

# Utjecaj suše na proizvodnju žitarica

---

**Basa, Josip**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:184989>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-29**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



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

Josip Basa

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**UTJECAJ SUŠE NA PROIZVODNJU ŽITARICA**

**Diplomski rad**

Osijek, 2019.

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

Josip Basa

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**UTJECAJ SUŠE NA PROIZVODNJU ŽITARICA**

**Diplomski rad**

Osijek, 2019.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Josip Basa

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**UTJECAJ SUŠE NA PROIZVODNJU ŽITARICA**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu rada:

1. izv. prof. dr. sc. Ranko Gantner, predsjednik
2. prof. dr. sc. Mirta Rastija, mentor
3. doc. dr. sc. Dario Iljkić, član

Osijek, 2019.

# Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. KLIMATSKE PROMJENE.....	2
2.1. Utjecaj klimatskih promjena na čovjeka i okoliš.....	4
2.2. Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivredu.....	7
3. SUŠA.....	12
3.1. Sušni stres.....	13
3.2. Žitarice i suša.....	14
3.2.1. Potrebe kukuruza za vodom.....	15
3.2.2. Potrebe pšenice za vodom.....	18
3.2.3. Potrebe ječma za vodom.....	19
3.3. Uzgoj kukuruza u sušnim uvjetima.....	20
4. METODE BORBE PROTIV SUŠE.....	23
4.1. Navodnjavanje.....	23
4.2. Oplemenjivanje.....	25
4.3. Agrotehnika.....	26
4.4. Ostale metode.....	28
5. ZAKLJUČAK.....	30
6. POPIS LITERATURE.....	31
7. SAŽETAK.....	37
8. SUMMARY.....	38
POPIS SLIKA.....	39
POPIS TABLICA.....	40
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	
BASIC DOCUMENTATION CARD	

## 1. UVOD

Čovjek, biljke i životinje uvijek su bili izloženi djelovanju klime. Klimatske promjene uvjetovale su im način i mjesto života te utjecale na prilagodbu i/ili migracije.

S tog stajališta, današnja situacija više nego ikad smatra se alarmantnom te se klimatske promjene smatraju izazovom koji prijete normalnom životu i opstanku ljudske vrste te biljnom i životinjskom svijetu. Priznati svjetski stručnjaci iz raznih znanstvenih područja upozoravaju na već vidljive ali i buduće posljedice klimatskih promjena, a to su u prvom redu globalno zatopljenje i suša.

Ljeto 2019. godine obilježeno je serijom toplinskih valova diljem svijeta, a u Indiji je jedan takav rezultirao s preko 100 ljudskih žrtava. Temperatura je rasla i preko 50 °C. Čak i pojedina predviđanja ne daju ohrabrujuće vijesti te se procjenjuje da će život na jugu Azije do kraja stoljeća biti nemoguć.

Problem vode je rak rana za Indiju čemu u prilog govore podaci o tome da se više od 600 milijuna Indijaca suočava s nedostatkom vode. Oko 70 % vodenih zaliha je kontaminirano što je uzrokom 200 tisuća smrtnih slučajeva godišnje, a nestanak podzemnih voda prijete velikim gradovima kao što je New Delhi već 2020.godine. Navedena situacija u Indiji, iako je najalarmantnija, nikako nije izoliran slučaj već samo jedan dio globalne prijetnje koja se nadvila nad ljudsku vrstu.

Pojam suše može biti analiziran s nekoliko aspekata. Suša se veže uz pojam klime te elemente koji istu čine, a naglasak se stavlja na opasnost koju predstavlja predviđeno povećanje broja ljudi u kombinaciji sa sušom i nedostatkom vodnih resursa. Relevantan je i utjecaj klimatskih promjena na razne aspekte ljudskog života, od čovjekova zdravlja pa do gospodarskih tokova na koje utječu.

Treba spomenuti da postoji nekoliko vrsta suše te stresa koji izaziva. Kroz primjere kukuruza, pšenice i ječma kao glavnih i najzastupljenijih žitarica na pojedinačnim primjerima mogu se objasniti potrebe za vodom, kritična razdoblja te posljedice koje nedostatak vode izaziva kod biljke.

## 2. KLIMATSKE PROMJENE

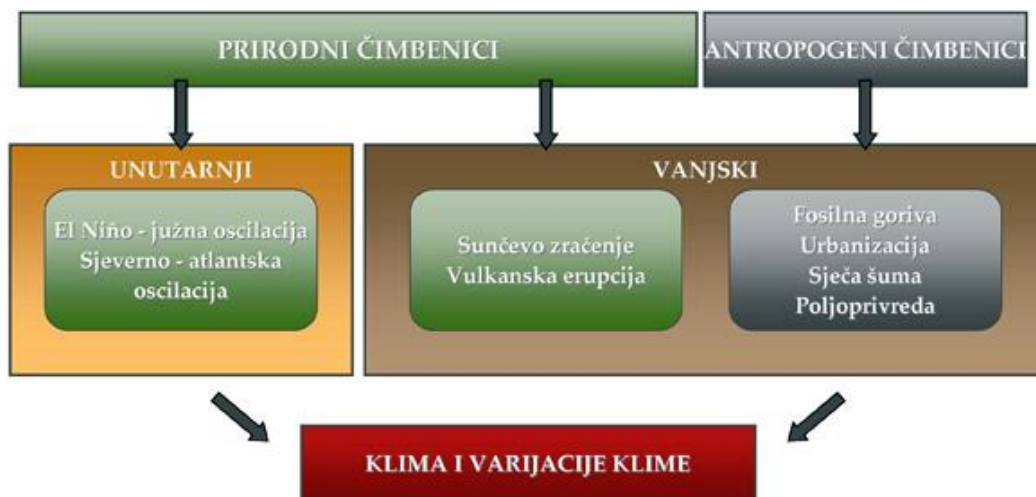
Znanstvenici svakodnevno upozoravaju na već vidljive, ali i predviđene učinke klimatskih promjena te posljedica koje imaju na svaki segment ljudskog života. Europska unija (EU) mehanizme borbe protiv klimatskih promjena objedinila je u članku 191. Ugovora u funkcioniranju EU<sup>1</sup>.

Pojam klime definira se kao prosječno stanje vremenskih prilika izraženo kroz određene parametre od kojih su najznačajniji temperatura zraka te količina i raspored oborina u dužem vremenskom razdoblju. Klimu određuje klimatski sustav, odnosno elementi tog sustava i međudjelovanje istih. Prema Državnom hidrometeorološkom zavodu klimatski sustav čini nekoliko različitih elemenata. Atmosfera se definira kao plinoviti omotač Zemlje, a hidrosfera obuhvaća površine koje su prekrivene vodom. Kriosfera podrazumijeva površine prekrivene ledom, a pod pojmom tla podrazumijevaju se razne vrste istog te pripadajuće specifičnosti reljefa. Posljednji dio sustava je biosfera koja podrazumijeva sustav živih bića.

Klima se mijenja prostorno, pa se tako za različita područja vežu različite klime. Međutim, treba napomenuti da se klima mijenja i u vremenu. „Zamjetna je međusezonska različitost klime 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“ (Patarčić, 2019.). Varijacije klime mogu se uočiti u promjenama srednjeg stanja klime ili u promjenama međugodišnje varijabilnosti klimatskih parametara. Varijacije se također, mogu uočiti i u promjenama drugih statističkih veličina koje inače opisuju stanje klime, pa se tako za primjer može navesti pojava ekstrema. „Statistički značajne promjene srednjeg stanja ili varijabilnosti klimatskih veličina koje traju desetljećima i duže, nazivaju se klimatskom promjenom“ (Patarčić, 2019.).

---

<sup>1</sup> [www.mvep.hr > hrv > files > pregovori > 111221-lisabonski-prociscena](http://www.mvep.hr/hrv/files/pregovori/111221-lisabonski-prociscena)



Slika 1. Utjecaj prirodnih i antropogenih čimbenika na klimu

(Izvor: [https://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_modeli&param=klima\\_promjene#a1](https://meteo.hr/klima.php?section=klima_modeli&param=klima_promjene#a1))

Pojednostavljen prikaz čimbenika koji utječu na promjenu stanja klime prikazan je na slici 1. Čimbenici su podijeljeni na prirodne i antropogene te unutarnje i vanjske. Kao primjer za unutarnje i prirodne čimbenike navedeni su južna oscilacija poznatija pod imenom El Niño te Sjoeverno-atlantska oscilacija. „El Niño - Južna oscilacija (eng. El Niño - Southern Oscillation, ENSO) je dominantni mod međugodišnje klimatske varijabilnosti na globalnoj razini. Fenomen ENSO je posljedica združenog djelovanja atmosfere i oceana u tropskom Pacifiku“ (Muić, 2018.). Ista autorica definira Sjoeverno-atlantsku oscilaciju kao mod klimatske varijabilnosti na sjevernoj Zemljinoj hemisferi te je prisutnost spomenute oscilacije stalna tijekom cjelogodišnjeg razdoblja uz promjenjivost prostorne raspodjele.

Pojave kao što su vulkanske erupcije, odnosno aerosolni produkti istih te Sunčevno zračenje pripadaju u skupinu prirodnih vanjskih čimbenika. Kao glavni antropogeni činitelji navode se nekontrolirana upotreba fosilnih goriva, uništavanje prašumskog područja te stočarska proizvodnja širom svijeta. Kombinacijom tih procesa došlo je do pojave koja se definira kao „efekt staklenika“.

U 18.stoljeću dolazi do industrijske revolucije te se izum parnog stroja 1764. smatra početnom točkom toga razdoblja u ljudskoj povijesti. U istom razdoblju dolazi do velikih promjena u načinu života i navikama ljudi, dolazi do urbanizacije, napretka u poljoprivrednoj proizvodnji te sječe šuma što je izazvalo poremećaj u kemijskom sastavu atmosfere te posljedično efekta staklenika čije se posljedice osjete i danas. Korištenje fosilnih goriva kao završni rezultat ima ispuštanje suvišnih plinova u atmosferu, a većina tih plinova dovodi do



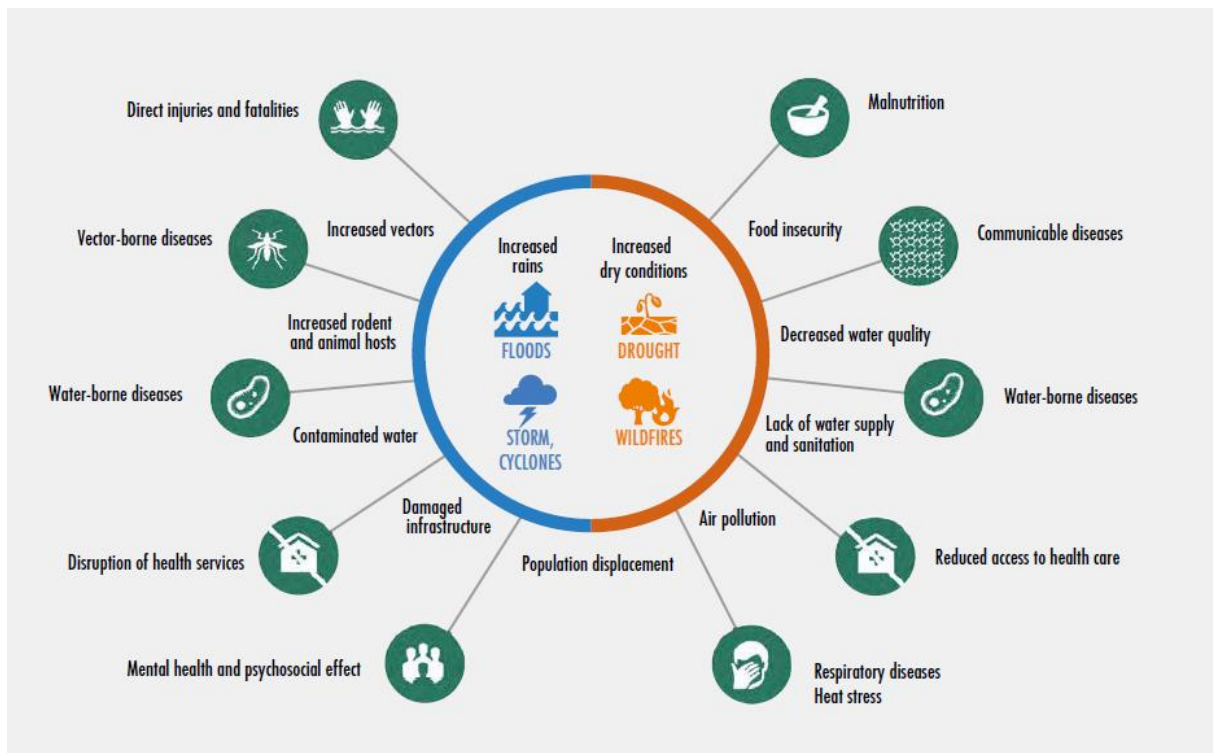
spomenutog efekta staklenika pri čemu dolazi do retencije Sunčeve energije, odnosno sprečavanja povratka iste u svemir. Glavna posljedica navedenog je povećana koncentracija stakleničkih plinova koju je prouzročio čovjek svojim djelovanjem (Europska komisija, 2019.). Najveći naglasak stavljen je na ugljikov dioksid ponajviše zbog najvećeg povećanja koncentracije u odnosu na predindustrijsko doba, a kao drugi važan staklenički plin navodi se metan koji nastaje kao posljedica uzgoja stoke. Postoje i drugi staklenički plinovi koji imaju snažniji efekt od prethodno navedenih kao što su plinovi koji sadrže fluor.

