

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOFIZIČKI ODSJEK

Ognjen Feist

**ANALIZA TOPLINSKOG STRESA ZA POTREBE
POLJODJELSTVA U HRVATSKOJ U PROŠLIM,
SADAŠNJIM I BUDUĆIM KLIMATSKIM UVJETIMA**

DIPLOMSKI RAD

Voditelj: dr. sc. Antun Marki
Suvoditelj: dr. sc. Višnja Vučetić

Zagreb, prosinac 2011.

SADRŽAJ

1. UVOD	3
2. KRATKI PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	6
3. PODACI	9
4. METODE RADA	11
4.1. OSNOVNE STATISTIČKE METODE	11
4.2. GLOBALNI I REGIONALNI KLIMATSKI MODELI	12
5. REZULTATI	15
5.1. ANALIZA TOPLINSKOG STRESA U SEKULARNOM RAZDOBLJU	15
5.2. ANALIZA TOPLINSKOG STRESA U KRAĆEM RAZDOBLJU	18
5.3. PROJEKCIJE TOPLINSKOG STRESA U BUDUĆOJ KLIMI	20
6. ZAKLJUČAK	26
7. KRATICE	28
8. LITERATURA	29
9. PRILOZI	31

SAŽETAK

U radu su analizirani uzastopni dani s maksimalnim dnevnim temperaturama zraka iznad 30 °C na području Hrvatske koristeći meteorološke podatke u 110-, 50-, 30- i 20-godišnjim razdobljima. Cilj rada je bio definirati kritičnu maksimalnu dnevnu temperaturu zraka s klimatskog aspekta kao pokazatelja pojave toplinskog stresa u poljodjelstvu, prikazati prostornu razdiobu ugroženih područja s obzirom na toplinski stres te regionalnim klimatskim modelom dobiti uvid u buduće stanje na području Hrvatske. Za analizu toplinskog stresa uzeto je najmanje deset uzastopnih dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka koja je jednaka ili viša od određene kritične temperature. Za kritičnu temperaturu uzete su temperature iz raspona od 30 °C do 34 °C po 1 °C. Ugroženost nekog područja s obzirom na toplinski stres u poljodjelstvu na području Hrvatske definirano je postojanjem barem 6 godina s toplinskim stresom kroz 30-godišnje razdoblje. Rezultati analize ukazuju na nagli porast broja dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka iznad kritične maksimalne dnevne temperature zraka, te povećanje broja razdoblja s toplinskim stresom na području Hrvatske posljednjih tri desetljeća u odnosu na referentno razdoblje 1961.–1990. Isto tako se pokazuje širenje ugroženog područja s obzirom na toplinski stres za kritične temperature između 30 °C i 32 °C. Analizirane su projekcije nizova maksimalnih dnevnih temperatura zraka do 2070. na temelju numeričkih simulacija regionalnim klimatskim modelom (RegCM). U promijenjenim budućim klimatskim uvjetima nastavlja se tendencija širenja ugroženih područja s obzirom na toplinski stres koja bi mogla zahvatiti cijelu Hrvatsku do kraja 21. st. Analiza toplinskog stresa s klimatskog gledišta pokazuje da se kritična maksimalna dnevna temperatura zraka nalazi u rasponu 30 °C–32 °C. Za određivanje konačne vrijednosti te kritične temperature u definiciji toplinskog stresa za poljodjelske svrhe potrebno ju je povezati s najčešćim uzgojnim poljodjelskim kulturama u Hrvatskoj.

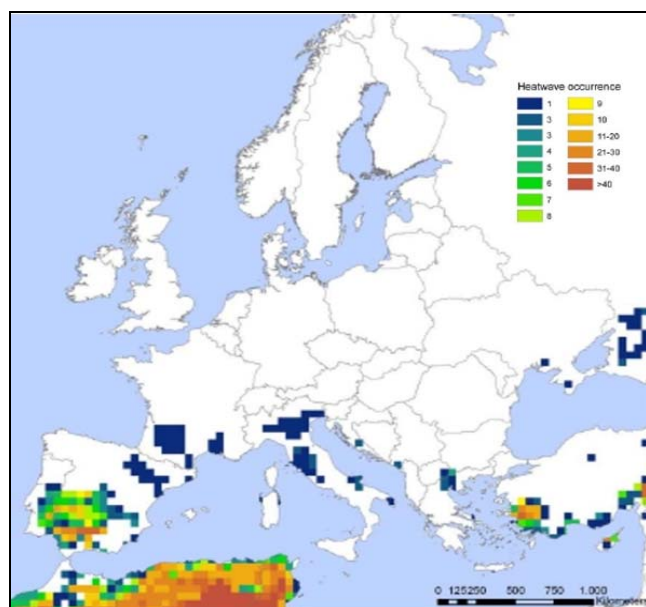
1. UVOD

Temperatura zraka je jedan od glavnih čimbenika koji utječe na rast, razvoj i prinose usjeva (npr. Qunying, 2010.). Ekstremno visoke ili niske temperature, osobito ako su dugotrajne, negativno djeluju na poljodjelstvo i na vegetaciju općenito. U ovom radu težište je dano visokoj temperaturi zraka odnosno toplinskom stresu. Vrući dani su definirani kao dani s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka od 30 °C i više. Postavlja se pitanje je li ta temperaturna granica odgovarajuća za definiranje toplinskog stresa kao otežavajućeg uvjeta gospodarenja u hrvatskom poljodjelstvu.

