

## NEKATERE KMETIJSKE KULTURE EVROPE V LUČI PODNEBNIH SPREMEMB

### **Danijel Ivajnsič**

Dr., prof. geografije in biologije, doc.  
Oddelek za biologijo  
Fakulteta za naravoslovje in matematiko  
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor, Slovenija  
e-mail: dani.ivajnsic@um.si

### **Aleš Zver**

prof. geografije in tehnike  
Ulica Stefana Kovača 39, SI - 9233 Odranci, Slovenija  
e-mail: ales.zver93@gmail.com

### **Igor Žiberna**

Dr., prof. geografije in zgodovine, izr.prof.  
Oddelek za geografijo  
Filozofska fakulteta  
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor, Slovenija  
e-mail: igor.ziberna@um.si

UDK: 911.2:551.583

COBISS: 1.01

### ***Izvleček***

#### **Nekatere kmetijske kulture Evrope v luči podnebnih sprememb**

Podnebne spremembe med drugim vplivajo tudi na pridelavo hrane. Kakšen bo odziv relevantnih kmetijskih kultur v bodočih podnebnih razmerah širom Evrope, pa je eno izmed r vprašanj za razvoj, implementacijo in ustrezno realizacijo nove evropske kmetijske politike. V prispevku obravnavamo potencialni odziv izbranih kmetijskih kultur Evrope (pšenica [*Triticum aestivum* L.], koruza [*Zea Mays* L.], krompir [*Solanum tuberosum* L.] in oljka [*Olea europaea* L.]) v 2. polovici 21. stoletja (2070) na podnebne scenarije (RCP2.6, RCP4.5 in RCP8.5) z vidika treh značilno različnih globalnih podnebnih modelov (CC, HE in MP). S pomočjo bioklimatskih podatkov (temperaturni in padavinski razpon) za posamezno kulturo (baza ECOCROP) ter podnebni prostorski podatki baze WorldClim, smo izdelali zemljevide, ki prikazujejo bodočo podnebno ustreznost za pridelavo obravnavane kmetijske kulture. Rezultati potrjujejo obstoječe domneve, da se bodo optimalni podnebni pogoji za pridelavo izbranih kmetijskih kultur, v splošnem, pomikali v smeri višje geografske širine ali nadmorske višine. Seveda pa je potencialni prostorski primik vrstno specifičen in odvisen od številnih drugih naravno- in družbeno-geografskih dejavnikov.

#### ***Ključne besede***

Evropa, kmetijske kulture, podnebne spremembe, skupna kmetijska politika

#### ***Abstract***

##### **Climate change impact on selected European crops**

Climate change also affects food production. However, what will be the response of agricultural crops to future climate conditions across Europe is one of the key issues for the development, implementation and proper implementation of the new European agricultural policy. This paper addresses the potential response of selected European agricultural crops (wheat [*Triticum aestivum* L.], maize [*Zea Mays* L.], potato [*Solanum tuberosum* L.] and olive [*Olea europaea* L.]) to climate scenarios (RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5) in the second half of the 21<sup>st</sup> century (2070) by considering different global climate models (CC, HE and MP). Bioclimatic data from the ECOCROP database (temperature and precipitation ranges) for each considered crop and the

*Danijel Ivajnsič, Aleš Zver, Igor Žiberna: Nekatere kmetijske kulture Evrope v luči podnebnih...*

WorldClim climatic database for Europe were used to develop maps showing the future potential crop climate suitability. The results confirm existing assumptions that, in general, the optimal climatic conditions for the production of selected crops will shift towards higher latitudes or altitudes. Indeed, this potential spatial shift is, of course, species specific and depends on many other natural and socio-economic factors.

**Key words**

Agricultural crops, climate change, common agricultural policy, Europe

*Uredništvo je članek prejelo 7.12.2019*

## 1. Uvod

Posledice podnebnih sprememb so vse bolj očitne. Naraščanje globalne povprečne temperature zraka, dvigovanje morske gladine, spreminjanje padavinskega vzorca, vse številčnejši ekstremni vremenski dogodki. Južna in Srednja Evropa se vse pogosteje soočata z vročinskimi valovi, sušami in gozdnimi požari, medtem ko Severna Evropa beleži čedalje več padavin, kar v zimskih mesecih pripelje do vse pogostejših poplav (Cegnar 2010). Posledično se tudi agrarni sektor danes sooča s številnimi težavami in izzivi, med katerimi je eden od najpomembnejših, kako pridelati čim večje količine hrane na razpoložljivih površinah v danih pogojih. Pri tem igrajo pomembno vlogo tudi podnebne spremembe. V času globalizacije bodo negativni vplivi podnebnih sprememb po vsem svetu vse pogosteje segali tudi na področje pridelave hrane. Recentne raziskave kažejo (Evropska Okoljska Agencija 2019), da se bo agro-ekonomska ranljivost številnih držav zaradi podnebnih sprememb povečala. Ta proces bo zaznaven v kazalcu bruto domači proizvod (BDP) bodisi v nacionalnem, evropskem ali globalnem merilu. V Evropi so še posebej ranljive države na Balkanu ter nekatere države Vzhodne Evrope, kjer je delež primarne gospodarske dejavnosti v nacionalnem BDP nad 5% (Kmetijska svetovalna služba Slovenije – Tradicionalni posvet 2008).

Po poročanju Evropske komisije (Medmrežje 1), bodo podnebne spremembe, z agro-ekonomskega vidika, najmanj prizanesle sredozemski regiji. Izpostavljajo, da bo na tem območju v prihodnosti več vročinskih skrajnosti, manj padavin, višja stopnja tveganja za sušo ter večja stopnja tveganja za izgubo biotske raznovrstnosti. Posledično bo manjši pridelek za večino kmetijskih kultur in zahtevnejša bo reja živine. Pričakovana je tudi sprememba kakovosti pridelkov zaradi povišane koncentracije ogljikovega dioksida v atmosferi in spremenjenega vzorca padavin (Kajfež Bogataj 2012). Višje temperature zraka pa bodo poskrbele za to, da bodo žita dozorevala prezgodaj, hkrati pa se bo skrajševala faza polnjenja zrnja (Kajfež Bogataj 2012).

