

# MODELIRANJE PODNEBNE USTREZNOSTI ZA GOJENJE OLJK (*OLEA EUROPAEA*) NA VZHODNEM JADRANU (SLOVENIJA, HRVAŠKA)

IZTOK LORENČIČ,<sup>1</sup> MITJA KALIGARIČ,<sup>2</sup> DAŠA DONŠA,<sup>2</sup>  
VENO JAŠA GRUJIČ,<sup>2,3</sup> DANIJEL IVAJNSIČ<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Maribor, Slovenija

iztok.lorencic@gmail.com

<sup>2</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor, Slovenija  
mitja.kaligari@um.si, dasa.donsa1@um.si, veno.grujic@um.si, dani.ivajnsic@um.si

<sup>3</sup> Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta, Maribor, Slovenija  
veno.grujic@um.si

<sup>4</sup> Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta, Maribor, Slovenija  
dani.ivajnsic@um.si

**Sinopsis** Pridelava oljk je ranljiv kmetijski sistem, primeren za študije vpliva podnebnih sprememb zaradi dolge življenjske dobe oljčnega drevesa, njegove občutljivosti na sušo in visoke temperature ter vse večje vloge oljčnih nasadov v gospodarstvu sredozemskih območij. S pomočjo prostorske analize smo ugotavljali, kakšna je podnebna ustreznost za gojenje oljk v Sloveniji in na Hrvaškem. Ocenjujemo vpliv bioklimatskih spremenljivk na razširjenost oljčnikov na tem območju, vrednotimo prihodnje podnebne pogoje za gojenje oljk, zaznavamo variabilnost modelnih podnebnih napovedi na primeru oljčnikov in identificiramo prihodnja ustrezna in neustrezna območja za gojenje oljk v Sloveniji in na Hrvaškem. Obravnavana podnebna scenarija RCP4.5 in RCP8.5, v primeru oljke, kažeta različen razvoj ustreznih površin za gojenje na raziskovanem območju. Model Mahalanobisove tipičnosti (MT) napoveduje krčenje ustreznih pogojev v severnem predelu območja. Model Podnebne ustreznosti pridelka (CCS) pa kaže največje razlike v podnebni ustreznosti za gojenje oljk na območju Dalmacije, kjer bo lahko v prihodnosti več ustreznih površin tudi v notranosti celine. Dolgoročne podnebne napovedi so lahko na lokalnem nivoju dokaj nezanesljive. Za natančnejše napovedi ustreznih pogojev za gojenje oljke bi bile potrebne bolj poglobljene analize na regionalni ravni. Prav gotovo bo oljkam v prihodnosti ustrezalo toplejše ozračje, vendar je problematika večplastna.

## Opomba:

Prispevek temelji na: Lorenčič I. (2019). *Vpliv bodočega podnebja na uspevanje oljke (Olea europaea) na vzhodni jadranski obali (Slovenija, Hrvaška)*: magistrsko delo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor: I. Lorenčič

## Ključne besede

emisijski scenariji, modeli razširjenosti vrst, podnebna ustreznost, prostorska analiza, bioklimatske spremenljivke



DOI <https://doi.org/10.18690/um.fnm.8.2022.4>

ISBN 978-961-286-645-7

# CLIMATE SUITABILITY MODELLING FOR OLIVE GROVE CULTIVATION (*OLEA EUROPAEA*) IN THE EASTERN ADRIATIC (SLOVENIA, CROATIA)

IZTOK LORENČIČ,<sup>1</sup> MITJA KALIGARIČ,<sup>2</sup> DAŠA DONŠA,<sup>2</sup>  
VENO JAŠA GRUJIC,<sup>2,3</sup> DANIJEL IVAJNSIČ<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Maribor, Slovenia

iztok.lorencic@gmail.com

<sup>2</sup> University of Maribor, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Maribor, Slovenia  
mitja.kaligari@um.si, dasa.donsa1@um.si, veno.grujic@um.si, dani.ivaajnsic@um.si

<sup>3</sup> University of Maribor, Faculty of Education, Maribor, Slovenia  
veno.grujic@um.si

<sup>4</sup> University of Maribor, Faculty of Arts, Maribor, Slovenia  
dani.ivaajnsic@um.si

## Note:

Chapter is based on: Lorenčič I. (2019). *Vpliv bodočega podnebja na uspevanje oljke (Olea europea) na vzbojni jadranski obali (Slovenija, Hrvaška)*: master's thesis, University of Maribor, Faculty of Science and Mathematics, Maribor: I. Lorenčič

## Keywords:

emission scenarios, species distribution models, climate suitability, spatial analysis, bioclimatic variables

**Abstract** Olive production is a vulnerable agricultural system suitable for studying climate change impacts because of the longevity of the olive tree, its susceptibility to drought and high air/surface temperatures, and the growing role of olive products in the Mediterranean economy. With spatial analysis, we investigated climate suitability for olive cultivation in Slovenia and Croatia. We measured the impact of bioclimatic variables on the distribution of olive groves in this area, evaluated future climatic conditions for olive cultivation, detected variability in climate forecasts and identified future suitable and unsuitable olive growing areas in Slovenia and Croatia. We used the RCP4.5 and RCP8.5 climate scenarios, which indicated, different development patterns of suitable areas for olive tree cultivation. The Mahalanobis typicality (MT) model predicted a decrease in suitable climate conditions in the northern part of the area. The Crop Climate Suitability model (CCS), however, showed the largest differences in climate suitability for olive cultivation in Dalmatia, where more suitable areas, even more inland, can be expected in the future. More in-depth analyses at the regional level would be needed to develop more accurate predictions of suitable conditions for olive cultivation. A warmer atmosphere will certainly suit olives, but the problem is multifaceted.



## 1 Uvod

### 1.1 Splošna razširjenost in gojenje

Na vzhodno jadranski obali uspeva navadna oljka *Olea europaea*, ki vključuje dve podvrsti, divjo oljko *Olea europaea oleaster* in gojeno oljko *Olea europaea sativa*. Gojena oljka se razlikuje od divje oljke, po majhnih listih in trnastih vejah [1]. Domestikacija v današnjo kultivirano sredozemsko oljko je potekala s selekcijo na večji plod in višjo vsebnost olja, spremenila je tudi reproduktivno biologijo drevesa. Kultivirane oljke se razmnožujejo nespolno (vegetativno) s kloni, tako da imajo fiksirane zelene lastnosti. Gojena oljka ima lahko eno ali več debel, višina drevesa je odvisna od okolja, sorte, obrezovanja. V višino zraste od 3 pa tudi do 15 metrov [2], [42].

Palinološki zapisi razkrivajo, da se je v holocenu številčnost oljk, zaradi človekovih aktivnosti na vzhodu in zahodu sredozemskega bazena, močno povečala [3]. Po letu 1600 pr. n. št. je nastala »oljčna eksplozija«. Feničani so med trgovanjem z drugimi morskimi središči oljko raznesli do Cipra, Maroka, Alžirije in Tunizije. Grški pomorščaki so jo kasneje razširili po svojih kolonijah. V 7. in 8. stoletju pr. n. št. se je pridelovanje oljk še razširilo. Rimljani so nadaljevali intenzivno širjenje oljke [1], [42]. Površine oljčnih nasadov so se stalno povečevale in širile po celotnem Mediteranu, prav zaradi ugodnih podnebnih pogojev [4].

Rekonstrukcija temperaturnih razmer je pokazala, da so Rimsko obdobje zaznamovale naraščajoče temperature zraka, v primerjavi z leti predtem (1300 BC – 300 BC), zato so se oljčna drevesa razširila tudi onstran svoje predhodne severne meje. Po rimskem obdobju je nastopilo srednjeveško toplo obdobje (900-1200 AD), z milimi zimami, zato so oljke v tem obdobju gojili tudi v dolini reke Pad (severna Italija), kjer danes ni več prisotna. Sledilo je obdobje ohladitve oziroma mala ledena doba, ki je trajala približno od 14. do 19. stoletja. Oljčni nasadi so bili podvrženi hudim zimam, ki so bile značilne za to obdobje, zato se je razširjenost oljk v Evropi in tudi v južnih predelih Sredozemlja močno zmanjšala [4], [42].

Oljkarstvo se je pri nas – na ozemlju Istre, Kvarneje in Dalmacije močno razmahnilo v 16. in 17. stoletju, v času Beneške republike. V zadnjih desetletjih 19. stoletja je bila ta panoga pri nas tako razvita, da je bila v vsaki večji vasi oljarna, vendar se je zaradi kasnejšega opuščanja oljkarstva njihovo število pred prvo svetovno vojno skrčilo [2].