Toplinski stres za potrebe poljodjelstva, kao i za druge potrebe, nije u potpunosti definirani pojam. Tako npr. Hall (2001.) kao definiciju navodi sljedeće: toplinski stres često se definira kao *gdje (ili kada?) su temperature visoke dovoljno dugo vremena da nanesu (nepopravljivu) štetu funkciji biljke ili njezinom razvoju. Dodatno, visoka temperatura može ubrzati stopu reproduktivnog razvoja što skraćuje vrijeme fotosinteze koja pogoduje produkciji ploda ili sjemena*. Prema tome, toplinski stres je nepovoljan učinak visokih temperatura zraka npr. kod oblikovanja i nalijevanja zrna što izravno utječe na smanjenje prinosa poljodjelskih kultura. Sjeme ozimih usjeva (npr. pšenice i ječma) može biti oprženo vrućinom što na neko vrijeme zaustavlja rast zrna. Za biljke čije je vegetacijsko razdoblje ljeti (npr. kukuruz) ili tropske biljke (riža), toplinski stres u stadiju biljke kada se oblikuju reproduktivni organi uzrokuje smanjenje broja ili veličine zrna. Visoka temperatura zraka u neposrednoj okolini biljke povisuje temperaturu same biljke (eng. *organ temperature*) i uzrokuje štetu na proteinima, što može izazvati velika oštećenja biljke u samo nekoliko sati (Ruget, 2007.).

Jedan od kriterija za kritičnu temperaturu zraka u definiciji toplinskog stresa dao je *Ekspertni sustav za ograničenja u agrikulturalnoj proizvodnji u Europi* (eng. *Expert System for Constraints to Agricultural Production in Europe*, ESCAPE). Po toj definiciji toplinski stres je desetodnevno razdoblje sa srednjom dnevnom temperaturom zraka višom od 25 °C. Ruget (2007.) postavlja pitanje relevantnosti kriterija srednje dnevne temperature zraka. Temperatura tijela biljke slična je temperaturi zraka samo ako su biljke dobro vjetrene i opskrbljene vodom. U ekstremnim vremenskim uvjetima kada je zrak suh, a biljka nema dovoljno vode, temperatura biljke uz tlo je viša od temperature zraka koja je izmjerena u termometrijskoj kućici na visini od 2 m.

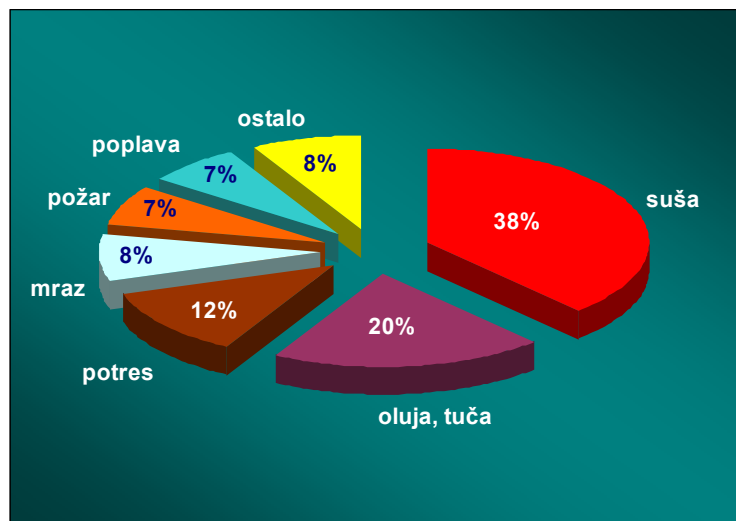
Osim toga, iz srednje dnevne temperature zraka ne može se znati informacija o ekstremnoj temperaturi, pa je iz tog razloga predložena maksimalna dnevna temperatura zraka kao pokazatelj toplinskog stresa. Stoga npr. Ruget (2007.) definira toplinski stres za svrhu poljodjelstva kao razdoblje od najmanje deset uzastopnih dana s maksimalnom dnevnom temperaturom iznad 35 °C. Poznato je da biljke različitog podneblja različito podnose jednake temperaturne uvjete, te se nameće pitanje koja kritična maksimalna temperatura zraka ugrožava biljke. Tolerantnost biljaka na toplinu složena je i vrlo vjerojatno kontrolirana višestrukim genima (Zhang i sur, 2005.). Unatoč kompleksnosti i različitom reagiranju biljaka (npr. tropske biljke i biljke umjerenog pojasa) na jednake temperaturne uvjete, razumno je pretpostaviti da se može odrediti kritična vrijednost odgovarajuća za većinu biljaka. Ruget (2007.) navodi da je ta kritična vrijednost veća ili jednaka 35 °C. U projektu *Praćenje poljodjelskih kultura daljinskim mjerenjima* (eng. *Monitoring Agriculture with Remote Sensing*, MARS) jedan od kriterija toplinskog stresa je broj razdoblja po dva uzastopna dana s maksimalnom temperaturom (T_{maks}) iznad 35 °C. On smatra da je to preblagi kriterij, jer takvih je događaja mnogo, a svaki od njih ne nanosi sustavnu štetu biljkama. Kao novi kriterij predlaže petodnevne ili desetodnevne događaje s uzastopnom maksimalnom temperaturom jednakom ili višom od 35 °C.



Slika 4.1. Broj valova vrućine u razdoblju 1975–2005. koji su definirani kao razdoblja s deset ili više uzastopnih dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka većom ili jednakom od 35 °C (Eliasson, 2007.).

Kako se vidi na slici 4.1, u Hrvatskoj je samo kninsko područje ugroženo s obzirom na gornji kriterij uz desetodnevne uzastopne dane s $T_{maks} \geq 35$ °C. Iz iskustva je poznato da to nije jedino ugroženo područje u Hrvatskoj s obzirom na dugotrajno djelovanje visoke temperature na poljodjelske kulture. Osim toga, takva dugotrajna vruća razdoblja u pravilu su

povezana sa sušom koja je u Hrvatskoj najčešća elementarna nepogoda i nanosi najveće gospodarske gubitke (slika 4.2, DPPŠEN, 2009.). To je osobito važno naglasiti jer je još uvijek maleni broj poljoprivrednih zemljišta sustavno navodnjavan radi ublažavanja posljedica suše u poljodjelstvu (MZOPUG, 2010.).