Kakorkoli, definitivno pa podnebne spremembe ne generirajo samo agro-ekonomskih »poražencev«, pač pa bodo ljudje ponekod, zaradi višje povprečne temperature zraka in pogostejših padavin, lahko na območjih z višjo geografsko širino ali nadmorsko višino pričeli pridelovati kulturne rastline, ki trenutno uspevajo le v državah Srednje in Južne Evrope (Trnka in sod. 2009). Gre za trend, ki je zaznaven tudi drugod po svetu, saj je višinski razpon nekaterih žit danes že bistveno večji kot pred 50-timi leti (Skarbo in Vander Molen 2015). V Sloveniji (Haloze, Slovenske gorice) tako kmetje na, za vinograde idealnih južnih pobočnih legah, danes pogosto gojijo fige (*Ficus carica* L.). Gre za tipično rastlino toplega sredozemska obočja, ki zaradi svoje prilagodljivosti in odpornosti dobro uspeva tudi v notranjosti Slovenije (Zorko 2009). Seveda na netipično razširjenost kulturnih rastlin izven njihovega trenutnega areala vpliva tudi izbor, na ekstremne razmere, vse bolj prilagojenih sort. Kljub temu, bo v prihodnje potrebno, glede na stopnjo tveganja, pripraviti manjše ali večje spremembe v setveni sestavi (Kajfež Bogataj 2012). Pri velikih stopnjah tveganja pa bo potrebno spremembe sprejemati tudi pri usmeritvi oziroma specializaciji posameznih kmetijskih gospodarstev.

Z omenjeno problematiko se sooča tudi skupna evropska kmetijska politika (SKP). Ta kmetom zagotavlja finančno pomoč, s katero lahko prilagodijo način in sistem kmetovanja tako, da se sami lažje spopadajo s posledicami podnebnih sprememb (Medmrežje 2). S finančnimi sredstvi v obliki kmetijskih ukrepov vzpodbujajo

kmetijske prakse, ki prispevajo k varovanju in izboljšanju naravnih virov in ohranjajo evropsko podeželsko kulturno pokrajino (Medmrežje 2). V preteklosti je SKP v glavnem strmela h čim večjemu pridelku, zato je spodbujala mehanizacijo kmetijskega sektorja, uporabo umetnih gnojil ter fitofarmaceutskih sredstev. Ker se je hektarski donos do leta 2000 močno povečal, nato pa stagniral, se je SKP v nadaljevanju usmerila v integracijo znanosti in tehnologije v kmetijski sektor upajoč da bodo inovacije doprinesle večji hektarski donos in na ta način zadovoljile sodoben evropski trg (Medmrežje 2). Tudi Slovenija želi s programom Razvoj podeželja Republike Slovenije, oziroma natančneje z Kmetijsko-Okoljskimi-Podnebnimi plačili (KOPOP) poskrbeti za ohranjanje biotske raznovrstnosti pokrajin ter tako prispevati k prilagajanju na, in hkrati zmanjšanju, negativnih posledic podnebnih sprememb (Medmrežje 3).

V prispevku nas podrobneje zanima: (1) kakšna je trenutna podnebna ustreznost za izbrane kmetijske kulture (pšenica, koruza, krompir in oljka), (2) kako se bodo podnebni pogoji za gojenje teh rastlin spremenili v drugi polovici 21. stoletja ter (3) kje bodo v bodoče za te vrste podnebno najustreznejši pogoji?

## **2. Metode dela**

Za potrebe prostorske analize ocene spreminjanja primernosti podnebnih razmer v Evropi za pridelavo kmetijskih kultur pšenice, koruze, krompirja in oljke smo pridobili podatke, v prostorski resoluciji 30 arc sec (~ 1km<sup>2</sup>), o povprečnih mesečnih količinah padavin, povprečnih mesečnih temperaturah zraka, minimalnih ter maksimalnih mesečnih temperaturah zraka s spletne klimatološke podatkovne baze WorldClim (Medmrežje 4). K temu smo dodali še podatke o ekoloških (bioklimatskih) zahtevah posamezne kmetijske kulture, ki jih beleži Organizacija Združenih narodov (FAO) v sklopu baze ECOCROP (Medmrežje 5). Oceno recentne podnebne ustreznosti smo izračunali s pomočjo GIS programske opreme TerrSet (Eastman 2018) in orodja Crop Climate Suitability Modeler (v nadaljevanju CCSM). Da bi dobili odgovor na vprašanje kakšni bodo bodoči podnebni pogoji za pridelavo obravnavanih kmetijskih kultur v Evropi, smo v nadaljevanju z modelom CCSM obravnavali časovno okno 2070, tri značilno različne globalne podnebne modele (CCSM4, HadGEM2-ES in MPI-ESM-LR) ter tri podnebne scenarije (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).