Situacija se dodatno pogoršava kada se u jednadžbu ubroji i nekontrolirano krčenje šuma koje obavljaju zadatak upijanja ugljičnog dioksida iz atmosfere čime igraju veliku ulogu u kontroliranju emisije stakleničkih plinova.

## **2.1. Utjecaj klimatskih promjena na čovjeka i okoliš**

Neke posljedice klimatskih promjena već su nastupile te su vidljive i danas ali stručnjaci upozoravaju da one mogu biti mnogo gore te pozivaju na djelovanje. Mogući scenariji koji će nastati kao posljedice klimatskih promjena u slučaju nedjelovanja su podizanje razine mora uz oslobađanje „zarobljenih“ plinova, što je posljedica topljenja ledenih kapa, zatim erozija i dramatične promjene vremena koje rezultiraju sušom i poplavama, nestanak plodnih tala te također smanjenje obradivih površina, smanjenje prinosa usjeva i glad (Preston i Leng, 1989.).

Uz navedeno, predviđa se da će klimatske promjene imati fatalan učinak i na biosferu. Kako navodi Bindi (2019.), zatopljenje od 1,5 °C 2100. godine dovelo bi do nestanka 8 % biljnih vrsta, a zatopljenje od 2 °C taj bi broj udvostručilo. Isti autor navodi da 6 % insekata i 4 % kralježnjaka ne bi preživjelo porast od 1,5 °C, a taj se broj također dvostruko povećava u slučaju povećanja temperature od 2 °C. Nadalje, Bindi (2019.) ističe i kako bi koraljni grebeni potpuno izumrli povećanjem temperature za 2 °C, a porast temperature od 1,5 °C 2100. godine doveo bi do porasta razine mora koji bi poplavama izložio do 69 milijuna ljudi. Slika 2. prikazuje posljedice klimatskih promjena na čovjeka.

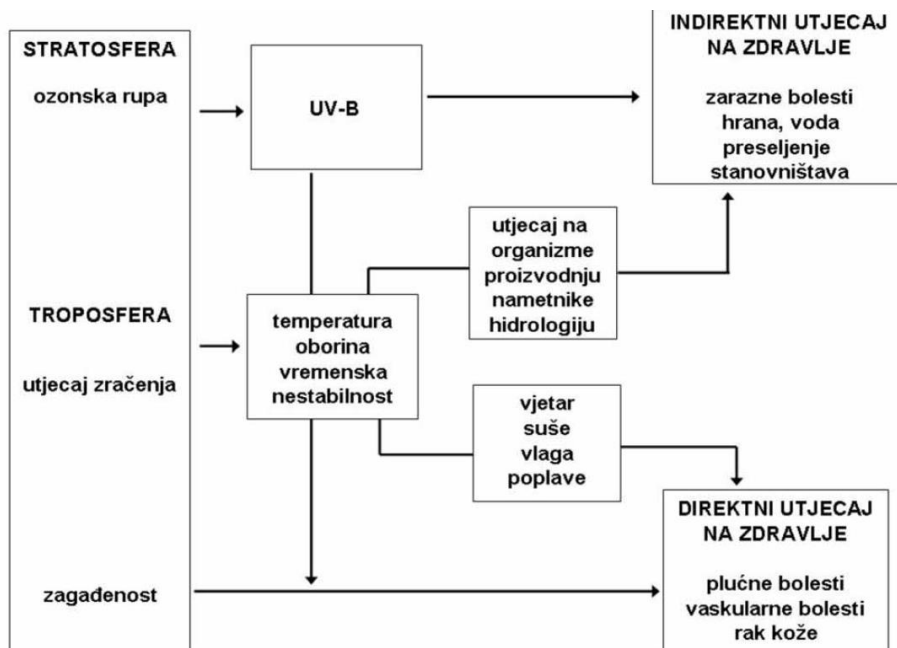


Slika 2. Posljedice klimatskih promjena na čovjeka

(Izvor: <http://www.fao.org/3/i9553en/i9553en.pdf> )

Moguće posljedice ekstremnih pojava koje nastaju kao posljedica klimatskih promjena su poplave, ekstremne oluje, suša i požari. Spomenute pojave mogu, ovisno o svojim razmjerima i nizu ostalih činitelja, dovesti do smrti i ozljeda velikog broja ljudi. Isto tako, česte su u medijima slike opustošenih gradova i uništene infrastrukture kao posljedica gore spomenutih pojava. Kaotično stanje koje uzrokuju dovodi do problema s opskrbom hrane i osnovnih životnih potreptine te konačno pothranjenosti. Isto tako, česte su i migracije stanovništva s pogođenih područja.

Zaninović i Gajić-Čapka (2008.) opisuju izravne posljedice klimatskih promjena na zdravlje samog čovjeka. To su toplinski udari koji nastaju uslijed visoke temperature, alergijske reakcije te povećanje broja raznih zaraznih bolesti.



Slika 3. Djelovanje atmosfere na čovjeka

(Izvor: Zaninović i Čapka-Gajić, 2008)

Povećanje opasnosti od pojave raka kože dolazi uslijed uništavanja ozonskog omotača što rezultira povećanjem ultraljubičastog zračenja. Kao direktne posljedice klimatskih promjena na zdravlje javljaju se plućne i vaskularne bolesti te smrtnost uslijed vremenskih ekstrema kao što je poplava (Slika 3.).

Pored navedenog povećava se i rizik od bolesti prenošene putem vektora. Povećana temperatura utječe na organizam vektora i stvara mu potrebu za češćim hranjenjem što rezultira i češćim kontaktom s čovjekom, a osim toga može doći i do veće proizvodnje jajašaca te skraćenog vremena inkubacije. Što se tiče oborina, situacija nije jednosmjerna kao što je slučaj s temperaturom. Povišena temperatura u kombinaciji s povišenom vlažnosti zraka može dovesti do povećanja populacije. U slučaju niže relativne vlažnosti zraka također se kao i u slučaju povišene temperature u vektoru stvara potreba za češćim hranjenjem koja nastaje kao posljedica dehidracije.

Kada je riječ o infekcijama, odnosno njihovim uzročnicima koji se prenose vodenim putem, Zaninović i Gajić-Čapka (2008.) smatraju da povećanje temperature dovodi do produžavanja sezone i širenje područja zaraze.

Uz prethodno navedene, klimatske promjene bi mogle dovesti do još jedne zabrinjavajuće pojave izuzetno opasne po čovjekovo zdravlje, a to je aktiviranje virusa i bakterija koji se

nalaze zatočeni u permafrostu što bi moglo dovesti do ponovne pojave bolesti koje su davno iskorijenjene.

Povećanje razine mora također dovodi do tragičnih posljedica. Alexis-Martin i sur. (2019.) opisuju da je najalarmantniji primjer Republike Kiribati, otočne države u Tihom oceanu koja broji nešto manje od 118 tisuća stanovnika, a predviđanja govore da će ta država prestati postojati kroz 30 do 60 godina zbog povećanja razine oceana. Glavni grad Tarawa nalazi se na nadmorskoj visini od 3 metra, a procjenjuje se da će razina oceana do 2030. porasti za 5 do 14 centimetara. Vlasti Kiribatija u suradnji sa svjetskim organizacijama rade na pronalasku rješenja u vidu građenja betonskih blokova, no oni dovode do erozije ionako skromnih obradivih površina. Uz ove „vatrogasne“ mjere, stanovnici Kiribatija polako se pripremaju za odlazak iz svojih domova te je tamošnja vlada pokrenula akciju dodatnog obrazovanja stanovnika kako bi se lakše asimilirali u drugim zemljama (Alexis-Martin i sur., 2019.).

Slučaj Kiribatija nije iznimka već samo najdrastičniji primjer. Kao posljedica svih navedenih promjena, nastaju „klimatski migranti“. Pojava je to koja podrazumijeva iseljavanje čitavih područja uslijed negativnih posljedica klimatskih promjena što dodaje još jednu dimenziju ovom problemu. Klimatske migrante većinom čini stanovništvo nerazvijenih zemalja koje zbog svog siromaštva nisu u stanju odgovoriti na izazove klimatskih promjena. Svjetska banka predviđa da bi se do 2050. godine iz regija subsaharske Afrike, južne Azije i Latinske Amerike moglo iseliti više od 140 milijuna ljudi uslijed opadanja razine poljoprivredne proizvodnje, problema s nedostatkom vode i povećanja razine mora (Hina, 2018.).

## **2.2. Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivredu**

S obzirom na to da se poljoprivrednu djelatnost često naziva i „tvornicom pod otvorenim nebom“, jasno je da ona pripada u sektore kojih se problemi klimatskih promjena najviše tiču. Uzevši sve prethodno navedeno u obzir lako je zaključiti da će se poljoprivreda u 21. stoljeću susresti s brojnim izazovima i problemima. Uslijed povećanja broja stanovnika javit će se potreba za značajnim povećanjem prinosa, ali isto tako će na ruralnim područjima doći do smanjenog broja radne snage. Izazov predstavlja i implementiranje održivih tehnika i mehanizama u poljoprivrednoj proizvodnji (FAO, 2009.).

Utjecaj i posljedice klimatskih promjena na sam proces proizvodnje ovise o mnogo čimbenika. Lederer (2017.) ističe sljedeće: intenzitet i dužina trajanja sušnih uvjeta, razvojna

faza biljke s naglaskom na specifična kritična razdoblja, osobitosti tla i uzgojnog područja, temperatura te tolerantnost uzgajanih biljaka.

Potencijalne posljedice ponajprije ovise o potrebama određenog usjeva za vodom i temperaturom pa bi tako povećanje temperature u nekim regijama moglo imati pozitivan utjecaj na proizvodnju kultura prilagođenim takvim uvjetima. Lederer (2017.) navodi da rast sadržaja ugljičnog dioksida u atmosferi može imati pozitivan utjecaj na rast biljke, ali ako se taj rast dogodi u kombinaciji s rastom temperature i manjkom vode i hraniva može izazvati suprotan, tj. negativan učinak i smanjene prinosa.

Kontinuirani sušni uvjeti onemogućit će proizvodnju na određenim područjima gdje je nekoć bila moguća i uspješna, a takav razvoj događaja dovest će do promjena i na ekonomskoj i geopolitičkoj karti svijeta.

Primjerice, 2015. godine SAD je imao udjel od 30 % u svjetskoj proizvodnji krupnozrnih žitarica, riže, soje i pšenice. Povećanjem prosječne temperature za 2 °C do 2050. taj bi se broj smanjio na 10 %. S druge strane, takvi uvjeti bi učinili područje Kine i drugih područja u Aziji povoljnijim za proizvodnju tih kultura. Nadalje, uslijed najvećeg povećanja broja ljudi na tom području subsaharska Afrika bi postala najveći uvoznik spomenutih proizvoda (Porfirio i sur., 2018.).

Predviđanja UN-a smatraju kako će smanjenje prinosa uslijed klimatskih promjena na području Indije i zapadne Afrike 2050. biti za 2,6 i 2,9 %, a s druge strane, povećanje temperature povećat će prinose na području Kanade za 2,5 % (Reid, 2018.).

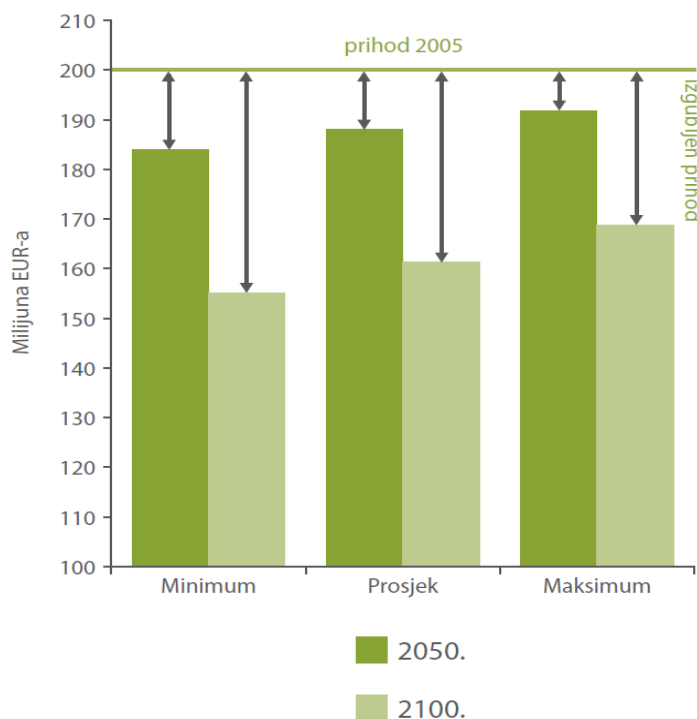
Posljedice klimatskih promjena opipljive su kada je riječ o poljoprivredi, a očituju se kroz promjenu razine proizvodnje glavnih usjeva. Procjene koje donosi Bindi (2019.) govore da je porast razine troposferskog ozona doveo do smanjenja prinosa pšenice, kukuruza, riže i soje od 3-16 % na svjetskoj razini, a da bi sa svakim Celzijevim stupnjem rasta temperature došlo do manje količine prinosa kod pšenice (za 2,9-6 %), kukuruza (4,5-7,4 %), riže (3,2-3,7 %) te soje (za 3, 1%).

