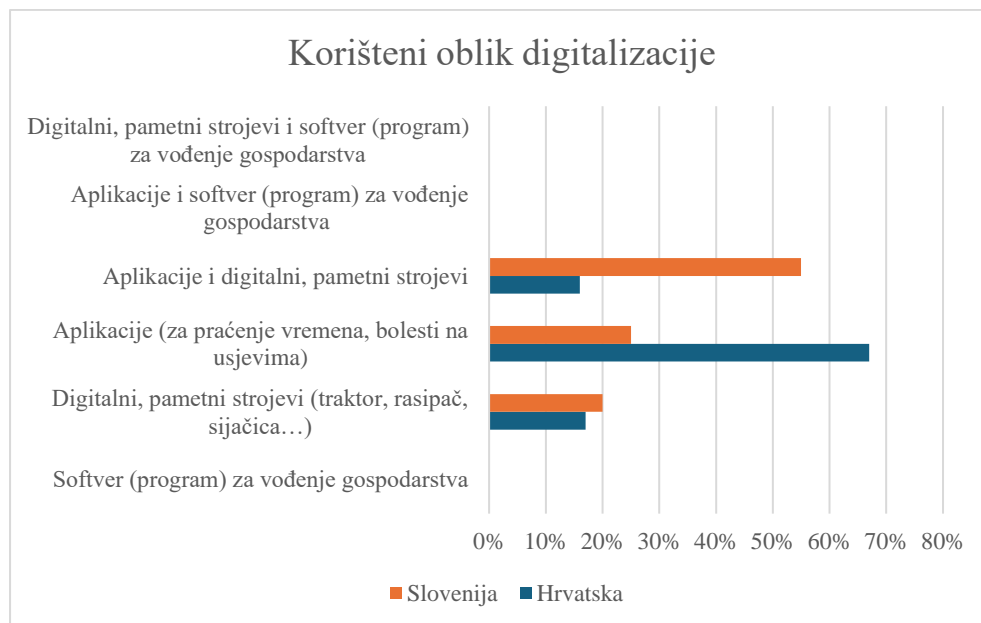
*Izvor: izrada autora*

Na Grafikonu 28. primjetno je da ispitani hrvatski poljoprivrednici prvenstveno koriste aplikacije za praćenje vremena i eventualno bolesti biljaka, uz naglasak da se radi o besplatnim rješenjima. Na ovom pitanju uočene su prve vidljivije razlike u ponašanju hrvatskih i slovenskih poljoprivrednika – čak 55% slovenskih ispitanika koristi pametne poljoprivredne strojeve uz aplikacije (koje su u poljoprivrednoj praksi već standardne). S druge strane, samo 16% hrvatskih ispitanika, uz aplikacije, koristi i pametne poljoprivredne strojeve. Zanimljivo je kako u obje ispitane zemlje niti jedan poljoprivrednik ne koristi program, tj. softver putem kojeg se izravno daju precizne naredbe u pametnu mehanizaciju za provođenje poljoprivrednih radova, kao i praćenje cijelog proizvodnog procesa, troškova, zalihe, zarade itd. Unatoč tome što 20% slovenskih poljoprivrednika i 17% hrvatskih posjeduje digitalne pametne strojeve, poljoprivrednici još uvijek nemaju cjelokupnu poveznicu za potpuno provođenje digitalizacije.



Ispitanici su često davali komentare kako im pametni strojevi imaju GPS sustave te mogućnost parcijalnog tretiranja (gnojidba, prskanje), ali nemaju mogućnost automatskog provođenja parcijalnog tretiranja kao ni mogućnost 100%-tne upotrebe mogućnosti GPS sustava (npr. samostalno kretanje strojeva po polju).