Numerični globalni podnebni modeli (Splošni modeli kroženja ali GCM [ang. General Circulation Models]), ki predstavljajo fizične procese v atmosferi, oceanu, kriosferi in na preostalem kopnem, so trenutno najbolj napredno orodje za simulacijo odziva globalnega podnebnega sistema na povečanje koncentracije toplogrednih plinov. Model CCSM4 (krajše CC) je celovit globalni podnebni model, ki ga razvija neprofitni univerzitetni konzorcij za raziskave atmosfere (UCAR, NCAR; Medmrežje 6). Model je sestavljen iz štirih pod-modelov, ki simulirajo interakcijo zemeljske atmosfere, oceanov, kopnega in ledenikov, ter na ta način uporabniku ponujajo globalne podatke o preteklih, recentnih in bodočih podnebnih razmerah. Model HadGEM2-ES (krajše HE) razvijajo v raziskovalni ustanovi za napovedovanje podnebja Met Office (Medmrežje 7) v Veliki Britaniji. Tudi model HE vključuje vzajemno delovanje atmosferskih in oceanskih procesov hkrati pa obravnava še dinamiko vegetacijskega pokrova, biologijo oceana ter atmosfersko kemijo. Soroden model MPI-ESM (krajše MP) pa razvijajo v Nemčiji na inštitutu za meteorologijo Max Planck (Medmrežje 8).

Po petem poročilu Medvladnega panela o podnebnih spremembah (ang. IPCC; IPCC 1014) so bodoči izpusti toplogrednih plinov prikazani skozi prizmo štirih scenarijev

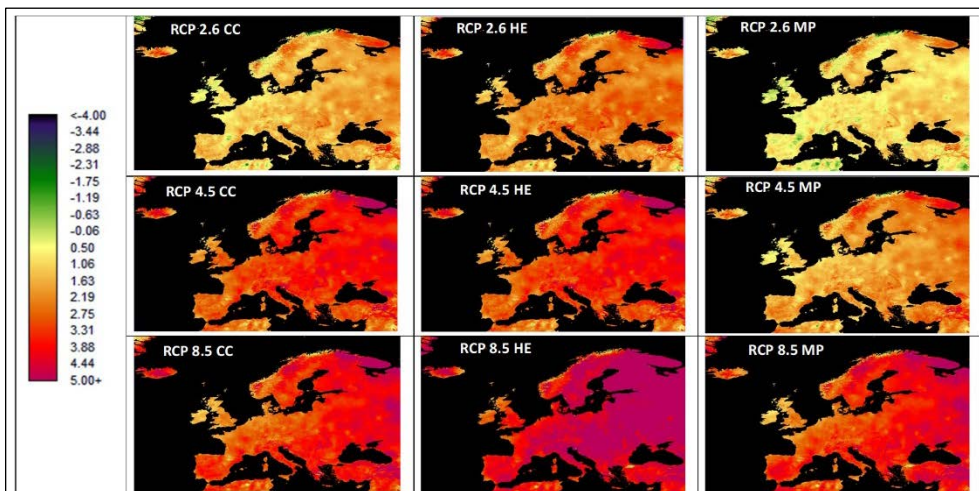
(ang. Representative Concentration Pathways, krajše RCP). Vsi scenariji izhajajo iz človekove dejavnosti v prostoru ter z njo povezanimi izpusti emisij CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O in drugih onesnaževal zraka. Razlikujejo se po sevalnem prispevku, ki je hkrati tudi merilo povišanega toplogrednega učinka v letu 2100 v primerjavi z predindustrijsko dobo. Izražen je v vatih na kvadratni meter (W/m<sup>2</sup>). Posledično se za najbolj optimistični scenarij RCP2.6 predvideva prispevek 2.6 W/m<sup>2</sup> (421 ppm CO<sub>2</sub>) oziroma zvišanje globalne temperature zraka za 1.0 do 1.7°C. Kakorkoli, aktualni trendi kažejo, da se Zemlja segreva celo hitreje kot predvideva najbolj pesimističen scenarij RCP8.5, ki računa na sevalni prispevek 8.5W/m<sup>2</sup> (1313 ppm CO<sub>2</sub>) oziroma globalno porast temperature zraka do konca 21. stoletja za 2.6 do 4.8°C (IPCC 2014; IPCC 2018).

### 3. Rezultati in diskusija

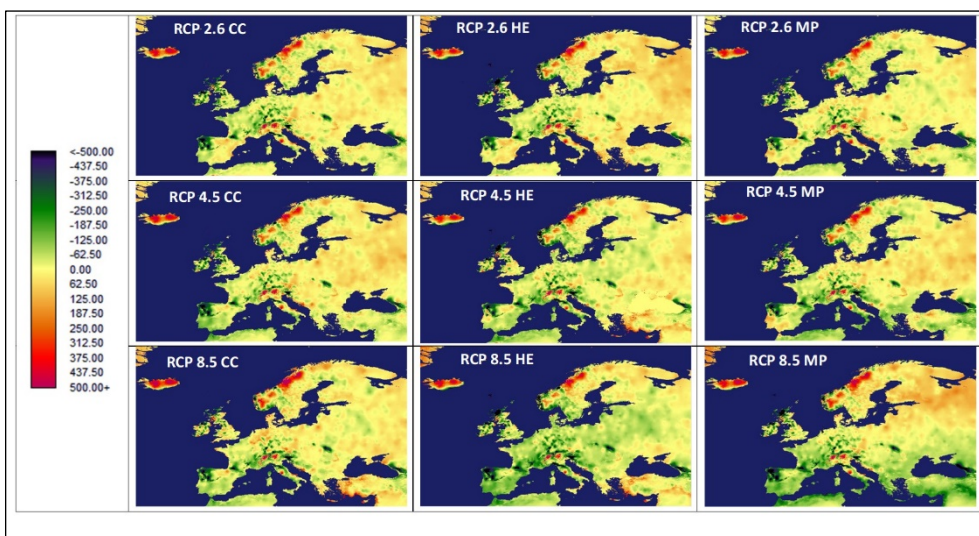
#### 3.1. Temperaturne in podvinske razmere