Slika 4.2. Prikaz gospodarskih gubitaka uzrokovanih elementarnim nepogodama u Hrvatskoj u 1995.–2008. (DPPŠEN, 2009.)

Iz navedenoga slijedi da je kriterij za toplinski stres za potrebe poljodjelstva u Hrvatskoj od minimalno deset uzastopnih dana s kritičnom T_{maks} od 35 °C prestrog. Stoga je cilj ovog rada definirati s klimatološkog gledišta kritičnu maksimalnu dnevnu temperaturu zraka za toplinski stres za potrebe poljodjelstva u Hrvatskoj. Toplinski stres definiran je razdobljima u trajanju od minimalno deset uzastopnih dana s T_{maks} jednakom ili višom od kritične vrijednosti. Da bi se utvrdila kritična vrijednost, analizirane su T_{maks} u rasponu od 30 °C do 34 °C s pomakom od 1 °C.

Razdoblje od deset uzastopnih dana s kojim je definiran toplinski stres (TS) ne treba smanjivati, jer se na taj način neizravno uključuje i kriterij suše. Pretpostavka je da se u slučaju oborine T_{maks} snizi ispod relativno visoke kritične temperaturne vrijednosti. Odnosno, u ovakvom definiranju nepogodnih razdoblja za poljodjelske kulture pretpostavlja se da visoke vrijednosti temperature zraka djeluju u sprezi sa sušnim razdobljima.

Ne bi li se dobio uvid u stanje s obzirom na toplinski stres u Hrvatskoj u budućnosti korištene su projekcije T_{maks} do 2070. godine, dobivene regionalnim klimatskim modelom u radu od Brankovića i sur. (2011.). Prema tim projekcijama procijenjena je ugroženost od toplinskog stresa za potrebe poljodjelstva u budućim klimatskim uvjetima.

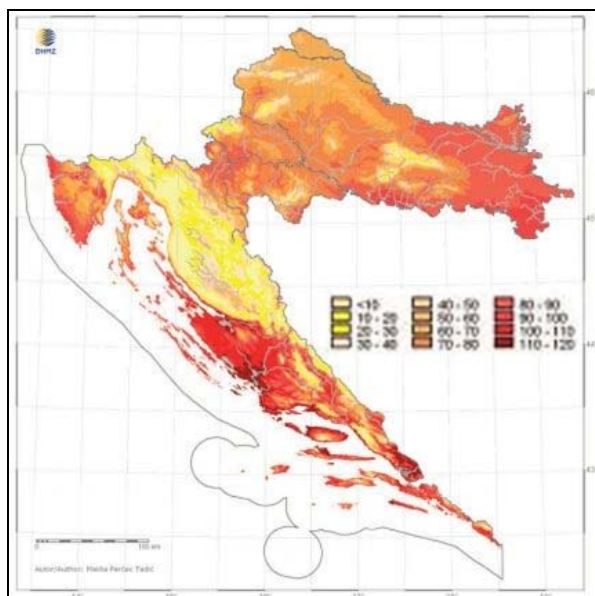
2. KRATKI PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

U razdoblju od 1901. do 2000. godine prosječna globalna temperatura je porasla za 0,6 °C (IPCC TAR, 2001.). Linearni trend za razdoblje 1906.–2005. iznosi 0,74 °C i veći je od trenda u prijašnjem razdoblju (IPCC AR4, 2007.). Jedanaest od 12 godina iz perioda 1995.–2007. godine su najtoplije u povijesti mjerenja globalne temperature od 1850. godine. Linearni trend zagrijavanja u posljednjem 50-godišnjem razdoblju (1956.–2005.) iznosi 0,13 °C/10 god i skoro je dvostruko veći od trenda u posljednjih 100 godina. Nadalje, za kasnija razdoblja trend porasta temperature još je izraženiji i iznosi 2,5 °C/100 god u razdoblju 1979.–2005. (Brohan i sur., 2006).

Promjene ekstremnih vrijednosti temperature zraka su u skladu s globalnim porastom temperature i klimatskim zagrijavanjem (IPCC AR4, 2007.). Tako je zabilježeno smanjenje broja hladnih dana te povećanje broja vrućih dana. Najzapaženije promjene su za hladne noći koje su postale rjeđe, a vruće noći su postale češće u razdoblju 1951.–2003. Rekordni val vrućine nad Zapadnom i Središnjom Europom u ljeto 2003. bio je najizraženiji od kad postoje instrumentalna mjerenja od 1780. godine. Taj val je bio za 1,4 °C topliji od sljedećeg po redu vala vrućine (iz 1807. godine) i najvjerojatnije najtopliji u posljednjih 1500 godina.

Što se tiče istraživanja u Hrvatskoj, za potrebe poljodjelstva ne postoje opsežnija istraživanja toplinskog stresa, osim kraći osvrt na uzastopne vruće dane za potrebe poljodjelstva koji je dan u radu Vučetić i Vučetić (1994.). Na temu temperaturnih ekstrema Klimatski atlas Hrvatske (Zaninović i sur., 2008.) navodi da su vrući dani ($T_{maks} \geq 30$ °C) na moru češći nego u unutrašnjosti, a u nizinskom dijelu Hrvatske najviše ih je u istočnom dijelu. Prostorna razdioba vrućih dana prati razdiobu toplih dana (slika 2.1). Usporedbom klimatskih razdoblja 1961.–1990. i 1971.–2000. uočava se da je u novijem razdoblju smanjen broj dana s hladnim značajkama (ledeni, studeni i hladni), a povećan je broj dana s toplim značajkama (topli, vrući i tople noći).

U Petom nacionalnom klimatskom izvješću (MZOPUG, 2010.) analizirani su linearni trendovi srednje godišnje temperature zraka za pet postaja (Osijek, Zagreb-Grič, Gospić, Crikvenica, Hvar) za razdoblje 1901.–2008. Od početka analiziranog razdoblja pozitivan trend prisutan je na području cijele Hrvatske, a postao je osobito izražen u posljednjih 50 godina, a još više u posljednjih 25 godina.