Grafikon 28. Korišteni oblik digitalizacije

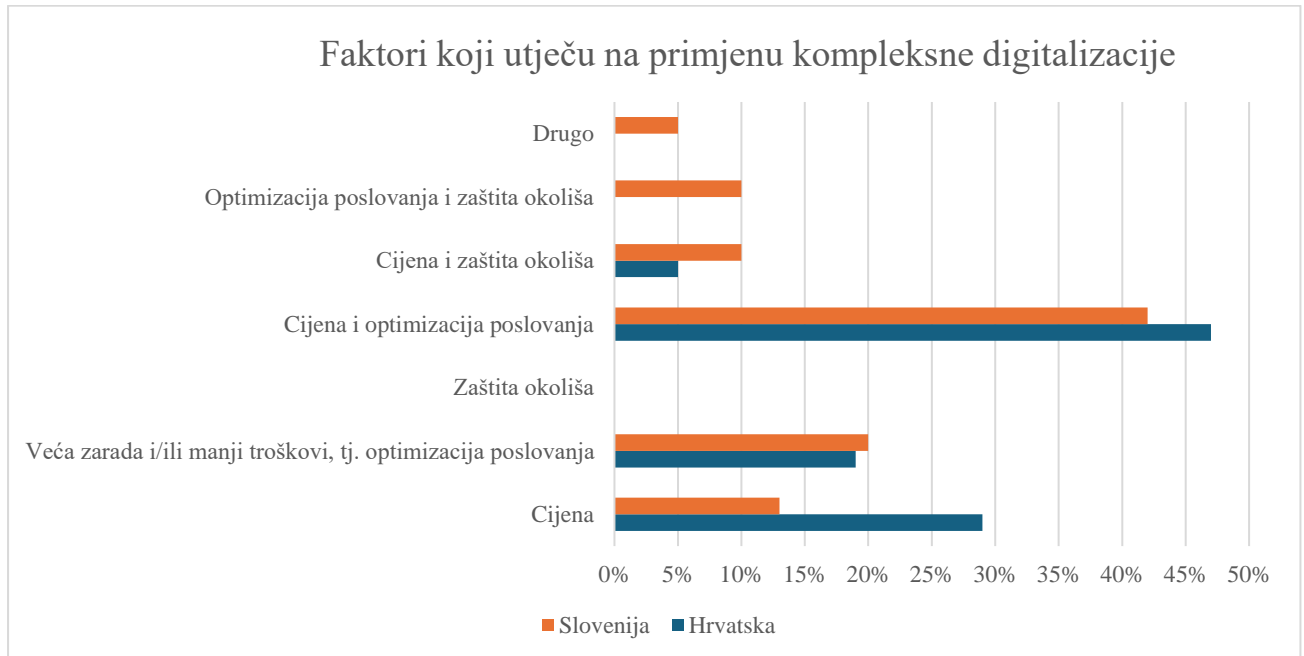


Izvor: izrada autora

S obzirom na visoku razinu primjene aplikacija (jednostavnih i besplatnih), daljnji fokus u upitniku stavljen je na kompleksna digitalna rješenja zbog cilja njihove usporedbe u ove dvije zemlje. Pa tako, prilikom odlučivanja primjene nekog kompleksnog oblika digitalizacije (vidjeti Grafikon 29.), i hrvatski i slovenski poljoprivrednici na prvo mjesto stavljaju cijenu i optimizaciju poslovanja (47 i 42%), tj. troškove implementacije, kupovine ili najma digitalnog rješenja te konačnu zaradu i/ili uštedu koju to digitalno rješenje donosi. Ovdje se primjećuje da je i jednima i drugima važno dobiti povrat uloženog te da je velika važnost ekonomskog aspekta poljoprivrednog poslovanja. Slovenski poljoprivrednici daju veću važnost optimizaciji poslovanja (veća zarada i/ili ušteda) od hrvatskih, što se očituje po tome da je faktor isključivo cijene (troška) znatno manji u odnosu na hrvatske (13% naspram 29%). Također, važno je istaknuti kako ni jednima ni drugima samo faktor zaštite okoliša nije ključan. Nekolicina njih je zaštitu okoliša odabrala kao drugi faktor važnosti uz optimizaciju poslovanja, tj. cijenu – 10% ispitanika u Sloveniji navodi optimizaciju poslovanja i zaštitu okoliša kao odlučujući faktor, dok u Hrvatskoj to nitko nije odabrao. Zaštitu okoliša u kombinaciji s cijenom odabralo

je 5% hrvatskih i 10% slovenskih ispitanika. Troje ispitanih (5%) u Sloveniji reklo je da im primjena digitalizacije treba omogućiti više slobodnog vremena, tj. već ravnotežu privatnog i poslovnog života.

Grafikon 29. Faktori koji utječu na primjenu kompleksne digitalizacije

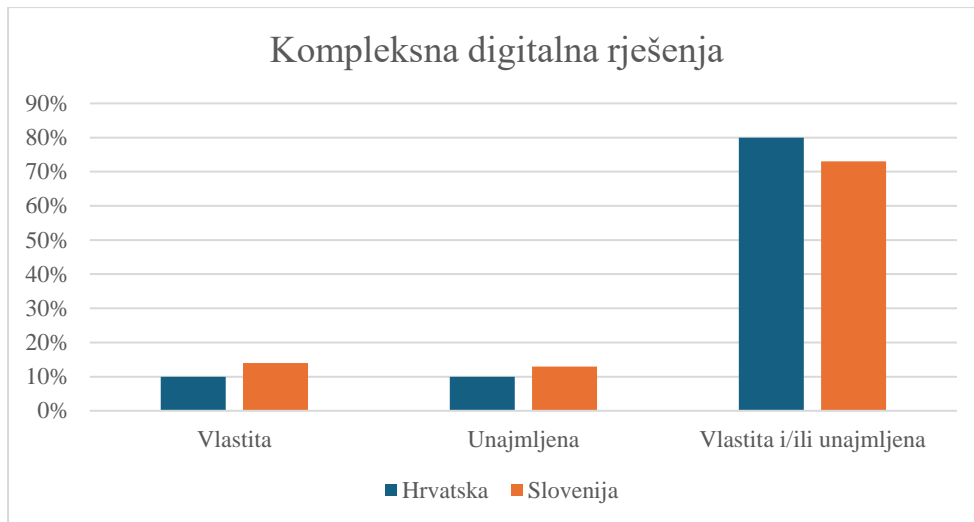


Izvor: izrada autora

U upitniku se ispitanike pitalo jesu li spremniji imati vlastita kompleksna rješenja ili ih unajmiti, pri čemu nije identificirana isključivost, tj. Rezultati prikazani na Grafikonu 30. ukazuju kako bi razmotrili obje opcije i odabrali optimalniju sukladno vlastitim potrebama – 80% (Hrvatska) i 73% (Slovenija). Pritom prema Grafikonu 31. samostalnost u odlučivanju i obavljanju poslova te prilagođavanje prema vlastitim potrebama navedeni su kao glavni razlozi imanja vlastitih rješenja. Nitko od ispitanika nije naveo zaštitu podataka kao razlog imanja vlastitih rješenja, što upućuje na to da ne postoji svijest o važnosti, vrijednosti i zaštiti vlastitih podataka. Troje ispitanika u svakoj od zemalja, zaštitu podataka je kao razlog navelo zajedno s rješenjima prilagođenim upravo njima uz napomenu da su im ta prilagođena rješenja prvotna stavka. Devet (15%) ispitanika u Sloveniji navelo je da bi vlastita rješenja imali kako ne bi ovisili o tuđim uslugama, točnije, da mogu obavljati sve radove i radnje onda kada žele. U Hrvatskoj nitko od ispitanika taj, ni sličan, razlog nije naveo.

U slučaju najma kompleksnih digitalnih rješenja, (Grafikon 32.) najviše ispitanika kao glavni razlog navode cijenu te nesigurnost njihove praktične isplativosti (povrat uloženog) – u Hrvatskoj je to 73%, a u Sloveniji 62%. Samo 5% ispitanika u obje zemlje je kao razlog najma navelo veću razinu profesionalnosti – iz čega se iščitava zaključak da ispitanici poljoprivrednici smatraju kako i sami rade dovoljno profesionalno.