## 1.2 Uspevanje oljke v Sloveniji in na Hrvaškem

Oljka najbolje uspeva v zmerno toplih vremenskih razmerah z milimi zimami in ne pretoplimi poletji. Srednja letna temperatura na območjih, kjer gojimo oljko, naj bi bila 15 do 20 stopinj C, najvišje temperature pa so lahko tudi od 40 do 50 stopinj C, če je v tleh na voljo dovolj vode. Zelo pomembno je tudi, da je les zaščiten pred sončno pripeko s krošnjo, zato imajo oljke v krajih z višjimi letnimi temperaturami zaprte okrogle krošnje. Najbolje rodi, ko pozimi dnevna temperatura 70 do 80 dni niha od 2 do 15 stopinj, ali pa, ko se izmenjujejo topli dnevi s hladnejšimi [1]. Oljka je kserofit, kar ji omogoča zgradba listov, ki je mesnata, trda in ozka [2], [42]. Oljka raste v območjih, ki imajo od 300 do 1.000 mm ali več padavin na leto. Za rodnost oljka potrebuje od februarja do maja vsaj 130 mm dežja, od 50 do 70 mm pa od julija do septembra [1].

V Sloveniji oljčniki zavzemajo 1.200 ha, od tega jih je okoli 10 ha v Goriških Brdih in spodnji Vipavski dolini, kamor se vrača po pozebi leta 1929, vsi ostali so v Slovenski Istri. Kot tipična sredozemska kultura ne uspeva v celotni Slovenski Istri, ampak je njen areal omejen na priobalni pas in gričevje, do nadmorske višine 250 m, redkeje 300 m. V notranjost sega po prisojnih pobočjih Rižane, Osapske reke, Badaševice, Drnice, Dragonje in Rokave [5].

Na Hrvaškem oljka uspeva na ozkem obalnem in otočnem prostoru ter na posamičnih mikrolokacijah znotraj Dalmacije. Skupna površina teh nasadov je 19.100 ha [6], na katerih je zasajenih približno 6.1 milijonov dreves. Celotno vzgojno področje je zaradi velikih razlik v pedoklimatskih karakteristikah prostora razdeljeno v šest podregij vzgoje: zahodna obala Istre, Hrvaško primorje in Kvarnerski otoki, severna, srednja in južna Dalmacija in notranja Dalmacija [7], [42].

### **1.3 Podnebni dejavniki**

Podnebje na Zemlji ni stalnica, temveč se stalno spreminja in vse več znanstvenikov je prepričanih, da je 21. stoletje čas globalnih sprememb podnebja, katerih glavni krivec naj bi bil človek, ki s spreminjanjem rabe tal in zlasti z emisijami toplogrednih plinov (TGP) ter aerosolov, ki spreminjajo sestavo ozračja, in s tem vplivajo na energijsko bilanco Zemlje kot celote [8], [42].

Sredozemska regija je potencialno zelo ranljivo območje, podvrženo vplivom podnebnih sprememb [9]. V preteklem stoletju je Sredozemlje že bilo izpostavljeno trendu naraščanja temperature zraka in upadu količine padavin. Od začetka pa do konca 20. stoletja se je temperatura površja celinskega Mediterana povečala za 0,75 °C [10]. V drugi polovici 20. stoletja je dobro dokumentiran trend zmanjšanja količine zimskih padavin, kar je povezano z zmanjšanjem intenzivnih ciklonov [10]. Letna količina padavin se je na tem območju v zadnjem stoletju zmanjšala za kar 30 %. Pričakujemo lahko, da bo v Mediteranskem bazenu v primerjavi z drugimi regijami prišlo do nesorazmernega povišanja temperature zraka, kar bo povečalo sušnost. Medtem ko naj bi se po svetu temperature zraka povišale v povprečju za 1,4 °C do 5,8 °C, bi razlika v sredozemskem bazenu lahko znašala vsaj 3 °C [11], [42].

Rezultati podnebnih modelov [12], [13] kažejo, da je sredozemski bazen eno od območij, ki bo najbolj podvrženo zmanjšanju količine padavin v prihodnosti. Medtem ko naj bi večina Evrope imela pozitivno vodno bilanco, lahko pričakujemo, da bo v državah, ki obkrožajo Sredozemsko morje, prišlo do največjega zmanjšanja, in sicer za več kot 20 % [11], [42]. Avtorji so predvideno povečanje sušnih razmer razložili z variabilnostjo Severnoatlantske oscilacije [14]. Pričakujemo lahko tudi povečanje relativne pogostosti močnih nalivov, vendar samo za nekatera območja zahodnega Sredozemlja [10].

Tudi v Sloveniji je opazen trend naraščanja temperature zraka. Najbolj opazne spremembe beležimo po letu 1990. Temperatura zraka se je v zadnjih 50 letih dvignila za  $1,1 \pm 0,6$  °C, v zadnjih 30 letih (1974–2003) je segrevanje ozračja že preseglo mejo 1,5 °C/30 let [8], [42]. Na letni ravni se je višina padavin, marsikje v zahodni polovici države, statistično značilno zmanjšala. Hitrost sprememb je bila v obdobju 1961–2011 od 2 do 4 % na desetletje [15], [16]. Glede na podnebne

scenarije se bo v prihodnosti vsa Slovenija še naprej ogrevala. Do sredine stoletja se bo letna povprečna temperatura zraka povišala za 1,0–2,5 °C po vsej državi. Najmanj se bodo predeli ogreli spomladi, in sicer od 0,5 do 1,5 °C. Ostali letni časi se bodo ogreli nekoliko več, od 1 pa do 2,5 °C [15], [42]. Količina padavin poleti se bo lahko zmanjšala za do 20 %, kar bo ob hkratnem povečanju temperatur zraka povečalo sušno ogroženost v Sloveniji na več kot 1/3 ozemlja [17].

Na Hrvaškem je tekom 50-letnega obdobja (1961–2010) zaznaven trend naraščanja srednje letne, srednje minimalne in srednje maksimalne temperature zraka. Srednja letna temperatura zraka je v tem obdobju naraščala za 0,2–0,3 °C/10 let [18]. Glede rezultatov analiz podnebnih sprememb Hrvaškega državnega hidrometeorološkega zavoda bo dvig temperature na področju Hrvaške do konca 21. stoletja vse bolj izrazit. Do sredine 21. stoletja (2041–2070) bo srednja letna temperatura zraka pozimi višja za 2,5 °C do 3 °C v kontinentalni Hrvaški in nekaj manj ob obali. Poleti naj bi temperatura zraka narasla v srednji za 2,5 °C in južni Dalmaciji za 3,5 °C ter nekaj manj (od 2,5 do 3 °C) v ostalih delih Hrvaške [18], [42]. Tekom obdobja 1971–2000 je na obali in otokih prišlo do zmanjšanja količine padavin, ki je še bolj izrazito v notranjosti Istre (Pazin 7 %) in v primorju južne Dalmacije (Dubrovnik 11 %) [19]. Občutno zmanjšanje letne količine padavin za od 15 % do 25 % lahko pričakujemo skoraj na celotnem območju Hrvaške, z izjemo skrajnega severa in zahoda, kjer se bo višina padavin zmanjšala od 5 do 15 %. Zmanjšanje količine padavin se pričakuje tudi v poletnih mesecih na celotnem območju Hrvaške obale (15 %) ter v zaledju (5 %). Nasprotno velja za jesenske mesece v srednjih in vzhodno nižinskih predelih Hrvaške, ki bi lahko beležili povečanje količine padavin (od 5 do 15 %). Na splošno lahko pričakujemo tudi večjo pogostost suhih obdobji oziroma večje število zaporednih dni brez padavin [18], [42].

#### 1.4 Odziv oljke na podnebne spremembe

Prilagodljivost kmetijskih sistemov na podnebne spremembe v regijah z nepredvidljivim in suhim podnebjem, kot je Sredozemsko, je ključnega pomena za prihodnje gospodarske razmere in socialno zdravja številnih podeželskih območij [20]. Sredozemski bazen je vroča točka biotske raznovrstnosti in podnebne spremembe ogrožajo agroekosisteme, kot so oljke [21]. Oljčna pridelava je ranljiv kmetijski sistem, ki je primeren za študij prilagodljivosti na podnebne spremembe zaradi dolge življenjske dobe oljčnih dreves, njihove občutljivosti na sušo in visoke

temperature zraka ter vse večje vloge oljčnih nasadov v gospodarstvu Sredozemskih območjih [20], [42]. Pri oljki nastopi cvetenje med aprilom in junijem, bistveno pozneje v primerjavi z bolj zmernimi drevesnimi vrstami. Sicer oljka v teh mesecih prejme zadostno količino toplote, ki omogoča razvoj socvetja in njeno zrelost. Posledično sezonska variabilnost temperature zraka pogojuje fenologijo te vrste. Oljko lahko identificiramo kot rastlino, ki je dober indikator (pokazatelj) podnebnih sprememb, zlasti v spomladanskih mesecih. Fenologija oljk v Sredozemlju je tako občutljiva na naraščajoče spomladanske temperature zraka kot fenologija rastlin v zmerno hladnih biomih, kjer ima segrevanje podnebja morda že zaznavne učinke na fenologijo kopenske vegetacije.