Slika 2.1: Srednji godišnji broj toplih dana ($T_{maks} \geq 25^{\circ}\text{C}$, prema Zaninović i sur., 2008.).

Trendovi u 108-godišnjem razdoblju su statistički signifikantni na svim postajama, osim Osijeka, a u posljednjih 50 odnosno 25 godina za sve promatrane postaje. Pretpostavlja se da je zatopljenje koje je uočeno u srednjim temperaturama zraka posljedica promjena u učestalosti temperaturnih ekstrema. Učestalost hladnih i toplih dana ($T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ i $T_{maks} \geq 25^{\circ}\text{C}$) u različitim klimatskim uvjetima (npr. kontinentalna klima u Osijeku i maritimna klima na Hvaru) bitno se razlikuje i zbog toga usporedba broja dana u kojima temperatura zraka prelazi neke određene vrijednosti za takav slučaj nije moguća. Zato radna grupa za utvrđivanje klimatskih promjena Komisije za klimatologiju Svjetske meteorološke organizacije (WMO-CCL) i Istraživačkog programa o klimatskoj varijabilnosti i prediktabilnosti (CLIVAR) predlažu da se za takvu usporedbu rabe temperaturni indeksi.

Temperaturnih indeksa je ukupno šest, četiri s pragovima određenim pomoću percentila i dva pomoću fiksnih pragova. Tri indeksa su topli dani i tople noći u kojima maksimalna odnosno minimalna temperatura zraka premašuje granicu 90-og percentila, te topli dani s maksimalnom temperaturom zraka višom od 25°C . Druga tri indeksa su hladni dani i hladne noći s maksimalnim i minimalnim temperaturama zraka nižim od 10. percentila te hladni dani s minimalnom temperaturom nižom od 0°C . U cijelom analiziranom razdoblju većina toplih temperaturnih indeksa ima pozitivan, a hladnih negativni trend. Usporedba s trendovima iz ranijih razdoblja 1901.–2000. i 1901.–2004. pokazuje da su gotovo svi trendovi do 2008. godine postali intenzivniji, neki i statistički signifikantni, a promjene u trendu toplih su veće od promjena u trendu hladnih indeksa. Trendovi su izraženiji na Jadranu, nego u unutrašnjosti, osim u Zagrebu, gdje ih vjerojatno djelomično treba pripisati utjecaju toplinskog otoka grada.

Pitanje klimatskih projekcija i promjene klime u budućnosti u Hrvatskoj razmatrali su Branković i sur. (2011.). Primjenjujući regionalni klimatski model RegCM za razdoblje

2011.–2040. predviđaju zagrijavanje ljeti za 1,8 °C, i 0,8 °C u proljeće. Temperaturni nizovi iz navedenog rada korišteni su za istraživanje u okviru ovog rada. Model RegCM dobro prikazuje prostornu razdiobu temperaturnih ekstrema između kontinentalnog i maritimnog područja Hrvatske. Međutim, kod ocjene uzastopnih dana s nekom temperaturnom graničnom vrijednošću postoji problem podcjenjivanja maksimalne temperature zraka dobivene modelom u usporedbi s izmjerenim vrijednostima. Klimatski su ekstremi, naime, često usko povezani s oštrim orografskim gradijentima. Model RegCM relativno velikom razlučivosti od 35 km, zbog složenog reljefa tla, ne uspijeva reproducirati sadašnju klimu u potpunosti. Iz toga bi razloga veća horizontalna razlučivost bila poželjna za klimatske projekcije na složenom reljefu tla na području Hrvatske.

Sredozemno područje je izuzetno ugroženo klimatskim promjenama i brzo odgovara na signal klimatskih promjena (Diffenbaugh i sur., 2007.). Pozitivan temperaturni trend od 0,9 °C/50 god s naglašenim povećanjem maksimalne temperature zamijećen je na području Toskane u Italiji u razdoblju 1955.–2007. (Bartolini, i sur., 2011.). Sezonska analiza trenda ukazuje na izraženije povećanje temperature ljeti i u proljeće u odnosu na zimu i jesen. U prošlosti su u Bugarskoj valovi vrućine bili općenito opaženi samo na krajnjem jugu dok se posljednjih godina pojavljuju, doduše rijetko, na širem području Bugarske (Gocheva i sur., 2005.). U unutrašnjosti Španjolske na području Zaragoze ljeta su danas toplija nego prije 30 godina (Aburrea i sur., 2006.). Klimatske projekcije budućih ekstremno toplih događaja pokazuju povećanje učestalosti tih događaja za 4,5 puta i njihovo produljenje trajanja za 103–230%.