Grafikon 30. Kompleksna digitalna rješenja



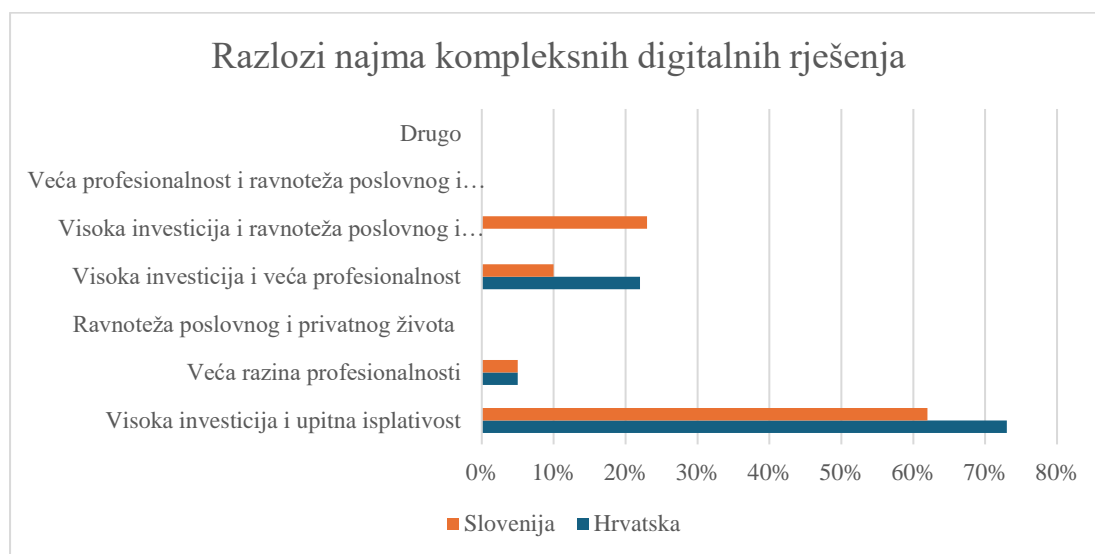
Izvor: izrada autora

Grafikon 31. Razlozi za vlastita kompleksna digitalna rješenja



Izvor: izrada autora

Grafikon 32. Razlozi najma kompleksnih digitalnih rješenja

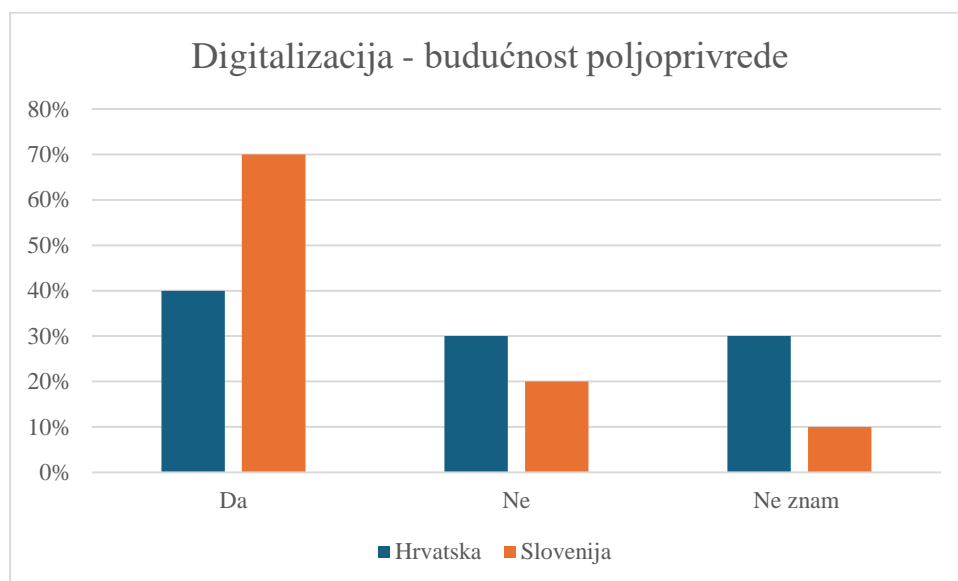


Izvor: izrada autora

Iz odgovora na pitanje smatraju li digitalizaciju budućnošću poljoprivrede (Grafikon 33.), primjetno je da poljoprivrednici u Sloveniji imaju otvoreniji stav i povjerenje prema digitalizaciji, vide njene prednosti te shvaćaju da su, kao i u drugim industrijama, tehnologija i digitalizacija budućnost. S druge strane, 40% hrvatskih ispitanih poljoprivrednika smatra da je digitalizacija budućnost poljoprivrede, dok je preostalih 60% ili neodlučno ili digitalizaciju ne vide kao budućnost. Zanimljivo je istaknuti da oni poljoprivrednici u Hrvatskoj koji smatraju digitalizaciju budućnošću, pretežito se bave hortikulturom (maslinici, vinogradi i voćnjaci) te ne dolaze s područja Slavonije, koje je poljoprivredno najzastupljenije u Hrvatskoj, nego s područja Primorske Hrvatske.

Na upit zašto smatraju digitalizaciju budućnošću poljoprivrede, ispitanici u Sloveniji većinski su naveli maksimizaciju produktivnosti na ograničenim, malim površinama, politike EU koje potiču poljoprivredu u tom smjeru, smjenu generacija (mladi ljudi vole tehnologiju) te potrebu za modernizacijom poljoprivrede i njenog imidža u javnosti. Hrvatski ispitanici su kao glavne razloge primjene digitalizacije u budućnosti također naveli politike EU, uz potrebu da poljoprivreda ide u korak s vremenom te sklonost tehnologiji i njenim novitetima.

Grafikon 33. Digitalizacija kao budućnost poljoprivrede

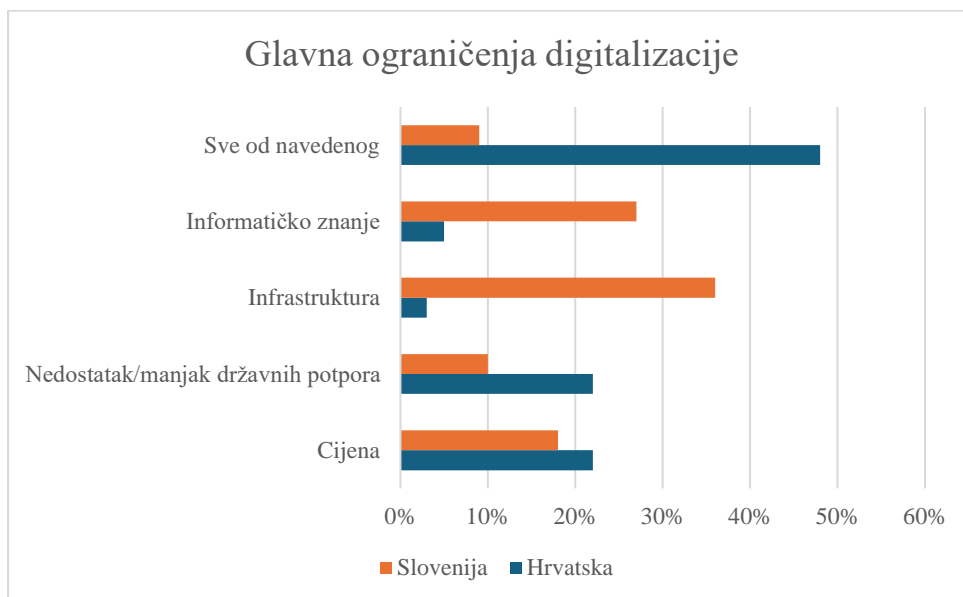


Izvor: izrada autora

Zadnja dva pitanja orijentirana su na prednosti i ograničenja digitalizacije u poljoprivredi, a rezultati su prikazani na Grafikonima 34. i 35.. Kao glavno ograničenje, slovenski ispitanici vide infrastrukturu (nedostatak interneta, teško povezivanje različitih proizvoda/usluga itd.) – njih 36%. S druge strane, hrvatski ispitanici najčešće su odabrali sve ponuđene odgovore kao ograničenje digitalizacije – cijenu (često preskupo), nedostatak državnih potpora (vlada ne daje potpore za digitalizaciju ili ne daje dovoljno visoke potpore za isto), infrastrukturna ograničenja (nedostatak interneta, teško povezivanje različitih proizvoda/usluga) te nedostatak informatičkog znanja (potrebno preveliko znanje koje nije vezano za agronomiju), njih 48%.