Pričakovano je, da bodo v Evropi temperaturne in padavinske razmere v 2. polovici 21. stoletja (2070) drugačne kot danes. Če primerjamo rezultate različnih globalnih podnebnih modelov ter scenarijev izpustov toplogrednih plinov v Evropi, potrjujemo že znano dejstvo, da vsi kažejo v smer povišanja povprečne letne temperature zraka (Slika 1). Po optimističnem scenariju RCP2.6 lahko pričakujemo do leta 2070 največji skok povprečne letne temperature zraka vse do 2.5°C. V tem primeru bi bile večjemu toplotnemu stresu izpostavljene predvsem države Vzhodne Evrope, kjer temperaturne amplitude povečuje vpliv celinskosti. Seveda se temperaturne razmere ne bodo homogeno povišale povsod po Evropi. Tako model MP napoveduje nekoliko nižje povprečne temperature, v primerjavi z današnjimi, na območju Velike Britanije in v Pirenejih. Scenarija RCP4.5 in RCP8.5 napovedujeta bolj intenzivno segrevanje Evrope. V tem primeru bi se lahko povprečne temperature zraka ponekod (predvsem v mediteranskim in celinskem delu Evrope) dvignile tudi za več kot 5°C (RCP8.5 HE, Slika 1). Po aktualnih temperaturnih trendih v Evropi, kot kaže sledimo prav slednjemu, zato ni čudno, da so v ospredju debat o novi skupni evropski kmetijski politiki (SKP 2021-2027; Medmrežje 9) tudi podnebne spremembe (sledenje ciljev Pariškega sporazuma - COP 21). Posledično je pričakovano, da bo Evropa v prihodnje namenila veliko več denarja za kmetijske ukrepe v stilu KOPOP, ki bodo vzpodbujali kmetijske prakse usmerjene k ublažitvi in prilagoditvi podnebnim spremembam ter hkrati ohranjanju biotske raznovrstnosti.

Modelne napovedi bodoče prostorske razporeditve padavin v Evropi so bolj enotne (Slika 2). Vsi obravnavani globalni podnebni modeli (CC, HE in MP) nakazujejo, da bi se lahko do leta 2070 količina padavin zmanjšala na večjem območju Zahodne in Južne Evrope, še posebej v SZ delu Španije in na severu Britanskega otočja (predvidoma tudi za več kot 400 mm). Če nekoliko poenostavimo, bi lahko zaznali vzorec zmanjševanja količine padavin od vzhoda proti zahodu Evrope od optimističnega (RCP2.6) do najbolj pesimističnega scenarija (RCP8.5). Območij, kjer bi se lahko količina padavin povečala je veliko manj. Na tem mestu lahko izpostavimo Islandijo, zahodno obalo Norveške in nekatere gorate predele Alp in Apeninov. Seveda bo na spremenjen padavinski in temperaturni vzorec vplivala tako dinamika toplega Zalivskega morskega toka kot tudi dinamika intenzitete Severno-atlantske in Mediteranske oscilacije (NAO in MO), ki generirata vremenske vzorce širom Evrope in v Sredozemlju (Sušelj in Bergant 2006).



Slika 1: Temperaturne razlike (°C) med modeliranimi scenariji in modeli za leto 2070 v primerjavi z aktualnim dolgoletnim povprečjem (1960-1990) temperature zraka v Evropi.

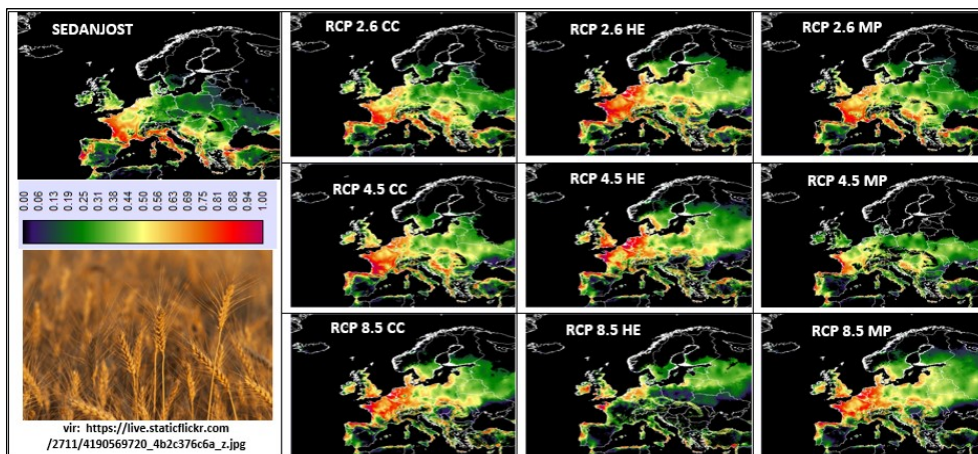


Slika 2: Razlika v količini padavin (mm) med aktualnim dolgoletnim povprečjem (1960-1990) ter modelnimi napovedmi za leto 2070.

### 3.2. Podnebna ustreznost za izbrane kmetijske kulture

Model CCSM, ob upoštevanju mesečnih padavinskih in temperaturnih razmer ter ekoloških razmer za uspevanje izbrane kmetijske kulture, napoveduje podnebno ustreznost v obliki zvezne spremenljivke na relativni skali med 0 in 1. Za lažjo interpretacijo rezultatov smo oblikovali 4 ustreznostne razrede (0-25% = slabo primerno, 25-50% = primerno, 50-75% = bolj primerno, 75-100% = zelo primerno). Napovedi kažejo, da bi se podnebni pogoji za pridelavo pšenice (*Triticum aestivum* L.) lahko izrazito izboljšali v skorajda celotni Srednji in Zahodni Evropi (še posebej v

državah ob Severnem morju in v pribaltski državah). Nasprotno velja za Južno in JV Evropo (Slika 3).