Modelne simulacije so pokazale, da lahko čas cvetenja oljke v zahodnem Sredozemlju do konca stoletja nastopi bolj zgodaj. V južni Španiji so tako že zaznali trend zgodnejše foliacije, cvetenja in zorenja plodov [20]. Predvidevajo tudi, da bi lahko do konca stoletja, do sproščanja cvetnega prahu pri oljki prišlo celo 1 do 3 tedne bolj zgodaj v letu. Opazen je trend zgodnejšega cvetenja na območju severnega Jadrana (2 dni/10 let) ter v Dalmaciji (3 dni/10 let). Sicer so fenološke analize pokazale zgodnejši začetek vegetacije spomladi, ne pa tudi podaljšanje vegetacijske dobe v jesen. Takšen rezultat sovпада z opaženim izrazitejšim dvigom spomladanske srednje letne temperature zraka v primerjavi z jesenjo [22], [42]. Seveda fenološke spremembe niso odvisne le od temperature zraka temveč tudi od razpoložljivosti vode, nadmorske višine in same lege (ekspozicije) oljčnih nasadov [14].

Tudi pri nas bodo višje temperature zraka (med drugim) podaljšale vegetacijsko dobo in izboljšale razmere za gojenje toplotno zahtevnejših rastlin. Oljka bi se lahko razširila v višje predele Slovenske Istre, v prihodnosti bi oljko lahko gojili tudi v Goriških Brdih in Vipavski dolini in morda tudi v nižjih predelih Krasa [5]. Sicer utegnejo te pozitivne učinke izničiti negativni učinki spreminjanja podnebja, ki bi utegnili usodno zmanjšati pridelek [21], [42]. Čeprav je oljka prilagojena na visoke temperature, pa podnebne spremembe prinašajo tudi vse bolj ekstremne vremenske pojave. V prihodnosti lahko pričakujemo več vročinskih valov, ki lahko oljkam povzročajo temperaturni stres tudi v njihovem tradicionalen okolju. Cvetenje, tvorba in rast plodov so občutljivi na visoke temperature zraka, ki lahko povzročijo venenje cvetov. Rast plodov je občutljiva na temperature, višje od 35 °C. Lahko se pojavi sušenje plodov in nekroze [23], [42]. Zaradi globalnega segrevanja lahko pričakujemo tudi spremembe, povezane s pogostostjo in intenziteto napadov škodljivcev in

bolezni [5]. Tovrstne spremembe so zelo nepredvidljive in jih je v modelih težko upoštevati, zato jih v prispevku ne obravnavamo.

## 1.5 Uspevanje oljk v prihodnjih podnebnih razmerah

Težišče prispevka je prihodnje uspevanje oljk kot posledica podnebnih sprememb. Raziskave kažejo, da je oljka v preteklosti neprestano spreminjala območje razširjenosti v skladu s podnebnimi razmerami. Zaradi tega je oljka dober pokazatelj posledic podnebnih sprememb v Mediteranskem bazenu. Identifikacija klimatoloških parametrov, ki vplivajo na pridelavo oljk, je nujna za ugotavljanje vpliva podnebnih sprememb na pridelavo in razširjenost te vrste [4], [42].

Ob upoštevanju, da so sedanje obdelovalne površine v ravnovesju s sedanjimi podnebnimi pogoji, in ob predpostavki, da je podnebje glavni dejavnik, ki vpliva na razširjenost oljčnikov, lahko učinkovito uporabimo statistične modele, ki napovedujejo primernost habitatov v prihodnosti [4], [42].

S pomočjo modelov razširjenosti vrst smo ugotavljali, kakšna je primernost habitata za gojenje oljk v Sloveniji in na Hrvaškem in kako se bo primernost habitata spreminjala v prihodnje v luči podnebnih sprememb. S to raziskavo smo želeli:

- ugotoviti vpliv bioklimatskih spremenljivk na današnjo razširjenost oljčnikov v Sloveniji in na Hrvaškem,
- oceniti in ovrednotiti prihodnje podnebne razmere za gojenje oljk v Sloveniji in na Hrvaškem,
- zaznati variabilnost modelnih podnebnih napovedi na primeru oljčnikov in
- identificirati prihodnja ustrezna in neustrezna območja za gojenje oljk v Sloveniji in na Hrvaškem.

Ob predpostavki, da ima podnebje ključno vlogo na razširjenost oljk, smo postavili sledeče hipoteze:

1. S pomočjo Worldclim bioklimatskih spremenljivk je mogoče ugotavljati vpliv podnebnih sprememb na razširjenost oljčnikov.



2. Uporabljeni metodi Mahalanobisove tipičnosti (*ang. Mahalanobis typicalities*; v nadaljevanju MT) in model Podnebne ustreznosti pridelka (*ang. Crop Climate Suitability*; v nadaljevanju CCS) ponujata podobne rezultate.
3. Zaznavna bo značilna variabilnost rezultatov obeh scenarijev (RCP4.5 in RCP8.5) ob uporabi dostopnih globalnih podnebnih modelov iz baze Worldclim.
4. Zaradi podnebnih sprememb bo v prihodnje na raziskovanem območju več ustreznih površin za gojenje oljk.

## 2 Materiali in metode

### 2.1 Območje raziskave

Območje raziskave zajema celotno Hrvaško primorje in primorsko fitogeografsko regijo v Sloveniji. Gre za nižji jugozahodni del Slovenije, ki leži na obrobju sredozemskega bazena in je reliefno odprt proti Tržaškemu zalivu oziroma Jadranskemu morju. Predeli Slovenske Istre še ustrezajo Köppenovim merilom za sredozemsko podnebje. Ker tukaj raste tudi oljka, ta podnebni tip imenujemo tudi podnebje oljke [24]. Podnebje se od priobalnega pasu Slovenske Istre po lastnostih oddaljuje od pravega mediteranskega podnebja, ohranja pa nekatere njegove poteze, zato ga opredeljujemo kot submediteransko podnebje [25], [42]. Submediteransko podnebje (po Köppenu kategorija Cfa) se od pravega sredozemskega podnebja (po Köppenu kategorija Csa) razlikuje po padavinskem režimu, saj so padavine relativno enakomerno razporejene čez vse leto, za sredozemsko podnebje pa je značilna izrazita koncentracija padavin pozimi in sušno obdobje poleti [24], [42].

Za Hrvaško primorje označujemo celoten obalni prostor hrvaškega Jadrana, ki ga lahko glede na razlike v morfostrukturah, klimato-ekoloških in krajinskih lastnostih razdelimo na tri osnovne regije: Severno hrvaško primorje z Istrskim in Kvarnerskim polotokom in pripadajočimi otoki; srednje Hrvaško primorje, ki obsega severno dalmatinski priobalni pas in otoke ter severno dalmatinsko zaledno in zagorsko območje; in Južno hrvaško primorje, ki obsega srednje dalmatinski in južno dalmatinski del hrvaške [26], [42]. Srednja letna temperatura zraka na Hrvaškem se ob morju giblje do 17 °C [27]. Obala polotoka Istre ima srednjo letno temperaturo zraka okoli 13 °C, njene vrednosti se zmanjšujejo proti notranjosti. Na otokih in na obali srednje in severne Dalmacije ter na zahodni obali Istre lahko pričakujemo okoli

800 do 900 mm padavin na leto [28]. S približevanjem obali se količina padavin povečuje, posebej ob planinskih področjih, zaradi prisilnega dvigovanja zračnih mas.

## 2.2 Razširjenost oljke in podnebni podatki

Za modeliranje prihodnjih potencialno ustreznih in neustreznih območij za gojenje oljk v Sloveniji in na Hrvaškem smo morali najprej pridobiti podatke o prostorski razširjenosti oljke.

Za podatke o pojavljanju vrste smo uporabili karto zemljišč negozdnih habitatov Hrvaške, ki je prostorski prikaz razširjenosti posameznih habitatnih tipov na območju Republike Hrvaške. Karta je bila izdelana leta 2016 v sklopu projekta „Kartiranje naravnih in pol naravnih negozdnih habitatov Republike Hrvaške“ in je javno dostopna na bioportalu [29]. Merilo karte je 1 : 25 000 z najmanjšo enoto kartiranja 1,56 ha. Končna karta obravnava 155 habitatnih tipov in 322.758 poligonov.

Podatke o razširjenosti oljčnikov v Sloveniji smo pridobili s pomočjo podatkov o rabi tal za leto 2016, ki so dostopni na spletnem portalu Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano [30]. Iz vektorske podatkovne baze smo filtrirali rabo 1.230 (oljčniki).

Za izdelavo napovedi o potencialni razširjenosti oljke smo uporabili okoljske sloje za prihodnost, ki so bili pridobljeni iz podatkovne baze WorldClim 1.4 [31]. Baza WorldClim ponuja tako pretekle, trenutne kot prihodnje bioklimatske napovedi. Trenutno stanje predstavlja petdesetletno povprečje časovnega obdobja 1960–1990 [31]. Optimistični scenarij do leta 2100 (RCP2.6) predvideva porast povprečne globalne temperature zraka za 1 °C, vsebnost CO<sub>2</sub> lahko doseže 421 ppm; zmerno optimistični scenarij (RCP4.5) predvideva dvig temperature za 1,8 °C in vsebnost CO<sub>2</sub> 538 ppm; ter pesimistični scenarij (RCP8.5), kjer naj bi se temperatura zraka dvignila za 3,7 °C, vsebnost CO<sub>2</sub> pa narasla na 936 ppm [32], [42].

Iz baze WorldClim smo pridobili 19 bioklimatskih spremenljivk za trenutno stanje ter dva prihodnja scenarija (RCP4.5 in RCP8.5) za leto 2070 s prostorsko ločljivostjo slikovne enote enake 30 sekund (cca. 1 km).

