



Održive mjere gospodarenja tlom u ekološkoj poljoprivredi za klimatske uvjete mediteranske Hrvatske

Igor Bogunović – Ivica Kisić – Milan Mesić – Željka Zgorelec – Ivana Šestak – Aleksandra Perčin – Darija Bilandžija



Zagreb, 2018



UDŽBENICI SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

MANUALIA UNIVERSITATIS STUDIORUM ZAGRABIENSIS

Igor Bogunović – Ivica Kisić – Milan Mesić – Željka Zgorelec – Ivana Šestak – Aleksandra Perčin –
Darija Bilandžija

ODRŽIVE MJERE GOSPODARENJA TLOM U EKOLOŠKOJ POLJOPRIVREDI ZA KLIMATSKE UVJETE
MEDITERANSKE HRVATSKE

Zagreb, 2018

Nakladnik: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Tisak: Zebra, Vinkovci

Urednik: Doc. dr.sc. Igor Bogunović

Autori:

Dr. sc. Igor Bogunović, docent, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Dr. sc. Ivica Kisić, redoviti profesor, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Dr. sc. Milan Mesić, redoviti profesor, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Dr. sc. Željka Zgorelec, izvanredna profesorica, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Dr. sc. Ivana Šestak, docent, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Dr. sc. Aleksandra Perčin, docent, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Dr. sc. Darija Bilandžija, docent, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Recenzenti:

Dr. sc. Boris Đurđević, izvanredni profesor, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku,
Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Dr. sc. Smiljana Goreta Ban, znanstvena savjetnica, Institut za poljoprivredu i turizam Poreč

Dr. sc. Boris Lazarević, docent, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Grafičko oblikovanje: Igor Bogunović

Fotografija na naslovnici: Stajski gnoj na pokusnom polju Raša, autor: Igor Bogunović

Naklada: 200 primjeraka

Rukopis „Održive mjere gospodarenja tлом u ekološkoj poljoprivredi za klimatske uvjete mediteranske Hrvatske“ odobrio je kao sveučilišni priručnik Senat Sveučilišta u Zagrebu temeljem Odluke klasa: 032-01/18-01/93, urbroj: 380-042/099-18-5 na sjednici održanoj 13. studenog 2018.

CIP zapis je dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 001013491.

ISBN 978-953-7878-93-1

ISBN 978-953-7878-94-8 (WEB)

Ovaj je Priručnik nastao kao rezultat rada na istraživačkom VIP projektu „Održive mjere gospodarenja tлом u ekološkoj poljoprivredi za klimatske uvjete mediteranske Hrvatske“ – Ugovor broj 2016-14-6

Nositelj projekta: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Voditelj projekta: doc. dr. sc. Igor Bogunović

SADRŽAJ

UVOD.....	1
1. EKOLOGIJA MEDITERANA (autori: Šestak, I., Perčin, A.)	4
1.1. Stresni uvjeti u biljnoj proizvodnji i odabir kultura	4
1.2. Klimatski uvjeti mediteranske Hrvatske	11
2. EKOLOŠKA POLJOPRIVREDA (autor: Kisić, I.)	20
2.1. Razvoj ekološke poljoprivrede u Republici Hrvatskoj	26
2.2. Trenutno stanje ekološke poljoprivrede u Hrvatskoj.....	27
3. OBRADA TLA (autor: Bogunović, I.)	31
3.1. Zadaće obrade tla	32
3.2. Utjecaj konvencionalne obrade na stanje tla	34
3.3. Utjecaj reducirane obrade na stanje tla	37
3.4. Obrada teških tala (livadska, glejna) s visokom razinom podzemne vode	39
3.5. Obrada tla i ekološka poljoprivreda.....	43
4. ZNAČAJ GNOJIDBE USJEVA (autor: Mesić, M., Bogunović, I.)	47
4.1. Makro i mikro elementi	50
4.1.1. Značaj humusa – organske tvari tla na dinamiku makro i mikroelemenata.....	51
4.1.2. Značaj pH vrijednosti tla na dinamiku makro i mikroelemenata.....	53
4.1.3. Glavna biljna hranjiva, dušik, fosfor i kalij	56
4.2. Prednosti primjene organskih gnojiva	63
4.3. Izračun potrebe biljaka za hranjivima i potrebne količine gnojiva	64
5. GNOJIVA I GNOJIDBA TLA U EKOLOŠKOJ POLJOPRIVREDI (autor: Kisić, I.)	68
5.1. Kruti stajski gnoj.....	70
5.2. Gnojovka	72
5.3. Komercijalna organska gnojiva	73
5.4. Primjena komposta u ekološkoj poljoprivredi	74
5.5. Kompost glista (lumbripost)	76
5.6. Gnojidba tla zelenom masom	78
6. KLIMATSKE PROMJENE (autori: Zgorelec, Ž., Bilandžija, D.)	85
6.1. Značaj klimatskih promjena na biljnu proizvodnju	88
6.2. Značaj klimatskih promjena na očuvanje tla i voda	91
6.3. Klimatske promjene mediteranske Hrvatske.....	94
6.4. Ekološka poljoprivreda i mogućnosti ublažavanja klimatskih promjena	102
6.4.1. Smanjenje emisija stakleničkih plinova	102
6.4.2. Sekvestracija ugljika	104
6.4.3. Ublažavanje klimatskih promjena izvan poljoprivrednih praksi	105
7. STUDIJA SLUČAJA – RAŠA (autor: Bogunović, I.)	107
8. POJMOVNIK.....	123
Literatura.....	126
BIOGRAFIJE AUTORA	141

UVOD

Postoji povećana zabrinutost u Svijetu, ali i Hrvatskoj, da je veliki dio sadašnje poljoprivredne proizvodnje postignut na trošak neobnovljivih zemljišnih resursa. Stoga si ne možemo priuštiti ignoriranje činjenice da je prijašnji, ali i sadašnji, pad produktivnosti i kvalitete tla bio snažno opravdavan jačanjem tehnološkog razvoja u poljoprivredi. Međutim, to ne znači da se umanjuje važnost agro-tehnološkog napretka kao niti naša potreba za daljnjim razvojem novih tehnologija. Umjesto toga, moramo težiti razvoju agrotehnike čija primjena omogućava održivost poljoprivredne proizvodnje, ali i istodobno pomaže kvaliteti i zdravlju tla umjesto da ga narušava.

Danas, redovita agrotehnika podliježe brzim promjenama trendova. Ona se uklapa u sve veću svijest o održivosti agroekosustava, ali i prilagodbi klimatskim promjenama. Klimatske promjene danas su realnost, a posebno je ugroženo područje mediteranskog bazena. Promjena klime povezana je s povećanjem koncentracije plinovitih oblika ugljika i dušika u atmosferi zbog antropogenog djelovanja (IPCC, 2014). Porast srednje godišnje temperature zraka od 0,07 do 0,22°C po dekadi duž hrvatskog obalnog područja zabilježena je od sredine 20. stoljeća (Gajić-Čapka i sur., 2014; Branković i sur., 2013), a buduće projekcije promjene klime predviđaju zatopljenje zraka na istočnom jadranskom području od +2°C u bližoj budućnosti do +5°C prema kraju 21. stoljeća (Branković i sur., 2013). Nadalje, anomalije godišnjih količina oborina potvrđuju negativne trendove na srednjem do južnom jadranskom području, što je u skladu s trendom dezertifikacije koji je opažen na Mediteranu (IPCC, 2014). Prema klimatskim modelima, dominantno smanjenje oborina vidljivo je od sredine 21. stoljeća, uglavnom u kasno proljeće i rano ljeto na južnom Jadranu. Zabilježeni trendovi, i projekcije klimatskih modela pokazuju da će vodna dinamika i ravnoteža u tlu biti izmijenjena, a prinosi ugroženi. Porast temperatura i rizik od ljetnih suša predstavljaju veliku ranjivost poljoprivredi.

Klimatske promjene na području mediteranske Hrvatske već sada utječu na biološku aktivnost, duljinu vegetacije, te na kvalitetu usjeva, tj. plodova. Prilagodba uključuje promjenu sortimenta, navodnjavanje i mnoge druge mjere. Međutim, vrlo važno je razmotriti i u budućnosti provoditi mjere kojima poljoprivreda može doprinijeti ublažavanju klimatskih promjena. Ekološka poljoprivreda se stoga ističe kao obećavajući vid proizvodnje

kojom se poljoprivreda može prilagoditi na klimatske promjene ali ih i ublažiti (Niggli i sur., 2009). Ona se sve više primjenjuje jer konvencionalna poljoprivreda potiče degradaciju tla. Smanjenje organskog ugljika, stvaranje pokorice, zbijanja i erozije samo su neki od posljedica intenzivne obrade tla (Kisic i sur., 2017a; Bogunovic i sur., 2018). Nadalje, kao posljedica degradacije tla, i posljedičnog pada plodnosti tla primijenjuje se intenzivna gnojidba mineralnim gnojivima s ciljem povećanja prinosa. Međutim, takva praksa dovodi do zakiseljavanja tla, kontaminacije podzemnih voda i povećanja pristupačnosti toksičnih elemenata poput aluminijske i mangana smanjujući kvalitetu i produktivnost tla (Mesic i sur., 2007). Stoga je nužno pristupiti održivoj agrotehničkoj praksi radi smanjenja rizika za degradacijom tla u izmijenjenim klimatskim uvjetima.

Ekološka poljoprivreda predstavlja sustav održivoga gospodarenja u poljoprivredi koji pridonosi zdravlju tla i ljudi, te stabilnost ekosustava. Oslanja se na ekološke procese, njeguje biološku raznolikost i cikluse kruženja hranjiva i organske tvari koji su prilagođeni lokalnim uvjetima (IFOAM, 2018). Pravilna agrotehnika u ekološkoj poljoprivredi može doprinijeti smanjenju emisije stakleničkih plinova iz poljoprivrede i povećati sekvencijalnu ugljika (El-Hage Scialabba i Muller-Lindenlauf, 2010). Time je moguće stabilizirati koncentraciju stakleničkih plinova u atmosferi na razinu koja nije štetna za klimatski sustav. Ne treba zaboraviti da poljoprivreda kao sektor i sama doprinosi globalnoj emisiji stakleničkih plinova sa oko 12 % (OECD, 2018; Zgorelec, 2017).

Konzervacijski sustavi obrade tla predstavljaju perspektivnu alternativu za smanjenje utroška vremena i energije u poljoprivrednoj proizvodnji i uspješnu konzervaciju tla. Prepoznavanje važnosti prilagođene obrade tla svakom agroekosustavu dovelo je do širenja svijesti o nužnosti testiranja različitih načina obrade tla. Iako, je primjena izravne sjetve u ekološkoj poljoprivredi još uvijek praksa koja ne daje dobre rezultate, primjena minimalne obrade tla, u kombinaciji s unosom organskih gnojiva može smanjiti trošak poljoprivrednika, ali i pospješiti stabilnost ekosustava, te otpornost tla i usjeva na klimatske ekstreme. Nadalje, ekološka poljoprivreda ne koristi kemijske preparate za zaštitu bilja, ali i mineralna gnojiva i tako doprinosi smanjenju emisije stakleničkih plinova.

Istraživanja su dokumentirala da alternativni sustavi obrade i korištenje organskih gnojiva mogu doprinijeti konzervaciji tla. Međutim, mnogo je manje jasan utjecaj takve

agrotehnike na fizikalna svojstva i procese u tlu. Stoga je neophodno da također predvidimo njihov utjecaj na fizikalna svojstva i procese u tlu, te neizravno i na rast i prinose usjeva. Današnji poljoprivrednici ne mogu si priuštiti još jedan element neizvjesnosti u svojoj svakodnevnoj agrotehnici i poslovanju.

U mediteranskom dijelu Hrvatske, u Istarskoj županiji, postavljen je pokus s različitom obradom i gnojdbom organskim gnojivima. Cilj takvog pokusa i ove publikacije je prikazati potencijale za postizanje rezultata predviđanja utjecaja obrade na fizikalni kompleks tala i prinose usjeva u ekološkoj proizvodnji bilja. Rezultati istraživanja su prikazani u zadnjem poglavlju. Informacije predstavljene u ovome priručniku mogu biti poticaj za buduće istraživače da prilagode metodiku rada i ciljeve budućih istraživanja uključivanjem spoznaja iz ovoga priručnika. Na visokoškolskim ustanovama nastavno osoblje može koristiti publikaciju da predstave moguće koncepte istraživanja studentima u nadi da se pojedini studenti ohrabre na buduće neistražene odgovore koji su obrađeni u ovom poglavlju.

Veliku zahvalnost za izdavanje ovoga priručnika dugujemo recenzentima prof. dr. sc. Borisu Đurđeviću, doc. dr. sc. Borisu Lazareviću i dr. sc. Smiljani Goreti Ban, koji su svaki u svom području specijalnosti uvelike doprinjeli obliku i kvaliteti ovoga djela.

Zagreb, 2018

Autori

1.1. Stresni uvjeti u biljnoj proizvodnji i odabir kultura

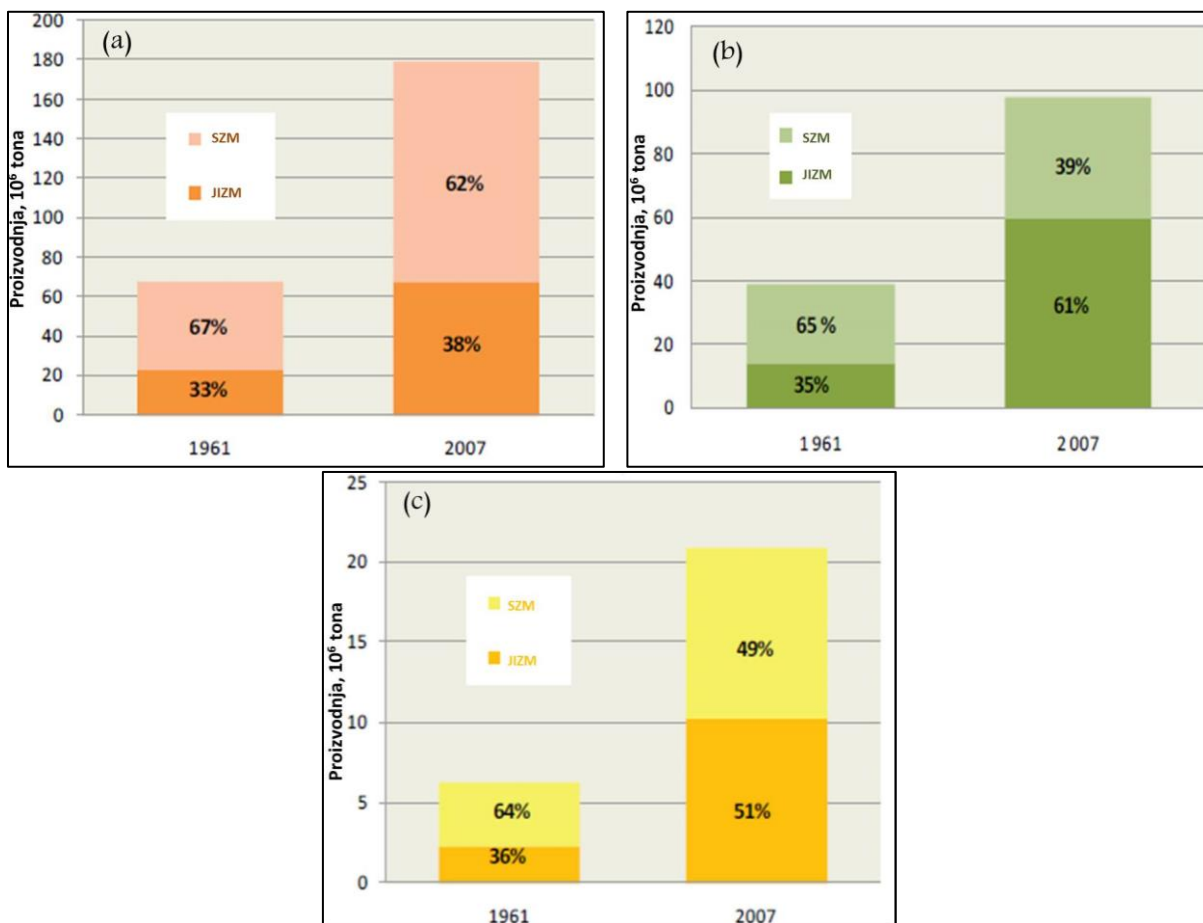
Svako nepovoljno stanje ili supstanca koja blokira ili utječe na metabolizam biljke, njezin rast ili razvoj smatra se stresom. Vegetacijski stres može biti izazvan različitim prirodnim ali i antropogenim utjecajima (Lichtenthaler, 1998). Prirodni faktori koji mogu uzrokovati stres kopnene vegetacije su: visoke temperature (toplotni stres); niske temperature (hlađenje i smrzavanje); nedostatak vode u tlu (suša); nedostatak kisika u tlu (uzrokovane stagnirajućom vodom, poplavom, zbijenim tlom i dr.); povišeni salinitet tla (zaslanjenost); mehaničke ozljede (uzrokovane jakim vjetrovima, tučom i dr.), visok intenzitet svjetla (stres radijacije), biotski stresovi poput bakterijskih, gljivičnih i virusnih bolesti te napadi kukaca i kompeticije s korovnim vrstama (Lichtenthaler, 1998; Vukadinović i sur., 2014). Antropogeni utjecaji odnosno utjecaji uzrokovani ljudskom aktivnošću kao što su primjena pesticida, onečišćenje zraka, kisele kiše, akumulacija metala, klimatske promjene, raspoloživost biljnih hranjiva u tlu također mogu biti pokretači vegetacijskog stresa (Lichtenthaler, 1998).

Geografski promatrano Mediteran obuhvaća područje triju kontinenata (Europe, Azije i Afrike) čije su obale smještene na Sredozemnom moru. Danas, dvadeset i jedna (21) država ima površinom veću ili manju obalu u spomenutoj regiji. Osim Republike Hrvatske to su: Albanija, Bosna i Hercegovina, Cipar, Crna Gora, Francuska, Grčka, Italija, Malta, Monako, Slovenija i Španjolska koje se skupno još nazivaju i sjeverne zemlje mediterana (SZM), te Alžir, Egipat, Izrael, Libanon, Libija, Maroko, Sirija, Tunis, Turska tzv. južne i istočne zemlje Mediterana (JIZM) (*slika 1*).

Žitarice, povrće i agrumi čine više od 85 % ukupne poljoprivredne proizvodnje na Mediteranu (UNEP/MAP/BP/RAC, 2009). Kako je vidljivo na *slici 2a* u razdoblju od 1961. godine do 2007. godine zabilježen je porast proizvodnje žitarica u sjevernim zemljama Mediterana (SZM) u odnosu na južne i istočne zemlje Mediterana (JIZM), dok je u pogledu proizvodnje povrća i citrusa zabilježen porast u JIZM (*slika 2b i 2c*). Dvije poljoprivredne grane koje su također značajno zastupljene na Mediteranu su maslinarstvo i vinogradarstvo (UNEP/MAP, 2012, prema Leff i sur., 2004).



Slika 1. Mediteran – zemljopisni položaj (Izvor: GoogleMaps, 2018)



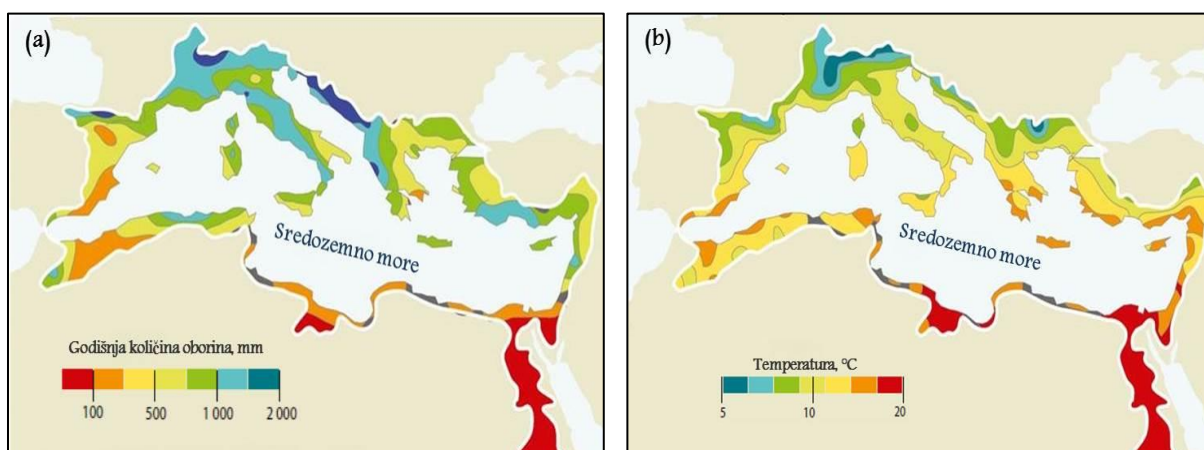
Slika 2. Proizvodnja zitarica (a), povrća (b) i agruma (c) na Mediteranu u razdoblju od 1961.-2007. Izvor: Prilagođeno iz UNEP/MAP/BP/RAC, 2009.

Od navedenih prirodnih faktora koji bi mogli uzrokovati vegetacijski stres na Mediteranu svakako treba izdvojiti ekstremne temperature zraka i tla, nedostatak vode u tlu, ali i visok salinitet (TABLICA 1).

TABLICA 1. Stresni uvjeti u biljnoj proizvodnji mediteranske Hrvatske (Butorac, 1999; Griffiths, 1994; Machado i Serralheiro, 2017; Moriondo i Bindi, 2008)

Ekološki čimbenik	Učinci stresnih uvjeta na biljku	Osjetljive kulture	Mjere zaštite
Visoke temperature	Gubitak vode, smanjenje turgora, desikacija protoplazme, koagulacija proteina, sterilnost polena, prisilna zrioba, opeklina koleoptile mlade biljke, nepovoljan omjer šećer/kiselina	Durum pšenica, kukuruz suncokret Vinova loza Citrusi	<u>Neizravne</u> : optimizacija datuma sjetve, izbor kultivara koji rano sazrijevaju, izbor rezistentnijih vrsta <u>Izravne</u> : pokrivanje usjeva, prskanje vodom
Niske temperature Radijacijski/advekcijski mraz	Desikacija protoplazme, koagulacija citoplazmatskih proteina, povećanje koncentracije staničnog soka, mehaničko oštećenje biljke, taloženje citoplazmatskih proteina, zimske opeklina listova i pupova	Termofilne ratarske kulture Smokva, maslina, breskva, citrusi Krumpir, rajčica, dinja – osjetljive do zriobe Jagode	<u>Pasivne</u> : izbor položaja, termin sjetve, izbor pogodnih kultura, adekvatna gnojidba, podizanje barijera i živih ograda <u>Aktivne</u> : zagrijavanje, prskanje vodom, miješanje zraka, protuzračenje, pokrivanje
Nedostatak vode/suša	Fiziološka suša, ekološka suša, smanjene nakupljanja suhe tvari, gubitak turgescencije, venuće	Ratarske kulture Povrtne kulture Maslina	Uzgoj biljaka tolerantnih na deficit vode, primjena antitranspiranata i reflektanata za smanjenje evapotranspiracije, introdukcija novih vrsta
Visok salinitet tla	Inhibicija fotosinteze i primanja hranjiva, efekt „suše“, smanjenje rasta, povećanje osmotskog tlaka	Većina povrtnih kultura: grah, luk, špinat, brokula, salata, grašak, krumpir, rajčica patlidžan, dinja Jagode	Pravilno gospodarenje vodom za navodnjavanje, primjena gipsa, fertirigacija (gnojiva bez klorida, dodatak nitratne i sulfatne kiseline), dodatak nitrata, kalcija, kalija, fosfora i salicilne kiseline u folijarnoj gnojidbi, primjena biofertilizatora
Jaki vjetrovi	Polijeganje i istezanje korijena, posolica, defolijacija biljaka zbog plazmolitskog djelovanja soli, abrazija česticama pijeska na pupovima i kori, eolska erozija, povećavanje evapotranspiracije	Ratarske kulture Voćke Vinova loza	Podizanje vjetrozaštitnih pojaseva, navodnjavanje, konzervacijska obrada tla

Ovo podneblje karakteriziraju suha ljeta i kišovite zime. Godišnja količina oborina varira od 100 mm do 2000 mm (slika 3a), a količina oborina od 1500-2000 mm kao i srednja godišnja temperatura zraka niža od 5°C zabilježena je u alpskom planinskom pojasu (slika 3a,b). Stanje atmosfere u navedenom pojasu koji graniči sa dijelom mediterana u Hrvatskoj utječe na vremenske prilike od Istarskog poluotoka do Albanije (UNEP/MAP/MED/POL, 2003), odnosno utječe da se na obalnom području ovih država godišnje bilježi najveća količina oborina na Mediteranu. Bez obzira na navedeno, osim ukupne količine oborina bitan je i njihov intenzitet i vrsta, kao i pravilna sezonska raspodjela koja, ako izostane, može nepovoljno djelovati na uvjete u tlu. Na strmom terenu kiša velikog intenziteta ili dugog trajanja može uzrokovati plošnu, brazdastu, ali i bujičnu eroziju. Prema Racz (1990) središnji i obalni dijelovi Istre su podložni značajnim ekološkim štetama putem erozije tla vodom. Vrijednosti od 100-200 t ha⁻¹ godišnjeg gubitka tla odlika su velike erodibilnosti tala razvijenih na flišu (npr. Regosoli, Rendzine, itd.). Ovdje napominjemo da su Husnjak i sur. (2011) korištenjem GIS-a naznačili značajan potencijal erodibilnosti poljoprivrednih tala na 46 % svih površina. Sustavnog istraživanja razine ekoloških šteta od erozije tla vodom nema u Hrvatskoj, međutim zasigurno su izražene i valja ih proučavati.



Slika 3. Godišnja količina oborina (a) i srednje godišnje temperature zraka (b) na Mediteranu
Izvor: Prilagođeno iz UNEP/MAP, 2012.

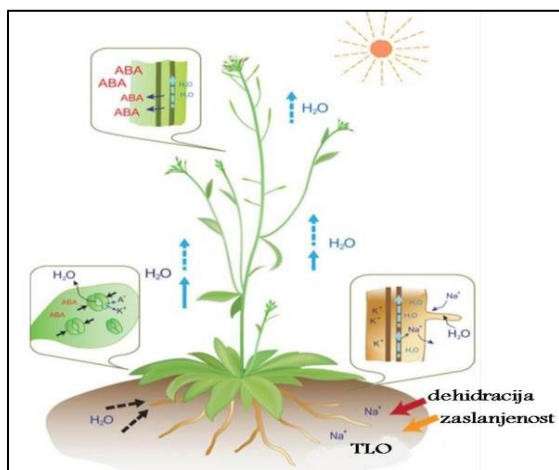
Dugotrajna magla u doba vegetacije, te tuča kao vrsta oborine također izazivaju izravne i neizravne štete u biljnoj proizvodnji. Jutarnja magla može oštetiti usjeve i utjecati na prinose. Temperaturne inverzije uslijed maglovitih dana na pojedinim mikroklimatima gdje postoje lebdeće čestice (prašina, polen biljaka) i visoka vlaga koja je najveća u visini usjeva potiču razvoj bolesti i štetnika. Jedan od načina zaštite je promjena mikroklimatskih

uvjeta, a kao primjer navodimo navodnjavanje u važnim fiziološkim stadijima poput cvatnje i oplodnje kada su biljke osjetljive na bilo koju vrstu stresa. Dodatak vode navodnjavanjem djeluje povoljno na održavanje temperature biljaka u odnosu na temperaturu u okolišu.

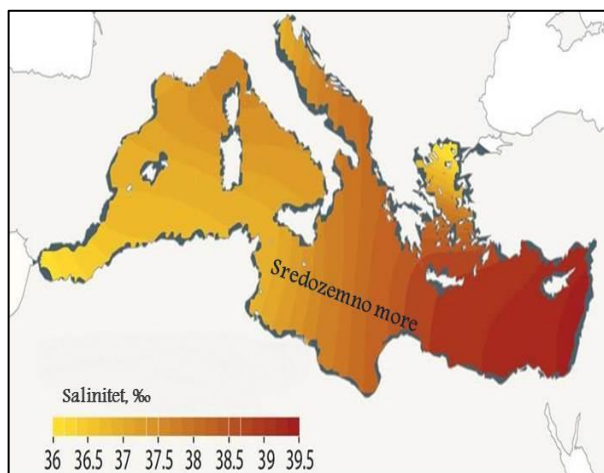
Nedostatak vode u tlu uz visoke temperature zraka u ključnim mjesecima razvoja pojedine kulture rezultirat će poremećajem metabolizma biljke odnosno utjecat će na njezin razvoj. Najštetniji utjecaj visokih temperatura je zbog golemog povećanja isparavanja vode. Biljke ubrzavaju disanje i dozrijevanje što naposljetku dovodi do prisilne zriobe. Toplinski stres uzrokuje poremećaje u asimilaciji ugljika, dok su biljke u vrijeme suše češće izvrgnute ljetnome toplinskom udaru ili proljetnim i jesenskim štetama od mraza i hladnoće.

Uzimajući u obzir činjenicu da su biljke vezane za svoje stanište (tlo) i da ne mogu pobjeći od mnogih izvora vegetacijskog stresa one su razvile sposobnost prilagodbe uvjetima stresa. Ovdje kao primjer navodimo razvijanje dlačica na površini listova, zadebljalu kutikula, uvijanje listova te prilagođeno otvaranje puči (Griffiths, 1994). Zato je pri odabiru primjerice ratarskih kultura vrlo važno izabrati one kulture koje se imaju odlike tolerantnosti na nedostatak vode u tlu (sušu) odnosno one koje posjeduju mehanizme: (a) izbjegavanja suše, (b) smanjenja dehidracije i (c) tolerantnosti na dehidraciju (Kereša i sur., 2008). Kako je prikazano na slici 4 apscizinska kiselina (ABA) je kemijski signal koji se sintetizira u korijenu kao reakcija na nedostatak vode u tlu. Taj hormon putuje ksilemom do lista i potiče zatvaranje puči čime se smanjuje gubitak vode transpiracijom i povećava usvajanje vode korijenom. Jasno, osjetljivost jednogodišnjih biljaka na sušu nije jednaka tijekom životnog razdoblja biljke. Potrebe biljaka za vodom mijenjaju se u pojedinim stadijima razvitka. U početku vegetacije su najmanje, zatim se povećavaju tijekom vegetacijske sezone, a najveće su u stadiju intenzivnog rasta (Bašić i Herceg, 2010). Kod višegodišnjih kultura treba dodati da je primjerice maslina kultura koja najbrže aktivira spomenuti mehanizam (ABA) i najdulje ga zadržava (Torres-Ruiz i sur., 2015). Uz navedeni mehanizam, maslina je kserofit pa dobro podnosi sušu, ali i heliofit, što su dodatni razlozi zašto su masline tako rasprostranjene na Mediteranu. Za uzgoj agruma, uz relativnu tolerantnost na visoke temperature, ipak je potrebna stalna povoljna vlažnost tla zbog velikih gubitaka vode evapotranspiracijom, a ne smije se ni zanemariti njihova dokazana osjetljivost na povećane količine soli u tlu (Al-Yassin, 2005). Nadalje, uzimajući u obzir klimatske prilike svake mikrolokacije, treba uvažiti otpornost

agruma na niske temperature. Prema tolerantnosti na niske temperature zimi, agrumi se navode u sljedećem nizu: mandarina > naranča > limun (Miljković, 1991).



Slika 4. Mehanizam primanja, transporta i izlučivanja vode kod biljaka, te utjecaj apscizinske kiseline (ABA) na pritvaranje puči u uvjetima stresa nedostatka vode u tlu i povišenog saliniteta tla
Izvor: Prilagođeno iz **Osakabe i sur. (2014)**



Slika 5. Varijabilnost saliniteta mora na Mediteranu
Izvor: Prilagođeno iz **UNEP/MAP (2012)**.

Zaslanjenost tla još je jedan okolišni čimbenik koji česno stresno djeluje na vegetaciju Mediterana. Morska sol do tla može dospjeti vjetrom koji morskou vodu u obliku mnoštva sitnih kapljica (morski dim) transportira na obalu zbog čega se na tlu i raslinju javlja posolica (Penzar i Penzar, 2000). Posolica je sloj soli nastao isparavanjem morskih kapljica. Tako su Vrbeč (2005) i Škoda (2017) izvijestili o utjecaju posolice odnosno bure na povećanu vrijednost električne vodljivosti tla kao i izmijenjeni ionski sastav tla osobito u pogledu povećanog sadržaja natrija i klora u tlima otoka Korčule i Paga. Do zaslanjenosti tla može doći i ako se za navodnjavanje koristi voda koja sadrži veće količine soli te intruzijom mora u kopno. Kapilarnim podizanjem zaslanjena podzemna voda može dospjeti do površinskoga sloja tla. Utjecaj zaslanjenosti je izražen na jadranskim otocima, na području Južne Istre, Ravnih Kotara i doline Neretve (NN 56/13). Uzevši u obzir da se utvrđivanjem električne vodljivosti (EC) tla može procijeniti prisutnost slobodnih iona točnije prisutnost topljivih soli u tlu, Bogunović i sur. (2017) ističu izrazitu prostornu varijabilnost EC tla (CV=114,4 %) u dolini rijeke Raše čija srednja vrijednost za spomenuto područje iznosi 5,86 dS m⁻¹ što ukazuje na zaslanjenost tla. Međutim, pojedina poljoprivredna područja u dolini Raše bilježe vrijednosti elektrovodljivosti tla i do razine visoke zaslanjenosti (39,9 dS m⁻¹). Romić i sur. (2012) navode i

područje doline rijeke Neretve kao još jedno područje u mediteranskom dijelu Hrvatske u kojem je izražena zaslanjenost tla (povišen sadržaj iona natrija i klora). Pojašnjavaju da je akumulacija soli u površinskom sloju tla dijelom i rezultat različite teksture tla u samom profilu koja utječe na kapilarno podizanje zaslanjene vode. Salinitet mora na Mediteranu kreće se u rasponu od 36,0 ‰ do 39,5 ‰, a samog Jadranskog mora 36,0 ‰ do 38,5 ‰ (slika 5). Nedostatak vode u tlu i povišen sadržaj soli u tlu u prvom redu utječu na proces fotosinteze kao i na rast biljnih stanica (Chaves i sur., 2009). U izboru kultura na ovom podneblju svakako treba obratiti pozornost na činjenicu da su pojedine biljke sposobne spriječiti usvajanje soli kao i sniziti njenu koncentraciju u citoplazmi čime se mogu izbjeći toksični učinci na fotosintezu i druge ključne metaboličke procese. U ratarskoj proizvodnji ječam je najtolerantnija kultura na zaslanjene uvijete u tlu u odnosu na primjerice pšenicu i kukuruz (Maas i Hoffman, 1977). Promatrajući TABLICU 2 uočava se da je šparoga od navedenih povrtnih kultura najtolerantnija na prisutnost soli u tlu, dok maslina, smokva, nar i ananas među voćem razmjerno dobro podnose zaslanjenost tla.

TABLICA 2. Raspodjela kultura prema razini tolerancije na sol

Razina tolerantnosti pojedine kulture na sol			
Tolerantna (12 dS m ⁻¹)	Umjereno tolerantna (8 dS m ⁻¹)	Umjereno osjetljiva (4 dS m ⁻¹)	Osjetljiva (2 dS m ⁻¹)
Ječam	Suncokret	Kukuruz	Grah
Raž	Soja	Brokula	Mrkva
Pšenoraž	Pšenica	Kupus	Luk
Šparoga	Artičoka	Celer	Jagoda
Rosulja trava	Maslina	Krastavac	Jabuka
Prstasti troskot	Smokva	Kelj	Marellica
Bugenvilija	Nar	Salata	Kupina
Kanola	Ananas	Krumpir	Trešnja
Pamuk	Cedar	Špinat	Višnja
Datulja	Mletački grah	Rajčica	Limun
Kenaf	Vlasulja	Lubenica	Naranča
Natal šljiva	Hortenzija	Grožđe	Breskva
Crveni hrast	Borovica	Lucerna	Šljiva
Oleandar	Sudanska trava	Kikiriki	Grejpfrut
Maslina	Zob	Bob	Limeta
Ružmarin	Kalina	Cvjetača	Badem
Šećerna repa	Soja (tolerantni varijeteti)	Djetelina	Kruška
Tamaris	Sirak	Grašak	Malina

Izvor: prilagođeno iz Brady i Weil (2010) i USDA-ARS (2005)

Izbor podloge u voćarskoj i vinogradarskoj proizvodnji od ključne je važnosti u smanjenju stresnog utjecaja soli ali i drugih stresnih čimbenika poput nedostatka vode, visoke vlage tla i dr. Potrebno je izabrati podloge koje imaju sposobnost zadržavanja Na⁺ i Cl⁻ iona u tlu odnosno sposobnost sprečavanja daljnjeg transporta navedenih iona u nadzemne organe biljke (TABLICA 3). Treba nadodati da plemenita loza, uzgojena na vlastitom korijenju, najbolje podnosi zaslanjenost tla (Kirigjija, 2008). Svakako ne treba zanemariti niti ulogu oplemenjivačkih dostignuća koja imaju značajan doprinos u prevladavanju vegetacijskog stresa i ostvarivanju zadovoljavajućih prinosa i kvalitete proizvoda.

TABLICA 3. Pregled podloga u vinogradarskoj i voćarskoj proizvodnji ovisno o otpornosti na pojedine stresne uvjete

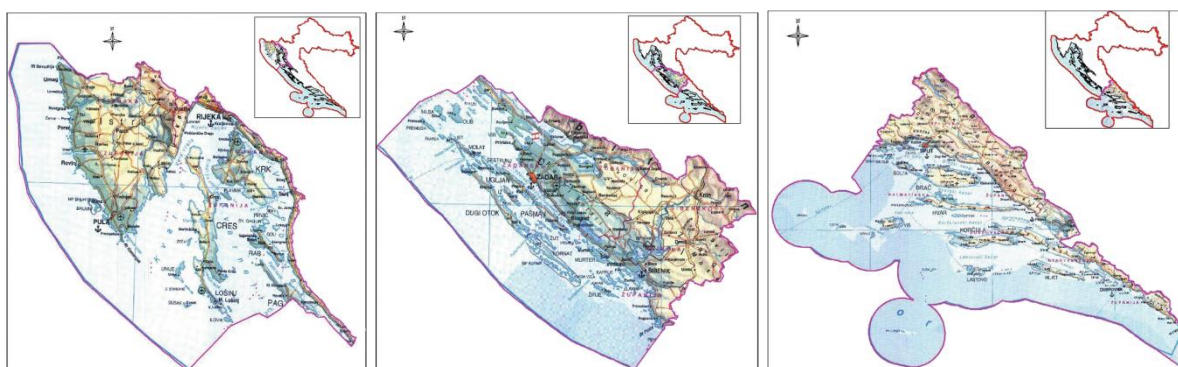
Podloge vinove loze			
Otpornost na sušu	Otpornost na zaslanjenost tla		Otpornost na vlagu u tlu
Richter 110	1103P		Riparia
Ruggeri 140	3309C		Fercal
Paulsen 1103	Ramsey		Schwartzmann
			SO4
			5BB
			333EM
			3306
			225 R
			1616
Podloge voćaka - citrusi			
Podloga	Otpornost na sušu	Otpornost na zaslanjenost tla	Otpornost na vlagu u tlu
Troyer / Carrizo citrage	Srednja	Osjetljiva	Srednja
Cleopatra mandarin	Tolerantna	Tolerantna	Osjetljiva
Swingle citrumelo	Tolerantna	Srednja	Tolerantna
Gorka naranča	Srednja	Srednja	Srednja
Trifoliata	Osjetljiva	Osjetljiva	Tolerantna
C35	Tolerantna	Srednja	Srednja

Izvori: Kirigjija (2008), Walker i sur. (2002), Mirošević i Karoglan Kontić (2004), Lee i sur. (2009)

1.2. KLIMATSKI UVJETI MEDITERANSKE HRVATSKE

Na području Hrvatske miješaju se tri bitno različita utjecaja podloge na atmosferu: utjecaj mora, utjecaj europskog kopna i utjecaj planinskih masiva Alpa i Dinarida, a donekle i Karpata. Prema Köppenovoj klasifikaciji (Köppen, 1936), najveći dio Hrvatske ima umjereno toplu kišnu klimu C, sa srednjom temperaturom najhladnijeg mjeseca u godini između -3 i 18°C. Penzar i Penzar (2000) navode podjelu klime Hrvatske prema godišnjem hodu

temperature i količine oborine na klimu bukve *Cfb* koju nalazimo u unutrašnjosti, klimu masline *Csa* na otocima južnije od Lošinja i na uskom obalnom području južnije od Nina, te klimu kamelije *Cfa* koja se proteže između tih dviju klima. Budući da je teritorij Hrvatske vrlo reljefno heterogen, vegetacijski pokrov, pedološka svojstva i klimatski uvjeti prostorno se vrlo razlikuju. Kao posljedica tih prirodnih razlika, **Bašić (2013)** opisuje tri poljoprivredne regije: Panonska regija, Planinska regija i Jadranska regija.



Slika 6. Sjeverna Jadranska podregija (J1); središnja Jadranska podregija (J2); južna Jadranska podregija (J3) (s lijeva na desno). Izvor: **Bašić, 2013**.

Jadranska poljoprivredna regija zauzima 29,6 % ukupnog teritorija Hrvatske (slika 6). Poljoprivredne površine uglavnom se nalaze na umjerenijim reljefnim oblicima i depresijama, odnosno uz riječne doline, visoravni i krška polja. Prema **Bašiću (2013)**, tipovi tala koji prevladavaju u ovoj regiji obuhvaćaju evolucijsku seriju tala na vapnencu, tlo na terasama fliša, kao i antropogena tla staklenika i plastenika, a na povišenijim reljefnim pozicijama i kamenjar. U dolini Neretve i krškim poljima nalazimo veliko područje pod hidromorfnim tlima.

U mediteranskom dijelu Hrvatske more je najvažniji čimbenik koji utječe na klimu koju karakteriziraju vruća i suha ljeta te umjerene kišne zime. Voda iz zimskih oborina, u umjerenj kontinentalnoj klimi uskladištena u tlu opskrbljuje biljku vodom tijekom proljetnih i ljetnih mjeseci. Međutim, u tlima mediteranske klime rezerve vode u tlu često nisu dovoljne da zadovolje zahtjeve biljaka, čineći navodnjavanje nužnim zahvatom za uspješnu biljnu proizvodnju. Ova regija nalazi se veći dio godine u cirkulacijskom području umjerenih širina, s čestim i intenzivnim promjenama vremena. Ljeti, naprotiv, pod utjecajem azorske anticiklone

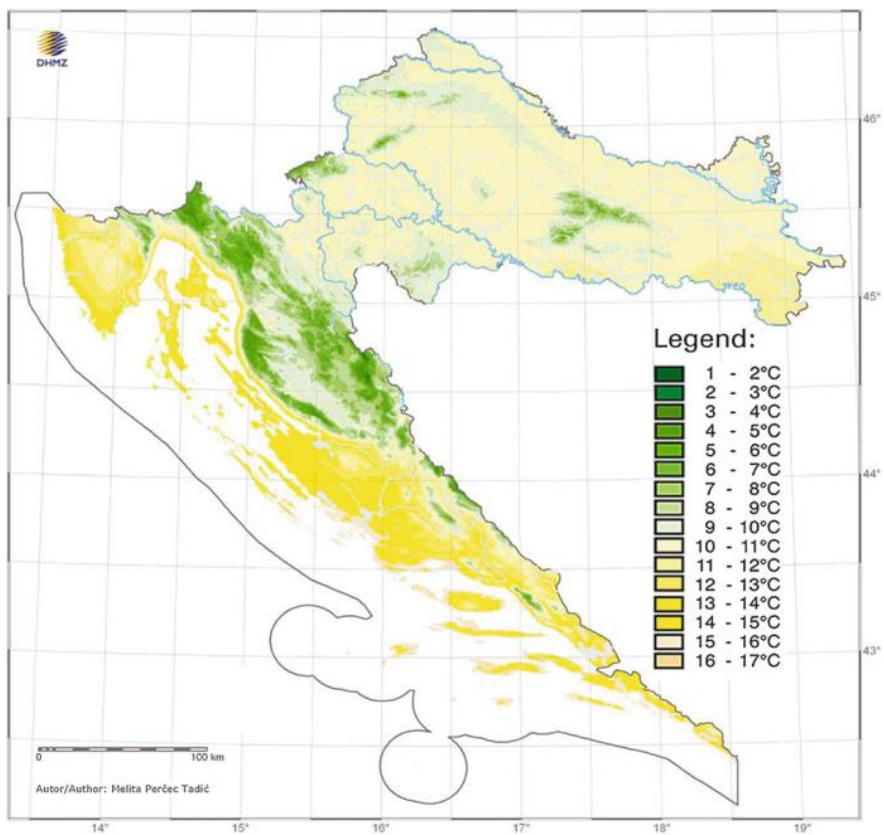
koja sprečava prodore hladnog zraka na Jadran, to područje dolazi pod utjecaj subtropskog pojasa (Zaninović i sur., 2008).

Od sjeverozapada prema jugoistoku pravilno raste srednja godišnja temperatura, povećava se i količina oborina (slika 7 i 8). Obala Istre ima srednju godišnju temperaturu zraka oko 13°C, a njezine se vrijednosti smanjuju prema unutrašnjosti. Na sjevernom i srednjem Jadranu, srednja godišnja temperatura zraka kreće se između 14°C i 15°C, a prema jugu te na otocima srednjeg i južnog Jadrana do 17°C. Na otocima i obali srednje i sjeverne Dalmacije te na zapadnoj obali Istre padne oko 800 do 900 mm oborine godišnje. Što se više približavamo obali, povećava se količina oborine, posebno uz obronke planina zbog prisilnog dizanja zračnih masa (Zaninović i sur., 2008). Klima pogoduje uzgoju mediteranskih kultura, premda se i kontinentalne kulture mogu razvijati cijele godine, budući da se temperatura zraka prosječno ne spušta ispod njihove granice aktivne vegetacije (6°C). Utjecaj toplog mora širi se riječnim dolinama u unutrašnjost, i to najviše na južnom dijelu obale (Penzar i Penzar, 2000). Iz srednjeg godišnjeg hoda temperature zraka za tri meteorološke postaje koje predstavljaju svaka jednu od tri jadranske poljoprivredne podregije, određeni su datumi kad temperatura u prosjeku prelazi temperaturni prag od 10°C – period aktivnog rasta biljaka (TABLICA 4). Aktivna vegetacija u sjevernoj jadranskoj podregiji na primjeru meteorološke stanice Pula započinje krajem ožujka, a završava sredinom studenog. Idući prema jugu obalnog dijela Hrvatske, trajanje vegetacijskog razdoblja kultura se produljuje, na način da razdoblje u godini s temperaturom zraka iznad 10°C za postaju Split traje 41 dan dulje nego u Puli.

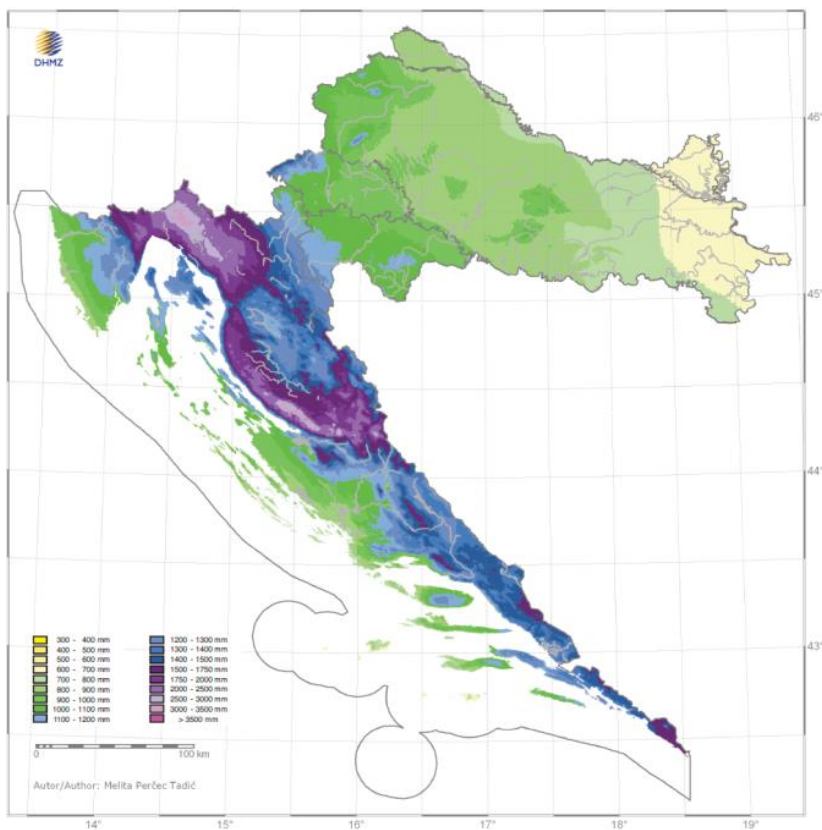
Važan čimbenik klime jadranske regije jesu vjetrovi koji su cijele godine redoviti, a imaju veliku snagu i učestalost (slika 9). Jugo i bura uzrokuju jake erozije tla vjetrom ako tlo nije zaštićeno (Bašić, 2013). Posolica koja nastaje pod utjecajem bure ima štetan utjecaj na vegetaciju, a izloženi su joj otoci podno Velebita.

TABLICA 4. Temperaturni pragovi temperature zraka od 10°C, 1961.-1990.

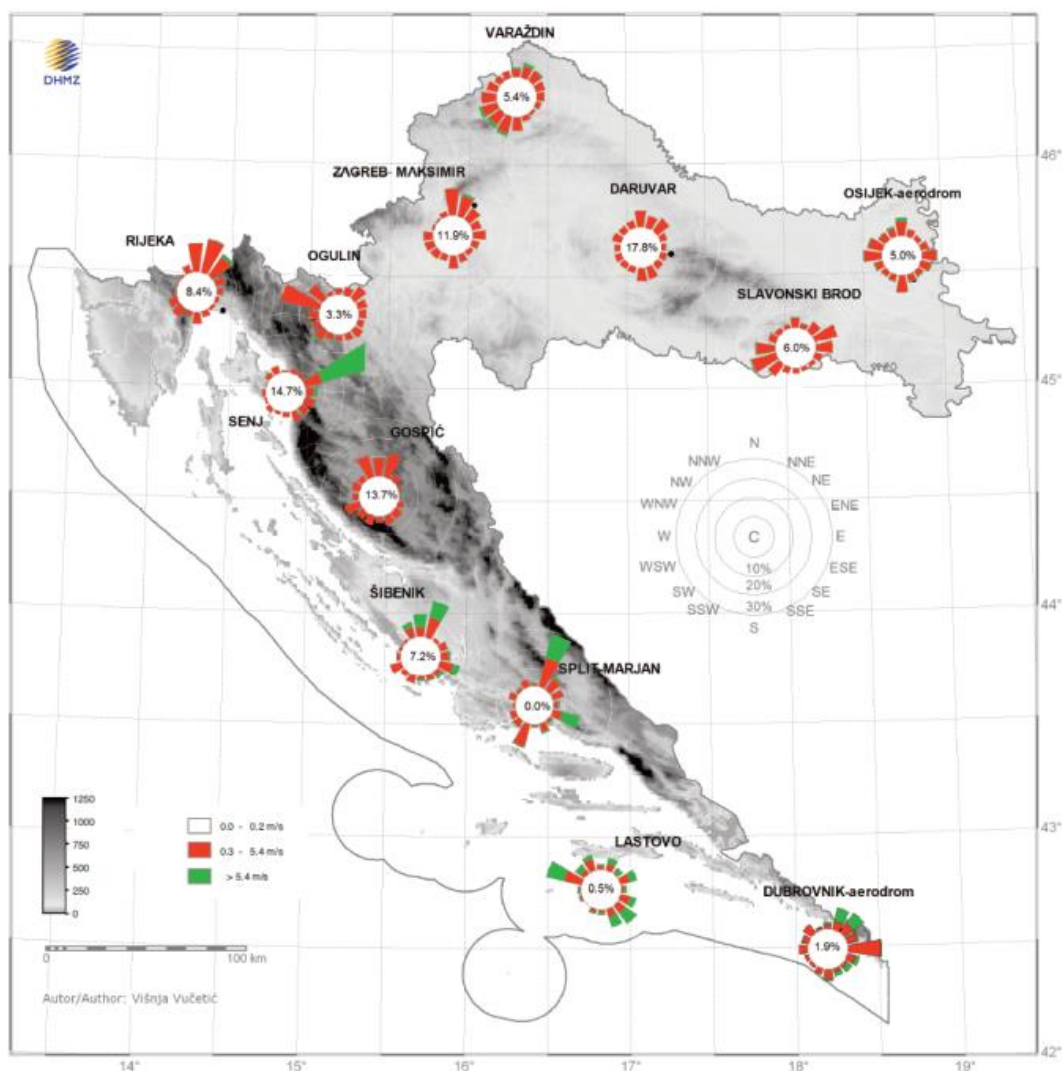
Jadranska poljoprivredna regija		Vegetacijsko razdoblje		
		t > 10°C		
		Početak	Završetak	Trajanje/dani
Sjeverna jadranska podregija	Pula	29.03.	14.11.	230
Središnja jadranska podregija	Zadar	20.03.	28.11.	253
Južna jadranska podregija	Split	09.03.	05.12.	271



Slika 7. Srednja godišnja temperatura zraka u °C u Hrvatskoj
(Izvor: Zanimović i sur., 2008)



Slika 8. Srednja godišnja količina oborine u Hrvatskoj
(Izvor: Zanimović i sur., 2008)



Slika 9. Godišnja ruža vjetrova u Hrvatskoj (Izvor: Zaninović i sur., 2008)

Prikaz klime za sjevernu, središnju i južnu jadransku podregiju temelji se na prosječnim vrijednostima klimatskih čimbenika za meteorološku postaju Pula, Zadar i Split Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ), za referentno razdoblje 1961.-1990. godina (TABLICA 5, slike 10-15). Prosječna godišnja količina oborine za sjevernu podregiju iznosi 852,4 mm, središnju 916,3 mm, a južnu 825,3 mm. U sjevernoj podregiji primarni maksimum zabilježen je u studenom, a sekundarni se javlja u kolovozu. Izraziti ljetni minimum oborine pojavljuje se u srpnju. Ovakvi trendovi zabilježeni su i u središnjoj i južnoj podregiji, gdje je najmanje oborine prosječno palo u srpnju, dok je maksimum zabilježen u studenom.