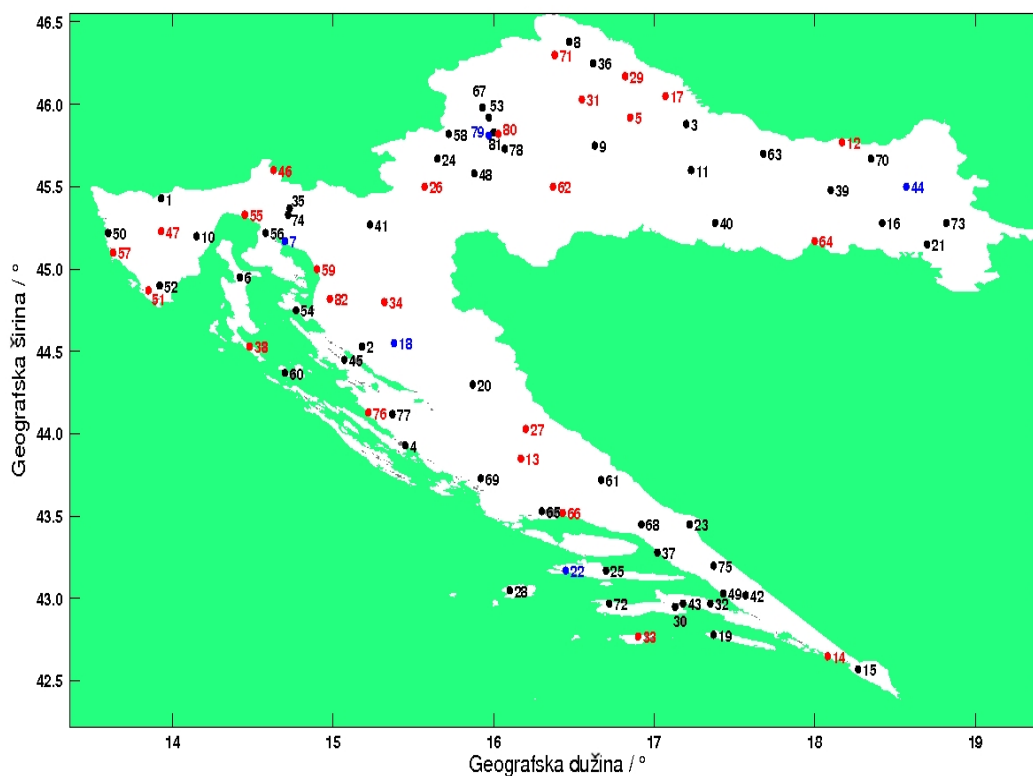
Na širem području Europe analizirani temperaturni trendovi za razdoblje 1901.–2000. pokazuju tendenciju povećanja broja toplih i smanjenje broja hladnih dana (Moberg i sur., 2006.). U Zapadnoj Europi se duljina ljetnih valova vrućine udvostručila, a učestalost vrućih dana gotovo utrostručila u razdoblju 1880.–2005. (Della-Marta i sur., 2007.). Meehl i Tebaldi (2004.) su pokazali da će valovi vrućine u Europi u drugoj polovici 21. stoljeća postati intenzivniji, češći i duljeg trajanja.

U svijetu također postoje istraživanja valova vrućine. Tako npr. za grad Mexicali u Meksiku su definirani kao barem dva uzastopna dana s temperaturom iznad 90. percentilnog temperaturnog praga (što u ovom slučaju iznosi 44 °C) i pokazano je njihovo češće pojavljivanje u razdoblju 1990.–2006. (Cueto i sur., 2010.). Do 2050. godine očekuje se povećanje učestalosti pojavljivanja valova vrućine za 5,1 puta u usporedbi s klimatološkim razdobljem 1961.–1990.

3. PODACI

Za određivanje prostorne razdiobe toplinskog stresa za potrebe poljodjelstva na području Hrvatske korišteni su nizovi maksimalnih dnevnih temperatura zraka s ukupno 82 meteorološke postaje. Na slici 3.1. svaka je postaja označena brojem čija se vrijednost može pročitati u tablici 3.1. U ovisnosti o raspoloživim duljinama nizova maksimalnih temperatura zraka, analizirana su dostupna višegodišnja razdoblja po 30 i 20 godina. Najdulji temperaturni nizovi su u razdoblju 1901.–2010. označeni plavo, nizovi razdoblja 1961.–2010. su plavi i crveni, a nizovi najkraćeg razdoblja 1981.–2010. odnose se na sve prikazane postaje.

Za potrebe statistike toplinskog stresa u obzir su uzete maksimalne dnevne temperature zraka samo iz toplog dijela godine (svibanj–listopad). U slučaju da je na pojedinoj postaji nedostajalo 20% ili više podataka iz toplog dijela godine, tada je ta godina označena kao nepostojeća u nizu i nije korištena u statističkoj obradi.



Slika 3.1. Položaji analiziranih meteoroloških postaja s pripadnim brojevima iz tablice 3.1. Obrađena su razdoblja 1901.–2010. (plave oznake), 1961.–2010. (crvene i plave oznake) i 1981.–2010. (sve postaje).

Tablica 3.1. Meteorološke postaje s pripadnim koordinatama: geografska širina (φ , °), geografska dužina (λ , °), nadmorska visina (h , m). Za svaku postaju je označeno analizirano razdoblje.