Kada se govori o prednostima digitalizacije, hrvatski poljoprivrednici opet su najčešće odabrali sve ponuđene odgovore – njih 44% (veću zaradu i uštedu, kvalitetniji konačni proizvod, olakšavanje radova u polju i zaštita okoliša). U Sloveniji, 40% ispitanika navelo je veću zaradu i/ili uštedu te 32% njih kvalitetniji konačni proizvod kao glavne prednosti digitalizacije. Nitko od ispitanika nije naveo zaštitu okoliša kao prednost digitalizacije.

Grafikon 34. Glavna ograničenja digitalizacije



Izvor: izrada autora

Grafikon 35. Glavne prednosti digitalizacije



Izvor: izrada autora

Nakon provedenog istraživanja, može se zaključiti da postoje određene sličnosti, ali puno veće različitosti među hrvatskim i slovenskim poljoprivrednicima kada je riječ o digitalizaciji. U Sloveniji, poljoprivrednici obrađuju manje površine zbog čega žele maksimalno optimizirati svaki kvadratni metar zemlje. Hrvatski poljoprivrednici u pravilu imaju veće površine od

slovenskih te ne daju toliku važnost maksimalnoj optimizaciji, no daju veću važnost državnim potporama i poticajima – traže veću pomoć od države u odnosu na slovenske. Vrsta poljoprivredne djelatnosti kojom se bave utječe na njihova očekivanja od digitalizacije – ispitanici iz Hrvatske su većinom ratari te im je važan veći prinos (kvantiteta), dok onima iz Slovenije je važnija kvaliteta (mesa i mlijeka). Još jedan od zaključaka istraživanja je i da su poljoprivrednici u Sloveniji manje nepovjerljivi prema promjenama i inovativnosti. I jedni i drugi vide povelika tehnička i društveno ekonomska ograničenja kao što su mrežna infrastruktura, nedostatak znanja, upitna isplativost, kao što i Abbasi, Martinez i Ahmad (2022) navode. Posljednji, ali nikako nevažan zaključak, je da ne postoji ni kod jednih ni kod drugih dovoljna svijest o zaštiti i vrijednosti podataka te zaštiti okoliša. Prema Sagasta, Zadeh i Turrall (2017), poljoprivreda je glavni zagađivač vode te jedan od vodećih zagađivača okoliša što se globalno, na europskoj razini, ali i u javnosti ističe kao jedan od vodećih problema poljoprivrede i zašto su potrebne promjene u poljoprivrednim pristupima. Međutim u ovim zemljama, a vjerojatno i u cijeloj regiji, poljoprivrednici ne daju važnost utjecaju na okoliš. Nadalje, podaci, njihova obrada i upotreba nisu prepoznati kao nešto vrijedno te ne primjećuju koliko im podaci i analitika istih mogu pomoći u donošenju odluka temeljenih na informacijama, a ne na iskustvu, osjećaju i navikama kao što je sada vrlo često slučaj.

Gledajući BDV kao jedan od vodećih indikatora poljoprivredne produktivnosti, Slovenija bilježi veći trend porasta u 2022. u odnosu na 2021. (porast od 24%), dok Hrvatska bilježi porast od 17,8%. (SURS 2023 i DZS 2023) Kao što je kroz rad navedeno, na porast BDV-a utječe i primjena inovativnih i tehnoloških rješenja, stoga veća stopa rasta ovog indikatora u Sloveniji, nego u Hrvatskoj može upućivati na to da je u Sloveniji veća razina primjene digitalizacije u poljoprivredi što ukazuje na sličnost vlastitog istraživanja.

Na temelju cjelokupnog istraživanja zaključuje se da je hrvatska poljoprivreda još uvijek većinski tradicionalna s niskom primjenom tehnologije i digitalizacije, prvenstveno fokusirana na iskustvo i poslovanje „po osjećaju“. Slovenska poljoprivreda je naprednija od Hrvatske po pitanju digitalizacije, ima veći stupanj primjene digitalnih rješenja, ali je i dalje to na niskim razinama u usporedbi s drugim, razvijenijim europskim zemljama.

## 5. Zaključak

U ovom se radu analizirala digitalizacija u poljoprivredi, njeni učinci na produktivnost i poljoprivredno okolišno onečišćenje. Svijet do 2050. čekaju veliki izazovi na koje poljoprivreda mora pronaći odgovor. Ova industrija je još uvijek najmanje digitalizirana, stoga ju je potrebno mijenjati i modernizirati kako bi uspješno odgovorila na sve potrebe koje joj predstoje. Digitalizacija u poljoprivredi svoje prve oblike bilježi 1990-ih kada se prvi put spominje precizna poljoprivreda. Treća i četvrta industrijska revolucija donose digitalnu, tj. pametnu poljoprivredu koja najveći oslonac stavlja na podatke i održivost. Razvijene zemlje imaju veću primjenu digitalizacije u poljoprivredi, nego nerazvijene, a razlozi tome leže u ograničenjima digitalizacije opisanima u radu. Digitalizacija poljoprivrede povećava sigurnost i kvalitetu hrane te utječe na porast poljoprivredne produktivnosti kroz smanjenje troškova (rada i upotrebe poljoprivrednih inputa) i povećanje profitabilnosti poslovanja. Poljoprivreda zauzima manji udio u BDP-u razvijenih ekonomija zbog njihove veće orijentiranosti prema tercijarnim industrijama. Kroz rad su se također obradile dvije svjetske velesile – EU i SAD. Poljoprivreda predstavlja strateški važnu gospodarsku granu za oba sustava, koja se suočavaju sa starijom radnom snagom u poljoprivredi te malim udjelom poljoprivrede u bruto dodanoj vrijednosti. Govoreći o digitalizaciji, u SAD-u je njena primjena prisutnija kod velikih poljoprivrednika. U SAD-u upotreba kompleksnih digitalnih rješenja (tehnologija varijabilne primjene (VRT) i sustavi automatskog upravljanja i navođenja) ostvaruje brzorastući trend od početka 2000-ih nadalje. Europa također bilježi brzi porast upotrebe sustava automatskog upravljanja i navođenja, a kada je riječ o uslugama precizne poljoprivrede, prednjače pametna analiza tla i mapiranje tla upotrebom GIS sustava. SAD primjenjuje kompleksnija i naprednija rješenja u odnosu na EU i često koriste analitiku podataka u donošenju poljoprivrednih odluka.

Ukupna produktivnost poljoprivrede u EU raste sporije, nego što je to bio slučaj u 1990-im (od 2005. do 2022. godišnja stopa rasta oko 0,8%). S druge strane, u SAD-u je poljoprivredna produktivnost porasla s 0,7 na 5,57% godišnje u periodu od 2007. do 2021. Ovi podaci potvrđuju veću digitaliziranost američke poljoprivrede u odnosu na europsku.