Srednja godišnja temperatura zraka raste prema jugu i redom na sjevernoj, središnjoj i južnoj podregiji iznosi 13,7°C, 14,7°C i 15,9°C što ukazuje na područje umjereno tople klime.

Godišnji ili mjesečni kišni faktor predstavlja odnos između količine oborine i srednje godišnje odnosno mjesečne temperature zraka. Prosječna vrijednost Langovog kišnog faktora - godišnji (Butorac, 1988) na sjevernoj, središnjoj i južnoj podregiji ukazuje na semiaridnu klimu ovog područja, iako se vrrijednosti blago smanjuju prema jugu. Blage razlike između regija zamijećene su prema Gračaninovu mjesečnom kišnom faktoru (Butorac, 1988).

Jedino perhumidno obilježje bilježimo na sjevernoj jadranskoj podregiji tijekom siječnja. Osim ovoga izuzetka humidni karakter u sve tri podregije traje do (uključujući) ožujka, te tijekom studenog i prosinca. U središnjoj jadranskoj podregiji, humidni karakter bilježi još i listopad, dok je u sjevernoj podregiji listopad semihumidan, a u južnoj semiaridan. Lipanj bilježi aridan karakter, a u ostalim mjesecima se zamijećuje smanjenje humidnosti i obilježja pojedinih mjeseci s pomicanjem na jug. Pa je tako smanjenje oznake humidnosti kretanjem prema jugu zabilježeno u travnju, svibnju, srpnju, kolovozu i rujnu. Ovi mjeseci su zabilježili većinom semiaridni i aridni karakter.

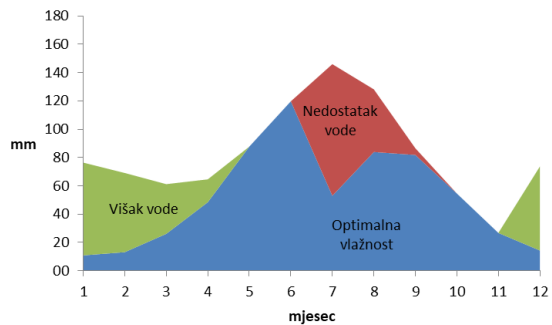
Evapotranspiracija je vrlo važan proces vodnog režima tla. Predstavlja količinu vode koja se gubi iz određene površine tla u određenom vremenu procesima evaporacije i transpiracije. Biljke mogu ostvariti maksimalnu potrošnju vode samo u optimalnim uvjetima opskrbljenosti tla vodom. Ti uvjeti predstavljaju potencijalnu evapotranspiraciju (PET), dok u uvjetima nedostatka vode, stvarno utrošena količina vode u tlu je manja od potencijalne i predstavlja stvarnu evapotranspiraciju (SET).

Bilanciranje vode u tlu provedeno je prema metodi Thornthwaitea, a određene su potencijalna i stvarna evapotranspiracija, te manjak i višak vode (TABLICA 5, slike 10, 12, 14). Prema prosječnim vrijednostima za razdoblje 1961.-1990. stvarna evapotranspiracija iznosi 620,3 mm (sjeverna), 595,4 mm (središnja), odnosno 564,9 mm godišnje, a manjak vode pojavljuje se dominantno u ljetnim mjesecima. Višak vode javlja se najvećim dijelom tijekom kasne jeseni i zimskih mjeseci te početkom proljeća. Slični trendovi vizualno su uočljivi i na klimadijagramu prema Walteru (slike 11, 13, 15).

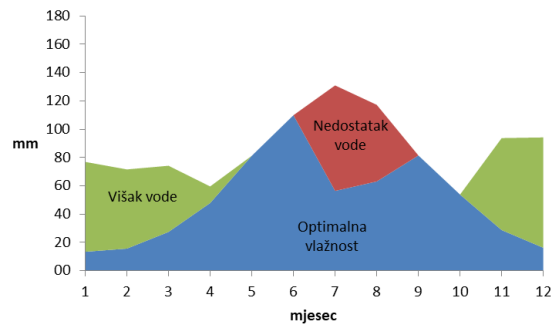
TABLICA 5. Klimatski čimbenici u višegodišnjem razdoblju i bilanca vode u tlu prema metodi Thornthwaitea, Pula, Zadar, Split, 1961.-1990.

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma
Pula													
oborina (mm)	76,4	69,1	61,2	64,6	59,0	60,1	41,3	83,9	81,8	73,9	101,2	79,9	852,4
temperatura (°C)	5,3	6,0	8,3	11,9	16,6	20,4	23,3	22,5	18,9	14,6	10,0	6,7	13,7
Kišni faktor (oznaka klime)	14,4 (ph)	11,5 (h)	7,4 (h)	5,4 (sh)	3,6 (sa)	2,9 (a)	1,8 (a)	3,7 (sa)	4,3 (sa)	5,1 (sh)	10,1 (h)	11,9 (h)	62,2 (sa)
*pet. kor. (mm)	10,9	13,2	26,1	48,4	87,7	119,7	146,0	128,2	86,5	54,6	26,7	14,3	762,2
R (mm)	100,0	100,0	100,0	100,0	71,3	11,7	0,0	0,0	0,0	19,3	93,8	100,0	696,1
SET (mm)	10,9	13,2	26,1	48,4	87,7	119,7	53,0	83,9	81,8	54,6	26,7	14,3	620,3
M (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,0	44,3	4,7	0,0	0,0	0,0	141,9
V (mm)	65,5	55,9	35,1	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,4	232,1
Zadar													
oborina (mm)	76,9	71,6	74,2	59,6	60,8	51,9	34,9	63,1	97,8	112,7	118,5	94,2	916,3
temperatura (°C)	6,7	7,4	9,4	12,9	17,2	21	23,6	23,1	19,8	15,8	11,5	8	14,7
Kišni faktor (oznaka klime)	11,5 (h)	9,7 (h)	7,9 (h)	4,6 (sa)	3,5 (sa)	2,5 (a)	1,5 (pa)	2,7 (a)	4,9 (sa)	7,1 (h)	10,3 (h)	11,8 (h)	62,3 (sa)
*pet. kor. (mm)	13,4	15,7	27,5	47,9	81,3	109,9	130,9	117,2	81,4	53,8	28,8	16,2	724,0
R (mm)	100,0	100,0	100,0	100,0	79,5	21,5	0,0	0,0	16,4	75,2	100,0	100,0	792,6
SET (mm)	13,4	15,7	27,5	47,9	81,3	109,9	56,4	63,1	81,4	53,8	28,8	16,2	595,4
M (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	74,5	54,1	0,0	0,0	0,0	0,0	129,0
V (mm)	63,5	55,9	46,7	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,0	78,0	320,8
Split													
oborina (mm)	82,8	68,5	75,3	65,5	56,6	50,8	28,3	50,2	60,6	78,7	108,4	99,6	825,3
temperatura (°C)	7,6	8,2	10,5	13,9	18,7	22,5	25,4	24,9	21,4	16,9	12,3	8,9	15,9
Kišni faktor (oznaka klime)	10,9 (h)	8,4 (h)	7,2 (h)	4,7 (sa)	3,0 (a)	2,3 (a)	1,1 (pa)	2,0 (a)	2,8 (a)	4,7 (sa)	8,8 (h)	11,2 (h)	51,9 (sa)
*pet. kor. (mm)	13,8	15,7	29,4	51,6	95,0	131,3	161,9	145,7	98,1	60,5	30,4	16,9	850,4
R (mm)	100,0	100,0	100,0	100,0	61,6	0,0	0,0	0,0	0,0	18,2	96,1	100,0	675,9
SET (mm)	13,8	15,7	29,4	51,6	95,0	112,4	28,3	50,2	60,6	60,5	30,4	16,9	564,9
M (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	133,6	95,5	37,5	0,0	0,0	0,0	285,5
V (mm)	69,0	52,8	45,9	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	78,9	260,4

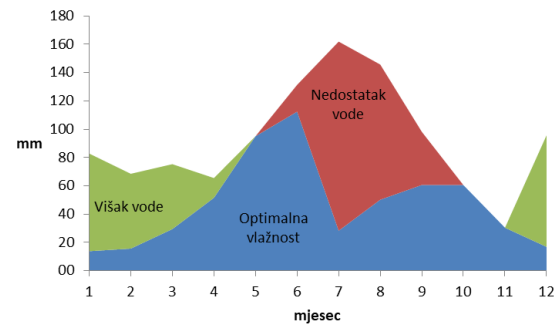
*Oznake: pet.kor. = Potencijalna evapotranspiracija - količina vode koja bi se evapotranspiracijom izgubila iz tla ako bi u njemu bilo dovoljno vode.; R = Rezerva vode u tlu; SET = Stvarna evapotranspiracija - količina vode koja se stvarno izgubi iz tla evaporacijom i transpiracijom zajedno; M = Manjak vode u tlu i V = Višak vode u tlu



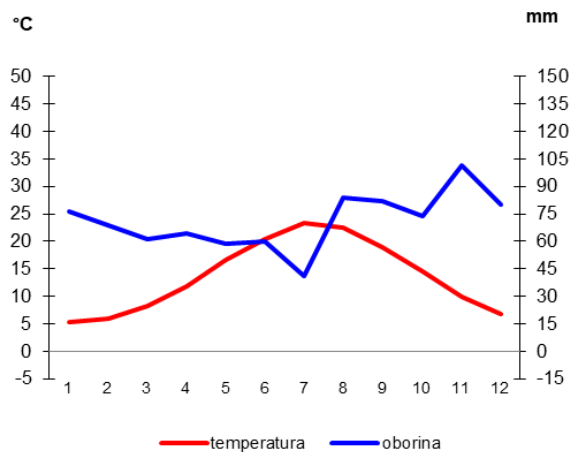
Slika 10. Bilanca vode u tlu prema metodi Thornthwaitea, Pula, 1961.-1990.



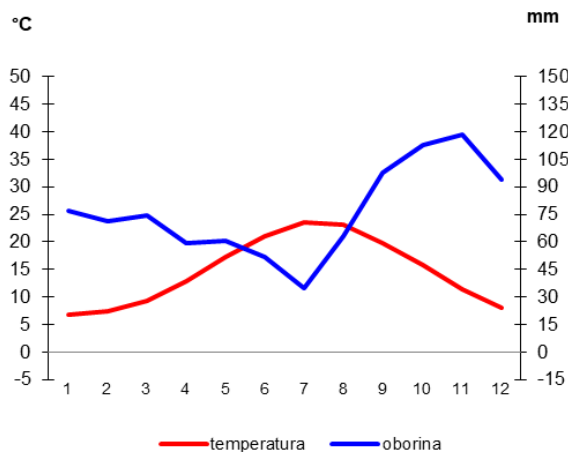
Slika 12. Bilanca vode u tlu prema metodi Thornthwaitea, Zadar, 1961.-1990.



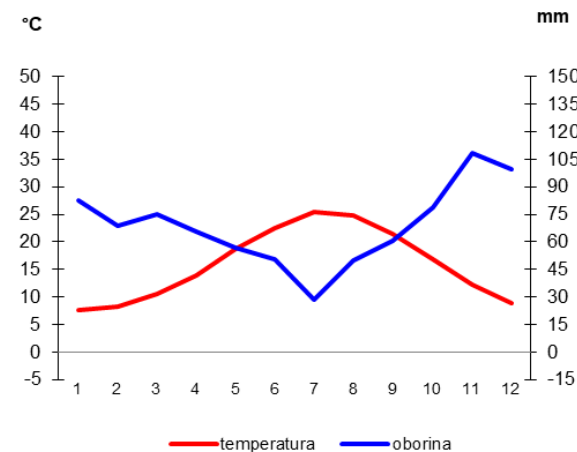
Slika 14. Bilanca vode u tlu prema metodi Thornthwaitea, Split, 1961.-1990.



Slika 11. Klimadijagram prema Walteru, Pula, 1961.-1990.



Slika 13. Klimadijagram prema Walteru, Zadar, 1961.-1990.



Slika 15. Klimadijagram prema Walteru, Split, 1961.-1990.

Izneseni podaci ukazuju na slične ali istovremeno i različite klimatske uvjete na malom prostoru mediteranske Hrvatske. Izneseni klimatski podaci ukazuju na kraća sušna razdoblja (*slike 10-15*) u odnosu na južni Jadran. Ovi podaci su podkrijepljeni i manjim nedostatkom vlage u tlu koji su na području Pule 141,9 mm (TABLICA 5) i dominantno su izraženi tijekom srpnja i kolovoza. Na području Splita kao predstavnika južne Jadranske podregije, sušna razdoblja su duža i izraženi manjak vode u tlu je 285,5 mm zabilježen kroz period lipanj-rujan. Slične tvrdnje navodi **Zaninović i sur. (2008)** koji detaljnom obradom klimatskih podataka utvrđuje duljinu sušnih razdoblja na sjevernom Jadranu od 11-20 dana, dok su na južnom Jadranu duga sušna razdoblja (> 30 dana) zabilježena tijekom lipnja, rujna i listopada. Ovi podaci ukazuju na nužnost prilagodbe uzgoja bilja i sortimenta u odnosu na njihove potrebe za vodom. Iako je podjela na biljke s C₃ i C₄ tipom fotosinteze uobičajena i daje okvirne napomene većoj efikasnosti C₄ biljaka za izgradnju suhe tvari u odnosu na C₃ biljke u uvjetima stresa nedostatka vode i među njima postoje razlike. Podaci navedeni u TABLICI 6 ukazuju na različite količine vode potrebne za izgradnju suhe tvari. Uvažavajući činjenice o klimatskim uvjetima koji vladaju u mediteranskoj Hrvatskoj, duljinu vegetacije i dijelu godine kada se uzgajaju, ovi podaci trebaju biti razmotreni prilikom izbora kultura u uobičajenom plodoredu na pojedinom području.

TABLICA 6. Transpiracijski koeficijent - potrebna količina vode (g) za izgradnju 1 g suhe tvari pojedine kulture (preuzeto iz: **Bašić i Herceg, 2010**)

Kultura	Količina vode (g)
Sirak	200-300
Kukuruz, šećerna repa	300-400
Ječam, raž, pšenica (dura)	400-500
Krumpir, grahorica, suncokret, lubenica, meke pšenice, kupus	500-600
Uljana repica, grašak, grah	600-700
Lucerna, soja, lan	> 700

Tisućljećima je poljoprivreda bila utemeljena na sličnim principima kao sadašnja ekološka poljoprivreda. Izvor hranjiva u obliku gnojiva tlu su se dodavala samo putem organskih gnojiva životinjskog porijekla ili su indirektno taložile poplave rijeka koje su donosile hranjive tvari na površinu tla. Zbog toga se prva stalna naselja u povijesti razvoja civilizacije pojavljuju iznad plavljenih ravnica velikih rijeka. Još u davnim vremenima čovjek je spoznao da je na nekim tlima uz dodavanje organskih gnojiva moguće ostvariti zadovoljavajuće prinose. Odatle se vjerojatno razvila i praksa primjene gnojiva životinjskog i biljnog porijekla radi obnove plodnosti tla.

Navedeno ukazuje na to da je povijest razvoja ekološke poljoprivrede vrlo tijesno povezana, bolje rečeno isprepletana, s razvojem konvencionalne poljoprivrede. Zbog toga najprije treba razjasniti elementarne pojmove: što je to **konvencionalna**, a što je to **ekološka poljoprivreda**? **Butorac (1999)** definira **konvencionalnu poljoprivredu** kao poljoprivredu koja uključuje stvaranje visokorodnih kultivara i hibrida, suvremenu i intenzivnu agrotehniku, primjenu pesticida i mineralnih gnojiva. **Bašić (1995)** navodi da u konvencionalnoj poljoprivredi poljoprivredno gospodarstvo prvi put u povijesti agrikulture gubi tradicionalnu samodostatnost, a ovisi o vanjskim unosima (strojevi, energija, mineralna gnojiva, pesticidi itd.). Da bi se pokrile potrebe za hranom u zemljama razvijenog Sjevera (npr. države sjeverne Europe i Sjeverne Amerike), stvorene su farme velikih kapaciteta na kojima jedan poljoprivrednik proizvodi za sve veći broj rastućeg urbanoga stanovništva. Urbano stanovništvo pridonosi trendu porasta konvencionalne poljoprivrede, ulaganjem sredstava iz drugih djelatnosti, jer hrana proizvedena na taj način doprinosi uštedi ljudima u Sjevernim zemljama gdje košarica za prehranu iznosi svega 20 % mjesečnog prihoda. Drugim riječima, rastuća specijalizacija u poljoprivredi, porastom produktivnosti po jedinici površine, dovodi do sve manjeg broja zaposlenosti u poljoprivredi ali i sve većih pritisaka poljoprivrednih aktivnosti na okoliš (**Bašić, 1995**). Konvencionalna poljoprivreda specijalizacijom proizvodnje poprima neka obilježja industrije, pa se preuzimaju i termini kao što su *tehnologija proizvodnje* ili *agrotehnika*. Od uzgajatelja-biologa agronomi postaju *tehnolozi*. U tom sustavu vrijednosti, uz profit, prinos po jedinici površine ili proizvodnja po grlu jedini je kriterij za ocjenu djelotvornosti nekog zahvata. **Bašić (1995)** dalje navodi da konvencionalna

poljoprivreda ima visoku gospodarsku (ekonomsku) djelotvornost, dok joj je ekološka prihvatljivost vrlo upitna. Ovakve neželjene ekološke posljedice konvencionalne poljoprivrede dovode do potrebe za ublažavanje negativnog djelovanja na okoliš prelaskom na ekološku poljoprivrednu proizvodnju. Postoji veliki broj definicija ekološke poljoprivrede. Međutim, jedna zajednička okvirna definicija ekološke poljoprivrede mogla bi glasiti:

Ekološka poljoprivreda predstavlja poljoprivredu koncipiranu tako da štiti tlo, vodu, zrak, biljne i životinjske genetske resurse, nije za okoliš degradirajuća, tehnički je primjerena, ekonomski opstojna, a socijalno prihvatljiva. Za razliku od konvencionalne poljoprivrede koja se temelji na velikim unosima izvan farme, ekološka poljoprivreda propagira što manji unos izvan farme. Zato neki znanstvenici za ekološku poljoprivredu kažu da predstavlja brak između ekologije i poljoprivrede.

Negdje oko drugog svjetskog rata počinju se osnivati udruge koje su propagirale ekološku poljoprivredu, odnosno poljoprivredu bez uporabe agrokemikalija. Prve udruge bile su: Soil & Health u Novom Zelandu, utemeljena 1941. godine (<http://www.organicnz.org>); Soil Association u UK, utemeljena 1946. godine (<http://www.soilassociation.org>) i Nature & Progress u Francuskoj, utemeljena 1964. godine (www.natureetprogres.org). Posebno mjesto u razvoju poljoprivrede, a tako i ekološke, zauzima poljoprivredna eksperimentalna postaja u Rothamstedu u Velikoj Britaniji (<http://www.rothamsted.ac.uk>). Riječ je o najstarijoj poljoprivrednoj istraživačkoj postaji u svijetu koja je utemeljena 1843. godine. Od tada se kontinuirano 170 godina na toj postaji provode istraživanja vezana uz različite načine i oblike gnojidbe. Moto pod kojim se provode istraživanja mogao bi se sažeti u nekoliko riječi: zdravo tlo = zdrav okoliš = zdrava hrana = zdravi ljudi.

Jedna od prvih pisanih kritika o problemima koje može uzrokovati prevelika upotreba agrokemikalija, došla je od Rudolfa Steinera u njegovu, gotovo kulturnom *Poljoprivrednom tečaju*¹ koji je održao pred svoju smrt 1924. godine. Na temelju svoga svestranog duhovnog iskustva pred stotinjak zainteresiranih slušača u osam predavanja o poljoprivredi on postavlja ova pitanja:

- Kako spriječiti nestanak sve većeg broja sorti kultiviranih biljaka i kako poboljšati njihovu hranidbenu kakvoću?

¹ Zainteresirani više informacija mogu pronaći u knjizi: Uvod u ekološku poljoprivredu, **Kisić I. (2014)**.

- Na koji način poboljšati plodnost domaćih životinja i njihovu otpornost?
- Kako izbjeći opasnost od gnojidbe mineralnim gnojivima, je li moguće uvesti gnojidbu koja „oživljuje tlo“?
- Na koji se način mogu dokazati djelovanja stvaralačke životne snage, djelotvornost homeopatskih preparata i kozmičkih ritmova?
- Postoji li mogućnost socijalne obnove u poljoprivredi?

Navedena pitanja, kao i odgovori na njih, aktualni su i danas, skoro 95 godina od njihova postavljanja, te su u središtu trenutnih znanstvenih istraživanja koja se provode širom svijeta. Poljoprivrednici i građani koji su odslušali navedeni tečaj počeli su širiti ideje koje su čuli i s vremenom su se na tržištu počeli pojavljivati proizvodi s prvih ekoloških gospodarstava. U cilju njihova prepoznavanja odabrano je zaštitno ime: *Gospodarska udruga Demeter*. U međuvremenu se biološko-dinamički način gospodarenja proširio na sve kontinente, a navedena oznaka Demeter devedeset godina od njezina usvajanja postala je općenito prihvaćena u cijelom svijetu. Danas je Demeter oznaka istovremeno jedna od zaštitnih znakova ekološke poljoprivrede, dok sve oznake koje označavaju proizvode iz ekološke poljoprivrede imaju lokalni ili regionalni značaj. Međutim, jedina oznaka za proizvode iz ekološke poljoprivrede prihvaćena u cijelom svijetu je Demeter (*slika 16*).

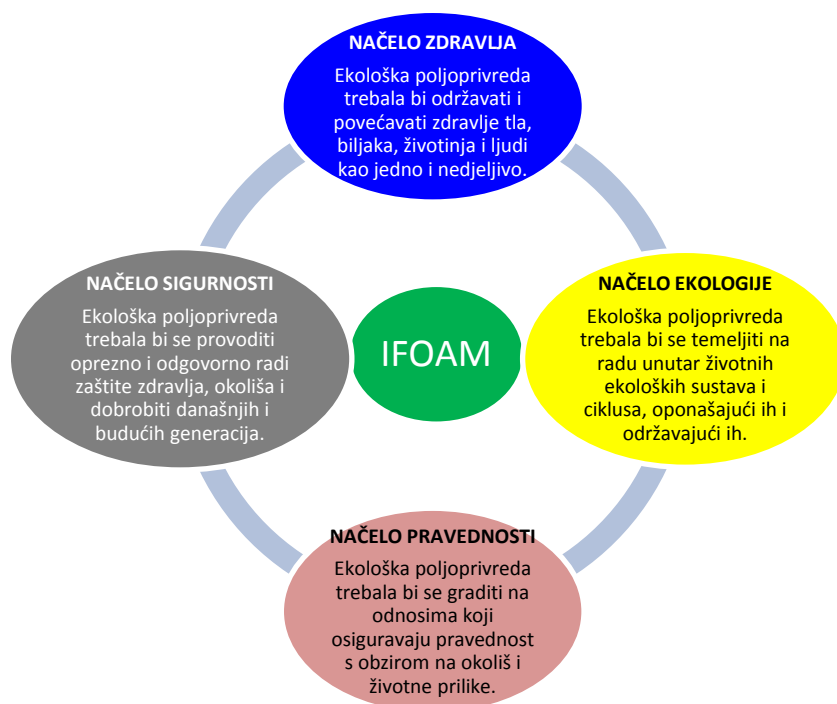


Slika 16. Ekološki proizvodi označeni Demeter znakom, te opće prihvaćenim EU logom (zeleni list) i znakom lokalnoga kontrolnoga tijela

Općenito s odmakom od 56 godina smatra se da je jednu od ključnih uloga u razvoju ekološke poljoprivrede imala Rachel Carson svojom knjigom „Nijemo proljeće“ (Silent Spring - Carson, R. 1962). Danas se ta knjiga smatra jednom od najznačajnijih iz područja ekologije,

a Rachel Carson utemeljiteljicom pokreta zaštite okoliša. Rachel Carson tom je knjigom postala „jedinična mjera“ u zaštiti okoliša. Tvorac je pojma etika okoliša i znanosti o okolišu. Iako i danas, 56 godina od objavljivanja knjige, neki i dalje osporavaju vrijednost knjige (zbog zabrane upotrebe kloriranih ugljikovodika u poljoprivredi i medicini, na prvom mjestu DDT-a u borbi protiv malarije), navedena se knjiga ubraja među najprodavanije znanstvene/stručne knjige (<http://www.rachelcarson.org>). Kasnije su objavljene druge knjige u kojima se sve više argumentirano počelo govoriti o problemima rasta stanovništva na planetu, pretjeranoj upotrebi agrokemikalija u poljoprivredi i posljedicama koje oni uzrokuju u okolišu.

Sve navedeno dovelo je do utemeljenja International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM - <http://www.ifoam.org>) 1972. godine, jedine globalne nevladine udruge koja je promovirala ekološku poljoprivredu. Prvi zakoni i pravilnici vezani uz ekološki uzgoj izrađeni su unutar IFOAM-a. Woodward i Vogtmann (2004) iznose da su na Glavnoj skupštini IFOAM-a 2004. godine usvojena revidirana načela ekološke poljoprivrede (slika 17).



Slika 17. Načela ekološke poljoprivrede

Izvor: Woodward i Vogtman, 2004.

Djelovanje IFOAM-a predstavljalo je početne temelje koji su počekom 80-ih godina prošloga stoljeća širom svijeta doveli do razvoja ekološke poljoprivrede (Hamilton, 2007;

Lampkin, 2002). Već krajem 80-ih godina, mnoge države u Europi, a 90-ih i na ostalim kontinentima, kao važan dio svoga razvoja navode ekološku poljoprivredu, budući da se na taj način najdjelotvornije provodi zaštita okoliša, očuvanje biljnih i životinjskih vrsta, te bogatstvo krajolika, ali i ublažavanje emisije stakleničkih plinova (Offermann i Nieberg, 2000; Müller i sur., 2016). Prikaz razlika o utjecaju ekološke i konvencionalne poljoprivrede na okoliš prikazan je u TABlici 7, dok je u TABlici 8. prikazan ekološki otisak različitih oblika poljoprivredne proizvodnje.

TABLICA 7. Pregled apsolutnih i relativnih utjecaja na okoliš iz ekološke poljoprivrede u usporedbi s konvencionalnom poljoprivredom

Područje	Aspekt	Utjecaj na okoliš ^a	
		Apsolutni	Relativni
Bioraznolikost	Genetska raznolikost	+	+
	Raznolikost flore	+	++
	Raznolikost faune	+	+++
	Raznolikost staništa	+?	+
Krajolik	Krajolik i estetske vrijednosti	+?	+
Tlo	Organska tvar i kiselost tla	?	++
	Biološka aktivnost	+?	+++
	Struktura tla	?	+
	Erozija	-	++/-
	Dezertifikacija	+	+
Podzemne i površinske vode	Upotreba i ravnoteža hranjiva	-	++
	Ispiranje dušika	-	++/-
	Fosfor	0	+?
	Pesticidi	-	+++
	Patogeni organizmi	-	-?
Klima i zrak	Ugljični dioksid (CO ₂)	+?	+?
	Dušikov oksid (N ₂ O)	-	+/-?
	Metan (CH ₄)	-	?
	Amonijak (NH ₃)	-	+/-?
Energija	Intenzitet potrošnje energije	np	++/-
	Učinkovitost potrošnje energije	np	+?

Izvor: Kisić (2014.) prema Kasperczyk i Knickel, 2006. Tumačenje: „Apsolutno“ se odnosi na utjecaj ekološke poljoprivrede na okoliš, a „relativno“ na relativni utjecaj u usporedbi s konvencionalnim sustavima. ^a + = malo bolje; ++ = bolje; +++ = bitno bolje; ++/- = bolje s nekim negativnim aspektima; +? = bolje, ali s nekim nesigurnostima; +/-? = djelomično bolje i djelomično gore s nekim nesigurnostima; ? = nejasno; - = negativan utjecaj; 0 = nema utjecaja ili promjene; np = nije primjenjivo

TABLICA 8. Ekološki otisak različitih oblika poljoprivrede

Poljoprivreda Pritisak	KONVENCIONALNA	INTEGRIRANA	EKOLOŠKA	BIOLOŠKO-DINAMIČKA	MIROLJUBIVA ZEMLJORADNJA
Odnos prema okolišu	Sukob, sve jača -konfrontacija	Izbjegavanje (ublažavanje) sukoba	Suživot	Razumijevanje i poštivanje prirodnih procesa	Poštivanje i zahvalnost prema prirodi
Gospodarenje tlom	Degradiranje svih značajki tla	Umjerena briga	Briga o tlu	U zdravom i živom tlu i čistom okolišu rastu zdrave biljke	
Gnojidba	Kontrola plodnosti tla. Gnojidba utemeljena na mineralnim gnojivima	Kontrola plodnosti tla i optimalan unos mineralnih gnojiva	Kontrola plodnosti, Zakonom propisani materijali za gnojidbu	Kontrola plodnosti, biodinamički pripravci, sjetveni kalendari, organska gnojiva, zelena gnojidba	Miroljubiv uzgoj žitarica, voća i povrća, što god to značilo
Zaštita usjeva	Većinom agrokemikalije	Smanjena primjena agrokemikalija	Zakonom propisana dopuštena sredstva	Bio-dinamički pripravci, Mjesečev sjetveni kalendar	
Uzgojne vrste, sorte, pasmine	Visokotehnološki proizvodi selekcionirane osjetljive sorte i pasmine, GMO (ne)dopušten	Visokotehnološki proizvodi, zabrana GMO- a	Otpornije autohtone vrste i sorte, stroga zabrana GMO-a	Postizanje otpornosti uzgojnim mjerama (plodored)	
Svrha	Prinos iznad svega - profit	ZAŠTITA ZDRAVLJA I ŽIVOTA LJUDI, BRIGA O PRIRODI I OKOLIŠU			Uzgoj biljaka iz ljubavi "Svrha poljodjelstva nije uzgoj ljetine, nego razvoj ljudskih bića" Fukuoka
Duhovni aspekt	Zanemaren	Zanemaren	Uvažava se	Antropozofsko učenje dr. Rudolfa Steinera	
Posljedice	Povećana upotreba agrokemikalija	Održiva upotreba agrokemikalija	Očuvanje okoliša	Prihvatanje posljedica, što god to značilo	
Perspektiva	Slaba	Očuvanje prirodnih sustava		Samodostatnost, samoodrživost	
Ostvareni prinos	Odličan	Vrlo dobar	Dobar	Zadovoljavajući	Upitan

Izvor: Kisić (2014) prema Pešut-Pilon (2012).

Vrlo je važno pojasniti probleme vezane uz elementarne pojmove iz ekološke poljoprivrede. Prema Odluci (NN, 80/2013; NN, 19/2016) o proglašenju Zakona o provedbi Uredbe Vijeća (EZ) br. 834/07 »ekološki« (»organski«, »biološki« ili kratice »bio«, »eko«) imaju potpuno isto značenje. U Sloveniji kao i u Hrvatskoj riječ je o ekološkom uzgoju bilja i životinja, dok su se u BiH, Crnoj Gori, Makedoniji i Srbiji odlučili za pojam organski uzgoj.

2.1. RAZVOJ EKOLOŠKE POLJOPRIVREDE U REPUBLICI HRVATSKOJ

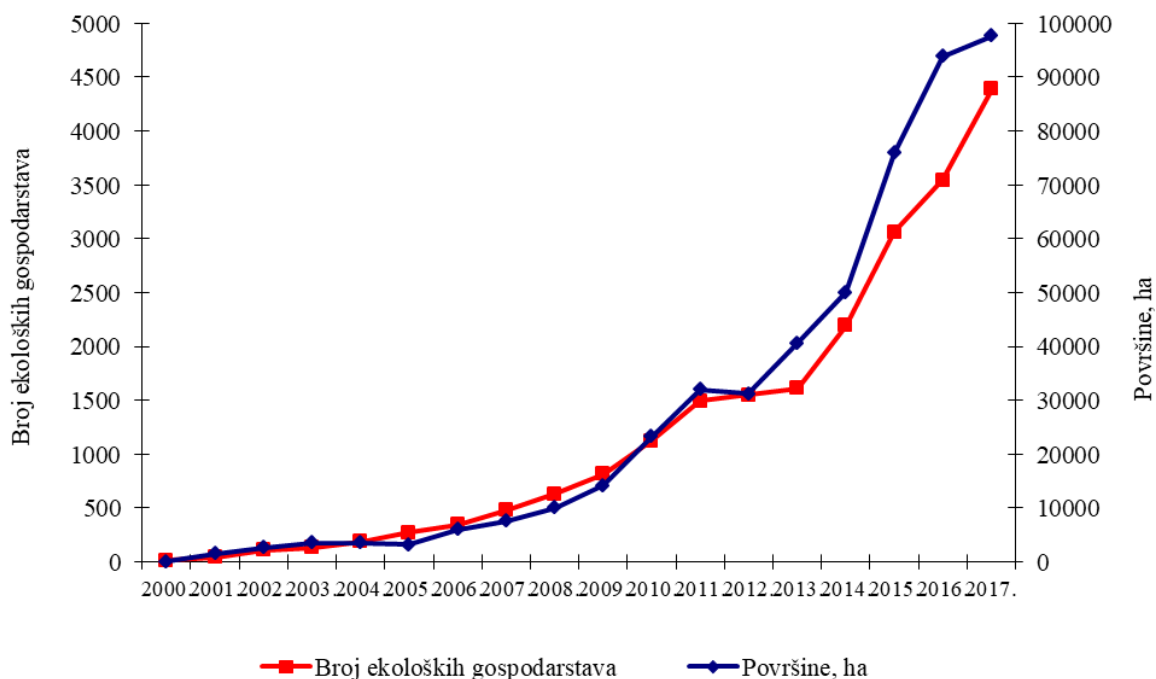
Pojedinci (Ružica i Ivan Bašić, Nada i Branko Čegec, Bernarda i Josip Orehovec, Ivka i Mario Sever, obitelji Turnšek, Lehki, Hršak-Miličević, Jug, Džakula, te mnogi drugi), uz Zlatu Nanić koja je prva počela uzgoj bilja u Hrvatskoj prema principima ekološke (biološko-dinamičke) poljoprivrede, samozatajno su i daleko od očiju javnosti krenuli s ekološkim uzgojem bilja i životinja. Pojedinci su usvojili ekološka načela krajem 80-ih godina prošloga stoljeća pa se te godine uzimaju kao početak razvoja ekološke poljoprivrede u Hrvatskoj.

Prvi uvid u pisane tragove o razvoju ekološke poljoprivrede pokušalo se pronaći u Poljoprivrednoj enciklopediji bivše države, ali bez uspjeha. Privesti što više površina poljoprivrednoj proizvodnji, ostvariti što veći prinos, tj. *maksimalno iskorištavanje vegetacijskih faktora* bila je ideja vodilja poljoprivrednih enciklopedija izdanih 1967., 1970. i 1973. godine. Navedeno uopće ne iznenađuje budući da je u to vrijeme govoriti o ekološkoj poljoprivredi bilo gdje u svijetu, pa tako i na prostoru bivše države, bilo gotovo zabranjeno. Sve je bilo podređeno maksimalno mogućem prinosu i to je bio primarni cilj. U to vrijeme o problemima okoliša koje uzrokuje prekomjerna upotreba agrokemikalija u znanstvenim se krugovima vrlo malo govorilo.

Može se slobodno reći da i danas pojedinci u RH razvijaju taj oblik poljoprivrede. U prošlosti im nije bilo lako, vrlo su često bili izvrgnuti podrugivanju i ismijavanju zbog, smatralo se, (ne)mogućnosti uzgoja biljaka i stoke bez konvencionalnih agrokemikalija. Naposljetku su uspjeli, iako sumnja u ekološku poljoprivredu postoji i danas. Ipak, danas se o ovom obliku poljoprivrede govori u studijskim znanstvenim i stručnim programima na sveučilištima u Zagrebu i Osijeku, Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima, kao i na još nekoliko Veleučilišta (Slavonski Brod, Požega, Rijeka) u Hrvatskoj.

2.2. TRENUTNO STANJE EKOLOŠKE POLJOPRIVREDE U HRVATSKOJ

Službeno se statistika stanja ekološke poljoprivrede u Hrvatskoj vodi od 2000. godine, tj. od početka priprema za izradu prvog Zakona o ekološkoj proizvodnji poljoprivrednih i prehrambenih proizvoda. Prema statističkim podacima Ministarstva poljoprivrede i šumarstva Republike Hrvatske iz 2000. godine u ekološkoj poljoprivredi je službeno bilo upisano samo 12 ha. Prema posljednjim neslužbenim podacima s 31.12.2017. u Hrvatskoj je u ekološkoj poljoprivredi službeno upisano 97.697 ha (slika 18). Iako je riječ o izrazito velikim povećanjima i površina i broja gospodarstava uključenih u ekološki oblik uzgoja bilja i životinja, poznavatelji ove problematike smatraju da se trebalo učiniti više, budući da nam to osiguravaju agroekološki resursi.



Slika 18. Poljoprivredne površine i ekološka gospodarstva u Hrvatskoj

Izvor: <http://www.mps.hr/hr/poljoprivreda-i-ruralni-razvoj/poljoprivreda/ekoloska/statistika-2017>

Podaci iz TABLICE 9 pokazuju da prema načinu korištenja poljoprivrednih površina u ekološkoj poljoprivredi u RH dominiraju oranice (43 %), zatim livade i pašnjaci (40 %), te voćnjaci, vinogradi i maslinici sa 12 %. Za pozdraviti je kontinuirano povećanje površina pod ekološki uzgojenim ljekovitim biljem. Trenutno se na skoro 5 % površina u Hrvatskoj prema ekološkim principima uzgaja ljekovito bilje.

TABLICA 9. Načini korištenja poljoprivrednih površina u ekološkoj poljoprivredi u RH

Godina/površina, ha	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
Oranice	2.800	9.766	17.066	22.156	17.815	19.183	23.802	30.444	44.147	41.788
Voćnjaci	792	1.264	1.770	2.058	2.851	3.239	3.790	5.638	7.814	9.467
Vinogradi	212	191	400	614	634	791	931	913	1.120	977
Maslinici	100	228	322	600	860	1.330	1.472	1.334	1.536	1.607
Livade i pašnjaci	5.603	1.998	2.452	4.943	7635	14.279	16.403	36.612	39.089	39.197
Ugar	100	84	156	452	720	293	477	-	1.868	-
Šume	82	315	444	352	69	-	-	-	-	-
Povrće	95	68	284	143	160	165	304	343	323	312
Ljekovito bilje	226	279	388	718	1.159	1.368	2.876	3.494	4.226	4.349
Rasadnici i ostali trajni nasadi	-	-	-	-	-	-	-	103	41	-
Sveukupno, ha	10.010	14.193	23.282	32.036	31.903	4.660	50.054	75.883	93.814	97.697
Broj gospodarstava	632	817	1.125	1.494	1.549	1.609	2.194	3.061	3.546	4.389

Izvor: <http://www.mps.hr/hr/poljoprivreda-i-ruralni-razvoj/poljoprivreda/ekoloska/statistika-2017>

Ako usporedimo podatke ukupnih poljoprivrednih površina u Hrvatskoj (cca 1.300.000 ha) iz Upisnika poljoprivrednih gospodarstava i stavimo ih u odnos s površinama u ekološkoj proizvodnji, dobivamo podatak da je u Hrvatskoj u ekološkoj poljoprivredi 2017. godine bilo 7,5 % poljoprivrednih površina. Možda je veći problem u Hrvatskoj struktura ekološkoga poljoprivrednog uzgoja. Od cca 100.000 ha u ekološkoj poljoprivredi više od 40 % pripada kategoriji livada i pašnjaka, a u isto vrijeme vrlo je teško u trgovinama pronaći ekološko meso. Istovremeno, premda su na oranicama zastupljene ratarske kulture, ekološke proizvode od kukuruza ili strnih žitarica teško je pronaći na tržištu, osim ako se ne radi o uveznoj hrani.

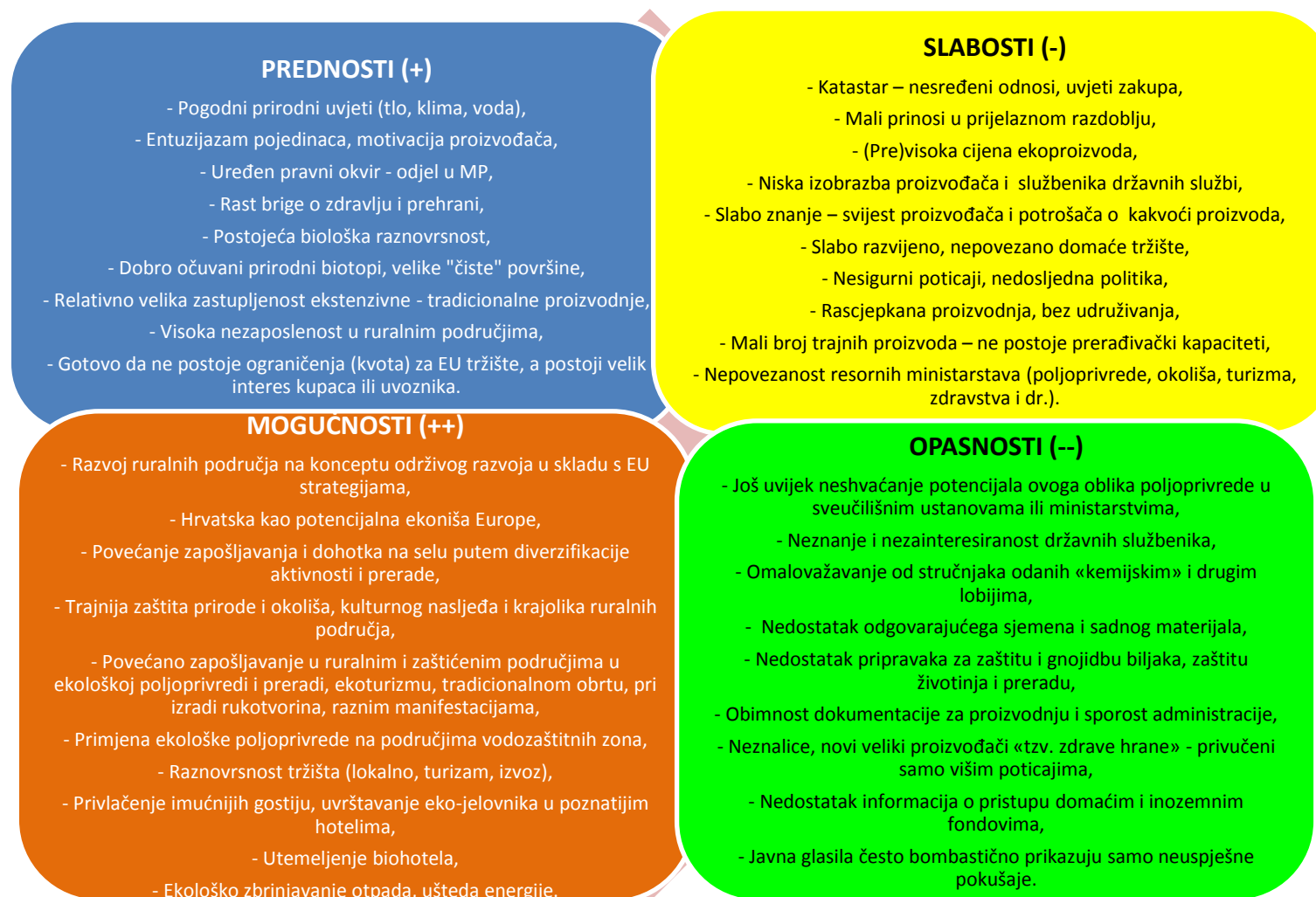
Da bi se unaprijedio ekološki uzgoj na prostoru Hrvatske, Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja predstavilo je u veljači 2011. godine Akcijski plan razvoja ekološke poljoprivrede (www.mps.hr/default.aspx?id=7883), koji označava vrlo važan korak u potpori nacionalnom ekološkom uzgoju hrane i sirovina za hranu. Osnovni cilj toga Akcijskoga plana jest povećanje udjela površina pod ekološkom poljoprivredom u ukupnim poljoprivrednim površinama u Hrvatskoj do 2016. godine na 8 %. Vlada Hrvatske obvezala se na njegovu provedbu. Kao što je vidljivo iz gore navedenih podataka zacrtani cilj od gotovo 8 % površina u ekološkom uzgoju ostvaren je s godinom zakašnjenja. U Akcijskom planu navedeno je da je primarni cilj utvrditi što je potrebno kako bi se osigurao stabilan i dugoročan rast sektora ekološke poljoprivrede. On postavlja niz akcija, odnosno mjera, kojima će odgovorni sudionici poticati razvoj ekološke poljoprivrede, a što će imati za cilj:

- educirati i informirati ekološke uzgajivače za stjecanje potrebnih znanja i informacija nužnih za uspješno poslovanje,
- potaknuti sve sudionike u lancu ekološkog uzgoja na stvaranje partnerskog odnosa (privatno – javno partnerstvo, lokalna uprava – škole, vrtići),
- održati i potaknuti povjerenje i svijest potrošača o ekološkim proizvodima, točnim informacijama o načinima i ciljevima ekološkoga uzgoja, značaju i kvaliteti ekološkog proizvoda te njihovu označavanju,
- potaknuti preradu ekološke hrane uključivanjem velikih gospodarskih subjekata u cilju dobivanja visokovrijednih proizvoda s dodanom vrijednošću i povećanja konkurentnosti ekoloških proizvoda,
- uspostaviti sinergiju s turističkim sektorom, osobito u plasmanu ekoloških proizvoda,
- potaknuti stručnu i znanstvenu javnost na to da istraživačkim i znanstvenim radom verificiraju značaj i prednosti ekološke poljoprivrede.

Kod izrade Akcijskog plana razvoja ekološke poljoprivrede vodilo se računa o sljedećim elementima:

- sve mjere moraju se uklopiti u dugoročnu “viziju” razvitka sektora ekološke poljoprivrede,
- koncept održivosti gospodarskog razvoja mora se uključiti u sve mjere, posebno vodeći računa o okolišu jer je okoliš neprocjenjiv hrvatski resurs,
- Akcijski plan mora se uklopiti u regionalne, europske i svjetske trendove i tijekove tržišta ekoloških proizvoda,
- za potrebe prepoznavanja ključnih problema u ekološkoj poljoprivredi izrađena je SWOT analiza (*slika 19.*) na osnovi koje je moguće bolje razumjeti slabosti i opasnosti, a također vlastite snage i mogućnosti na kojima treba razvijati ekološku proizvodnju i spoznati koji je najbolji način da se ostvari željeni cilj.

Ostaje nam vidjeti kojim intenzitetom će se razvijati ekološka poljoprivreda u RH. Na *slici 19* prikazana je SWOT analiza mogućnosti razvoja ekološke poljoprivrede na prostoru RH. Sadašnje pozitivne trendove tranzicije iz konvencionalne poljoprivrede u ekološku u broju gospodarstava i ukupnim površinama treba poduprijeti. Međutim smatramo da je mjerama nužna potpora proizvoda visoke dodane vrijednosti (mlijeko, meso, jaja, prerađevine). Samo finalni proizvod na dohvat kupcima omogućava daljnju pozitivnu transformaciju cijelog aspekta poljoprivrede u smjeru ekološke proizvodnje.



Slika 19. SWOT analiza razvoja ekološke poljoprivrede u Republici Hrvatskoj

Izvor: Kisić (2014) prema Kisić i Šamota, 2005. Nacrt prijedloga Nacionalnog programa za poljoprivredu i seoska područja za razdoblje 2006-2008, poglavlje 5: Strukturna politika

Istraživanje obrade tla povijesno je smatrano empirijskom "znanosti". Pokusi s obradom tla u Hrvatskoj su se obično provodili s ograničenim brojem oruđa ili sustava obrade. Isti načini obrade su se uspoređivali na malom broju tala što je često bilo nedovoljno za čvrste zaključke o uspješnosti zahvata. Nadalje, kao pokazatelji uspješnosti pojedine obrade koristili su se pokazatelji rasta u pojedinim fenofazama ili prinosi uzgajanih usjeva kao integratori okoliša i često su predstavljali jedine mjerene zavisne varijable. Usprkos tome, zadnjih nekoliko desetljeća navedeni pristup istraživanja (**Butorac i Mihalić, 1971; Butorac i sur., 1975, 1979, 1981a, 1981b; Mihalić i Butorac, 1969; Radić i Mušac, 1967; Mihalić i sur., 1967a, 1967b, 1977; Butorac i Lacković, 1984; Žugec, 1984, 1986; Stipešević, 1997; Jug i sur., 2006; Kisić i sur., 2002, 2010; Košutić i sur., 2006, 2008; Špoljar i sur., 2011**) pomogao je prikupiti znatnu količinu informacija. Ipak, takva saznanja su teško uklopljiva u generalnu ocjenu povoljnosti pojedinog načina obrade, prvenstveno radi često proturječnih rezultata obrade tla na prinose kultura (**Bogunović i sur., 2018**), osobito s aspekta klimatskih promjena koje su sve izraženije (**IPCC, 2015**).

Jedan od razloga za teškoće pri ocjeni pogodnosti pojedinog načina obrade je velika raznolikost vremenskih uvjeta i tipskih odlika tala, koji posebno, ili u međusobnim interakcijama, imaju različite utjecaje na rast usjeva. To se prvenstveno događa jer identična usporedba načina obrade tla na različitim mjestima može dati različite rezultate, ovisno o vremenskim prilikama tijekom sezone, vremenu nastupa temperatura iznad biološkog minimuma za neku fenofazu, kapacitetu držanja vode u tlu, drenaži tla, navodnjavanju ili bilo kojem drugom agroekološkom čimbeniku. Drugi razlog je nemogućnost dosljednog povezivanja fizikalnog stanja tla koje je promijenjeno obradom s rastom usjeva i realiziranim prinosom.

Pouzdana predviđanje utjecaja obrade tla na fizikalna svojstva tla i, u konačnici, prinos usjeva, uvelike će pomoći Savjetodavnoj službi ili poljoprivrednicima pri donošenju odluka o kvalitetnijem korištenju poljoprivrednih tala. Bolje razumijevanje utjecaja obrade tla na fizikalna svojstva tla, poboljšalo bi vjerojatnost uspjeha primjene suvremenih načina obrade koji se mogu primijeniti na poljoprivrednim gospodarstvima. To bi nam omogućilo

odabir najučinkovitijih sustava biljne proizvodnje u određenim agroekološkim uvjetima. Pouzdano predviđanje utjecaja obrade također bi znatno smanjilo trenutnu razinu nepouzdanosti na terenu koja je posljedica proturječnih rezultata.

3.1. ZADAĆE OBRADJE TLA

Tlo (pedosfera) je kompleksan i važan dio ekosustava, a za razumijevanje procesa u u tlima često potreban interdisciplinarni pristup (Keesstra i sur., 2018). Tla se nalaze na granici atmosfere, litosfere, biosfere i hidrosfere. Ono regulira većinu procesa u okolišu, karakterizira ga velika biološka raznolikost, pruža čovjeku mogućnost za zadovoljenje njegovih aktivnosti i potreba (Pereira i sur., 2018). Od početka prve poljoprivredne revolucije, utjecaj čovjeka na tlo postaje sve izraženiji, nažalost sa sve negativnijim posljedicama (Lal i sur., 2007). Međutim, čovjekov utjecaj na tlo seže u prošlost od prije 13 000 godina (Brevik i sur., 2018). Nekadašnja primitivna oruđa, danas su zamijenjena oruđima velikih dimenzija i širokog zahvata. Posljedica takvih promjena širi utjecaj obrade s prijašnjih nekoliko površinskih centimetara na znatno dublji dio pedosfere. Ovakve promjene pod utjecajem oruđa u tlu su velike, stoga neodgovarajuća rješenja u pojedinim klimatskim zonama i tlima imaju daleko veće posljedice na okoliš, nego što su to imala u prošlosti. Obrada, definirana kao zahvat pojedinog oruđa u tlo, kojim se mijenjaju njegova svojstva (Mihalić, 1976), utječe na biljnu proizvodnju preko obavljanja svojih mnogobrojnih poljoprivrednih zadaća. Prema Gruver i Wander (2015) zadaće obrade tla su navedene u TABLICI 10 pod kolonom - korisni učinci obrade tla.

Uz ove navedene u tablici, postoje dakako i drugi razlozi za obradu, iako svi oni ne moraju biti uvijek u službi biljne proizvodnje. Specifični ciljevi uključuju i pripremu sjetvenog sloja, ublažavanje zbijenosti, razbijanje pokorice, uklanjanje korova, inkorporaciju biološko-fumigantnih siderata (<http://www.mightymustard.com/why-biofumagant>), stimulaciju biološke faze tla te žetvu gomoljastih kultura (Birkás i sur., 2008; Bašić i Herceg, 2010).

TABLICA 10. Korisni i negativni učinci obrade tla (prilagođeno iz **Gruver i Wander, 2015**).