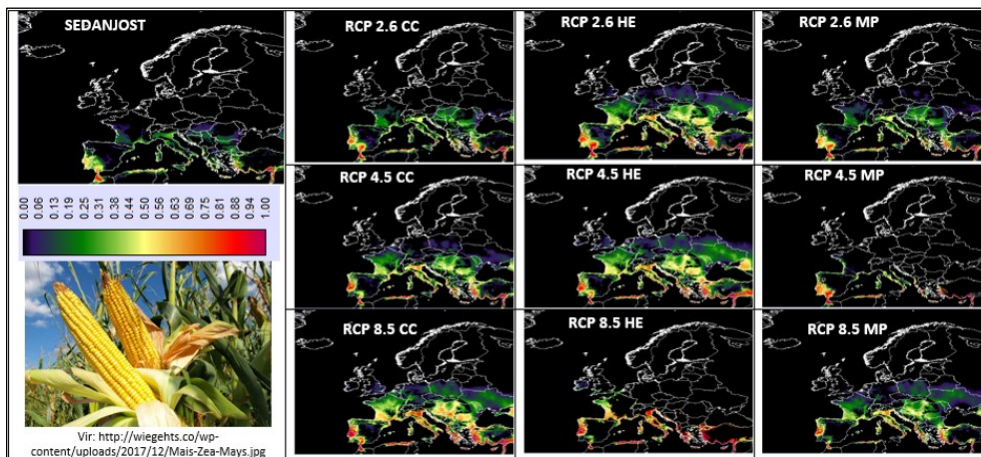
Slika 3: Aktualna in bodoča podnebna ustreznost za kultivacijo pšenice (*Triticum aestivum* L.).

Čeprav se bi znal delež podnebno najustrežnejših površin (razred 75-100%) za uspevanje pšenice v prihodnosti celo povečati (Preglednica 1), pa bi prostorska razporeditev teh površin lahko bila v prihodnje popolnoma drugačna kot smo je vajeni danes. Z vidika modelnih napovedi in scenarijev je zaznaven premik, za pšenico ustreznih površin, v višje geografske širine ali nadmorske višine.

Preglednica 1: Delež površin glede na kategorijo podnebne ustreznosti za pšenico (*Triticum aestivum* L.) za sedanjost in leto 2070.

Pšenica	Sedanjost	RCP26			RCP45			RCP85		
		CC	HE	MP	CC	HE	MP	CC	HE	MP
Ustreznost v %										
0-25	0.71	0.59	0.50	0.61	0.59	0.53	0.70	0.57	0.71	0.53
25-50	0.19	0.27	0.32	0.25	0.26	0.31	0.24	0.26	0.23	0.31
50-75	0.08	0.11	0.13	0.11	0.12	0.12	0.05	0.13	0.05	0.13
75-100	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.04	0.01	0.04	0.01	0.04

Rezultati podnebne ustreznosti za uspevanje koruze (*Zea mays* L.) so na prvi pogled nekoliko presenetljivi. Koruzo danes gojijo praktično povsod po Evropi. Baza ECOCROP za uspevanje koruze upošteva povprečno minimalno temperaturo 10°C kar pojasni dokaj skop prostorski vzorec podnebne ustreznosti na Sliki 4. Ker so vhodni ekološki podatki pri vseh modelih in scenarijih enaki, nam rezultati vseeno nakazujejo trend in potencialni prostorski premik podnebne ustreznosti za uspevanje koruze v Evropi. Tako ugotavljamo, da bi bili lahko podnebni pogoji na območju Srednje in Vzhodne Evrope do leta 2070 še ugodnejši za pridelavo koruze (RCP2.6 HE, RCP4.5 CC in HE ter RCP8.5 CC). Kontrast tem rezultatom predstavljata modela RCP4.5 MP in RCP8.5 HE, ki napovedujeta zmanjšanje ustreznih površin (Preglednica 2) in potencialen premik v sredozemsko regijo. Razlike v modelih in scenarijih zagotovo povečujejo negotovost napovedi in dokazujejo, da so podnebni pogoji le eden od številnih dejavnikov, ki sooblikuje prostorsko razširjenost kulturnih rastlin.



Slika 4: Aktualna in bodoča podnebna ustreznost za kultivacijo koruze (Zea mays L.).

Preglednica 2: Delež površin glede na kategorijo podnebne ustreznosti za koruzo (Zea mays L.) za sedanjost in leto 2070.

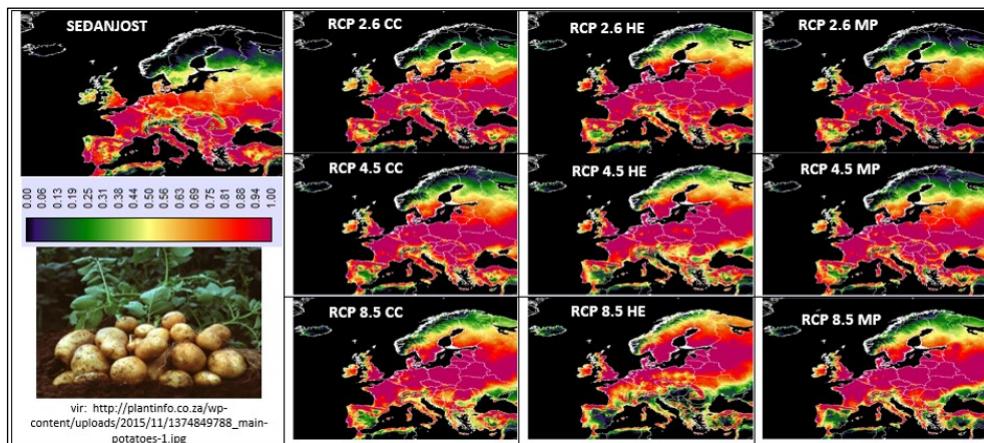
Koruzna	Sedanjost	RCP26			RCP45			RCP85		
		CC	HE	MP	CC	HE	MP	CC	HE	MP
Ustreznost v %										
0-25	0.95	0.90	0.83	0.91	0.87	0.81	0.96	0.80	0.92	0.89
25-50	0.04	0.07	0.10	0.06	0.09	0.11	0.02	0.10	0.02	0.08
50-75	0.01	0.02	0.04	0.02	0.03	0.05	0.02	0.06	0.03	0.03
75-100	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.03	0.01