Jedan od važnih faktora koji utječu na poljoprivrednu produktivnost su repromaterijali koji znatno utječu i na okoliš. S ciljem smanjenja negativnog poljoprivrednog utjecaja na okoliš, i SAD i EU primjenjuju određene prakse i politike, koje su drugačije - SAD potiče smanjenje



opsega poljoprivrednih radnji na okolišno osjetljivim površinama i proizvodnju jednostavnih kultura, dok EU potiče što intenzivniju proizvodnju i što širi raspon kultura, ali uz jaki naglasak na primjenu ekološki održivih praksi. Jedan od glavnih onečišćivača okoliša je emisija stakleničkih plinova za koju je i poljoprivreda uvelike odgovorna. Iako je EU poljoprivreda jedina na svijetu koja je tu emisiju smanjila za 20% od 1990-e, EU smatra da to nije dovoljno. Želeći učiniti Europu prvim klimatskim neutralnim kontinentom do 2050., predstavljena je tzv. Strategija od polja do stola čiji je cilj smanjenje upotrebe pesticida, mineralnih gnojiva i porast organske poljoprivredne proizvodnje. Imajući u vidu porast emisije stakleničkih plinova za 9% od 1990-ih, SAD je pokrenuo inicijativu pod nazivom „*Agriculture Innovation Agenda*“ s ciljem povećanja poljoprivredne proizvodnje i smanjenja negativnog utjecaja na okoliš, a sve kroz stavljanje naglaska na inovacije, smanjenje troškova poslovanja i primjenu tehnološki napredne mehanizacije.

Nakon usporedbe EU i SAD-a, daljnji fokus je stavljen na komparativnu analizu Hrvatske i Slovenije, koje su geografski, demografski i ekonomski slične. Provedeno je vlastito istraživanje hrvatskih i slovenskih poljoprivrednika u kojem se zaključilo kako u digitalizaciji poljoprivrede postoje primjetne razlike između ovih zemalja. Stupanj primjene digitalizacije je sličan, ali primarna razlika leži u tome da hrvatski poljoprivrednici pod primijenjenom digitalizacijom najčešće smatraju jednostavne (i besplatne) mobilne aplikacije, dok slovenski, uz aplikacije imaju vlastitu pametnu mehanizaciju. Međutim, primijećeno je da, unatoč posjedovanju pametne mehanizacije, slovenski poljoprivrednici još uvijek ne primjenjuju ono čemu ona u konačnici stvarno služi, zbog neposjedovanja softverskih rješenja. Ako žele nastaviti taj put prema digitalnoj, ali i pametnoj poljoprivredi, softveri su sljedeći potreban korak. Uočeno je također kako, ni među hrvatskim ni među slovenskim poljoprivrednicima, ne postoji svijest o zaštiti i vrijednosti podataka, što će zasigurno otežati tranziciju prema pametnoj poljoprivredi i odlučivanju na bazi podataka. Nadalje, digitalizacija je u Sloveniji novije prirode. Drugim riječima, ispitanici slovenski poljoprivrednici su se kompleksnim oblicima digitalizacije počeli okretati nedavno te su još uvijek u fazi učenja upotrebe i korištenja punog kapaciteta ovih rješenja. Tu znatno ovise o podršci pružatelja proizvoda i/ili usluga, ali su otvoreni učenju i napretku. S druge strane, u Hrvatskoj je znatno niža razina volje za učenjem i napretkom, a veća razina oslanjanja na državne potpore. Istraživanjem se također zaključilo da su hrvatski poljoprivrednici koji se bave ratarstvom zatvoreniji prema novitetima i napretku koje traži njihovo ulaganje, dok su poljoprivrednici koji se bave hortikulturom

pokazali veću razinu otvorenosti i spremnosti na digitalne investicije. Rezultati istraživanja govore da su slovenski poljoprivrednici digitalno napredniji i otvoreniji od hrvatskih što je u skladu sa stopom rasta BDV-a kao jednog od vodećih indikatora poljoprivredne produktivnosti, gdje Slovenija bilježi veći trend porasta od Hrvatske u 2022. godini.

U konačnici, kako bi digitalizacija u poljoprivredi postala praksa u što većem broju zemalja, potrebno je riješiti njena ograničenja te razvijati znanja i svijesti poljoprivrednika, ali i svih ostalih dionika poljoprivrednog lanca.

## 6. Popis literature

1. Abbasi, R., Martinez, P., Ahmad, R. (2022.), *The digitization of agricultural industry—a systematic literature review on agriculture 4.0*, dostupno na <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375522000090>
2. Abiri, R., Rizan, N., Balasundram, S. K., Shahbazi, A. B., Abdul – Hamid, H. (2023.), *Application of digital technologies for ensuring agricultural productivity*, dostupno na <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023098092#sec9>
3. Bayliss, K. i Rausser, G. C. (2004.), *Agri-Environmental Programs the United States and the European Union*, dostupno na <https://core.ac.uk/download/pdf/6396985.pdf>
4. Bieliaieva, N., Sova, O., Ganuschchak, T., Zhuk, O. i Matusova, O. (2021.), Digitalization of the financial subsystem of industrial enterprise: points of implementation, pruzeto s [https://www.researchgate.net/publication/351323574\\_Digitalization\\_of\\_the\\_financial\\_subsystem\\_of\\_industrial\\_enterprise\\_points\\_of\\_implementation](https://www.researchgate.net/publication/351323574_Digitalization_of_the_financial_subsystem_of_industrial_enterprise_points_of_implementation)
5. Birner, R., Daum, T., Pray, C. (2020.), Who drives the digital revolution in agriculture? A review of supply – side trends, players and challenges, preuzeto s [https://www.researchgate.net/publication/350072135\\_Who\\_drives\\_the\\_digital\\_revolution\\_in\\_agriculture\\_A\\_review\\_of\\_supply-side\\_trends\\_players\\_and\\_challenges](https://www.researchgate.net/publication/350072135_Who_drives_the_digital_revolution_in_agriculture_A_review_of_supply-side_trends_players_and_challenges)
6. Blasch, J. et al. (2020), “Farmer preferences for adopting precision farming technologies: a case study from Italy”, *European Review of Agricultural Economics*, dostupno na <https://academic.oup.com/erae/article/49/1/33/6030930>
7. Daberkow, S. i McBride, W. (2003), *Farm and Operator Characteristics Affecting the Awareness and Adoption of Precision Agriculture Technologies in the US*, dostupno na <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1024557205871>
8. Doukas, Y. E. L., Maravegias, N., Chrysomallidis, C. (2022.), Digitalization in the EU Agricultural Sector: Seeking a European Policy Response, u: Konstadinos, M. (ur.), *Food Policy Modelling* (str. 83-98.), Thessaloniki, Greece, preuzeto s [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-08317-4\\_6#editor-information](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-08317-4_6#editor-information)
9. Drummond, H. E., Goodwin, J. W. (2010), *Agricultural Economics*, Third Edition, Pearson
10. Državni zavod za statistiku (2023.), *Ekonomski računi za poljoprivredu u 2022.*, dostupno na <https://podaci.dzs.hr/2023/hr/58439>