Red. br	Ime postaje	φ / °	λ / °	h / m	Analizirano razdoblje	Red. br	Ime postaje	φ / °	λ / °	h / m	Analizirano razdoblje
1.	Abrami	45,43	13,93	85	1981.–2010.	42.	Opuzen	43,02	17,57	2	1981.–2010.
2.	Baške Oštarije	44,53	15,18	924	1981.–2010.	43.	Orebić	42,97	17,18	6	1981.–2010.
3.	Bilogora	45,88	17,20	262	1981.–2010.	44.	Osijek	45,50	18,57	89	1901.–2010.
4.	Biograd	43,93	15,45	8	1981.–2010.	45.	Pag	44,45	15,07	3	1981.–2010.
5.	Bjelovar	45,92	16,85	141	1961.–2010.	46.	Parg	45,60	14,63	863	1961.–2010.
6.	Cres	44,95	14,42	5	1981.–2010.	47.	Pazin	45,23	13,93	291	1961.–2010.
7.	Crikvenica	45,17	14,70	2	1901.–2010.	48.	Pisarovina	45,58	15,88	138	1981.–2010.
8.	Čakovec	46,38	16,47	165	1981.–2010.	49.	Ploče	43,03	17,43	2	1981.–2010.
9.	Čazma	45,75	16,63	144	1981.–2010.	50.	Poreč	45,22	13,60	15	1981.–2010.
10.	Čepić	45,20	14,15	30	1981.–2010.	51.	Pula	44,87	13,85	43	1963.–2010.
11.	Daruvar	45,60	17,23	161	1981.–2010.	52.	Pula-aer.	44,90	13,92	63	1981.–2010.
12.	Donji Miholjac	45,77	18,17	97	1961.–2010.	53.	Puntijarka	45,92	15,97	988	1981.–2010.
13.	Drniš	43,85	16,17	324	1961.–2010.	54.	Rab	44,75	14,77	24	1981.–2010.
14.	Dubrovnik	42,65	18,08	52	1961.–2010.	55.	Rijeka	45,33	14,45	120	1961.–2010.
15.	Dubrovnik-aer.	42,65	18,08	52	1981.–2010.	56.	Rijeka-aer.	45,22	14,58	85	1981.–2010.
16.	Đakovo	45,28	18,42	98	1981.–2010.	57.	Rovinj	45,10	13,63	20	1961.–2010.
17.	Đurđevac	46,05	17,07	121	1961.–2010.	58.	Samobor	45,82	15,72	146	1981.–2010.
18.	Gospić	44,55	15,38	564	1901.–2010.	59.	Senj	45,00	14,90	26	1961.–2010.
19.	Goveđari	42,78	17,37	30	1981.–2010.	60.	Silba	44,37	14,70	20	1981.–2010.
20.	Gračac	44,30	15,87	567	1981.–2010.	61.	Sinj	43,72	16,67	308	1981.–2010.
21.	Gradište	45,15	18,70	97	1981.–2010.	62.	Sisak	45,50	16,37	98	1961.–2010.
22.	Hvar	43,17	16,45	20	1901.–2010.	63.	Slatina	45,70	17,68	127	1981.–2010.
23.	Imotski	43,45	17,22	435	1981.–2010.	64.	Slavonski Brod	45,17	18,00	88	1963.–2010.
24.	Jastrebarsko	45,67	15,65	138	1981.–2010.	65.	Split-aer.	43,53	16,30	21	1981.–2010.
25.	Jelsa	43,17	16,70	3	1981.–2010.	66.	Split-Marjan	43,52	16,43	122	1961.–2010.
26.	Karlovac	45,50	15,57	110	1961.–2010.	67.	Stubičke Toplice	45,98	15,93	180	1981.–2010.
27.	Knin	44,03	16,20	255	1961.–2010.	68.	Šestanovac	43,45	16,92	240	1981.–2010.
28.	Komiža	43,05	16,10	20	1981.–2010.	69.	Šibenik	43,73	15,92	77	1981.–2010.
29.	Koprivnica	46,17	16,82	141	1961.–2010.	70.	Valpovo	45,67	18,35	92	1981.–2010.
30.	Korčula	42,95	17,13	15	1981.–2010.	71.	Varaždin	46,30	16,38	167	1961.–2010.
31.	Križevci	46,03	16,55	155	1961.–2010.	72.	Vela Luka	42,97	16,72	5	1981.–2010.
32.	Kuna	42,97	17,35	357	1981.–2010.	73.	Vinkovci	45,28	18,82	85	1981.–2010.
33.	Lastovo	42,77	16,90	186	1961.–2010.	74.	Vrelo Ličanke	45,33	14,72	750	1981.–2010.
34.	Ličko Lešće	44,80	15,32	463	1961.–2010.	75.	Vrgorac	43,20	17,37	347	1981.–2010.
35.	Lokve Brana	45,37	14,73	774	1981.–2010.	76.	Zadar	44,13	15,22	5	1961.–2010.
36.	Ludbreg	46,25	16,62	158	1981.–2010.	77.	Zadar-aer.	44,12	15,37	88	1981.–2010.
37.	Makarska	43,28	17,02	52	1981.–2010.	78.	Zagreb-aer.	45,73	16,07	106	1981.–2010.
38.	Mali Lošinj	44,53	14,48	53	1961.–2010.	79.	Zagreb-Grič	45,81	15,97	157	1901.–2010.
39.	Našice	45,48	18,10	144	1981.–2010.	80.	Zagreb-Maksimir	45,82	16,03	123	1961.–2010.
40.	Nova Gradiška	45,28	17,38	186	1981.–2010.	81.	Zagreb-Rim	45,83	16,00	220	1981.–2010.
41.	Ogulin	45,27	15,23	328	1981.–2010.	82.	Zavižan	44,82	14,98	1594	1961.–2010.