Korisni učinci obrade	Negativni učinci obrade
Kondicioniranje tla — promjena strukture tla koja pospješuje kontakt sjemena s tlom, elongaciju i rast korijenovih dlačica, infiltraciju oborina, zagrijavanja tla i sl.	Zbijenost tla na granici obrade – stvaranje tabana pluga i tabana tanjurače
Suzbijanje korova/štetnika - izravno suzbijanje ili ometanje životnih ciklusa korova/štetnika	Stvaranje pokorice ukoliko je nakon rasprašivanja bilo oborina. Nicanje i klijanje se sprečava
Postupci s biljnim ostacima - redistribucija ili usitnjavanje radi smanjenja negativnih učinaka ostataka usjeva ili pokrovnih usjeva, te poticanja blagotvornih učinaka u tlu kruženjem organske tvari	Povećana podložnost eroziji vodom i vjetrom koja je uvjetovana uklanjanjem biljnih ostataka
Unošenje ili miješanje organskih i mineralnih gnojiva, sjemena, biljnih ostataka, s manje povoljnog na povoljnije mjesto/dubinu	Pojačani gubitak organske tvari mineralizacijom, što predstavlja nepoželjni dugoročni proces
Odvajanje — vađenje i premještanje kamena, korijenastih usjeva, redistribucija strukturnih agregata	Visoka cijena opreme i primijenjenih zahvata
Korektura - formiranje terena (npr. ravnanje terena, formiranje terasa, baulacija, stvaranje kontura, stvaranje humaka i brazdi)	Utrošak energije i strojeva prilikom svakoga zahvata obrade
Stimulacija oslobađanja hranjivih tvari - prozračivanjem i miješanjem tla (može biti negativno ukoliko je otpuštanje iz organske tvari veće od primanja hranjiva putem korijena)	Obveze s radnom snagom i nedostatkom vremena Promjena biološke komponente tla iz dominacije populacija većih organizama s duljim životnim vijekom, prema populacijama sitnijih organizama s kraćim životnim vijekom

Navedeni ciljevi obrade tla prevladavaju od samih početaka uzgoja bilja. Strogo su definirani tijekom dominantne epohe konvencionalne obrade, koja obuhvaća uporabu pluga te kasniju pripremu sjetvenog sloja. Ipak, treba napomenuti da se danas teži usklađivanju odnosa između zaštite tla (okoliša) te optimalnog stanja tla pri tehnološkom uzgoju, uzimajući u obzir sve posljedice obrade tla (TABLICA 10). Ovakva strategija uvažavanja pozitivnih i negativnih učinaka obrade tla značajno mijenja svijest i praktičnu primjenu obrade, na način da se usvaja obrada tla koja će stvoriti optimalna fizikalno-biološka svojstva, do dubine koja zadovoljava uvjete uzgoja, ali i štiti tlo (Birkas i sur., 2014). Ovakvi ciljevi značajno odudaraju od tradicionalnog koncepta obrade koji se temelji na zadovoljavanju potreba biljke u pravcu korištenja obrade radi očuvanja kvalitete i plodnosti tla. To se prije svega odnosi na prilagodbu klimatskim uvjetima, a osobito s ciljem zaštite tla od degradacijskih procesa. Iako je teže zadovoljiti ove naizgled suprotstavljene zadatke, oni su od primarne važnosti za kontinuiranu i stabilnu biljnu proizvodnju.

3.2. UTJECAJ KONVENCIONALNE OBRADNE NA STANJE TLA

Konvencionalna obrada uključuje osnovnu obradu oranjem (rezanje, struganje i preokretanje tla), te sekundarnu obradu za pripremu sjetvenog sloja za sjetvu ili sadnju. Unatoč trošenju velike količine vremena, energije i potrebe za radom, konvencionalna obrada i dalje je primjenjivo i prihvatljivo rješenje za mnoge poljoprivrednike. U Hrvatskoj se danas konvencionalna obrada prakticira na barem 75-77 % obradivog tla (**Đekemati i sur., 2016**). Konvencionalna obrada ne zahtijeva puno znanja za praktičnu primjenu. Ona uključuje uobičajene jednostavne tehnike obrade, a općenito se izbjegava svaki rizik koji bi mogao biti uzrokovan reduciranim metodama obrade tla (TABLICA 11).

Redovita konvencionalna obrada među poljoprivrednicima je prepoznata kao način kontrole korova, nekih štetnika i patogena. Preokretanje tla uslijed prolaska pluga kroz tlo polaže biljne ostatke na dno brazde, a površina ostaje čista za sjetvu. Višestruka konvencionalna obrada bila je kroz povijest prihvaćena kao faktor stabilnosti i visine prinosa, ali i saznanja i promišljanja o potrebi ovakvog načina gospodarenja dovedena su u pitanje usporedno s rastućim cijenama goriva zadnjih desetljeća (**Malhi i sur., 1988; Filipovic i sur., 2006; Meyer-Aurich i sur., 2006**). Nadalje, konvencionalni sustavi obrade uključuju višestruki prohod mehanizacije (6 - 10 puta pojedinačnih zahvata obrade), a gaženje kotačima cjelokupne površine u jednoj sezoni može biti od 6 do 10 puta (**Håkansson, 2005**). Istovremeno ovakvi načini gospodarenja zahtijevaju puno vremena prilikom svakog pojedinačnog zahvata, ali i dodatne intervencije za ublažavanje negativnih svojstava tla izazvanih neadekvatnom obradom (npr. zbijenost, površinska pokorica, gubitak organske tvari). Ovakva strategija korištenja oranica posebno je upitna tijekom nepovoljnih klimatskih prilika kada je provođenje temeljnih zahvata obrade ugroženo ili nemoguće. Nadalje, uslijed pretjerane obrade degradirana tla pokušavaju se popraviti novim zahvatima što zahtijeva dodatno trošenje strojeva i goriva. Proizvođačima biljni ostaci otežavaju obradu, stoga se oni ili polažu na dno brazde ili spaljuju, iako je spaljivanje biljnih ostataka u Hrvatskoj zabranjena praksa (**N.N. 89/11.**). Međutim, koji god način gospodarenja biljnim ostatcima izabrali, oni se u konvencionalnoj obradi ne mogu koristiti za zaštitu tla i konzervaciju vlage tijekom sezone.

Konvencionalnom obradom prema zahtjevima usjeva, nastojimo stvoriti čisti sjetveni sloj stabilne mrvičaste do grašaste strukture, dok je površina bez ostataka usjeva.

TABLICA 11. Usporedba prednosti i nedostataka konvencionalne i reducirane obrade tla (izvor: Birkas i sur., 2008)

Čimbenici	Konvencionalna obrada	Reducirana obrada
Vrijeme i radna snaga	Velika (-)	Smanjenja (+)
Potrošnja goriva	Velika (-)	Smanjenja (+)
Posebne tehnike obrade	Ne (+)	Potrebne (-)
Štetnici i bolesti	Izvodljivo suzbijanje (+)	Izvodljivo suzbijanje (+)
Ovisnost o herbicidima	Prihvatljivo (+/-)	Prihvatljivo (+/-)
Konzervacija tla i voda	Dvojbena (-)	Uspješna (+)
Zbijenost tla (promet)	Velika (-)	Mala (-)
Gospodarenje biljnim ostacima	Zadovoljavajuće (+/-)	Zadovoljavajuće (+/-)
Prilagodljivost		
teškim tlima,	Moguća (+)	Moguća (+)
suhim tlima i	Moguća (+)	Mali rizik (+)
vlažnim tlima, te	Dvojbena (-)	Izvodljivo (+)
tlima s zbijenim pothorizontom	Zahtjeva podrivanje (-)	Zahtjeva podrivanje (-)
Utjecaj na strukturu tla	Nepovoljan (-)	Konzervacijski (+)
Pozitivni utjecaj na degradirana tla	Neizvjestan (-)	Uspješan (+)
Utjecaj na biološku fazu tla	Općenito nepovoljan (-)	Povoljan (+)
Uspostava biljne proizvodnje	Ovisi o klimi (+/-)	Uspješna (+)
Zahtjeva poboljšano gospodarenje	Rijetko (-)	Da (+)
Popularnost među proizvođačima (sadašnja)	Velika (-)	Mala (-)
Buduća prognoza	Smanjenje (-)	Povećanje (+)
Prednosti : nedostaci	35 : 65	77 : 23

Tumačenje: + prednosti, - nedostaci, +/- prednosti i nedostaci

Tijekom 20. stoljeća uvođenje herbicida u konvencionalnu biljnu proizvodnju dovelo je do radikalnih promjena. Dubina obrade tla je reducirana, dok kultivator postupno zamjenjuje plug u primarnoj obradi tla, posebno na teškim tlima. Dolazi do trenda smanjenja broja zahvata obrade radi izbjegavanja nepoželjnih posljedica izazvanih prekomjernom obradom. Prema raznim autorima (Butorac, 1999; Birkas i sur., 2014; Jug i sur., 2015; Wade i sur., 2015), nepoželjne posljedice mogu biti:

- razvoj tabana pluga i/ili tanjurače – slabo propusnog sloja na granici mekote i zdravice – nastaje uslijed višegodišnje obrade plugovima ili tanjuračom na istoj dubini. Taban tanjurače može nastati i u prethodno oranom tlu, na sredini mekote uslijed pripreme tla za sjetvu. Godinama dolazi do vertikalnog širenja, a posebno je opasna pojava u suhom dijelu godine;

- oborinska voda stagnira na slabo propusnom horizontu i radi štete uslijed zamuljivanja i ispiranja;
- veliki broj zahvata sekundarne obrade povećava broj prohoda na polju. Obradivi dio tla često postaje pretjerano zbijen čak i prije zahvata sjetve, umanjujući kasniji prinos;
- zbijenost otežava izmjenu plinova s atmosferom, kretanje vode i izmjenu topline u tlu, smanjuje se mineralizacija organske tvari i humusa, a otpuštanje hranjiva je usporeno;
- posljedica oranja pretjerano vlažnog i suhog tla dovodi do stvaranja velikih gruda na tlu, koje je nužno usitniti dopunskom obradom tla. Često se u praksi primjenjuje višestrukim prohodima tanjurače što dovodi do rasprašivanja tla. Tada su tla podložna eroziji vjetrom i vodom, u mokrom stanju se često zatvaraju pore tla, dok se u suhom stanju stvara snažna pokorica, često debela više milimetara.
- intenzivno obrađivana tla imaju smanjeni sadržaj organske tvari (snažna mineralizacija) i otpuštaju veće količine CO₂ nakon obrade u atmosferu. Gubitak organske tvari umanjuje kvalitetu tla, skraćuje se povoljni interval za obradu i nosivost, dok nakon sjetve dolazi do slijeganja i ponovnog zbijanja. Primijenjeni zahvati obrade radi popravka stanja takvih tala su upitne efikasnosti.

Nepovoljni utjecaji obrade koji smanjuju kvalitetu tla (zbijenost, rasprašivanje, pokorica, izrazita mineralizacija organske tvari, smanjenje sadržaja hranjiva i niža nosivost tla) su nepoželjne posljedice konvencionalne obrade, s vrlo malo prednosti koji bi održavali stabilnost (TABLICA 11) agroekosustava (Birkás i sur., 2008). Međutim, današnji razvoj tehnologije podupire redukciju obrade i/ili izravnu sjetvu. Praktična iskustva su pokazala korisnost reducirane obrade na teškim tlima - gdje je interval za obradu vrlo kratak. Međutim, izravna sjetva sadrži i određene nedostatke, prvenstveno u pojavi višegodišnjih korova i određenih štetnika i bolesti (Butorac, 1999). Drugo, reakcija direktno sijanih usjeva na gnojiva manja je zbog veće konkurencije korova i sporijeg rasta usjeva. Na kraju, u početnim godinama prelaska s obrađivanog tla na direktnu sjetvu, tlo postaje zbijenije a udio velikih pora se smanjuje (Wade i sur., 2015).

3.3. UTJECAJ REDUCIRANE OBRADJE NA STANJE TLA

Reducirana obrada se odnosi na uzgoj usjeva korištenjem samo obrade koja zahvaća mjesto polaganja sjemena na odgovarajuću dubinu. Pri reduciranoj obradi se smanjuje broj operacija obrade, pojedini klasični zahvati se izostavljaju, dok se drugi zahvati međusobno povezuju, a dubina obrade se minimalizira što pospješuje smanjenje troškova proizvodnje (Peigné i sur., 2007). Stoga je cilj reducirane obrade smanjenje intenziteta, dubine i frekvencije zahvata obrade na najmanju mjeru, a opet dovoljno da se osigura povoljno stanje tla za klijanje, nicanje i nesmetan rast (Butorac, 1999). Pojednostavljeno rečeno, reduciranje obrade treba provoditi, ali je nužno uskladiti zahvate obrade sa svojstvima tla i zahtjevima usjeva (Mäder i Berner, 2012).

Obrada se može reducirati na dva načina. Prvi je način izostavljanje zahvata obrade koji ne donose koristi u odnosu na troškove takvog zahvata. Drugi je način kombiniranje više operacija poput obrade i sjetve (engl. **tillage-planting systems**). Ovaj drugi način posebno je prihvatljiv pri uzgoju širokorednih usjeva poput kukuruza, kada se u jednom proходу obavlja obrada i sjetva u grebenove, koji su formirani prethodne godine kada je kukuruz bio visine 30 - 45 cm (Butorac, 1999). Osim navedenog načina, redukcija obrade se postiže i primjenom obrade u grebenove (engl. **ridge till**), obradom u trake (engl. **strip till**) i obradom u malč (engl. **mulch till**). Svaki od ovih sustava neće se detaljno objašnjavati jer u Hrvatskoj nisu uvedeni niti u eksperimentalnu fazu ispitivanja, dok inozemna iskustva ukazuju na određena ograničenja u odnosu na: usjeve (npr. **obrada u grebenove** prihvatljiva je za monokulturu kukuruza što je nespojivo s uobičajenim plodoredom u Hrvatskoj, a posebno u ekološkoj poljoprivredi koja zahtjeva široki plodored), klimu (npr. **obrada u malč** se primjenjuje u aridnim i subhumidnim područjima kakvih kod nas u agroekosustavima nema) ili način ekološke proizvodnje (npr. **obrada u trake** i pojava korova u neobrađenom dijelu tijekom sezone). Međutim, koji god motiv krajnji proizvođači prihvatili kao razlog za uvođenje reducirane obrade na njihova gospodarstva prednosti i nedostaci takvog gospodarstva su prikazani u TABLICI 12.

TABLICA 12. Prednosti i nedostaci reducirane obrade tla (izvor: **Mäder i Berner, 2012; Gruver i Wander, 2015**).

Prednosti reducirane obrade	Nedostaci reducirane obrade
Poboljšava kondiciju i kvalitetu tla uslijed raspadanja biljnih ostataka <i>in situ</i>	Klijanje sjemena je slabije s minimalnom obradom
Poboljšava fizikalno stanje tla unošenjem organskih rezidua i dovodi do veće infiltracije	Potreba za dušikom je veća uslijed slabije mineralizacije organske tvari i humusa
Veća infiltracija je posljedica rasta korijena usjeva, te pora formiranih truljenjem korijena	Nodulacija je otežana na pojedinim leguminozama (npr. grašak, grah)
Manji otpori tla za rast korijena uslijed poboljšane strukture tla	Zahvati sjetve su otežani s uobičajenim mehaničkim sijačicama
Manji površinski gubici tla i vode	Kontinuirana uporaba herbicida uzrokuje zagađenje i dominaciju višegodišnjih korova
Zadovoljavajući razvoj usjeva	
Smanjen promet mehanizacije, odnosno zbijenost i erozija u usporedbi s konvencionalnom obradom	

Metode koje se upotrebljavaju u Hrvatskoj uobičajeno se odnose na jesensku ili proljetnu primjenu jakih kultivatora (**engl. chiesel**) do dubine 20 – 25 cm, pri čemu se tlo rahli a ne okreće, dok površina ostaje djelomično pokrivena biljnim ostacima. Kultivatorima se tlo u jesen obrađuje do veće dubine, dok u proljeće dubina obrade ne prelazi 15 cm. Dopunska obrada tla provodi se kultivatorom ili tanjuračom. Ukoliko se koristi tanjurača za pripremu sjetvenog sloja, obrađuje se do 10-12 cm, pri čemu velike količine biljnih ostataka ostaju na površini tla. Ovakva obrada cijele površine obično se provodi u jednom prohodu u proljeće prije sjetve. Ukoliko primjenjujemo reduciranu obradu kojom obrađujemo samo pojaseve gdje dolazi sjeme onda razlikujemo sjetvu u živi ili mrtvi malč. Reduciranu obradu u živi malč (npr. djetelinsko-travne smjese, bijela djetelina) provodimo na način da obrađujemo trake 30 – 70 cm širine gdje ćemo sijati. Prema **Butorcu (1999)** ovakva strategija se koristi u zonama s > 700 mm. Naprotiv, slična strategija u zonama s < 700 mm, primjenjuje se obradom i sjetvom u trake gdje je na površini usitnjena slama ili kukuruzovina (npr. soja ili kukuruz u strnište ječma).

3.4. OBRADA TEŠKIH TALA (LIVADSKA, GLEJNA) S VISOKOM RAZINOM PODZEMNE VODE

Svojstva obrađenih tala podložna su snažnim promjenama tijekom vremena. Iako promjene mogu biti uvjetovane vanjskim i unutarnjim čimbenicima, ona su dominantno uvjetovana vanjskim čimbenikom - klimom koja utječe na vodne i toplinske prilike tla, a preko istih i na biološke procese. Upravo sadržaj vode u tlu utječe na konzistenciju tla, njegovu plastičnost i krutost. Sadržaj vode u tlu određuje njegov trenutak za obradu, međutim tekstura tla uvjetuje duljinu polukrutog stanja tla – fizikalnog stanja kada je preporučeno obrađivati svako tlo. Na laganim tj. pjeskovitim tlima, povoljno stanje tla za obradu je stalno, međutim teža, glinasta tla imaju vrlo kratko povoljno stanje za obradu. U Republici Hrvatskoj, hidromorfna tla dominantno su zastupljena u kontinentalnim područjima, a ukupno su zastupljena na 1 617 640 ha (**Bogunović, 1997**). Odlikuju se težim teksturnim sastavom, velikim sadržajem gline i nepristupačne vode, te slabom infiltracijom i filtracijom vode (**Jug i sur., 2014**). Problem takvih tala je visoka razina podzemnih voda koja ima izraženu sezonalnu dinamiku variranja. Pojavljuje se u proljetnom periodu kod livadskih tala ili je trajna visoka razina podzemne vode tijekom jesenko-zimsko-proljetnog perioda kod glejnih tala (**Bogunović i Ćorić, 2014**).

Pri obradi ovakvih tala prije svega treba obratiti pozornost na teksturu i duljinu vlaženja tla podzemnim vodama. Iako je obrada teških tala moguća u suhom i mokrom stanju, ona se izbjegava u tim stanjima radi velikog utroška energije. Nadalje, u suhom stanju glinasto-praškasti karakter tala uvjetuje da prilikom obrađivanja oruđe stvara velike grude, a svaka iduća obrada u svrhu usitnjavanja velikih gruda dovodi do rasprašivanja i novog budućeg problema – pokorice (**Jug i sur., 2015**). Obradom u mokrom stanju tvore se dugačke zaglađene grude, koje sušenjem postaju koherentne, tvore čvrstu pokoricu, i nepovoljne su za daljnju pripremu tla (**Birkas i sur., 2014**). Ovakvo stanje nastoji se izbjeći jer otklanjanje narušene strukture izazvane nepravovremenom obradom može trajati godinama.

Kod prilagodbe obrade hidrološkim odlikama tla bitno je izbjeći pogreške koje dovode do zbijanja podoraničnog sloja, pretjeranog sušenja obrađenog tla, formiranja velikih gruda (*slika 20*), pokorice (*slika 21*), prekomjernog gaženja (*slika 22*) i razmazivanja tla/strukturnih agregata (*slika 23*), te gubitaka organske tvari i humusa. Ovakve pogreške dovode do narušavanja kvalitete tla, širenja korova i pada prinosa (*slika 24*).



Slika 20. Gruba površinska struktura tla (Raša)



Slika 21. Brzo sušenje površine i formiranje pokorice (Potok)



Slika 22. Antropogeno zbijanje površine tla (Raša)



Slika 23. Narušavanje strukture uslijed gaženja tla u mokrom stanju (Raša)



Slika 24. Degradacija tla i pad prinosa uslijed nepovoljne strukture tla (Raša)

Navedeni problemi nažalost često dolaze do izražaja kod naših poljoprivrednika, iako su zahvati koji se preporučuju u uobičajenom gospodarenju vrlo jasni i uključuju:

- rahljenje (dovodi do povećanja kapaciteta tla za vodu)
- malčiranje u ljetnom razdoblju (prevencija zamuljivanja i smanjeno formiranje pokorice)
- obrada u polukrutom stanju tla
- kontrola prohoda mehanizacijom
- mijenjanje oruđa i dubine zahvata obrade tijekom više godina
- briga o unosu, prometu i očuvanju organske tvari
- suzbijanje širenja korova – mehanički i uvođenjem interpoliranih usjeva

Međutim, krajnji proizvođači na terenu često ne provode navedene sugestije dovodeći tlo u općenito lošije kvalitetno stanje. Općenite preporuke za obradu livadnih i glejnih tala prema **Birkas i sur. (2014)** te **Jug i sur. (2015)** uključuju:

Prašenje strništa. Usitnjavanje i rasprostiranje žetvenih ostataka na površini tla radi mineralizacije organske tvari i zaštite strukturnih agregata. Malč sprečava pojavu pukotina na površini tla tijekom sušnog razdoblja. Čest odabir za ove zahvate uključuju tanjurače ravnih diskova, konvencionalnu tanjuraču u kombinaciji s valjkom ili teški malč kultivator.

Osnovna i dopunska obrada tla. Za rane kulture (ozima uljana repica, ozimi ječam) preporučuje se rahljenje, a može se i koristiti tanjuranje (*slika 25*). Kultivatori se koriste za srednje duboku (do 25 cm) ili duboku (do 35 cm) obradu jer obrađuju zbijeni pothorizont, te ne narušavaju strukturu u dubljim i mokrim slojevima tla, što se ne bi očuvalo korištenjem lemešnog pluga. Nadalje, nije preporučljivo okretati tlo (orati) radi neizvjesnosti (uslijed vodnog režima i vlažnosti tla) provedbe adekvatne dopunske obrade. Također, oranje u proljeće nije preporučljivo. Ukoliko se primjenjuje oranje u jesen, obavezno ga je obavljati pri povoljnoj vlažnosti (*slika 26*) i po mogućnosti s prstastom plužnom daskom radi smanjenja otpora tla. Dopunsku obradu u jesen treba primijeniti radi ravnjanja površine nakon oranja. Grubu površinu treba poravnati, a pogotovo je nužno utisnuti u tlo velike agregate tla. Valjak u kombinaciji s plugom u ovoj svrsi pokazao se zadovoljavajućim oruđem. Ovakva poravnata površina ima za cilj smanjiti gubitak vlage iz tla.



Slika 25. Različiti tipovi kultivatora u kombinaciji s tanjuračom (Raša)



Slika 26. Oranje diskosnim plugom u ljetnom periodu (Raša)

Predsjetvena priprema i sjetva. Ne preporučuje se dopunska obrada klasičnom tanjuračom ili teškim valjkom na suvišno vlažnim tlima. Pri vlažnom tlu je manja šteta ukoliko se koristi drljača i valjci za razbijanje gruda. Radi smanjenja štete na tlu uslijed obrade u vlažnim uvjetima moguće je koristiti kombinirana oruđa, pogotovo ako se predsjetvena obrada obavlja u kasno ljeto ili jesen. Ovo je najbolje rješenje za sve kulture gustog sklopa, međutim za širokoredne kulture (npr. kukuruz), bolje je obaviti dva odvojena prohoda za pripremu sjetve radi bržeg sušenja i zagrijavanja tla.

Ovakve preporuke za obradu teških i vlažnih tala općenita su za bilo koji način biljne proizvodnje - konvencionalnu ili za ekološku poljoprivredu. Međutim, treba uvažavati

specifičnosti ekološke poljoprivrede koja često zahtijeva usvajanje novih kombiniranih dopunskih načina obrade i njege kultura sa zahvatima navedenima u sljedećem poglavlju.

3.5. OBRADA TLA I EKOLOŠKA POLJOPRIVREDA

Gospodarenje tlima, organskom tvari i općenito plodnosti tala važan je aspekt uspješnog sustava ekološke proizvodnje. Sustavi ekološke poljoprivredne proizvodnje tradicionalno su se oslanjali na obradu prije sjetve i mehaničko suzbijanje korova nakon sjetve radi smanjenje napada bolesti, štetočinja i insekata (Kisić, 2014). Ovakvo oslanjanje na obradu radi kontrole i suzbijanja korova česti je nedostatak u ekološkim sustavima uzgoja bilja (Kisić, 2004). Intenzivna obrada tla s vremenom smanjuje količinu organske tvari, kapacitet tla za vodu i opću kvalitetu tla, dok se povećava stupanj erodibilnosti tla, podložnost zbijanju i stvaranju pokorice (Bogunovic i sur., 2018a). Ipak, kada promatramo sadržaj organske tvari i strukturu tla, postoji veliki broj istraživanja (npr. Blanco-Canqui i sur., 2017; Hondebrink i sur., 2017; Shah i sur., 2017; Lin i Hülsbergen, 2017; Seidel i sur., 2017; Seufert i Ramankutty, 2017; Sihi i sur., 2017; Suja i sur., 2017; Walmsley i Cerdà, 2017; Bliedtner i sur., 2018; Puerta i sur., 2018) koji pokazuju da ekološki sustavi biljne proizvodnje funkcioniraju normalno ili čak bolje od konvencionalnih sustava koji uključuju uporabu herbicida i ostalih agrokemikalija. Ovakva stabilnost tla u ekološkim agroekosustavima pospješena je unosom svježeg organske tvari putem organskih domaćih gnojiva, kompostom, zelenom gnojdbom, organskim nusproizvodima na ekološkim farmama te dobro osmišljenim plodoredima koji u velikoj mjeri uključuju sjetvu pokrovnih kultura i višegodišnjih djetelina. Navedene agrotehničke mjere u praksi ublažavaju negativne učinke obrade tla na strukturu i količinu organske tvari i humusa. Uobičajeno, negativni učinci obrade tla uključuju smanjenje količine organske tvari/humusa, infiltracije te povećanje otpora tla, zbijenosti i erozije.

Trendovi pokazuju da se općenito smanjuje dubina obrade tla radi manjeg narušavanja prirodne uslojenosti i vertikalne raspodjele živih organizama u tlu (Butorac, 1999). U skladu s tim, izbjegava se oranje, a obrada se svodi na pliće zahvate uz uporabu živog ili mrtvog malča i uzgoja pokrovnih kultura računajući na smanjenje zbijenosti, pokorice i

evaporacije te stabilnije strukture tla. Brige oko gubitka organske tvari korištenjem intenzivne obrade mogu se nadomjestiti pravilnijim sustavom proizvodnje koji uključuje pokrovne kulture u plodored nakon glavnih usjeva (Kisić, 2014). Pokrovni usjevi štite površinu tla većinu godine, što doprinosi prometu organske tvari u tlo te olakšava održavanje količine organske tvari, a onda i humusa, u tlu. Pored toga, korištenje nazubljenih valjaka (engl. Roller-crimpers) za pokrovne usjeve (slika 27) i teških kultivatora za biljne ostatke i suzbijanje korova također mogu pospješiti konzervaciju tla i vode.



Slika 27. Valjak s nazubljenim plaštom za uništavanje pokrovnih usjeva (izvor: scslabcu.wordpress.com)

Iskusni ekološki proizvođači umanjuju negativni učinak obrade ispravnim izborom vremena za obradu, izborom oruđa i plodoreda te praćenjem stanja tla koje se obrađuje prema zahtjevima svake pojedine kulture. Ipak, treba naglasiti da pojedini usjevi poput korjenastog povrća zahtijevaju intenzivnu obradu prilikom njihove žetve. Isti usjevi općenito ostavljaju malu količinu nadzemnih ostataka, što zahtijeva dodatnu pozornost za planiranje plodoreda i njihovo optimalno uklapanje sa usjevima koji zahtijevaju minimalnu obradu, a istovremeno ostavljaju više organskih ostataka.

Mnogi ekološki poljoprivrednici više puta obrađuju tlo tijekom sezone u usporedbi sa konvencionalnim poljoprivrednicima. To uključuje i veći broj prohoda mehanizacije po polju i više primijenjenih oruđa na tlo, što povećava zbijenost tla. Danas, ozbiljni ekološki poljoprivrednici planiraju plodorede s velikim brojem usjeva i za svakoga primjenjuju različite

načine obrade prilagođene potrebama pojedinog usjeva. Ovdje za primjer navodimo da ratarski usjevi obično zahtijevaju dobro pripremljen sjetveni sloj (mrvičasta struktura) za razliku od sadnje presadnica ili lukovičastog povrća koja se može obaviti i u manje obrađeno tlo. Međutim, višefazna obrada tla poželjna je za usjeve gustog sklopa (npr. pšenica, ječam, raž) prvenstveno radi rješavanja problema korova. Čista površina tla prije sjetve omogućava početnu prednost usjeva gustoga sklopa nad korovima. Usjevi gustoga sklopa se teško mehanički štite od korova nakon sjetve, za razliku od kultura sijanih u redove (npr. soja, kukuruz), gdje je nakon nicanja i vegetativnog porasta moguća zaštita od korova putem kultivacije ili malčiranja pa čak i obradom u trake između redova. Uobičajeno, primarna obrada tla određena je plodoredom i datumima sjetve/sadnje. Prije nego što poljoprivrednici pripreme sjetveni sloj, najprije moraju ukloniti pokrovne usjeve, siderate ili pomiješati organska gnojiva i materijale za kalcifikaciju. Vrijeme primjene sekundarne obrade uvjetovano je stupnjem zakorovljenosti površine, klimatskim uvjetima, stanjem tla i karakteristikama usjeva. Međutim, interes za konzervacijskim gospodarenjem tla koji zaobilazi klasičnu obradu prije sjetve/sadnje i gdje se koristi malč za kontrolu korova neprestano raste u inozemstvu (npr. **Peigné i sur., 2007; Mäder i Berner, 2012; Zikeli i Gruber, 2017**). Ipak, treba napomenuti da je ovakav vid ekološke proizvodnje najbolji za presadnice i povrtlarsku proizvodnju, dok je u Hrvatskoj u samim začecima na manjim površinama (**Kisić, 2014**).

Imajući u vidu svu problematiku u vezi sa obradom tla i ekološkom poljoprivredom, treba reći da se može koristiti klasična obrada plugom, ali pritom treba uvažavati zahtjeve samog tla, klime i uzgajanog usjeva. Radi negativnih procesa izazvanih oranjem, inozemna iskustva, ali i sve više domaća (**Jug i sur., 2011; Matosic i sur., 2018; Bogunovic i sur., 2018b, Bogunović i sur., 2018**) ukazuju na sve rašireniju primjenu reduciranih ili konzervacijskih sustava obrade tla. Reducirana ili konzervacijska obrada primjenjuje se do dubine 10-12 cm s tanjuračom ili teškim kultivatorom. Manji je naglasak na temeljitom miješanju biljnih ostataka s tlom, a veći je ostavljanje biljnih ostataka na površini da štite strukturu tla od kiše i ublažuju erozijske procese (**Kisić, 2015**). Ovakva strategija će normalno funkcionirati ako su ostatci prijašnjeg usjeva usitnjeni prije plitkog miješanja s tlom. Tijekom vegetacijske sezone biljni ostaci na površini potiskuju korove, istovremeno pospješuju zadržavanje vlage u tlu i smanjuju

erozijski potencijal tla (Kisic i sur., 2017b; Bogunovic i Kisic, 2017). Biljni rezidui na površini i višegodišnji unos organskih materijala rezultira vremenskim rastom razine organske tvari na površini tla. Plodnost tla raste, a uvećana je i raznolikost biološke komponente tla, što utječe na stabilnost agroekosustava u ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji. Osim tanjurače, kultivator ili podrivač može prethoditi plitkoj obradi radi uklanjanja zbijenosti i pospješivanja razvoja korijena. Primjena vertikalnog oruđa, koji ne okreće tlo povoljno će utjecati na biološku fazu tla, odnos voda-zrak i na kruženje hranjiva (Birkás i sur., 2008). Detaljno opisani postupci u odnosu na usjev/godišnje doba te primijenjeno oruđe opisani su u **odjeljku 3.4.** i mogu se primjenjivati kao općenita praktična rješenja u ekološkoj poljoprivredi.

Plodnost tla definira veći broj parametara koje možemo podijeliti na edafske (fizikalne, kemijske, biološke i ostale značajke tla), klimatske (oborine, temperature, dužinu dana i noći, broj sati sijanja sunca, itd.), geomorfološke (pozicija u reljefu, nadmorska visina, nagib, kamenitost, stjenovitost, itd.) i biotičke (korisni i štetni predstavnici flore i faune). I dok neke od ovih vrijednosti možemo detaljno utvrditi na temelju odgovarajućih analitičkih i statističkih metoda, druge ćemo uvijek morati procijeniti, uz uvažavanje prostorne varijabilnosti tla.

Osim navedenih parametara održavanje plodnosti tla na zadovoljavajućoj razini ovisi i o pravilnoj gnojidbi. Pri određivanju intenziteta gnojidbe nužno je poznavati gospodarske elemente, kao i ekonomske uvjete u okruženju (veličina i oblik površine koja se gnoji, udaljenost od gospodarstva, raspoloživost i cijenu gnojiva, raspoloživu opremu za primjenu gnojiva, udaljenost gnojene površine od vodotoka, itd.). Sama gnojidba mora biti usklađena na način da osigura potrebe usjeva ili ostalih kultura za koje se provodi. Istovremeno treba prosuditi mogućnosti tla da i samo mobilizira određene količine biljnih hranjiva, te procjenu ekonomske isplativosti primjene gnojiva u pojedinom sustavu uzgoja bilja. Danas je pri gnojidbi imperativ briga o utjecaju gnojidbe na okoliš. Ovdje navodimo da su zakonski određena (**NN 130/12**) ranjiva područja u Republici Hrvatskoj na kojima je potrebno provesti pojačane mjere zaštite voda od onečišćenja nitratima poljoprivrednog porijekla (*slika 28*). Kao što je djelomično ranije navedeno, proračun gnojidbe temelji se na podacima o rezultatima analiza tla, potrebama biljke za hranivima, cijeni i dostupnosti gnojiva, kao i prema tržišnoj vrijednosti gnojene kulture.



Slika 28. Kartografski prikaz ranjivih područja u republici Hrvatskoj (izvor: **NN 130/12**)

Za pravilan pristup u određivanju gnojidbe potrebno je poznavati značajke tla. Minimalno se to odnosi na pH vrijednost, sadržaj humusa, te sadržaj biljci pristupačnih fosfora (P_2O_5) i kalija (K_2O). Osim toga, svi ostali podatci o kemijskim, fizikalnim i mikrobiološkim značajkama, ako su raspoloživi, mogu poslužiti za korekciju izračunatih potrebnih količina gnojiva. Kako se gnojidba mineralnim gnojivima provodi svake godine, a organskim ovisno o dostupnim količinama, na gospodarstvu je potrebno voditi evidenciju o ostvarenim prinosima, primijenjenim gnojivima (vrsta, količina, datum, vrijeme i način primjene, itd.), o načinu postupanja sa biljnim ostatcima, zahvatima obrade tla, sjetvi i njezi kultura te ostalim relevantnim podacima. Iako se čini kao pretjerivanje, svaka od nabrojanih stavki ima veliku važnost prilikom određivanja razine gnojidbe. Ovdje navodimo kao primjer rezultate s vlastitih pokusa gdje pri prosječnom prinosu kukuruza $8,8 \text{ t ha}^{-1}$ suhog zrna kukuruza odnošenje fosfora putem zrna iznosi $45,2 \pm 6,9 \text{ kg ha}^{-1}$, a iznošenje putem stabljike je u prosjeku $3,5 \pm 0,4 \text{ kg ha}^{-1}$ (Mesić i sur., 2014). U slučaju kalija odnošenje iznosi $31,3 \pm 3,3 \text{ kg ha}^{-1}$.

ha⁻¹ putem zrna, te 59,9 ± 12,8 kg ha⁻¹ putem biljne mase (Mesić i sur., 2014). S obzirom na ovako velike gubitke hranjiva putem zrna, odnosno stabljike, zanemarivanje iznesenih količina hranjiva dovodi do pogrešnih odluka pri gnojidbi i posljedično dugoročnog pada plodnosti tla. S obzirom na suvremene zahtjeve u zaštiti okoliša, svako poljoprivredno gospodarstvo mora biti u stanju prikazati sljedeće:

Proračun (bilanca) hranjiva

Proračun glavnih biljnih hranjiva, dušika, fosfora i kalija na razini gospodarstva potrebno je voditi posebno za organska, a posebno za mineralna gnojiva i to tako da se s jedne strane prikazuje unošenje, a s druge iznošenje hranjiva prinosom usjeva. Prekomjerna primjena organskih i mineralnih gnojiva na nekoj površini može dovesti do problema eutrofikacije (Lončarić i sur., 2014), zakiseljavanja (Mesić, 2001; Mesić i sur., 2007a), onečišćenja tla i vode (Mesić i sur., 2007b; Zgorelec i sur., 2007), dok preniske količine hranjiva uvjetuju osiromašenje tla i smanjenje njegove plodnosti (iscrpljivanje ili «rudarenje» tla – „soil mining“) (Šestak i sur., 2014).

Prinosi usjeva

Dugoročno praćenje prinosa usjeva osigurava informacije o biološkom kapacitetu proizvodnosti nekog tla, te podatke za prognozu stabilnosti uzgoja bilja na nekom tlu. Podatci koje je potrebno prikupiti su prinos kultura po hektaru, te raznolikost prinosa na gospodarstvu, prikazana minimalno kroz srednju vrijednost i standardnu devijaciju. Isto tako, za svaku kulturu potrebno je prikazati i način postupanja sa biljnim ostacima. Postupanje s biljnim ostacima je važan podatak za pravilan izračun gnojidbe u plodoredu. Potrebe svake kulture za hranivima poznate su, pa se ti podatci uglavnom uzimaju iz unaprijed pripremljenih tablica.

Gospodarenje gnojivima i način njihove primjene

Promjene u okolišu uvjetovane ispiranjem i volatizacijom hranjiva ne ovise samo o količini primijenjenih gnojiva, već i o cjelokupnom stanju agroekosustava. Način i vrijeme primjene, čuvanje gnojiva i sama tehnologija primjene, također mogu presudno utjecati na učinkovitost gnojidbe odnosno na gubitke hranjiva (Bašić i Herceg, 2010). Ovi problemi posebno su izraženi kod spremanja i primjene tekućeg stajskog gnoja.

Emisija stakleničkih plinova (CO_2 , CH_4 , N_2O) podrijetlom iz poljoprivrede značajno utječe na globalno zagrijavanje (Mesić i sur., 2006; Zgorelec i sur., 2013). Sektor poljoprivrede javlja se kao izvor emisija: pri korištenju mineralnih i organskih gnojiva, izgaranjem fosilnih goriva i držanjem stoke (UNEP, 2014). Istovremeno, u biljnoj masi usjeva, biljnim ostatcima i u organskoj tvari tla nalaze se vezane velike količine ugljika koji se otpuštaju u obliku ugljikova dioksida (CO_2) u atmosferu (Bilandžija i sur., 2016). Emisija plinova koji uzrokuju zakiseljavanje odnosi se na stočarstvo, primjenu gnojiva, spaljivanje ostataka, i potrošnju fosilnih goriva pri čemu se u atmosferu oslobađaju sumporni dioksid (SO_2), dušikovi oksidi (NO_x) i amonijak (NH_3).

Za sve navedene točke u osnovi se koriste isti ulazni podatci. Primjena gnojiva na razini gospodarstva uvjetovana je ukupnim socijalnim, ekonomskim i ekološkim uvjetima nekog područja.

4.1. MAKRO I MIKRO ELEMENTI

S obzirom na potrebne količine pojedinih elemenata potrebnih za normalan razvoj usjeva biljna hranjiva se dijele na

Makroelemente – dušik (N), fosfor (P), kalij (K), kalcij (Ca), magnezij (Mg) i sumpor (S)

Mikroelemente – željezo (Fe), mangan (Mn), cink (Zn), bakar (Cu), bor (B), klor (Cl), molibden (Mo) i nikal (Ni)

Zadaća gnojidbe, prema konceptu održivog gospodarenja tlom, treba biti očuvanje, ili podizanje prirodne plodnosti tla na višu razinu. Međutim, gnojidba kao zahvat provodi se s ciljem realizacije visokih i stabilnih prinosa kultura koje se uzgajaju na nekom gospodarstvu. S obzirom da svaki makroelement kruži u prirodi (najveći dio se odvija u tlu), za određivanje optimalne gnojidbe potrebno je poznavati, ili barem procijeniti sposobnost tla da osigura određeni intenzitet uzgoja biljaka. Naime, tla mogu osigurati različite količine makro i mikro

elemenata i bez gnojidbe. Ne ulazeći detaljno u prirodu adsorpcijskog kompleksa tla, minimalno je potrebno komentirati sadržaj humusa u tlu, kao važan čimbenik plodnosti tla, najvećim dijelom zaslužan za dinamiku dušika i sumpora u tlu (Zgorelec i sur., 2012), a dijelom i za dinamiku fosfora, te pH vrijednost tla (Jurisic i sur., 2008). Sadržaj humusa i pH vrijednost tla presudno utječu na prirodnu plodnost tla, ali i na potrebu primjene gnojiva u različitim agroekološkim uvjetima i u različitim sustavima uzgoja biljaka.

4.1.1. ZNAČAJ HUMUSA – ORGANSKE TVARI TLA NA DINAMIKU MAKRO I MIKROELEMENTATA

Intenzivna obrada tla obično dovodi do smanjenja sadržaja humusa u usporedbi s prirodnim stanjem (Guo i Gifford, 2002). Razlozi za to su višestruki. Oranjem se humusno-akumulativni horizont često miješa, pri čemu se humus akumuliran pod vegetacijom raspoređuje u tlu na većoj dubini (Butorac, 1999). Osim toga, dugogodišnje oranje utječe i na promjenu fizikalnih, mikrobioloških, i naposljetku kemijskih procesa (Birkás i sur., 2008), koji u mekoti kroz duže vremensko razdoblje dovode do ubrzane mineralizacije humusa, a njegovo nakupljanje ovisi o plodoredu (Reeves, 1997), prakticiranim postupcima sa žetvenim ostacima (Birkás i sur., 2008), podneblju (Burke i sur., 1989), mikrobiološkoj aktivnosti tla (Bending i sur., 2002), itd.

Važnost humusa ogleda se kroz fizikalne, kemijske i mikrobiološke procese u tlu. Ako je riječ o fizikalnim značajkama tla, potrebno je naglasiti da humus u mehanički teškim tlima povećava vodopropusnost, a u mehanički lakšim kapacitet tla za vodu (Butorac, 1999). Mikrobiološki i kemijski procesi u tlu, osim što su također povezani s fizikalnim značajkama tla, značajni su i za transformaciju dušika, fosfora, sumpora, te većine mikroelemenata, pri čemu je uloga humusa vrlo kompleksna. Kruženje navedenih biogenih elemenata u tlu podrazumijeva i njihovo vezanje u organskoj tvari tla, te njihovu mineralizaciju pod utjecajem aktivnosti mikroorganizama. Zbog značaja dušika kao biljnog hranjiva često se prirodna plodnost nekog tla u velikoj mjeri određuje prema količini ovog elementa koju neko tlo može

osloboditi procesom mineralizacije organske tvari (Mesić i sur., 2016). Sadržaj humusa u tlu tumači se prema kriterijima prikazanim u TABLICI 13.

TABLICA 13. Ocjena humoznosti tla prema Gračaninu (Škorić, 1992)

Oznaka	Sadržaj humusa u tlu (%)
Jako slabo humozno	< 1
Slabo humozno	1 – 3
Dosta humozno	3 – 5
Jako humozno	5 – 10
Vrlo jako humozno	> 10

Korištenjem poljoprivrednog tla, sadržaj humusa u oraničnom horizontu se smanjuje (Bogunovic i sur., 2018a). Dobra usporedba razlika u sadržaju organske tvari unutar prirodnih (šumskih) i kultiviranih (poljoprivrednih) tala istog tipa prikazana je u monografiji Tla u Hrvatskoj (Martinović, 2000). Za bioklimat hrasta kitnjaka i običnog graba (područje nizine umjerene kontinentalne klime) u površinskom sloju tla utvrđeno je smanjenje sadržaja humusa u poljoprivrednim tlima u rasponu od 50 % do 60 % u odnosu na prirodni sadržaj u šumskim tlima istog tipa. Za luvisol je to smanjenje oko 58 %, za pseudoglej oko 51 %, a za eutrično smeđe tlo oko 60 %. Za bioklimat hrasta medunca i bjelograba (područje utjecaja mediteranske klime) sadržaj humusa smanjen je u crvenici korištenoj za oraničnu proizvodnju za prosječno 32 %, a u onoj korištenoj za vinograd 37 %. Kod kalkokambisola je to smanjenje u slučaju oranične površine oko 31 %, a u slučaju vinograda oko 50 %.

Zbog ekonomskih uvjeta i favoriziranja sjetve tzv. „ekonomskih kultura“ koje danas u poljoprivredi određuju strukturu plodoreda, nema posebno velikih mogućnosti za uzgoj višegodišnjih djetelinsko-travnih smjesa koje mogu trajnije utjecati na povećanje sadržaja humusa u tlu. Primjena organskih gnojiva, međutim, ne može se u potpunosti povezati s gospodarenjem humusom, jer je istraživanjima utvrđeno da ni redovita intenzivna gnojidba organskim gnojivima ne može utjecati na značajnije povećanje sadržaja humusa u tlu (Kisić i sur., 2004). Ipak, redovita primjena organskih gnojiva vrlo je značajna za plodnost tla, preko podizanja sadržaja organske tvari u tlima i poboljšanja strukture tla (Hati i Bandyoopadhay, 2011). Održivo gospodarenje tлом također podrazumijeva i održavanje razine organske tvari tla, koja se dugoročno ne bi smjela smanjivati.

4.1.1.2. ZNAČAJ pH VRIJEDNOSTI TLA NA DINAMIKU MAKRO I MIKROELEMENATA

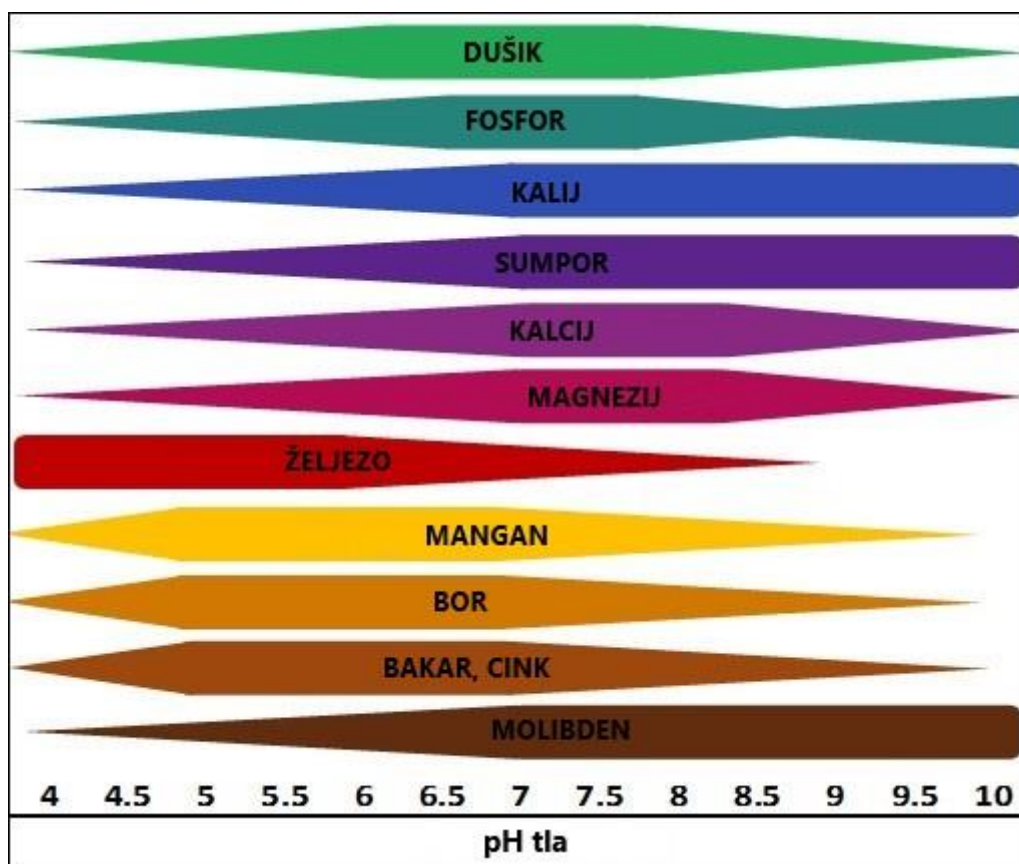
Kakvo je neko tlo prema vrijednosti reakcije tla (kiselost, neutralno ili alkalno), određeno je usporednim koncentracijama H^+ i OH^- iona u otopini tla. Kod pH vrijednosti 7 u otopini se nalazi jednaka koncentracija H^+ i OH^- iona. Prema definiciji pH je negativni logaritam koncentracije H^+ iona. U Hrvatskoj se za određivanje pH vrijednosti tla najčešće koristi suspenzija u vodi, $CaCl_2$ -u ili u KCl-u. Određivanje pH vrijednosti tla u vodi provodi se da se utvrdi aktualna kiselost, dok se određivanje u $CaCl_2$ i KCl-u koristi za određivanje izmjenjive kiselosti, koja nam pruža neposredan uvid u stanje adsorpcijskog kompleksa tla (Vukadinović i Vukadinović, 2011). Kriteriji za vrednovanje reakcije tla za određivanje u KCl-u i $CaCl_2$ prikazani su u TABLICI 14.

TABLICA 14. Ocjena reakcije tla

pH vrijednost (u KCl-u i $CaCl_2$)	Reakcija tla
<4,5	Jako kisela
4,5 – 5,5	Kisela
5,5 – 6,5	Slabo kisela
6,5 – 7,2	Neutralna
7,2 – 7,7	Slabo alkalna
> 7,7	Alkalna

Kiselost tla bitno utječe na dinamiku hranjiva i proces mineralizacije organske tvari tla. Prema Foyu (1984) pH vrijednost tla određuje vrstu, broj i aktivnost mikroorganizama uključenih u procese transformacije organske tvari, a korekcijom pH vrijednosti utječe se i na bolje usvajanje dušika, fosfora, sumpora i mikroelemenata od strane korijenja viših biljaka. Ukoliko je kiselost tla ispod pH 5,5, gljive su najaktivniji razlagači, na prvom mjestu zbog nedostatka kompeticije uvjetovane prisustvom drugih, osjetljivijih mikroorganizama. U slučaju porasta pH preko 6,0 aktinomicete i bakterije postaju najzastupljeniji razlagači organske tvari, premda i ovi mikroorganizmi imaju različite optimume za razmnožavanje s obzirom na kiselost tla (Lauber i sur., 2009). Za proces amonifikacije pH tla nije toliko presudan kao za nitrifikaciju koja je znatno reducirana ukoliko je pH ispod 6,0 ili iznad 8,0. Proces nitrifikacije pri pH ispod 4,5 praktički je zaustavljen (Dancer i sur., 1973). Nadalje, u većini

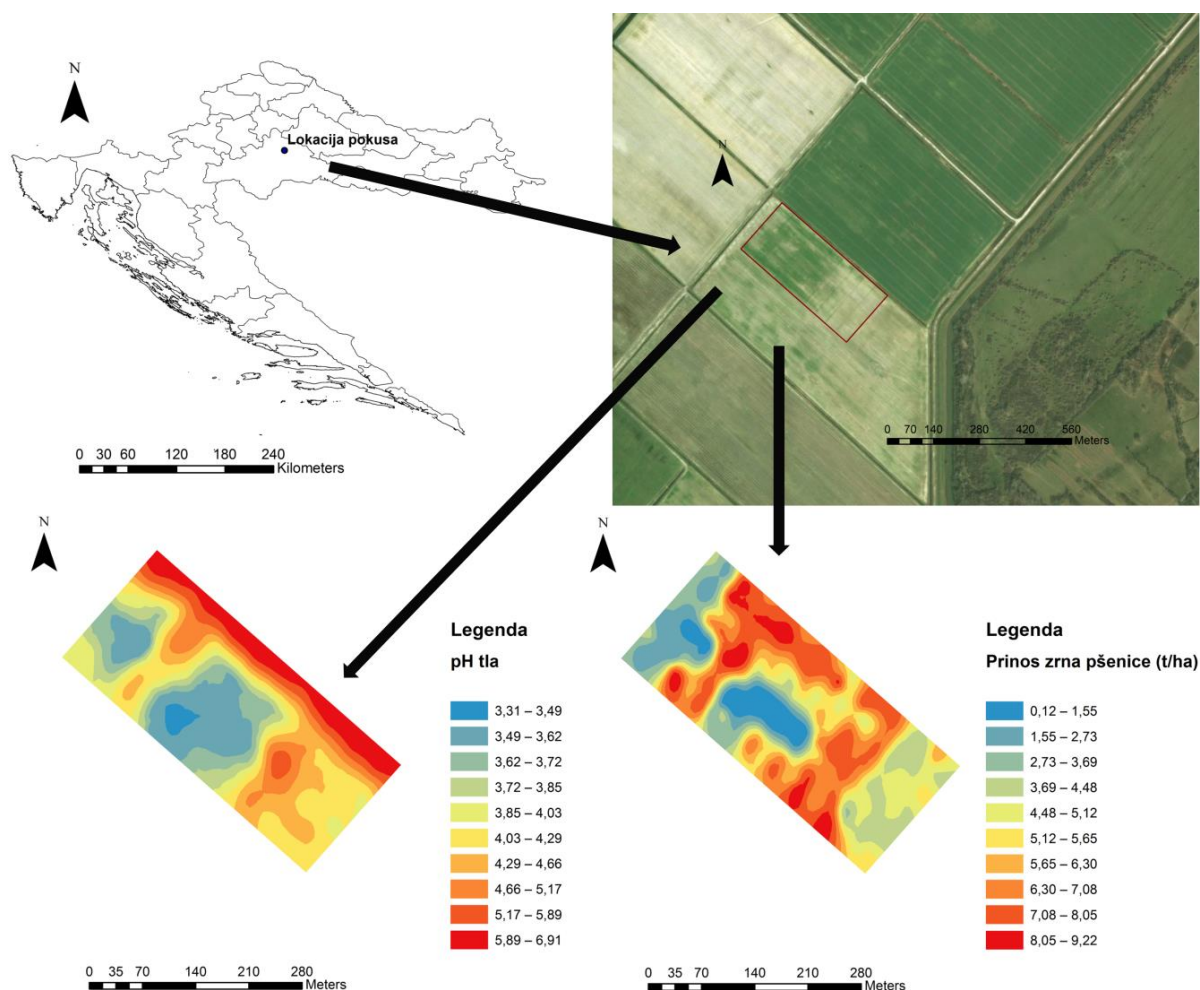
mineralnih tala jedna polovica do dvije trećine ukupnog fosfora je u organskoj formi. Najveći dio organski vezanog fosfora potječe iz mase uginulih mikroorganizama i da bi postao pristupačan biljkama mora proći fazu mineralizacije (Zgorelec i sur., 2013). Pristupačnost sumpora sadržanog u organskoj tvari također ovisi o intenzitetu i brzini mineralizacije (Zgorelec i sur., 2012). Naposljetku, mikroorganizmi tla utječu na topivost i oksidaciju mangana, cinka, bakra, aluminija i molibdena (slika 29).