**Preglednica 1: Seznam uporabljenih bioklimatskih spremenljivk**

Oznaka klimatske spremenljivke	Pomen klimatske spremenljivke
BIO1	Povprečna letna temperatura [°C]
BIO2	Povprečna dnevna temperaturna amplituda [°C]
BIO3	Izotermalnost
BIO4	Temperaturna sezonskost
BIO5	Maksimalna temperatura najtoplejšega meseca [°C]
BIO6	Minimalna temperatura najhladnejšega meseca [°C]
BIO7	Letna temperaturna amplituda [°C]
BIO8	Povprečna temperatura najbolj namočenega tromesečja [°C]
BIO9	Povprečna temperatura najbolj suhega tromesečja [°C]
BIO10	Povprečna temperatura najtoplejšega tromesečja [°C]
BIO11	Povprečna temperatura najhladnejšega tromesečja [°C]
BIO12	Letna količina padavin [mm]
BIO13	Količina padavin najbolj namočenega meseca [mm]
BIO14	Količina padavin najbolj suhega meseca [mm]
BIO15	Padavinska sezonskost
BIO16	Količina padavin najbolj namočenega tromesečja [mm]
BIO17	Količina padavin najbolj suhega tromesečja [mm]
BIO18	Količina padavin najtoplejšega tromesečja [mm]
BIO19	Količina padavin najhladnejšega tromesečja [mm]

### 2.3 Obdelava podatkov in modeli razširjenosti

Vhodne podatke smo v prvi fazi prilagodili območju raziskave. Globalne bioklimatske podatke smo porezali po prostorskem oknu podatkov o dejanski razširjenosti oljčnikov v Sloveniji in na Hrvaškem. Da bi se izognili prostorski avtokorelaciji, smo poligone oljčnikov transformirali v točkovni podatkovni sloj in ga prostorsko filtrirali (*ang. Spatially Rarifying*) glede na heterogenost podnebnih (bioklimatskih) značilnosti na raziskovanem območju (razdalja = 30 km). Za ta namen smo vseh 19 bioklimatskih spremenljivk PCA transformirali in uporabili enačbo Climate Heterogeneity v sklopu orodja SDM Toolbox [33]. Posledično smo oblikovali točkovni vhodni podatek (N = 143) o razširjenosti oljčnikov na raziskovanem območju (Slika 1B).

V drugi stopnji smo uporabili bazo bioklimatskih spremenljivk za trenutno obdobje (1960–1990) in prihodnje podnebne razmere (2070). Obravnavali smo vse razpoložljive CMIP5 podnebne modele (n = 19; ACCESS1-0, BCC-CSM1-1, CCSM4 ...) in scenarija RCP4.5 in RCP8.5 (Preglednica 2). Za vsak globalni podnebni model in scenarij smo bioklimatske spremenljivke PCA transformirali in

v nadaljnji analizi uporabili prve tri komponente, ki so (po večini) prikazovale > 85 % variabilnosti bioklimatskih lastnosti na raziskovanem območju. V zaključni stopnji smo za potrebe enostavnejše primerjave rezultate obeh modelov (MT in CCS) za vsak emisijski scenarij (RCP4.5 in RCP8.5) in časovno okno 2070 povprečili.

**Preglednica 2: Seznam uporabljenih globalnih podnebnih modelov iz baze Worldclim 1.4 [31]**

Globalni podnebni modeli 2070	Oznaka	RCP45	RCP85
ACCESS1-0	AC	DA	DA
BCC-CSM1-1	BC	DA	DA
CCSM4	CC	DA	DA
CESM1-CAM5-1-FV2	CE	DA	NE
CNRM-CM5	CN	DA	DA
GFDL-CM3	GF	DA	DA
GFDL-ESM2G	GD	DA	NE
GISS-E2-R	GS	DA	DA
HadGEM2-AO	HD	DA	DA
HadGEM2-CC	HG	DA	DA
HadGEM2-ES	HE	DA	DA
INMCM4	IN	DA	DA
IPSL-CM5A-LR	IP	DA	DA
MIROC-ESM-CHEM	MI	DA	DA
MIROC-ESM	MR	DA	DA
MIROC5	MC	DA	DA
MPI-ESM-LR	MP	DA	DA
MRI-CGCM3	MG	DA	DA
NorESM1-M	NO	DA	DA

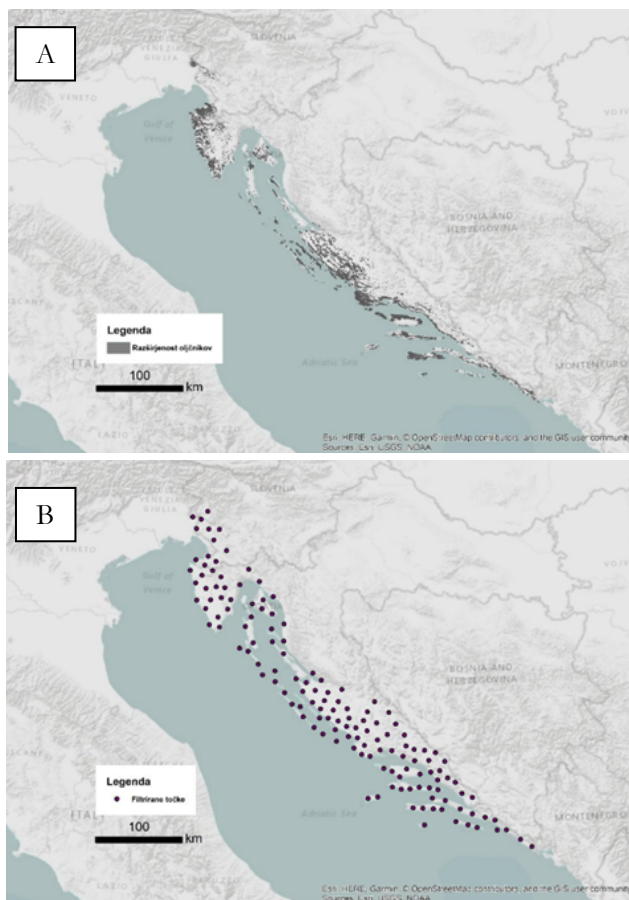
Z omenjenimi vhodnimi podatki (prostorsko filtrirane lokalitete oljčnikov) in PCA komponentami, ki predstavljajo lastnosti sedanjega in prihodnjega podnebja, smo s pomočjo GIS orodja TerrSet [34] oblikovali model distribucije vrst MT za vse obravnavane CMIP5 podnebne modele in oba scenarija (RCP4.5 in RCP8.5). Za primerjavo in validacijo modela smo za izbrane globalne podnebne modele in scenarije sestavili tudi drugi model distribucije vrst, pri čemer smo se naslonili na metodologijo modeliranja CCS. Vhodne podatke za odziv ciljne vrste na temperaturne in padavinske razmere smo črpali iz podatkovne baze Ecocrop (<http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home>). Kakovost napovedi obeh modelov smo preverili z analizo ROC (*ang. Receiver Operating Characteristic*) in vrednostjo AUC (*ang. Area Under the Curve*).

Razširjenost vrst je pogojena s primernostjo habitata, le-ta pa je najpogosteje pogojena z okoljskimi dejavniki. Zato večina modelov razširjenosti vrst temelji na konceptu določanja njene ekološke niše, ki je nabor vseh dejavnikov (biotskih in abiotskih) in njihovih lastnosti, ki vrsti omogočajo dolgoročno preživetje v danem okolju.

Ti modeli temeljijo na zvezi med prisotnostjo vrste in različnimi okoljskimi dejavniki in preslikajo ta odnos na druge lokacije. Rezultat je verjetnostna porazdelitev, ki prikazuje ustreznost območja za ciljno vrsto oziroma potencialni areal vrste. Takšno modeliranje se uporablja na različnih področjih prostorskih znanosti in je uporabno za napovedovanje širjenja invazivnih vrst in njihovega vpliva na okolje [35], načrtovanje zavarovanih območij [36], kartiranje vektorjev bolezni [37] itd. Vse bolj se uporabljajo tudi za napovedovanje vpliva podnebnih in okoljskih sprememb na porazdelitev organizmov.