Što se tiče stočarstva, ni ono neće biti lišeno negativnih posljedica promjena. Jug (2016.) smatra da se utjecaj klimatskih promjena na stočarstvo očituje kroz dostupnost i cijenu zrnatih žitarica koje se koriste za hranidbu, a isto tako i u kvaliteti i kvantiteti usjeva koji se koriste za

ispašu i krmu. Kao ostale faktore valja naglasiti zdravlje, porast i samu reprodukciju, te prenošenje bolesti i nametnika.

Stočarstvo i samo pripada među najveće zagađivače okoliša i uzročnika klimatskih promjena. To zagađenje odvija se putem fekalija te ostalih nusprodukata proizvodnog procesa. Stajski plinovi kao što su metan i amonijak u kombinaciji s fosilnim gorivima koja se koriste za opskrbu energijom čine još jedan dio tog zagađenja. Isto tako, dolazi i do zagađivanja podzemnih voda spomenutim fekalijama te kemikalijama koje se koriste u uzgoju (Vinković i sur., 2008 prema Gerber, 2002.).

Program Ujedinjenih naroda za razvoj (2008.) u Izvješću o društvenom razvoju za 2008. godinu donosi podatak da su u Republici Hrvatskoj, u kojoj poljoprivreda čini 5,8 % gospodarstva, učinci klimatskih promjena jasno vidljivi kroz 176 milijuna eura godišnje gubitaka nastalih između 2000. i 2017. uslijed ekstremnih vremenskih uvjeta. Usporedba predviđenih prihoda od prodaje kukuruza 2050. i 2100. godine u odnosu na onaj ostvaren 2005. godine prikazan je na slici 4. Procjenjuje se da će gubici 2050. godine iznositi do 16 milijuna eura, a 2100. godine čak do 43 milijuna eura.

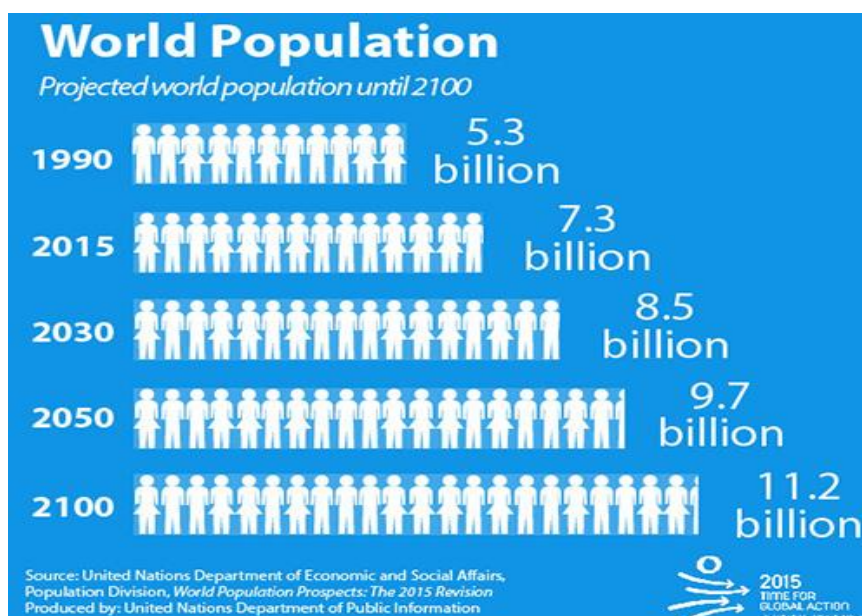


Slika 4. Prognoze prihoda od kukuruza 2050. i 2100. u odnosu na prihod ostvaren 2005.

(Izvor: Ujedinjeni narodi, 2008.)

### 2.3. Problem gladi u svijetu

Prema podacima Ujedinjenih naroda (2019.), na svijetu živi 7,3 milijarde ljudi što je čak za 2 milijarde više nego što je bilo prije 25 godina. Na Slici 5. prikazane su projekcije, odnosno predviđanja kako će se ta brojka kretati u budućnosti. Vidljivo je da se do 2030. godine predviđa povećanje na 8,5 milijardi ljudi, a 2050. će se ta brojka približiti 10 milijardi ljudi.



Slika 5. Projekcija kretanja broja stanovnika

(Izvor: : <https://www.un.org/en/sections/issues-depth/population/index.html>)

S obzirom da je problem gladi danas sveprisutan, nije teško zaključiti zašto je povećanje toga broja razlog za zabrinutost. Dodatnu snagu tom problemu daju i podaci o tome kako se broj stanovnika najviše povećava u nerazvijenim dijelovima svijeta kao što su Afrika i Indija. Prethodno spomenute posljedice klimatskih promjena dovode do povećanog rizika od gladi, pothranjenosti i nedostupnosti hrane i to pretežito među ekonomski najnerazvijenijim područjima svijeta. Istraživanja provedena na Oxfordu predviđaju da će do 2050. godine posljedice klimatskih promjena prouzročiti smrt pola milijuna ljudi (Springmann, 2016.). Rast temperature na globalnoj razini rezultirat će sve češćim ekstremnim vremenskim pojavama: sušom, poplavama, tajfunima, a navedene pojave nužno će dovesti do smanjenja poljoprivredne proizvodnje te posljedično i gladi.

Prema World Food Programme (2017.) utjecaj klimatskih posljedica na razinu gladi u svijetu višeslojna je pojava koja se manifestira na nekoliko načina i to kroz: nedovoljne količine

proizvedene hrane, nedostupnost hrane, nestabilnost društva te upitnu kvalitetu i sigurnost hrane s naglaskom na nutritivnu vrijednosti iste.

Usljed klimatskih promjena moguće su promjene u pogodnosti područja za uzgoj određenih usjeva, odnosno postoji mogućnost da klimatske promjene onemoguće uzgoj kultura koje su nekoć uzgajane na tom području, a smanjena poljoprivredna aktivnost u nekim područjima, posebno u onim tropskim, mogla bi utjecati na raznovrsnost prehrambenih namirnica. Ipak, povećanje temperature u nekim bi područjima produžilo uzgojnu sezonu i smanjilo štete nastale niskim zimskim temperaturama i smrzavanjem (World Food Programme, 2017).

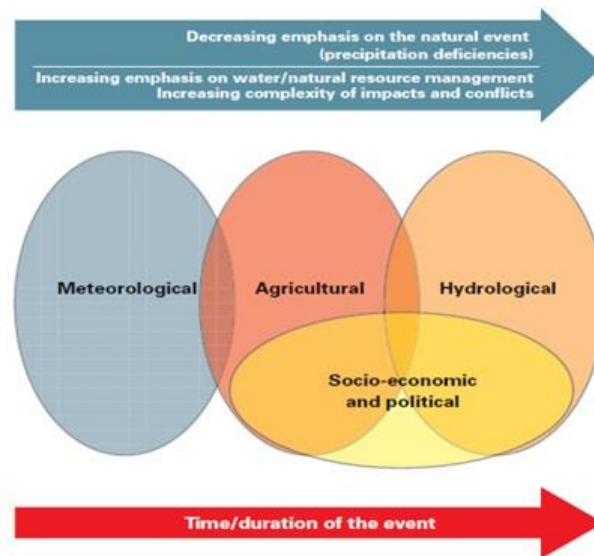
Niži prinosi nužno će rezultirati i većim cijenama hrane što će u zemljama u kojima poljoprivreda čini glavni izvor prihoda stvoriti velike probleme te dovesti do nestabilnosti po pitanju dostupnosti hrane. Konačno, spomenute okolnosti dovele bi do problema s pothranjenosti i zdravstvenih problema. Kada se doda i nestašica vode prisutna u najosjetljivijim područjima, lako se može zaključiti fatalan rezultat klimatskih promjena na ionako nerazvijena i siromašna područja širom svijeta (World Food Programme, 2017.).



### 3. SUŠA

Sušom se smatra prolongirano razdoblje bez ili s nedovoljnom količinom padalina, a kao glavna posljedica iste očituje se smanjenje prinosa kao konačnog cilja proizvodnje. To smanjenje ovisi o nekoliko faktora, a najvažniji su: vrsta biljke, razvojna faza, svojstva kultivara te dužina trajanja i intenzitet sušnog razdoblja. U ovom poglavlju na primjeru kukuruza, pšenice i ječma navedene su pojedinačne specifičnosti i reakcije svake od kultura na pojavu suše i nedostatka vode.

Suša se kao pojava se može definirati i promatrati s nekoliko aspekata. Na Slici 6. prikazana je skica međusobne povezanosti različitih tipova suše.



Slika 6. Različite vrste suše

(Izvor: Svjetska meteorološka organizacija, 2006.)

Prema Svjetskoj meteorološkoj organizaciji (2006.), razlikuju se sljedeće vrste suše: meteorološka, poljoprivredna, hidrološka, sociološko-ekonomska suša. Meteorološka suša definira se kao količina padalina manja od praga unaprijed određenog za neko područje, dok je biljna proizvodnja uvjetovana dostupnošću vlage u tlu potrebne za normalan rast i razvoj usjeva. Hidrološka suša podrazumijeva, kako to opisuje američka Državna uprava za oceane i atmosferu (2019.), očiti nedostatak zaliha vode koji se očituje u vodotocima i podzemnim vodama, a obično je rezultat dužeg razdoblja meteorološke suše. Problem suše sa socio-ekonomskog aspekta dotiče se tržišne ravnoteže između ponude i potražnje, odnosno nastaje kada se ista naruši što se očituje nedostatkom vodnih resursa potrebnim za razne svrhe.

Pojava meteorološke suše mnogo se češće događa u odnosu na ostale navedene tipove i to zbog povezanosti navedenih s dostupnom količinom površinske i podzemne vode. Za pojavu poljoprivredne suše potrebno je određeno razdoblje meteorološke suše koje će iscrpiti zalihe vode u tlu, a razdoblje meteorološke suše u trajanju od nekoliko mjeseci rezultira pojavom hidrološke i socio-ekonomske suše. Navedene pojave mogu biti ublažene kvalitetnijim upravljanjem vodnim resursima i sustavima za koje se koriste.

### **3.1. Sušni stres**

Kod biljaka se razlikuju dvije vrste stresa: biotski i abiotski. „Abiotski stres izazivaju fizikalni ili kemijski činitelji okoliša kao što su osvjetljenje, temperatura, vlaga, različite toksične tvari, dok je biotski stres izazvan djelovanjem drugih organizama, najčešće patogenih mikroorganizama i štetnika“ (Špoljarević, 2016.). Sušnim stresom se naziva vrsta abiotskog stresa koji biljka doživljava uslijed nedovoljne količine vode potrebne za nesmetan rast i razvoj organizma, a koji rezultira slabijim rastom i razvojem biljke te posljedično smanjenjem prinosa.

Ova vrsta stresa dovodi do raznih fizioloških, morfoloških, ekoloških, biokemijskih te molekularnih promjena kod biljke. Ponekad se sušni stres događa i uslijed dovoljne količine vode u tlu ali ju biljka ne može usvojiti zbog raznih čimbenika kao što je npr. salinitet te se takva pojava naziva „pseudo-suša“ ili fiziološka suša. Simptomi sušnog stresa, prema Hossain (2016.), ovise o nekoliko faktora kao što su jačina i trajanje suše, postojeći fizikalno-kemijski uvjeti u određenom tlu te biološka snaga, odnosno vigor biljke.

S obzirom na navedene faktore i na specifičnosti svake biljke, simptomi mogu biti različiti, ali postoji, kako to ističe Hossain (2016.), nekoliko općenitih simptoma. To su prije svega promjene kao što su gubitak turgora i klonuli izgled biljke. Dolazi do uvenulosti i žućenja biljke, a simptomi se manifestiraju i na listovima koji su skloniji preranom otpadanju te nepravilnom razvoju. Pravilan razvoj lisne površine ključan je za odvijanje procesa fotosinteze. S obzirom da sušni stres pridonosi smanjenju lisne površine posljedica je biljka manjeg rasta.

### 3.2. Žitarice i suša

Žitarice su najrelevantnije od svih drugih kulturnih biljaka za prehranu ljudi i hranidbu životinja. To su najrasprostranjenije kulturne biljke, njihovi plodovi bogati su različitim hranjivim tvarima, a sadrže vrlo malo masti. Kao najbitnije žitarice mogu se istaknuti: pšenica, kukuruz, riža, ječam, zob, raž, pšenoraž.

U Republici Hrvatskoj proizvodnja žitarica vrlo je značajna u ukupnoj poljoprivrednoj proizvodnji. To potvrđuje podatak Državnog zavoda za statistiku da se na više od 2/3 ukupno zasijanih površina nalaze upravo žitarice (Tablica 1).

Tablica 1. Udio žitarica u ukupno korištenoj poljoprivrednoj površini

	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.
<b>Korištena poljoprivredna površina</b>	1568881	1508885	1537629	1546019	1496663	1485645
<b>Oranice i vrtovi</b>	874863	811067	841939	872406	815323	803902
<b>Žitarice</b>	589290	513537	490811	529388	461483	459703
<b>Mahunarke za suho zrno</b>	2427	2626	2254	3273	2575	2542
<b>Korjenasti i gomoljasti usjevi</b>	31011	33030	24802	26563	29949	23810
<b>Industrijski usjevi</b>	120532	129757	167140	178974	187826	187033

(Izvor: Statistička baza podataka Državnog zavoda za statistiku, 2019.)