11. Državni zavod za statistiku Republike Slovenije (2023.), Statistični pregled leta 2022, dostupno na <https://www.stat.si/StatWeb/File/DocSysFile/12130>
12. Dunchev, D. M. (2020.), *Evaluation of innovation technologies in precision agriculture*, doktorski rad, Ekonomski fakultet, Poljoprivredno sveučilište Plovdiv, dostupno na [https://www.au-plovdiv.bg/docs/Razvitie\\_AS/PhD/2020/D\\_Dunchev/Resumes\\_D\\_Dunchev\\_ENG.pdf](https://www.au-plovdiv.bg/docs/Razvitie_AS/PhD/2020/D_Dunchev/Resumes_D_Dunchev_ENG.pdf)
13. Europska komisija (2016), Productivity in EU agriculture, dostupno na [https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2019-10/agri-market-brief-10\\_en\\_0.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2019-10/agri-market-brief-10_en_0.pdf)
14. Europska komisija (2019.), *The contribution of precision agriculture technologies to farm productivity and the mitigation of greenhouse gas emissions in the EU*, dostupno na <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC112505>
15. Europska komisija (2020.), Farm to Fork strategy, preuzeto s [https://commission.europa.eu/dana\\_en](https://commission.europa.eu/dana_en)
16. Europska komisija (2020.), *Preporuke Komisije za strateški plan Hrvatske u okviru ZPP-a* (e – publikacija), preuzeto s [https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2021-03/hrswd2020\\_384-other-swp\\_hr\\_0.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2021-03/hrswd2020_384-other-swp_hr_0.pdf)
17. Europska komisija (2022.), Monitoring EU Agri – Food Trade, dostupno na [https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/7b271dbb-cc64-4191-acc1-f7c6ddda3478\\_en?filename=monitoring-agri-food-trade\\_dec2022\\_en.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/7b271dbb-cc64-4191-acc1-f7c6ddda3478_en?filename=monitoring-agri-food-trade_dec2022_en.pdf)
18. Europska komisija (2023.), Agri – food trade statistical factsheet European Union – USA, dostupno na [https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/48a74b65-614b-4f21-a2a8-444c3fe42ed0\\_en?filename=agrifood-usa\\_en.pdf](https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/48a74b65-614b-4f21-a2a8-444c3fe42ed0_en?filename=agrifood-usa_en.pdf)
19. Europska komisija (b. d.), Održivost, dostupno na [https://commission.europa.eu/dana\\_en](https://commission.europa.eu/dana_en)
20. Europska komisija (b. d.), Zajednička poljoprivredna politika u mojoj zemlji, dostupno na [https://commission.europa.eu/dana\\_en](https://commission.europa.eu/dana_en)
21. Europska komisija (b. d.), Zajednička poljoprivredna politika, dostupno na [https://commission.europa.eu/dana\\_en](https://commission.europa.eu/dana_en)
22. Europska komisija (b. d.), Zajednička poljoprivredna politika; Strateški plan, dostupno na [https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my-country/cap-strategic-plans/croatia\\_en](https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my-country/cap-strategic-plans/croatia_en)
23. Eurostat (2022.), Age classes of farm managers by gender (% of all farm managers, EU, 2020.), dostupno na [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/dana.php?title=File:Fig2\\_Age\\_classes\\_of\\_farm\\_managers\\_by\\_gender\(%25\\_of\\_all\\_farm\\_managers\\_EU\\_2020\).png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/dana.php?title=File:Fig2_Age_classes_of_farm_managers_by_gender(%25_of_all_farm_managers_EU_2020).png)

24. Eurostat (2022.), Eurostat regional yearbook, dostupno na <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/15234730/15242104/KS-HA-22%E2%80%91EN-N.pdf/ffb89e8c-a7c9-517e-101f-13462ba1cf65?t=1667398021883>
25. Eurostat (2023.), Upotreba mineralnih gnojiva, [podatkovni dokument], preuzeto s ožujka s [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/AEI\\_FM\\_USEFERT\\_custom\\_6564571/default/table](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/AEI_FM_USEFERT_custom_6564571/default/table)
26. Faskhutdinova, M. S., Amirova, E. F., Safiullin, I. N., Ibragimov, L. G. (2020.), *Human resources in the context of digitalization of agriculture*, dostupno na [https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/abs/2020/11/bioconf\\_fies-20\\_00020/bioconf\\_fies-20\\_00020.html](https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/abs/2020/11/bioconf_fies-20_00020/bioconf_fies-20_00020.html)
27. Geerling – Eiff, F., Bogaardt, M.J., Burssens, S., Kujáni, K. Reszketo, T. (2019.), *Exploring digitalisation to enhance knowledge flows in EU AKIS*, dostupno na [https://scar-europe.org/images/SCAR-Documents/Reports\\_outcomes\\_studies/AKIS3\\_Report\\_Exploring\\_digitalisation\\_for\\_future\\_AKIS\\_final.pdf](https://scar-europe.org/images/SCAR-Documents/Reports_outcomes_studies/AKIS3_Report_Exploring_digitalisation_for_future_AKIS_final.pdf)
28. Gelo, R., Gelo, T. (2014.), Hrvatska poljoprivreda u kontekstu pristupanja Hrvatske u Europsku Uniju, preuzeto s <http://web.efzg.hr/RePEc/Chapters/chapter07-01.pdf>
29. Golubev, A. V. (2015.), *Fundamentals of the innovative development of the Russian agricultural sector*, Moskva: RSAU MSHA
30. Grahovac, P. (2005). *Ekonomika poljoprivrede*. Poglavlje 2.:Značenje, zadaće i uvjeti razvoja hrvatske poljoprivrede (str.85-142), Poglavlje 4.: Tržište poljoprivrednih proizvoda (str.203-255), Zagreb: Golden marketing-Tehnička knjiga.
31. Huffman, W. (2001), “*Human capital: Education and agriculture*”, dostupno na <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1574007201100101>
32. Ionitescu, S., Popescu, A., Gudanescu, N. L., Cristea, A. (2023.), *Digitalization and Agriculture – Impact on Human Resources in the European Union and Romania* (e – publikacija), preuzeto s [https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.23\\_3/Art40.pdf](https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.23_3/Art40.pdf)
33. Jovančević, R. (2007), Evolucija agrarne politike EU, u Znanstveni skup: „Poljoprivreda i privredni razvoj“, Sveučilište u Zagrebu Ekonomski fakultet, (str. 55-85)