### **3 Rezultati**

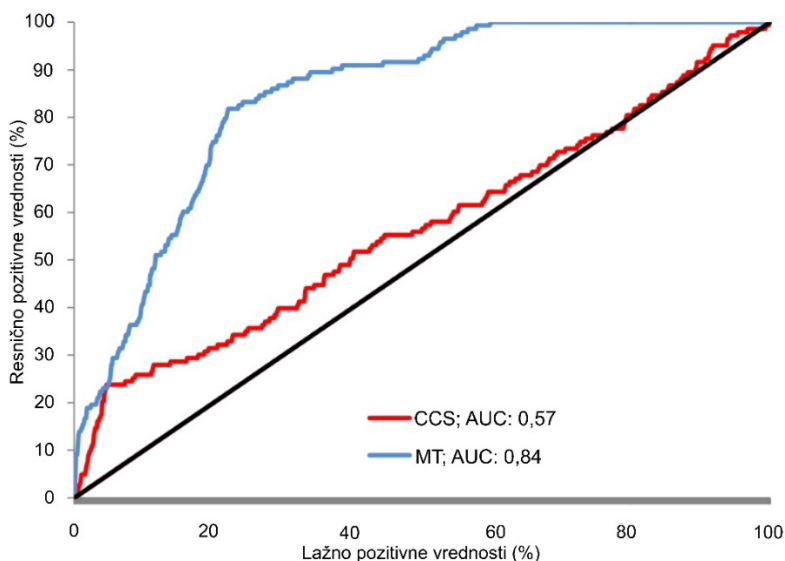
V prvem koraku je bila izdelana karta prostorske razporeditve (podatkovni tip poligon) oljčnikov v Sloveniji in na Hrvaškem (Slika 1A). V izogib prostorski avtokorelaciji odvisne spremenljivke smo omenjeno vektorsko bazo podatkov o oljčnikih filtrirali z uporabo podnebnih slojev (neodvisnih spremenljivk) in izračunom indeksa podnebne heterogenosti. Rezultat je točkovni podatek (Slika 1B), ki prikazuje lokalitete oljčnikov na raziskovanem območju, ki so bile v postopkih modeliranja obstoječe in prihodnje prostorske distribucije, v nadaljevanju, obravnavane kot odvisna spremenljivka.



**Slika 1: Karta prostorske razširjenosti oljčnikov na raziskovanem območju (A) in odvisna spremenljivka v obliki filtrirani točkovnih podatkov v modelih obravnavanih lokalitet oljčnikov (B)**

Vir: lasten.

Kakovost modelov MT in CCS, ovrednotena z analizo ROC in vrednostjo AUC, je prikazana na Sliki 2. Model MT ima praktično pri vseh mejnih vrednostih verjetnostne porazdelitve podnebne ustreznosti za gojenje oljk na raziskovanem območju več zadetkov kot model CCS. Posledično je njegova vrednost AUC višja (0,84) v primerjavi z modelom CCS (0,57).



Slika 2: Rezultati analize ROC s pripadajočo AUC vrednostjo za oba modela MT in CCS

Vir: lasten.

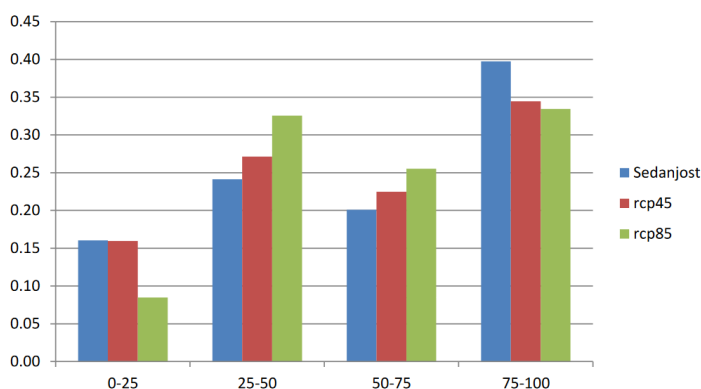
Za preprostejšo interpretacijo razvoja podnebne ustreznosti za gojenje oljk na območju Slovenije in Hrvaške smo izračunane verjetnostne porazdelitve za obstoječe in prihodnje stanje (2070) reklasificirali z uporabo kvartilov. Delež dobljenih razredov (0–25 %, 25–50 %, 50–75 % in 75–100 %) po emisijskih scenarijih (RCP4.5 in RCP8.5) za model MT prikazuje Slika 3.

Tako je največji del raziskovanega območja (skoraj 40 %) pripadal razredu z najvišjo stopnjo podnebne ustreznosti (75–100 %), temu sledita razreda 25–50 % in 50–75 %. Podnebno najustreznejša območja se raztezajo po večjem delu priobalnega pasu Hrvaške, z nekaj izjemami (Kvarnersko primorje, zaledni višji predeli severnega Hrvaškega primorja ter velebitsko Podgorje ter skrajni jugu Dalmacije), in Slovenske Istre.

Ob predpostavki realizacije emisijskega scenarija RCP4.5, model MT na raziskovanem območju za leto 2070 ocenjuje dokaj podoben vzorec ustreznih površin za gojenje oljk glede na trenutno stanje. Delež manj ustreznih površin (0–25 %) bi lahko ostal enak. Lahko bi se povečala površina oziroma delež druge (25–50 %) in tretje (50–75 %) stopnje podnebne ustreznosti, zmanjšal pa bi se delež

najvišje stopnje podnebne ustreznosti (75–100 %) za gojenje oljk. Slednje bi lahko prizadelo zaledje Tržaškega zaliva oziroma celotno Primorsko fitogeografsko regijo Slovenije. Podnebno manj ustrežna bi lahko bila tudi območja na zahodni strani velebitskega Podgorja, kjer bi se stopnja ustreznosti znižala iz tretje na drugo. V južnejših predelih hrvaškega primorja model MT ne predvideva opaznejših sprememb v podnebni ustreznosti z izjemo skrajne Južne Dalmacije, kjer bi se lahko pojavilo nekaj več območij z drugo stopnjo primernosti (25–50 %).

Emisijski scenarij RCP8.5 predvideva potencialno zmanjšanje območij z najnižjo stopnjo podnebne ustreznosti (0–25 %), v primerjavi s scenarijem RCP4.5 pa se še za dodaten odstotek zmanjšajo območja z najvišjo stopnjo podnebne ustreznosti. V do 3,7 °C toplejši atmosferi bi lahko po površini napredovala območja z drugo (25–50 %) in tretjo (50–75 %) stopnjo podnebne ustreznosti za gojenje oljk na raziskovanem območju. Tudi v tem primeru bi bile razlike najbolj opazne v severno primorski regiji Slovenije, kjer se v primerjavi z trenutnimi pogoji in prihodnostjo po scenariju RCP4.5 še dodatno skrči območje z najvišjo stopnjo podnebne ustreznosti, se pa povečajo območja z drugo (25–50 %) stopnjo primernosti. Najbolj primeren habitat za oljke bi tako ostal ozek pas vzdolž slovenske obale, v zaledju pa bi večina območja lahko dosegla največ tretjo stopnjo podnebne ustreznosti. V primerjavi z emisijskim scenarijem RCP4.5 se na območjih v zaledju Kvarnerja, od Snežnika in Gorskega kotarja proti morju lahko poveča stopnja podnebne ustreznosti na drugo stopnjo.



**Slika 3: Primernost habitata leta 2070 pri koncentraciji toplogrednih plinov RCP4.5 po modelu MT**

Vir: lasten.



Na podlagi rezultatov modela CCS za trenutno stanje bi lahko sklepali, da je večina območja izven priobalnega pasu podnebno manj ali celo neprimerna za gojenje oljk. Najbolj primerni habitati za oljke so južno orientirani predeli severnega Dalmatinskega otočja ter obalni predeli otokov srednje Dalmacije.

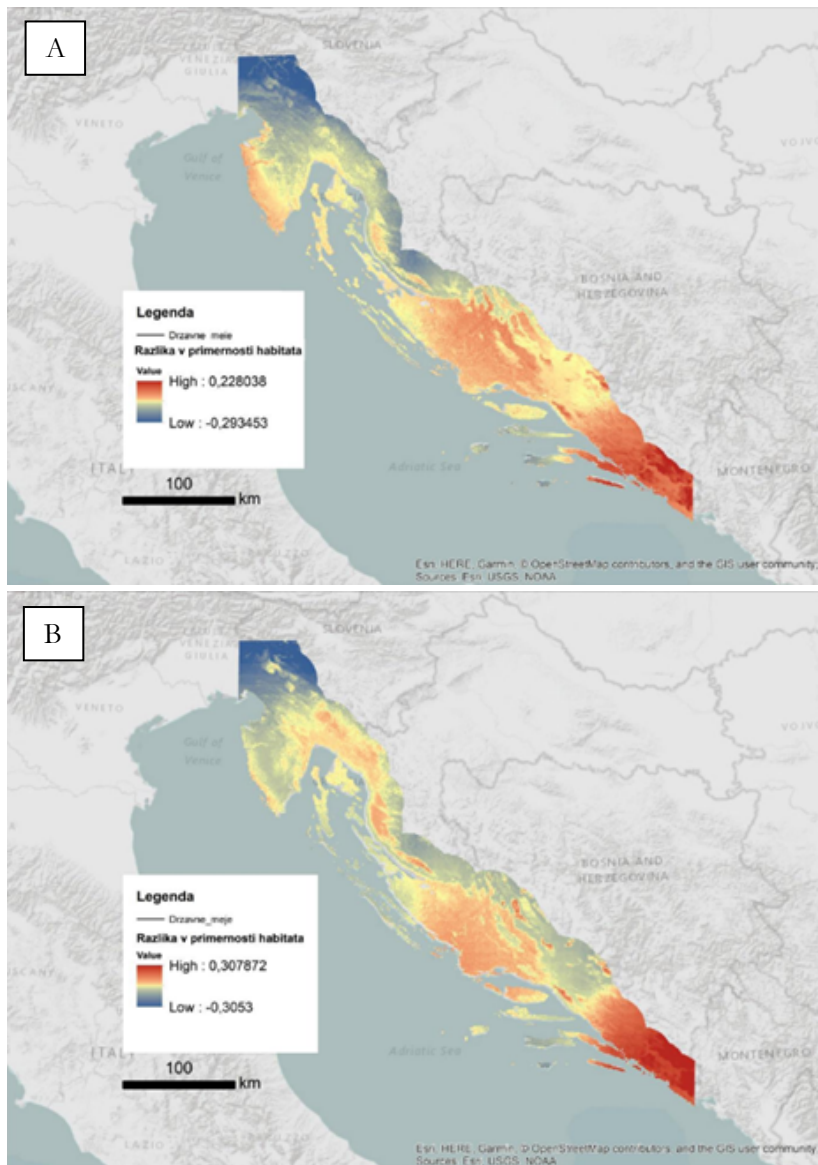
### **3.1 Razlike med modeloma na nivoju slikovnih enot**