Prve promatrane godine oranice i vrtovi zauzimale su 55 % ukupno korištene poljoprivredne površine u Republici Hrvatskoj. Žitarice su pak zauzimale 2/3 oranica i vrtova, odnosno 37,5% od ukupno korištene poljoprivredne površine. Slijede ih industrijski usjevi, korjenasti i gomoljasti usjevi te mahunarke za suho zrno. Godine 2018. žitarice su zauzimale 57 % oranica i vrtova te 30 % ukupno korištenih poljoprivrednih površina. Brojke se razlikuju u pojedinim godinama međutim trendovi u proizvodnji ostaju isti.

Ipak, iako su žitarice najrasprostranjenije kulturne biljke u Hrvatskoj, u njihovoj se proizvodnji uočavaju određene oscilacije (Tablica 2).

Tablica 2. Proizvodnja žitarica u Hrvatskoj 2013.-2018. (ha)

	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.
<b>Pšenica</b>	204506	156139	140986	168029	116150	135708
<b>Meka pšenica, ozima</b>	201946	154611	138791	167204	114908	134939
<b>Meka pšenica, jara</b>	1482	120	661	323	598	306
<b>Tvrda pšenica</b>	1078	1408	1534	502	644	463
<b>Raž, ozima i jara</b>	1019	1373	1093	1285	774	1292
<b>Ječam</b>	53796	46160	43700	56483	53950	50988
<b>Ječam, ozimi</b>	48758	43421	38620	51654	47194	47060
<b>Ječam, jari</b>	5038	2739	5080	4829	6756	3928
<b>Zob</b>	21656	21146	23462	26572	23139	15885
<b>Kukuruz, suho zrno</b>	288365	252567	263970	252072	247119	235352
<b>Tritikale</b>	14087	16855	13972	19746	17291	17027
<b>Ostale žitarice</b>	694	1133	2467	4278	3060	3451

(Izvor: Statistička baza podataka Državnog zavoda za statistiku, 2019.)

Iz tablice možemo vidjeti da su, iako postoje godišnje varijacije po pitanju površina, najrasprostranjenije žitarice na hrvatskim oranicama kukuruz, ozima pšenica, ozimi ječam i zob.

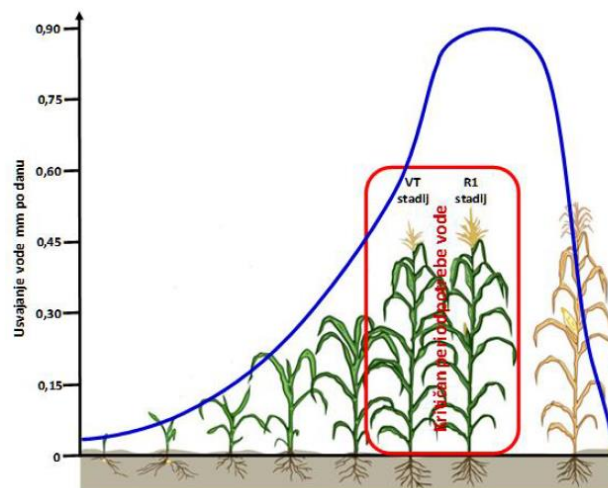
Iako se svaka vrsta razlikuje u pogledu potreba za vodom, može se zaključiti da su žitarice kulture koje imaju razmjerno velike potrebe za vodom. Jedan od parametara za procjenu potreba biljaka za vodom je transpiracijski koeficijent koji se definira kao količina vode izražena u gramima koja je potrebna za stvaranje 1 grama suhe tvari. Navedena vrijednost, prema Kovačević i Rastija (2004.), varira u ovisnosti od okolišnih utjecaja, razvojnoj fazi biljke te agrotehničkim zahvatima.

### 3.2.1. Potrebe kukuruza za vodom

Kukuruz (*Zea mays* L.) je jednogodišnja biljka koja pripada porodici trava (*Poaceae*) te se odlikuje širokom lepezom primjene i načinima iskorištenja nadzemnog dijela biljke. Razlikuje se nekoliko podvrsta, a najpoznatije su: zuban, tvrdunac, šećerac i kokičar.

Najveći proizvođač u 2017. bile su SAD s nešto manje od 371 milijuna tona proizvedenog kukuruza. Drugi najveći svjetski proizvođač je Kina s 259 milijuna tona, a treći Brazil s 97,7 milijuna tona proizvedenog kukuruza. Ostali značajni proizvođači su Argentina, Indija, Indonezija i Meksiko (FAOSTAT, 2019.). Također, 2017.godine na svjetskoj razini proizvedeno je nešto više od 1,13 milijardi tona kukuruza. Iz navedenih podataka vidljivo je da SAD i Kina zajedno čine više od polovice svjetske proizvodnje kukuruza.

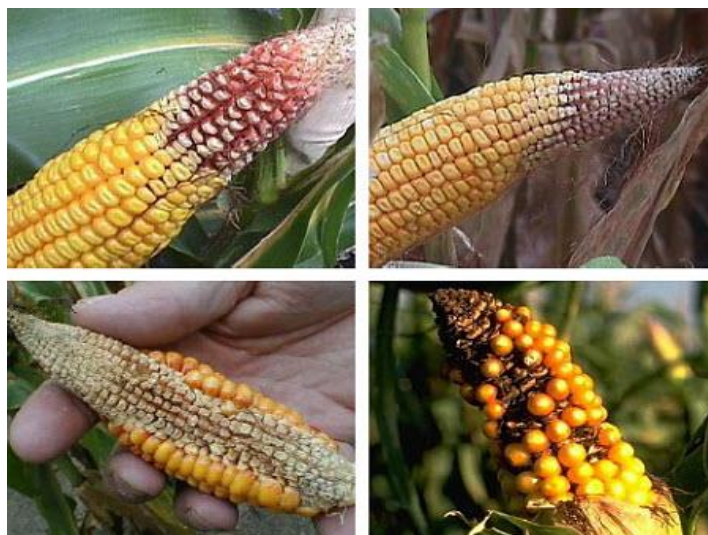
Kukuruz se odlikuje velikom količinom biljne mase koju stvara te razvijenim korijenovim sustavom. Važnu ulogu kod reakcije na sušu imaju i listovi sa sposobnošću uvijanja koji na taj način ublažavaju gubljenje vode preko lisne površine. Reakcija na sušu, odnosno nedostatak vode uvelike ovisi o razvojnoj fazi u kojoj se biljka nalaza pa tako sušni uvjeti neposredno nakon sjetve dovode do dužeg razdoblja između sjetve i nicanja. Ipak, u fazi ranog porasta blaža suša je poželjna jer dovodi do boljeg razvoja korijenovog sustava što biljku čini tolerantnijom na sušu u kasnijim fazama razvoja.



Slika 7. Kritični periodi kukuruza u pogledu potrebe za vodom.

(Izvor: Vukadinović, 2016.)

Na slici 7 prikazane su potrebe kukuruza za vodom kroz cijelu vegetaciju. Potrebe za vodom variraju u odnosu na razvojnu fazu u kojoj se biljka nalazi, a kritičnom fazom smatra se razdoblje od metličanja te cvatnja, oplodnja i početak formiranja zrna. Nedostatak vode u fazi intenzivnog porasta rezultira manjom količinom cvjetova, a u fazi cvatnje i sterilnošću cvjetova metlice i klipa te sušenjem svile. Osim toga, dolazi do kraćeg trajanja i/ili kašnjenja razvojnih faza što rezultira nepotpunom oplodnjom klipa, odnosno manjim brojem zrna i u konačnici znatno nižim prinosom.



Slika 8. Posljedice suše na prinos zrna

(Izvor: <https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/library/pollination-conditions-corn-kernel-set/> )

Faze formiranja i nalijevanja zrna također su osjetljive na sušne uvjete te u slučaju pojave istih dolazi do kraćeg trajanja faze nalijevanja i posljedično manje mase zrna i nižeg prinosa. Potrebe za vodom opadaju kako se približava faza zriobe (Kovačević i Rastija, 2014.).

Transpiracijski koeficijent kukuruza iznosi 250 - 400, ali je to biljka koja učinkovito koristi vodu te se smatra da mu potrošnja vode iznos 450 - 530 mm. Osjetljivost se povećava kada suša dolazi u kombinaciji s visokom temperaturom zraka (32 – 35 °C) te vlažnošću zraka manjom od 30 % (Aleksić, 2018.). Sljedeća tablica prikazuje poželjne količine oborina za svaki mjesec trajanja vegetacije kukuruza.

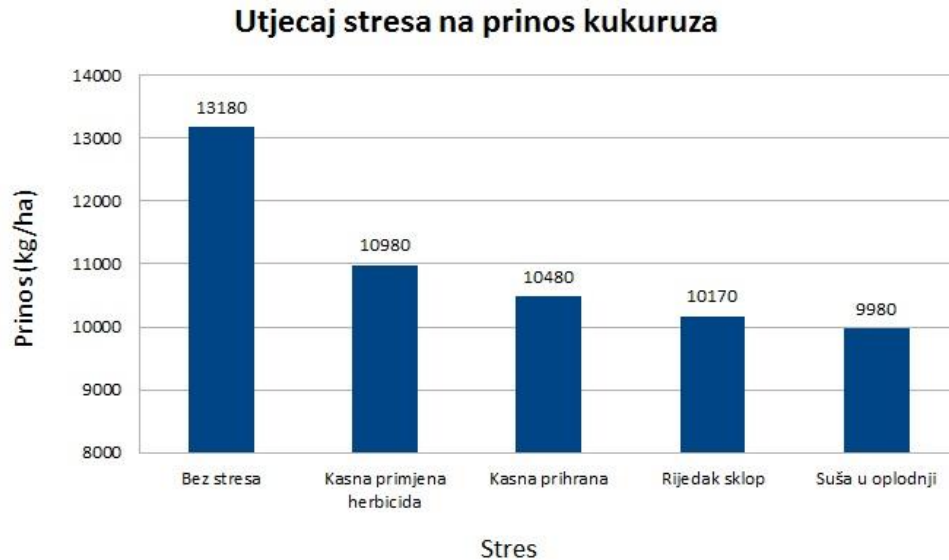
Tablica 3. Potrebe kukuruza za vodom

Mjesec	Potrebna količina vode (mm)
Travanj	do 20
Svibanj	30-70
Lipanj	120-130
Srpanj	110-120
Kolovoz	105-120
Rujan	50-60
Listopad	do 35

(Izvor: izrada autora prema Aleksić, 2018)

Iz podataka prikazanih u tablici vidi se da najveće potrebe za vodom nastupaju u razdoblju intenzivnog porasta, prije metličanja, tijekom prašenja metlice i svilanja te u početku faze nalijevanja zrna. U travnju je minimalna zahtijevana količina vode, do 20 mm vode, a potrebe

progresivno rastu kako se približava ljetno razdoblje. Najveća potreba za vodom nastupa u lipnju te se nastavlja kroz dva naredna mjeseca, a zatim u rujnu i listopadu potreba za vodom smanjuje se na manje od 60 mm.



Slika 9. Usporedba različitih vrsta stresa na prinos kukuruza

(Izvor: <https://www.dekalb.hr/agronomski-savjeti/faze-razvoja-kukuruza/faza-vegetativnog-porasta>)

Slika 9 prikazuje različite vrste stresa u usjevu kukuruza i posljedicu koju taj stres ima na konačni prinos na osnovi pokusa koji je provela tvrtka Monsanto. Na osnovi podataka može se vidjeti da su sušni uvjeti koji su nastupili u oplodnji imali za rezultat smanjenje prinosa od čak 25 % u odnosu na uvjete bez stresa te je upravo suša uzrokovala najveće gubitke u odnosu na druge vrste stresa koje su ispitane u navedenom pokusu.

### 3.2.2. Potrebe pšenice za vodom

Pšenica (*Triticum sp.*) je najznačajnija i najzastupljenija svjetska žitarica na obradivim površinama u svijetu. Pripada porodici trava (*Poacea*), a unutar roda se razlikuje veći broj vrsta ovisno o broju kromosoma. Navedene razlike rezultiraju drugačijim plodom, odnosno zrno pojedine vrste upotrebljava se za različite namjene pa se tako zrno tvrde pšenice (*Triticum durum*) koristi za proizvodnju tjestenine. Najzastupljenije vrsta je tzv. meka ili obična, krušna pšenica (*Triticum aestivum*).

Najveći svjetski proizvođač pšenice u 2017. godini bila je Kina s nešto više od 134 milijuna tona. Nakon Kine, najviše pšenice u navedenoj godini proizvedeno je u Indiji i to nešto više

od 98,5 milijuna tona. Navedene zemlje kao najveće svjetske proizvođače pšenice slijede Ruska Federacija, SAD, Francuska, Australija i Kanada (FAOSTAT, 2019.). U 2017. godini na svjetskoj razini proizvedeno je više od 771 milijuna tona pšenice.

Smatra se da se najbolji omjer kvalitete i kvantitete u uzgoju pšenice postiže kada godišnje oborine iznose od 650 do 750 mm uz uvjet pravilne raspodjele tijekom vegetacije. Tijekom razvojnog ciklusa pšenica zahtijeva različitu količinu vlage u zemlji. Todorović (2003.) navodi da se kritičnim razdobljima smatraju razdoblja sjetve i nicanja, vlatanja te klasanje i faza nalijevanja zrna.