Slika 29. Utjecaj pH na pristupačnost hranjiva

Na kiselim tlima rast biljaka ograničavaju specifični čimbenici kemijske prirode, kao i interakcijsko djelovanje tih čimbenika. To su na prvom mjestu povećanje koncentracije vodikovih, aluminijevih i manganovih iona do toksičnih granica, smanjenje koncentracije magnezija, kalcija i kalija, te smanjenje topivosti fosfora i molibdena. Kao posljedica javlja se inhibicija rasta korijena i pojačano ispiranje hranjiva iz tla (Mesić i sur., 2011).

Kiselost tla utječe na prinos, a samim tim i na iskorištenje gnojiva. Dobar primjer utjecaja suviše kiselosti tla vidljiv je na primjeru rezultata višegodišnjeg pokusa s gnojidbom dušikom provedenim u blizini Popovače (Mesić i sur., 2012). Na slici 30 prikazan je utjecaj pH vrijednosti tla na prinos ozime pšenice u 2012. godini. Stroga prostorna negativna korelacija prinosa zrna pšenice s razinom kiselosti tla potvrđuje snažnu ovisnost rezultata uzgoja bilja o ovom čimbeniku tla. Najvažniji utjecaj sadržaja humusa i pH vrijednosti tla vidljiv je upravo u dinamici dušika. U jako kiselom tlu nema uvjeta za jaču mineralizaciju organske tvari, zbog nepovoljnih uvjeta za život mikroorganizama, javljaju se toksične koncentracije mobilnog aluminija (Mesić, 2001), te se biljke ne mogu normalno razvijati. U prikazanom primjeru vidljiv je presudan utjecaj pH vrijednosti na prinos ozime pšenice, a samim tim i na iskorištenje dušika primijenjenog u gnojidbi (Vuković i sur., 2008).



Slika 30. Prostorni prikaz pH vrijednosti tla i prinosa ozime pšenice 2012. godine, Potok (Hrvatska)

4.1.3. GLAVNA BILJNA HRANJIVA, DUŠIK, FOSFOR I KALIJ

Uobičajena gnojidba kakva se prakticira u većini poljoprivrednih gospodarstava u Hrvatskoj podrazumijeva primjenu dušičnih, fosfornih i kalijevih gnojiva. Bez obzira da li je u pitanju primjena organskih, mineralnih ili organsko-mineralnih gnojiva, potrebno je poznavati i status hranjiva u tlu. Za dušik se primjenjuju granične vrijednosti prikazane u TABLICI 15.

TABLICA 15. Ukupni dušik po Woltmannu, prema % sadržaja dušika u tlu (Škorić, 1982)

Oznaka	% N u tlu
Tlo vrlo bogato dušikom	> 0,3
Bogato tlo dušikom	0,3 – 0,2
Dobro opskrbljeno dušikom	0,2 – 0,1
Umjereno opskrbljeno dušikom	0,1 – 0,06
Siromašno tlo dušikom	< 0,06

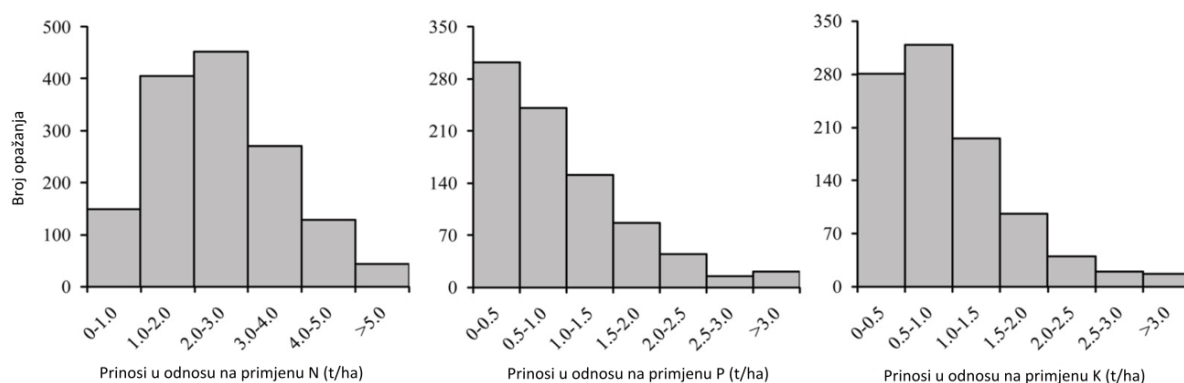
Sam podatak o ukupnom sadržaju dušika u tlu ne govori puno o potrebi gnojidbe, posebno ako se promatra izvan konteksta ostalih parametara plodnosti tla. Ipak, dušik, kao vodeće biljno hranivo zauzima posebno mjesto u problematici određivanja gnojidbe za neku poljoprivrednu kulturu, jer jako utječe na prinos i kakvoću uroda. Mnogobrojni poljski pokusi u agroekološkim uvjetima Hrvatske to su i dokazali (Mesic i sur., 2007, 2017; Šestak i sur., 2014). Tako se količine dušika koje može osigurati tlo najčešće procjenjuju, a razlika u odnosu na potrebe kulture dodaje se gnojidbom. Ako dušika za potrebe biljke nema dovoljno, prinos će se smanjivati proporcionalno deficitu dušika. S druge strane, ako dušika u tlu ima previše, daljnji pozitivni utjecaj na prinos će izostati, a može se pojaviti i negativni. Zato je pravilna primjena dušika vrlo važna, pri čemu treba naglasiti da je iskorištenje dušika dodanog gnojidbom ukupno vrlo mala.

Za određivanje biljci pristupačnih količina fosfora i kalija u tlu u većini slučajeva u Hrvatskoj se koristi amonij – laktat (AL) metoda prema Egner-Riehm-Domingu (Egner i sur., 1960), za koju vrijede granične vrijednosti prema pojedinim skupinama opskrbljenosti biljci pristupačnim fosforom i kalijem, prikazane u TABLICI 16.

TABLICA 16. Opskrbljenost tla fosforom i kalijem prema AL-metodi

Razred opskrbljenosti tla	Grupa	mg u 100 g tla	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
Vrlo slaba	VI	0 – 5	0 – 5
Slaba	V	5,1 – 10,0	5,1 – 10,0
Umjerena	IV	10,1 – 15,0	10,1 – 15,0
Dobra	III	15,1 – 20,0	15,1 – 20,0
Bogata	II	20,1 – 25,0	20,1 – 25,0
Vrlo bogata	I	> 25	> 25

Potrebu za gnojidbom fosforom i kalijem, moguće je odrediti temeljem kemijskih analiza tla, potreba biljke, dostupnosti gnojiva, uz uvažavanje ekonomske logike o cijenama gnojiva, te vrijednosti samog prinosa. Što je tlo slabije opskrbljeno fosforom i kalijem, to će reakcija biljke na gnojidbu ovim hranivima biti jače izražena. Problem je što se već kod umjerene, a ponekad već i kod slabe opskrbljenosti tla fosforom i kalijem ne mogu vidjeti tako izraženi rezultati primjene gnojiva, kao što je to slučaj s gnojidbom dušikom. Naime, krivulja prinosa za fosfor i kalij bitno je drugačija nego krivulja prinosa za dušik (slika 31).



Slika 31. Frekvencijska distribucija prinosa riže na primjenu dušika (N), fosfora (P) i kalija (K). Preuzeto i prilagođeno iz Xu i sur. (2017)

4.1.3.1. DUŠIK

Dušik ulazi u poljoprivredno tlo depozicijom iz atmosfere, s primijenjenim gnojivima, u vodi za navodnjavanje, dodatkom sjemena i putem fiksacije N_2 . Kao najvažnije biljno hranjivo, dušik se često primjenjuje u velikim količinama na poljoprivrednim površinama, u cilju održanja optimalnih prinosa. Dušik je esencijalni hranjivi element i za biljke i za životinje, vitalna sastavnica aminokiselina, proteina i nukleinskih kiselina. Na primjer, na bazi suhe tvari, biljni materijal sadrži 2 - 4 % dušika i 40 % ugljika. Premda dušik čini 78,1 % mase atmosfere i značajna je komponenta svih tala, često predstavlja veliko ograničenje za rast biljaka. To se događa zato jer samo leguminozne vrste (grah, djetelina, soja, itd.) imaju mogućnost fiksirati vrlo stabilan i nepristupačan biljkama dušik iz atmosferskog dušika (N_2) putem simbiotske veze sa specijaliziranim organizmima (*Rhizobia*) koji koloniziraju njihovo korijenje. Dušik u tlo ulazi i putem atmosferske depozicije u područjima pod utjecajem visokih razina industrijskog onečišćenja. Također, većina dušika sadržanog u tlu vezana je u masi organske tvari tla, i nije izravno dostupna biljkama. Određene količine biljci raspoloživog dušika oslobađaju se tijekom mineralizacije organske tvari tla, ali te su vrijednosti različite vrlo varijabilne u vremenu i prostoru. Mikrobiološkom razgradnjom organske tvari tla dolazi do oslobađanja dušika iz različitih organskih dušičnih spojeva u obliku amonijaka (amonifikacija) koji je zatim pristupačan biljkama. Biljke su u kompeticiji sa mikroorganizmima u tlu za raspoloživ dušik u tlu, a pogotovo u zoni blizu njihovog korijenja. U povoljnim uvjetima za mineralizaciju dušika, kada ima dovoljno vode, topline, zraka i hrane za mikroorganizme, što je kod nas najčešće u kasno proljeće i u ranu jesen, dinamika dušika vrlo je brza, te se mikrobiološka aktivnost naglo pojačava i povećava potražnju za dostupnim dušikom. Upravo radi ove kompeticije je bitan odnos ugljika (C) i dušika (N) u tlu (TABLICA 17). Jedan dio dušika koriste mikroorganizmi za vlastiti rast i metabolizam, drugi dio koriste biljke za svoje potrebe, dok je ostatak, ukoliko se ne iskorištava putem korijenovog sustava biljaka, podložan gubicima ispiranjem kroz površinske slojeve tla. Biljke općenito usvajaju dušik iz otopine tla u obliku nitratnih iona (NO_3^-) ili amonijevih iona (NH_4^+), a neke biljke iz otopine tla mogu usvojiti male organske dušične spojeve poput aminokiselina.

Osim u pojedinim prirodnim sustavima, u kojima je opskrba tla dušikom u ravnoteži sa zahtjevima biljaka, većina će usjeva povećati rast ukoliko se osigura dodatni dušik. Kako bi se osiguralo da raspoloživost dušika u biljci ne ograničava prinose, dušik se uglavnom dodaje poljoprivrednim kulturama kao anorgansko gnojivo, ili u organskim oblicima (stajski gnoj, gnojovka). U razvijenim zemljama, u kojima se postižu visoki prinosi kultura i gdje su lako dostupni komercijalni izvori dušika, uobičajeni su godišnji razmjeri gnojidbe od 200 kg N ha⁻¹ za žitarice do 400 kg N ha⁻¹ za neke krmne kulture. Ostatak dušika koji nije imobiliziran mikroorganizmima, ili iskorišten od strane biljaka, potencijalni je izvor onečišćenja okoliša. Ipak, onečišćenje pretjeranom uporabom dušika (nitratima) poljoprivrednog porijekla danas je zakonski regulirano (NN 60/17) o čemu se više govori na stranici 73.

TABLICA 17. Odnos ugljika i dušika (CN odnos) u tlu i njegovo značenje na mikrobiološke procese (izvor: Kisic i sur., 2017c)

Odnos CN	Ocjena
CN > 25	Vrlo visok - biljke su limitirane dušikom, imobilizacija dušika, mikroorganizmi potroše dušik za svoju rast i metabolizam, razgradnja organske tvari je prespora
CN 10 - 15	Optimalan - razgradnja organske tvari je optimalna, mineralizacija dušika optimalna, dovoljno dušika u tlu i za mikroorganizme i za biljke
CN < 8	Vrlo nizak – prebrza mineralizacija organske tvari i njezino nepotrebno trošenje, previše dušika u tlu

Onečišćenje nitratima u vodi za piće već se godinama smatra opasnim za ljudsko zdravlje, premda novija medicinska istraživanja naglašavaju manjkavost dokaza za neke prethodno iznijete tvrdnje o štetnosti nitrata. Kao zagađivač okoliša, NO₃⁻ uzrokuje eutrofikaciju površinskih voda (Siddiqi i sur., 1998). Danas su poljoprivrednici u mnogim područjima razvijenih zemalja pravnim i zakonskim aktima prisiljeni da smanje intenzitet gnojidbe dušikom. Dostupan je veliki broj postupaka u gospodarstvu kako bi se reducirali gubici dušika sa gospodarstva ili farme. Mogućnosti se temelje na pravilnoj primjeni dušičnih gnojiva i reciklaži dušika unutar poljoprivrednih sustava. Ovakva rješenja iziskuju potrebu za vođenje brige o bilanci dušika za razini gospodarstva (Kolarević, 2016). U pojedinim područjima već su prisutne restrikcije za primjenu dušičnih gnojiva na poljoprivredne površine. Ključ budućeg napretka u takvim područjima je razvoj održivih sustava gospodarstva koji osiguravaju prihvatljive prinose, uz minimalno onečišćenje okoliša.

Anorganski oblici dušika koji su reaktivni i prema tome potencijalni polutanti, stvaraju probleme samo ukoliko su prisutni na krivom mjestu, ili u suvišku naspram lokalnih potreba. U kontekstu onečišćenja vode, oblici reaktivnog dušika poznatih utjecaja su amonijak (NH_3) (koji disocira do NH_4^+), te nitritni (NO_2^-) i nitratni ion (NO_3^-). Amonijev ion (NH_4^+) veže se za negativne naboje minerala gline i organske tvari tla, pa je stoga relativno nepokretan i neopasan. Međutim, ponekad može dospjeti u površinske vode, posebice u slabo strukturiranim tlima podložnim eroziji (Kisić, 2015).

Nitrit je međuprodukt u procesu nitrifikacije. Ima kratko vrijeme stabilnosti, te, prema tome, obično ne predstavlja problem. Nitritni ion je vrlo reaktivan, toksičan za vodeni život i obično prisutan u tlima i vodama samo u malim količinama. Maksimalna prihvatljiva koncentracija u pitkoj vodi iznosi $0,5 \text{ mg L}^{-1}$, dok su maksimalne dozvoljene količine NO_3^- 50 mg L^{-1} , a NH_4^+ $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ (NN 125/17).

Prelazak NH_4^+ u prijelazni međuprodukt NO_2^- , a zatim u NO_3^- (nitrifikacija) odvija se zbog rada nitrifikacijskih bakterija i ključni je proces koji definira dinamiku dušika u tlu. Nitratni ion je relativno stabilan, vrlo topljiv i zbog svog negativnog naboja ne veže se na površini adsorpcijskog kompleksa tla. Zbog toga ostaje jako mobilan i podložan ispiranju.

4.1.3.2. FOSFOR

Fosfor je jedan od najoskudnijih biogenih makroelemenata u smislu njegove pristupačnosti u terestričkim ekosustavima. U prirodnim ekosustavima fosfor kruži na način koji se bitno razlikuje od kruženja u poljoprivrednim ekosustavima. Usporedno s ostalim makro hranjivima, koncentracija fosfora u otopini tla je vrlo niska, uglavnom od $0,001 \text{ mg l}^{-1}$ u vrlo neplodnim tlima do 1 mg l^{-1} u bogatim, plodnim i/ili dobro gnojnim tlima (Brady i Weil, 2010). Korijenje biljaka apsorbira fosfor otopljen u otopini tla, uglavnom u obliku fosfatnih iona (HPO_4^{2-} u alkalnim tlima i H_2PO_4^- u kiselim tlima). Jednom oslobođen u otopini tla, fosfatni ion mora difuzijom doći do korijena biljke kako bi ga biljka mogla apsorbirati. Biljka također prima i neke topive organske spojeve fosfora.

Fosfor u tlima dolazi u organskom i anorganskom obliku, a oba oblika fosfora se javljaju u tlu i oba predstavljaju biljkama važne izvore ovog elementa. Organsku frakciju obično čini 20 do 80% ukupnog fosfora u površinskim horizontima tla. Dublji horizonti tla mogu sadržavati velike količine anorganskog Ca-fosfata, naročito u tlima aridnih i semiaridnih područja.

Organski fosfor u tlu podliježe mineralizaciji i imobilizaciji. Imobilizacija topivog fosfora najvjerojatnije da će se javiti ako rezidue dodane tlu imaju C:P omjer veći od 300:1, dok se mineralizacija najvjerojatnije javlja ako je C:P omjer manji od 200:1. Mineralizacija organskog fosfora u tlu većinom je pod snažnim utjecajem temperature, vlage i obrada tla (Brady i Weil, 2010). Anorganski spojevi fosfora (većinom spojevi Ca-fosfata) postaju topljiviji kako se pH tla snižava, međutim prilično su stabilni i netopivi pri višim pH vrijednostima i kao takvi postaju dominantni oblici anorganskog fosfora prisutni u neutralnim i alkalnim tlima.

Od uobičajenih kalcijevih spojeva koji sadrže fosfor, mineral apatit najmanje je topiv i samim time najmanje dostupni izvor fosfora. Jednostavniji mono- i dikalcijevi fosfati su odmah dostupni za biljku. Ovi spojevi su prisutni isključivo u izrazito malim količinama jer se lako vrata u manje topive oblike, osim na nedavno gnojenim tlima. Za razliku od kalcijevih fosfata, željezni i aluminijski hidroksi-fosfatni minerali, strengit ($\text{FePO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) i variscit ($\text{AlPO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$), slabo su topivi u teško kiselim tlima, međutim njihova topljivost proporcionalno raste s pH vrijednosti tla.

Aktivnost fosfora u otopini tla najveća je kod pH 5,5 (u KCl-u), a iznad i ispod te vrijednosti se smanjuje (Mesić, 2011). Povećanje pH vrijednosti preko 6,0 može rezultirati smanjenjem koncentracije fosfora u otopini tla uslijed stvaranja netopivih kalcijevih fosfata. U kiselim uvjetima dolazi do stvaranja aluminijskih i željeznih fosfata, koji su biljkama nepristupačni.

Učinak kalcifikacije na pristupačnost fosfora ovisi o kombinaciji pH vrijednosti i sadržaju fosfora u tlu. U uvjetima niskog pH tla pri kojem su prisutni slobodni ioni aluminijski, kalcifikacija tla koja bi dovela pH do razine 6,0 ili 6,5 povećat će pristupačnost apliciranih fosfornih gnojiva (Butorac, 1999).

Iz poljoprivrednih tala fosfor se kontinuirano iznosi prinosom, a količina iznošenja se mora pratiti, te se prema potrebi mora nadomjestiti gnojidbom. Ovdje kao primjer navodimo iznošenje fosfora putem zrna tijekom žetve. U vlastitim istraživanjima provedenim na tlima u okolici Popovače, Vinkovaca i Vukovara iznošenje fosfora zrnom iznosi $45,2 \pm 9,8 \text{ kg ha}^{-1}$ (prinos kukuruza $7,0 \text{ t ha}^{-1}$), $32,9 \pm 1,0 \text{ kg ha}^{-1}$ (prinos kukuruza $8,8 \text{ t ha}^{-1}$) i $52,5 \pm 4,6 \text{ kg ha}^{-1}$ (prinos kukuruza $9,6 \text{ t ha}^{-1}$).

4.1.3.3. KALIJ

Dinamika kalija u tlu, kao biogenog makroelementa, važna je za normalan razvoj i rast biljaka. Dobra opskrbljenost kalijem povećava prinos usjeva (Butorac i sur., 2005), međutim mogućnost i intenzitet fiksacije u nekom tlu ovisi o sadržaju i sastavu gline. Biljke usvajaju kalij iz otopine tla u obliku K^+ iona. Jednom oslobođen u otopinu tla, K^+ ion mora difuzijom doći do korijena biljke kako bi ga biljka mogla apsorbirati.

Gubici i iznošenje kalija iz poljoprivrednih tala uvjetovani su brojnim čimbenicima, gnojidbom, tipom tla, njegovim mehaničkim sastavom, vrstom i zastupljenošću pojedinih skupina sekundarnih minerala gline, kulturom i visinom prinosa i dr. Na teksturno lakšim tlima mogu se očekivati veći gubici kalija ispiranjem pri usporedbi s tlima težeg mehaničkog sastava. Prema podacima iz literature, Resulović i Savić (1982) navode gubitak od $1,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, Šestić i sur. (1989) $6,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, dok je u vlastitim istraživanjima utvrđen gubitak kalija od $2,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ s vodom iz drenskih cijevi, te $1,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ s vodom iz lizimetara (Mesić i sur., 2012). Amberger i Schweiger (1978) utvrdili su godišnji gubitak kalija u rasponu od 8,4 do $33,6 \text{ kg ha}^{-1}$. Na temelju ovih rezultata moguće je pretpostaviti da ispiranje kalija iz poljoprivrednih tala u Hrvatskoj nije posebno značajno, posebno ako se uvaži intenzitet gnojidbe ovim elementom.

Iznošenje kalija prinosom može biti znatno kod kultura koje su poznate kao veliki potrošači kalija (npr. šećerna repa ili krumpir), a pitanje osiguranja dovoljnih količina kalija može biti značajno kod teških tala u kojima može doći do fiksacije kalija u međulamelarnim prostorima gline.

4.2. PREDNOSTI PRIMJENE ORGANSKIH GNOJIVA

Temelj za ekološku poljoprivredu su upravo domaća ili organska gnojiva. Tradicionalno je to bio miješani kruti stajski gnoj, nastao čišćenjem staja, ali i odlaganjem ostalog organskog otpada iz domaćinstva. Ovisno o broju i vrsti domaćih životinja, kao i o vrsti i količini stelje, te načinu spremanja gnoja, sadržaj hranjiva u gnoju znatno varira. Ako nisu dostupni rezultati kemijskih analiza stajskog gnoja (točnih podataka koncentracije pojedinog hranjiva u gnoju) u prosjeku, računa se da kruti stajski gnoj sadrži 0,5 % dušika, 0,25 % fosfora, te 0,5 – 0,7 % kalija, te 20 % organske tvari.

Aplikacija krutih organskih gnojiva povezana je s brojnim promjenama do kojih dolazi u tlu. Pozitivna iskustva s aplikacijom krutoga stajskog gnoja na kemijski kompleks objavili su brojni istraživači. **Yagodin (1984)** navodi da kontinuirana primjena krutih organskih gnojiva poboljšava kemijska svojstva tla, povećava sadržaj humusa, mikrobiološku aktivnost, a također je prisutan pozitivan utjecaj na vodo-zračne odnose u tlu. Nadalje, povećava se kapacitet za zamjenu baza i stupanj zasićenosti adsorpcijskog kompleksa bazama (Ca, Mg, K), dok se kiselost polako smanjuje, kao i količina mobilnog aluminijskog, željeza i mangana. **Butorac i sur. (1988)** ističu da je primjena organskih gnojiva jedan od načina uklanjanja suvišne kiselosti tla, prvenstveno zahvaljujući mehanizmu antitoksičnog djelovanja. Taj mehanizam aktivira se u jačoj mjeri tek pri višegodišnjoj intenzivnoj primjeni organskih gnojiva, kad organske kiseline sadržane u organskom gnoju blokiraju aluminij, bakar i druge elemente u obliku teško topivih organskih spojeva, a organske kiseline stvaraju helate s metalima. Uz spomenuti učinak organskih kiselina na smanjenje toksičnosti aluminijskog, mangana i drugih elemenata, one imaju i druge tvari iz organskih gnojiva, poput antagonističkih elementa (P, Ca, Mg, S, Si), koji također imaju utjecaja u suzbijanju toksičnosti.

Obzirom da su u danas u različitim sustavima uzgoja domaćih životinja proizvode kruti i tekući stajski gnoj, u nastavku su prikazana iskustva u kojima su spomenuti samo neki aspekti primjene ovih gnojiva. Zbog povoljnog utjecaja na plodnost tla prednost u organskoj proizvodnji trebao bi imati kruti stajski gnoj. **Sutton i sur. (1986)** navode rezultate šestogodišnjeg istraživanja o utjecaju krutog i tekućeg stajskog gnoja na prinos kukuruza. I gnojovka i kruti stajski gnoj pokazali su se kao dobri izvori hranjiva za kukuruz iako nešto manje učinkoviti od iste količine hranjiva sadržanih u mineralnim gnojivima. **Anderson i Peterson (1973)** navode podatke o djelovanju stajskog gnoja i mineralne gnojidbe dušikom na prinos kukuruza uzgajan u dugotrajnoj monokulturi. Tijekom 30-godišnjeg uzgoja kukuruza bez gnojidbe prinos zrna se smanjivao do $1,25 \text{ t ha}^{-1}$. Gnojidba samo stajskim gnojem u količini $2,7 \text{ t ha}^{-1}$ godišnje uvjetovala je linearan porast prinosa kukuruza kroz 11 godina nakon čega se prinos stabilizirao na $6,2 \text{ t ha}^{-1}$. **Škarda i sur. (1977)** utvrdili su prema rezultatima 12 poljskih pokusa na 6 lokaliteta da su usjevi usvajali 11-15 % više dušika iz gnojovke nego iz odgovarajućih količina mineralnih gnojiva, uz ravnomjernije usvajanje ostalih hranjiva.

Prema rezultatima ovih istraživanja dokazano je pozitivno djelovanje organskih gnojiva na kemijska svojstva tla, premda postoji i određeni pozitivan utjecaj na fizikalni i mikrobiološki kompleks tla. Kontinuirana primjena organskih gnojiva povećava količinu organske tvari tla, smanjuje eroziju, poboljšava infiltraciju vode u tlo i aeraciju tla, pospješuje biološku aktivnost tla u tijeku razlaganja organske tvari tla i pospješuje dugoročni prinos kultura djelujući rezidualno na otpuštanje hranjiva u tlu (**Hati i Bandyoopadhy, 2011**).

4.3. IZRAČUN POTREBE BILJAKA ZA HRANJIVIMA I POTREBNE KOLIČINE GNOJIVA

Izračun gnojidbe najčešće se provodi prema planiranom prinosu za neku kulturu. Ulazne podatke za postupak izračuna čine analitički podaci o tlu. Kao minimum podataka se smatraju podaci o: pH vrijednosti, sadržaju humusa i količini biljci pristupačnog fosfora i kalija. Osim tih podataka, korisni su i drugi podaci o plodnosti tla, ako postoje. Temelj za izračun čine krivulje prinosa. U osnovi, proračun se provodi za mineralna gnojiva, dok se

organska primjenjuju prema raspoloživim količinama, uvažavajući maksimalno dozvoljene količine određene Pravilnikom o dobroj poljoprivrednoj praksi u korištenju gnojiva (**NN 56/08**).

Kod gnojidbe fosforom i kalijem, ukoliko je njihov sadržaj u tlu vrlo nizak, dobri i vidljivi rezultati javljaju se s primjenom odgovarajućih količina gnojiva (hranjiva). Kod srednje opskrbljenosti tla fosforom i kalijem nema vizualnih razlika u izgledu usjeva nakon primjene ovih hranjiva, ali gnojidbu treba provoditi kako bi se očuvala razina opskrbljenosti tla. Kod visoke razine opskrbljenosti, gnojidba fosforom i kalijem ne daje povećanje prinosa niti bilo kakve vidljive razlike u izgledu usjeva. Teoretski, gnojidba ovim hranivima može se smanjiti, ponekad i izostaviti, ali uz praćenje stanja tla i reakcije usjeva.

Zbog toga se u praksi često postupa na slijedeći način:

1. Ako su tla vrlo slabo opskrbljena P i K, obično se u gnojidbi dodaje dvostruka količina u odnosu na iznesenu prinosom.
2. Ukoliko je tlo dobro opskrbljeno s P i K, primjenjuje se otprilike ista količina koja se iz tla iznosi prinosom.
3. Ako su tla bogato i vrlo bogato opskrbljena P i K, tada se količina iznijetih hranjiva smanjuje u rasponu 50-100 % što zapravo znači da se kroz određeno vrijeme mogu koristiti zalihe iz tla.

Gnojidba dušikom specifična je za svaku kulturu i mora se odrediti posebno. Tako npr. u tlu koje ima dobru opskrbljenost fosforom i kalijem, dodatnom gnojidbom s ova dva elementa nećemo bitno povećati prinos dok će u slučaju primjene dušika prinos i dalje rasti. Zato zaključujemo da je od svih makroelemenata, najčešće dušik ograničavajući element za stvaranje visokih prinosa. Utjecaj primjene dušika vremenski je brzo vidljiv, međutim dužina utjecaja gnojidbe dušika puno je kraća nego kod fosfora i kalija, zahvaljujući brzom transformaciji dušika u tlu. Zbog toga se dušik primjenjuje prilikom prihrane kultura, koja se provode prema potrebama kulture, uz uvažavanje mineralizacije organske tvari u tlu.

Gnojidba za uobičajene prinose obično se formira i na temelju iskustva kao i na temelju praćenja prinosa na parcelama, te na temelju raspoloživih količina gnojiva. U jednoj godini mogu se javiti razni negativni utjecaji (suša, mraz, poplava) pa je za poznavanje proizvodnog kapaciteta neke površine potrebno više godina. Analize tla trebalo bi raditi svakih pet godina te prema njima određivati gnojidbu P i K, a po potrebi i druge zahvate (primjena vapnenih materijala, dodavanje poboljšivača tla).

Uz podatke o visini prinosa koji se planiraju na nekom području, potrebno je poznavati i količinu hranjiva koju taj prinos iznosi (TABLICA 18). Taj podatak dobiva se na temelju analize biljnog materijala. Npr. sadržaj dušika u zrnu pšenice u prosjeku iznosi 2,4 %, sadržaj fosfora u obliku P_2O_5 iznosi 0,85 %, a sadržaj kalija u obliku K_2O iznosi 0,56 %. Na temelju toga možemo izračunati da prinos zrna pšenice od 5 tona iznosi 120 kg N, 43 kg P_2O_5 i 28 kg K_2O . Ovdje još treba dodati i količine hranjiva koje su potrebne za formiranje stabljika, korijena i lišća što se opet određuje na temelju analiza biljnog materijala, a može se, ili ne mora, uzeti u obzir prilikom proračuna gnojidbe. Dugoročno, razlikuju se slučajevi kad biljni ostaci ostaju na površini ili se koriste za stelju.

Gnojidba u ekološkoj poljoprivredi provodi se prema načelu primjene organskih gnojiva porijeklom iz biljne i ekološke proizvodnje, uz zabranu primjene mineralnih gnojiva nastalih u postupku tvorničke prerade. Organska ili domaća gnojiva javljaju se kao posljedica držanja stoke u stajama, ali se mogu pripremiti i u postupku kompostiranja ili se primjenjuje zelena gnojidba. U svakom slučaju, koncept plodnosti tla u ekološkoj poljoprivredi traži odgovarajući brigu o vrsti i količini gnojiva koja se primjenjuju, kako bi se izbjegao, ili sveo na najmanju moguću mjeru, negativan utjecaj gnojidbe na plodnost tla. Pri tome su pH vrijednost tla i sadržaj organske tvari u tlu vrlo bitni, jer su upravo to vrijednosti koje utječu na učinkovitost gnojidbe.

Na tržištu u zadnjim godinama pojavljuju se široki spektar organsko-mineralnih gnojiva koja su dopuštena u ekološkoj poljoprivredi. Općenito, takva gnojiva karakterizira duže vrijeme aktivacije u tlu, te visok sadržaj organske tvari, a manji sadržaj glavnih biljnih hranjiva. Iako su koncentracije hranjiva u ovim gnojivima značajno niže u usporedbi s koncentracijama hranjiva u klasičnim mineralnim gnojivima, njihova formulacija omogućava

krajnjem proizvođaču da intervenira za pojedini usjev uvažavajući prethodno utvrđena kemijska svojstva tla.

TABLICA 18. Usvajanje i iznošenje hranjiva (modificirano prema Kilmer 1982; Morrison, 1956; Sanchez, 1976; USDA, 2012)

Usjev		----- Prosječna koncentracija hranjiva (%) -----								
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn
Žitarice										
Pšenica	Zrno	2,08	0,62	0,52	0,04	0,25	0,13	0,0013	0,0038	0,0058
	Slama	0,67	0,07	0,97	0,20	0,10	0,17	0,0003	0,0053	0,0017
Ječam	Zrno	1,82	0,34	0,43	0,05	0,10	0,16	0,0016	0,0016	0,0031
	Slama	0,75	0,11	1,25	0,40	0,10	0,20	0,0005	0,0160	0,0025
Heljda	Zrno	1,65	0,31	0,45	0,09			0,0009	0,0034	
	Slama	0,78	0,05	2,26	1,40		0,01			
Kukuruz	Zrno	1,61	0,28	0,40	0,02	0,10	0,12	0,0007	0,0011	0,0018
	Stabljika	1,11	0,20	1,34	0,29	0,22	0,16	0,0005	0,0166	0,0033
Zob	Zrno	1,95	0,34	0,49	0,08	0,12	0,20	0,0012	0,0047	0,0020
	Slama	0,63	0,16	1,66	0,20	0,20	0,23	0,0008	0,0030	0,0072
Raž	Zrno	2,08	0,26	0,49	0,12	0,18	0,42	0,0012	0,0131	0,0018
	Slama	0,50	0,12	0,69	0,27	0,07	0,10	0,0300	0,0047	0,0023
Sirak	Zrno	1,67	0,36	0,42	0,13	0,17	0,17	0,0003	0,0013	0,0013
	Stabljika	1,08	0,15	1,31	0,48	0,30	0,13		0,0116	
Šećerna repa	Korijen	0,20	0,03	0,14	0,11	0,08	0,03	0,0001	0,0025	
Duhan										
Svi tipovi	List	3,75	0,33	4,98	3,75	0,90	0,70	0,0015	0,0275	0,0035
Uljarice										
Lan	Zrno	4,09	0,55	0,84	0,23	0,43	0,25		0,0061	
	Slama	1,24	0,11	1,75	0,72	0,31	0,27			
Repica	Zrno	3,60	0,79	0,76		0,66				
	Stabljika	4,48	0,43	3,37	1,47	0,06	0,68	0,0001	0,0008	
Soja	Zrno	6,25	0,64	1,90	0,29	0,29	0,17	0,0017	0,0021	0,0017
	Stabljika	2,25	0,22	1,04	1,00	0,45	0,25	0,0010	0,0115	0,0038
Suncokret	Zrno	3,57	1,71	1,11	0,18	0,34	0,17		0,0022	
	Stabljika	1,50	0,18	2,92	1,73	0,09	0,04		0,0241	
Krmne kulture										
Djetelina		1,52	0,27	1,69	0,92	0,28	0,15	0,0008	0,0106	
Crvena djetelina		2,00	0,22	1,66	1,38	0,34	0,14	0,0008	0,0108	0,0072
Voće										
Jabuke		0,13	0,02	0,16	0,03	0,02	0,04	0,0001	0,0001	0,0001
Dinja		0,22	0,09	0,46		0,34				
Grožđe		0,28	0,10	0,50		0,04				
Breskve		0,12	0,03	0,19	0,01	0,03	0,01			0,0010
Usjevi za silažu										
Lucerna za silažu (50 % st)		2,79	0,33	2,32	0,97	0,33	0,36	0,0009	0,0052	
Kukuruz za silažu (35 % st)		1,10	0,25	1,09	0,36	0,18	0,15	0,0005	0,0070	
Povrće										
Papirka		0,40	0,12	0,49		0,04				
Grah		3,13	0,45	0,86	0,08	0,08	0,21	0,0008	0,0013	0,0025
Kupus		0,33	0,04	0,27	0,05	0,02	0,11	0,0001	0,0003	0,0002
Mrkva		0,19	0,04	0,25	0,05	0,02	0,02	0,0001	0,0004	
Celer		0,17	0,09	0,45						
Krastavci		0,20	0,07	0,33		0,02				
Salata (glavice)		0,23	0,08	0,46						
Luk		0,30	0,06	0,22	0,07	0,01	0,12	0,0002	0,0050	0,0021
Grašak		3,68	0,40	0,90	0,08	0,24	0,24			
Rajčica		0,33	0,06	0,52	0,01	0,03	0,03	0,0002	0,0004	0,0002

Gnojiva su bilo koji materijal, organski ili anorganski, prirodni ili sintetski, koji biljci osigurava potrebna hranjiva za rast u cilju stvaranja optimalnog prinosa, dok je gnojidba tla agrotehnički zahvat unošenja gnojiva u tlo ili na biljku. **Vukadinović i Vukadinović (2011)** naglašavaju da je gnojidba ključni bilinogojstveni zahvat po kojem se najviše razlikuje tijek biljnih hranjiva u agroekosustavu u odnosu na prirodne ekosustave, odnosno spontane biocenoze. Da bi se utvrdile potrebe i količine za pojedinim hranjivima, potrebno je provoditi redovitu kontrolu plodnosti tla otprilike svakih pet godina. Na temelju provedene analize tla potrebno je izraditi bilancu hranjiva u tlu (*slika 32*), te svake godine provoditi gnojidbu koja će osigurati optimalne količine hranjiva u vodenoj otopini tla za rast uzgajanih biljaka. Navedeno ukazuje na to da je primarno potrebno odrediti trenutnu plodnost tla, odnosno utvrditi trenutnu kvalitetu tla. Na temelju navedenih podataka (kakva je reakcija tla, koliki je sadržaj organske tvari, koliki je sadržaj ugljika i dušika, koliki je sadržaj biljci pristupačnih ostalih makrohranjiva – fosfora i kalija), može se pristupiti određivanju potrebne količine gnojiva koja bi se primijenila na obradivu površinu.

U ekološkoj poljoprivredi postoji nekoliko načina kojima možemo poboljšati plodnost tla, odnosno osigurati biljci što povoljnije uvjete za rast, dodajući tvari koje će joj osigurati hranjiva:

1. primjenom organskih gnojiva (tzv. domaća gnojiva) samo s farmi koje gospodare prema ekološkim principima,
2. primjenom „trgovačkih“ organskih gnojiva izrađenih na temelju biljnih i životinjskih sirovina uzgajanih prema ekološkim principima,
3. kompostima različitih izvora tvari za kompostiranje,
4. gnojidbom tla zelenom masom,
5. plodoredom.



Slika 32. Bilanca hranjiva u tlu
Izvor: Kisić, 2014.

Organska (domaća) gnojiva su prirodni materijali biljnog ili životinjskog podrijetla koji mogu nastati od stajskoga gnoja, zelene gnojidbe, biljnih ostataka, kućanskog otpada, komposta i šumskoga listinca. Kada se govori o organskim gnojivima, neosporno je da su ona po svojem kemijskom sastavu puno siromašnija hranjivim tvarima u odnosu na mineralna gnojiva. Međutim, organska gnojiva svojim kemijskim sastavom imaju širi spektar djelovanja. Drugim riječima, sadržaj organske tvari i mikrohranjiva daju prednost tim gnojivima u odnosu na mineralna gnojiva budući da ona na duže staze ne samo da popravljaju kemijske značajke već izrazito pozitivno djeluju na popravak fizikalnih značajki tla (stabilnost i odnos veličine agregata, poroznost, vododržnost itd.) i na aktivnost mikrobiološke faze tla. Kada se govori o organskim gnojivima, prvotno se misli na:

- kruti stajski gnoj koji je smjesa stelje, krutih i tekućih životinjskih izlučevina različitog stupnja razgrađenosti, stabilnosti i zrelosti

- gnojovku – polutekuće stajsko gnojivo, smjesu krutih i tekućih životinjskih izlučevina, tj. stajski gnoj uglavnom bez stelje
- gnojnicu – tekući stajski gnoj, najčešće smjesa tekućih životinjskih izlučevina i otpadnih voda. Nastaje kao tekući ostatak izlučevina koje stelja ne uspije upiti, ali i strojno gdje se usitnjava slama i razrjeđuje vodom.

5.1. KRUTI STAJSKI GNOJ

Kruti stajski gnoj je jedno od najstarijih gnojiva. Primjenjuje se u poljoprivredi od kada je čovjek prešao na sjedilački način života (Anderlini, 1981). Riječ je o vrlo kvalitetnom gnojivu koje sadrži hranjive tvari, među kojima ponajprije makrohranjiva: dušik, fosfor, kalij, kalcij i magnezij, te sva mikrohranjiva. Hranjive tvari u krutom stajskom gnojju uglavnom se nalaze u organski vezanom obliku i oslobađaju se postupno, usporedo s mineralizacijom organske tvari. Pravilna manipulacija ovim gnojem je važna radi smanjenja gubitaka dušika. Ako se odmah ne izvozi na obradivu površinu, najbolje je hrpu stajskog gnoja prekriti polupropusnom folijom (slika 33 i 34). Tekući dio stajskog gnoja mora biti prikupljen u vodonepropusne gnojne jame iz kojih ne smije biti istjecanja u podzemne ili površinske vode (NN 60/17). Načini na koji se ne bi smjelo gospodariti organskim gnojivima prikazani su na slikama (slika 35 i 36). Radi pojednostavljenja, u raznim proračunima pri izradi bilance hranjiva na svakom gospodarstvu uzima se da smjesa stajskog gnoja dobivena od različitih životinja u prosjeku sadrži: 0,45 do 0,50 % N, od 0,20 do 0,25 % P₂O₅, od 0,50 do 0,70 % K₂O i 0,45 % CaO, te 20 % organske tvari. Butorac (1999) navodi da se gnojidba tla krutim stajskim gnojem kreće od 10 pa do 40 t ha⁻¹ uvažavajući ekološke, biološke i proizvodne čimbenike pojedine obradive površine. Detaljni podaci o dozvoljenim količinama i sadržaju hranjiva u pojedinoj vrsti krutog stajskog gnoja danas su zakonski utvrđeni (NN 60/17) i prikazani su u TABLICI 19. Kruti stajski gnoj može se primijeniti za sve kulture, no na primjenu krutog stajskog gnoja najbolje reaguju okopavine (jarine). U ekološkoj poljoprivredi dopušteno je primjenjivati samo organski gnoj koji je dobiven na farmama koje gospodare prema ekološkim principima. Iako je organski gnoj proizveden na farmama koje gospodare prema principima

konvencionalne poljoprivrede (primjenjuju se agrokemikalije, razni aditivi i hormoni rasta za životinje), takav gnoj ne bi se smio upotrebljavati u ekološkoj poljoprivredi.



Slika 33 i 34. Okolišno prihvatljivi načini držanja i spremanja krutoga stajskog gnoja



Slika 35 i 36. Okolišno neprihvatljivi načini gospodarenja krutim stajskim gnojem

TABLICA 19. Sadržaj hranjiva i najveća dozvoljena količina primjene stajskog gnoja na poljoprivrednoj površini

Vrsta stajskog gnoja	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Najveća dozvoljena količina stajskog gnoja (t ha ⁻¹) prema graničnim vrijednostima (170 kg N ha ⁻¹)	Sadržana količina hranjiva (kg)		
Goveđi	0,5	0,3	0,5	34	170	102	170
Konjski	0,6	0,3	0,6	28	170	85	170
Ovčiji	0,8	0,5	0,8	21	170	106	170
Svinjski	0,6	0,5	0,4	28	170	142	113
Kokošji	1,5	1,3	0,5	11	170	147	57
Brojlerski	3,0	3,0	2,0	5,5	170	170	110
Goveđi kompost	2,1	2,2	0,8	8	170	180	65
Goveđa gnojovka	0,4	0,2	0,5	42 m ³ ha ⁻¹	170	85	210
Svinjska gnojovka	0,5	0,4	0,3	34 m ³ ha ⁻¹	170	136	102

5.2. GNOJOVKA

Gnojovka je tekući stajski gnoj koji nastaje tekućim izgnojavanjem, kada se kruti ekskrementi (balega) spremaju bez stelje. Mihalić i Bašić (1997) navode da takav način izgnojavanja smanjuje poslove vezane uz spremanje krutoga stajskog gnoja, ali u isto vrijeme zahtjeva veće troškove, budući da se moraju graditi staje s rešetkastim podom, tako da svi ekskrementi padaju u bazen ispod ležišta stoke. Butorac (1999) navodi da su sastav i gnojdbena vrijednost gnojovke određeni omjerom balege i mokraće, načinom i dužinom čuvanja stoke, a također i načinom hranidbe životinja (TABLICE 20, 21). Nakon primjene, gnojovku i gnojnicu je preporučljivo unijeti u tlo u što kraćem roku, u suprotnom se javljaju gubici dušika, koji se već nakon šest sati od primjene po površini tla kreću i do 50 %.

TABLICA 20. Sadržaj nekih hranjiva u organskim gnojivima iz konvencionalne i ekološke poljoprivrede (utemeljeno na svježoj težini gnoja)

Porijeklo i vrsta gnojiva	Suha tvar (%)	Dušik (N) (%)	Fosfor (P ₂ O ₅)	Kalij (K ₂ O)	Sumpor (SO ₂)	Magnezij (MgO)
KONVENCIONALNA POLJOPRIVREDA						
Krutognojiv (Kilograma tona ⁻¹)						
Goveđi ¹	25	6,0	3,5	8,0	1,8	0,7
Svinjski ¹	25	7,0	7,0	5,0	1,8	0,7
Ovčji	25	6,0	2,0	3,0	Nema podataka	Nema podataka
Kokošji gnoj	30	16	13	9,0	3,8	2,2
Pileći	60	30	25	18	8,3	4,2
Pačji	25	6,5	5,5	7,5	2,7	1,2
Gnojnice (Kilograma m ⁻³)						
Muznih krava ²	6,0	3,0	1,2	3,5	0,8	0,7
Goveda ²	6,0	2,3	1,2	2,7	0,8	0,7
Svinja ²	4,0	4,0	2,0	2,5	0,7	0,4
Gnojnice	< 1,0	0,3	U tragovima	0,3	Nema podataka	Nema podataka
EKOLOŠKA POLJOPRIVREDA						
Krutognojiv (Kilograma tona ⁻¹)						
Goveđi ¹	25	5,9	3,1	6,6	2,3	0,7
Svinjski ¹	25	6,5	6,1	6,5		0,7
Gnojnice (Kilograma m ⁻³)						
Goveda ²	6,0	2,0	0,8	2,3	0,8	0,7

Izvor: Kisić (2014) prema *** (2002). ¹Obrnuto proporcionalno vremenskom periodu držanja gnojiva na otvorenom prostoru smanjivat će se razina dušika i kalija u gnojivu. ²Vrijednosti se izražavaju u odnosu na suhu tvar gnojnice

Uvažavajući ovu činjenicu o gubitku dušika iz gnojnice, donesena je preporuka za korištenje gnojovke i gnojnice. U II. Akcijskom programu zaštite voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima poljoprivrednog podrijetla (NN 60/17) zabranjuje se primjena gnojovke i gnojnice na svim

poljoprivrednim površinama u razdoblju od 15. studenoga do 15. veljače, dok je površinska primjena gnojovke i gnojnice bez unošenja u tlo na svim poljoprivrednim površinama od zabranjena od 1. svibnja do 1. rujna. U cilju smanjivanja gubitaka dušika stajski gnoj primjenjuje se na način da se spriječi hlapljenje amonijaka, pri čemu treba voditi računa o stadiju vegetacije, vremenskim razmacima primjene, temperaturi i vlažnosti zraka te insolaciji. Na nezasijanim površinama potrebno je stajski gnoj što prije unijeti u tlo. Prilikom primjene stajski gnoj treba jednakomjerno rasporediti po površini tla, dok gnojovku treba promiješati. Na nepoljoprivrednim tlima, tlima s visokom razinom podzemnih voda, tlima gdje voda leži na površini, tlima prekrivena snježnim pokrivačem ili na smrznutim tlima nije dopuštena gnojidba organskim gnojivima.

TABLICA 21. Prosječni sastav gnojovke i količina biljci pristupačnih hranjiva

Vrsta gnojovke	Suha tvar	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Ukupan postotak u nerazrijeđenoj gnojovci					
Goveđa	10	0,5	0,1 (0,2)	0,4 (0,5)	0,05
Svinjska	10	0,6	0,2 (0,4)	0,3 (0,3)	0,03
Peradi	25	1,4	0,5 (1,1)	0,5 (0,6)	0,12
Pristupačna hranjiva					
Goveđa		2,5	0,4 (1,0)	3,7 (4,5)	0,6
Svinjska		3,9	0,9 (2,0)	2,2 (2,7)	0,4
Peradi		9,1	2,4 (5,5)	4,5 (5,4)	1,3

Izvor: **Butorac (1999)**

Primjena gnojiva nije dopuštena na 20 m udaljenosti od vanjskog ruba korita jezera ili druge stajaće vode, na 3 m udaljenosti od vanjskog ruba korita vodotoka širine korita 5 metara ili više. Nije dopuštena gnojidba na nagnutim terenima uz vodotokove, s nagibom većim od 10 % na udaljenosti manjoj od 10 m od vanjskog ruba korita vodotoka.

5.3. KOMERCIJALNA ORGANSKA GNOJIVA

Povećanjem obradivih površina u ekološkoj poljoprivredi u prvi plan ponovno su se vratila organska gnojiva, a osobito kruti stajski gnoj, te razni biljni i životinjski ostaci od kojih se mogu pripremiti organska gnojiva. Ta gnojiva se ne prodaju u rinfuzi, ona se proizvode u tvornicama gnojiva, a prodaju se u peletiranom (2 - 4 mm) obliku, upakiranom u vreće

(najčešće težine 25 kg) ili u tekućem obliku za folijarnu primjenu. Ovakve formulacije imaju značajno manji sadržaj čistog hranjiva u usporedbi s tvorničkim NPK gnojivima za konvencionalnu proizvodnju bilja. Za primjer navodimo NPK gnojiva dopuštenih u ekološkoj proizvodnji formulacije 7:0:21, 7:7:7, 5:10:10, 6:5:13 ili 6:16:0.

Za razliku od koncentriranih mineralnih gnojiva kojima je elementarni cilj poboljšati prinos trenutno uzgajane kulture, primjenom organskih gnojiva u ekološkoj poljoprivredi želi se prvenstveno povećati promet organske tvari u tlu, te poboljšati fizikalne i mikrobiološke značajke tla. Dok je učinak mineralnih gnojiva trenutno, učinak i djelovanje organskih gnojiva je uvijek na duže staze.

5.4. PRIMJENA KOMPOSTA U EKOLOŠKOJ POLJOPRIVREDI

Obogaćivanje tla hranjivima i organskom tvari primjenom komposta u poljoprivredi se primjenjuje od prve poljoprivredne revolucije. Međutim, korištenje komposta naglo se smanjilo posljednjih desetljeća razvojem konvencionalnog uzgoja bilja i stoke, odnosno početkom primjene velikih količina agrokemikalija. Ipak danas, u vremenima kada se sve više govori o cirkularnoj ekonomiji², primjena komposta ponovno dobiva na važnosti. Vrste komposta uobičajeno dijelimo prema tvarima koje ga čine. Barth (2009) navodi ovu podjelu komposta:

- biokompost koji nastaje prikupljanjem organskih ostataka iz kućanstva,
- zeleni kompost koji nastaje kompostiranjem ciljano sakupljenih ostataka s obradivih površina i parkova,
- miješani kompost koji nastaje od nerazvrstanoga otpada. Za razliku od dva prethodna ovaj se kompost samo uvjetno (ovisno o stupnju onečišćenja) može koristiti kao pokrov na nasipima, kao zaštita od erozije vodom i kao izolacijski materijal za sprečavanje buke na autocestama.

² Zainteresirani više informacija mogu pronaći na: http://ec.europa.eu/environment/green-growth/index_en.htm

Za kompostiranje se mogu upotrijebiti gotovo sve organske tvari, ali različitih pogodnosti za preradu u kompost. Pri izradi komposta veliku pozornost moramo posvetiti tome da se u hrpi za kompostiranje ne nalaze tvari koje se ne mogu razgraditi (staklo, plastika), koje su štetne za mikroorganizme (razna hlapiva organska onečišćenja), koje nepovoljno utječu na plodnost tla i one koje su za biljke, ljude i životinje otrovne. Komposti mogu utjecati na plodnost tla i zdravlje biljaka pozitivno i negativno. Neodgovarajuće pripremljen kompost može u tlu povećati sadržaj biljnih patogena, sjemenki korova ili otrovnih organskih ili anorganskih onečišćenja u tlu. **Brinton (2000)** navodi čest pronalazak nepoželjnih patogenih organizama (*Escherichia coli* i *Clostridium perfringens*) u kompostima koji su rađeni za osobne potrebe. Svrha kompostiranja je da se sirovi organski materijal (koji je *de facto* otpad), koji se lako razlaže, prevede u stabilnije humusne spojeve, te da se pritom izbjegnu neugodni mirisi, uništi sjeme korova i patogeni organizmi. Na taj način organski otpad, koji se inače odlaže na deponij ili se spaljuje i povećava emisiju stakleničkih plinova, postaje korisna sirovina za izradu organskih gnojiva. Novostvoreni kompost više nije otpad, već postaje proizvod koji se prodaje na tržištu kao visokokvalitetno gnojivo za uzgoj biljaka. Navedeni kompost pod uvjetom da posjeduje certifikat za primjenu ekološkoj poljoprivredi može se primijeniti kao poboljšivač ili gnojivo u ekološkoj poljoprivredi.