Potencialno izboljšanje ali nazadovanje podnebne ustreznosti za gojenje oljk do leta 2070 po emisijskih scenarijih RCP4.5 in RCP8.5 za vsak kvadratni kilometer na raziskovanem območju prikazujeta Slika 4 (model MT) in Slika 5 (model CCS). Tople barve predstavljajo območja, kjer bi se lahko podnebna ustreznost za gojenje oljk izboljšala, hladne barve pa prikazujejo območja nazadovanja podnebne ustreznosti.

Ocene sprememb po modelu MT nakazujejo, da se lahko podnebna ustreznost za gojenje oljk bolj spreminja z oddaljenostjo od morja. Poslabšanje podnebne ustreznosti je povezano tudi z geografsko širino in nadmorsko višino. Izboljšanje podnebne ustreznosti za oljko z večjo gotovostjo lahko pričakujemo le v skrajnem južnem predelu raziskovanega območja (za do 22 % po scenariju RCP4.5 ali do 31 % po scenariju RCP8.5). Značilne razlike smeri sprememb podnebne ustreznosti za oljko so opazne tudi na manjših otokih Hrvaške.

Emisijski scenarij RCP4.5 nakazuje stabilne podnebne pogoje v priobalnem pasu tako Slovenije kot Hrvaške. Kontinentalno zaledje nakazuje kontrast potencialnih sprememb v smeri SZ-JV. Če na višji geografski širini lahko pričakujemo hitro poslabšanje podnebne ustreznosti z oddaljevanjem od morja, velja nasprotno za južnejše predele Hrvaške, kjer se podnebna ustreznost za gojenje oljk v notranjosti celo nekoliko poveča.

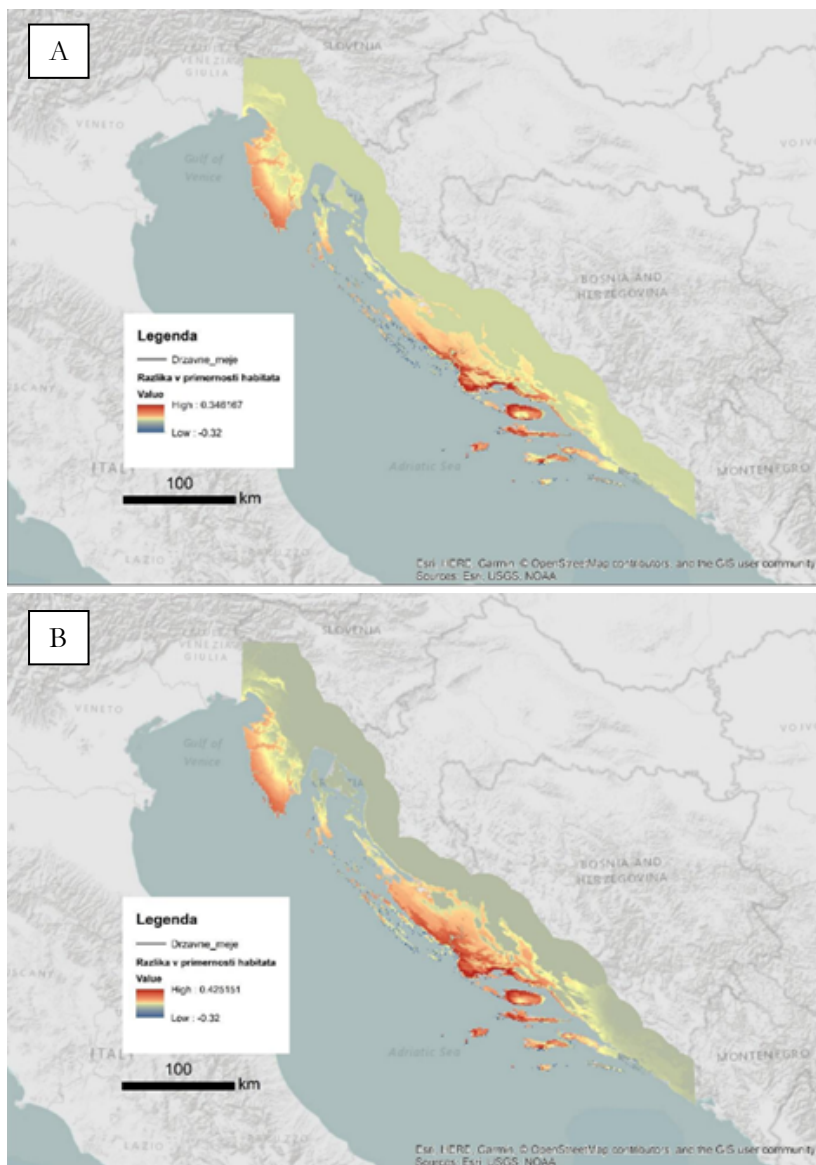
Ob morebitni realizaciji emisijskega scenarija RCP8.5 lahko raziskovano območje doleti še kompleksnejši prostorski vzorec sprememb podnebne ustreznosti za gojenje oljk. V tem primeru bi se lahko pogoji vzdolž slovenske obale poslabšali. Tudi na Hrvaškem bi oljka lahko bila soočena z manj ugodnim podnebjem, z izjemo območja med Zadarom in Splitom in skrajnim jugom.



Slika 4: Potencialne spremembe podnebne ustreznosti za gojenje oljk (*Olea europaea*) med predvidenim (2070) in trenutnim stanjem (v deležu) po modelu MT za emisijski scenarij RCP4.5 (A) in RCP8.5 (B)

Vir: lasten.

S Slike 5 lahko razberemo prostorski odtis razlik v podnebni ustreznosti za oljko po modelu CCS.



Slika 5: Potencialne spremembe podnebne ustreznosti za gojenje oljk (*Olea europaea*) med predvidenim (2070) in trenutnim stanjem (v deležu) po modelu CCS za emisijski scenarij RCP4.5 (A) in RCP8.5 (B)

Vir: lasten.

Model CCS predvideva izboljšanje podnebnih pogojev za oljko po skoraj celotnem priobalnem pasu Slovenije in Hrvaške. Izjema je območje med mestoma Reka in Zadar in okolica Zadra. Predviden ju tudi večji kontrast sprememb podnebnih pogojev na manjših otokih Hrvaške. Sicer je opazno vidno izboljšanje podnebne ustreznosti v primeru realizacije emisijskega scenarija RCP8.5.

## 4. Razprava in zaključki

### 4.1 Raziskave v tujini

Okoljski dejavniki, ki pogojujejo uspešno rast dreves, se neprestano spreminjajo. Glede na fosilne zapise in paliniološke raziskave lahko zaključimo, da je oljka skozi svojo zgodovino neprestano širila in krčila svoj areal in se v nekaterih obdobjih pojavljala tudi širše od trenutne geografske razširjenosti. Glavno vlogo pri teh premikih so (po večini) igrale podnebne spremenljivke [4], [42]. Odziv oljke na podnebne spremembe so raziskovali že številni avtorji. Moriondo idr. (2013) [38] so s pomočjo modeliranja želeli napovedati razširjenost oljk v Sredozemskem bazenu. Ugotavljajo, da bo oljka v prihodnosti širila svoj areal proti severu. Glede na toplejše in bolj suho podnebje modeli napovedujejo močan vpliv na potencialno prostorsko razporeditev oljk v prihodnjih desetletjih. Istočasno bodo zaradi toplejših podnebnih razmer območja na severnih delih Portugalske, Španije in Atlantskega območja Francije, kjer oljk niso nikoli gojili, postala primerna za njeno gojenje. Z uporabo regionalnega fenološkega modela, možne premike proti severu izpostavljajo tudi Orlandi idr. (2013) [39], [42]. Tanasijević idr. (2014) [14] so potencialno primerne habitate za oljke ugotavljali s pristopom temperaturnih zahtev za oljke. Ugotavljajo, da bi se lahko območje, primerno za pridelavo oljk, do leta 2050 povečalo za približno 39 % v primerjavi z letom 2000. Kot številni drugi avtorji napovedujejo nova primerna območja in premike areala oljke proti severu in v višje nadmorske višine.