Što se tiče optimalne vlažnosti tla, ona u slučaju pšenice varira te iznosi 80-85 % poljskog vodnog kapaciteta u klasanju te 65-70 % u busanju i nalijevanju zrna. Todorović (2003.) navodi da će nedostatak vode u pojedinim razdobljima rezultirati različitim posljedicama ovisno o fazi u kojoj se biljka nalazi no zajedničko svim posljedicama je konačno smanjenje prinosa koje ovisi o izraženosti suše i fazi u kojoj se suša pojavila.

### 3.2.3. Potrebe ječma za vodom

Ječam (*Hordeum vulgare* L.), biljka iz porodice trava pripada strnim žitaricama te se većinom koristi u hranidbi stoke i proizvodnji piva. Glavna podjela je ona na krmni i pivarski ječam. Dok se prvi koristi kao stočna krma u različitim oblicima, od pivarskog ječma proizvodi se slad koji se upotrebljava u pivarskoj industriji te proizvodnji alkoholnih pića.

Vodeći svjetski proizvođač ječma u 2017. godini je Rusija, a slijede ju Australija, Njemačka i Francuska i Ukrajina. U Rusiji je 2017. proizvedeno nešto više od 20,5 milijuna tona ječma. Australija kao drugi najveći svjetski proizvođač ječma spomenute je godine proizvela nešto više od 13,5 milijuna tona ječma (FAOSTAT, 2019.). Na svjetskoj razini 2017. godine proizvedeno je više od 147 milijuna tona ječma.

Kada je riječ o reakciji na sušu, ječam se odlikuje velikom otpornošću bez obzira na slabiju razvijenost korijena. Ta otpornost, prema Kovačević i Rastija (2014.), proizlazi iz kraće vegetacije ječma te ekonomične potrošnje vode. Gagro (1997.) ističe da transpiracijski koeficijent ozimog ječma iznosi oko 450, a jarog 300-350, a kao prednost u borbi protiv suše ističe se i raniji početak i kraj vegetacije ječma.

Ispitivanja provedena na ječmu uzgojenom u Jordanu u kojem vladaju semiaridni uvjeti s rijetkim i, za uzgoj žitarica, nepoželjnim rasporedom padalina pokazala su da je ječam



najosjetljiviji na sušne uvjete tijekom i malo prije pojave klasa (Samarah, 2005.). Drugo osjetljivo razdoblje je tijekom početnog razvoja biljke i cvatnje. Isto tako, dokazano je da je sušni stres tijekom faze nalijevanja zrna prouzročio kraće trajanje spomenute faze te samim time i smanjeni prinos, ali nije utjecao na sadržaj vlage u zrnu.

Drugo istraživanje, prema Alghabari i Ihsan (2018.), dokazalo je da sušni stres pored gore navedenih posljedica dovodi i do nepravilnog oblika i težine zrna, smanjenog sadržaja klorofila u listu te smanjene kvalitete zrna, ali uz nepromijenjen sadržaj proteina u zrnu. Isto istraživanje potvrdilo je da je sušni stres negativno utjecao na akumulacijsku aktivnost korijena.

### **3.3. Uzgoj kukuruza u sušnim uvjetima**

Sušni uvjeti zahtijevaju drugačiju pripremu tla i drugačije poteze tijekom uzgojnog procesa. Prema Vodiču za sušu kojeg je izdao KWS (2017.) u sušnim uvjetima je bitna pravilna priprema tla te je potrebno osigurati maksimalno upotrebljiv volumen tla i povećati kapacitet upotrebljive vode. Cilj je i zadržati zimske padaline te smanjiti moguće gubitke evaporacijom.

U sušnim uvjetima preporuča se priprema dubljih slojeva tla koja treba biti odrađena tijekom jesenskog perioda. Obrada i priprema tla se ne bi trebala obavljati u vlažnim uvjetima te se treba primijeniti vertikalna obrada paraplugom ili podrivačem. Kod pripreme tla u sušnim uvjetima važno je smanjiti broj prohoda plugom.

Sljedeći važan segment u sušnim uvjetima je odabir sorte ili hibrida (kada je riječ o kukuruzu). Naglasak treba staviti na FAO grupe, odnosno njihov pravilan izbor s ciljem smanjivanja mogućnosti pojave najvećeg rizika od suše i razdoblja cvatnje. Treba izabrati hibride iz najmanje dvije različite FAO grupe jer se tako bolje raspoređuje klimatski rizik.

Nadalje, kada se radi o sjetvi u sušnim uvjetima cilj je izbjeći sušni stres u cvatnji i to pomoću pomicanja razdoblja cvatnje što se postiže ranijom sjetvom i to posebnih ranijih hibrida. Poznato je da temperatura sjetvenog sloja treba biti između 8 i 10 °C, a dubina sjetve i gustoća prilagođeni uvjetima. Nadalje, kada je riječ o dubini sjetve u sušnim uvjetima, cilj je stvoriti bliski kontakt između vlage tla i sjemena te treba omogućiti brzo i snažno nicanje. Sjeme se ne treba polagati preduboko. Kod tala s visokim udjelom pijeska postoji visok rizik od suše, pa se sjetva treba obaviti na dubini od 10 cm. Kod tala s visokim udjelom gline dubina treba biti oko 4 cm. Obavljanje kultivacije prekida štetno djelovanje pokorice te

sprečava nestajanje vode iz tla ali je istu važno provesti u optimalnoj fazi razvoja biljke kako ne bi došlo do uništavanja bočnih korjenčića (KWS, 2017.).

Žetvu treba obavljati u suhim uvjetima kako ne bi došlo do degradacije tla te pojave plijesni klipa. Ciljana razina vlage treba iznositi manje od 18 %, a prilikom žetve treba izbjeći lomljenje usjeva te potencijalno onečišćenje mikotoksinima u žetvi.

Šimunić i sur. (2007.) istraživali su negativan utjecaj suše na prinos pojedinih poljoprivrednih kultura na temelju promatranja količine prinosa ostvarenog 2003. i 2005. godine. Prema službenom priopćenju Državnog hidrometeorološkog zavoda (2007.), 2003. godina bila je obilježena ekstremnom sušom te su srednje sezonske temperature bile više od dugogodišnjeg prosjeka za 4-5 °C, dok su 2005. godine vladali kudikamo povoljniji meteorološki uvjeti. Istraživanje Šimunića i sur. (2007.) je pokazalo usporedbu ostvarenog prinosa kukuruza bez navodnjavanja u 2003. i u 2005. godini. Prinos je u 2005. godini bio veći za 1,45 t/ha, što se može pripisati povoljnim meteorološkim uvjetima. Spomenuto istraživanje donosi prikaz mogućnosti povećanja prinosa uz navodnjavanje. Hipotetski, prinos je mogao biti veći za 2,15 t/ha u 2003. godini te za 1,58 t/ha u 2005. godini, pod uvjetom da se primjenjivala tehnika navodnjavanja. Iz tih podataka može se zaključiti da je i u 2005. godini, koja je bila hidrološki povoljnija, bilo moguće ostvariti veći prinos, no s manjom razlikom u odnosu na stvarni prinos.

Pejić i sur. (2012.) proveli su šestogodišnji poljski pokus na području Vojvodine, regije na sjeveru Srbije u kojoj je kukuruz usjev koji zauzima najveći dio obradive površine. Glavni cilj pokusa bio je istražiti odnos, odnosno spregu između vode i prinosa u uzgoju kukuruza na spomenutom području, odnosno kvantificirati reakciju kukuruza po pitanju prinosa u odnosu na sušni stres. Klimu tog područja karakteriziraju semiaridna ili semihumidna ljeta, a kritične faze rasta i razvoja kukuruza najčešće se poklapaju s razdobljima intenzivne suše te je navodnjavanje praksa koja se mora provoditi u nekim dijelovima da bi se osigurao dovoljan prinos.

Rezultati navedenog istraživanja su pokazali da je porast prinosa iznosio prosječno 2,31 t/ha, ali uz velike amplitude pa je tako rast u godini s manjom količinom oborina iznosio 5,42 t/ha, a u godini s prevelikom količinom oborina rasta prinosa nije bilo. Isto tako, pokazalo se da je prinos u navodnjavanim područjima viši nego u onima koji ovise isključivo o padalinama. Rezultati su također pokazali da učinci sušnog stresa na prinos kukuruza ovise o genotipu,

jačini i trajanju sušnog stresa kao i o fazi razvoja u kojoj se kukuruz nalazi u trenutku nastupanja stresnih uvjeta. Kukuruz se najosjetljivijim pokazao u fazama cvatnje i oplodnje, a nešto manje u fazi nalijevanja zrna i zrelosti. Najotpornijim prema suši kukuruz se pokazao u fazi vegetativnog porasta (Pejić i sur., 2012.).

Spitko i sur. (2014.) u dvogodišnjem periodu istraživali su 83 hibrida kukuruza iz raznih zemalja u uvjetima navodnjavanja i uvjetima bez navodnjavanja. Kukuruz je stranooplodna biljka te je samim time i osjetljivija na stres jer se muški i ženski cvjetovi razvijaju odvojeno, a tučak i polen su direktno izloženi okolišnim uvjetima. Različito vrijeme razvoja muških spolnih organa u odnosu na ženske naziva se protandrija pa je ta pojava bila glavna tema ovog istraživanja. Kod vrsta kod kojih dolazi do protandrije, u značajnoj mjeri mogu utjecati relativna vlažnost zraka i temperatura zraka. Rezultati istraživanja pokazali su važnost protandrije kao hibridnog svojstva kukuruza te se pokazalo da je nesinkroniziranost pri cvatnji negativno povezana s prinosom zrna, odnosno da duže vremensko razdoblje između razvoja muških i ženskih spolnih organa znači i manji prinos zrna.

## 4. METODE BORBE PROTIV SUŠE

Ne postoji univerzalno rješenje s obzirom na osobitosti svakog pojedinačnog područja, kao i biljne vrste te se tako navedene mjere razlikuju po svojoj učinkovitosti i mogućnosti provođenja.

### 4.1. Navodnjavanje

Navodnjavanje predstavlja hidrotehničku i melioracijsku mjeru koja ima za cilj nadoknaditi nedovoljne količine prirodnih oborina s ciljem osiguravanja normalnog rasta i razvoja biljaka te predstavlja najefikasniju mjeru u borbi protiv suše. Prapočeci navodnjavanja mogu se povezati uz Kinu i Indiju. Poznati sustavi navodnjavanja u dalekoj prošlosti postojali su u dolinama rijeka Eufrata i Tigrisa<sup>2</sup>. „Tu su još u predbiblijska vremena živjeli Asirci, Babilonci i drugi narodi koji su već 4 000 – 6 000 godina prije Krista poznavali razne načine i tehnike navodnjavanja te ih koristili na svojim poljima“ (Tadić, 2016.).

Povijest navodnjavanja seže u rana vremena ljudske civilizacije te su se tijekom vremena razvili i različiti sustavi navodnjavanja. Najstariji je navodnjavanje brazdama koji se sastoji od sustava kanala i brazda, a sam obrok ovisi o svojstvima tla na kojem se proizvodnja odvija, kulturi i aktualnoj vlažnosti tla. Važno je napomenuti da ova vrsta navodnjavanja dovodi do pogoršavanja strukture tla te nastanka pokorice (Kantoci, 2012.).

Osim toga, postoji i navodnjavanje kišenjem (Slika 14) koje podrazumijeva distribuiranje vodenih kapljica po površini.

---

<sup>2</sup> Područje današnje države Irak.



Slika 10. Sustav navodnjavanja kišenjem

(Izvor: <https://www.jains.com/irrigation/popups%20and%20sprinklers/sprinklersystems.htm>)

Distribuiranje se ostvaruje kroz proces koji obuhvaća transport vode iz izvora putem cjevovoda pomoći crpki sve do željene površine gdje se korištenjem raspršivača koji se razlikuju prema radnom tlaku, intenzitetu kišenja koji se podešava pomoću mlaznica, radijusu rasprskavanja, kapacitetu obavlja raspodjela vode po površini. Odlike ovakvog sustava su univerzalna primjenjivost s obzirom na moguće topografske različitosti terena te ekonomična potrošnja vode. Obilježava ga i minimalan utjecaj na fizikalna svojstva tla te mogućnost istodobnog apliciranja gnojiva što ga čini pogodnim za sve vrste tla i biljaka. Negativne strane su visoka cijena uređaja, korištenja i održavanja te problem s distribucijom vode pri jakom vjetru (Sito i sur., 2016.).

Jedan od najpopularnijih sustava za navodnjavanje je kapanjem, odnosno „kap po kap“. I ovaj sustav se odlikuje univerzalnošću i preciznošću primjene, a osim toga nema štetnih utjecaja na strukturu tla. Sustav čine dvije vrste cijevi: dovodne i rupičaste, a njihov promjer i razmak varira u odnosu na potrebe proizvođača (Kantoci, 2012.).

Navodnjavanje zahtijeva planiranje te prilagođavanje, odnosno odabir sustava navodnjavanja ovisno o uvjetima s kojima se korisnik susreće, a bitne stavke, kako to navodi Kantoci (2012.), pri izboru su klimatski i pedološki uvjeti područja. Važno je obratiti pozornost na uzgajanu kulturu, veličinu i oblik proizvodne parcele, a važni su i dostupni izvori te kvaliteta i kvantiteta vode u tim izvorima.