U ekološkoj poljoprivredi glavni izvor komposta trebaju biti ostaci poljoprivrednih kultura, trave i kruta organska (stočna) gnojiva s ekoloških gospodarstava. Komposti dobiveni kompostiranjem vrtnog otpada ne bi smjeli biti zahvaćeni biljnim bolestima. Biljni otpad koji se može kompostirati čine: jednogodišnje ili višegodišnje biljke, otpalo lišće, neiskorišteno voće i povrće, ostaci pri proizvodnji domaćih proizvoda i napitaka, košena trava, tanje grane od orezivanja višegodišnjih nasada itd. Također kao sirovina za kompost može poslužiti: kruti stajski gnoj od domaćih životinja, neiskorišteno sijeno i slama, piljevina, iskorišteni kompost od uzgoja gljiva, komina od prerade grožđa i maslina ili iskorišteno tlo iz posuda za cvijeće. Sve navedeno za primjenu u ekološkoj poljoprivredi mora biti porijeklom s ekoloških gospodarstava. U ekološkoj poljoprivredi postoji nepisano pravilo da nije preporučljivo koristiti kompost od kanalizacijskog mulja. Kako je kruti stajski gnoj koji se primjenjuje na našim gospodarstvima vrlo često loše kvalitete (u njemu je jako puno sjemenki korova), bolje

je da takav nekvalitetan stajski gnoj (neprerađen ili onaj koji ima povećan sadržaj slame) posluži kao sirovina za izradu komposta, a ne da se izravno primjenjuje na obradive površine.

5.5. KOMPOST GLISTA (LUMBRIPOST)

Tompkins i Bird (1998) navode da u Kleopatrinu dekretu (48. godina pr. Kr.) stoji da svi njezini podanici moraju poštovati i štititi gujavicu kao svetu životinju. Za gujavice mnogobrojni znanstvenici kažu da su najbolji, ali neplaćeni poljoprivredni radnici (*slika 37*). Danas se gujavice uzgajaju radi njihovih pozitivnih djelovanja na tlo, no i među njihovim vrstama postoje određene razlike.

Kalifornijska crvena glista (*Eusemia foetida*) jedna je od najčešće korištenih i najboljih za proizvodnju komposta probavljanjem njihove hrane. Ovdje treba naglasiti da se kvaliteta organskih gnojiva kao sirovine za hranu glista može rangirati (prema **Rajković i Ninić, 1986**) sljedećom skalom: I. grupa (kozji i zečji gnoj), II. grupa: (konjski i ovčji gnoj), III. grupa (goveđi gnoj), IV. grupa (svinjski gnoj) i V. grupa - kokošji gnoj. Naposljetku, upravo fekalije gujavica predstavljaju traženi proizvod = humus gujavica = lumbripost ili lumbrical (*slike 38 i 39*). Kompost gujavica, osim njihovih fekalija, čini i naknadno mikrobiološki humificirani materijal koji nije bio pogodan za prehranu gujavica pri unošenju hrane. Osim što je sitno mrvičaste strukture, pa se vrlo dobro miješa s tlom, on je tijekom metabolizma u tijelu gujavica izbalansiran na neutralne vrijednosti pH reakcije. Ne sadrži patogene i parazitske bakterije i gljivice, a u isto je vrijeme bogat saprofitnim bakterijama. Kvalitetan lumbripost je organsko gnojivo produženog djelovanja koje u najpovoljnijem obliku za biljke sadrži makro i mikro hranjiva, mikrobiološku komponentu neophodnu za ishranu bilja, a fizikalne osobine čine ga i poboljšivačem tla, budući da pozitivno utječe na vodozračne odnose u tlu.



Slika 37. Lumbrikultura



Slika 38. Unošenje novoga sloja krutog stajskog gnoja na prerađeni sloj



Slika 39. Pripremljeni lumbripost/lumbrical za tržište

5.6. GNOJIDBA TLA ZELENOM MASOM

Zelena gnojidba jedan je od učinkovitijih načina povećanja plodnosti tla unošenjem u tlo nadzemne mase samo za tu svrhu posebno uzgojenih usjeva. Usjevi za zelenu gnojidbu vrlo često se nazivaju pokrovnim usjevima. Oni su jeftiniji i daleko okolišno prihvatljiviji (ali i kompleksniji) način gnojidbe u odnosu na mineralna gnojiva. S druge strane, u odnosu na kruta i tekuća organska gnojiva, oni su relativno prihvatljiviji za manipulaciju, odnosno primjenu, a na parcelama velike udaljenosti od gospodarstva i jedino prihvatljivo rješenje za gnojidbu organskom tvari. Usjevi za zelenu gnojidbu primarno se uzgajaju s ciljem unošenja njihove nadzemne biljne mase u tlo, što će uzrokovati poboljšanje mikrobioloških, odnosno fizikalno-kemijskih parametara tla. U trenutku njihova unošenja u tlo korijen biljaka još je uvijek biološki aktivan, što je temeljna razlika od unošenja u tlo drugih organskih tvari kao što su slama, kruti stajski gnoj ili kompost. Od usjeva koji se uzgajaju za zelenu gnojidbu ne očekuje se ostvarenje određenog prinosa. Njihova primarna uloga je da se njihovom razgradnjom u tlu stvore što povoljniji uvjeti za razvoj usjeva koji slijede u plodoredu (TABLICA 22). Usjevi za zelenu gnojidbu primarno moraju imati veliku nadzemnu biljnu masu i dobro razvijen korijen. S jedne strane usjevi za zelenu gnojidbu s dubljim korijenjem koje dobro prožima oranični sloj i prodire u dublje slojeve tla iznose hranjiva iz dubljih u pliće slojeve i na taj ih način ponovno vraćaju u biološki ciklus (rizodepozicija). S druge strane svojim razvijenim korijenom rahle zbijeni podoranični sloj i tako omogućuju cirkuliranje vode i hranjiva u ascendentnom, odnosno descendentnom smjeru.

Ciljevi uzgoja usjeva za zelenu gnojidbu su mnogobrojni i mogu se sažeti u slijedeće:

- Smanjiti troškove proizvodnje, osobito troškove gnojidbe dušičnim gnojivima, budući da je neposredna korist od zelene gnojidbe proporcionalna količini dušika u zaoranoj masi (*slika 40 i 41*),
- Prekinuti životni ciklus bolesti i štetnika glavnih usjeva u plodoredu i smanjiti troškove primjene herbicida i drugih sredstava za zaštitu bilja. Pedohigijenom tla pospješiti otpornost biljke na bolesti i štetnike. Mnogobrojni usjevi za zelenu gnojidbu (osobito

kupusnjače) zbog povećanog sadržaja izotiocianata vrlo su djelotvorno biofumigacijsko (tzv. biopesticidi) sredstvo u ekološkoj poljoprivredi. Od usjeva s kojim su postignuti zadovoljavajući rezultati navode se brokula, cvjetača, repice, gorušica, rotkva i hren (Clark, 2007).

- Poboljšati kvalitetu tla, osobito fizikalnih značajki tla (strukturu, propusnost i vododržnost tla, kao i biljci pristupačnu vodu),
- Biljni ostaci kao malč na površini tla u toplom dijelu godine smanjuju temperaturu tla, a samim tim evaporaciju i eroziju tla vodom i vjetrom,
- U zimskom dijelu godine biljni ostaci sprečavaju eroziju vodom, odnosno vjetrom kao i ispiranje hranjiva u dublje slojeve tla, odnosno umanjuju onečišćenje podzemnih voda,
- Poboljšavaju mikrobiološku aktivnost tla, povećavaju razinu organske tvari i količinu edafona (živi svijet tla), kao i kapacitet adsorpcije hranjiva u tlu,
- Osiguravaju životni prostor i pašu za pčele i ostale korisne kukce kada u polju nemamo glavni usjev,
- Skraćuju ili potpuno izostavljaju vrijeme kada nema usjeva u polju. Na ovaj način smanjuju ispiranje dušika iz tla. Akumuliranjem dušika iz tla i unošenjem u tlo ugljika usjevi za zelenu gnojidbu djeluju na smanjenje emisije stakleničkih plinova.

U isto vrijeme usjevi za zelenu gnojidbu imaju i određene nedostatke:

- Korištenje vode, osobito u ljetnom – toplom razdoblju kada nema dovoljno vode u tlu. Voda koja je preostala od prethodnoga usjeva i možda je akumulirana tijekom ugara bit će iskorištena od usjeva za zelenu gnojidbu. Na taj način ozimom usjevu koji slijedi prema plodoredu u stadiju nicanja može nedostajati vode u tlu.
- Na manje plodnim tlima mogu biti konkurenti glavnom usjevu za hranjiva.

TABLICA 22. Značajke usjeva za zelenu gnojidbu na promjene u tlu

Biljna vrsta		Fiksacija dušika	Ukupni N (kg ha ⁻¹)	Suha tvar (kg ha ⁻¹ god ⁻¹)	Fiksator dušika	Stabilizator strukture	Protu-erozijska biljka	Gušenje korova	Ispaša-krmni usjev	Brzina porasta
Neleguminoze	Engleski ljulj			2.250 – 10.125	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	Ječam			2.250 – 11.250	+++	+++	++++	+++	+++	+++
	Zob			2.250 – 11.250	+++	++	+++	++++	++	++++
	Raž			3.375 – 11.250	++++	++++	++++	++++	++	++++
	Pšenica			3.375 – 9.000	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	Heljda			2.250 – 4.500	o	++	+	++++	o	++++
Kupusnjače	Sudanska trava			9.000 – 11.250	++++	++++	++++	+++	+++	++++
	Gorušica		34 – 135	3.375 – 10.125	++	+++	+++	+++	++	+++
	Rotkva		56 – 225	4.500 – 7.875	++++	+++	+++	++++	++	+++
	Uljana repica		45 – 180	2.250 – 5.625	+++	++	+++	+++	++	+++
	Egip. djetelina	++++	84 – 248	6.750 – 11.250	+++	+++	+++	++++	++++	++++
	Vigna	++++	113 – 247	2.813 – 5.063	+	++	++++	++++	++	+++
Leguminoze	Inkarnatka	+++	79 – 146	3.938 – 6.188	++	++	+++	+++	++++	++
	Grašak	++++	101 – 168	4.500 – 5.625	+	++	+++	++	+++	+++
	Dlakava grahorica	++++	101 – 225	2.588 – 5.625	+	+++	++	++	++	+
	Crvena djetelina	+++	79 – 168	2.250 – 5.625	++	+++	++	+++	++++	+
	Kokotac	++++	101 – 191	3.375 – 5.625	+	++++	+++	+++	+++	++
	Bijela djetelina	++++	90 – 225	2.250 – 6.750	+	++	+++	+++	++++	+
	Grahorica	++++	112 – 281	4.500 – 9.000	++	++++	++	++++	++	+++

Izvor: **Balkcom i sur. (2010)**. Tumač: o = loše; + = dovoljno; ++ = dobro; +++ = jako dobro; ++++ = odlično



Slika 40. Sudanska trava - zahvalni usjev za zelenu gnojidbu



Slika 41. Stočni grašak - zahvalni usjev za zelenu gnojidbu

- Troškovi proizvodnje – već je rečeno da se **na tim usjevima ne očekuje prinos, oni se primarno uzgajaju zbog poboljšanja fizikalno-kemijsko-bioloških značajki tla u bližoj ili daljnjoj budućnosti**. Najveći trošak uzgoja usjeva za zelenu gnojidbu odnosi se na sjeme i izbor vrsta, osobito ako se kombiniraju leguminozni i neleguminozni usjevi ili ako se siju određene smjese. Troškovi uzgoja usjeva za zelenu gnojidbu ne smije prijeći ostvarenu dobit, koja se očekuje kroz duže razdoblje (minimalno 10-ak godina). Ako je suprotno, usjeve za zelenu gnojidbu treba zamijeniti nekim drugim načinom gnojidbe.
- U slučaju povećane količine nadzemne biljne mase te kasne košnje (poslije osjemenjivanja) usjevi za zelenu gnojidbu mogu se pojaviti u narednim usjevima kao korovi.
- Tijekom toplijih godina u tlu se može zabilježiti povećan sadržaj faune tla (osobito miševa i voluharica), što je dodatni problem u ekološkoj poljoprivredi. U vlažnijoj godini može se očekivati povećana vjerojatnost za pojavu bolesti i štetnika.
- Uslijed nepovoljnoga C/N odnosa unos u tlo usjeva za zelenu gnojidbu može ponekada uzrokovati snižavanje pH tla, odnosno povećanje kiselosti tla. Zbog toga zelena gnojidba, na temelju provođenja kontinuirane analize tla, vrlo često traži provođenje kalcifikacije, što predstavlja dodatni trošak, ali i prednost za naredne kulture u plodoredu (*slika 42 i 43*).
- Ponekad je problem različito formiranje biomase – optimalno vrijeme za unošenje u tlo leguminoznih i neleguminoznih usjeva, budući da se ti usjevi u jednom proходу moraju unijeti u tlo.
- Indirektno, usjevi za zelenu gnojidbu mogu uzrokovati povećanu zbijenost tla, jer se njihovim uzgojem broj prohoda, od sjetve pa do unošenja u tlo, povećava minimalno dva do tri prohoda (*slika 44 i 45*).



Slika 42. Djetelinsko travna smjesa zasijana za zelenu gnojidbu



Slika 43. Samo tlo na kojem se duži niz godina uzgajaju usjevi za zelenu gnojidbu može imati dobru strukturu



Slika 44. Usitnjavanje nadzemne biljne mase rauole u tlo



Slika 45. Unošenje nadzemne biljne mase rauole u tlo

Kada se u obzir uzmu sve prednosti i nedostaci usjeva za zelenu gnojidbu (TABLICA 22) nameće se zaključak da **samo kombiniranje neleguminoznih i leguminoznih usjeva (određene smjese) daje zadovoljavajući rezultat**. Također, primjena leguminoznih usjeva za zelenu gnojidbu uz primjenu krutoga stajskoga gnoja (ili nekoga drugoga organskoga gnojiva) ostvaruje zadovoljavajuće rezultate. S jedne strane dobit ćemo dušik i ostala hranjiva iz leguminoznoga usjeva za naredni usjev. S druge strane neleguminozni usjevi, kruti stajski gnoj, razni komposti ili lumbripost dugoročno će osigurati povećanje sadržaja organske tvari u tlu, te poboljšanje fizikalnih i mikrobioloških značajki tla (TABLICA 23).

Odluku o odabiru pravilne kombinacije usjeva za zelenu gnojidbu donijet će sam vlasnik gospodarstva na temelju dosadašnjeg osobnog iskustva u njihovu uzgoju te

plodoredu koji prakticira na svom gospodarstvu. U posljednje vrijeme također je osobito važno uzeti u obzir i okolišno prihvatljive mjere odnosno uvažiti mjere dobre poljoprivredne prakse koje je potrebno poštivati na gospodarstvu (opisane u pravilniku NN 7/2013).

TABLICA 23. Utjecaj pojedinih usjeva na promjene nekih parametara u tlu

	Biljna vrsta	Djelovanje na:			Ekologija tla				Ostalo		Pred-usjev
		Rah-ljenje	Slob-odni P i K	Propu-snost tala	Nema-tode	Bole-sti	Alelopat-sko djelo-vanje	Gušenje korova	Privlači korisne kukce	Otpor-nost na promet	
Neleguminoze	Engleski ljulj	++	++	++++	++	++	++	++++	+	++++	++++
	Ječam	++	++	+++	+	++	+++	+++	++	++	++++
	Zob	0	+	+++	0	++	+++	++++	0	++	++++
	Raž	+	+++	++++	++	+++	++++	++++	+	+++	++++
	Pšenica	++	+++	+++	+	+	+	+++	+	++	++
Kupusnjače	Heljda	0	++++	+++	+	0	+++	++++	++++	0	++++
	Sudanska trava	++++	++	++	+++	+++	++++	++++	++	++	++++
	Gorušica	+	++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+++
	Rotkva	++++	+++	++	+++	++	+++	++++	+	+	+++
	Uljana repica	++	+	++	+++	++	+++	++	++	+	++
Leguminoze	Egip. djetelina	+	+++	+++	0	0	+	+++	++	+	+++
	Vigna	++	++	+++	0	0	0	++++	+++	0	++++
	Inkarnatka	+	++	++	+	++	+	++	+++	+	++
	Grašak	+	+	+++	++	+++	+	+++	+++	+	+++
	Grahorica	++	++	+++	+	++	++	+++	++++	0	0
	Crvena djetelina	+++	+++	++	+	+	++	++	+++	++	++
	Kokotac	++++	++++	++++	+	+	+	++	+++	++	0
Bijela djetelina	+	+	+++	0	0	++	+++	++	++++	++	
Grahorica	+++	++	+++	+	+	++	++++	+++	+	++	

Izvor: **Balkcom i sur. (2010)**. Tumač: 0 = loše; + = dovoljno; ++ = dobro; +++ = jako dobro; ++++ = odlično

Klima je ono što očekujemo, vrijeme je ono što dobivamo. Mark Twain

Klima u užem smislu predstavlja prosječne vremenske prilike izražene pomoću srednje vrijednosti, ekstrema i varijabilnosti klimatskih veličina u dužem, najčešće 30-godišnjem kontinuiranom razdoblju (Branković, 2014). Najvažniji meteorološki/klimatski elementi koji definiraju klimu su: sunčevo zračenje (insolacija), temperatura i vlažnost zraka, atmosferski tlak, smjer i brzina vjetra, količina oborine, isparavanje, naoblaka i snježni pokrivač. Za razliku od klime, vrijeme opisuje trenutačno ili kratkoročno stanje meteoroloških elemenata koje se mijenja tijekom dana ili iz dana u dan (*slika 46 i 47*) (Penzar i Penzar, 2000).

Osim prostorne raznolikosti, prvenstveno uvjetovane zemljopisnim položajem i nadmorskom visinom, klima se mijenja i u vremenu. Zamjetna je međusezonska različitost klime (ljetno, jesen, zima, proljeće) kao i varijacije klime na godišnjoj i višegodišnjoj skali, ali i tijekom dugih razdoblja kao što su npr. ledena doba koja su uzrokovana astronomskim čimbenicima koji mijenjaju dolazno Sunčevo zračenje na površinu Zemlje. Statistički značajne promjene srednjeg stanja ili varijabilnosti klimatskih veličina koje traju desetljećima i duže, nazivaju se klimatskom promjenom (KP) (*slika 48*) (DHMZ, 2018). Kako je prikazano na *slici 48*, KP su označene grafički Gausovim krivuljama normalne distribucije, a koje predstavljaju statističku teoretsku raspodjelu vjerojatnosti neke kontinuirane varijable, u ovom slučaju temperature. Razlike u distribuciji determinirane su izraženom pojavom spljoštenosti i zakrivljenosti. One ukazuju na češću pojavu ekstrema opisanih kao vruće, ekstremno vruće, te hladno i ekstremno hladno vrijeme.

Proučavanjem vremena, klime i uopće fizikalnih prirodnih pojava u atmosferi bavi se fizika atmosfere ili meteorologija. Predmet proučavanja klimatologije je klima: njezin opis, tumačenje i podjela, kao i njezine promjene (Penzar i Penzar, 2000).

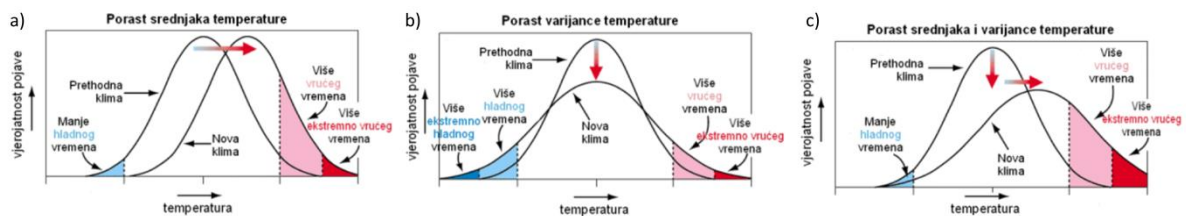


Slika 46. klimatske regije Hrvatske (izvor:

www.cromaps.com/assets/opci_podaci/opcikartaklimacromaps.jpg)



Slika 47. Vrijeme (foto: Zgorelec, 2016)

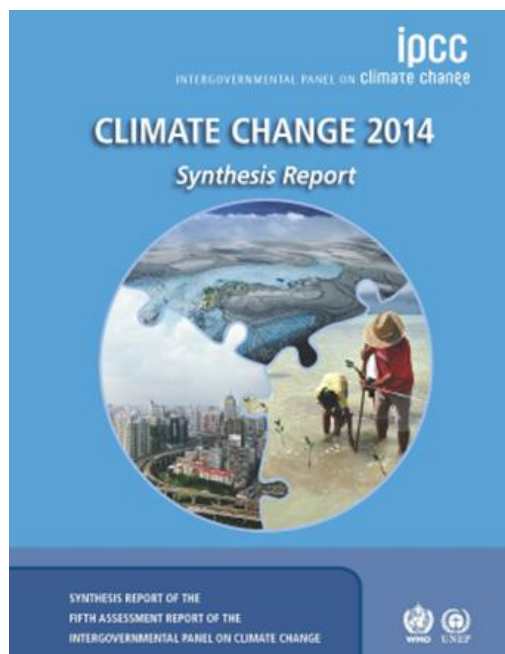


Slika 48. Klimatska promjena (prethodna i nova klima): (a) porast srednjaka temperature (b) porast varijance temperature (c) porast srednjaka i varijance temperature (izvor: http://skola.gfz.hr/d4_3.htm)

Okvirna Konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC) rješava pitanje klimatskih promjena na globalnom planu. Usvojena je u New Yorku, a potpisana na Konferenciji u Rio de Janeiru 1992 g. (često se naziva i *Samit o planetu Zemlja* ili *Samit iz Ria* ili *Agenda 21*). Konvencija je stupila na snagu 1994, a RH je 1996. g. donijela Odluku o potvrđivanju Konvencije (**NN 18/96**). Temeljni cilj konvencije je postignuti stabilizaciju koncentracija stakleničkih plinova (*engl. Greenhouse Gases - GHGs*) u atmosferi na razinu koja će spriječiti opasno antropogeno djelovanje na klimatski sustav. Protokolom u Kyotu (1997) industrijalizirane države svijeta obvezuju se smanjiti emisije stakleničkih plinova za 5 % do 2012. g. Emisije GHGs su protokolom podijeljene na 6 sektora: (1) energetika, (2) industrijski procesi, (3) uporaba otapala, (4) poljoprivreda, (5) gospodarenje otpadom i (6) promjena korištenja zemljišta i šumarstvo (LULUCF). Republika Hrvatska ostvarila je postavljeni cilj protokola iz Kyota jer je ukupna emisija stakleničkih plinova, isključujući

odlive, u 2011. iznosila 28,256 mil. t CO₂-eq, što je smanjenje emisija GHGs za 10,6 % u odnosu na 1990. godinu (<http://unfccc.int>; <http://klima.mzoip.hr>; NIR, 2013; Zgorelec i sur., 2017).

Međuvladino tijelo za klimatske promjene (IPCC) je Institucija (tijelo) osnovano 1988. g. od Svjetske meteorološke Organizacije (WMO) i Programa Ujedinjenih Naroda za okoliš (UNEP) sa zadaćom: ispitati spoznaje o KP, upozoriti na ekološke, gospodarske i društvene posljedice i utvrditi potrebne strategije. IPCC je sastavljen od 3 radne grupe (WG1-osnova fizikalnih znanosti; WG2-utjecaji, prilagodba i ranjivost; WG3-ublažavanje klimatskih promjena), a koje čini više od 2000 znanstvenika diljem svijeta. Prvi Izvještaj procjene stanja objavljen je 1990. g. (First Assessment Report – AR1, IPCC, 1990). Do danas napravljena su brojna izvješća, smjernice, procjene i metodologije (<http://www.ipcc.ch>). Zadnji Izvještaj procjene AR5 datira iz 2014. g. iz Stocholma (*slika 49*), a u kome je utvrđeno i dokazano da je čovjekov utjecaj ekstremno vjerojatan za navedene KP sa čak 95 % vjerojatnosti! Znači, promjena klime povezana je s povećanjem koncentracije plinovitih oblika ugljika i dušika (CO₂, CH₄ i N₂O) u atmosferi, a zbog antropogenog djelovanja (<https://www.wmo.int>; <http://web.unep.org>).



Slika 49. Izvještaj procjene IPCC-a (izvor: <http://www.ipcc.ch>)

U RH Izvješće o stanju okoliša prema Zakonu o zaštiti okoliša (**NN 80/13**) koordinira Hrvatska Agencija za okoliš i prirodu (HAOP), a naručitelj je Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (MZOiE tj. država) i radi se svake 4 g. U njemu se daje ocjena ukupnog stanja okoliša države te procjenjuje učinkovitost primijenjenih mjera zaštite okoliša za promatrano razdoblje. Izvješće o klimatskim promjenama dio je Izvješća o stanju okoliša RH. Svake godine (od 2004.) izrađuje se Nacionalni inventar stakleničkih plinova (NIR - National Inventory Report), a svake dvije godine se izrađuje Izvješće o provedbi politike i mjera za smanjivanje emisija stakleničkih plinova i Izvješće o projekcijama emisija stakleničkih plinova. Šesto nacionalno izvješće RH o klimatskim promjenama prema UNFCCC (**NN 18/14**) napravljeno je 2014. g. (<http://www.haop.hr>) i dijelovi će biti opisani u idućem podpoglavlju.

6.1. ZNAČAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA BILJNU PROIZVODNJU

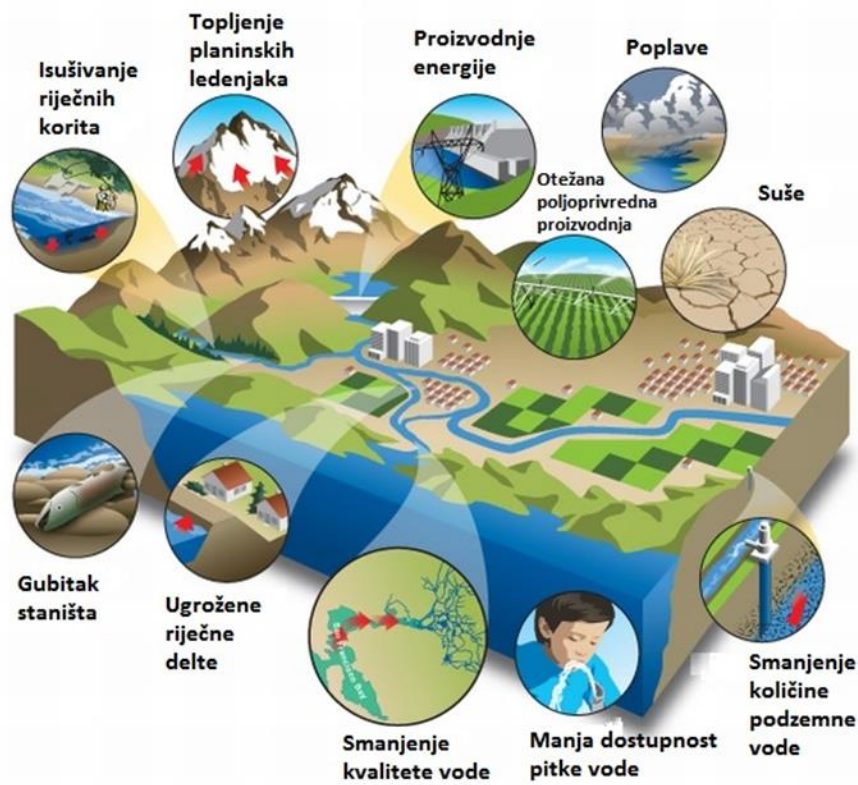
Agrometeorologija je primijenjena meteorologija koja se bavi istraživanjima za izravnu primjenu u poljoprivredi. Promatra utjecaj fizikalnih atmosferskih zbivanja na život biljaka. Agroklimatologija pak daje naglasak na klimu, prirodnu ili umjetno modificiranu, i na njezinu djelovanju na biljni svijet, osobito na poljoprivrednu proizvodnju (**Penzar i Penzar, 2000**).

Posljedice klimatskih promjena se osjećaju u svim dijelovima svijeta. Klimatske promjene uključuju povećanje temperature zraka, povećanje temperature i smanjenje pH vrijednosti mora i oceana, topljenje ledenjaka i dizanje razine mora, sve nestabilnije vrijeme i povećanje ekstremnih događaja (suša i poplava), promijenjen raspored i intenzitet oborina i vjetra, sve više toplinskih i ledenih valova, šumskih požara, smanjivanje bioraznolikosti (flore i faune). Sve navedeno dovodi do velikih društvenih i gospodarskih gubitaka i većeg rizika za zdravlje ljudi, te općenito narušava kvalitetu života, kao i sigurnost i dostupnost hrane (engl. *Food safety and security*). Sektori koji su najviše pogođeni su poljoprivreda, šumarstvo, energetika i turizam upravo zbog toga što direktno ovise o klimi (<https://ec.europa.eu>). Iako se dio poljoprivredne proizvodnje odvija u zaštićenim ili poluzaštićenim prostorima (u svijetu je u 2009. godini bilo 800 tisuća hektara zaštićenih prostora (**European commission, 2013**)), a dio hrane namiruje ribolovom, danas se u svijetu 95 % hrane direktno ili indirektno proizvodi na tlu. Međutim, poljoprivreda kao sektor je i uzrok KP jer i sama doprinosi globalnoj emisiji

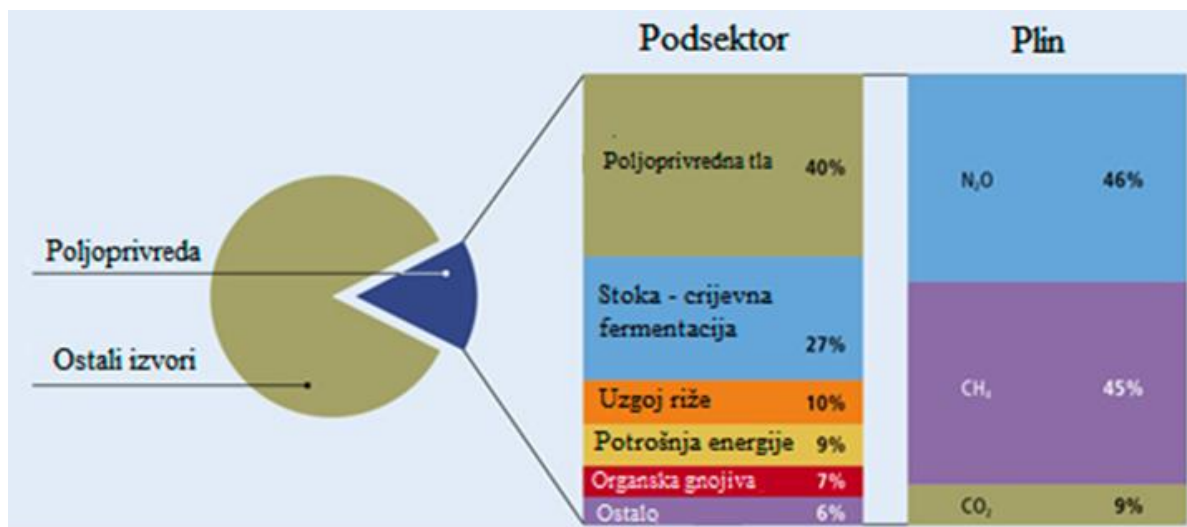
stakleničkih plinova sa oko 12 % (FAOSTAT, 2013; OECD, 2018; WHO, 2018; Zgorelec i sur., 2015; Zgorelec, 2017). Potreba za hranom dovodi do deforestacije i promjena u načinima korištenja zemljišta. Ovakve promjene iz šumskog u poljoprivredno zemljište dovode do gubitka ugljika iz organske tvari i emisije CO₂ u atmosferu (Mesić i sur., 2014; Kisić i sur., 2011). Nadalje, povišenju koncentracija stakleničkih plinova u atmosferu doprinosi i uzgoj stoke (Clemens i sur., 2006), neadekvatno skladištenje i gospodarenje stajskim gnojem (Chadwick i sur., 2011), neprimjerena primjena mineralnih i organskih gnojiva i pesticida, neracionalno gospodarenje vodom (Duxbury, 1994; Euguster i sur., 2010), a sve kako bi se udovoljilo rastućim potrebama ljudi za hranom. Poljoprivredna tla, kao dio biosfere, mogu imati ulogu izvora i ponora emisija stakleničkih plinova, a njihova uloga naravno ovisi o biotskim i abiotskim čimbenicima, kao i o antropogenom utjecaju tj. načinu gospodarenja poljoprivrednim tлом (Barešić, 2011; Bilandžija i sur. 2013; Bilandžija i sur., 2014a; Bilandžija i sur., 2014b; Bilandžija i sur., 2016; Bilandžija i sur. 2017; Reis, 2014; Hodalić, 2015; Horvat, 2011; Tot, 2017; Mesić i sur., 2006) (slika 50).

Prema Strategiji RH o klimatskim promjenama (ublažavanje i prilagodba KP do 2070 g.) udio pojedinačnih vremenskih nepogoda u ukupno prijavljenim štetama u poljoprivredi u RH u istraživanom razdoblju (2000.-2007. i 2013.-2016.) najveće su od suše (51 %), tuče (16 %), mraza (13 %), poplave (12 %), dok je najmanji udio poljoprivrednih šteta uzrok negativnog djelovanja ledene kiše, olujnih vjetrova i dr. (8 %). Ovdje treba napomenuti da su štete u poljoprivredi zbog klimatske varijabilnosti iznosile 1,25 milijarde kn godišnje (<http://prilagodba-klimi.hr/>), što predstavlja ogroman iznos uzimajući u obzir činjenicu da se za isti novac može podignuti 104 ha plastenika (Hadelan i sur., 2015), i osigurati dohodak za mnogobrojne obitelji pomoću poljoprivredne proizvodnje djelomično neovisne o vanjskim uvjetima.

U ukupnim globalnim emisijama iz poljoprivrede (slika 51) najveći udio imaju poljoprivredna tla (40 %) i crijevna fermentacija kod preživača (27 %). Od stakleničkih plinova dominantni udio ima N₂O (46 %), a njegovi najveći izvori na globalnoj razini su poljoprivredna tla i organska gnojiva (gospodarenje stajskim gnojem). Metan čini 45 % ukupnih emisija iz poljoprivrede, a najveći izvori na globalnoj razini su crijevna fermentacija kod preživača i uzgoj riže, dok na CO₂ otpada 9 % ukupnih emisija iz poljoprivrede (slika 51).



Slika 50. Utjecaj klimatskih promjena na biosferu (izvor: Gelešić, 2015)



Slika 51. Doprinos poljoprivrede globalnim emisijama prema podsektorima i udio pojedinog stakleničkog plina u ukupnim emisijama (izvor: Gelešić, 2015).

6.2. ZNAČAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA OČUVANJE TLA I VODA

EU je preuzela vodeću ulogu u borbi s klimatskim promjenama usvojivši klimatsku strategiju, ciljeve i energetske okvir (Post Kyoto, EU do 2040. i 2050.) i zadala si cilj smanjiti emisije GHGs za 80 % do 2050. g., te do 2040. g. povećati udio obnovljivih izvora energije i energetske efikasnosti za 27 % u odnosu na 1990. g. (<https://ec.europa.eu/clima>). Analize su pokazale da RH tehnički gledano može ostvariti europski cilj smanjenja GHGs. Šesto nacionalno izvješće RH o promjeni klime propisuje i mjere u sektoru poljoprivrede (NN 18/14) (TABLICA 24). Međutim, one koje su sada poznate i izvedive, ne mogu niti približno dati potrebna smanjenja emisije utvrđena sektorskim EU ciljem za poljoprivredu. Ipak, put prema cilju ostvaruje se kroz mjeru značajnih promjena u poljoprivredi, a neki od općih ciljeva su: financiranje mjera za smanjivanje i ograničavanje emisija GHGs, održavanje razine odliva GHGs, hvatanja i geološkog skladištenja CO₂, povećanja odliva pošumljavanjem i mjera dobre poljoprivredne prakse (učinkovito gospodarenje stajskim gnojivom, racionalno korištenje mineralnih gnojiva temeljeno na analizama tla i bilanci hranjiva) koje vode mjerljivom smanjenju emisija stakleničkih plinova.

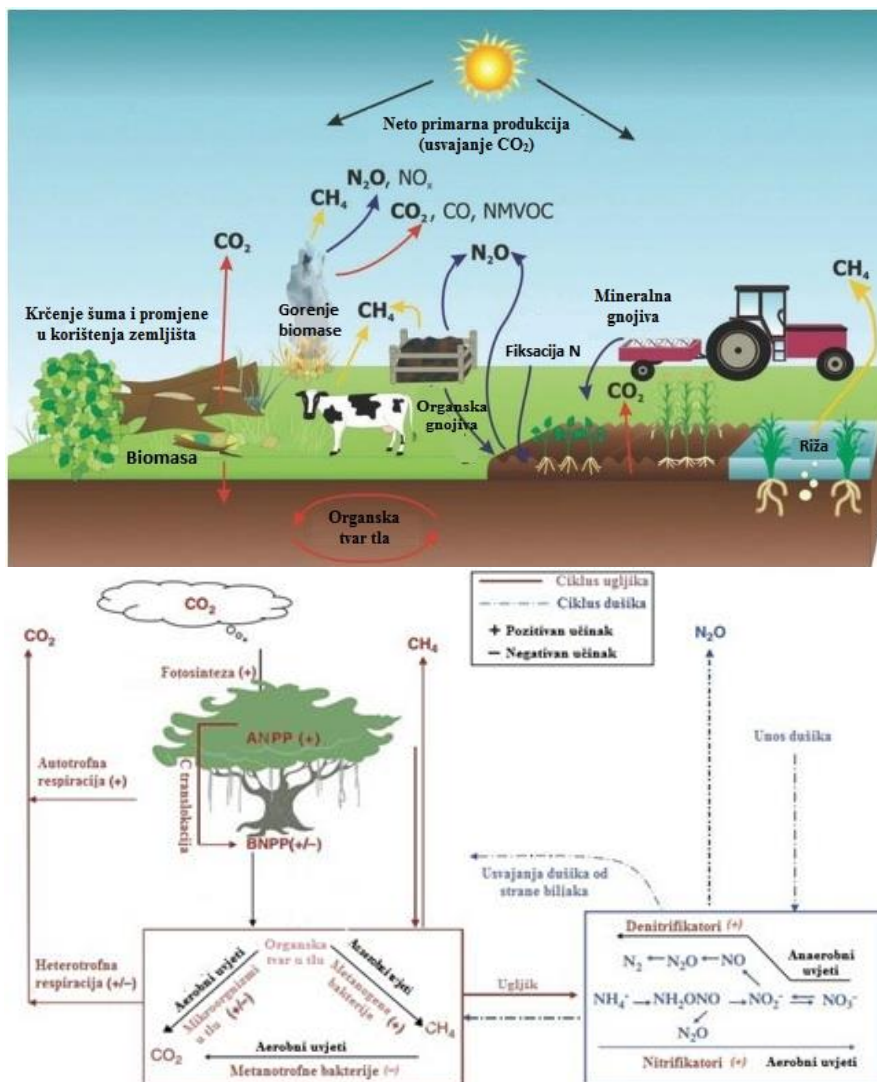
TABLICA 24. Moguće i prioritetne mjere za smanjenje emisije GHGs za sektor poljoprivrede (NN 18/14)

Moguće mjere za smanjenje emisija stakleničkih plinova:	Prioritetne mjere:
Promjena režima ishrane goveda i poboljšanje kvalitete stočne hrane (s ciljem smanjivanja emisije metana iz skladišta stajskog gnoja i crijevne fermentacije)	Smanjenje emisije pri gospodarenju mineralnim gnojivima (N ₂ O)
Anaerobna razgradnja i proizvodnja bioplina	Sprječavanje ispiranja dušika iz tla (N ₂ O)
Poboljšanje učinkovitosti primjene dušika u poljoprivredi (s ciljem smanjivanja emisije N₂O uslijed primjene mineralnog i stajskog gnojiva)	Korištenje biljnih ostataka za energetske potrebe (CH ₄ , CO ₂)
Primjena inhibitora nitrifikacije (sporodjelujućih dušičnih gnojiva)	Povećanje zalihe ugljika na površinama pod usjevima (CO ₂)
Skladištenje ugljika u poljoprivrednim tlima	Integralne mjere boljeg gospodarenja s ciljem smanjenja emisija GHGs

Program ruralnog razvoja RH za razdoblje 2014. – 2020. rezultat je Zajedničke poljoprivredne politike EU (ZPP) čiji su prioriteti zajamčiti održivu proizvodnju hrane i osigurati održivo upravljanje prirodnim resursima kroz mjere poput zatravnjivanja trajnih nasada (čuvanje i skladištenje organske tvari u tlu, smanjivanje emisije CO₂, povećanje

biološke raznolikosti i plodnosti tla i smanjivanje erozije) ili održavanje ekstenzivnih voćnjaka (održavanje biološke raznolikosti i smanjenje emisije CO₂ u atmosferu) (<http://europa.eu>; <http://ruralnirazvoj.hr>; <http://www.savjetodavna.hr>).

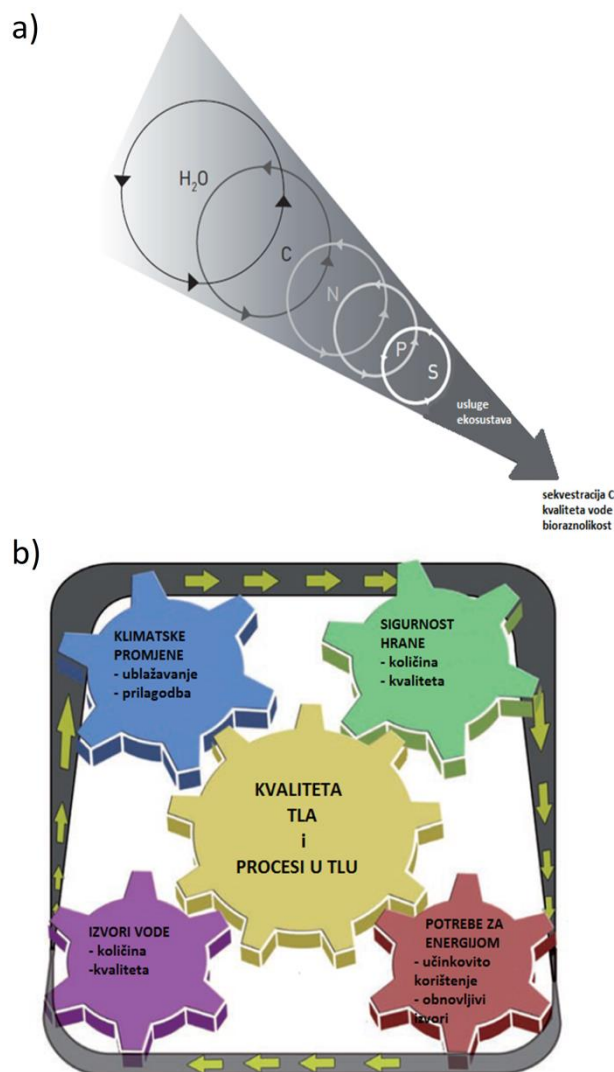
Održiva poljoprivreda podrazumijeva ekonomski uspješno i isplativo gospodarenje poljoprivrednim resursima, ali uz istodobno održavanje kvalitete okoliša i zaštitu prirodnih resursa. Pravilnim gospodarenjem poljoprivrednim tlom može se presudno utjecati na emisiju CO₂, CH₄ i N₂O iz tla, te održavati povoljan C/N odnos u tlu (slika 52). Svjetska, ali i tla u Hrvatskoj, imaju ključnu ulogu u globalnom kruženju ugljika i u ublažavanju klime. Dokazano je da postoji jaka negativne korelacije između broja stanovnika na Zemlji i poljoprivredne produktivnosti u odnosu na koncentraciju organskog ugljika u tlima (Lal, 2014).



Slika 52. Utjecaj gospodarenja tлом na dinamiku ugljika i dušika u tlu i procesi koji kontroliraju emisije GHGs iz tla (izvor: Gelešić, 2015)

Ukupna količina ugljika u tlu na globalnoj razini gotovo je tri puta veća od one u nadzemnoj biomasi. Usvajanjem najboljeg načina upravljanja tлом (engl. *BMP – Best Management Practices*) na određenom području, kao što su obrada, gnojidba i navodnjavanje može se održavati pozitivna bilanca ugljika i skladištiti atmosferski CO₂ preko humifikacije biomase u relativno stabilne spojeve sa dužim vremenom razgradnje (engl. *MRT – Mean Residence Time*).

Ukoliko održivo gospodarimo tлом (C, N, P i S) i vodom, sve usluge ekosustava biti će zagwarantirane jer je kvaliteta tla izravno povezana s količinom i kvalitetom hrane (slika 53).



Slika 53. (a) Pametno gospodarenje vodom, ugljikom, dušikom, fosforom i sumporom vodi ka poboljšanju kvalitete i zdravom tlu (b) Popratne koristi i usluge ekosustava kao posljedica sekvestracije organske tvari u tlu (Izvor: **FAO, 2018**)

Nije najjača vrsta ta koja preživljava, niti najinteligentnija, već ona koja je najprilagodljivija na promjene - Charles Darwin (Origin of Species, 1859)

6.3. Klimatske promjene mediteranske Hrvatske

Tijekom vremena postoje prirodna kolebanja klime koja se javljaju na kraćim vremenskim skalama, dok dugoročna predstavljaju klimatske promjene. Uočeno globalno zatopljenje tijekom druge polovice prošlog stoljeća, posebno krajem zadnjeg desetljeća, upozorilo je na promjene u klimatskom sustavu koji određuju brojne interakcije između oceana, atmosfere, kopna, leda, snijega i živih organizama. Klimatske promjene su različitog intenziteta i smjera u pojedinim regijama. Stoga su istraživanja klimatskih promjena na regionalnoj, subregionalnoj i lokalnoj razini važna radi ispravne procjene njihovih utjecaja, između ostalog, na kopnene biološke sustave i posljedično na aktivnosti u poljoprivredi.

Klimatološka istraživanja opaženih klimatskih varijacija i promjena u Hrvatskoj počela su od 70-ih godina 20. stoljeća i prvenstveno su se bavila najočitijim indikatorima klimatskih promjena, temperaturnim i oborinskim veličinama na sezonskoj i godišnjoj skali te njihovim ekstremima i uzrocima (DHMZ, 2014). Prva agroklimatska istraživanja vremenskih promjena na duljoj skali provedena su za dugogodišnje nizove temperaturnih suma, temperature tla kao i fenoloških faza, kao vrlo dobrog pokazatelja klimatskih promjena, i to za odabrane biljke: jorgovan, maslinu i vinovu lozu.

Za detektiranje opaženih klimatskih promjena koristila se analiza trenda tijekom dugogodišnjih razdoblja (stoljetno ili više desetljeća) kao i analiza trendova u više uzastopnih klimatskih razdoblja. Duž hrvatske jadranske obale prvi rezultati dobiveni su za nizove Crikvenice i Hvara, a zatim su analize trenda proširene na lokacije koje raspolažu s podacima od sredine 20. stoljeća, što je dalo detaljniji uvid u prostorne razlike recentnih vremenskih promjena.

Prema rezultatima istraživanja Gajić-Čapka i sur. (2011, 2014, 2018) i Branković i sur. (2013), od sredine 20. stoljeća (1951.-2010.), prisutan je statistički signifikantan porast srednje godišnje temperature zraka od 0,07 do 0,22°C po dekadi duž hrvatskog obalnog područja. Taj porast je nadalje pojačan u posljednjim kraćim razdobljima. Na primjer, u razdoblju 1981.-2010. kreće se od 0,28 do 0,71°C po dekadi (TABLICA 25 i slika 54 lijevo). Posljedica takvog relativno brzog zatopljenja atmosfere je, da je pet do sedam od deset najtoplijih godina od sredine 20. stoljeća zabilježeno u skorašnjoj dekadi 2001.-2010. Pozitivni trendovi srednjih

godišnjih temperatura zraka rezultat su pozitivnih trendova u svim sezonama. Oni su statistički signifikantni za ljeto ($0,19^{\circ}\text{C}/10$ god do $0,38^{\circ}\text{C}/10$ god) i proljeće ($0,12^{\circ}\text{C}/10$ god do $0,29^{\circ}\text{C}/10$ god), ali pozitivni trendovi za zimu i jesen su usporedno slabi. U oba promatrana razdoblja, signifikantni ljetni i proljetni trendovi su općenito jači na sjevernim nego na južnim jadranskim lokacijama (TABLICA 25). Početak takvih statistički signifikantnih godišnjih i sezonskih trendova je u drugoj polovici 1990-ih, s time da postaju signifikantni na razini 0,05 % u prvoj dekadi 21. stoljeća.

Anomalije godišnjih količina oborine, izračunate relativno prema referentnom razdoblju 1961.-1990. za „sadašnju“ klimu (WMO, 1989; 2007), pokazuju veliku međugodišnju varijabilnost tijekom razdoblja 1951.-2010. bez praktički uočenog signifikantnog trenda (TABLICA 25 i slika 54 desno). Iako slabi, prevladavajući trendovi su negativni i konzistentni na svim postajama od srednjeg do južnog jadranskog područja, što je u skladu s trendom osušenja koji je opažen na Mediteranu (IPCC, 2014). Jedini pozitivni godišnji trendovi opaženi su na otocima (postaje Cres i Mali Lošinj) i na sjevernoj jadranskoj obali (postaje Rijeka i Crikvenica). Sezonski trendovi oborine su slabi s prevladavajućom tendencijom opadanja (negativni) zimi i ljeti te s trendom porasta (pozitivni) u proljeće i jesen. Deset najsuših godina raštrkano je u razdoblju 1951.-2010. ne pokazujući tendenciju grupiranja u recentnim desetljećima. Posljedično, u posljednjem 30-godišnjem razdoblju 1981.-2010. nema signifikantnog opadajućeg trenda niti u godišnjim niti u sezonskim količinama oborine.

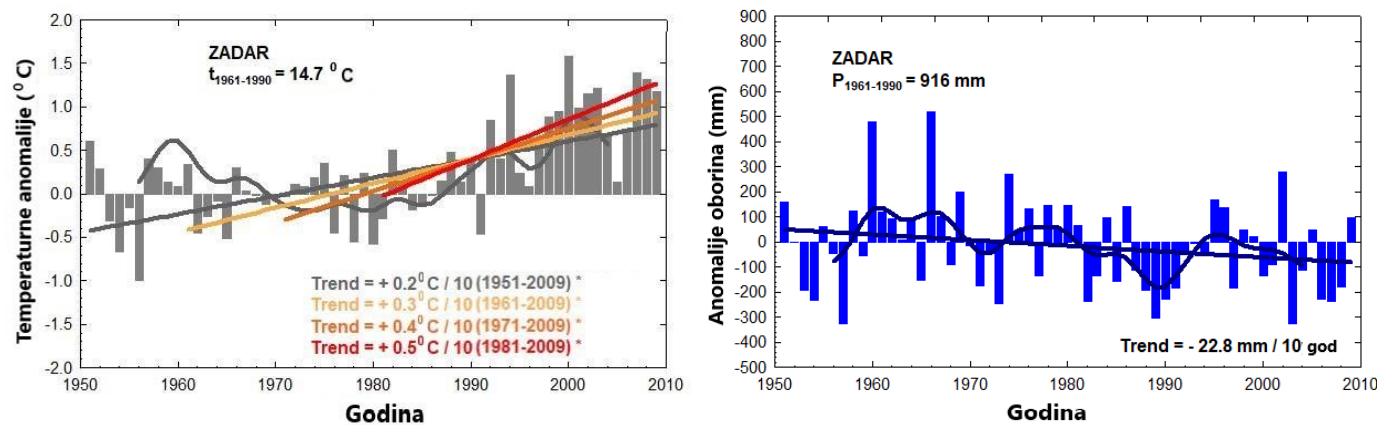
Kombinirani utjecaj promatranih meteoroloških veličina, temperature zraka i oborine, djeluje na komponente vodne ravnoteže koje su važne za prinos usjeva. Utvrđen porast temperature zraka u proljeće i ljeto uzrokuje porast evapotranspiracije. Zajedno s trendom smanjenja oborine, očekuje se povećan manjak (deficit) oborine u toploj sezoni. U hladnom dijelu godine moglo bi se smanjiti otjecanje i punjenje vodotoka zbog negativnog oborinskog trenda. Porast temperatura i rizik od ljetnih suša predstavljaju veliku ranjivost u poljoprivredi.

Uočeno zatopljenje očituje se i u svim indeksima temperaturnih ekstrema, pozitivnim trendovima toplih temperaturnih indeksa (topli dani i noći te trajanje toplih razdoblja) te s negativnim trendovima hladnih temperaturnih indeksa (hladni dani i hladne noći te duljina hladnih razdoblja) u razdoblju 1961-2010. (MZOIP, 2014).

TABLICA 25. Geografski podaci za meteorološke postaje duž hrvatske jadranske obale (a) te dekadni trendovi godišnjih i sezonskih: b) srednjih temperatura zraka (°C/10god) i c) količina oborine (mm/10god) za dva razdoblja na odabranim postajama.