Kljub številnim raziskavam, ki napovedujejo, da bo oljka v prihodnosti razširila svoj areal, pa utegnejo imeti podnebne spremembe tudi številne negativne posledice na oljčnike (npr. vse več ekstremnih vremenskih dogodkov in z njimi tudi suš in pozeb). Čeprav se bo areal oljke v Evropi najverjetneje širili proti severu, zaradi pomanjkanja vode utegne oljka v Severni Afriki, v južnih predelih Iberskega polotoka in na Bližnjem vzhodu skrčiti svoj areal. To je posledica posebej suhih razmer v jeseni, kar

vpliva na pomanjkanje vode v naslednjem poletju. V manjši meri je enak trend opazen tudi v severnem delu Sredozemskega bazena, kjer se površine, ki so primerne za gojenje oljk, postopoma krčijo proti obali [38]. Tudi v Italiji naj bi se proizvodnja oljk postopoma, s segrevanjem podnebja, gibala proti severu, v trenutno neugodna območja, kot je Padska nižina. V bolj vročih južnih predelih Italije pa lahko pričakujemo krčenje njenega areala [40], [42].

V sodobnih proizvodnih sistemih bo v oljkarstvu potrebno uvajanje namakanja zaradi boljše rodnosti intenzivnih oljčnih nasadov in doseganja visoke kakovosti pridelkov. Namakanje bo potrebno uvesti na tistih območjih, kjer količina padavin ne more nadomestiti izgube vode zaradi evapotranspiracije. Namakanje se uvaja tudi v izrazito aridnih krajih z manj padavinami, z namenom, da dosežejo čim boljši gospodarski rezultat. V teh območjih oljke uspevajo in rodijo tudi brez namakanja, vendar so taka drevesa bolj podvržena izmenični rodnosti in dajejo manj pridelka [2], [42]. Od vseh registriranih oljčnikov v Sloveniji je trenutno namakanih le 2 %.

Tudi pozebe so v preteklosti že zadale hude udarce pridelovalcem oljk. Kljub napovedani višji povprečni temperatur zraka, ki je ugodna za oljke, utegne posledično podaljšanje vegetacijske dobe na oljke vplivati negativno. V spomladanskem ali jesenskem času lahko pričakujemo več nenadnih vdorov hladnega zraka, kar oljkam ne ustreza. Sicer so vdori hladnega zraka še vedno ena od stalnic našega podnebja, saj je zmerno topli pas pod vplivom tako vročih tropskih zračnih mas kakor tudi mrzlih polarnih, poredkoma celo arktičnih mas. Podatki za 20 stoletje kažejo, da je do pozeb prihajalo na vsakih 20 let. Prepogoste pozebe bomo zato tudi v prihodnje morali upoštevati pri širjenju areala oljke, saj je lahko zaradi visokih stroškov obnove nasadov in izpada dohodka oljkarstvo nerentabilno [5].

## **4.2 Naše raziskave**

Naši rezultati potrjujejo kompleksen odziv vrst na spreminjajoče se okolje. Model MT napoveduje zmanjšanje površine območij z najvišjo stopnjo primernosti do konca stoletja po obeh scenarijih (RCP4.5 in RCP8.5). Hkrati bi se po scenariju RCP8.5 lahko zmanjšala površina območij z najnižjo stopnjo primernosti za gojenje oljke. Na podlagi ocene potencialnega povečanja ustreznih površin za gojenje oljk, bodisi v preostalih dveh razredih ustreznosti, po modelu MT, ali na podlagi

rezultatov modela CCS, lahko delno potrdimo hipotezo, da se bo površina primernih habitatov povečala.

Ugotovimo lahko, da emisijska scenarija RCP4.5 in RCP8.5 dajeta različno oceno. Posledično lahko potrdimo hipotezo, ki je nakazovala variabilnost tako v uporabljenih podnebnih modelih kot v emisijskih scenarijih. Predvsem po modelu MT je razlika v podnebni ustreznosti za gojenje oljke bolj opazna v severnejših predelih in v nekaterih predelih v zaledju Jadranske obale.

Pričakovali smo, da bi se oljka potencialno lahko razširila v notranjost in v višje predele. Rezultati kažejo nasprotno, model MT ob upoštevanju emisijskega scenarija RCP4.5 predvideva upad podnebne ustreznosti za oljko v zaledju Slovenskega Primorja. Ob morebitni realizaciji scenarija RCP8.5 bi imel najvišjo stopnjo primernosti za gojenje oljk le ozek obalni pas v Tržaškem zalivu in le nekateri predeli v notranjosti obravnavanega območja. Tudi model CCS na tem območju ne kaže večjih sprememb podnebne ustreznosti za gojenje oljk.

Model MT podobno sliko kaže tudi v notranjosti Istrskega polotoka, kjer pride do krčenja habitatov s četrto (najvišjo) stopnjo primernosti, po obeh scenarijih. Presenetljivo se na območju Kvarnerskega polotoka po scenariju RCP4.5 razširi območje s prvo stopnjo primernosti (0–25 %) in po pesimističnem scenariju (RCP8.5) se le-to skrči in večina Kvarnerskega polotoka doseže drugo stopnjo primernosti (25–50 %). Tudi južneje, v zaledju Velebitskega pogorja bi podnebni pogoji po scenariju RCP4.5 lahko bili v drugi polovici stoletja manj primerni za oljko, medtem ko po scenariju RCP8.5 lahko pričakujemo več območji s 3 stopnjo primernosti (50–75 %). Tudi po modelu CCS Kvarner ostaja manj ustrezno področje za oljko. Do največjih razlik v podnebni ustreznosti bi lahko po scenariju RCP4.5 prišlo ob zahodni obali Istre, vendar le-te bledijo proti notranjosti in proti višjim predelom. Po pesimističnem emisijskem scenariju (RCP8.5) bi lahko bile razlike izrazitejše. Model CCS nasprotno kot model MT največje razlike v podnebni ustreznosti za gojenje oljke kaže na južnih obalnih predelih severne Dalmacije, na meji s srednjo Dalmacijo. Po pesimističnem emisijskem scenariju so tukaj razlike še bolj opazne. Tovrstna variabilnost rezultatov dokazuje, da bo odziv oljke na prihodnje podnebne razmere kompleksen in posledično narašča negotovost modelnih napovedi.

### **4.3 Zaključek**

Naši rezultati so le ocena potencialne razširjenosti areala oljke v prihodnosti in imajo tudi nekatere pomanjkljivosti. Dolgoročne podnebne napovedi so lahko dokaj nezanesljive, še zlasti v regionalnem ali lokalnem merilu.

Za boljšo oceno ustreznih pogojev za gojenje oljke bi bile potrebne poglobljene analize na regionalni ravni, kjer bi lahko upoštevali tudi druge okoljske determinante (naklon, ekspoziacija, vlaga v tleh, lastnosti prsti, vpliv škodljivcev itd.), ki sooblikujejo prostorski vzorec oljčnikov na raziskovanem območju. Oljčni nasadi so večinoma urejeni na prisojnih, južnih in jugozahodnih pobočjih, v zavetnih legah pred burjo in izven dna dolin, kjer se pojavlja temperaturna inverzija [25]. Posledično ni pričakovati večjega širjenja oljk v notranjost obravnavanega območja. Ob upoštevanju omenjenih parametrov ugotovitve kažejo, da je denimo od celotne površine Slovenske Istre, ki obsega 419 km<sup>2</sup>, za oljčnike primernih le 20 % površin oziroma 83 km<sup>2</sup> [25].

Lahko zaključimo, da modela MT in CCS ponujata različne rezultate. Na splošno model MT po obeh scenarijih napoveduje večje razlike v zaledju v primerjavi z modelom CCS. Slednji se je izkazal za manj zanesljivega, čeprav je slika na nekaterih predelih zelo podobna temu, kar bi pričakovali, saj se predvsem na Istrskem polotoku, v severni in južni Dalmaciji areal širi proti notranjosti.

Prav gotovo bo oljkam v prihodnosti ustrezalo toplejše ozračje, vendar je problematika večplastna. Kljub nekoliko več primernejših površin v zaledju zaradi napovedanih otoplitev, bodo ekstremni vremenski dogodki še vedno omejevali razširjenost oljčnikov. Ne bi se smeli prenašati pri širjenju oljčnih nasadov v višje predele, saj oljke ostajajo zelo odvisne od mikropodnebni razmer, predvsem občasni pozeb. Prav tako je v višji notranjosti večja verjetnost, da bodo nastopile temperature pod -8 °C, ki povzročijo prve poškodbe zaradi mraza [41]. Morda bi prav nestabilnim razmeram lahko pripisali stanje, ki ga kaže model MT v notranjosti, predvsem v Goriških brdih in na Istrskem polotoku, kjer se območja z najvišjo stopnjo podnebne ustreznosti lahko predvidoma zelo skrčijo. V južnejših predelih raziskovanega območja so rezultati bolj v skladu s pričakovanji, saj se po modelu MT zmanjša površina z drugo stopnjo podnebne ustreznosti, prav tako pa model CCS na tem predelu nakazuje širjenje ustreznih površin proti notranjosti.

## Zahvale

Študijo so omogočili: programska skupina P6-0372 (»Slovenska identiteta in kulturna zavest v jezikovno in etnično stičnih prostorih v preteklosti in sedanjosti«) in P1-0164 (»Raziskave za zagotavljanje varne hrane in zdravja«).