## 4.2. Oplemenjivanje

S obzirom na povećanje ljudske populacije uz istodobne razarajuće efekte klimatskih promjena, jasno je da je najvažniji smjer u oplemenjivanju biljaka pronaći odgovore na novonastale uvjete. To podrazumijeva djelovanje u pravcu povećanja otpornosti biljnih vrsta na sušu kao najvažniju vrstu abiotskog stresa. Oplemenjivanje bilja podrazumijeva niz postupaka koji za rezultat trebaju imati biljku poboljšanih nasljednih svojstava koji osim navedenog moraju udovoljavati standardima poljoprivrede te tržišta (Hrvatska enciklopedija, 2019.).

Gubici uslijed suše gurnuli su u prvi plan selekciju genotipova koji imaju svojstvo tolerantnosti na sušu. Tolerantnost genotipova na nedostatak vlage u tlu (sušu) je kompleksna odlika i može se postići ako genotip posjeduje jedan od sljedećih mehanizama: mehanizam za izbjegavanje suše, mehanizam za smanjenje dehidracije i mehanizam za tolerantnost na dehidraciju (Kereša i sur., 2008.). Prvi mehanizam počiva na sposobnosti biljke da ranijim dozrijevanjem izbjegne sušno razdoblje, a to se postiže ubrzanim rastom i razvojem uslijed povećane aktivnosti metabolizma. Ranije dozrijevanje i ranija cvatnja pomažu biljkama da izbjegnu posljedice sušnog stresa iako će prinos u ovom slučaju biti smanjen.

Drugi mehanizam odnosi se na smanjenje dehidracije, a genotipovi koje odlikuje ovaj mehanizam posjeduju nižu razinu aktivnosti metabolizma, usporeni rast i visok vodni potencijal i turgor uslijed sušnih razdoblja što se događa kao posljedica postupnog zatvaranja puči i posljedičnog smanjenja transpiracije ali i fotosinteze. Treći mehanizam je onaj tolerantnosti na dehidraciju, a funkcionira na temelju osmotske regulacije pomoću koje se stvara tolerantnost na sušom izazvane promjene u stanicama i molekulama (Kereša, 2008.).

Genotipovi pšenice koji posjeduju tolerantnost na sušu odlikuje krupnije sjeme te snažniji i razvijeniji korijen. Osim toga, koleoptile su duže, a stvara se manji broj vlati. Voštani premaz i dlačice na listu igraju također važnu ulogu u borbi protiv suše.

Richards i sur. (2001.) naglašavaju da je oplemenjivanje, odnosno porast ostvarivanja prinosa u sušnim uvjetima, veliki izazov te je potrebno identificirati ona svojstva koja limitirajuće djeluju na ostvarivanje prinosa i reagirati na ista što zbog različitih tipova suše i sezonskih varijacija nije lako. Važnost svojstava može varirati na godišnjoj razini te je stoga važno kombinirati fiziološki pristup s empirijskim istraživanjima u oplemenjivanju. Dva svojstva su pokazala veliki utjecaj kada je riječ o povećanju prinosa u uvjetima kada količina vode ovisi o

količini padalina, a to su vrijeme cvatnje i visina biljke. Isto tako, nedostatak vode ne mora uvijek biti limitirajući faktor u ostvarivanju prinosa u sušnim uvjetima. To mogu biti i nepovoljna pH vrijednost tla, nedovoljna količina hraniva, nematode, gljivične bolesti i drugo (Richards i sur., 2001.).

### **4.3. Agrotehnika**

Agrotehnikom se smatra ukupnost mjera koje se koriste u poljoprivrednom uzgoju, odnosno to su sve tehničke mjere koje proizvođač poduzima s ciljem osiguravanja povoljnih uvjeta za neometan rast i razvoj uzgajane kulture. Same agrotehničke operacije mogu se podijeliti na one koje se odnose na obradu tla, gnojidbu, zaštitu i drugo.

Plodored se definira kao vremenska i prostorna rotacija biljnih vrsta na određenom zemljištu, a glavni razlog za njegovu primjenu je zamjena biološke ravnoteže biljnih zajednica. Ovaj postupak poznat je od samih početaka poljoprivredne djelatnosti čovjeka, a varijacije, odnosno načini izvedbe plodoreda kroz povijest su se mijenjali. Primjena plodoreda održava tlo plodnim, odnosno pozitivno utječe na strukturu i sadržaj humusa. Isto tako, značajan je u borbi protiv korova, štetnika i bolesti te smanjuje eroziju. Primjenom dolazi do sprečavanja gubitka hraniva putem ispiranja te imobilizacije onih teško topivih. S organizacijskog i ekonomskog gledišta, plodored rezultira višim prinosom i stabilnijim gospodarstvom.

Prije provođenja neophodno je dobro isplanirati sam plodored i uzeti u obzir brojne faktore te samim time nije moguće dati univerzalnu formulu za plodored već je za optimalan izbor istog potrebno obratiti pozornost na klimatske karakteristike uzgojnog područja kao što su količina i raspored padalina, temperaturne osobitosti, vjetar i sl. Važne su i pedološke karakteristike zemljišta kao što su sadržaj humusa, pH vrijednost i drugo. Međusobna podnošljivost i tolerantnost kultura moraju biti ispitane prije primjene, a važno je isplanirati izvedivost u odnosu na optimalne agrotehničke rokove pojedinih kultura.

Pored prethodno navedenih prednosti, plodored je bitan i zbog ublažavanja suše. Prakticiranjem plodoreda postiže se kvalitetnija struktura tla čime se utječe na njegove drenažne karakteristike, odnosno poboljšava se odvodnja. To omogućava, prema IFOAM (2012.), kvalitetniju opskrbu biljke vodom tijekom sušnih razdoblja ali isto tako i smanjuje mogućnost zadržavanja vode na površini tla u slučaju poplave.

Potencijalnim utjecajem primjene plodoreda na smanjenje emisije stakleničkih plinova bavilo se istraživanje provedeno u Illinoisu od strane Behnke i sur. (2018.). Osim stakleničkih plinova, predmet ispitivanja su bili i prinos te dostupni dušik u tlu. Rezultati istraživanja pokazali su da su kukuruz i soja uzgajani u plodoredu dali ne samo veći prinos već je kukuruz pokazao veću razinu stabilnosti tijekom nepovoljnih uvjeta. Uzgoj u plodoredu smanjio je emisiju dušikovog oksida za 2 kg N/ha godišnje (Behnke i sur., 2018.).

Jedan od primarnih ciljeva izvođenja obrade tla je pozitivan utjecaj na vodni režim tla stvaranjem vodnih zaliha koja se stvaraju prodiranjem vode u dublje slojeve, što je proces koji se kvalitetnije i lakše odvija na obrađenom tlu. Prašenje strništa prva je operacija koja se provodi nakon žetve te ista smanjuje evaporaciju vode iz tla. Provođenje dubokog jesenskog oranja treba provoditi što je moguće prije nakon žetve s ciljem zadržavanja vlage u tlu koja bi trebala poslužiti kao pričuva za sušne periode. Zatvaranje zimske brazde poželjno je obaviti u rano proljeće prije pojave proljetnih vjetrova kako ne bi došlo do isušivanja tla (Ministarstvo poljoprivrede, 2013).

Isto tako, poželjna praksa je zaoravanje gnojiva prije samog jesenskog oranja i to mineralnih gnojiva odgovarajuće formulacije ili stajskim gnojivom koje zemlju čini rahlijom i kvalitetnijom. Labazan (2013.) opisuje kako se za izvođenje oranja dugo vremena koristio isključivo plug, međutim danas su dostupni i drugi strojevi kao što je podrivač koji imaju mogućnost da odrade dvije operacije u jednom proходу čime se povećava ekonomičnost proizvodnje. Ipak, na zemljištima gdje je obrađivanje zemlje teže, plug je i danas nezamjenjiv.

Praksa koju treba izbjegavati je proljetno oranje nedugo prije sjetve jer u tom slučaju ne dolazi do smrzavanja tla što onemogućuje obavljanja kvalitetne pripreme za sjetvu i dovodi do lošijeg kontakta sjemena s tlom. Isto tako, nije preporučljivo zaoravati kruti stajski gnoj u proljeće. Što se tiče sjetve, ne postoji univerzalno rješenje već je potrebno prilagoditi izvođenje radova postojećim uvjetima (Ministarstvo poljoprivrede, 2013.). Ukoliko je moguće, poželjno je ranije izvođenje sjetve ali samo ukoliko su uvjeti tla povoljni za kulturu koja se sije. Sijati treba odgovarajućim sijačicama koje će sjeme zasijati na odgovarajuću dubinu i time omogućiti pravilan razvoj usjeva. Kada je riječ o sjemenu, ono treba biti certificirano te je bitan faktor odabir sorata ili hibrida otpornijih prema suši (Ministarstvo poljoprivrede, 2013.).



Provedba gnojidbe također igra ulogu u borbi protiv suše, a razlikujemo dvije osnovne vrste gnojidbe: organsku i mineralnu. Prema Vukadinoviću (2014.) pravilna i pravovremena inkorporacija organskog gnojiva ublažava posljedice suše, a glavne prednosti ove vrste gnojidbe su pozitivan utjecaj na količinu humusa u tlu te općenito pozitivan utjecaj na sveukupnost svojstava tla.

Povećanje udjela humusa u tlu osobito je važno u aridnim područjima jer posjeduje mogućnost upijanja većih količina vode što dovodi do povećanja snage držanja čestica vode. Vukadinović (2014.) navodi se da se poboljšanje strukturnih svojstava tla ogleda kroz poboljšanje vodozračnog odnosa u tlu, bolje zadržavanja vode te se zbog navedenog organska gnojidba smatra alatom u borbi protiv suše.

Kod inkorporacije mineralnih gnojiva treba obratiti pozornost na omjere i efekte koje određeni element ima na biljku i tlo (Molnar, 2001). Preveliki unos dušika rezultirat će pojačanim razvojem vegetativne mase biljke te veće lisne površine što dovodi do pojačanog disanja biljke i samim time i povećanja transpiracijskog koeficijenta. Gnojidba fosforom također je bitna u borbi protiv suše i to posebno na tlima koja sadrže veću količinu kalcija, a optimalna količina kalija omogućava biljci manju potrošnju vode potrebnu za sintezu organske tvari tj. manji transpiracijski koeficijent.

#### **4.4. Ostale metode**

Kao mjere koje su se pokazale korisnima u borbi protiv, odnosno u ublažavanju posljedica suše, ističu se i podizanje vjetrozaštitnih pojaseva te malčiranje. Beneficije korištenja vjetrozaštitnih pojaseva na poljoprivredna zemljišta očituju se kroz poboljšani vodni režim zemljišta, veću vlažnost, smanjeno isparavanje, te sprečavanje eolske erozije.

Važna stavka pri stvaranju pojasa je izbor vrsta koje će taj pojas činiti s posebnim osvrtom na mogući utjecaj zasađenih vrsta na trenutni ekosustav, a i ostale osobine pojasa treba prilagoditi okolišnim čimbenicima u koje isti treba doći. Tomašević (1996.) ističe da se, s obzirom na konstrukciju, razlikuju sljedeće vrste pojaseva: propusni, polupropusni i nepropusni.

Malčiranje podrazumijeva pokrivanje površine zemljišta slojem određenog materijala koji može biti različitog porijekla (Celing Celić, 2018). Materijal koji se koristi kao malč može biti organskog ili anorganskog porijekla. Kao materijali se koriste sijeno ili slama te suho lišće.

Osim spomenutih koriste se šljunak, kamenje, papir, polietilenske folije, drvo i piljevina te kompost.

Osim u borbi protiv korova i uravnoteženju temperature zemljišta, malčiranjem se utječe na zadržavanje vode u tlu. Ipak, prije postavljanja malča treba obratiti pozornost i na moguće neželjene posljedice. Postoje biljne vrste (npr. krumpir) kojima ova metoda ne odgovara, a zbog hlađenja tla u proljeće i ljeto može doći do sporijeg klijanja i razvoja biljaka. Isto tako, postoji mogućnost povećanog rasta gljivica te napada mrava i puževa koji preferiraju malčirana tla. U uzgoju žitarica se ne koristi postupak malčiranja.

Zelena gnojidba još je jedna praksa koja može zaštititi tlo i biljke od negativnih posljedica suše. Pinova (2014) navodi da se zelena gnojidba definira kao inkorporacija nadzemne mase određenih kultura u tlo, a te kulture treba karakterizirati brzi porast te proizvodnja veće količine zelene mase kroz kraće vremensko razdoblje. Izbor siderata ovisi o postojećim uvjetima uzgoja, a mogu se zasijati i kao predusjev, međusjev, podusjev ili kao naknadna kultura. Općenito, biljke za zelenu gnojidbu trebaju imati veliku količinu lakorazgradljivih tvari, a proces njihove razgradnje nakon zaoravanja bi se trebao odvijati brzo (Vukadinović, 2016.).

Prednosti ovakve prakse su brojne, a vrijedi istaknuti da dolazi do povećanja sadržaja organske tvari u tlu, zasjenjivanja tla, sprečavanja isušivanja tla, zadržavanja vlage i poboljšanih vodozračnih odnosa što su bitni faktori u borbi protiv suše. Treba birati pogodne siderate s obzirom na uzgojne uvjete, a uglavnom se dijele na leguminoze i neleguminoze.

Pored prethodno navedenih mjera borbe protiv suše, postoji nekoliko koncepata kojima stručnjaci streme kako bi se ublažile posljedice suše i klimatskih promjena kao što je npr. konzervacijska poljoprivreda koju karakteriziraju minimalno narušavanje tla obradom, stalna prekrivenost tla biljnom masom te primjena plodoreda.