Geografski podaci			Srednja temperatura zraka (°C/10god)										Količina oborine (mm/10god)									
Met. postaja	φ N; λ E (h (m))	Tip postaje	Godina		Zima		Proljeće		Ljeto		Jesen		Godina		Zima		Proljeće		Ljeto		Jesen	
			1951-2010	1981-2010	1951-2010	1981-2010	1951-2010	1981-2010	1951-2010	1981-2010	1951-2010	1981-2010	1951-2010	1981-2010	1951-2010	1981-2010	1951-2010	1981-2010	1951-2010	1981-2010	1951-2010	1981-2010
Rovinj	45°06'; 13°38' (20)	obalna	0,15	0,49	0,06	0,51	0,21	0,56	0,24	0,69	0,08	0,29	-10,5	55,9	-8,4	19,0	-2,0	1,0	-3,3	5,6	0,9	26,2
Rijeka	45°20'; 14°27' (120)	obalna	0,15	0,48	0,07	0,37	0,20	0,66	0,30	0,76	0,02	0,20	12,0	12,5	-0,5	54,1	5,3	6,5	-6,3	-40,5	7,9	-15,8
Crikvenica	45°10'; 14°42' (2)	obalna	0,22	0,71	0,10	0,56	0,29	0,93	0,38	0,98	0,13	0,42	1,5	-10,0	-6,4	29,0	0,9	-16,5	-5,7	-5,2	8,9	-20,6
Senj	45°00'; 14°54' (26)	obalna	0,20	0,42	0,13	0,34	0,29	0,58	0,33	0,68	0,07	0,14	-13,6	37,7	-4,6	47,0	-6,4	-7,4	-14,3	-17,3	11,0	17,6
Cres	44°57'; 14°25' (5)	otočna	0,07	0,33	0,03	0,20	0,13	0,47	0,16	0,61	-0,01	0,11	2,0	59,6	-1,6	32,8	0,0	1,6	-10,0	-2,7	10,1	27,1
Mali Lošinj	44°32'; 14°29' (53)	otočna	0,16	0,37	0,08	0,26	0,22	0,54	0,29	0,68	0,06	0,05	15,3	60,1	4,1	51,7	5,8	2,4	-4,2	-2,4	2,8	4,6
Zadar	44°08'; 15°13' (5)	obalna	0,20	0,41	0,15	0,40	0,24	0,49	0,28	0,62	0,14	0,19	-18,2	18,5	-9,2	23,0	1,3	-1,1	-6,1	-10,1	-7,8	3,4
Šibenik	43°44'; 15°55' (77)	obalna	0,10	0,28	0,03	0,26	0,17	0,38	0,21	0,52	-0,01	0,01	-14,1	40,8	-7,4	23,5	3,6	2,9	-2,1	1,2	-10,4	11,8
Split-Marjan	43°31'; 16°26' (122)	obalna	0,13	0,36	0,04	0,32	0,19	0,50	0,26	0,64	0,01	0,03	-4,3	60,6	-8,9	22,8	0,5	1,2	-3,5	12,4	5,7	19,2
Hvar	43°10'; 16°27' (20)	otočna	0,10	0,29	-0,03	0,24	0,17	0,41	0,24	0,53	0,01	0,03	-0,2	61,2	-7,1	27,6	0,2	6,3	3,8	13,6	1,4	9,8
Vela Luka	42°58'; 16°43' (5)	otočna	0,00	0,31	-0,20	0,18	0,12	0,44	0,19	0,64	-0,11	0,00	-32,8	39,7	-22,5	17,5	-7,9	2,6	0,4	12,0	-5,8	2,9
Lastovo	42°46'; 16°54' (186)	otočna	0,15	0,29	0,04	0,24	0,21	0,45	0,30	0,56	0,05	-0,03	-15,2	14,1	-8,1	14,7	-3,6	-9,8	-1,0	6,9	-3,3	-0,7
Dubrovnik	42°39'; 18°05' (52)	obalna	0,21	0,34	0,16	0,27	0,27	0,47	0,26	0,63	0,13	0,04	-28,5	125,5	-17,6	58,1	-3,9	7,3	-2,9	12,9	-9,1	38,3

Izvor: Branković i sur., 2013. Tumač: trendovi signifikantni na 95 % razini signifikantnosti su otisnuti crvenom bojom



Slika 54. Vremenski nizovi srednje godišnje temperature zraka (lijevo) i godišnjih količina oborine (desno), prilagođeni linearni trendovi i nizovi otežanih 11-godišnjih kliznih srednjaka za razdoblje 1951.-2009. za glavnu meteorološku postaju Zadar. Trendovi signifikantni na razini 0,05 % označeni su zvjezdicom (Izvor: Gajić-Čapka i sur, 2011).

Trendovi indeksa toplih temperaturnih ekstrema statistički su značajni za sve trendove. Najveći je porast toplih dana (Tx90) i toplih noći (Tn90), a nešto su manji trendovi toplih dana (prema apsolutnom pragu, SU) i duljine toplih razdoblja (WSDI), ali su i oni gotovo svi signifikantni. Na većini postaja porast broja toplih dana prema apsolutnom pragu (SU) kretao se je između 2 do 8 dana na 10 godina. Povećanje broja toplih dana (Tx90) najčešće je iznosilo 6-10 dana, a toplih noći čak 8-12 dana na 10 godina. Duljina toplih razdoblja na najvećem je broju postaja povećana za 4-6 dana.

Zatopljenje se očituje i u negativnom trendu indeksa hladnih temperaturnih ekstrema, ali su oni manji od trendova toplih indeksa. Najviše je signifikantnih trendova za hladne dane i noći (Tx10 i Tn10), čiji se je broj na najvećem broju postaja smanjio do 4 dana u 10 godina. Slično kao i kod toplih ekstrema, trendovi broja hladnih dana prema apsolutnom pragu (FD) su manji (najčešće do -2 dana u 10 godina) i uglavnom su nesignifikantni. Najmanja je promjena zabilježena u duljini hladnih razdoblja (CSDI) koja su se skratila do 2 dana u 10 god, a trend je nesignifikantan.

Iz analiza trenda oborinskih ekstrema, koje su provedene za cijelu Hrvatsku ili za područje hrvatske jadranske obale za razdoblje 1901-2008. i 1961-2010. (Cindrić i sur., 2010; Gajić-Čapka i Cindrić, 2011; Gajić-Čapka i sur., 2015; MZOIP, 2014; Patarčić i sur., 2014), izdvojeni su rezultati za neke suhe i vlažne indekse oborinskih ekstrema. Prevladavajući trend broja sušnih dana (DD) (dnevna količina oborine $R_d < 1$ mm) je pozitivan u svim sezonama, iako nije veći od 1 dan u 10 godina. Ipak, u proljeće, ove vrijednosti predstavljaju statistički značajan porast na tri postaje na sjevernom području i ljeti na krajnjem južnom dijelu. Godišnji broj sušnih dana značajno je porastao u Istri (Pazin) i u južnom obalnom području (2 - 3 dana u 10 god). Najizraženija karakteristika trenda je smanjenje maksimalnog broja uzastopnih sušnih dana (CDD) tijekom jeseni: duljina sušnih razdoblja u jesen smanjila se do 3 dana u 10 godina duž cijele obale. Trend za vlažne indekse (R95 – vrlo vlažni dani i R95T – dio godišnje (sezonske) količine oborine od količina u vrlo vlažnim danima) ne pokazuje nikakve signifikantne promjene u razdoblju 1961 - 2010. Prevladavajući pozitivan trend za R95T utvrđen je za proljeće, dok je ljeti suprotnog predznaka. Trendovi maksimalnih petodnevnih količina oborine (Rx5d) prostorno su miješanih predznaka i pokazuju slabi negativni signal samo ljeti (do -8 mm u 10 god).

Stupnjevi dnevnog porasta (*engl. growing degree days - GDD*), kao mjera akumuliranog odstupanja temperature zraka od temperaturnog praga u nekom određenom razdoblju (Salopek, 2007) npr. tijekom dana, mjeseca, u toplom ili hladnom dijelu godine kao i od jedne do druge razvojne faze određene biljke važni su zbog utjecaja na rast biljaka za aktivnosti u poljoprivredi (npr. zaštiti biljaka, predviđanju početka razvojnih faza pojedinih biljaka, planiranju rasta određenih biljnih vrsta na nekom području). Sekularni trendovi stupnjeva dnevnog porasta za različite temperaturne pragove iznad 5 °C (5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C i 25 °C) su pozitivni i signifikantni na razini značajnosti 0,05 za jadranske postaje Crikvenica i Hvar. Testiranje trenda pokazuje da je taj trend postao signifikantan za GDD za prag 25 °C na srednjem Jadranu u ranim 1980-im, a na sjevernom priobalju od ranih 1990-ih. Takav porast temperature zraka uz ljetne suše ima negativno djelovanje na rast i razvoj biljaka na jadranskoj obali i otocima što pokazuje veliku osjetljivost tog područja na klimatske promjene (Vučetić, 2009; Šarić, 2011).

Temperatura tla ima posebnu važnost za sve procese koji se odvijaju u tlu. Svi fizikalno-kemijski, biokemijski i biološki procesi u tlu ovise o toplini. Stoga je važno zbog utvrđenog porasta temperature zraka ispitati kakve su istovremene promjene srednje godišnje i sezonske temperature tla u različitim dubinama tla. Prema podacima za postaje Poreč, Rijeka, Rab, Knin i Dubrovnik, usporedba srednjih godišnjih temperatura tla između novijeg razdoblja 1981. - 2009. i standardnog klimatskog razdoblja 1961. - 1990. pokazuje na većini postaja porast temperature tla za manje od 1 °C na svim dubinama (osim za Dubrovnik do 1,4 °C) u posljednja tri desetljeća (Derežić i Vučetić, 2011). U razdoblju 1961. - 2009. prisutan je signifikantan trend porasta srednjih godišnjih temperatura tla čemu najviše doprinosi signifikantan porast ljetnih i proljetnih temperatura tla. U površinskim slojevima tla do dubine 10 cm pozitivni trend iznosi od 0,3 do 0,7 °C/10 god, a u dubljim slojevima do dubine 100 cm taj raspon je nešto manji (0,2 - 0,4 °C/10 god).

Za proučavanje utjecaja klimatskih varijacija na biljni svijet dobro je promatrati višegodišnje biljke u spontanom biocenozama. U fenologiji je obični jorgovan izabran kao referentna biljka jer uspijeva u gotovo svim klimatskim zonama. Analiza fenoloških podataka (početka listanja, početka cvjetanja i pune cvatnje) za Hrvatsku u razdoblju 1961. - 2010. (Jelić i Vučetić, 2011) sadrži i rezultate za devet fenoloških postaja duž obale i na otocima (Čepić, Senj, Rab, Hvar, Vela Luka, Trsteno, Gruda, Orebić). Usporedba fenoloških faza običnog

jorgovana novijeg razdoblja 1981. - 2010. s referentnim razdobljem 1961. - 1990. utvrdila je uglavnom negativna odstupanja od referentnog razdoblja. To ukazuje na raniji početak listanja (1 - 5 dana) i cvjetanja jorgovana (2 dana). Analiza trenda je pokazala signifikantan raniji početak listanja i cvjetanja, te pune cvatnje jorgovana za 1-3 dana/10 god u posljednjih pet desetljeća. Raniji početak vegetacije običnog jorgovana ukazuje na toplija proljeća što je u skladu s istraživanjima klimatskih promjena temperature zraka u Hrvatskoj (MZOIP, 2014).

Klima većeg dijela hrvatske jadranske obale i otoka poznata je kao klima masline. U radu **Vučetić i Vučetić (2005)** analizirane su razvojne faze masline: početak cvjetanja (druga faza), puna cvatnja (treća faza), početak zriobe (peta faza) i tehnološka zrelost (šesta faza) u razdoblju 1956.-2003. za postaje Rab, Hvar i Dubrovnik kao predstavnika sjeverne, srednje i južne hrvatske obale i provedena je usporedna analiza sa srednjim godišnjim i sezonskim temperaturama zraka i godišnjim i sezonskim količinama oborine. Tijekom 48-godišnjeg razdoblja utvrđen je signifikantan trend ranije pojave dvije fenofaze cvatnje i zrenja za Hvar za oko 4 dana/10god. Za Rab je također procijenjen signifikantan raniji početak cvatnje. Utvrđen porast temperature zraka na sve tri lokacije mogao bi uzrokovati raniju cvatnju masline. U Dubrovniku je procijenjen statistički značajno kasniji početak zriobe za oko 3 dana/10god.

Uzgoj vinove loze i proizvodnja vina duž hrvatske jadranske obale i na otocima imaju dugu tradiciju, pa je važna procjena promjena fenološkog ciklusa u vrijeme uočenih klimatskih promjena. U Nacionalnom izvješću Republike Hrvatske o klimatskim promjenama prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (MZOIP, 2014) i radu **Vučetić i sur. (2017)** analizirane su vremenske promjene nastupa sedam fenoloških faza za osam sorti vinove loze prema podacima sa šest fenoloških postaja (Čepić, Hvar, Vela Luka, Lastovo, Orebić i Opuzen) u razdoblju 1961. - 2010. Na Jadranu i otocima vegetacija vinove loze kreće pojavom prvih mladica u prosjeku u posljednjem tjednu ožujka i traje sve do kraja drugog desetodnevlja travnja. Završetak opažanja fenološkog ciklusa je berba i u prosjeku nastupa od kraja srpnja do početka listopada. Linearni trend fenofaza u Istri pokazuje raniji početak proljetnih fenofaza malvazije za 2 – 3 dana/10 god (TABLICA 26). U Dalmaciji plavac mali samo za postaju Hvar pokazuje signifikantno raniji početak tjeranja mladica, listanja i cvjetanja. Tome je razlog porast temperature zraka u proljeće. Trendovi su pozitivni (kašnjenje) za početak zrenja plavca malog u Hvaru i Orebiću za 2 – 6 dana/10 god. Puno zrenje i berba

pokazuju signifikantno raniji početak svog nastupa u Istri (2 - 5 dana) te slabije izražen u Dalmaciji. U novijem razdoblju 1981. - 2010. vegetacija u prosjeku traje kraće za sve sorte vinove loze, osim na Hvaru. Skraćanju vegetacijskog razdoblja više doprinosi veći pomak berbe prema ljetu nego raniji početak vegetacije u proljeće. Ovakvi klimatski trendovi mogu utjecati na drugačiji kemijski sastav i kvalitetu mošta, a posljedično i na kvalitetu vina. Na dalmatinskim postajama su za pojedine sorte vinove loze u razdoblju 1981. – 2010. za početak zriobe, punu zriobu i berbu primijećene velike vrijednosti standardne devijacije (12 – 18 dana) što ukazuje na veliku varijabilnost nastupa ovih fenofaza. Isto potvrđuju i rasponi između najranijeg i najkasnijeg nastupa ovih fenofaza za pojedine sorte u Opuzenu, Veloj Luci i Lastovu, koji su veći od 50 dana.

TABLICA 26. Linearni trendovi fenofaza (dan/10 god) za vinovu lozu na odabranim postajama na jadranskoj obali. Signifikantni linearni trendovi na razini 0,05 su podebljani (Izvor: **MZOIP, 2014**).

Trend (dan/10 god)	Fenofaze	BS	UL	BF	EF	BR	FR	RP
Malvazija istarska	Čepić 1968.-2010.	-3,23	-1,92	-5,03	-2,90	-0,49	-4,88	-2,29
	Hvar 1962.-2010.	-3,87	-3,85	-2,35	-1,50	2,41	-0,20	-0,81
Plavac mali	Orebić 1962.-2010.	0,19	-0,25	-0,27	-0,34	6,23	0,98	0,53
	Lastovo 1961.-2010.	-0,30	-0,67	-0,20	0,15	-0,64	-3,70	-1,02

Legenda: BS: Početak tjeranja mladica, UL: Pojava prvih listova, BF: Početak cvatnje BR: Početak zrenja, EF: Završetak cvatnje, FR: Puno zrenje, RP: Berba

Analiza Huglinovog indeksa, pokazatelja pogodnosti uzgoja vinove loze na nekom području, je pokazala njegov porast posljednja tri desetljeća (1981. - 2010.) u odnosu na standardno razdoblje (1961. - 1990.) u Dalmaciji. Uzrok tome je povećanje maksimalne i srednje dnevne temperature zraka u razdoblju 1981.–2010. što je pak uvjetovano klimatskim promjenama većih razmjera. Pozitivni linearni trendovi Huglinovog indeksa u razdoblju 1901. – 2010. su statistički signifikantni. U Dalmaciji sve sorte vinove loze imaju dovoljne heliotermičke uvjete za sazrijevanje.

Kako se opažene promjene klime ne mogu ekstrapolirati u budućnost, jedini alat pomoću kojeg se buduća klima može razmatrati su klimatski modeli. Klimatski modeli su složeni numerički modeli u kojima su jednadžbe procesa u atmosferi, oceanu i drugim komponentama klimatskog sustava opisane u točkama diskretne mreže te daju mogućnost

simuliranja stanja klime iznad nekog područja. Globalni klimatski modeli simuliraju klimu na relativno gruboj prostornoj rezoluciji od oko 100 – 200 km. Takvi prikazi su nedovoljno precizni za analizu klime nekog regionalnog ili lokalnog područja, posebno u slučaju razvijenije orografije ili razvijenije obale. Zbog toga su razvijeni regionalni klimatski modeli (horizontalne rezolucije 10 – 50 km) – modeli koji za ulaz koriste rezultate globalnih modela i simuliraju klimu na nekom manjem, ograničenom području.

Projekcije promjene klime do kraja 21. stoljeća na hrvatskoj jadranskoj obali provedene su u radu **Branković i sur. (2013)** koristeći pet regionalnih klimatskih modela (RCMs) koji su pokrenuti istim globalnim klimatskim modelom (ECHAM5/MPI-OM) uz klimatski scenarij IPCC A1B na horizontalnoj rezoluciji od 25 km. Procjene su uspoređivane s mjerenim podacima na lokacijama navedenim u **TABLICI 25**. Procjene pokazuju statistički značajno zatopljenje zraka kao glavnu klimatsku promjenu istočnog jadranskog područja za sva tri promatrana sukcesivna 30-godišnja razdoblja u 21. stoljeću: 2011. - 2040., 2041. - 2070. i 2071. - 2100. Najveći porast temperature projicira se za ljeto i ranu jesen, postupno se povećavajući od +2°C u bližoj budućnosti do +5°C prema kraju 21. stoljeća. Međutim, projicirani porast varira po modelima kako i u vremenu tako i prostoru. Buduće zatopljenje je nešto slabije na većini otočkih lokacija u usporedbi s lokacijama na obali. Projekcije godišnjih trendova temperature zraka za 21. stoljeće (2011. - 2100.) su između 0,3 i 0,5°C po desetljeću, što je daleko veće od promatranih trendova u razdoblju 1951. - 2010. - između 0,07 i 0,22°C po desetljeću. Za prvu polovicu 21. stoljeća ne postoji jasan signal za oborinu. Dominantno smanjenje oborine vidljivo je tek od sredine 21. stoljeća, uglavnom u kasno proljeće i rano ljeto na južnom Jadranu. Iako iznosi oko 50 % referentne klime, ova promjena je statistički značajna samo na nekoliko lokacija.

Uočene, klimatske promjene na području mediteranske Hrvatske već sada utječu na biološku aktivnost, duljinu vegetacije, nastup pojedinih faza razvoja te na kvalitetu usjeva, tj. plodova čime krajnji proizvod dolazi u opasnost da održi svoju kvalitetu i prepoznatljivost. Već sada se poljoprivrednici pokušavaju prilagoditi klimatskim promjenama promjenom sortimenta, navodnjavanjem i mnogim drugim mjerama. Osim prilagodbe poljoprivrede klimatskim promjenama, vrlo važno je razmotriti i u budućnosti provoditi mjere kojima poljoprivreda može doprinijeti ublažavanju klimatskih promjena.

6.4. EKOLOŠKA POLJOPRIVREDA I MOGUĆNOSTI UBLAŽAVANJA KLIMATSKIH PROMJENA

Klimatske promjene predstavljaju jedan od najvećih izazova današnjice s kojima se čovječanstvo susreće. Poljoprivreda ima važnu ulogu u cjelokupnom procesu: sama je pod utjecajem klimatskih promjena, ali im ujedno i pridonosi. Stoga, poljoprivreda se kao sektor mora prilagoditi promjenama ali i ponuditi mogućnosti njihovog ublažavanja. Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (FAO) istaknula je ekološku poljoprivredu kao obećavajući vid poljoprivredne proizvodnje kojim se poljoprivreda može prilagoditi na klimatske promjene ali ih i ublažiti (Niggli i sur., 2009).

Ekološka poljoprivreda predstavlja sveobuhvatni sustav održivoga gospodarenja u poljoprivredi koji teži etički prihvatljivoj, ekološki čistoj, socijalno pravednoj i gospodarski isplativoj proizvodnji. To je sustav poljoprivredne proizvodnje koji održava zdravlje tla i ljudi, te stabilnost ekosustava. Oslanja se na ekološke procese, održava biološku raznolikost i cikluse kruženja hranjiva i organske tvari koji su prilagođeni lokalnim uvjetima (IFOAM, 2018). Metode koje se primjenjuju u ekološkoj poljoprivredi su međunarodno regulirane i zakonski unaprijeđene od strane mnogih država, a temelje se uglavnom na standardima koje je postavila Međunarodna federacija pokreta ekološke poljoprivrede (*International Federation of Organic Agriculture Movements – IFOAM*).

Dobre poljoprivredne prakse u ekološkoj poljoprivredi kojima se mogu ublažiti klimatske promjene su često relativno jednostavne za provedbu, daju dobre rezultate uz relativno niska financijska ulaganja (Jordan i sur., 2009). Nadalje, njihovom dugogodišnjom primjenom mogu se smanjiti emisije stakleničkih plinova iz poljoprivrede i povećati sekvestracija ugljika (Niggli i sur., 2008; Khanal, 2009; Niggli i sur., 2009; El-Hage Scialabba i Muller-Lindenlauf, 2010).

6.4.1. SMANJENJE EMISIJA STAKLENIČKIH PLINOVA

Potencijal globalnog zagrijavanja prilikom primjene konvencionalne poljoprivrede, usko je povezan s primjenom mineralnih gnojiva tijekom čije proizvodnje se koriste velike količine fosilnih goriva te dolazi do otpuštanja emisija stakleničkih plinova. Obzirom da je

primjena mineralnih gnojiva i drugih agrokemikalija, osim onih propisanih važećim zakonskim propisima (**NN 1/13**), zabranjena u ekološkoj poljoprivredi, navedene emisije su izbjegnute ili umanjene. Procijenjeno je da se potrošnjom energije za proizvodnju mineralnih goriva otpušta približno 10 % izravnih globalnih emisija iz poljoprivrede odnosno oko 1 % ukupnih antropogenih emisija stakleničkih plinova (**El-Hage Scialabba i Muller-Lindenlauf, 2010**).

Idealno gospodarstvo u ekološkoj poljoprivredi je gospodarstvo mješovitog tipa, s objedinjenom biljnom i stočarskom proizvodnjom, koje je organizirano na način da predstavlja harmoničnu cjelinu koja zadovoljava većinu potreba iz vlastitih izvora. Plodnost tla se uglavnom održava unosom hranjiva koja potječu s vlastitog gospodarstva poput krutog stajskog gnoja, gnojovke, gnojnice, primjenom komposta, zaoravanjem posliježetvenih ostataka, zelenom gnojidbom i odgovarajućim plodoredom (**Kisić, 2014**). Velika pažnja je posvećena učinkovitoj primjeni dušika. Gnojidba je prilagođena potrebama usjeva, manji je unos dušika u odnosu na konvencionalnu poljoprivredu u kojoj se vrlo često apliciraju suviše količine dušika što rezultira njegovom visokom koncentracijom u tlu i većom emisijom N₂O u atmosferu. Mnogim istraživanjima su utvrđene niže emisije N₂O iz tla u ekološkoj poljoprivredi u odnosu na konvencionalnu poljoprivredu (**Petersen i sur., 2005; Flessa i sur., 2002; FAO, 2008**), a procijenjeno je da bi se direktne globalne emisije stakleničkih plinova iz poljoprivrede mogle smanjiti za 20 % ukoliko se mineralna gnojiva u poljoprivredi ne bi primjenjivala (**El-Hage Scialabba i Muller-Lindenlauf, 2010**).

Krčenjem šuma i spaljivanjem biomase dolazi do otpuštanja značajnih količina emisija stakleničkih plinova u atmosferu i gubitka ugljika koji je sekvstriran u biomasi. Emisije CH₄ i N₂O uslijed spaljivanja biomase iznose oko 12 % emisija stakleničkih plinova iz sektora poljoprivrede (**El-Hage Scialabba i Muller-Lindenlauf, 2010**). Obzirom da je spaljivanje biomase u ekološkoj poljoprivredi zabranjeno zakonom u Hrvatskoj (**NN 89/11**) i Europskoj uniji (**EEA.EUROPA.EU, 2016**), ekološka poljoprivreda može i na ovaj način doprinijeti ublažavanju klimatskih promjena.

Emisije metana iz skladišta stajskog gnoja i crijevne fermentacije direktno su povezane s vrstom životinja, brojem i životnim vijekom stoke na gospodarstvu. Ekološka poljoprivreda može imati značajan utjecaj na smanjenje emisija metana s obzirom da je broj stoke na ekološkim gospodarstvima ograničen zakonskim normama (njihov broj je vezan za jedinicu površine) (**Weiske i sur., 2006; Olesen i sur., 2006; Kotschi i Müller-Sämann, 2004; NN 1/13**) i

teži se produženju životnog vijeka stoke. Ograničenim brojem stoke na ekološkom gospodarstvu spriječena je prekomjerna ispaša koja dovodi do degradacije tla i velikih gubitaka ugljika (Conant i Paustian, 2002; Zou i sur., 2007). Neadekvatna skladišta ali i nepravilna manipulacija sa stajskim gnojem pospješuje otpuštanje emisija metana, a u ekološkoj poljoprivredi skladišta stajskog gnoja moraju biti odgovarajućih kapaciteta koji omogućuju sigurno skladištenje gnoja s proizvodne jedinice (NN 13/02; NN 60/17). Jedno od rješenja za smanjenje emisije stakleničkih plinova je i proizvodnja bioplina. Proizvodnjom bioplina iz gnoja, farme mogu postati značajni proizvođači energije i smanjiti emisiju stakleničkih plinova sprječavajući emisiju metana u atmosferu (Uranjek, 2007).

Korištenje fosilnih goriva u ekološkoj poljoprivredi je svedeno na minimum. Istraživanjima je dokazano da je potrošnja fosilnih goriva u pola manja u ekološkoj poljoprivredi u odnosu na konvencionalnu (Khanal, 2009). U ekološkoj poljoprivredi, skoro 70 % emisija CO₂ je uzrokovano izgaranjem goriva i korištenjem mehanizacije, dok je u konvencionalnoj poljoprivredi, 75 % emisija CO₂ uzrokovano primjenom mineralnih gnojiva, konzumacijom visokoenergetskih krmiva i izgaranjem goriva (FAO, 2008).

6.4.2. SEKVESTRACIJA UGLJIKA

Smanjenje emisija stakleničkih plinova sekvestracijom ugljika je od primarne važnosti jer se na taj način pravilnom agrotehnikom održava i/ili povećava sadržaj ugljika u tlu i biljnoj masi i time ublažuju klimatske promjene (Bilandžija i sur., 2016). Dobrim poljoprivrednim praksama u ekološkoj poljoprivredi poput primjene komposta, stajskog gnoja, zelene gnojidbe, pravilnog plodoreda, izostavljene ili minimalne obrade tla, zaoravanja posliježetvenih ostataka, agrošumarstva, uzgoja pokrovnih usjeva i međuusjeva mogu se obnoviti degradirana tla, poboljšati struktura tla, povećati produktivnost tla i stimulirati mikrobiološki procesi u tlu što naposljetku doprinosi većoj sekvestraciji ugljika, smanjenoj eroziji tla i gubitku hranjiva (Mäder i sur., 2002; Fließbach i sur., 2007; Bilandžija, 2015). Dugogodišnjim istraživanjima je utvrđen značajno veći sadržaj organske tvari u tlima pod ekološkom poljoprivredom u odnosu na konvencionalnu poljoprivredu (Hepperly i sur., 2006; Fließbach i sur., 2007; Niggli i sur., 2008). Niggli i sur. (2009) su procijenili da sekvestracijski

potencijal obradivih površina pod ekološkom poljoprivredom iznosi 0,9 - 2,4 Gt CO₂ godišnje što predstavlja 15 - 47 % ukupnih godišnjih emisija stakleničkih plinova iz poljoprivrede.

Obrada tla je jedna od poljoprivrednih praksi kojom se može utjecati na sekvestraciju ugljika u tlu. Izostavljena obrada, iako ima veliki sekvestracijski potencijal teško je primjenjiva u ekološkoj poljoprivredi s obzirom na zabranu primjene agrokemikalija za suzbijanje korova (Teasdale i sur., 2007). Međutim, iako nisu značajno zastupljene, izostavljena i minimalna obrada primjenjuju se u ekološkoj poljoprivredi i u kombinaciji s ranije nabrojanim dobrim poljoprivrednim praksama mogu značajno povećati sekvestraciju ugljika u mekoti u odnosu na konvencionalnu poljoprivredu (Berner i sur., 2008; Teasdale i sur., 2007).

Agrošumarstvo je sustav gospodarenja u kojem je integriran uzgoj višegodišnjih drvenastih vrsta i poljoprivrednih kultura i/ili stoke na istom zemljištu. Agrošumarstvom se bolje iskorištavaju prirodni resursi, povećava se biološka raznolikost, mogu se povećati prinosi, a samo tlo je bolje zaštićeno od erozije i gubitka hranjiva. Iako agrošumarstvo nije strogo ograničeno na ekološku poljoprivredu, ona može imati značajnu ulogu u razvoju agrošumarstva. Objedinjavanjem ekološke poljoprivrede i agrošumarstva mogu se potencijalno smanjiti emisije stakleničkih plinova te povećati sekvestracija ugljika i produktivnost agroekosustava (Niggli i sur., 2008).

6.4.3. UBLAŽAVANJE KLIMATSKIH PROMJENA IZVAN POLJOPRIVREDNIH PRAKSI

Vrlo velik potencijal smanjenja emisija stakleničkih plinova leži u promjenama navika potrošača i njihove ishrane. Dokazano je da su emisije stakleničkih plinova puno veće tijekom proizvodnje mesa (2000-10000g CO_{2eq} kg⁻¹), jaja (2000-3000 CO_{2eq} kg⁻¹) i mlijeka (1000 CO_{2eq} kg⁻¹) u odnosu na proizvodnju voća, povrća i žitarica (u prosjeku ispod 500 CO_{2eq} kg⁻¹) (Bos i sur., 2007; Nemecek, 2005; Küstermann i sur., 2007). Klimatske promjene se također mogu ublažiti konzumacijom lokalno proizvedene hrane jer se na taj način mogu izbjeći emisije stakleničkih plinova koje se otpuštaju tijekom pakiranja i transporta hrane na veće udaljenosti (IFOAM, 2006).

Ekološka poljoprivreda ima neupitan potencijal smanjenja emisija stakleničkih plinova i povećanja sekvencije ugljika. Potencijalni načini i uloga ekološke poljoprivrede u ublažavanju klimatskih promjena prikazani su u TABlici 27.

TABLICA 27. Potencijal ublažavanja klimatskih promjena u ekološkoj poljoprivredi (izvor: FAO (2008))

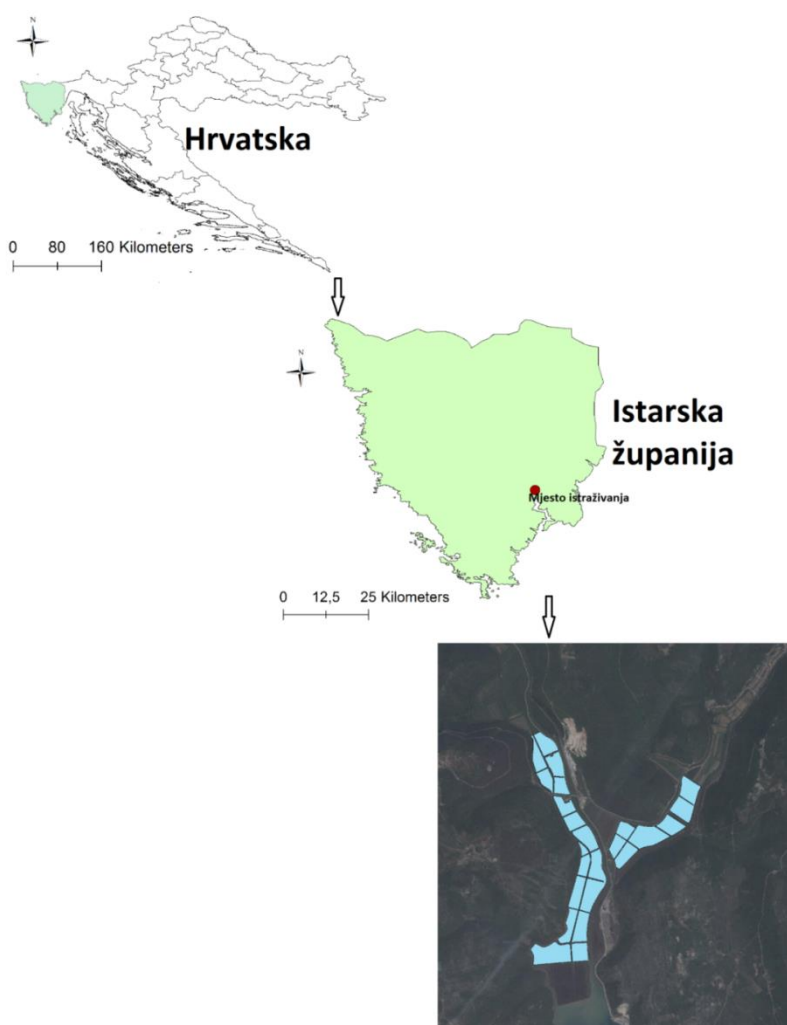
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Korištenje i gospodarenje poljoprivrednim zemljištem			
Stalna pokrivenost tla	●●●	-	●
Reducirana obrada tla	●	-	●
Širok plodored s uzgojem krmnog bilja	●●	-	●
Obnavljanje produktivnosti degradiranih tala	●●	●	-
Agrošumarstvo	●●	-	-
Uporaba gnojiva i otpada			
Recikliranje komunalnog otpada i komposta	●●	-	●
Proizvodnja bioplina	-	●●	-
Stočarstvo			
Produženje životnog vijeka životinja (uzgoj i držanje)	-	●●	●
Ograničenje broja stoke	-	●	●
Gospodarenje gnojivima			
Smanjenje unosa hranjiva	●●	-	●●
Uzgoj leguminoza	●	-	●
Objedinjenje biljne i stočarske proizvodnje	●●	-	●
Promjene ponašanja potrošača			
Potrošnja lokalno proizvedene hrane	●●●	-	-
Promjena načina ishrane	●	●●	-

Tumač: Vrlo visoki potencijal:●●●; visoki potencijal:●●; niski potencijal:●●●; bez potencijala: -

Ukupan potencijal ublažavanja klimatskih promjena ekološkom poljoprivredom je teško procijeniti s obzirom da on uvelike ovisi o lokalnim okolišnim uvjetima i praksama gospodarenja u poljoprivrednoj proizvodnji. Međutim, procjenjuje se da ukoliko bi se svim agroekosustavima gospodarilo prema načelima ekološke poljoprivrede, emisije stakleničkih plinova iz poljoprivrede mogle bi se smanjiti za 20 % uslijed izostavljene proizvodnje i primjene mineralnih gnojiva (10 % nižom emisijom N₂O i 10 % smanjenom potrebom za energijom). Dodatno, trenutne godišnje emisije stakleničkih plinova iz poljoprivrede mogle bi se smanjiti za 40-72 % potencijalnom sekvestracijom ugljika na obradivim površinama i travnjacima (Niggli i sur., 2009).

Na području mediteranskog dijela Hrvatske prevladavaju tla niske plodnosti. Izraženi klimatski ekstremi zahtjevaju prilagodbu u načinu gospodarenja tlima. Nadalje, nepravilna agrotehnika i nedostatak organskih gnojiva često dovode do degradacije tala uz potencijalno onečišćenje okoliša. Navedena tla većinom su slabo alkalne reakcije, slabo humozna, siromašna hranivima uz loša fizikalna svojstva.

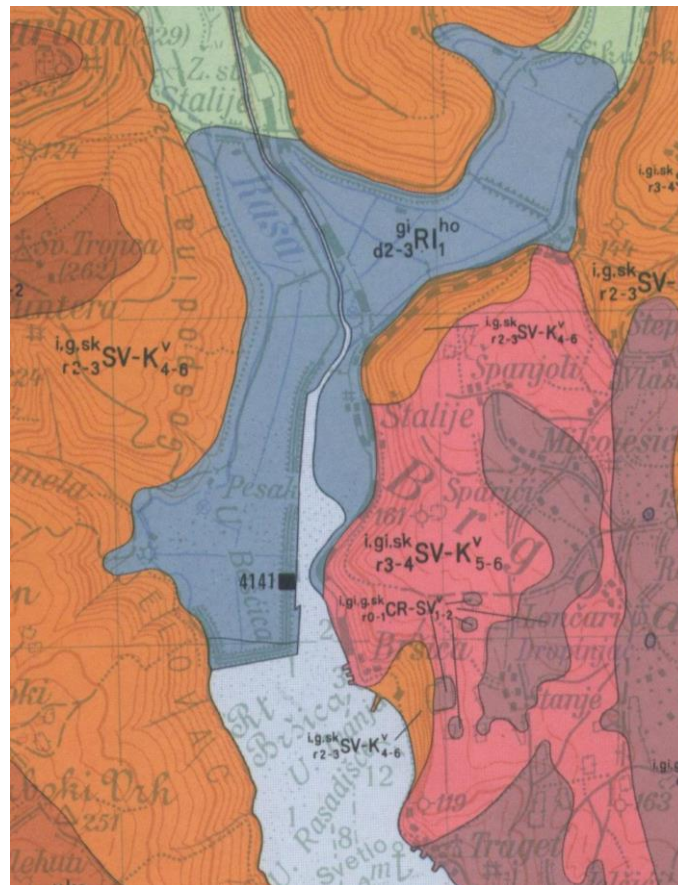
Istraživanja o utjecaju različitih načina obrade i gnojidbe na fizikalne i kemijske čimbenike tla, emisiju CO₂ iz tla u atmosferu, te prinose test kultura provedena su u dvije vegetacijske sezone 2016/2017 i 2017/2018 na melioriranim rigolanim tlima u dolini rijeke Raše (45° 3' S; 14° 2' I, *slika 55*).



Slika 55. Geografski smještaj istraživanog područja

Istraživano područje nalazi se u donjem dijelu doline rijeke Raše koja se 500-ak metara od ušća račva u dvije manje doline, gdje lijevom protiče rijeka Raša a desnom pritoci potoka Posterski, Tupaljski i Krapanski. Doline su uravnjene zone s blagim rastom nadmorske visine prema pristrancima, što im daje konkavni oblik. Apsolutni pad terena je 2 do 3 promila u pravcu toka rijeke Raše prema moru.

Prema podacima iz Osnovne pedološke karte (OPK), list Pazin 3 (slika 56) u istraživanom području zastupljena je pedosistematska jedinica Rigolano tlo, djelomično hidromeliorirano.



Slika 56. Pedosistematske jedinice prema podacima iz OPK Hrvatske (list Pazin 3, mjerilo 1 : 50000)

Legenda:

$\begin{matrix} \text{ig} \\ \text{d1-3} \end{matrix} \text{KO-HG}^{\text{ho}}_1$	Koluvij, karbonatni glinasti, oglejen – Euglej hipoglejni, mineralni, djelomično hidromelioriran (50 : 50)
$\begin{matrix} \text{gi} \\ \text{d2-3} \end{matrix} \text{RI}^{\text{ho}}_1$	Rigolano tlo, djelomično hidromeliorirano

Osnovna kemijska svojstva tala na tabli Raša II na kojoj je i smješten pokus ukazuju da je tlo alkalno s reakcijom u KCl-u od 8,03 do 8,17, a u vodi s 9,05 do 9,26. Elektrovodljivost tla kretala se u uskim granicama od 105,9 do 107,8 dScm⁻¹. Tlo je slabo (2,4 %) do dosta humozno (3,8 %). Istraživana tla su u prosjeku vrlo bogato opskrbljena kalijem (od 30,7 do 39 mg na 100 g tla), ali imaju nizak sadržaj biljci pristupačnog fosfora (od 1,2 do 6,1 mg na 100g tla). Sadržaj dušika kreće se u prosjeku u dobroj opskrbljenosti (srednja vrijednost 0,18 %).

Pokus (*slika 57*) je postavljen po split-plot dizajnu u tri ponavljanja. Način obrade je glavni faktor pokusa u kombinaciji s organskom gnojibom koja predstavlja podfaktor.

Tretmani s obradom su:

- 1) CT- konvencionalna obrada diskosnim plugom te dopunska obrada tanjuračom (*slika 58*).
- 2) RT1 - plitka obrada tanjuračom (*slika 59*)
- 3) RT2 – obrada tanjuračom i rovilom u jednom prohodu (*slika 60*)

Podtretmani s gnojibom su (*slike 61, 62, 63, 64*):

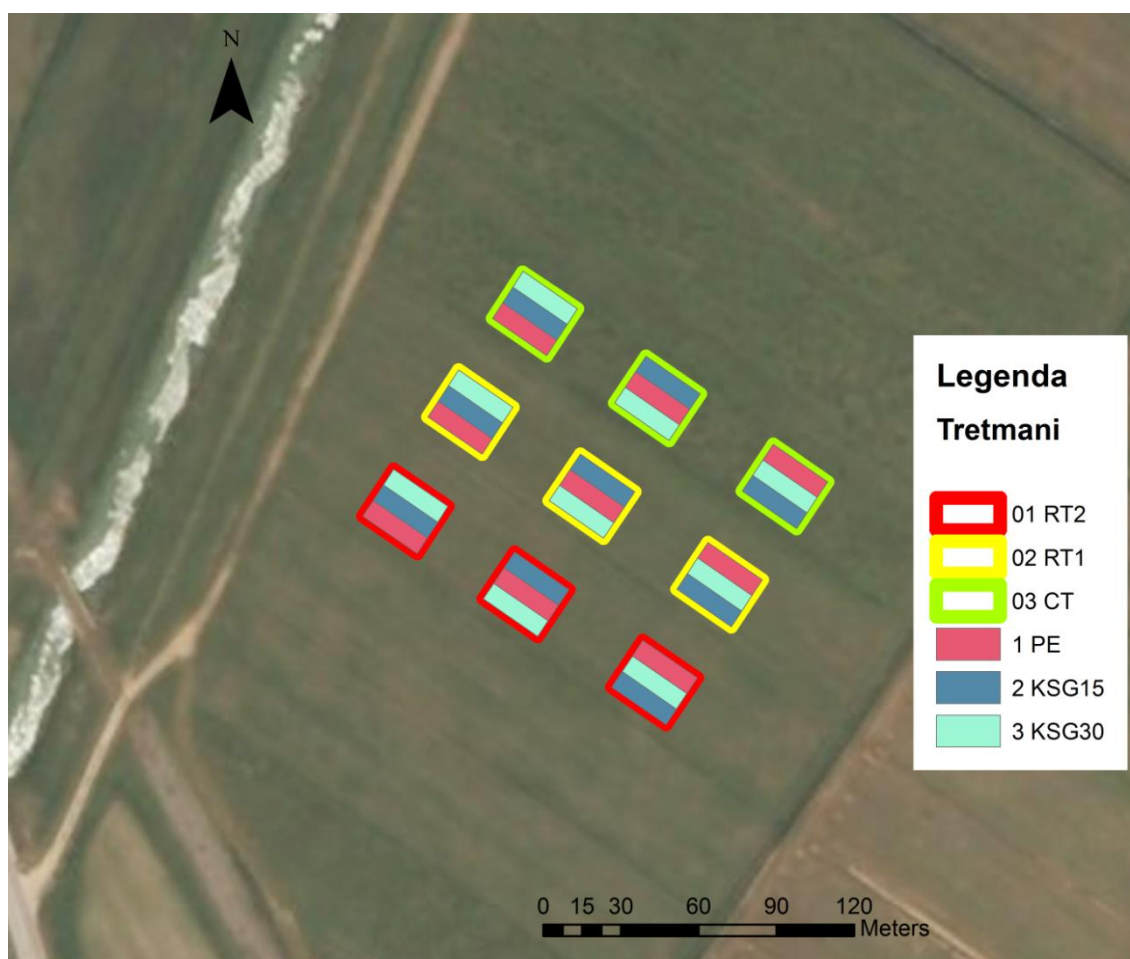
- 1) KSG₁₅ - 15 t ha⁻¹ krutog stajskog gnojiva
- 2) KSG₃₀ - 30 t ha⁻¹ krutog stajskog gnojiva
- 3) PE - komercijalno gnojivo „Granosano“ 6-16-0 (dozacija svake godine 600 kg ha⁻¹).

Prilikom istraživanja na tretmanima KGS₁₅ i KGS₃₀ kruti stajski gnoj je primjenjen na početku istraživanja prilikom postavljanja poljskog pokusa. Ovdje se očekuje njegovo produženo djelovanje, dok je komercijalno gnojivo na PE tretmanu primjenjeno u svakoj godini istraživanja.

Tako postavljeno istraživanje omogućuje ispravnu interpretaciju rezultata, uz sveobuhvatnu provedbu fizikalnih i kemijskih analiza tla (mehanički otpor, vlaga tla, Kz, Kv, pv, analiza strukture tla, utvrđivanje sadržaja makro elementa u tlu) uz analizu komponenata prinosa i emisiju CO₂ iz tla. Nakon provedenih istraživanja izvršena je ekonomska studija isplativosti reducirane obrade i domaćih organskih gnojiva te njihov utjecaj na plodnost i zdravlje tla u odnosu na početno stanje tla. Primarni cilj projekta je inovativnim i u mediteranskom dijelu Hrvatske utjecati na poboljšanje fizikalno–kemijskih i bioloških svojstava tla te se tako izravno oduprijeti klimatskim ekstremima. Nadalje, odabir pravilne agrotehnike u istraživanju trebala bi pozitivno djelovati na povećanje prinosa, ali i profita kod ekološkog, održivog uzgoja ratarskih kultura.

Također, ciljevi su:

- 1) Ocijeniti optimalni način obrade tla u mediteranskim agroekološkim uvjetima s pogleda visine prinosa i ekonomske opravdanosti
- 2) Odabrati način obrade koji ima najbolji konzervacijski učinak na tlo (fizikalni, kemijski i biološki aspekt)
- 3) Ocijeniti najprihvatljiviji način gnojidbe s pogleda visine prinosa i ekonomske opravdanosti
- 4) Utvrditi optimalnu količinu domaćeg organskog gnojiva potrebnu za poboljšanje navedenih svojstava tla
- 5) Smanjenje ugljičnog otiska i ublažavanje klimatskih promjena primjenom odgovarajuće obrade i gnojidbe



Slika 57. Shema pokusa



Slika 58 i 59. Postavljanje pokusa, obrada tla i sjetva



Slika 60 i 61. Postavljanje pokusa, obrada tla i sjetva



Slika 62 i 63. Postavljanje pokusa, uzorkovanje i gnojidba



Slika 64 i 65. Postavljanje pokusa, uzorkovanje i gnojidba

Test kulture bile su jara zob u sezoni 2016/2017 (slike 66 i 67), te ozimi ječam (slike 68 i 69) u sezoni 2017/2018.



Slike 66 i 67. Jara zob na pokusnom polju 2017. godine



Slika 68 i 69. Ozimi Ječam na pokusnom polju u sezoni 2017/2018

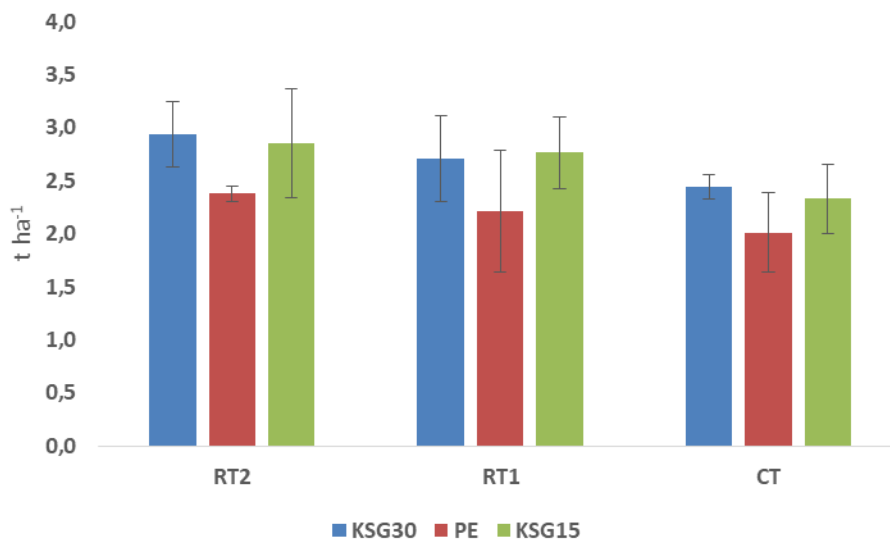
Postavljeni ciljevi za provedbu ovih istraživanja ostvareni su, što potkrijepljujemo prikazanim rezultatima u nastavku ovog poglavlja. Sva tri načina obrade tla pokazala su se kao pravilan odabir, s obzirom da je reduciranje obrade kao alternativa konvencionalnom sustavu obrade tla bila jedina mogućnost radi nedozvoljenog korištenja kemijskih sredstava. Iako su istraživana tla, problematična s aspekta svojih fizikalnih i kemijskih svojstava, reduciranje obrade nije pokazalo nedostatke u fizikalno kemijskom kompleksu, a niti u prinosima usjeva. Budući da su tla na mjestu istraživanja težeg mehaničkog sastava, a izrazito su vlažna u jesensko proljetnom periodu, smanjenje dubine obrade, ali i smanjenje broja prohoda na poljoprivrednim površinama može dovesti do pozitivnih promjena u fizikalnom kompleksu tla pa time i do povoljnih prinosa usjeva. Veći sadržaj vlage u jesensko-proljetnom razdoblju uvjetovan je klimatskim prilikama podneblja, međutim, geomorfološki položaj tabli

koje su ispod morske razine također pospješuje visoku razinu podzemnih voda, a samim time i doprinosi potencijalnim teškoćama pri obradi takvih tala.

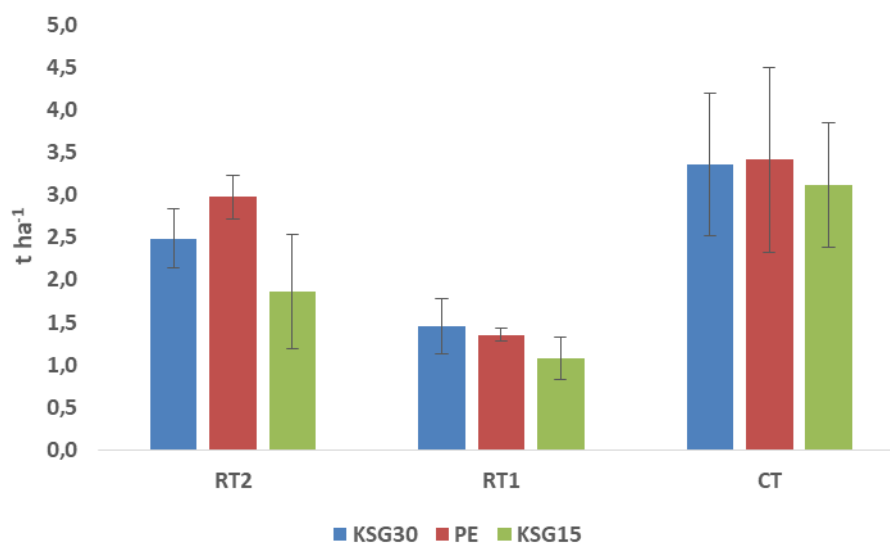
Rezultati prinosa zrna zobi pokazuju da je najveći prinos ($2,72 \text{ t ha}^{-1}$) ostvaren na tretmanu s tanjuranjem i rovljenjem u jednom prohodu (RT2), dok je najmanji ($2,26 \text{ t ha}^{-1}$) na tretmanu s oranjem diskosnim plugom te dopunskom obradom tanjuračom (CT) (*grafikon 1*). Značajne razlike utvrđene su između CT i RT2 tretmana, dok se RT1 nije razlikovao od ostalih. Analiza prinosa zobi prema gnojidbi ukazala je na statistički opravdane razlike te na važnost optimalne gnojidbe u ekološkoj biljnoj proizvodnji. Tretmani s dodatkom krutog stajskog gnoja od 30 t ha^{-1} (KSG₃₀) i 15 t ha^{-1} (KSG₁₅) odrazili su se značajno na povećanje prinosa zrna zobi u odnosu na tretman s 600 kg ha^{-1} komercijalnog peletiranog gnojiva (PE). Ovdje navodimo prinose od $2,69 \text{ t ha}^{-1}$ (KSG₃₀), $2,65 \text{ t ha}^{-1}$ (KSG₁₅) i $2,20 \text{ t ha}^{-1}$ (PE). Interakcijski utjecaj obrade i gnojidbe nije imao značajni utjecaj na prinose zrna zobi, međutim veći prinosi su zabilježeni na tretmanima KSG₃₀ i KSG₁₅ na reduciranoj obradi s tanjuranjem i rovljenjem (RT2), te tanjuranjem (RT1).

Ovakvi rezultati su ohrabrujući i razilaze se od uobičajenih bojazni poljoprivrednika da će smanjenje intenziteta obrade i nečista površina dovesti do smanjenja prinosa. Dio objašnjenja ovih rezultata treba pokazati i u fizikalnim i kemijskim svojstvima tla.

Dobiveni rezultati za ozimi ječam (*grafikon 2*), ostvareni tijekom druge godine provedbe istraživanja (2018. godina), ukazuju na statistički opravdanu razliku u visini prosječno ostvarenih prinosa između obrade tla. Signifikantno veći prinosi su ostvareni na tretmanu s oranjem (CT $3,30 \text{ t ha}^{-1}$) u odnosu na tretman s tanjuranjem i rovljenjem u jednom prohodu (RT2 $2,44 \text{ t ha}^{-1}$) i tretmanu s plitkom obradom tanjuračom ($1,30 \text{ t ha}^{-1}$). Treba napomenuti da je uporaba rovila s tanjuranjem (RT2) pokazala signifikantno veće prinose zrna ječma u odnosu na samo tanjuranje (RT1). Statistički opravdane razlike između različitih tretmana gnojidbe nisu bile izražene u drugoj godini, iako se primjećuje tendencija opadanja visine prinosa u redosljed: PE ($2,58 \text{ t ha}^{-1}$) > KSG₃₀ ($2,44 \text{ t ha}^{-1}$) > KSG₁₅ ($2,02 \text{ t ha}^{-1}$).



Grafikon 1. Interakcijski utjecaj obrade i gnojidbe na prinos zrna zobi u 2017. godini.



Grafikon 2. Interakcijski utjecaj obrade i gnojidbe na prinos zrna ječma u 2018. godini.