Krompir (*Solanum tuberosum* L.) je v Evropi zelo razširjena kulturna rastlina. Danes so za pridelavo krompirja najboljše podnebni pogoji v Južini, Jugovzhodni in Zahodni Evropi (JZ del Iberskega polotoka, Apeninski in Balkanski polotok, Francosko nižavje, Panonska kotlina, itd.). Vsa ta območja beležijo najvišjo stopnjo podnebne ustreznosti (>90%) za pridelavo krompirja. Seveda pa le-ta z geografsko širino in nadmorsko višino postopoma upada (Slika 5).

Za pridelavo krompirja v Evropi, z podnebnega vidika, morda prihajajo celo boljši časi. Še najbolj pesimistični podnebni scenarij nakazuje, da bi se lahko podnebna ustreznost za pridelavo krompirja po večini Evrope izboljšala (iz današnjih 39% na predvidenih 45 ali celo 48% v najustreznejši kategoriji) (Preglednica 3).

V splošnem je zaznaven premik podnebno najustreznejših lokalitet v višje geografske širine saj območje, ki prikazuje najvišjo podnebno ustreznost, razprostira okoli 55. vzporednika, medtem ko se recentna meja nahaja bistveno južneje. Slednje je najočitneje izraženo v napovedi RCP8.5 HE (Slika 5).





Slika 5: Aktualna in bodoča podnebna ustreznost za kultivacijo krompirja (*Solanum tuberosum* L.).

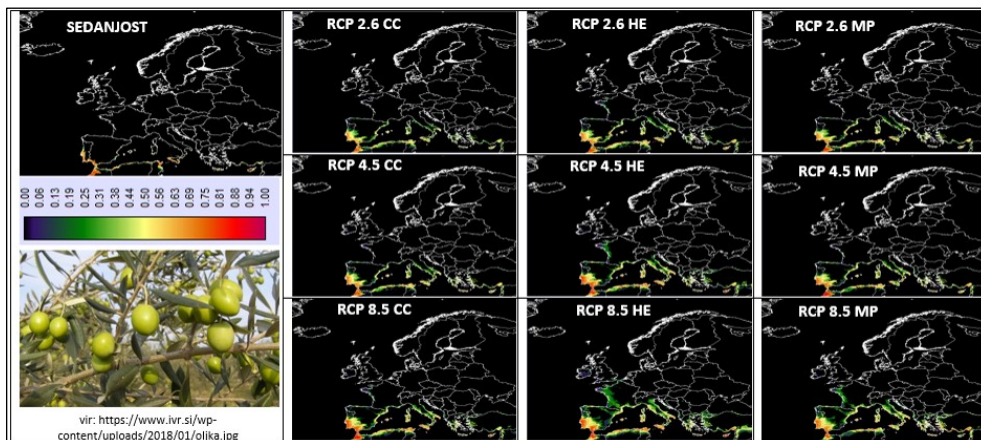
Preglednica 3: Delež površin glede na kategorijo podnebne ustreznosti za krompirja (*Solanum tuberosum* L.) za sedanjost in leto 2070.

Krompir	Sedanjost	RCP26			RCP45			RCP85		
		CC	HE	MP	CC	HE	MP	CC	HE	MP
0-25	0.29	0.26	0.15	0.24	0.20	0.16	0.22	0.15	0.21	0.20
25-50	0.12	0.11	0.15	0.11	0.14	0.15	0.13	0.16	0.13	0.16
50-75	0.20	0.17	0.18	0.16	0.18	0.21	0.17	0.20	0.21	0.16
75-100	0.39	0.47	0.53	0.49	0.49	0.49	0.49	0.48	0.45	0.48

Danes podnebni elementi in druge naravne danosti v Evropi omogočajo gojenje oljke (*Olea europea* L.) le na priobalnih območjih ob Sredozemskem morju in skrajnem obalnem JZ predelu Iberskega polotoka ob Atlantskem oceanu. Ker napovedi za leto 2070 kažejo povišanje povprečne temperature zraka, podnebni modeli nakazujejo povečanje območja podnebne ustreznosti za gojenje oljk ter njen potencialni pomik v notranjost obmorskih držav. Omenjeni prostorski premik je najbolj zaznaven v primeru trenutno najbolj verjetnega scenarija RCP8.5 (Slika 6). Kakorkoli, pri oljki gre predvsem za izboljšanje podnebni pogojev na že obstoječih lokalitetah. Slednje dokazujejo tudi vse višji deleži površin v višjih kategorijah podnebne ustreznosti (Tabela 4).

Preglednica 4: Delež površin glede na kategorijo podnebne ustreznosti za oljko (*Olea europea* L.) za sedanjost in leto 2070.

Oljka	Sedanjost	RCP26			RCP45			RCP85		
		CC	HE	MP	CC	HE	MP	CC	HE	MP
0-25	0.987	0.972	0.960	0.967	0.965	0.955	0.963	0.957	0.943	0.947
25-50	0.013	0.027	0.034	0.030	0.032	0.037	0.033	0.035	0.043	0.040
50-75	0.000	0.001	0.006	0.003	0.003	0.008	0.004	0.008	0.015	0.014
75-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



Slika 6: Aktualna in bodoča podnebna ustreznost za kultivacijo oljke (*Olea europea* L.).