## 5. ZAKLJUČAK

Klimatske promjene i njihove posljedice, glavni su razlog za zabrinutost cjelokupne ljudske populacije te predstavljaju glavnu prijetnju čovječanstvu u nadolazećem razdoblju. Način života na Zemlji uvelike se promijenio nakon industrijske revolucije te se i dalje svakodnevno mijenja. Takav način doveo je do promjena u svim aspektima života pa tako i klimi. Ukoliko ne dođe do globalne reakcije, posljedice takvih promjena mogle bi biti pogubne. Problematičan faktor u uviđanju problema na razini kolektivne svijesti je neravnomjerna raspoređenost tih posljedica što je dovelo do skepse ili indiferentnosti spram klimatskih promjena u nekim dijelovima svijeta.

Podizanje razine mora, otapanje ledenjaka, porast temperature i ekstremne vremenske pojave kao što su suša, oluje i poplava glavni su vjesnici spomenutih promjena, a istodobno se na Zemlji odvija proces rasta broja stanovnika što u kombinaciji sa spomenutim promjenama može dovesti do ozbiljnih posljedica i nestabilnosti. S obzirom na već alarmantne brojke koje svakodnevno upozoravaju na broj gladnih i pothranjenih vrlo je lako uočiti važnost poljoprivrede u okvirima novonastale situacije.

Žitarice, odnosno reakcije istih spram spomenutih promjena su zbog svog značaja u ljudskoj prehrani pod posebnim povećalom. Isto tako, žitarice zauzimaju najveći udio obradivih površina, a najvažnijim žitaricama na svjetskoj razini smatraju se kukuruz, pšenica, riža i ječam. Svaka od navedenih razlikuje se u tolerantnosti spram sušnih uvjeta, odnosno potrebama za vodom. U radu su pobliže opisane karakteristike i potrebe za vodom kukuruza, pšenice i ječma.

Rješavanje problema suše odvija se na nekoliko razina i pomoću nekoliko metoda. Najefikasnijom se smatra navodnjavanje koje može biti izvedeno različitim konstrukcijama. Važnu ulogu ima i oplemenjivanje i to kroz stvaranje sorti i hibrida tolerantnih na sušne uvjete. Isto tako, pravilni agrotehnički zahvati mogu umanjiti štetu od suše, a postoje i druga rješenja koja su opisana u četvrtom poglavlju rada.

Zaključno, može se reći da je pred svijetom izazov klimatskih promjena na koji je potrebno što prije reagirati na razini globalne svijesti. Problem je utoliko veći jer se izravno dotiče proizvodnje hrane što u kombinaciji s porastom svjetske populacije može prouzročiti nemire i ratove na svjetskoj razini.

## 6. POPIS LITERATURE

1. Aleksić, V. (2018): Navodnjavanje kukuruza. Bilten 2018., Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Knjaževac. 3-4. Raspoloživo na: <https://psss.rs/strucni-tekstovi/send/31-psss-poljoservis/4114-psss-knja%C5%BEevac-bilten-jun-2018.html> (pristup 27.6.2019.)
2. Alexis-Martin, B., Dyke, J., Turnbull, J., Malin, S. (2019): How to save a sinking island nation. Raspoloživo na: <http://www.bbc.com/future/story/20190813-how-to-save-a-sinking-island-nation> (pristup 28.8.2019.)
3. Alghabari, F., Ihsan, M. (2018): Effects of drought stress on growth, grain filling duration, yield and quality attributes of barley (*Hordeum vulgare* L.). Raspoloživo na: [https://www.researchgate.net/publication/327767238\\_Effects\\_of\\_drought\\_stress\\_on\\_growth\\_grain\\_filling\\_duration\\_yield\\_and\\_quality\\_attributes\\_of\\_barley\\_Hordeum\\_vulgare\\_L](https://www.researchgate.net/publication/327767238_Effects_of_drought_stress_on_growth_grain_filling_duration_yield_and_quality_attributes_of_barley_Hordeum_vulgare_L) (pristup 18.8.2019.)
4. Američki Državni centar za ublažavanje suše (2019): Types of Drought. Raspoloživo na: <https://drought.unl.edu/Education/DroughtIn-depth/TypesofDrought.aspx> (pristup 24.6.2019.)
5. Američka Državna uprava za oceane i atmosferu (2019): Definition of Drought. Raspoloživo na: <https://www.ncdc.noaa.gov/monitoring-references/dyk/drought-definition> (pristup 24.6.2019.)
6. Behnke, G., Pittelkow, C., Villamil, M., Zuber, S., Nafziger, E. (2018): Long-term crop rotation and tillage effects on soil greenhouse gas emissions and crop production in Illinois, USA. Članak. Raspoloživo na: [https://www.researchgate.net/publication/324524406\\_Long-term\\_crop\\_rotation\\_and\\_tillage\\_effects\\_on\\_soil\\_greenhouse\\_gas\\_emissions\\_and\\_crop\\_production\\_in\\_Illinois\\_USA](https://www.researchgate.net/publication/324524406_Long-term_crop_rotation_and_tillage_effects_on_soil_greenhouse_gas_emissions_and_crop_production_in_Illinois_USA) (pristup 13.8.2019.)
7. Bindi, M., Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Brown, S., Camilloni, I., Diedhiou, A., Djalante, R., Ebi, K.L., Engelbrecht, F., Guiot, J., Hijioka, Y., Mehrotra, S., Payne, A., Seneviratne, S.I., Thomas, A., Warren, R., Zhou, G. (2018): Impacts of 1.5°C of Global Warming on Natural and Human Systems. Raspoloživo na: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15\\_Chapter3\\_Low\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_Chapter3_Low_Res.pdf) (pristup 8.7.2019.)

8. Celing Cerić, M. (2018): Koje materijale koristiti za malčiranje? Raspoloživo na: <https://www.agroklub.com/povrcarstvo/koje-materijale-koristiti-za-malciranje/42182> (pristup 26.6.2019.)
9. Dekalb (2019): Faze vegetativnog porasta. Raspoloživo na: <https://www.dekalb.hr/> (pristup 27.6.2019.)
10. Državni hidrometeorološki zavod (2007): Ekstremno toplo i sušno ljeto u Hrvatskoj u 2003. godini. Raspoloživo na: <http://klima.hr/razno/priopcenja/susa.pdf> (pristup 17.9.2019.)
11. Državni zavod za statistiku (2019): Statistička baza podataka. Raspoloživo na: [https://www.dzs.hr/Hrv/system/stat\\_databases.htm](https://www.dzs.hr/Hrv/system/stat_databases.htm) (pristup 18.9.2019.)
12. Europska komisija (2019.): Uzroci klimatskih promjena. Raspoloživo na: [https://ec.europa.eu/clima/change/causes\\_hr](https://ec.europa.eu/clima/change/causes_hr) (pristup 24.6.2019.)
13. FAO (2009.): How to feed the World 2050 – Global agriculture towards 2050. Raspoloživo na: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues\\_papers/HLEF2050\\_Global\\_Agriculture.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf) (pristup 1.7.2019.)
14. FAOSTAT (2019): Food and agriculture data. Raspoloživo na: <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (pristup 18.9.2019.)
15. Gagro, M. (1997): Ratarstvo obiteljskog gospodarstva – žitarice i zrnate mahunarke. Zagreb, Hrvatsko agronomsko društvo.
16. Hina (2018): Do 2050. predviđa se 143 milijuna "klimatskih migranata". Raspoloživo na: <http://hr.n1info.com/Svijet/a288444/Do-2050.-predvidja-se-143-milijuna-klimatskih-migranata.html> (pristup 18.8.2019)
17. Hossain, M., Wani, S., Bhattacharjee, S., Burritt, D., Phan Tran, L. (2016.): Drought Stress Tolerance in Plants. Berlin: Springer.
18. Hrvatska enciklopedija (2019.): Gnojiva. Raspoloživo na: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=22431> (pristup 13.8.2019)
19. Hrvatska enciklopedija (2019): Oplemenjivanje bilja. Raspoloživo na: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=45267> (pristup 13.8.2019)
20. IFOAM (2012.): Crop rotation. Raspoloživo na: [https://www.ifoam-eu.org/sites/default/files/page/files/ngo\\_policy\\_crop\\_rotation\\_legume\\_cultivation\\_position\\_201207.pdf](https://www.ifoam-eu.org/sites/default/files/page/files/ngo_policy_crop_rotation_legume_cultivation_position_201207.pdf) (pristup 13.8.2019.)

21. Jug, D. (2016.): Poljoprivreda – dionik kauzalnosti klimatskih promjena. Diacovensia: teološki prilozi, Vol. 24 No. 1. Raspoloživo na:  
[https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=231826](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=231826) (pristup 7.7.2019.)
22. Kantoci, D. (2012.): Navodnjavanje. Glasnik Zaštite bilja Vol. 35, No. 3. Raspoloživo na: [https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=240421](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=240421) (pristup 8.7.2019.)
23. Kereša, S, Barić, M., Horvat, M., Habuš Jerčić, I. (2008.): Mehanizmi tolerantnosti biljaka na sušu i njihova genska osnova kod pšenice. Sjemenarstvo, Vol. 25 No. 1, 2008. Raspoloživo na: <https://hrcak.srce.hr/26062> (pristup 19.8.2019.)
24. Kovačević, V., Rastija, M. (2014.). Žitarice. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.  
<http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/ZITARICE%20ud%C5%BEbenik.pdf>
25. KWS Sjeme d.o.o (2017.): Vodič za sušu. Raspoloživo na  
[https://www.kws.hr/global/show\\_document.asp?id=aaaaaaaaaxzfup](https://www.kws.hr/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaxzfup) (pristup 17.9.2019.)
26. Lederer, V. (2017.): Pojava suše na području Osječko-baranjske županije u razdoblju od 2000. – 2015. godine. Završni rad. Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.  
Raspoloživo na: <https://repositorij.fazos.hr/islandora/object/pfos:1188> (pristup 19.8.2019.)
27. Nađ, B. (2001.): Mere borbe protiv suše. Tematski zbornik radova, Suša i poljoprivreda, Poljoprivredni fakultet Novi Sad. 71-79.
28. Labazan, D. (2013.): Jesensko oranje – „zimski brazda“. Raspoloživo na:  
<https://www.agroklub.com/ratarstvo/jesenjsko-oranje-zimska-brazda/11361/>(pristup 13.8.2019.)
29. Ministarstvo poljoprivrede (2013.): Kojim se agrotehničkim mjerama boriti protiv suše na oranicama. Raspoloživo na: <https://www.savjetodavna.hr/2013/03/26/kojim-se-agrotehnickim-mjerama-boriti-protiv-suse-na-oranicama/> (pristup 13.8.2019.)
30. Ministarstvo vanjskih i europskih poslova. Raspoloživo na: [www.mvep.hr](http://www.mvep.hr) › hrv › files › pregovori › 111221-lisabonski-prociscena (pristup 18.9.2019.)
31. Moj vrt (2017): Malčiranje za početnike – zašto, kada i kako. Raspoloživo na:  
<https://www.mojvrt.eu/malciranje-za-pocetnike-zasto-kada-i-kako/> (pristup 18.8.2019.)

32. Molnar, I., Milošev, D., Kurjački, I. (2001.): Preventivne mere borbe protiv suše. Tematski zbornik radova, Suša i poljoprivreda, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad. 183-193.
33. Muić, I. (2018.): Analiza utjecaja Sjeverno-atlanske oscilacije i El Nino-Južne oscilacije na klimatska obilježja Europe. Diplomski rad. Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet. Raspoloživo na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/pmf%3A4914> (pristup 30.6.2019.)
34. Patarčić, M. (2019.): Klima i klimatske promjene. Državni hidrometeorološki zavod. Raspoloživo na: [https://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_modeli&param=klima\\_promjene#a1](https://meteo.hr/klima.php?section=klima_modeli&param=klima_promjene#a1) (pristup 30.6.2019.)
35. Pejić, B., Šeremešić, S., Maheshwari, B., Stričević, R. (2012.): Water-yield relations of maize (*Zea mays* L) in temperate climatic conditions. Raspoloživo na: [https://www.researchgate.net/publication/230559482\\_Open\\_Access\\_Water-yield\\_relations\\_of\\_maize\\_Zea\\_mays\\_L\\_in\\_temperate\\_climatic\\_conditions](https://www.researchgate.net/publication/230559482_Open_Access_Water-yield_relations_of_maize_Zea_mays_L_in_temperate_climatic_conditions) (pristup 21.9.2019.)
36. Pinova (2014.): Zelena gnojidba. Raspoloživo na: [http://pinova.hr/hr\\_HR/aktualno/zelena-gnojidba](http://pinova.hr/hr_HR/aktualno/zelena-gnojidba) (pristup 18.8.2019.)
37. Porfitio L., Newth, D., Finnigan, J. (2018.): Climate change will reshape the world's agricultural trade. Raspoloživo na: <http://theconversation.com/climate-change-will-reshape-the-worlds-agricultural-trade-102721> (pristup 1.7.2019.)
38. Preston, T.R., Leng, R.A. (1989.): The greenhouse effect and its implications for world agriculture - the need for environmentally friendly development. Raspoloživo na: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/lrrd/lrrd1/1/preston.htm> (pristup 24.6.2019.)
39. Program Ujedinjenih naroda za razvoj (2008.): Izvješće o društvenom razvoju – Hrvatska 2008. Raspoloživo na: [https://klima.hr/razno/priopcenja/NHDRsazetak\\_hr.pdf](https://klima.hr/razno/priopcenja/NHDRsazetak_hr.pdf) (pristup 1.7.2019.)
40. Reid, D. (2018.): UN report identifies where global harvests will rise and fall by 2050. Raspoloživo na: <https://www.cNBC.com/2018/09/17/un-report-shows-climate-change-effect-on-farming.html> (pristup 1.7.2019.)
41. Richards, R., Condon, A., Rebetzke, G. (2001.): Traits to Improve Yield in Dry Environments. Poglavlje u knjizi Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico.