4. METODE RADA

4.1. OSNOVNE STATISTIČKE METODE

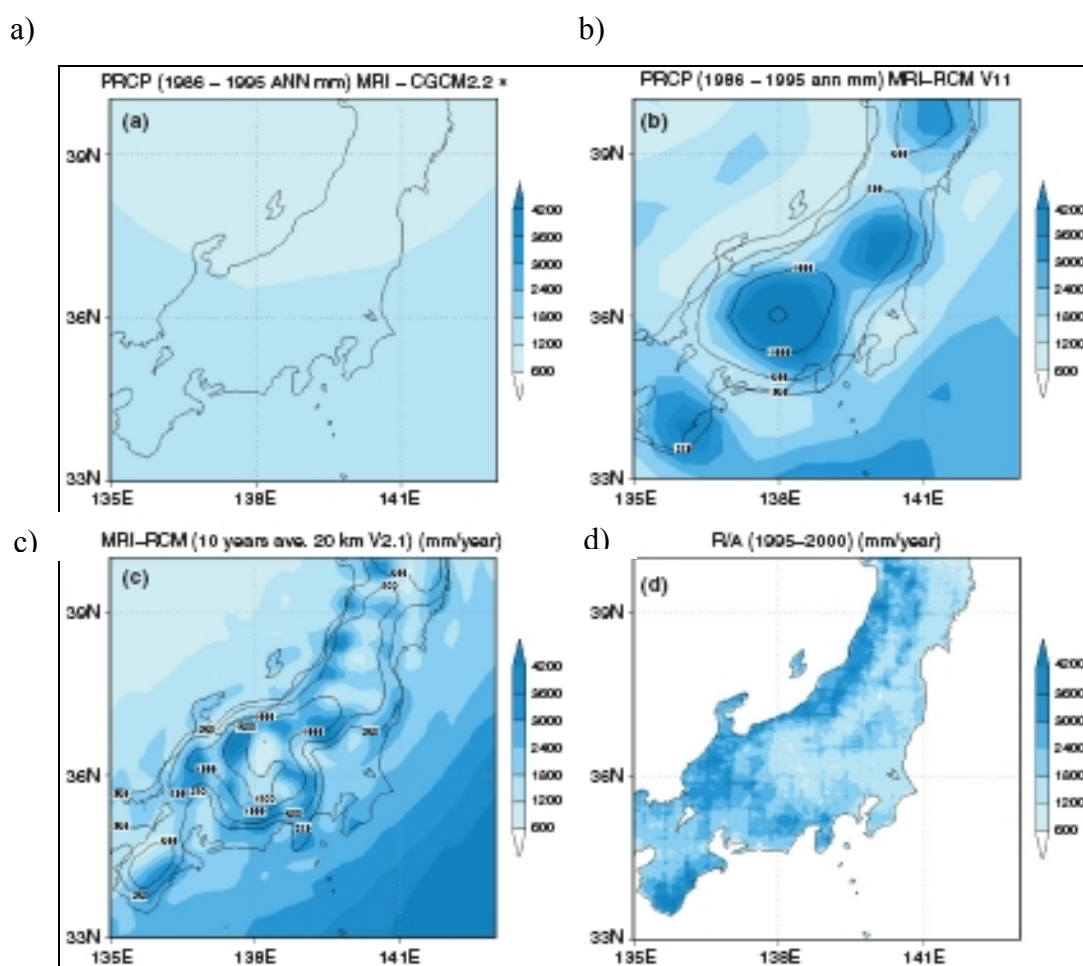
Cilj analize bio je odrediti prostornu ugroženost na području Hrvatske temeljem podataka maksimalnih temperatura s ukupno 82 meteorološke postaje. Za pet postaja bili su dostupni 110-godišnji temperaturni nizovi, za 30 postaja nizovi su bili duljine 50 godina, a za sve (82) postaje bili su dostupni 30-godišnji podaci. Za sve nizove rađena je analiza toplinskog stresa. Najdulji temperaturni nizovi su podijeljeni na 30-godišnja razdoblja (po klimatološkim razdobljima) i u tom okviru za svaku je postaju analizirana ugroženost s obzirom na poljodjelstvo. Za 50-godišnje nizove (1961.–2010.) ugroženost je utvrđena na način da se niz podijelio na dva podrazdoblja, jedno 30-godišnje (standardno klimatološko razdoblje 1961.–1990.) i drugo 20-godišnje (1991.–2010.). Za najveći broj postaja ugroženost je bila utvrđena iz 30-godišnjeg niza (1981.–2010.). Prema preporuci Eliassona (2007.) ugroženost od toplinskog stresa s obzirom na poljodjelstvo bila je definirana za postaje na kojima je unutar 30-godišnjeg analiziranog razdoblja bilo 6 ili više godina s toplinskim stresom (*TS*). Također, u slučaju nedostajućih podataka unutar razdoblja, ugroženost nekog područja bila je određena na osnovi 20%-tne granice.

S ciljem prikaza stupnja ugroženosti i radi lakšeg praćenja promjene stupnja ugroženosti pojedine postaje kroz povijest klimatoloških razdoblja, osmišljeni su stupnjevi (ne)ugroženosti. Rezultati su grupirani u ukupno šest grupa, tri grupe za neugrožena i tri za ugrožena područja. Ako se nije dogodio ni jedan toplinski stres u promatranom razdoblju, onda je to razdoblje označeno kao potpuno neugroženo, 1–9% godina s toplinskim stresom unutar razdoblja kao srednja neugroženost, 10–19% takvih godina je označeno kao granična neugroženost. Sljedeća tri stupnja su definirana na osnovi granica: 20–49%, 50–79%, 80–100%. U skladu s time crtane su karte prostorne ugroženosti s obzirom na toplinski stres na području Hrvatske. Crvenim točkama označena su ugrožena područja, a plavim točkama označena su neugrožena područja.

Kako je već navedeno, razvijenost reljefa tla Hrvatske i klimatološko-biološka raznolikost otežava definiranje određene granične temperature za toplinski stres. Zbog mogućnosti praćenja promjene maksimalne temperature zraka u različitim klimatskim razdobljima, izračunati su sljedeći statistički parametri po mjesecima i u toplom dijelu godine: srednja maksimalna temperatura, medijan, standardna devijacija, 90., 95. i 99. percentil za sve postaje u navedenim 30- i 20-godišnjim razdobljima.