Kljub napovedim, da bi oljka lahko v prihodnosti razširila svoj areal proti severu (Moriondo in sod. 2013; Tanasijević in sod. 2014), pa je lahko vpliv podnebnih sprememb nanjo tudi negativen (suše in pozebe). Zaradi pomanjkanja vode (predvsem v jeseni) se utegne areal oljke skrčiti v južnih predelih Iberskega polotoka in na Bližnjem vzhodu. V manjši meri je takšen trend opazen tudi v severnem delu sredozemskega bazena, kjer se površine, ki so primerne za gojenje oljk, postopoma zmanjšujejo v smeri obale (Moriondo in sod. 2013).

#### 4. Zaključek

Obravnavani globalni podnebni modeli in scenariji po večini napovedujejo premik optimalnih podnebnih pogojev za kultivacijo pšenice, koruze in krompirja bodisi v višje geografske širine ali višje nadmorske višine na račun tega pa se bodo pogoji na območju J in JV Evrope za obravnavane in druge kmetijske kulture, razen oljk, na teh območjih poslabšali. Pri oljki, ki je tipična sredozemska rastlina, je predviden minimalen premik v notranjost obmorskih držav.

Sam prostorski premik areala uspevanja teh kulturnih rastlin, z vidika evropskega kmetijstva, morda na prvi pogled ne predstavlja večjega problema. Kmetijska gospodarstva se bodo prilagodila danim pogojem in morda prestrukturirala svojo pridelavo (Olesen in sod. 2011). Seveda pa bodo, hkrati z premikom optimuma uspevanja teh rastlin, na samo pridelavo vplivali tudi ekstremni vremenski dogodki (suše, poplave, pozebe), ki bodo v bodočem bolj vročem podnebnju vse številčnejši. Posledično bodo lahko škode na pridelku pogostejše s čimer se bo povečala variabilnost donosa, hkrati pa bo prizadeta globalna trgovina teh produktov. Če v EU trenutno beležimo hiperprodukcijo hrane (EUROSTAT 2018; Medmrežje 10), pa ni nujno, da se bo enak trend, prav zaradi podnebnih spremembe, v prihodne še nadaljeval.

Ugotovitve tovrstnih študij, ki ponujajo aplikativne rezultate v prostoru, so lahko pomembna dodana vrednost pri oblikovanju in ustreznem prostorskem udejanjenju aktualnih in bodočih ciljev Skupne evropske kmetijske politike (finančno obdobje 2021-2027). Trenutni sistem sicer, predvsem v državah z večjim deležem primarnega

sektorja v BDP, še vedno pospešuje intenzifikacijo kmetijstva. Ta proces in prostorski vzorec rabe prostora lahko sedaj spremljamo v večjih, predvsem pa v manjših rečnih dolinah, kamor se je preselil iz obsežnih ravnin. Slednje sicer doprinese večji hektarski donos in kmetijskim gospodarstvom trenutno več denarja, ima pa za okolje, na dolgi rok, negativen vpliv. V Sloveniji je proces intenzifikacije kmetijstva lepo viden na primeru sekundarnih travnišč v povezavi z živinorejo. Ekstenzivna, in s tem bolj trajnostna, raba travnišč v Sloveniji praktično izginja (Haloze, Kras, Goričko, itd.) kljub temu, da EU v sklopu SKP oziroma v praksi skozi Program razvoja podeželja in sistemom KOPOP poskuša stimulirati trajnostni način kmetovanja, ki je prilagojen podnebnim spremembam in ohranja biodiverzitetu podeželskih pokrajin. Študije dokazujejo (Kaligarič in sod. 2019), da je na področju sekundarnih travnišč trenutni sistem subvencioniranja SKP preveč odprt, saj so vanj vključeni tudi številni intenzivno gojeni travniki (41%), ki dejansko ne sodijo med kategorijo opravičenih in nimajo naravovarstveno pomembne vloge. Tukaj je problematika večplastna: (1) denarna nadomestila KOPOP za kmetijska gospodarstva so premajhna, (2) kmetijska gospodarstva so preveč razdrobljena in ne dosežejo kumulativne površine (0.3 hektarja) za vključevanje v ukrepe KOPOP, (3) starostna struktura slovenskih kmetij je neugodna in (4) informiranost ciljne publike o kvaliteti oziroma tipu travnišč ter o možnostih vključevanja v KOPOP ukrepe je zelo nizka.

Kakorkoli, bodoča pridelava pšenice, koruze, krompirja in oljk bo v evropske merilu sicer podvržena nekaterim prostorskim spremembam zaradi spreminjajočega se podnebja, ne bo pa s tem prekinjanja njihova pridelava. Bodoče podnebne razmere bodo sicer sigurno vplivale na hektarski donos obravnavnih kmetijskih kultur. Kvečjemu lahko pričakujemo tudi nekaj težav na lokalnem nivoju, pri prestrukturiranju posameznih kmetijskih gospodarstev na lokalitetah kjer bo stopnja agro-ekonomskega tveganja, zaradi premika areala trenutno gojenih kmetijskih kultur, večja. Naše ugotovitve tako kažejo, da bodo podnebne spremembe verjetneje do konca 21. stoletja bistveno bolj vplivale na evropsko kmetijstvo z vse pogostejšimi ekstremnimi vremenskimi pojavi.