42. Samarah, N. (2005.): Effects of drought stress on growth and yield of barley. *Agron. Sustain. Dev.* 25,145–149. Raspoloživo na: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00886257/document> (pristup 18.8.2019.)
43. Sito, S., Kušec, V., Ostroški, N., Duvnjak, V., Martinec, J., Palinić, B., Harapin, M., Zrinjan, V. (2016): Oprema za navodnjavanje u trajnim nasadima. *Glasnik Zaptite bilja*, vol. 39, No. 4. Raspoloživo na: <https://hrcak.srce.hr/162003> (pristup 8.7.2019.)
44. Spitko, T., Nagy, Z., Tothne Zsubori, Z., Halmos, G. (2014.): Effect of drought on yield components of maize hybrids (*Zea mays* L). Raspoloživo na: [https://www.researchgate.net/publication/287280510\\_Effect\\_of\\_drought\\_on\\_yield\\_components\\_of\\_maize\\_hybrids\\_Zea\\_mays\\_L](https://www.researchgate.net/publication/287280510_Effect_of_drought_on_yield_components_of_maize_hybrids_Zea_mays_L) (pristup 21.9.2019.)
45. Springmann, M., Mason-D'Croz, D., Robinson, S., Garnett, T., Godfray, C., Gollin, D. (2016.): Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study. Raspoloživo na: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(15\)01156-3/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(15)01156-3/fulltext) (pristup 18.8.2019.)
46. Svjetska meteorološka organizacija (2006.): Drought monitoring and early warning: concepts, progress and future challenges. Raspoloživo na: [http://www.droughtmanagement.info/literature/WMO\\_drought\\_monitoring\\_early\\_warning\\_2006.pdf](http://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_drought_monitoring_early_warning_2006.pdf) (pristup 24.6.2019.)
47. Šimunić, I., Husnjak, S., Tomiš, F. (2007.): Utjecaj suše na smanjivanje prinosa poljoprivrednih kultura. Izvorni znanstveni članak. *Agronomski glasnik* 5/2007. Raspoloživo na: <https://hrcak.srce.hr/file/42059> (pristup 17.9.2019.)
48. Špoljarević, M. (2016.): Fiziološki odgovor kultivara soje na abiotski stres. Doktorska disertacija. Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek. Raspoloživo na: <https://dr.nsk.hr/islandora/object/pfos%3A1755/datastream/PDF/view> (pristup 19.8.2019.)
49. Tadić, K. (2016.): Prikaz razvoja navodnjavanja tijekom povijesti. Završni rad. Osijek: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek. Raspoloživo na: <https://repozitorij.fazos.hr/islandora/object/pfos:810> (pristup 8.7.2019.)
50. Todorović, J., Komljenović, I., Lazić, B. (2003.): *Ratarsko-povrtlarski priručnik*. Laktaši: Grafomark.
51. Tomašević, A. (1996.): Vjetrozaštita sinjskog polja. Raspoloživo na: <https://www.sumari.hr/sumlist/pdf/199600190.pdf> (pristup 26.6.2019.)



52. Ujedinjeni narodi (2019.): Population. Raspoloživo na:  
<https://www.un.org/en/sections/issues-depth/population/index.html> (pristup 9.6.2019.)
53. Vinković, B, Rajković, R., Vučemilo, M., Matković, K., Blažević, R. (2008.):  
Klimatske promjene i animalna proizvodnja. Stočarstvo: Časopis za unapređenje  
stočarstva, Vol. 62 No. 5. Raspoloživo na:  
[https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=52543](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=52543) (pristup  
8.7.2019.)
54. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2014.): Osnovno o gnojivima i gnojidbi.  
Raspoloživo na:  
[http://ishranabilja.com.hr/literatura/ishrana\\_bilja/Osnovno\\_o\\_gnojivima\\_i\\_gnojidbi.pdf](http://ishranabilja.com.hr/literatura/ishrana_bilja/Osnovno_o_gnojivima_i_gnojidbi.pdf)  
(pristup 13.8.2019.)
55. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2016.): Tlo, gnojidba i prinos - što uspješan  
poljoprivrednik mora znati o tlu, usjevima, gnojidbi i tvorbi prinosa. Elektroničko  
izdanje. Raspoloživo na: [http://ishranabilja.com.hr/literatura/eKnjiga\\_Tlo-gnojidba-  
prinos.pdf](http://ishranabilja.com.hr/literatura/eKnjiga_Tlo-gnojidba-prinos.pdf) (pristup 1.7.2019.)
56. World Food Programme – wfp. org. (2017.): How Climate Drives Hunger: Food  
Security Climate Analyses, Methodologies & Lessons 2010-2016. Raspoloživo na:  
<https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/WFP-0000023293.pdf> (pristup  
18.8.2019.)
57. Zaninović, K., Čapka-Gajić, M. (2008.): Klimatske promjene i utjecaj na zdravlje.  
Stručni rad. Infektološki glasnik, Vol.28, No.1 2008. Raspoloživo na:  
<https://hrcak.srce.hr/30456> (pristup 30.6.2019.)

## 7. SAŽETAK

Cilj rada je bio dati prikaz klimatskih promjena s osvrtom na sušu i njen utjecaj na čovjeka, okoliš i poljoprivredu, osobito biljnu proizvodnju, a posebna pozornost posvećena je utjecaju suše na proizvodnju žitarica. Pojam suše analiziran je s više aspekata. Klima se definira kao prosječno stanje vremenskih prilika izraženo kroz određene vrijednosti kao što su temperatura, količina i raspored oborina u dužem vremenskom razdoblju. Rast temperature, porast razine mora, erozije i ekstremni događaji poput suše, poplave i oluja glavna su obilježja klimatskih promjena. Navedene promjene događaju se istovremeno s rastom populacije svjetskog stanovništva što predstavlja veliki problem na globalnoj razini zbog potrebe za proizvodnjom veće količine hrane. Pred poljoprivredu je stavljen veliki izazov povećanja razine proizvodnje hrane uz nepovoljne uvjete kao što je suša. Sušni stres posebna je vrsta abiotičkog stresa koji nastaje uslijed nedovoljne količine vode potrebne za normalan rast i razvoj biljke što rezultira niskim prinosima. Žitarice, kao ključne biljke za ljudsku prehranu koje zauzimaju najveći udio poljoprivrednih površina, pod posebnim su povećalom kada je riječ o klimatskim promjenama. U radu su pobliže opisana svojstva i potrebe za vodom najzastupljenijih žitarica - kukuruza, pšenice i ječma te njihova reakcija na sušu. Navodnjavanje, oplemenjivanje na tolerantnost na sušu i adekvatna agrotehnika najčešće su metode koje se koriste za ublažavanje posljedica suše.

Ključne riječi: klimatske promjene, suša, žitarice, poljoprivreda, glad

## **8. SUMMARY**

The aim of the paper was to present climate change with a view to drought and its impact on humans, the environment and agriculture, especially crop production, with particular attention to the impact of drought on cereal production. The concept of drought has been analyzed in several aspects. Climate is defined as the average condition of weather, expressed through certain values such as temperature, amount and distribution of precipitation over a long period of time. Rising temperature, rising sea levels, erosion and extreme events such as drought, floods, and storms are the main features of climate changes. These changes occur at the same time as the world's population growth which is a big problem globally due to the necessity of producing more food. Agriculture faces the great challenge of increasing the level of food production under unfavorable conditions such as drought. Drought stress is a special type of abiotic stress that results from the insufficient amount of water required for normal plant growth and development which results in low yields. On cereals, as key plants for human consumption that occupy the largest share of agricultural land, are given particular attention when it comes to climate change. The paper describes the properties and water needs of the most common cereals - maize, wheat and barley and their reaction to drought. Irrigation, breeding for drought tolerance and adequate agro-technology are the most common methods used to mitigate the effects of drought.

Key words: climate change, drought, cereals, agriculture, hunger

## POPIS SLIKA

Slika 1. Utjecaj prirodnih i antropogenih čimbenika na klimu .....	3
Slika 2. Posljedice klimatskih promjena na čovjeka .....	5
Slika 3. Djelovanje atmosfere na čovjeka.....	6
Slika 4. Prognoze prihoda od kukuruza 2050. i 2100. u odnosu na prihod ostvaren 2005. ....	9
Slika 5. Projekcija kretanja broja stanovnika.....	10
Slika 6. Različite vrste suše .....	12
Slika 7. Kritični periodi kukuruza u pogledu potrebe za vodom. ....	16
Slika 8. Posljedice suše na prinos zrna .....	17
Slika 9. Usporedba različitih vrsta stresa na prinos kukuruza .....	18
Slika 10. Sustav navodnjavanja kišenjem.....	24

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Udio žitarica u ukupno korištenoj poljoprivrednoj površini .....	14
Tablica 2. Proizvodnja žitarica u Hrvatskoj 2013.-2018. (ha) .....	15
Tablica 3. Potrebe kukuruza za vodom .....	17

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij, smjer Biljna proizvodnja

Diplomski rad

### Utjecaj suše na proizvodnju žitarica

Josip Basa

#### Sažetak:

Cilj rada je bio dati prikaz klimatskih promjena s osvrtom na sušu i njen utjecaj na čovjeka, okoliš i poljoprivredu, osobito biljnu proizvodnju, a posebna pozornost posvećena je utjecaju suše na proizvodnju žitarica. Pojam suše analiziran je s više aspekata. Klima se definira kao prosječno stanje vremenskih prilika izraženo kroz određene vrijednosti kao što su temperatura, količina i raspored oborina u dužem vremenskom razdoblju. Rast temperature, porast razine mora, erozije i ekstremni događaji poput suše, poplave i oluja glavna su obilježja klimatskih promjena. Navedene promjene događaju se istovremeno s rastom populacije svjetskog stanovništva što predstavlja veliki problem na globalnoj razini zbog potrebe za proizvodnjom veće količine hrane. Pred poljoprivredu je stavljen veliki izazov povećanja razine proizvodnje hrane uz nepovoljne uvjete kao što je suša. Sušni stres posebna je vrsta abiotičkog stresa koji nastaje uslijed nedovoljne količine vode potrebne za normalan rast i razvoj biljke što rezultira niskim prinosima. Žitarice, kao ključne biljke za ljudsku prehranu koje zauzimaju najveći udio poljoprivrednih površina, pod posebnim su povećalom kada je riječ o klimatskim promjenama. U radu su pobliže opisana svojstva i potrebe za vodom najzastupljenijih žitarica - kukuruza, pšenice i ječma te njihova reakcija na sušu. Navodnjavanje, oplemenjivanje na tolerantnost na sušu i adekvatna agrotehnika najčešće su metode koje se koriste za ublažavanje posljedica suše.

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

**Mentor:** prof. dr. sc. Mirta Rastija

**Broj stranica:** 40

**Broj grafikona i slika:** 10

**Broj tablica:** 3

**Broj literaturnih navoda:** 57

**Broj priloga:** -

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** klimatske promjene, suša, žitarice, poljoprivreda, glad

**Datum obrane:** 27.9.2019.

#### Stručno povjerenstvo za obranu:

1. izv. prof. dr. sc. Ranko Gantner, predsjednik
2. prof. dr. sc. Mirta Rastija, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Gordana Bukvić, zamjenski član

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

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**  
**University Graduate Studies, course Plant production**

**Graduate thesis**

### **Drought impact on the production of cereals**

Josip Basa

#### **Abstract:**

The aim of the paper was to present climate change with a view to drought and its impact on humans, the environment and agriculture, especially crop production, with particular attention to the impact of drought on cereal production. The concept of drought has been analyzed in several aspects. Climate is defined as the average condition of weather, expressed through certain values such as temperature, amount and distribution of precipitation over a long period of time. Rising temperature, rising sea levels, erosion and extreme events such as drought, floods, and storms are the main features of climate changes. These changes occur at the same time as the world's population growth which is a big problem globally due to the necessity of producing more food. Agriculture faces the great challenge of increasing the level of food production under unfavorable conditions such as drought. Drought stress is a special type of abiotic stress that results from the insufficient amount of water required for normal plant growth and development which results in low yields. On cereals, as key plants for human consumption that occupy the largest share of agricultural land, are given particular attention when it comes to climate change. The paper describes the properties and water needs of the most common cereals - maize, wheat and barley and their reaction to drought. Irrigation, breeding for drought tolerance and adequate agro-technology are the most common methods used to mitigate the effects of drought.

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

**Mentor:** PhD Mirta Rastija, Full professor

**Number of pages:** 40

**Number of figures:** 10

**Number of tables:** 3

**Number of references:** 57

**Number of appendices:** -

**Original in:** Croatian

**Key words:** climate change, drought, cereals, agriculture, hunger

**Thesis defended on date:** 27.9.2019.

#### **Reviewers:**

1. PhD Ranko Gantner, Associate Professor, president
2. PhD Mirta Rastija, Full Professor, mentor
3. PhD Gordana Bukvić, alternate member

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