Promatrajući interakcijski utjecaj obrade i gnojidbe (*grafikon 2*) zabilježene su značajne razlike između tretmana pokusa. Na tretmanu s tanjuranjem i rovljenjem (RT2) gnojidba komercijalnim gnojivima (PE) zabilježila je značajno veće prinose zrna ($2,97 \text{ t ha}^{-1}$) u odnosu na gnojidbu s 15 t ha^{-1} stajskog gnoja ($\text{KSG}_{15} 1,86 \text{ t ha}^{-1}$). Na ostalim načinima obrade, utjecaj gnojidbe nije bio signifikantan. Međutim, na svim gnojidbenim tretmanima zabilježene su

značajne razlike između načina obrade u visini prinosa ječma. Statistički veći prinosi zabilježeni su na tretmanima CT i RT2 u odnosu na RT1, i to na gnojidbenom tretmanu KSG₃₀ i PE. Na gnojidbenom tretmanu KSG₁₅ statistički veći prinosi zabilježeni su na oranom tretmanu (CT) u odnosu na tretmane s reduciranom obradom (RT2 i RT1).

Od kemijskih svojstava treba istaknuti ujednačene vrijednosti između tretmana pokusa u reakciji tla i električnoj vodljivosti tla (TABLICA 28). Međutim, određene razlike između gnojidbenih tretmana ukazale su se pri promatranju sadržaja humusa te lakopristupačnog fosfora i kalija (TABLICA 29). Nakon provedene gnojidbe u 2016. godini, kruti stajski gnoj u većoj dozaciji povećao je sadržaj humusa na KSG₃₀ u odnosu na KSG₁₅ i PE. Nakon druge godine istraživanja sadržaj humusa u 2018. godini je niži na svim tretmanima ali i dalje u slijedu: KSG₃₀ > KSG₁₅ > PE.

TABLICA 28. Kemijska svojstva reakcije tla i elektrovodljivosti tijekom obje godine istraživanja

	pH (KCl)			pH (H ₂ O)			EC (μS cm ⁻¹)		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
RT2	8,09	7,84	7,83	9,15	8,52	8,14	106,9	213,8	190,6
RT1	8,12	7,91	7,89	9,13	8,55	8,15	106,5	210,9	196,8
CT	8,13	7,85	7,94	9,11	8,57	8,13	106,8	238,4	197,7
PE	8,11	7,87	7,88	9,16	8,53	8,14	106,7	224,9	193,7
KSG15	8,11	7,88	7,90	9,13	8,57	8,15	106,9	216,3	194,9
KSG30	8,12	7,86	7,88	9,11	8,55	8,14	106,5	221,9	196,5

TABLICA 29. Kemijska svojstva sadržaja humusa, lakopristupačnog fosfora i kalija, te sadržaja dušika tijekom obje godine istraživanja

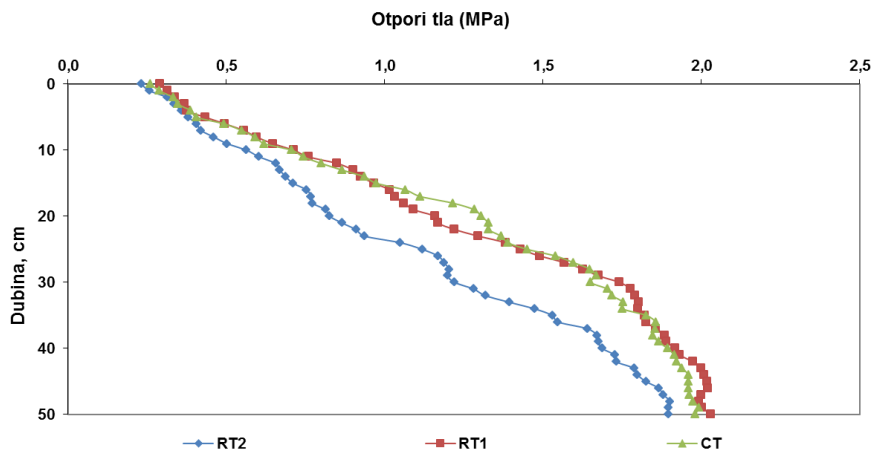
	Humus (%)			P ₂ O ₅ mg/100 g tla			K ₂ O mg/100 g tla			Dušik (%)		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
RT2	3,0	2,7	2,3	3,11	2,28	2,76	35,53	32,56	25,79	0,185	0,191	0,200
RT1	3,1	2,9	2,3	3,18	3,16	2,49	33,97	31,42	23,30	0,178	0,187	0,187
CT	3,1	3,3	2,7	2,69	3,40	3,39	34,89	33,96	27,86	0,186	0,201	0,208
PE	3,0	3,1	2,5	3,09	3,21	3,18	34,42	34,44	27,03	0,182	0,197	0,198
KSG15	3,1	2,9	2,4	3,02	2,94	2,99	34,53	32,11	26,62	0,182	0,188	0,198
KSG30	3,1	2,9	2,4	2,87	2,69	2,46	35,43	31,07	23,30	0,185	0,194	0,199

Gnojidba komercijalnim gnojivima i krutim stajskim gnojem nije značajno utjecala na opskrbljenost tla fosforom koje je na pokusnom polju vrlo slabo opskrbljeno, međutim, neznatno je utjecalo na opskrbljenost tla kalijem. Gnojidba krutim stajskim gnojem nešto je povoljnije utjecala na odnos između gnojidbenih tretmana pokusa, na način da je viša i niža doza stajskog gnoja utjecala na veći sadržaj kalija u odnosu na komercijalna gnojiva. Ovakav rezultat je ipak očekivan s obzirom da je komercijalno gnojivo dušično i fosforno (NPK 6:16:0). Suprotno kaliju, PE gnojiva efikasno su utjecala na povećanje ukupnog dušika na PE tretmanu u obje godine istraživanja. Kod tretmana s krutim stajskim gnojem, ipak se boljom pokazala varijanta s višom dozom.

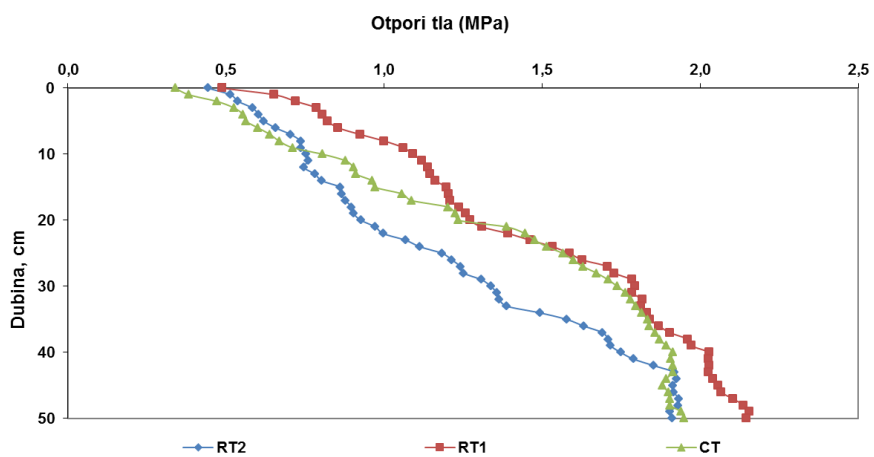
Provedena obrada na tretmanima značajno je utjecala na otpore tla u obje istraživane godine. Tijekom sezone 2016/2017 na dubinama 0-10, 10-20 cm, 20-30 cm i 30-40 cm plitka obrada s podrivanjem u jednom proходу (RT2) pokazuje manje otpore u odnosu na konvencionalnu obradu (CT) i plitku obradu (RT1) (*grafikon 3*). Na dubinama 10-40 cm, ta razlika je signifikantna. Suprotno obradi, gnojidba nije pokazala implikacije na otpore tla, što je i bilo za očekivati. U sezoni 2017/2018 otpori su na dubinama od 0-40 cm bili najmanji na tretmanu RT2, dok su najveći zabilježeni na RT1. Općenito, otpori su niski i najveći su na dubini 30-40 cm (*grafikon 4*), ali ipak bilježe razine ispod 2 MPa, što ne djeluje negativno na rast korijenovog sustava.

Sukladno s izmjerenim vrijednostima otpora, vrijednosti volumne gustoće tla potvrđuju slična fizikalna svojstva (*grafikon 5 i 6*) kod usporedbe tretmana pokusa.

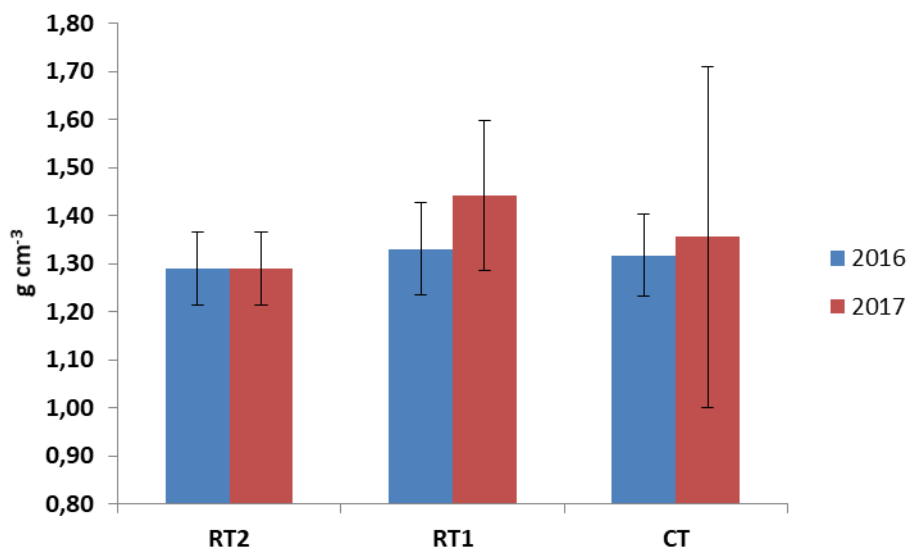
Obrada tla značajno je utjecala na vrijednosti zbijenosti tla determiniranog volumnom gustoćom ($p=0,020$). Najmanju volumnu gustoću zabilježio je RT2, dok je najveću zabilježio RT1 tretman (*grafikon 5*). Nadalje, utjecaj gnojidbe krutim stajskim gnojem pokazuje značajne implikacije na volumnu gustoću. Najveću zbijenost pokazuje tretman s komercijalnom gnojivima u obje godine istraživanja (*grafikon 6*) dok tretmani s 30 t ha^{-1} (KSG₃₀) i 15 t ha^{-1} (GKSG₁₅) krutog stajskog gnoja bilježe manju zbijenost u obje godine istraživanja.



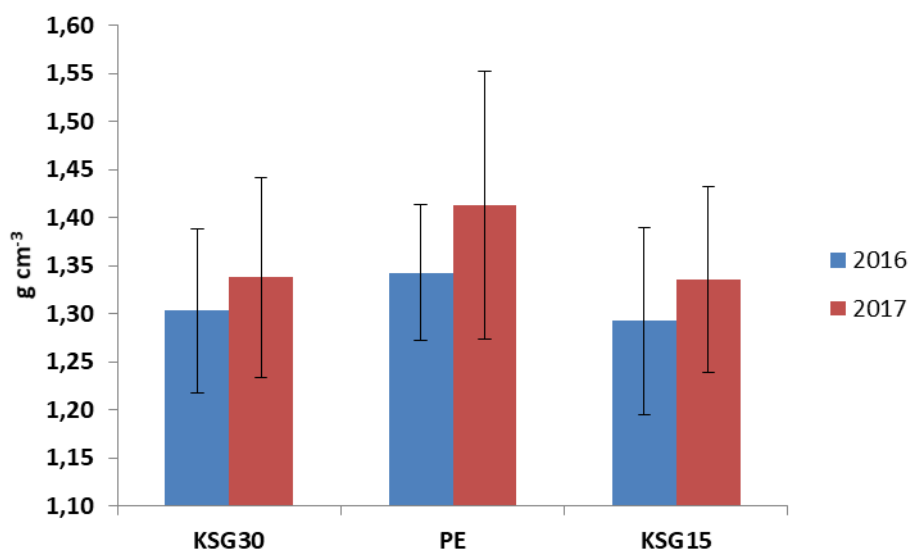
Grafikon 3. Vertikalne vrijednosti otpora tla uslijed različitih načina obrade, 2016.



Grafikon 4. Vertikalne vrijednosti otpora tla uslijed različitih načina obrade, 2017.



Grafikon 5. Utjecaj obrade tla na volumnu gustoću tla tijekom obje godine istraživanja

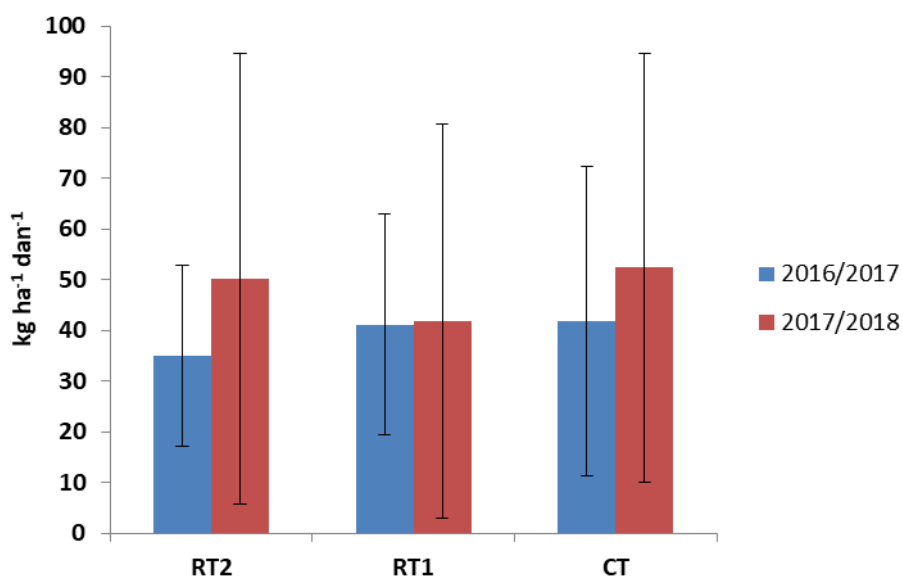


Grafikon 6. Utjecaj gnojidbe na volumnu gustoću tla tijekom obje godine istraživanja

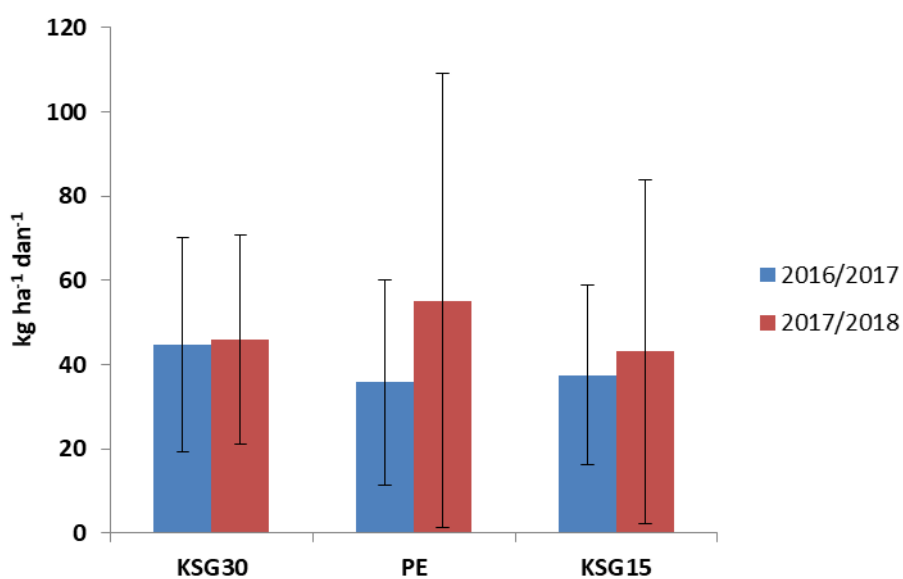
Rezultati emisija CO₂ u atmosferu daju posebnu vrijednost s aspekta mikrobiološke aktivnosti, zadržavanja organske tvari u tlu i očuvanju okoliša. Dobiveni rezultati tijekom obje sezone pokazuju visoko-signifikantne ovisnosti emisije CO₂ i vlage tla, a također su značajne u korelaciji s temperaturom tla. Tijekom sezone 2016/2017 prosječne vrijednosti CO₂ prema tretmanima obrade tla iznose: 35,04 kg ha⁻¹ dan⁻¹ za RT2, za RT1 41,1 kg ha⁻¹ dan⁻¹ i 41,72 kg ha⁻¹ dan⁻¹ za CT (*grafikon 7*), dok su prema gnojidbi dobiveni slijedeći rezultati: KSG₃₀ - 44,7 kg ha⁻¹ dan⁻¹, KSG₁₅ - 37,4 kg ha⁻¹ dan⁻¹ i PE - 35,8 kg ha⁻¹ dan⁻¹ (*grafikon 8*). Tretmani obrade i gnojidbe pokazali su samo relativne razlike ($p > 0,05$) u emisiji CO₂. Interakcijski efekt obrade i gnojidbe ukazuje da je najmanja emisija CO₂ iz tla zabilježena na tretmanu RT2 x KSG₁₅ (26,4 kg ha⁻¹ dan⁻¹), dok je najveća na tretmanu CT x KSG₃₀ (46,4 kg ha⁻¹ dan⁻¹).

U sezoni 2017/2018 vidljivi su slični trendovi između tretmana pokusa. Relativne razlike među načinima obrade ukazuju na najveće emisije CO₂ na CT (52,3 kg ha⁻¹ dan⁻¹), dok su najmanje na RT2 (50,2 kg ha⁻¹ dan⁻¹) i RT1 (41,7 kg ha⁻¹ dan⁻¹) (*grafikon 7*). Ovakvi rezultati ukazuju da smanjenje intenziteta obrade pozitivno djeluje na smanjeni gubitak organskog ugljika putem niže rate mineralizacije organske tvari tla. Promatrajući gnojidbeni utjecaj na emisije CO₂, utvrđujemo najveće emisije CO₂ na tretmanima s komercijalnim gnojivima (PE), dok je gnojidba krutim stajskim gnojem nešto manje utjecala na gubitak organskog ugljika iz tla. Ovi rezultati su očekivani s obzirom na činjenicu da je gnojidba stajskim gnojem

obavljena u ljetu 2016. godine i najveći utjecaj na tlo ima u prvoj godini od primjene. To je i razlog većih emisija CO₂ na KSG₃₀ i KSG₁₅ u odnosu na PE. Naprotiv, gnojidba PE gnojivima obavljena je svake sezone, a istovremeno je došlo do značajne mineralizacije stajnskoga gnoja nakon 1 - 1,5 godine. U vlastitim poljskim pokusima Zavoda za opću proizvodnju bilja primjena dušika već je dokazana kao dodatni pozitivan faktor emisije CO₂ mjerenih nakon gnojidbe u poljoprivrednim tlima (Zgorelec i sur., 2017).



Grafikon 7. Utjecaj obrade tla na emisiju CO₂ iz tla tijekom obje sezone istraživanja



Grafikon 8. Utjecaj gnojidbe na emisiju CO₂ iz tla tijekom obje sezone istraživanja

Analiza infiltracije vode u tlo (TABLICA 30) ukazala je na veliku važnost pravilnog gospodarenja tlom, budući da obrada i gnojidba značajno utječu na ovo važno hidrološko svojstvo tla. U 2016/2017 infiltracija tla pokazala se najvećom na CT tretmanu ($0,014990 \text{ m s}^{-1}$), dok je najmanja na tretmanu RT1 ($0,00800 \text{ m s}^{-1}$). Tijekom sezone 2017/2018 infiltracija se kretala u slijedu: CT > RT2 > RT1. Nadalje, gledajući gnojidbu kao faktor, infiltracija je u obje godine najveća na KSG₃₀, dok je najmanja u sezoni 2016/2017 na PE, a u sezoni 2017/2018 na KSG₁₅. Ovi rezultati pokazuju pozitivan učinak krutog stajskog gnoja na sposobnost tla da upije vodu. Obrada ($p < 0,05$) i gnojidba ($p < 0,01$) pokazali su signifikantni utjecaj na infiltraciju vode u tlo u sezoni 2016/2017, međutim, značajnost razlika među tretmanima tijekom sezone 2017/2018 je izostala ($p > 0,05$).

TABLICA 30. Infiltracija vode u tlo ovisno o gnojidbi i obradi tla tijekom obje godine istraživanja

	2016/2017	2017/2018
Obrada		
RT2	0,01330 a	0,01086 a
RT1	0,00800 b	0,00673 a
CT	0,01499 a	0,01405 a
Gnojidba		
PE	0,00619 c	0,01041 a
KSG15	0,01210 b	0,00896 a
KSG30	0,01800 a	0,01227 a

*različita mala slova među tretmanima unutar stupca označavaju značajnu razliku prema Tukey HSD

Osim utjecaja agrotehničkih zahvata na prinose te fizikalne i kemijske značajke tla, bitna stavka je visina troškova pojedinog načina proizvodnje. Ovdje navodimo samo nekoliko podataka. Razlika u troškovima goriva i radnih sati između tretmana je utvrđena. Rezultati primjenjene tehnologije koja čini glavne i sporedne faktore pokusa pokazuje da je reducirana plitka obrada (RT1) smanjila trošak goriva pri obradi na 56 % onoga koje bi se utrošilo pri konvencionalnoj obradi (CT) na navedenom području. Obrada u jednom prohodu (RT2) također pokazuje niže troškove obrade u usporedbi s konvencionalnom i čini 84 % uobičajene potrošnje goriva.

Visina efikasnosti proizvodnje izračunate temeljem troškova, poticaja i visine prinosa u dvije godine istraživanja pokazuju smanjenje ekonomičnosti od konvencionalnog oranja

(CT), preko obrade u jednom proходу tanjuračom i rovilom, do plitke obrade tanjuračom. Razlike postoje i pri gnojidbenim tretmanima. Tretmani s 15 t ha^{-1} krutog stajskog gnoja (bez obzira na obradu) pokazali su se ekonomski najisplativiji, dok je najmanja dobit bila na tretmanima s komercijalnim gnojivima (PE). Ovdje treba napomenuti da je komercijalno gnojivo svake godine primjenjeno, za razliku od krutog stajskog gnoja, što je uvelike utjecalo na izračun ekonomske isplativosti. Iako je prinos zrna ječma veći na PE, zbog troška gnojiva i njegove primjene, prednost gnojidbe stajskim gnojem je očita. Međutim, izazov je predvidjeti, tj. izmjeriti trajanje efikasnosti stajskog gnoja, tako da je na budućim generacijama izazov istražiti ovu problematiku u dugoročnijem istraživanju nego što je to do sada provedeno.

Ovi podaci zadovoljili su ciljeve istraživanja. Pokus je proveden prema metodici, a značajnost između tretmana pokusa u čimbenicima tla ukazuju na opravdano djelovanje faktora pokusa. Primjena reducirane obrade u ekološkoj poljoprivredi neće biti lagana i brza, no ono što svakako ne smijemo zanemariti je to da obrada u jednom proходу povoljno djeluje na fizikalni kompleks tla i prinose. Reducirana obrada utjecala je na smanjenu emisiju CO_2 iz tla te smanjenu potrošnju goriva. Primjenom reduciranih sustava obrade povećava se ekonomska isplativost kroz manju cijenu koštanja finalnog proizvoda uz primjenu principa održive biljne proizvodnje.

Dosad među proizvođačima slabo rašireni načini reducirane obrade tla pokazali su povoljni učinak na fizikalni kompleks tla. Prvenstveno se to očituje u zbijenosti i povoljnijem tlu za razvoj korijenovog sustava, što se i pokazalo u prinosima kultura koji nisu odstupali u odnosu na klasičnu obradu plugom. Uporaba stajskog gnoja pozitivno je utjecala na agregaciju tla, a više doze stajskog gnoja smanjile su zbijenost tla u usporedbi s kupovnim komercijalnim organskim gnojivima. Kombinacija reducirane obrade i stajskog gnoja pokazala se zadovoljavajuća za biljnu proizvodnju na melioriranim alkalnim tlima u Istri.

Cilj odabira optimalnog načina obrade tla u mediteranskim agroekološkim uvjetima s pogleda visine prinosa i ekonomske opravdanosti je postignut. Rezultati jasno pokazuju smanjenje troška goriva pri reduciranim načinima obrade, dok uspoređujući ekonomsku dobit možemo zaključiti da reducirani način obrade s rovljenjem i tanjuranjem pokazuje veću ekonomsku dobit u usporedbi s oranjem. S pogleda najprihvatljivijeg načina gnojidbe i visine

prinosa te ekonomske opravdanosti vidljivo je da su se tretmani s višom i nižom dozom stajskog gnoja odrazili na povećanje prinosa zrna zobi u odnosu na tretman s komercijalnim peletiranim gnojivom. Prema učinku gnojiva na fizikalno stanje tla (veličinu agregata, infiltraciju, zbijenost tla), preporuča se korištenje 30 t krutog stajskog gnoja po ha. Ove doze trebale bi pružiti i veću otpornost tla na klimatske ekstreme. Naime, različiti učinak glavnih i podtretmana polučio je drugačije rezultate na tlo i CO₂. Istovremeno, na osnovi rezultata, ekološki pritisak agrotehnike najizraženiji je na tretmanu s oranjem, dok su smanjeni ekološki pritisci na tretmanima s reduciranom obradom. Ovakvi rezultati ukazuju da smanjenje intenziteta obrade pozitivno djeluje na smanjeni gubitak organskog ugljika putem niže rate mineralizacije organske tvari tla. Promatrajući gnojidbeni utjecaj na emisije CO₂, utvrđujemo najveće emisije CO₂ na tretmanima s krutim stajskim gnojem u prvoj sezoni, dok je u drugoj sezoni gnojidba krutim stajskim gnojem nešto manje utjecala na gubitak organskog ugljika iz tla. Ovi rezultati su i očekivani s obzirom na činjenicu da je gnojidba stajskim gnojem obavljena u ljeto 2016. godine i najveći utjecaj na tlo ima u prvoj godini od primjene.

8. POJMOVNIK

AGROMETEOROLOGIJA - grana meteorologije koja proučava utjecaj meteoroloških čimbenika i pojava na stanje poljoprivrednih kultura. Osobito proučava trajanje vegetacijskog razdoblja, rast poljoprivrednih kultura ovisno o vremenskim i klimatskim čimbenicima, kao i utjecaj vremena i podneblja na razvijanje i širenje bolesti usjeva.

AGROŠUMARSTVO - sustav gospodarenja u kojem je integriran uzgoj višegodišnjih drvenastih vrsta i poljoprivrednih kultura i/ili stoke na istom zemljištu.

AGROMETEOROLOGIJA - primijenjena meteorologija koja se bavi istraživanjima za izravnu primjenu u poljoprivredi. Promatra utjecaj fizikalnih atmosferskih zbivanja na život biljaka.

BAULACIJA – oblik korekture reljefa gdje se stvaraju dvostrešni blokovi za obradu tla vrlo malog nagiba za procjeđivanje oborinske vode prema kanalu.

DEGRADACIJA TLA - procesi koji dovode do smanjenja plodnosti tla ili proizvodne sposobnosti tla djelovanjem ljudske aktivnosti. Najčešći procesi su narušavanje strukture i zbijanje tla, gubitak tla zbog erozije vodom ili vjetrom, dezertifikacija, ispiranje hranjiva, zakiseljavanje, alkalizacija i zaslanjivanje, smanjenje sadržaja ukupnog ugljika i bioraznolikosti u tlu.

DEZAGREGACIJA – raspadanje strukturnih agregata tla.

EKOLOŠKA POLJOPRIVREDA - sveobuhvatni sustav održivoga gospodarenja u poljoprivredi koji teži etički prihvatljivoj, ekološki čistoj, socijalno pravednoj i gospodarski isplativoj proizvodnji. Ima malo negativno djelovanje na tlo, vodu, zrak, biljne i životinjske i genetske resurse.

EROZIJA TLA – antropogeni ili prirodni degradirajući proces odnošenja čestica tla.

EVAPOTRANSPIRACIJA – zajednički naziv za proces isparavanja vode iz tla i biljaka.

GHGS (ENGL. GREENHOUSE GASSES) – staklenički plinovi, u sektoru poljoprivrede dominantni: CO₂, N₂O i CH₄.

IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) – Međuvladino tijelo za klimatske promjene.

KLIMA - predstavlja prosječne vremenske prilike izražene pomoću srednjaka, ekstrema i varijabilnosti klimatskih veličina u dužem, najčešće 30-godišnjem razdoblju.

KLIMATSKE PROMJENE - statistički značajne promjene srednjeg stanja ili varijabilnosti klimatskih veličina koje traju desetljećima i duže.

KLIMATSKI MODELI - složeni numerički modeli u kojima su jednadžbe procesa u atmosferi, oceanu i drugim komponentama klimatskog sustava opisane u točkama diskretne mreže te daju mogućnost simuliranja stanja klime iznad nekog područja.

KONVENCIONALNA OBRADA – inkorporira ili prekriva većinu biljnih rezidua u tlo. Uobičajeno obuhvaća višestruku obradu – prvo se koristi lemešni plug nakon čega dolazi do višestruke pripreme sjetvenog sloja. Površina je bez biljnih rezidua, ali i biljnog pokrova.

KONVENCIONALNA POLJOPRIVREDA – poljoprivreda koja uključuje stvaranje visokorodnih kultivara i hibrida, suvremenu i intenzivnu agrotehniku, primjenu pesticida i mineralnih gnojiva.

KOREKTURA RELJEFA – uređenje zemljišta u ravnici i na nagibu radi mogućnosti njegovog intenzivnog korištenja.

REDUCIRANA OBRADA – smanjenje broja zahvata, troškova i dubine obrade tla. U praksi se izostavlja oranje, a plitkim i često povezanim zahvatima obrade se postiže povoljno stanje tla.

KONZERVACIJSKA OBRADA – bilo koja obrada koja ostavlja barem 30 % biljnih ostataka od prethodne kulture na površini tla prije i nakon sjetve slijedeće kulture radi smanjenja erozije, stabilnosti strukture i pohrane ugljika. Obično uključuje obradu koja ne preokreće tlo.

KVALITETA TLA – sposobnost pojedinog tla da funkcionira unutar prirodnih ili agroekosustava, da održava biljnu produktivnost, održava ili povećava kvalitetu vode i zraka, i podupire ljudsko zdravlje.

MEKOTA – površinski sloj tla stvoren antropogenim djelovanjem čovjeka (obradom, gnojidbom ili terasiranjem). Cilj mekote je omogućiti rast korijena u veću dubinu, ali i stvoriti manju ovisnost biljaka o nepovoljnim ekološkim uvjetima. Tendencija je povećati dubinu mekote, iako se uobičajeno kreće od 8 - 45 cm dubine.

PLODNOST TLA – razina sposobnost tla da biljci osigura optimalne uvjete za rast i razvoj (hranjiva, vode).

PLODORED – pravilna prostorna i vremenska izmjena usjeva na poljoprivrednoj proizvodnoj površini.

POKORICA – dezagregirani zbijeni površinski sloj tla nastao utjecajem kišnih kapi koje razbijaju strukturne agregate i sljepljuje površinske čestice tla. Daljnjim sušenjem dolazi do kompaktnosti površinskog zbijenog sloja.

PRAŠENJE STRNIŠTA – plitka površinska obrada tla (do 10 cm) neposredno nakon žetve strnih žitarica. Obavlja se plugovima prašačima, tanjuračama ravnih diskova, konvencionalnom tanjuračom u kombinaciji s valjkom ili teškim malč kultivatorom. Cilj je prekinuti gubitak vlage iz tla isparavanjem, provocirati korove na nicanje i pojačati mikrobiološku aktivnost tla.

RASPRAŠIVANJE - pojava pretjerane količine praha (<0,25 mm) uslijed nepovoljne obrade tla po sušnim uvjetima. Sitne čestice naliježu na površinu obrađenog tla, gdje uslijed kiše zatvaraju pore, a sušenjem tvore jaku površinsku pokoricu.

RIZOSFERA – volumen tla koji je pod utjecajem prisutnosti i aktivnosti rastućeg korijena. Utjecaj podrazumijeva biološke, kemijske i fizikalne promijene.

STRUKTURA TLA – način povezivanja pojedinačnih čestica pijeska, praha i gline u strukturne agregate, te oblik nakupljanja istih u veće agregate i prostor zraka između njih.

SUŠA U TLU – stanje tla u kojemu je potencijalna evapotranspiracija veća od raspoloživih količina vode.

TEKSTURA TLA – kvantitativni odnos pijeska, praha i gline u tlu.

TEMPERATURNI PRAGOVI – datumi kada temperatura zraka prelazi određene granice (aktivna vegetacija, ljetna žega...), a određuju se iz godišnjeg hoda temperature zraka.

TOPLINSKI STRES – poremećaji u asimilaciji CO₂, desikacija protoplazme i promjene u biljnim stanicama koje uzrokuje naglo i veliko povišenje temperature potaknuto gubitkom vode iz tla i biljke.

UGORENOST TLA – specifično povoljno stanje tla za nesmetan uzgoj biljaka. Karakterizira ga velika mikrobiološka aktivnost i mrvičasto-graškasta struktura nastala djelovanjem biotskih i abiotskih čimbenika.

UNFCCC (UNITED NATION FRAMEWORK CONVENTION ON THE CLIMATE CHANGE) - Okvirna Konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime.

VEGETACIJSKI STRES – djelovanje bilo kojeg abiotskog i/ili biotskog čimbenika koji nepovoljno utječe na rast i razvoj biljaka.

VRIJEME - opisuje trenutačno ili kratkoročno stanje meteoroloških elemenata koje se mijenja tijekom dana ili iz dana u dan.

ZAMULJIVANJE – raspadanje strukturnih agregata uslijed stagnacije oborinske vode na površini tla, te čepljenje pora tla. Pojavljuje se radi loše strukture i stabilnosti agregata tla, te neodgovarajuće obrade s stvorenim slabopropusnim podhorizontom.

ZASLANJENOST TLA – akumulacija topljivih soli u tlu čiji sadržaj značajno ometa razvoj biljke.

ZBIJENOST TLA – stanje tla izazvano kombinacijom prirodnog slijeganja i vanjskim utjecajem čovjeka (promet mehanizacije, neodgovarajuća obrada) i životinja. Odlikuje ga povećanje volumne gustoće tla i smanjenje poroznosti. Osim navedenih čimbenika stanje zbijenosti se mjeri i penetrometrom. Stanje zbijenosti je bitno za determinaciju kondicije tla i pogodnosti za korijenov razvoj.

ZDRAVICA TLA – sloj tla koji se nalazi ispod mekote, a nije zahvaćen antropogenim djelovanjem čovjeka. Karakterizira ga slaba biogenost, humoznost i nizak sadržaj biljnih hranjiva.

ZELENA GNOJIDBA (SIDERACIJA) – obogaćivanje tla organskom masom posebno za tu svrhu uzgajanih kultura, radi popravka fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava tla.

LITERATURA

- Al-Yassin, A. D. N. A. N. (2005). Influence of salinity on citrus: a review paper. *Journal of Central European Agriculture*, 5(4), 263-272.
- Amberger, A., Schweiger, P. (1978). P-balance of a long-term lysimeter experiment. *Bodenkultur*, 29(4), 325-332.
- Anderlini, R. (1981). 9000 anni di fertilita. *Calderini Edagricole*. Bologna, str. 87.
- Anderson, F. M., Peterson, G. A. (1973). Effects of continuous corn (*Zea mays* L.), manuring, and nitrogen fertilization on yield and protein content of the grain and the soil Nitrogen content. *Agronomy Journal*, 65, 697-700.
- Balkcom, K., Schomberg, H., Reeves, W., Clark, A. (2010). Managing Cover Crops in Conservation Tillage Systems. Poglavlje u knjizi: *Managing Cover Crops Profitably*, str. 44-52.
- Barešić, M. (2011). Utjecaj gnojidbe na sastav organske tvari u tlu. *Agronomski fakultet, Zagreb*. Diplomski rad. Str. 53.
- Barth, J. (2009). Quality and markets for compost and digestion residues in Europe. *European Compost Network*. Online: <http://www.recestonia.ee/ecn/presentations/9%20Josef%20Barth.pdf>
- Bašić, F. (1995). Some aspects of sustainable agriculture in Croatia. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, 60/2, 237-247.
- Bašić, F. (2013). *The Soils of Croatia*, World Soils Book Series, Springer. Str 179.
- Bašić, F., Herceg, N. (2010). *Temelji uzgoja bilja*. Synopsis doo Zagreb, str. 454.
- Bending, G. D., Turner, M. K., Jones, J. E. (2002). Interactions between crop residue and soil organic matter quality and the functional diversity of soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(8), 1073-1082.
- Berner, A., Hildermann, I., Fließbach, A., Pfiffner, L., Niggli, U., Mäder, P. (2008). Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management. *Soil & Tillage Research*, 101, 89-96.
- Bilandžija, D., Zgorelec, Ž., Kisić, I. (2013) Tillage induced CO₂ emissions in relation to soil parameters. *Soil and Crop Management: Adaptation and Mitigation of Climate Change*, Vukadinović, Vesna; Đurđević, Boris (ur.). *Grafika d.o.o., Osijek*. str. 201-208.
- Bilandžija, D., Zgorelec, Ž. Kisić, I. (2014a). The Influence of Agroclimatic Factors on Soil CO₂ Emissions. *Collegium Antropologicum*, 38(1), 77-83.
- Bilandžija, D., Zgorelec, Ž., Kisić, I. (2014b). Soil Carbon Loss by Soil Respiration under Different Tillage Treatments. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 79(1), 1-6.
- Bilandžija, D. (2015). Emisija ugljikovog dioksida pri različitim načinima obrade tla. *Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*. Doktorska disertacija, str. 145.
- Bilandžija, D., Zgorelec, Ž., Kisić, I. (2016). Influence of Tillage Practices and Crop Type on Soil CO₂ Emissions. *Sustainability*, 8(1), 90.
- Bilandžija, D., Zgorelec, Ž., Kisić, I. (2017). Influence of tillage systems on short-term soil CO₂ emissions. *Hungarian Geographical Bulletin*, 66(1), 29-35.
- Birkas, M, Jug, D., Kisić, I. (2014). *The book of soil tillage*. Szent Istvan University, Godollo, Hungary, str. 322.

- Birkás, M., Antos, G., Neményi, M., Szemők, A. (2008). Environmentally-sound adaptable tillage. Budapest: Akadémiai Kiadó, str. 351.
- Blanco-Canqui, H., Francis, C. A., Galusha, T. D. (2017). Does organic farming accumulate carbon in deeper soil profiles in the long term?. *Geoderma*, 288, 213-221.
- Bliedtner, M., Stalder, T., Mäder, P., Fließbach, A., Salazar, G., Szidat, S. (2018). Soil organic carbon cycling in a long-term agricultural experiment, Switzerland. Dostupno na meetingorganizer.copernicus.org
- Bogunovic, I., Pereira, P., Brevik, E.C. (2017). Spatial distribution of soil chemical properties in an organic farm in Croatia. *Science of the Total Environment*. 584–585: 535–545.
- Bogunovic, I., Kistic, I. (2017). Compaction of a clay loam soil in Pannonian region of Croatia under different tillage systems. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19(2), 475-486.
- Bogunovic, I., Pereira, P., Kistic, I., Sajko, K., Sraka, M. (2018a). Tillage management impacts on soil compaction, erosion and crop yield in Stagnosols (Croatia). *Catena*, 160, 376-384.
- Bogunovic, I., Vukadinovic, V., Kistic, I., Chiavalon, S., Vucic, H., Durdevic, B. (2018b). Tillage and soil amendments effect on soil physical properties and yield of oats (*Avena sativa* L.) in organic farm in Mediterranean Croatia. *Agriculturae Conspectus Scintificus*, 83(1), 17-23.
- Bogunović, I., Dugan, I., Matišić, M., Chiavalon, S., Kisić, I. (2018). Impact of different tillage and fertilisation treatment on soil infiltration, porosity and structure. In 53. Hrvatski i 13. Međunarodni simpozij agronoma. Vlatka Rozman, Zvonko Antunović (ur.), Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
- Bogunović, M., Ćorić, R. (2014). Višenamjensko vrednovanje zemljišta i racionalno korištenje prostora. Sveučilište u Mostaru, str. 271.
- Bogunović, M., Vidaček, Ž., Husnjak, S., Sraka, M. (1997). Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske i njena uporaba. *Agronomski glasnik*, 5-6, Zagreb.
- Bos, J.F.F.P., de Haan, J.J., Sukkel, W., Schils, R.L.M. (2007). Comparing energy use and greenhouse gas emissions in organic and conventional farming systems in the Netherlands, 3rd QLIF Congress: Improving Sustainability in Organic and Low Input Food Production Systems, University of Hohenheim, Germany, March. Str. 20-23, 2007
- Brady, N. C., Weil, R. R. (2010). *Elements of the nature and properties of soils*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Educational International.
- Branković, Č. (2014). Klima i klimatske promjene. *Matematičko-fizički list*, 3(255), 152–162.
- Branković, Č., Güttler, I., Gajić-Čapka, M. (2013). Evaluating climate change at the Croatian Adriatic from observations and regional climate models' simulations. *Climate dynamics*, 41(9-10), 2353-2373.
- Brevik, E.C., Homburg, J.A., Sandor, J.A. (2018). Soils, climate, and ancient civilizations. In: Changing soil processes and ecosystem properties in the Anthropocene, Horwath W and Kuzyakov Y (eds) *Developments in Soil Science Series*. Elsevier, Amsterdam. in press.
- Brinton, W. F. (2000). Final Report – Compost Quality Standards & Guidelines. Woods End Research Laboratory. Online: <http://compost.css.cornell.edu/Brinton.pdf>
- Burke, I. C., Yonker, C. M., Parton, W. J., Cole, C. V., Schimel, D. S., Flach, K. (1989). Texture, climate, and cultivation effects on soil organic matter content in US grassland soils. *Soil science society of America journal*, 53(3), 800-805.

- Butorac, A. (1988). Opća proizvodnja bilja-praktikum. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb.
- Butorac, A. (1999). Opća agronomija (General Agronomy). Školska knjiga, Zagreb, str. 650.
- Butorac, A., Bašić, F., Turšić, I., Redžepović, S. (1988). Utjecaj pojačanog "prometa" organske tvari u tlu na prinos nekih oraničnih kultura i promjene u tlu, Poljoprivredne aktualnosti, 30(1-2), 475-489.
- Butorac, A., Butorac, J., Bašić, F., Mesić, M., Kisić, I. (2005). Utjecaj gnojidbe na zalihu fosforom i kalijem na prinos korijena šećerne repe i neka kemijska svojstva tla u plodoredu kukuruz-soja-ozima pšenica-šećerna repa. Agronomski glasnik, 67(1), 3-16.
- Butorac, A., Lacković, L. (1984). Utjecaj reducirane obrade tla na prinos ozime pšenice. Savjetovanje "Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede", Opatija, str. 205-211.
- Butorac, A., Mihalić, V. (1971). Ispitivanje optimalne dubine obrade u interakciji s mineralnom gnojidbom za lucernu na oligotrofnom pseudogleju na zaravni. Savremena poljoprivreda, 19(1-2): 55-66.
- Butorac, A., Tomić, F., Turšić, I. (1975). Specifična volumna težina i interval vlažnosti tla kao faktor u uzgoju ozime pšenice. Agronomski glasnik, 37(7-8): 383-403.
- Butorac A., Lacković L., Beštak T., Vasilj Đ., Seiwert V. (1979). Interrelationship of soil tillage and fertilizing in growing main field crops. Proceedings of 8th ISTRO Conference, Hohenheim, 2: 259-364.
- Butorac, A., Lacković, L., Beštak, T., Vasilj, Đ., Seiwert, V. (1981a). Efikasnost reducirane i konvencionalne obrade tla u interakciji s mineralnom gnojidbom u plodosmjeni ozima pšenica-šećerna repa-kukuruz na lessive pseudogleju. Poljoprivredna znanstvena smotra, 54: 5-30.
- Butorac, A., Lacković, L., Beštak, T., Đurđica Vasilj, S. V. (1981b). Istraživanje sistema reducirane i konvencionalne obrade tla u kombinaciji s mineralnom gnojidbom za glavne oranične kulture na hipogleju srednje Podravine. Zbornik radova: Aktualni problemi mehanizacije poljoprivrede, Poreč, str. 129-145.
- Chadwick, D., Sommer, S., Thorman, R., Fanguero, D., Cardenas, L., Amon, B., Misselbrook, T. (2011). Manure management: implications for greenhouse gas emissions. Animal Feed Science and Technology, 166, 514-531.
- Chaves, M.M., Flexas, J., Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany, 103, 551–560.
- Cindrić, K., Pasarić, Z., Gajić-Čapka, M. (2010). Spatial and temporal analysis of dry spells in Croatia. Theoretical and Applied Climatology, 102, 171–184.
- Clark, A. (2007). Brassicas and Mustards for cover cropping in organic farming. 3rd National SARE Outreach Handbook. Online: <http://www.extension.org/pages/18643/brassicas-and-mustards-for-cover-cropping-in-organic-farming>.
- Clemens, J., Trimborn, M., Weiland, P., Amon, B. (2006). Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. Agriculture, ecosystems & environment, 112(2-3), 171-177.
- Conant, R.T., Paustian, K. (2002). Potential soil carbon sequestration in overgrazed grassland ecosystems, Global Biogeochemical Cycles, 16(4), 90,1–90,9.
- Dancer, W. S., Peterson, L. A., Chesters, G. (1973). Ammonification and Nitrification of N as Influenced by Soil pH and Previous N Treatments. Soil Science Society of America Journal, 37(1), 67-69.
- Darwin, C. (1859). On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or, the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life, London: J. Murray.

- Derežić, D., Vučetić, V. (2011). Tendencija povećanja srednje temperature tla u Hrvatskoj. Hrvatski meteorološki časopis, 46, 85–96.
- DHMZ (2014). 160 godina meteoroloških motrenja i njihova primjena u Hrvatskoj / 160 Years of Meteorological Observations and their Application in Croatia. Pandžić K., Žibrat, Z. (ur.). str. 244.
- Duxbury, J.M. (1994). The significance of agricultural sources of greenhouse gases. Fertilizer Research, 38, 151-163.
- Đekemati, I, Radics, Z., Kende, Z., Birkás, M. (2016). Soil state assessment in Croatia and in Hungary – Similarities and differences. Növénytermelés, 65, 139-142.
- EEA.EUROPA.EU (2016). Field burning of agricultural wastes. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. Dostupno na: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016/part-b-sectoral-guidance-chapters/4-agriculture/3-f-field-burning-of/view>
- Egner, H., Riehm, H., Domingo, W.R. (1960). Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden II. Chemische Extraktionsmethoden zu Phosphor- und Kaliumbestimmung. K. Lantbr. Hogsk. Annlr. W.R. 26, 199-215.
- EI-Hage Scialabba, N., Muller-Lindenlauf, M. (2010). Organic agriculture and climate change. Renewable Agriculture and Food Systems, 25(2), 158–169.
- Eugster, W., Moffat, A., Ceschia, E., Aubinet, M., Ammann, C., Osborne, B., Davis, P., Smith, P., Jacobs, C., Moors, E., Le Dantec, V., Béziat, P., Saunders, M., Jans, W., Grünwald, T., Rebmann, C., Kutsch, W., Czerný, R., Janouš, D., Moureaux, C., Dufranne, D., Carrara, A., Magliulo, V., Di Tommasi, P., Olesen, J., Schelde, K., Olioso, A., Bernhofer, C., Cellier, P., Larmanou, E., Loubet, B., Wattenbach, M., Marloie, O., Sanz, M., Sjøgaard, H. i Buchmann, N. (2010). Management effects on European cropland respiration. Agriculture, Ecosystems & Environment, 139(3), 346-362.
- European Commission (2013). Final Report On Greenhouse Production (Protected Cropping), Expert Group for Technical Advice on Organic Production (EGTOP), Brussels.
- FAO - Food and Agriculture Organization (2008). Organic agriculture and climate change. <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y4137E/y4137e02b.htm#89>
- Filipovic, D., Kosutic, S., Gospodaric, Z., Zimmer, R., Banaj, D. (2006). The possibilities of fuel savings and the reduction of CO₂ emissions in the soil tillage in Croatia. Agriculture, ecosystems & environment, 115(1-4), 290-294.
- Flessa, H., Ruser, R., Dörsch, P., Kamp, T., Jimenez, M.A., Munch, J.C., Beese, F. (2002). Integrated evaluation of greenhouse gas emissions (CO₂, CH₄, N₂O) from two farming systems in southern Germany. Agriculture, Ecosystems and Environment, 91, 175-189.
- Fliessbach, A., Oberholzer, H.R., Gunst, L., Mäder, P. (2007). Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. Agriculture, Ecosystems and Environment, 118, 273–284.
- Foy, C. D. (1984). Physiological Effects of Hydrogen, Aluminum, and Manganese Toxicities in Acid Soil. Soil acidity and liming – Agronomy Monograph, str. 57-97.
- Gajić-Čapka, M., K. Cindrić (2011). Secular trends in indices of precipitation extremes in Croatia, 1901–2008. Geofizika, 28(2), 293-312.
- Gajić-Čapka, M., Güttler, I., Branković, Č. (2011). Climate and climate change analyses for CC-WaterS project. 5. hrvatska konferencija o vodama s međunarodnim sudjelovanjem, Zbornik radova

Hrvatske vode pred izazovom klimatskih promjena., D. Biondić, D. Holjević, Lj. Tropan (ur.), Opatija, 18-21. svibnja 2011., str. 109-118.

- Gajić-Čapka, M., Cindrić, K., Pasarić, Z. (2015). Trends in precipitation indices in Croatia, 1961–2010. *Theoretical and Applied Climatology*, 121(1-2), 167-177
- Gajić-Čapka, M., Güttler, I., Branković, Č. (2014). Climate and climate change analysis for the island of Korcula, Croatia. In: COMECAP 2014, 12 International Conference of Meteorology, Climatology and Physics of the Atmosphere, Heraklion, 28-31 May 2014, e-book of contributions, Kanakidou M., Mihalopoulos N., Nastos P. (ur), Crete University Press, 1, 315-319.
- Gajić-Čapka, M., Güttler, I., Cindrić, K., Branković, Č. (2018). Observed and simulated climate and climate change in the lower Neretva river basin. *Journal of Water and Climate Change*, 9(1), 124-136.
- Gelešić, I. (2015). Usporedba emisija stakleničkih plinova iz poljoprivrednih tala. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb. Diplomski rad, 68 str.
- Griffiths, J.F. (1994). *Handbook of Agricultural Meteorology*, Oxford University Press, USA.
- Gruver, J., Wander M. (2015). Use of Tillage in Organic Farming Systems: The Basics. Available at: <http://articles.extension.org> . Pristupljeno 21.01.2018.
- Guo, L. B., Gifford, R. M. (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global change biology*, 8(4), 345-360.
- Hadelan, L., Grgić, I., Zrakić, M., Crnčan, A. (2015). Financijska ocjena proizvodnje povrća u zaštićenim prostorima. *Glasnik zaštite bilja*, 38(4), 51-59.
- Hamilton, N. (2007). *Grow Organic - fruit and vegetables fresh from your garden*. New Holland Publishers Ltd. London, str. 336.
- Hati, K., Bandyopadhyay, K. (2011). Fertilizers (mineral, organic), effect on soil physical properties. In *Encyclopedia of Agrophysics* (str. 296-299). Springer Netherlands.
- Håkansson, I. (2005). Machinery-induced compaction of arable soils (No. 109). Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, str. 158.
- Hepperly, P., Douds, D. Jr., Seidel, R. (2006). The Rodale farming system trial 1981–2005: long term analysis of organic and conventional maize and soybean cropping systems, U Raupp, J., Pekrun, C., Oltmanns, M., Kopke U. (ur.). *Long-Term Field Experiments in Organic Farming*. International Society of Organic Agricultural Research (ISO FAR), Bonn, Germany, str. 15–32.
- Hodalić, T. (2015). Mjerenje emisije ugljikovog dioksida iz tla u vegetaciji pšenoraži. Agronomski fakultet, Zagreb. Diplomski rad, str. 53.
- Hondebrink, M. A., Cammeraat, L. H., Cerdà, A. (2017). The impact of agricultural management on selected soil properties in citrus orchards in Eastern Spain: A comparison between conventional and organic citrus orchards with drip and flood irrigation. *Science of the Total Environment*, 581, 153-160.
- Horvat, M. (2011) Utjecaj obrade tla na sastav organske tvari u tlu. Agronomski fakultet, Zagreb. Diplomski rad, 54 str.
- Husnjak, S., Romić, M., Poljak, M., Pernar, N. (2011). Recommendations for soil management in Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 76(1), 1-8.
- IFOAM - International Federation of Organic Agriculture Movements (2006). *The IFOAM Basic Standards for Organic Production and Processing*, Version 2005, IFOAM, Bonn, Germany.

- IFOAM - International Federation of Organic Agriculture Movements (2018). Definition of organic agriculture. Dostupno na: <https://www.ifoam.bio/en/organic-landmarks/definition-organic-agriculture>
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (ur.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2015). Climate change 2014: mitigation of climate change (Vol. 3). Cambridge University Press.
- Jelić, M., Vučetić, V. (2011). Utječe li promjena klime na početak cvjetanja jorgovana? Hrvatski meteorološki časopis, 46, 45–53.
- Jordan, R., Müller, A., Oudes, A. (2009). High Sequestration, Low Emission, Food Secure Farming, Organic Agriculture - a Guide to Climate Change & Food Security. IFOAM and IFOAM EU Group 2009, D-Bonn and BE-Bruxelles. Dostupno na: [http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rome2007/docs/Agriculture%20 a Guide to Climate Change & Food Security%C2%A0.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rome2007/docs/Agriculture%20a%20Guide%20to%20Climate%20Change%20&%20Food%20Security%20.pdf)
- Jug, D., Krnjaić, S., Stipešević, B. (2006). Prinos ozime pšenice (*Triticum aestivum* L.) na različitim varijantama obrade tla. Poljoprivreda, 12(1), 47-52.
- Jug, I., Jug, D., Sabo, M., Stipesevic, B., Stosic, M. (2011). Winter wheat yield and yield components as affected by soil tillage systems. Turkish journal of agriculture and forestry, 35(1), 1-7.
- Jug, D., Birkas, M., Kisić, I. (2015). Obrada tla u agroekološkim okvirima. Hrvatsko društvo za proučavanje obrade tla, Osijek, str. 275.
- Juriscic, A., Mesic, M., Zgorelec, Z., Vukovic, I. (2008). Sulphur balance at different nitrogen fertilization levels. Cereal Research Communications, 36, 1211-1214.
- Kasperczyk, N., Knickel, K. (2006). Environmental impacts of organic farming. Organic Agriculture: A Global Perspective CSIRO Publishing: Collingwood, str. 259-294.
- Keesstra, S., Nunes, J., Novara, A., Finger, D., Avelar, D., Kalantari, Z., Cerdà, A. (2018). The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. Science of the Total Environment, 610, 997-1009.
- Kereša, S., Barić, M., Horvat, M., Habuš Jerčić, I. (2008). Mehanizmi tolerantnosti biljaka na sušu i njihova genska osnova kod pšenice. Sjemenarstvo, 25(1), 35-45.
- Khanal, R.C. (2009). Climate change and organic agriculture. The Journal of Agriculture and Environment, 10, 100-110.
- Kilmer, V.J. (1982). Handbook of soils and climate in agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida. str. 225–226, 288–290.
- Kirigjija I. (2008). O izboru lozne podloge. Glasnik zaštite bilja, 6:6-13.
- Kisić, I., Zgorelec, Ž., Jurišić, A., Bilandžija, D. (2011). Utjecaj konvencionalne i ekološke poljoprivrede na neke kemijske parametre tla. Agronomski glasnik, 73(1-2), 27-40
- Kisic, I., Bogunovic, I., Bilandzija, D. (2017a). The Influence of Tillage and Crops on Particle Size Distribution of Water-Eroded Soil Sediment on Stagnosol. Soil & Water Research, 12(3).