## Literatura

- Cegnar, T. 2010: Podnebne spremembe in potrebe po prilagajanju, v *Okolje se spreminja – Podnebna spremenljivost Slovenije in njen vpliv na okolje*. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana 2010.
- Eastman, J.R. 2018: *Terrset geospatial monitoring and modeling software*. Clark Labs, Clark University. Worcester MA 01619 USA.
- European Environment Agency: *Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe, 2019*. URL: <https://www.euroseeds.eu/app/uploads/2019/09/Climate-change-adaptation-in-the-agriculture-sector-in-Europe.pdf>
- IPCC, 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 (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IPCC, 2018: *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Global warming of 1.5°C*. IPCC. Geneva, Switzerland.
- Kajfež Bogataj, L. 2012: *Vroči novi svet*, Cankarjeva založba, Ljubljana.
- Kaligarič, M. Čuš, J., Škornik, S., Ivajnsič, D. 2019. *The failure of agri-environment measures to promote and conserve grassland biodiversity in Slovenia*. *Land Use Policy* 80, 127-134.

- Moriondo M., Trombi G., Ferrise R., in sod. 2013: Olive trees as bio-indicators of climate evolution in the mediterranean basin. *Global Ecology and Biogeography* 22(7), 818–833.
- Olesen, J.E., Trnka, M., Kersebaum, K.C., Skyelvig, A.O., Segum, B., Peltonen-Sainio, P., Rossi, F., Kozyra, J., Micale, F. 2011: Impact and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*, 34(2), 96-112.
- Podnebne spremembe in skupna kmetijska politika, Kmetijska svetovalna služba Slovenije - Tradicionalni posvet (23; Bled). 2008. Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Ljubljana.
- Skarbo, K., VanderMolen, K. 2015: Maize migration: key crop expands to higher altitudes under climate change in the Andes. *Climate and Development* 8(3), 245-255.
- Sušelj, K., Bregant, K. 2006: Sredozemski oscilacijski indeks in vpliv na podnebje Slovenije. URL: [http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2006/SZGG2006\\_Suselj\\_Bergant.pdf](http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/SUGG/referati/2006/SZGG2006_Suselj_Bergant.pdf).
- Tanasijevic L., Todorovic M., Pereira L.S., Pizzigalli C., Lionello P. 2014: Impacts of climate change on crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management* 144, 54–68.
- Trnka, M., Eitzinger, J., Hlavnicka, P., Dubrovsky, M., Semerádova, D., Štepanek, P., Thaler, S., Žalud, Z., Formayer, H. 2009: Climate-driven changes of production regions in Central Europe. *Plant, Soil and Environmet*, 55(6), 257-266.
- Zorko, S. 2009: Fige v vinorodnih Halozah. Diplomsko delo. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo.
- Medmrežje 1: European Commission, 2019. URL: [https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/evaluation/market-and-income-reports/2019/cap-and-climate-evaluation-report\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/evaluation/market-and-income-reports/2019/cap-and-climate-evaluation-report_en.pdf) (5. 12. 2019)
- Medmrežje 2: Politike evropske unije, 2017. URL: [http://publications.europa.eu/resource/cellar/f08f5f20-ef62-11e6-8a35-01aa75ed71a1.0009.01/DOC\\_1](http://publications.europa.eu/resource/cellar/f08f5f20-ef62-11e6-8a35-01aa75ed71a1.0009.01/DOC_1) (5. 12. 2019)
- Medmrežje 3: Program podeželja, 2015. URL: <https://www.program-podezelja.si/sl/knjiznica/10-kmetijsko-okoljska-podnebna-placila-2015-2020/file> (5. 12. 2019)
- Medmrežje 4: Worldclim podatkovna baza. URL: <http://www.worldclim.org/> (5. 12. 2019)
- Medmrežje 5: Baza podatkov o zahtevah rastlin. URL: [ecocrop.fao.org](http://ecocrop.fao.org)
- Medmrežje 6: Community earth system model, 2016. URL: <http://www.cesm.ucar.edu/models/ccsm4.0/> (5. 12. 2019)
- Medmrežje 7: Met Office. URL: <https://www.metoffice.gov.uk/research/approach/modelling-systems/unified-model/climate-models/hadgem2> (5. 12. 2019)
- Medmrežje 8: Max-planck-Institut für Meteorologie. URL: <https://www.mpimet.mpg.de/en/science/models/mpi-esm/> (5. 12. 2019)
- Medmrežje 9: Skupna kmetijska politika po letu 2019. URL: <https://www.gov.si/zbirke/projekti-in-programi/skupna-kmetijska-politika-po-letu-2020/> (5. 12. 2019).
- Medmrežje 10: European Commission, 2019. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20190412-1> (5. 12. 2019)

## **CLIMATE CHANGE IMPACT ON SELECTED EUROPEAN CROPS**

### ***Summary***

The global climate models and scenarios under consideration mostly predict the shift of optimal climatic conditions for wheat, maize and potato cultivation to either higher latitudes or higher altitudes. Thus, climatic conditions in South and Southeast Europe for these crops, except of olives (a typical Mediterranean plant), could potentially deteriorate. However, for the olive tree, a minimal displacement of the potential climate areal inland is expected.

The spatial climatic shift of the cultivation range of these crops may not appear as a major problem from the European agricultural perspective. Farms will adapt to the given conditions and may reorganize and restructure their production. Of course, at the same time as the optimal climate cultivation range of these plants will shift extreme weather events (droughts, floods, frosts), which will be more frequent in the coming hotter climate, will definitely affect crop production. As a result, crop damage may be more frequent, thereby increasing yield variability and thus affecting global trade of these products. However, if we are currently recording hyper-production of food in the EU, there is no guaranty that the same trend will continue in the future because of climate change.

However, future production of wheat, maize, potatoes and olives will be subject to some spatial changes on a European scale due to the changing climate, but the production will not be interrupted. The future climatic conditions will certainly have an impact on the hectare yield of these crops. Some problems at the local level are expected, especially in the restructuring of individual agricultural holdings in localities where the level of agro-economic risk, due to the shift of the area of currently grown crops, will be greater. Our findings thus indicate that climate change is more likely to have a more significant impact on European agriculture by the end of the 21st century with increasing extreme weather events