## Literatura

- [1] M. Bučar-Miklavčič, B. Butinar, M. Jančar, M. Sotlar, in V. Vesel, „Oljka in njeno olje“, *Kmečki glas*, Ljubljana, str. 143, 1997.
- [2] V. Sancin, *Velika knjiga o oljki*. Trst: Založništvo tržaškega tiska, 1990.
- [3] G. Besnard, „Origin and Domestication“, v *The Olive Tree Genome. Compendium of Plant Genomes*, E. Rugini, L. Baldoni, R. Muleo, in L. Sebastiani, Ur. Cham: Springer International Publishing, 2016, str. 1–12. doi: 10.1007/978-3-319-48887-5\_1.
- [4] M. Moriondo, F. M. Stefanini, in M. Bindi, „Reproduction of olive tree habitat suitability for global change impact assessment“, *Ecological Modelling*, let. 218, št. 1–2, str. 95–109, okt. 2008, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2008.06.024.
- [5] D. Ogrin, „Oljka v Slovenskem Primorju“, *Geografski obzornik*, str. 4–10, 2004.
- [6] IOC, „The International Olive Council“, *The International Olive Council, Madrid*, 2016. <https://www.internationaloliveoil.org/> (pridobljeno 10. december 2018).
- [7] D. Dujmović, M. Šuste, M. Duvančić, in F. Strikić, „Ocena proizvodnog prostora Knina za uzgoj masline“, *Pomologia Croatica: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, let. 21, št. 1–2, str. 35–50, 2017.
- [8] L. Kajfež Bogataj, „Aerosoli : Grejemo, hladimo, mračimo, svetlimo : Neprijetna resnica“, *Delo, Polet : magazin Dela in Slovenskih novic*, let. 9, št. 11, str. 30, 2010.
- [9] F. Giorgi in P. Lionello, „Climate change projections for the Mediterranean region“, *Global and planetary change*, let. 63, št. 2–3, str. 90–104, 2008.
- [10] P. Lionello *idr.*, „The Mediterranean climate: An overview of the main characteristics and issues“, v *Developments in Earth and Environmental Sciences*, let. 4, P. Lionello, P. Malanotte-Rizzoli, in R. Boscolo, Ur. Amsterdam: Elsevier, 2006, str. 1–26. doi: 10.1016/S1571-9197(06)80003-0.
- [11] U. Ulbrich *idr.*, „Past and Current Climate Changes in the Mediterranean Region“, v *Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean*, let. 50, A. Navarra in L. Tubiana, Ur. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013, str. 9–51. doi: 10.1007/978-94-007-5781-3\_2.
- [12] IPCC, „AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014“, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva, Synthesis Report, 2014. Pridobljeno: 27. februar 2022. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- [13] IPCC, „AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis“, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva, Synthesis Report, 2021. Pridobljeno: 27. februar 2022. [Na spletu]. Dostopno na: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- [14] L. Tanasijević, M. Todorovic, L. S. Pereira, C. Pizzigalli, in P. Lionello, „Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region“, *Agricultural Water Management*, let. 144, str. 54–68, 2014.
- [15] ARSO, „Podnebne spremembe v Sloveniji. Podnebne podlage za pripravo ocene tveganj in priložnosti, ki jih podnebne spremembe prinašajo za Slovenijo“, Agencija republike Slovenije za okolje, Ljubljana, Prvo poročilo (različica 2), 2014.
- [16] L. Kajfež Bogataj, „Bolje ne bo nikoli: Specifična geografska lega Slovenije in intenzivni vremenski procesi : Neprijetna resnica“, *Delo, Polet : magazin Dela in Slovenskih novic*, let. 8, št. 29, str. 32, 2009.
- [17] D. Ogrin in D. Plut, *Aplikativna fizična geografija Slovenije*. Ljubljana: Znanstvena založba filozofske fakultete, 2009.



- [18] DHMZ, „Šesto nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC)“, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 2013.
- [19] K. Zaninović *idr.*, *Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia: 1961-1990, 1971-2000*. Zagreb: Državni hidrometeorološki zavod, 2008.
- [20] J. Ronchail, M. Cohen, M. Alonso-Roldán, H. Garcin, B. Sultan, in S. Angles, „Adaptability of Mediterranean Agricultural Systems to Climate Change: The Example of the Sierra Mágina Olive-Growing Region (Andalusia, Spain). Part II: The Future“, *Weather, Climate and Society*, let. 6, št. 4, str. 451–467, okt. 2014, doi: 10.1175/WCAS-D-12-00045.1.
- [21] L. Ponti, A. P. Gutierrez, P. M. Ruti, in A. Dell’Aquila, „Fine-scale ecological and economic assessment of climate change on olive in the Mediterranean Basin reveals winners and losers“, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, let. 111, št. 15, str. 5598–5603, apr. 2014, doi: 10.1073/pnas.1314437111.
- [22] V. Vučetić, *Ujecaj klimatskih promjena na poljoprivrednu proizvodnju*. Zagreb: Državni hidrometeorološki zavod, 2013.
- [23] I. N. Therios, *Olives (Crop Production Science in Horticulture Book 18)*. Solun: School of Agriculture Aristotle University, 2009.
- [24] D. Ogrin, „Podnebni tipi Slovenije“, *Geografski vestnik*, str. 39–56, 1996.
- [25] D. Ogrin, „Podnebje Slovenske Istre“, *Annales*, Koper, 1995.
- [26] D. Magaš, *Geografija Hrvatske*. Zadar: Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju i izdavačka kuća Meridijani, 2013.
- [27] O. Bonacci, „Analiza nizova srednjih godišnjih temperatura zraka u Hrvatskoj“, *Gradeninar*, let. 62, št. 9, str. 781–791, 2010.
- [28] M. Gajić-Čapka, M. Perčec Tadić, in M. Patarčić, „Digitalna godišnja oborinska karta Hrvatske“, *Hrvatski meteorološki časopis*, let. 38, str. 21–33, 2003.
- [29] Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, „Biportal – Web portal Informacijskog sustava zaštite prirode. Karta kopnenih nešumskih staništa Republike Hrvatske 2016“, 2016. <http://www.iszp.hr/gis/> (pridobljeno 17. april 2018).
- [30] Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, „Grafični podatki RABA za celotno Slovenijo“, 2019. <http://rkg.gov.si/GERK/> (pridobljeno 20. marec 2019).
- [31] R. J. Hijmans, S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones, in A. Jarvis, „WorldClim – Global Climate data“, Museum of Vertebrate Zoology, University of California, Berkeley, ZDA, 2005. [Na spletu]. Dostopno na: <http://www.worldclim.org/>
- [32] IPCC, „Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change“, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.
- [33] J. L. Brown, „SDMtoolbox: a python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic and species distribution model analyses“, *Methods Ecol Evol*, let. 5, št. 7, str. 694–700, jul. 2014, doi: 10.1111/2041-210X.12200.
- [34] J. R. Eastman, *TerrSet*. Worcester: Clark University, 2020.
- [35] L.-M. Herborg, J. M. Drake, J. D. Rothlisberger, in J. M. Bossenbroek, „Identifying suitable habitat for invasive species using ecological niche models and the policy implications of range forecasts“, v *Bioeconomics of invasive species: integrating ecology, economics, policy, and management*, R. P. Keller, D. M. Lodge, M. A. Lewis, in J. F. Shogren, Ur. New York, NY: Oxford University Press, 2009, str. 63–82.
- [36] A. Guisan *idr.*, „Predicting species distributions for conservation decisions“, *Ecol Lett*, let. 16, št. 12, str. 1424–1435, dec. 2013, doi: 10.1111/ele.12189.
- [37] A. T. Peterson, V. Sánchez-Cordero, C. B. Beard, in J. M. Ramsey, „Ecologic niche modeling and potential reservoirs for Chagas disease, Mexico“, *Emerging infectious diseases*, let. 8, št. 7, str. 662–667, 2002.
- [38] M. Moriondo *idr.*, „Olive trees as bio-indicators of climate evolution in the Mediterranean Basin“, *Global Ecol Biogeogr*, let. 22, št. 7, str. 818–833, 2013.

- [39] F. Orlandi *idr.*, „Climatic indices in the interpretation of the phenological phases of the olive in mediterranean areas during its biological cycle“, *Climatic Change*, let. 116, št. 2, str. 263–284, 2013.
- [40] A. P. Gutierrez, L. Ponti, in Q. A. Cossu, „Effects of climate warming on Olive and olive fly (*Bactrocera oleae* (Gmelin)) in California and Italy“, *Climatic Change*, let. 95, št. 1–2, str. 195–217, jul. 2009, doi: 10.1007/s10584-008-9528-4.
- [41] D. Ogrin, „Pozebe v Primorju z vidika uspevanja mediteranskih kultur“, *Dela*, št. 18, str. 157–170, dec. 2002, doi: 10.4312/dela.18.157-170.
- [42] Iztok, Lorenčič. 2019. „*Vpliv bodočega podnebja na uspevanje oljke (Olea europaea) na vzhodni jadranski obali (Slovenija, Hrvaška)*“. Magistrsko delo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor, Slovenija.