34. Karunathilake, E. M. B. M., Le, A. T., He, S., Chung, Y. S., Mansoor, S. (2023.), *The Path to Smart Farming: Innovations and Opportunities in Precision Agriculture*, dostupno na <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/8/1593>
35. Komisija za međunarodnu trgovinu SAD-a (2023.), *Report on trade of agricultural products for 2023*, dostupno na [https://www.usitc.gov/system/files/research\\_and\\_analysis/tradeshifts/files/agricultural\\_products\\_2022.pdf](https://www.usitc.gov/system/files/research_and_analysis/tradeshifts/files/agricultural_products_2022.pdf)
36. Komisija za međunarodnu trgovinu Sjedinjenih Država – USITC (b. d.), *Agricultural products*, dostupno na [https://www.usitc.gov/agricultural\\_products.htm](https://www.usitc.gov/agricultural_products.htm)
37. Kongresna jedinica istraživača Sjedinjenih Država - CRS (2016.), *EU Agricultural Support: Overview and Comparison with the United States* (e – publikacija), preuzeto s [https://www.everycrsreport.com/files/20160614\\_R44524\\_cb13df6c941105f00243b38f2e0ea65f02a8923a.pdf](https://www.everycrsreport.com/files/20160614_R44524_cb13df6c941105f00243b38f2e0ea65f02a8923a.pdf)
38. Kongresna jedinica istraživača Sjedinjenih Država - CRS (2020.), *U.S. Trade Concerns Regarding the EU's Farm to Fork Strategy*, dostupno na <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11704>
39. Krutilin, A. A., Bazieva, A. M., Dugina, T. A., Giyazov A. T. (2022.), *Sustainable Agriculture for Food Security: Conceptual Framework and Benefits of Digitalization*, u: Popkova, E. G., Sergi, B. S. (ur.), *Sustainable Agriculture* (str. 35-42), Moskva, Messina, preuzeto s [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-8731-0\\_4#author-information](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-8731-0_4#author-information)
40. Kuzmich, N. P. (2021), *The impact of digitalization of agriculture on sustainable development of rural territories*, preuzeto s <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/677/2/022019/meta>
41. Maloku, D. (2020.), *Adoption of precision farming technologies: USA and EU situation*, dostupno na [https://www.researchgate.net/publication/339018724\\_ADOPTION\\_OF\\_PRECISION\\_FARMING\\_TECHNOLOGIES\\_USA\\_AND\\_EU\\_SITUATION](https://www.researchgate.net/publication/339018724_ADOPTION_OF_PRECISION_FARMING_TECHNOLOGIES_USA_AND_EU_SITUATION)
42. McFadden, J., Casalini, F., Griffini, T., Antón, J. (2022.), *The digitalisation of agriculture* (e-publikacija), preuzeto s [https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/the-digitalisation-of-agriculture\\_285cc27d-en;jsessionid=UaxkFqiRrMkLLYmWvhe\\_pegdX3QWmeoFSibVKM9.ip-10-240-5-163](https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/the-digitalisation-of-agriculture_285cc27d-en;jsessionid=UaxkFqiRrMkLLYmWvhe_pegdX3QWmeoFSibVKM9.ip-10-240-5-163)

43. Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske (2023.), Godišnje izvješće o stanju poljoprivrede u 2022. godini, dostupno na [https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/poljoprivredna\\_politika/zeleno\\_izvjesce/2023\\_11\\_16%20Zeleno%20izvje%C5%A1%C4%87e%202022%20web.pdf](https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/poljoprivredna_politika/zeleno_izvjesce/2023_11_16%20Zeleno%20izvje%C5%A1%C4%87e%202022%20web.pdf)
44. Ministarstvo poljoprivrede Republike Slovenije (2023.), Poročilo o stanju kmetijstva, živilstva, gozdarstva in ribištva, dostupno na [https://www.gov.si/assets/ministrstva/MKGP/Dokumenti-/Stanje-v-kmetijstvu-2022/ZP\\_2022\\_splosno-+-priloge.pdf](https://www.gov.si/assets/ministrstva/MKGP/Dokumenti-/Stanje-v-kmetijstvu-2022/ZP_2022_splosno-+-priloge.pdf)
45. Ministarstvo poljoprivrede SAD – USDA (2024.), *2022 Census of Agriculture*, dostupno na [https://www.nass.usda.gov/Publications/Highlights/2024/Census22\\_HL\\_FarmProducers\\_FINAL.pdf](https://www.nass.usda.gov/Publications/Highlights/2024/Census22_HL_FarmProducers_FINAL.pdf)
46. Ministarstvo poljoprivrede SAD - USDA (2024.), *Productivity Growth in U.S. Agriculture (1948-2021)*, dostupno na <https://www.ers.usda.gov/data-products/agricultural-productivity-in-the-u-s/productivity-growth-in-u-s-agriculture/>
47. Ministarstvo poljoprivrede SAD - USDA (2004.), *U.S.-EU Food and Agriculture Comparisons* (e – publikacija), preuzeto s [https://www.ers.usda.gov/webdocs/outlooks/40408/30650\\_wrs0404\\_002.pdf?v=1478.2](https://www.ers.usda.gov/webdocs/outlooks/40408/30650_wrs0404_002.pdf?v=1478.2)
48. Ministarstvo poljoprivrede SAD - USDA (2020.), *Agriculture Innovation Agenda: Scoreboard Report*, dostupno na <https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/aia-scoreboard-report.pdf>
49. Ministarstvo poljoprivrede SAD - USDA (2023.), *Precision Agriculture in the Digital Era; Recent Adoption on U.S. Farms*, dostupno na <https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/105894/eib-248.pdf?v=2766.1>
50. Ministarstvo poljoprivrede SAD – USDA (2024), *U.S. agricultural import values outpaced export values in fiscal year 2023*, dostupno na <https://www.ers.usda.gov/dana-products/ag-and-food-statistics-charting-the-essentials/agricultural-trade/>
51. Ministarstvo poljoprivrede, prirode i kvalitete hrane u Nizozemskoj (2018.), dostupno na <https://www.agroberichtenbuitenland.nl/documenten/rapporten/2018/06/12/eu-us-agriculture-policy-report>
52. Nacionalna udruga državnih odjela za poljoprivredu SAD - NASDA (2023.), *Every farmer, every tool*, dostupno na <https://globalagriculturalproductivity.org/wp-content/uploads/2024/01/2023-GAP-Report.pdf>