- Kisic, I., Bogunovic, I., Birkás, M., Jurisic, A., Spalevic, V. (2017b). The role of tillage and crops on a soil loss of an arable Stagnic Luvisol. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(3), 403-413.
- Kisic, I., Zgorelec, Z., Percin, A. (2017c). Soil treatment engineering. *Physical Sciences Reviews*, 2(11). doi:10.1515/psr-2016-0124
- Kisić, I. (2004). Ekološka poljoprivreda-stanje i perspektive u Republici Hrvatskoj. Alternativna biljna proizvodnja u strukturnim promjenama hrvatske poljoprivrede. Maceljki, Milan (ur.). Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, str. 87-90.
- Kisić, I. (2014). Uvod u ekološku poljoprivredu. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 340.
- Kisić, I. (2015). Antropogena erozija tla. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb, str. 275.
- Kisić, I., Bašić, F., Mesić, M., Butorac, A., Sabolić, M. (2002). Influence of different tillage systems on yield of maize on stagnic Luvisols of Central Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 67(2), 81-89.
- Kisić, I., Bašić, F., Mesić, M., Butorac, A., Vađić, Ž. (2004). The Effect of Fertilization and Liming on Some Soil Chemical Properties of Eutric Gleysol. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 69(2-3), 43-49.
- Kisić, I., Bašić, F., Birkas, M., Jurišić, A., Bičanić, V. (2010). Crop Yield and Plant Density under Different Tillage Systems. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 75(1): 1-7.
- Kisić, I., Šamota, D. (2005). Nacrt prijedloga Nacionalnog programa za poljoprivredu i seoska područja za razdoblje 2006-2008, poglavlje 5: Strukturna politika
- Köppen, W. (1936). Das geographische System der Klimate. U: Köppen W, Geiger R (ed.) *Handbuch der Klimatologie*. Gebrüder Borntraeger, Berlin, str. 1-44.
- Kolarević, R. (2016). Tipični izvori onečišćenja na farmi i njihov utjecaj na ekosustav. Završni rad - diplomski/integralni studij. Zagreb, Agronomski fakultet, 54 str.
- Kosutić, S., Filipović, D., Gospodarić, Z. (2008). Maize and winter wheat production with different soil tillage systems on silty loam. *Agricultural and Food Science*, 10(2): 81-90.
- Košutić, S., Filipović, D., Gospodarić, Z., Husnjak, S., Zimmer, R., Kovačev, I. (2006). Usporedba različitih sustava obrade tla u proizvodnji soje i ozime pšenice u Slavoniji. *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 68(5), 381-392.
- Kotschi, J., Müller-Sämann, K. (2004). The Role of Organic Agriculture in Mitigating Climate Change, International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM), Bonn.
- Küstermann, B., Wenske, K., Hülsbergen, K.J. (2007). Modelling carbon and nitrogen fluxes for a farm based emissions inventory. *Zwischen Tradition und Globalisierung - 9, Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*. Universität Hohenheim, Stuttgart, Deutschland, 20-23.03.2007.
- Lal, R. (2014). Soil Carbon Management and Climate Change. *Soil Carbon* (ur: A.E. Hartemink, K. McSweeney), Springer, Switzerland. Str. 339-362.
- Lal, R., Reicosky, D. C., Hanson, J. D. (2007). Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming.
- Lampkin, N. (2002). Organic farming. Farming Press Books and Videos, Ipswich, UK, str. 747.
- Lauber, C. L., Hamady, M., Knight, R., Fierer, N. (2009). Pyrosequencing-based assessment of soil pH as a predictor of soil bacterial community structure at the continental scale. *Applied and environmental microbiology*, 75(15), 5111-5120.

- Lee, A.T.C., Joubert, J., van Vuuren S.P. (2009). Rootstock choice. Integrated production guidelines for export citrus, Vol 1:6. Citrus Research International (Pty) Ltd.
- Leff, B., Ramankutty, N., Foley, J.A. (2004). Geographic distribution of major crops across the world. *Global Biogeochemical Cycles*, 18(GB1009), 1-27.
- Lichtenthaler, H. (1998). The Stress Concept in Plants: An Introduction. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1: 187-198.
- Lončarić, Z., Rastija, D., Baličević, R., Karalić, K., Popović, B., Ivezić, V. (2014). Status of soil productivity and pollutant in cross border region.
- Machado R., Serralheiro, R. (2017). Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth. Management Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization. *Horticultrae*, 3(2), 30.
- Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U. (2002). Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science*, 296, 1694-1697.
- Malhi, S. S., Mumey, G., O'Sullivan, P. A., Harker, K. N. (1988). An economic comparison of barley production under zero and conventional tillage. *Soil and Tillage Research*, 11(2), 159-166.
- Martinović, J. (2000). Tla u Hrvatskoj. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb, str. 250.
- Maas E.V., Hoffman G.J. (1977). Crop salt tolerance – current assessment. *J. Irrig. Drainage Div. Am. Soc. Civil Eng.*, 103:115–134.
- Matosic, S., Birkás, M., Vukadinovic, V., Kistic, I., Bogunovic, I. (2018). Tillage, Manure and Gypsum Use in Reclamation of Saline-Sodic Soils. *ACS. Agriculturae conspectus scintificus*. (prihvaćen, u tisku)
- Mäder, P., Berner, A. (2012). Development of reduced tillage systems in organic farming in Europe. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 27(1), 7-11.
- Mesic, M., Basic, F., Kistic, I., Butorac, A., Gaspar, I. (2007). Influence of mineral nitrogen fertilization on corn grain yield and nitrogen leaching. *Cereal Research Communications*, 35(2), 773-776.
- Mesic, M., Birkas, M., Zgorelec, Z., Kistic, I., Sestak, I., Jurisic, A., Husnjak, S. (2014). Soil Carbon Variability in some Hungarian and Croatian Soils. *Soil Carbon (Ur: Hartemink, A.E. i McSweeney K.)*. Springer International Publishing, Switzerland. Str. 419-426.
- Mesic, M., Percin, A., Bogunovic, I., Zgorelec, Z., Gandjaeva, L. (2017). Environmental and production aspects of maize cultivation in relation with the different time-applied nitrogen. *Columella-Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 4(1), 181-186.
- Mesić, M. (2001). Korekcija suviše kiselosti tla različitim vapnenim materijalima. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 66(2), 75-93.
- Mesić, M., Parlov, S. F., Bašić, F., Kisić, I., Turšić, I., Zgorelec, Ž., Sajko, K., Vuković, I. (2006). Agricultural emissions of greenhouse gases in Croatia. *Workshop on Agricultural Air Quality: State of the Science (Aneja, Viney P. (ur.))*. Washington, SAD, str. 910-913.
- Mesić, M., Kisić, I., Bašić, F., Butorac, A., Zgorelec, Ž., Gašpar, I. (2007a). Losses of Ca, Mg and SO₄²⁻-S with drainage water at fertilisation with different nitrogen rates. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72(1), 53-58.
- Mesić, M., Bašić, F., Kisić, I., Butorac, A., Zgorelec, Ž. (2007b). Application of Zeolite for Reduced Nitrogen Leaching with Drainpipe Water. *Priradni zeolitni tuf iz Hrvatske u zaštiti okoliša (Filipan, T.; Tišma, S.; Farkaš, A. (ur.))*. Institut za međunarodne odnose, Zagreb, str. 209-223.

- Mesić, M., Husnjak, S., Bašić, F., Kisić, I. (2011). Excessive Soil Acidity as a Limiting Factor in Terms of Land Quality in Croatia. Land Quality and Land Use Information in the European Union (Toth, G.; Nemeth, T. (ur.)). Keszthely, Mađarska, str.187-195.
- Mesić, M; Zgorelec, Ž; Šestak, I; Jurišić, A; Bilandžija, D; Bogunović, I. (2012). Gnojdba dušikom prihvatljiva za okoliš (Nitrogen fertilization acceptable for environment). Fond stručne dokumentacije Zavoda za OPB Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
- Mesić, M; Zgorelec, Ž; Šestak, I; Jurišić, A; Bilandžija, D; Bogunović, I; Milas, P (2014). Učinkovitost gnojidbe dušikom, fosforom i kalijem Moslavka d.d., Popovača, 2012/13. Fond stručne dokumentacije Zavoda za OPB Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
- Mesić, M.; Perčin, A; Bogunović, I; Zgorelec, Ž; Bilandžija, D. (2016). Učinkovitost različite vremenske primjene dušičnih gnojiva na kukuruz, Belje d.d., Belje, 2014. i 2015. Fond stručne dokumentacije Zavoda za OPB Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
- Meyer-Aurich, A., Weersink, A., Janovicek, K., Deen, B. (2006). Cost efficient rotation and tillage options to sequester carbon and mitigate GHG emissions from agriculture in Eastern Canada. Agriculture, ecosystems & environment, 117(2-3), 119-127.
- Mihalić V. (1976). Opća proizvodnja bilja. Školska knjiga, Zagreb, str. 395.
- Mihalić, V., Bašić, F. (1997). Temelji bilinogojstva. Školska knjiga, Zagreb, str. 215.
- Mihalić, V., Butorac, A., Bišof, R. (1967a). Obrada tla u meliorativnoj fazi na pseudogleju zaravni u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Zemljište i biljka, 16(1-3): 463-469.
- Mihalić, V., Butorac, A., Bišof, R. (1967b). Duboka obrada na lesiviranom smeđem tlu istočne Slavonije. Zemljište i biljka, 16(1-3): 97-104.
- Mihalić, V., Butorac, A., Folivarski, I. (1977). Istraživanje optimalne dubine osnovne obrade tla i rezidualnog djelovanja duboke obrade u kombinaciji s mineralnom gnojidbom za kukuruz na smeđem tlu na karbonatnom lesu. Zemljište i biljka, 26(1): 1-15.
- Mihalić V., Butorac A. (1969). Utjecaj različite dubine oranja i različitih količina mineralnih gnojiva na prinos kukuruza. Agronomski glasnik, 10(12): 663-674.
- Miljković, I. (1991). Suvremeno voćarstvo. Nakladni zavod Znanje, Zagreb. str 547.
- Mirošević, N. i Karoglan Kontić, J. (2004). Vinogradarstvo, Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, Nakladni zavod Globus, Zagreb. str. 357.
- Moriando, M., Bindi, M. (2007). Impact of climate change on the phenology of typical Mediterranean crops. Italian Journal of Agrometeorology, 3, 5-12.
- Morrison, F.B. (1959). Feeds and feeding. Morrison Publishing Company. Clinton, IA.
- Müller, A., Bautze, L., Meier, M., Gattinger, A. (2016). Organic farming, climate change mitigation and beyond. Reducing the environmental impacts of EU agriculture. Dostupno na: http://www.ifoam-eu.org/sites/default/files/ifoameu_advocacy_climate_change_report_2016.pdf
- MZOIP (2014). Sixth National Communication and First Biennial Report of the Republic of Croatia under the United Nation Framework Convention on the Climate Change (UNFCCC). Republic of Croatia Ministry of Environmental and Nature Protection (MZOIP), Zagreb, str. 247. Dostupno na: http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/application/pdf/hrv_nc6.pdf
- Nemecek, T., Huguenin-Elie, O., Dubois, D., Gaillard, G. (2005). Ökobilanzierung von Anbausystemen im Schweizerischen Acker- und Futterbau, Schriftenreihe der FAL 58, FAL Reckenholz, Zürich.

- Niggli, U., Schmid, H., Fliessbach, A. (2008). Organic Farming and Climate Change. International Trade Centre (ITC), Geneva, 30.
- Niggli, U., Fließbach, A., Hepperly, P., Scialabba, N. (2009). Low Greenhouse Gas Agriculture: Mitigation and Adaptation Potential of Sustainable Farming Systems. FAO, Rome, Italy. Dostupno na: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/ai781e/ai781e00.pdf>
- NN 125/13. Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju. Hrvatski Sabor.
- NN 125/17. Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe. Hrvatski Sabor.
- NN 130/2012. Odluka o određivanju ranjivih područja u Republici Hrvatskoj. Hrvatski Sabor.
- NN 1/13. Pravilnik o ekološkoj proizvodnji bilja i životinja. Hrvatski sabor
- NN 13/02 Pravilnik o ekološkoj proizvodnji životinjskih proizvoda. Hrvatski sabor
- NN 18/14 Odluka o donošenju Šestog nacionalnog izvješća RH prema okvirnoj konvenciji UN o promjeni klime (UNFCCC). Hrvatski sabor
- NN 18/96 Odluka o proglašenju zakona o potvrđivanju okvirne konvencije ujedinjenih naroda o promjeni klime. Hrvatski sabor.
- NN 19/16. Pravilnik o ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji. Hrvatski sabor
- NN 56/08. Pravilnik o dobroj poljoprivrednoj praksi u korištenju gnojiva. Hrvatski Sabor.
- NN 60/17. II akcijski program zaštite voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima poljoprivrednog podrijetla. Hrvatski sabor.
- NN 7/2013. Pravilnik o sadržaju Akcijskog programa zaštite voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima poljoprivrednog podrijetla. Hrvatski sabor.
- NN 80/13 Odluka o proglašenju zakona o Zaštiti okoliša. Hrvatski sabor
- NN 89/11. Pravilnik o dobrim poljoprivrednim i okolišnim uvjetima i uvjetima višestruke sukladnosti. Hrvatski sabor
- NN 80/13. Zakon o zaštiti prirode. Hrvatski sabor
- NN 80/13. Zakon o provedbi Uredbe Vijeća (EZ) br. 834/2007 o ekološkoj proizvodnji i označavanju ekoloških proizvoda. Hrvatski sabor
- Offermann, F., Nieberg, H. (2000). Economic Performance of Organic Farms in Europe. Organic Farming in Europe: Economics and Policy. Dostupno na: http://orgprints.org/8473/1/Organic_Farming_in_Europe_Volume05_Economic_Performance_of_Organic_Farmsin_Europe.pdf
- Olesen, J.E., Schelde, K., Weiske, A., Weisbjerg, M.R., Asman, W.A.H., Djurhuus, J. (2006). Modelling greenhouse gas emissions from European conventional and organic dairy farms. Agriculture, Ecosystems and Environment, 112, 207-22,
- Osakabe, Y., Yamaguchi-Shinozaki, Y., Shinozaki, K., Lam-Son, P.T. (2014). ABA control of plant macroelement membrane transport systems in response to water deficit and high salinity. New Phytologist, 202, 35–49.

- Patarčić, M., Gajić-Čapka, M., Cindrić, K., Branković, Č. (2014). Recent and near-future changes in precipitation-extremes indices over the Croatian Adriatic coast. *Climate Research*, 61, 157-176.
- Peigné, J., Ball, B. C., Roger-Estrade, J., David, C. (2007). Is conservation tillage suitable for organic farming? A review. *Soil use and management*, 23(2), 129-144.
- Penzar, I., Penzar B. (2000). *Agrometeorologija, Školska knjiga, Zagreb*. Str. 230.
- Pereira, P., Bogunovic, I., Munoz-Rojas, M., Brevik, E. C. (2018). Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. (u tisku, doi: 10.1016/j.coesh.2017.12.003)
- Petersen, S.O., Regina, K., Pöllinger, A., Rigler, E., Valli, L., Yamulki, S., Esala, M., Fabbri, C., Syväsalo, E., Vinther, F.P. (2005). Nitrous oxide emissions from organic and conventional crop rotations in five European countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112, 200-206.
- Puerta, V. L., Pereira, E. I. P., Wittwer, R., van der Heijden, M., Six, J. (2018). Improvement of soil structure through organic crop management, conservation tillage and grass-clover ley. *Soil and Tillage Research*, 180, 1-9.
- Radić Lj., Mušac I. (1967). Utjecaj reducirane obrade kukuruza na prinos i troškove proizvodnje. *Poljoprivredni institut, str. 31. Osijek*.
- Racz, Z. (1990). Tlo i ekološki problemi današnjice. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, 55, 183-195.
- Reeves, D. W. (1997). The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil and Tillage Research*, 43(1-2), 131-167.
- Reis, I. (2014) Mjerenje emisije ugljikovog dioksida iz tla u vegetaciji ozime pšenice. *Agronomski fakultet, Zagreb. Diplomski rad, str. 67*.
- Resulovic, H., Savic, B. (1982). Dinamika ispiranja nekih katjona i anjona iz skeletnog tla i njihov uticaj na eutrofikaciju drenaznih voda. *Zemljiste i biljka (Soil and Plant)*.
- Romic, D., Romic, M., Zovko, M., Bakic, H., Ondrasek, G. (2012). Trace metals in the coastal soils developed from estuarine floodplain sediments in the Croatian Mediterranean region. *Environ Geochem Health*, 34, 399–416.
- Salopek, I. (2007). Različite metode izračuna temperaturnih suma i njihova primjena u poljoprivredi. *Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu. Diplomski rad*.
- Sanchez, P.A. (1976). *Properties and management of soils in the tropics*. John Wiley & Sons. New York, NY. str. 200–203.
- Seidel, R., Moyer, J., Nichols, K., Bhosekar, V. (2017). Studies on long-term performance of organic and conventional cropping systems in Pennsylvania. *Organic Agriculture*, 7(1), 53-61.
- Seufert, V., Ramankutty, N. (2017). Many shades of gray—The context-dependent performance of organic agriculture. *Science advances*, 3(3), e1602638.
- Shah, A., Askegaard, M., Rasmussen, I. A., Jimenez, E. M. C., Olesen, J. E. (2017). Productivity of organic and conventional arable cropping systems in long-term experiments in Denmark. *European Journal of Agronomy*, 90, 12-22.
- Siddiqi, M. Y., Kronzucker, H. J., Britto, D. T., Glass, A. D. M. (1998). Growth of a tomato crop at reduced nutrient concentrations as a strategy to limit eutrophication. *Journal of plant nutrition*, 21(9), 1879-1895.

- Sihi, D., Dari, B., Sharma, D. K., Pathak, H., Nain, L., Sharma, O. P. (2017). Evaluation of soil health in organic vs. conventional farming of basmati rice in North India. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 180(3), 389-406.
- Stipešević, B. (1997). Utjecaj reducirane obrade tla na prinose ozime pšenice i otpor tla na hidromelioriranom glejnom tlu sjeveroistočne Hrvatske. Magistarski rad, Agronomski fakultet Zagreb.
- Suja, G., Byju, G., Jyothi, A. N., Veena, S. S., Sreekumar, J. (2017). Yield, quality and soil health under organic vs conventional farming in taro. *Scientia Horticulturae*, 218, 334-343.
- Sutton, A. L., Nelson, D. W., Kelly, D. T., Hill, D. L. (1986). Comparison of Solid vs. Liquid Dairy Manure Applications on Corn Yield and Soil Composition. *Journal of Environmental Quality*, 15(4), 370-375.
- Šestak, I., Mesić, M., Zgorelec, Ž., Kisić, I., Bašić, F. (2014). Winter wheat agronomic traits and nitrate leaching under variable nitrogen fertilization. *Plant, Soil and Environment*, 60(9), 394-400.
- Šestić, S., Leskošek, M., Mihalić, V., Mušac, I., Resulović, H. (1989). Gubici hraniva is piranjem iz oraničnog sloja zemljišta. *Poljoprivredne aktualnosti*, 33(1-2), 211-221.
- Škarda, M., Jokešova, J., Parizek, I (1980). Efficacy of annual fertilization with slurry in a crop rotation. *Soil and fertilizers*, 43(4), 32-31.
- Škoda M. (2017). Utjecaj bure na kvalitetu tla u okružju grada Paga. Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Centar za poslijediplomske studije, Sveučilišni interdisciplinarni poslijediplomski studij Ekoinženjerstvo.
- Šarić, T. (2011) Analiza temperaturnih suma u Hrvatskoj. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu. Diplomski rad, str. 45.
- Škorić, A. (1982). Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti.
- Škorić, A. (1992). Sastav i svojstva tla. Fakultet Poljoprivrednih znanosti. Zagreb. str. 132.
- Špoljar, A., Kvaternjak, I., Kisić, I., Marenčić, D., Orehovački, V. (2011). Utjecaj obrade na tlo, prinose, sadržaj ukupnih masti i bjelančevina u znu kukuruza. *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 72(2-3), 91-110.
- Teasdale, J.R., Coffmann, C.B., Magnum, R.W. (2007). Potential Long-Term Benefits of No-Tillage and Organic Cropping Systems for Grain Production and Soil Improvement. *Agronomy Journal*, 99, 1297-1305.
- Torres-Ruiz, J.M., Diaz-Espejo, A., Perez-Martin, A., Hernandez-Santana, V. (2015). Role of hydraulic and chemical signals in leaves, stems and roots in the stomatal behaviour of olive trees under water stress and recovery conditions. *Tree Physiol.*, 35(4),415-24.
- Tot, A. (2017). Emisija ugljikovog dioksida iz tla mjerena u vegetaciji kukuruza. Agronomski fakultet, Zagreb. Diplomski rad, str. 50.
- UNEP (2014). The Emissions Gap Report 2014. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi.
- UNEP/MAP (2012). State of the Mediterranean Marine and Coastal Environment, UNEP/MAP – Barcelona Convention, Athens.
- UNEP/MAP/BP/RAC (2009). The State of the Environment and Development in the Mediterranean 2009. United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan, Blue Plan Regional Activity Centre, Vallbone.

- UNEP/MAP/MED/POL (2003). Riverine transport of water, sediments and pollutants to the Mediterranean Sea. United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan, Athens
- Uranjek, N., Kralik, D., Kanižai, G., Vukšić, M. (2007). Proizvodnja bioplina iz goveđe gnojovke. *Krmiva*, 49(4), 215-219.
- USDA (2012). Role of Plants in Manure Management. In *Agricultural Waste Management Field Handbook*. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. str. 1-23.
- USDA-ARS (2005). Salt Tolerance Databases: Fiber, Grain and Special Crops; Vegetables and Fruit Crops; Woody Crops. George E. Brown Jr Salinity Laboratory, Riverside, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. CA, USA. Dostupno na: <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8908>
- Vrbek B. (2005). Utjecaj posolice na šumsko tlo i vegetaciju otoka Korčule. *Šumarski list*, 3–4, 143-149.
- Vukadinović, V., Jug, I., Đurđević, B. (2014). Ekofiziologija bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Sveučilište J.J. Strossmayera, Osijek. Str. 223.
- Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011). Ishrana biljaka. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek, str. 442.
- Wade, T., Claassen, R. L., Wallander, S. (2015). Conservation-practice adoption rates vary widely by crop and region. United States Department of Agriculture, Economic Research Service.
- Walker, R. R., Blackmore, D. H., Clingeleffer, P.R., Correll, R.L. (2002). Rootstock effects on salt tolerance of irrigated field-grown grape vines (*Vitisvinifera* L. cv. Sultana).1. Yield and vigourinter-relationships. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 8,3-14.
- Walmsley, A., Cerdà, A. (2017). Soil macrofauna and organic matter in irrigated orchards under Mediterranean climate. *Biological Agriculture & Horticulture*, 33(4), 247-257.
- Weiske, A., Vabitsch, A., Olesen, J.E., Schelde, K., Michel, J., Friedrich, R., Kaltschmitt, M. (2006). Mitigation of greenhouse gas emission in European conventional and organic dairy farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112, 221-232,
- Woodward, L., Vogtmann, H. (2004). IFOAM's organic principles. *Ecology and farming*, 36: 24-26.
- Vukovic, I., Mesic, M., Zgorelec, Z., Jurisic, A., Sajko, K. (2008). Nitrogen use efficiency in winter wheat. *Cereal Research Communications*, 36, 1199-1202.
- Vučetić, V. (2009). Secular trend analysis of growing degree-days in Croatia. *Időjárás*, 113, 39–46.
- Vučetić, V., Vučetić, M. (2005). Variations of phenological stages of olive-trees along the Adriatic coast. *Periodicum biologorum*, 107(3), 335-340.
- Vučetić, M., Vučetić V., Čiček Pomper, P. (2017). Grapevine phenology in Croatia under climate change, 21st International Congress of Biometeorology: Weather and Climate Information for Risk Management, Durham, Velika Britanija, 4 – 6 September 2017.
- WMO - World Meteorological Organization (1989). Calculation of Monthly and Annual 30-Year Standard Normals. WCDP-No. 10, WMO-TD/No. 341, World Meteorological Organization
- WMO - World Meteorological Organization (2007). The Role of Climatological Normals in a Changing Climate. WCDMP-No. 61, WMO-TD/No. 1377, World Meteorological Organization

- Xu, X., He, P., Yang, F., Ma, J., Pampolino, M. F., Johnston, A. M., Zhou, W. (2017). Methodology of fertilizer recommendation based on yield response and agronomic efficiency for rice in China. *Field crops research*, 206, 33-42.
- Yagodin, B.A. (1984). *Agricultural chemistry*, Mir Publishers, Moscow.
- Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M., Vučetić, M., Milković, J., Bajić, A., Cindrić, K., Cvitan, L., Katušin, Z., Kaučić, D., Likso, T., Lončar, E., Lončar, Ž., Mihajlović, D., Pandžić, K., Patarčić, M., Srnec, L., Vučetić, V. (2008). *Klimatski atlas Hrvatske*. Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb.
- Zgorelec, Ž. (2017). Suša ubija humus! U Slavoniji će umjesto pšenice nicati sudanska trava i gradovi. *Večernji list*, 14.10.2017. Dostupno na: <https://www.vecernji.hr/premium/susa-klimatske-promjene-zemlja-suha-dr-zgorelec-strucnjaci-1201052>
- Zgorelec, Ž.; Mesić, M.; Bašić, F.; Kisić, I.; Butorac, A.; Gašpar, I. (2007). Utjecaj gnojidbe i biljnog pokrova na gubitak dušika vodom iz tla. *Hrvatske vode i Europska Unija - izazovi i mogućnosti : zbornik radova = Croatian water and European Union - challenges and possibilities : proceedings*. Gereš, Dragutin (ur.), str. 671-678.
- Zgorelec, Ž., Pehnek, G., Bašić, F., Kisić, I., Mesić, M., Žužul, S., Jurišić, A., Šestak, I., Vadić, V., Čačković, M. (2012). Sulphur cycling between terrestrial agroecosystem and atmosphere. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 63(3), 301-310.
- Zgorelec, Ž., Mesić, M., Jurišić, A., Šestak, I. (2013). Leached phosphorus measured in drainage water through a field experiment with varying nitrogen rates. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 14(2), 463.
- Zgorelec, Ž., Bilandžija, D., Mesić, M., Reis, I., Jurišić, A., Šestak, I. (2013). CO₂ Emissions from Arable Agriculture Soil. *Hrvatski znanstveno-stručni skup Zaštita zraka (Šega, K. (ur.)). Šibenik, Hrvatska*, str. 46-47.
- Zgorelec, Ž., Mesić, M., Kisić, I., Bilandžija, D., Jurišić, A., Bašić, F., Šestak, I., Bogunović, I. (2015). Utjecaj različitih načina korištenja tla na klimatske promjene. *Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb. Izvješće*.
- Zgorelec, Ž., Blažinkov, M., Mesić, M., Bilandžija, D., Perčin, A., Šestak, I., Čačić, M. (2017). *Gospodarenje tlom i klimatske promjene*, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb. *Izvješće*.
- Zikeli, S., Gruber, S. (2017). Reduced tillage and no-till in organic farming systems, Germany—Status quo, potentials and challenges. *Agriculture*, 7(4), 35.
- Zou, C., Wang, K., Wang, T., Xu, W. (2007). Overgrazing and soil carbon dynamics in eastern Inner Mongolia of China. *Ecology Research*, 22, 135–142
- Žugec, I. (1986). effect of reduced soil tillage on maize (*Zea mays* L.) grain yield in eastern Croatia (Yugoslavia). *Soil and Tillage Research*, 78, 19-28.
- Žugec, I. (1986). Utjecaj reducirane obrade tla na prinos kukuruza u ekološkim uvjetima Slavonije. *Doktorska disertacija. Poljoprivredni institut*, str. 284.
- *** (2009a). *Načela dobre poljoprivredne prakse*. Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvitka, Zagreb.

Internetski izvori:

CroMaps - interaktivni kartografski portal - <https://www.cromaps.com>

Državni hidrometeorološki zavod – DHMZ - http://klima.hr/klima.php?id=klimatske_promjene

European Commission, Climate Action - <https://ec.europa.eu/clima/>

European Union - <http://europa.eu>

Food and Agriculture Organization UN - FAO i FAOSTAT: <http://www.fao.org> i <http://www.fao.org/faostat>

FAO, Soil carbon sequestration (written by R. Lal), SOLAW Background Thematic Report - http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/TR_04b_web.pdf

Hrvatska agencija za okoliš i prirodu - <http://www.haop.hr/>

Mala Internet škola oceanografije - <http://skola.gfz.hr>

Ministarstvo poljoprivrede - <http://www.mps.hr>

Program ruralnog razvoja 2014. – 2020. godine - <http://ruralnirazvoj.hr>

Ministarstvo zaštite okoliša i energetike - MZOIE - <http://www.mzoip.hr/hr/klima.html> ; <http://klima.mzoip.hr/default.aspx?id=59> ; <http://prilagodba-klimi.hr/>

National Inventory Report – NIR (2013) - http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/7383.php

Savjetodavna služba – <http://www.savjetodavna.hr/projekti/51/mjera-10-i-11/>

The Intergovernmental Panel on Climate Change- IPCC - <http://www.ipcc.ch>

First Assessment Report – AR1 (1990) - https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_first_assessment_1990_wg1.shtml

Fourth Assessment Report – AR4 (2007) - http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm

Fifth Assessment Report – AR5 (2013 i 2014) - <https://www.ipcc.ch/report/ar5/>

The Organization for Economic Co-operation and Development – OECD - <http://www.oecd.org> ; <http://www.oecd.org/tad/sustainable-agriculture/agriculture-and-climate-change.htm>

United Nations Environment Programme - UNEP - <http://www.unep.org/>

United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC - <http://unfccc.int>

World Meteorological Organization - WMO - <https://www.wmo.int>

World Health Organization - WHO - <http://www.who.int/en>

**Doc. dr. sc. Igor Bogunović (1984, Zagreb, Hrvatska)**

Hrvatska znanstvena bibliografska baza: <https://bib.irb.hr/lista-radova?autor=335614>

Matični broj znanstvenika (MZOS): 335614

Email: ibogunovic@agr.hr

Web site:

<http://www.agr.unizg.hr/hr/address-book/181/igor-bogunovi%C4%87>

Igor Bogunović diplomirao je 2008. godine Agronomskom fakultetu u Zagrebu, a poslijediplomski studij na Agronomskom fakultetu upisuje 2012. godine. 20.05.2015. brani disertaciju s temom „Promjene fizikalnih značajki pseudogleja pri različitim načinima obrade na nagnutim terenima“. Od zaposlenja na Zavodu za opću proizvodnju bilja 2012. godine suradnik je u izvođenju nastave na modulima preddiplomskog (*Osnove agrikulture, Temelji uzgoja bilja*) i diplomskog studija (Gnojiva i gnojidba). Područje njegovog istraživačkog rada se temelji na istraživanjima u području konzervacije tla i vode, te degradacijskim procesima tla. Posebno istražuje svojstva tla mapiranjem geostatističkim metodama.

Voditelj je projekata: *Erozija i degradacija tala Hrvatske* (trajanje 2018 – 2023, naručitelj: Hrvatska zaklada za znanost); *Održive mjere gospodarenja tlom u ekološkoj poljoprivredi za klimatske uvjete mediteranske Hrvatske* (trajanje: 2016-2018, naručitelj VIP projekt, Ministarstvo poljoprivrede ribarstva i ruralnog razvoja); *Možemo li spasiti opožarena zemljišta?* (trajanje: 2018-2021, naručitelj: Zaklada Adris); *Popravak alkalno-slanih tala u dolini Raše* (trajanje: 2016-2019, naručitelj Holcim Hrvatska d.o.o); te je suradnik na: *Connectivity „Connecting European connectivity research“* (COST - European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research, trajanje: 2014-2018) i *Utjecaj otvorenih požara na kvalitetu tla i voda* (trajanje 2018 – 2022, naručitelj: Hrvatska zaklada za znanost).

Objavio je 17 radova u međunarodnim časopisima indeksiranima u CC, SCI (a1), 18 radova u časopisima indeksiranima u sekundarnim publikacijama (a2) i 8 radova u zborniku radova s međunarodnom recenzijom (a3). Sudjelovao je na 24 međunarodnih skupova sa 40 priopćenja. Znanstveno i stručno se je usavršavao na: 2015. University of Durham, Durham, Engleska (kolovoz 2015) - studijski boravak u sklopu COST akcije - „Connecting European connectivity research“; 2015. University of Valencia, Valencia, Španjolska (siječanj 2015) – studijski boravak u sklopu COST akcije - „Connecting European connectivity research“; 2013. ERASMUS stipendija - University of Natural Resources and Life Sciences, Beč, Austrija -Permaculture design course – Neusiedler am See, Austria, (rujan, 2013). Dobitnik je državne nagrade za znanost 2017. godine, nagrade Hrvatskog tloznanstvenog društva „Mihovil Gračanin“ (2018.), stipendije Grada Zagreba za doktorande (2014) i izvrsne studente (2007.-2008.), dekanove nagrade za primjeren studij na fakultetu (2007) te primatelj državne stipendije za nadarene studente (2003.-2006.). Član je Hrvatskog tloznanstvenog društva, Hrvatsko agrometeorološkog društva, Hrvatskog društva za proučavanje obrade tla i međunarodnih organizacija International Soil Tillage Research Organization i European Society for Soil Conservation.



Prof. dr. sc. Ivica Kisić (1963, Derventa, Bosna i Hercegovina)

Hrvatska znanstvena bibliografska baza: <http://bib.irb.hr/lista-radova?autor=174323>

Matični broj znanstvenika (MZOS): 174323

Email: ikisic@agr.hr

Web site:

<http://www.agr.unizg.hr/hr/address-book/26/ivica-kisi%C4%87>

Prof.dr.sc. Ivica Kisić objavio je stručne i znanstvene radove s 220 znanstvenika iz Austrije, Bosne i Hercegovine, Brazila, Crne Gore, Češke, Finske, Hrvatske, Japana, Kine, Litve, Mađarske, Makedonije, Njemačke, Slovačke, Slovenije, Srbije, Španjolske, USA i Velike Britanije. Do sada je kao autor ili koautor objavio 11 knjiga, također je autor ili koautor 19 poglavlja u znanstvenim i stručnim knjigama. Sudjelovao je u izradi 218 znanstvenih radova iz skupina a1, a2 i a3, kao i 303 stručna rada, studije odnosno ekspertize koje se odnose na problematiku gospodarenja, zaštite i sanacije tla. U knjizi „Soybean - biochemistry, chemistry and physiology“ u suradnji s kolegama objavio je poglavlje koje do danas ima više od 5.000 pregleda.

Od 2008. pa do 2014. godine bio je koordinator ispred Sveučilišta u Zagrebu, Sveučilišta u Rijeci i Sveučilišta u Splitu bilateralnog projekta: Project on Risk identification and land-use planning for disaster mitigation of landslides and floods in Croatia. Nositelj projekta su bili Japan International Cooperation Agency, Japan Science and Technology Agency te Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske. Kao znanstveni savjetnik sudjelovao je u međunarodnom projektu: Data Flow System and Indicators to Enhance Integrated Management of Global Environmental Issues in Croatia koji se provodio od 2009. pa do 2011. godine. U razdoblju 2004-2007. godina sudjelovao je u EU FP6 projektu: Reintegration of Coal Ash Disposal Sites and Mitigation of Pollution in the West Balkan Area.

Dobitnik je godišnje nagrade Hrvatskih voda za najbolju disertaciju u 1998. godini, te godišnje nagrade Hrvatskih voda za najbolje objavljeno znanstveno djelo u 2006. godini. Dobitnik je 2007. godine nagrade: Honorary Advisor of the Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, koju mu je dodijelio Fakultet poljoprivrednih i okolišnih znanosti iz Gödöllőa, Mađarska. Dobitnik je Priznanja (Eko oskar) prigodom Svjetskog dana zaštite okoliša koji dodjeljuje Ministarstvo zaštite okoliša i prirode za dostignuća u zaštiti okoliša u 2012. godini. Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta dodijelilo mu je za 2012. godinu Godišnju nagradu za znanost.



Prof. dr. sc. Milan Mesić (1962, Zagreb, Hrvatska)

Hrvatska znanstvena bibliografska baza: <https://bib.irb.hr/lista-radova?autor=139451>

Matični broj znanstvenika (MZOS): 139451

Email: mmesic@agr.hr

Web site:

<http://www.agr.unizg.hr/hr/address-book/34/milan-mesi%C4%87>

Milan Mesić diplomirao je 19. prosinca 1986, a zapošljava se u Zavodu za opću proizvodnju bilja kao pripravnik (1987.-1990.), stručni suradnik (1990.-1992.), a od 1992. kao znanstveni asistent. Magistarski rad obranio je u siječnju 1992. godine, a disertaciju "Korekcija suvišne kiselosti tla različitim vapnenim materijalima" u ožujku 1996. godine. Doktorirao je 1996. godine. Od prosinca 1996. Izabran je u docenta, u zvanje izvanrednog profesora 5. ožujka 2002., u zvanje redovitog profesora 15. siječnja 2013. godine, a u trajno zvanje redovitog profesora 10. travnja 2018.

Težište njegove znanstvene djelatnosti je problematika gnojidbe, kalcifikacije, te zaštite tla. Znanstveni opus čine radovi koji se bave problematikom mineralne dušične gnojidbe, utjecaja gnojidbe na prinos nekih ratarskih kultura, zatim sudbinom primijenjenog dušika u okolišu, posebice tlu i vodi, te utjecaja gnojidbe na promjene u tlu. Posebno se ističu radovi o koncentraciji nitrata u vodi iz drenskih cijevi, kao i egzaktno utvrđeni podaci o učinkovitosti gnojidbe dušikom za pšenicu i kukuruz. Bio je voditelj tri (3) nacionalna znanstvena projekta i suradnik na tri (3) domaća znanstvena projekta. Sudjelovao je u provođenju jednog EU projekta - LIFE05 TCY/CRO/000105 kao suradnik zadužen za koordinaciju programa monitoringa za poljoprivredna tla.

Aktivno sudjelovao u osnivanju novih preddiplomskih i diplomskih studija Agronomskog fakulteta prema Bolonjskom procesu, te od 2005. do 2018. obnašao dužnost voditelja preddiplomskog studija Agroekologija. Nositelj je modula „Osnove agrikulture“ te „Agroklimatologija“ i „Poljoprivreda i okoliš“. Suradnik je na modulima „Temelji uzgoja bilja“, „Globalna ekologija“ i „Gnojiva i gnojidba“. Na diplomskom studiju Agroekologija dr. sc. Milan Mesić utemeljitelj je modula „Globalna ekologija“ a bio je i nositelj sve do 2012. godine. Na jedinstvenom poslijediplomskom doktorskom studiju Agronomskog fakulteta – Poljoprivredne znanosti koordinator je modula „Poljoprivreda i okoliš“. Na Studiju Mediteranska poljoprivreda koji se izvodio na Sveučilištu u Splitu bio je nositelj modula „Agroklimatologija“. Nositelj je modula „Agroklimatologija“ i na Sveučilištu u Mostaru, Agronomskom i prehrambeno tehnološkom fakultetu.

Na Sveučilištu u Zagrebu Milan Mesić bio je član područnog vijeća Biotehničkih znanosti od 2006. do 2012. godine, a tijekom 2007. i 2008. godine sudjelovao je u aktivnostima Radne skupine za međunarodne projekte. Član je Povjerenstva za Rektorovu nagradu. Bio je voditelj sveučilišnog projekta „Ishodi učenja na preddiplomskim i diplomskim studijima na Sveučilištu u Zagrebu“ koji je od rujna 2008. prihvaćen za financiranje od strane Nacionalne zaklade za znanost, visoko školstvo i tehnološki razvoj Republike Hrvatske. Projekt je uspješno dovršen u prosincu 2009. Član je Hrvatskog tloznanstvenog društva, Hrvatskog društva za zaštitu voda, kao i International Union of Soil Science, International Soil Tillage Research Organization, te B.E.N.A. i ASABE.



izv.prof.dr.sc. Željka Zgorelec (1976., Zagreb, Hrvatska)

Hrvatska znanstvena bibliografska baza:

https://www.bib.irb.hr/pregled/znanstvenici/270772?w_mentor=1

Matični broj znanstvenika (MZOS): 270772

E-mail: zzgorelec@agr.hr

Web site:

<http://www.agr.unizg.hr/hr/address-book/133/%C5%BEeljka-zgorelec>

Od 2017. izvanredna je profesorica na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u Zavodu za Opću proizvodnju bilja. Voditeljica je zavodskog analitičkog laboratorija. Diplomirala je kemiju na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije (2001.), završivši smjer inženjerstvo u zaštiti okoliša. Magistrica je iz znanstvenog područja prirodnih znanosti, polja kemije, grane analitičke kemije okoliša (2006.), a od 2009. doktorica iz područja biotehničkih znanosti, polja poljoprivrede, grane ekologije i zaštite okoliša.

Završila je više od 45 stručnih edukacija, a znanstveno se usavršavala na Univerzitetu Hohenheim, Stuttgart, Njemačka (2004. i 2005.), University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU), Vienna, Austria (2005., 2006. i 2015.), na Szent Istvan University, Godollo & Research Institute of Debrecen University in Karcag, Mađarska (2010. i 2011.), na The Malta College of Arts, Science and Technology (MCAST), Valletta, Malta (2011.), i na Institute of Soil Science, Agrotechnology and Plant Protection „Nikola Poushkarov“, Sofia, Bugarska (2017.).

Suradnik je ili koordinator na modulima: Agroklimatologija (Bs), Globalna ekologija (Ms), Global Ecology (Ms), Kemija tla (Ms), Agroclimatology and climate change (Ms), Sanacija i obnova oštećenih tala (Ms), Sustav znanstveno istraživačkog rada (PhD), Poljoprivreda i okoliš (PhD), Održivo gospodarenje tlom (PhD) i Spektroskopske i analitičke metode u istraživanju agroekosustava (PhD). Znanstvene interese i djelovanje ima u području agroekologije, degradacije i zaštite tla, analitičke kemija okoliša, fitoremedijacije, te gospodarenjem dušikom i ugljikom u tlu vezano za klimatske promjene. Do danas je ukupno kao autor i/ili koautor objavila 250 stručnih i znanstvenih radova.

Bila je suradnik ili koordinator na 10 međunarodnih i 7 nacionalnih znanstvenih i stručnih projekata, a trenutno je uključena u 3 međunarodna: New Phytotechnology for Cleaning Contaminated Military Sites (NATO) i Climate Change Manipulation Experiments in Terrestrial Ecosystems: Networking and Outreach (COST) i Internationalizing CASEE Network by Introducing Innovative Mobility Activities And Defining Quality Criteria (OEAD) i četiri nacionalna projekta: Monitoring vode iz drenskih cijevi (Hrvatske vode), Monitoring vode iz lizimetara (Grad Zagreb), Održive mjere gospodarenje tlom u ekološkoj poljoprivredi za klimatske uvjete mediteranske Hrvatske (VIP) i Trajno motrenje ekosustava okoliša CPS Molve (Zavod za javno zdravstvo Koprivničko-križevačke županije).

Članica je Hrvatskog tloznanstvenog društva (HTD), Društva diplomiranih kemijskih inženjera (AMACIZ) i Hrvatskog udruženja za zaštitu zraka (HUZZ), Udruge hrvatskih laboratorija (CROLAB), gdje je potpredsjednica sekcije za okoliš (SEO), te Planinarskog društva "Novi Zagreb" (PDNZ). Dobitnica je nagrade Mihovil Gračanin (2006) HTD-a i nagrade za znanstvenu izvrsnost (2009) AF-a. Članica je uređivačkog odbora ACS-a (Section Editor Agroekologija) i časopisa Inženjerstvo okoliša (GEF).



Doc.dr.sc. Ivana Šestak (1979., Sisak, Hrvatska)

Hrvatska znanstvena bibliografska baza:

<http://bib.irb.hr/lista-radova?autor=263291>

Matični broj znanstvenika (MZOS): 263291

e-mail: isestak@agr.hr

Web site:

<http://www.agr.unizg.hr/hr/address-book/126/ivana-%C5%A1estak>

Na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu diplomirala je 2003. godine. Od 2004. g. zaposlena je u suradničkom zvanju asistenta na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na Zavodu za Opću proizvodnju bilja. Doktorsku disertaciju pod nazivom „Use of Field Spectroscopy for Assessment of Nitrogen Use Efficiency in Winter Wheat”, obranila je 2011. godine na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. U znanstveno-nastavnom zvanju docenta radi od 2012. godine. Uža znanstvena djelatnost obuhvaća istraživanja u domeni agroekologije, bilinogojstva i zaštite okoliša, primjenu daljinskih istraživanja u poljoprivredi – hiperspektralna mjerenja, metode uzorkovanja tla u preciznoj poljoprivredi i geostatistiku, utjecaj poljoprivrede na onečišćenje vode i zraka, te utvrđivanje značajki tla i agronomskih svojstava ratarskih kultura u različitim agroekološkim uvjetima.

Znanstveno se usavršavala na Univerzitetu Hohenheim, Stuttgart, Njemačka, gdje je boravila jedan mjesec od srpnja 2005. do kolovoza 2005. i položila jedan modul (Spatial Data Analysis with GIS (6 ECTS)), te na Department of Agricultural and Biosystems Engineering, Iowa State University (ISU), Ames, Iowa, SAD gdje je boravila u razdoblju od 13.10.2008.–18.10.2008. te 19.03.2010.–12.04.2010. u svrhu ostvarivanja suradnje s Prof. Amy Kaleita u obliku članstva u komisiji za ocjenu i obranu doktorske disertacije i znanstvenog usavršavanja u području multivarijantnih statističkih metoda i biofizičkog modeliranja s hiperspektralnim podacima.

Na preddiplomskim studijima Agronomskog fakulteta u Zagrebu koordinator je modula Agroklimatologija, te suradnica u nastavi na modulu Poljoprivreda i okoliš. Na diplomskim studijima suradnica je u nastavi na modulima Globalna ekologija i Agroclimatology and Climate Change (InterEnAgro), a sunositelj modula Spektroskopske i analitičke metode u istraživanju agroekosustava na poslijediplomskom doktorskom studiju Poljoprivredne znanosti. Sudjelovala je u kreiranju nastavnog sadržaja i realizaciji predavanja na modulu Sustainable Land Use (Agribusiness Top-Up Degree module) na Bs studiju Animal Management na The Malta College of Arts, Science and Technology - Institute of Agribusiness, Valletta, Malta. Na domaćim i inozemnim znanstvenim institucijama završila je 3 znanstveno-stručna tečaja i radionice, te posjeduje certifikate iz područja analize prostornih i hiperspektralnih podataka. Kao autor ili koautor sudjelovala je na 10 nacionalnih i preko 40 međunarodnih znanstvenih skupova. Članica je Hrvatskog tloznanstvenog društva (HTD) i Hrvatskog agrometeorološkog društva (HAgMD).



Doc.dr.sc. Aleksandra Perčin (1979., Tuzla, BiH)

Hrvatska znanstvena bibliografska baza:

<https://bib.irb.hr/lista-radova?autor=288243>

Matični broj znanstvenika (MZOS) 288243

e-mail: apercin@agr.hr

Web site:

<http://www.agr.unizg.hr/hr/address-book/195/aleksandra-per%C4%8Din>

Na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu diplomirala je 2005. godine. U statusu znanstvene novakinje zapošljava se 2006. na Zavodu za opću proizvodnju bilja Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Znanstveno usavršavanje i znanstvenu aktivnost pristupnica je nastavila 2007. godine upisom na poslijediplomski doktorski studij Poljoprivredne znanosti. Doktorski rad naslova „Prostorna i vremenska raspodjela ukupnog i mineralnog dušika u pseudogleju pri različitoj gnojidbi dušikom” obranila je 24. travnja 2012. godine na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, te stekla akademski stupanj doktora Biotehničkih znanosti, znanstveno polje Poljoprivreda, grana Ekologija i zaštita okoliša. Doktorski rad rezultat je rada pristupnice na projektu MZOŠ naziva “Gnojidba dušikom prihvatljiva za okoliš” na kojem je suradnik od 2007. godine. Od 01. svibnja 2012. godine u suradničkom je zvanju višeg asistenta, u srpnju 2013. godine izabrana je u znanstveno zvanje znanstvenog suradnika, a u travnju 2016. znanstveno-nastavno zvanje docenta.

Uža znanstvena djelatnost vezana joj je na istraživanja u domeni agroekologije i zaštite okoliša i prirode, utjecaja poljoprivrede na onečišćenje tla, vode i zraka, kao i zaštita tla, kemija tla, te instrumentalne analitičke metode kojima se određuju pojedini parametri tla. Na domaćim institucijama završila je 15 specijalističkih tečajeva, te posjeduje certifikate iz područja specifičnih analitičkih tehnika, instrumentalnih metoda, te primjeni akreditacije i unutrašnje neovisne ocjene u akreditiranim laboratorijima. Sudjelovala je i u uvođenja sustava rada laboratorija u skladu s HRN EN ISO/IEC 17025:2006, a u suglasju s općim zahtjevima za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija.

Na sadašnjim studijima Agronomskog fakulteta u Zagrebu nositeljica je modula Gospodarenje u ekološki osjetljivim područjima, te je suradnica je u nastavi na preddiplomskim (Bs) studijima na modulu Agroklimatologija i Poljoprivreda i okoliš, a na diplomskim (Ms) studijima suradnica je u nastavi na modulu Sanacija i obnova oštećenih tala. Kao autor ili koautor sudjelovala je na 10 nacionalnih i preko 30 međunarodnih znanstvenih skupova. Članica je Hrvatskog tloznanstvenog društva (HTD) koje joj je 2014. godine dodijelilo nagradu "Mihovil Gračanin" za mlade znanstvenike.



Doc.dr.sc. Darija Bilandžija (1981., Zagreb, Hrvatska)

Hrvatska znanstvena bibliografska baza:

<http://bib.irb.hr/lista-radova?autor=327244>

Matični broj znanstvenice (MZOS): 327244

E-mail: dbilandzija@agr.hr

Web site:

<http://www.agr.unizg.hr/hr/address-book/180/darija-biland%C5%BEija>

Darija Bilandžija rođ. Čapka rođena je 1981. godine u Zagrebu, Republika Hrvatska. Diplomirala je 2007. godine na Sveučilištu u Zagrebu Agronomski fakultet i na istom fakultetu zapošljava se 2008. godine u svojstvu stručnog suradnika. Od 2009. do 2011. godine zaposlena je u Ministarstvu zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, u Odjelu za zaštitu klime i ozonskog sloja. Kao znanstvena novakinja zapošljava se 2011. godine na Zavodu za opću proizvodnju bilja na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. Upisuje Poslijediplomski doktorski studij „Poljoprivredne znanosti“ i 2015. godine brani doktorski rad naslova „Emisija ugljikovog dioksida pri različitim načinima obrade tla“. Znanstveno-nastavno zvanje docentice stječe 2017. godine na Sveučilištu u Zagrebu Agronomski fakultet.

Svoje znanstveno istraživačke i nastavne vještine upotpunjuje boravcima na University of Hohenheim, Njemačka, (2015. godina); University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU), Austrija i Kyoto University, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto, Japan (2012. godina); Institute of Crop Production Science Szent Istvan University i Research Institute of Debrecen University, Karcag, Mađarska (2011. godine). Na domaćim i inozemnim institucijama završila je preko 10 tečajeva i radionica.

Znanstveno-istraživački i nastavni rad doc.dr.sc. Darije Bilandžije obuhvaća područja ekološke poljoprivrede, agroklimatologije, klimatskih promjena i poljoprivrede, agroekologije i modeliranja u poljoprivredi. Kao autorica ili ko-autorica objavila više od pedeset radova (znanstvenih, stručnih, poglavlja u knjizi i drugih vrsta radova). Lista radova vidljiva je na stranicama Hrvatske znanstvene bibliografije: <http://bib.irb.hr/lista-radova?autor=327244>. Kao suradnica sudjelovala je na više domaćih i međunarodnih znanstvenih projekata te imala izlaganja na devet nacionalnih i sedam međunarodnih znanstvenih skupova.

Kao koordinatorica ili predavačica održava nastavu na modulima preddiplomskih (Agroklimatologija, Temelji uzgoja bilja, Uvod u ekološku poljoprivredu, Poljoprivreda i okoliš) i diplomskih studija (Globalna ekologija) na hrvatskom jeziku te diplomskom studiju Inter-EnAgro (Agroclimatology and climate change i Organic farming) na engleskom jeziku. Članica je Hrvatskog tloznanstvenog društva (HTD) i European Network of Organic Agricultural Teachers (ENOAT), a u Hrvatskom agrometeorološkom društvu članica je Upravnog odbora (HAgMD).