53. Nezamova, O. A., Olentsova, J. A. (2022.), *The main trends of digitalization in agriculture*, dostupno na <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/981/3/032018/meta>
54. OECD/FAO (2015.), *Agricultural Outlook 2015 – 2024*, dostupno na <https://www.fao.org/3/i4738e/i4738e.pdf>
55. Olson, K. (1998.), *Precision Agriculture: Current Economic and Environmental Issues*, dostupno na <https://ageconsearch.umn.edu/search?ln=en&p=Precision%20Agriculture%3A%20Current%20Economic%20and%20Environmental%20Issues&f=&sf=&so=d&rg=10>
56. Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (2017.), *The Future of Food and Agriculture; Trend and Challenges*, dostupno na <https://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf>
57. Sagasta, J. M., Zadeh, S. M. i Turrall, H. (2017), *Water pollution from agriculture: a global review*, dostupno na <https://www.fao.org/3/i7754e/i7754e.pdf>
58. Schimmelpfennig, D. (2016.), *Farm Profits and Adoption of Precision Agriculture*, preuzeto s <https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/80326/err-217.pdf?v=0>
59. Skillnet Ireland (2019), *Digital Agriculture Technology: Adoption and Attitudes Study*, dostupno na <https://www.skillnetireland.ie/wp-content/uploads/2019/11/IFA-Skillnet-Digital-Agriculture-Technology.pdf>
60. Sveučilište ujedinenih naroda (2024.), *Structural change and productivity growth (podatkovni dokument)*, preuzeto s <https://innovatransformation.adbi.org/structural-change/structural-change-indicators/>
61. Svjetska banka (b. d.), *Svjetski udio poljoprivrednih površina u ukupnoj površini*, [podatkovni dokument], preuzeto 5. ožujka. S <https://dana.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.ZS?end=2021&locations=1W&start=2010>
62. Svjetska organizacija za intelektualno vlasništvo (2017.), *Innovation in Agriculture and Food Systems in the Digital Age, The Global Innovation Indeks 2017 – Innovation Feeding the World* (e – publikacija), preuzeto s [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_gii\\_2017.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2017.pdf)
63. Svjetska trgovinska organizacija (2023.), *World Trade Statistical Review 2023*, dostupno na [https://www.wto.org/english/res\\_e/booksp\\_e/wtsr\\_2023\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/wtsr_2023_e.pdf)



64. Swinton, S. M., Lowenberg-Deboer, J. (2001.), Global adoption of precision agriculture technologies: Who, when and why?, preuzeto s [https://www.researchgate.net/publication/228911901\\_Global\\_adoption\\_of\\_precision\\_agriculture\\_technologies\\_Who\\_when\\_and\\_why](https://www.researchgate.net/publication/228911901_Global_adoption_of_precision_agriculture_technologies_Who_when_and_why)
65. Ured za odgovornost vlade Sjedinjenih Država - GAO (2024.), *Precision Agriculture – Benefits and Challenges for Technology Adoption and Use*, dostupno na <https://www.gao.gov/assets/d24105962.pdf>
66. Wenqiang, F., Rongwu, Z., *Can Digitalization Levels Affect Agricultural Total Factor Productivity? Evidence from China*, dostupno na <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2022.860780/full>
67. Zajednički istraživački centar Europske komisije, Zarco – Tejada, P.J., Hubbard, N., Loudjani, P. (2014), *Precision agriculture: an opportunity for EU farmers – potential support with the CAP 2014-2020*, dostupno na [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2014/529049/IPOL-AGRI\\_NT%282014%29529049\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2014/529049/IPOL-AGRI_NT%282014%29529049_EN.pdf)
68. Zhumaxanova, K.M., Yessymkhanova, Z.K., Yassenzhigitova, R.G. (2019.), *The current state of agriculture digitalization: problems and ways of solution*, dostupno na <https://caer.narxoz.kz/jour/issue/viewFile/9/8?embed=1#page=145>

## 7. Popis tablica

Tablica 1. Poljoprivredno zemljište i poljoprivredna gospodarstva u EU i SAD-u 2020. godine

Tablica 2. Prikaz čimbenika ukupne poljoprivredne proizvodnje u periodu od 1960. do 2021.

## 8. Popis slika

Slika 1. Temeljne komponente digitalne poljoprivrede

Slika 2. Razvojni put poljoprivrede

Slika 3. Prikaz razine digitalizacije po industrijama

## 9. Popis grafikona

Grafikon 1. Svjetski udio poljoprivrednih površina u ukupnim površinama

Grafikon 2. Udio gospodarskih sektora u bruto domaćem proizvodu u razvijenim zemljama

Grafikon 3. Udio gospodarskih sektora u bruto domaćem proizvodu u nerazvijenim zemljama

Grafikon 4. Zaposlenost u sektoru poljoprivrede u EU i SAD-u

Grafikon 5. Udio poljoprivrede u BDV-u u EU i SAD-u

Grafikon 6. BDV poljoprivrede po poljoprivredniku u EU i SAD-u

Grafikon 7. EU izvoz i uvoz poljoprivrednih proizvoda (mlrd. €)

Grafikon 8. SAD izvoz i uvoz poljoprivrednih proizvoda (mlrd. \$)

Grafikon 9. Najveći svjetski izvoznici poljoprivrednih proizvoda u 2022.

Grafikon 10. Najveći svjetski uvoznici poljoprivrednih proizvoda u 2022.

Grafikon 11. EU izvoz poljoprivrednih proizvoda u 2022.

Grafikon 12. EU uvoz poljoprivrednih proizvoda u 2022.

Grafikon 13. SAD izvoz poljoprivrednih proizvoda u 2022.

Grafikon 14. SAD uvoz poljoprivrednih proizvoda u 2022.

Grafikon 15. Postotak upotrebe tehnologija varijabilne primjene u SAD-u po kulturama

Grafikon 16. Postotak primjene sustava automatskog upravljanja i navođenja u SAD-u po kulturama

Grafikon 17. Postotak upotrebe precizne tehnologije u Europi

Grafikon 18. Usluge precizne poljoprivrede u Europi

Grafikon 19. Indeks ukupne globalne poljoprivredne produktivnosti

Grafikon 20. Potrošnja mineralnih gnojiva u EU u periodu od 2000. do 2021.

Grafikon 21. Potrošnja mineralnih gnojiva u SAD-u u periodu od 2000. do 2021.

Grafikon 22. Udio (%) poljoprivrede u ukupnoj zaposlenosti u Hrvatskoj i Sloveniji od 2000. do 2022.

Grafikon 23. Godišnja stopa porasta BDV-a poljoprivrede u Hrvatskoj i Sloveniji od 2000. do 2022.

Grafikon 24. Prikaz dobne skupine poljoprivrednika

Grafikon 25. Usporedba primarne poljoprivredne djelatnosti

Grafikon 26. Prikaz veličine poljoprivrednog gospodarstva

Grafikon 27. Zastupljenost digitalizacije u poljoprivredi

Grafikon 28. Korišteni oblik digitalizacije

Grafikon 29. Faktori koji utječu na primjenu kompleksne digitalizacije

Grafikon 30. Kompleksna digitalna rješenja

Grafikon 31. Razlozi za vlastita kompleksna digitalna rješenja

Grafikon 32. Razlozi najma kompleksnih digitalnih rješenja

Grafikon 33. Digitalizacija kao budućnost poljoprivrede

Grafikon 34. Glavna ograničenja digitalizacije

Grafikon 35. Glavne prednosti digitalizacije