4.2. GLOBALNI I REGIONALNI KLIMATSKI MODEL

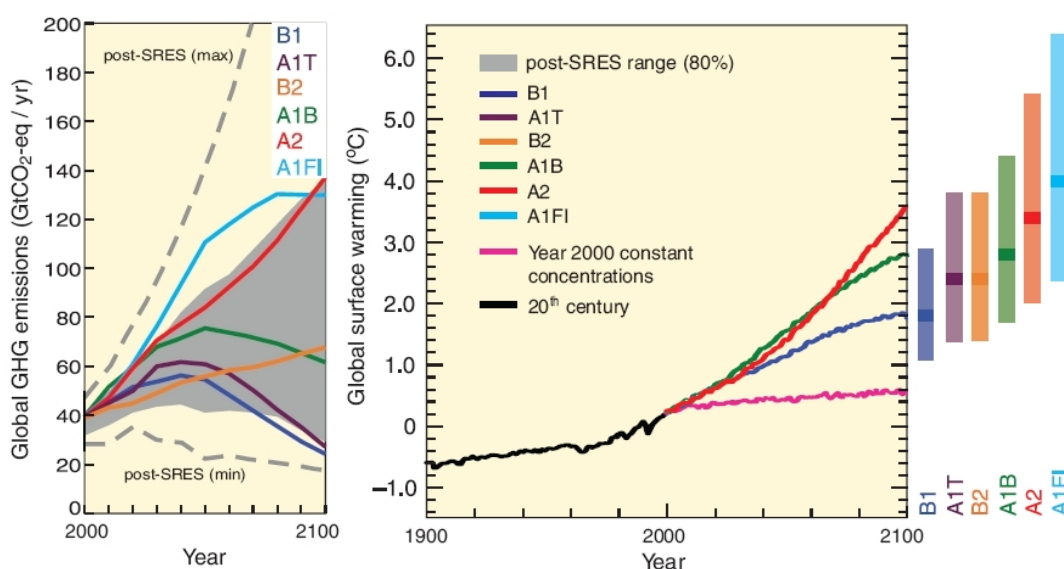
Globalni klimatski modeli (*Global Climate Model*, GCM) su osnovni istraživački alat za razumijevanje buduće klime (Rummukainen, 2010.). Tipična razlučivost GCM-a je 100–200 km (IPCC AR4, 2007), a stvarna im je reda veličine 1000 km (Grotch i MacCracken, 1991.). Na takvoj je razlučivosti moguće proučavati vremenske pojave velikih razmjera dok one regionalnih i lokalnih razmjera (npr. intenzivna oborina) ostaju nezapažene. Povećanje razlučivosti GCM-ova zahtijeva znatno povećanje računalnih kapaciteta. To često nije moguće i zato se za analizu pojava manjih razmjera uz uvažavanje regionalnih obilježja koriste regionalni klimatski modeli (eng. *Regional Climate Model*, RCM).



Slika 4.1. Simulirana oborina nad Japanom (a) GCM, razlučivost 280 km; (b) RCM, razlučivost 60 km; (c) RCM, razlučivost 20 km; (d) kombinacija radara i mjerenja AMeDAS, razlučivost 5 km (Rummukainen, 2010.)

Regionalni klimatski modeli se ponekad popularno nazivaju povećalom (slika 4.1), jer oni iz GCM-a statistički ili dinamički prilagođavaju meteorološke veličine u mreži točaka s manje na veću horizontalnu razlučivost (eng. *statistical / dynamical downscaling*). To su u osnovi modeli za ograničeno područje koji se primjenjuju u numeričkoj prognozi vremena (eng. *Numerical Weather Prediction*, NWP). Tipična razlučivost im je 25–50 km, a moguće su projekcije i u manjim razmjerima. Međutim, kod povećanja razlučivosti dolazi se do ograničenja modela što zahtijeva veće računalne kapacitete, često puta ne postoje izmjereni podaci na većoj razlučivosti, u ovisnosti o razmjerima mijenja se reprezentativnost fizičkih procesa u modelu. Osim toga, za svaku je razlučivost uobičajeno raditi više različitih projekcija (ansambla) koji uključuju različite početne uvjete i različite emisijske scenarije stakleničkih plinova (scenariji SRES).

U ovom radu su korišteni podaci dobiveni iz rada Branković i sur. (2011.) koji su dobiveni modelom RegCM3 na razlučivosti 35 km za scenarij SRES A2. Dakle, uzeta je samo jedna projekcija regionalnog modela. Scenariji SRES su alternativni scenariji za budućnost koji uzimaju u obzir različitu količinu rezervi fosilnih goriva, različite stope gospodarskog rasta, različite stope tehnološkog napretka i različite stope porasta stanovništva. Nazivi scenarija su jednostavni: A1, A2, B1, B2. Predviđaju globalno povećanje stakleničkih plinova (eng. *Greenhouse Gases*, GHGs) od 25–90% u razdoblju 2000.–2030., a fosilno bi gorivo prevladavalo u globalnoj opskrbi energijom do 2030. godine, pa i poslije.



Slika 4.2: Scenariji za emisiju stakleničkih plinova (lijevo) i globalnog zagrijavanja (desno) do 2100. godine. (IPCC AR4, 2007.).

Scenarij A2 predviđa visoki porast stakleničkih plinova (CO_2 , N_2O , CH_4 i SO_2) i aerosoli (slika 4.2). Ostale karakteristike tog scenarija su: intenzivan porast stanovništva, a gospodarski rast i tehnološki razvoj su usporeni u usporedbi s ostalim scenarijima. S ciljem otkrivanja sistemske pogreške modela, modelirani nizovi meteoroloških veličina su uspoređivani s mjerenim podacima s meteoroloških postaja iz referentnog klimatološkog razdoblja 1961.–1990. Dakle, izračunata je razlika između modeliranih i mjerenih podataka maksimalne dnevne temperature zraka za topli dio godine.

Kod projekcije maksimalne dnevne temperature zraka ne može se opravdati pretpostavka da će model u budućnosti podcijeniti ili precijeniti temperature zraka za iznos za koji ih je podcijenio ili precijenio za referentno klimatološko razdoblje. Iz dobivenih modeliranih podataka za budućnost se može procijeniti tendencija promjene maksimalne dnevne temperature u promijenjenim budućim klimatskim uvjetima. Zbog toga su za definiranje temperaturne granice toplinskog stresa u budućoj klimi analizirani 90., 95. i 99. percentil maksimalne dnevne temperature zraka.

5. REZULTATI

5.1. ANALIZA TOPLINSKOG STRESA U SEKULARNOM RAZDOBLJU

Za definiranje kritične maksimalne dnevne temperature zraka odgovorne za toplinski stres, koji negativno djeluje na poljodjelske kulture, promatrane su njegove vremenske promjene unutar 30-godišnjih razdoblja kao i posljednjeg 20-godišnjeg razdoblja 1991.–2010. unutar sekularnog razdoblja 1901.–2010. Za pet postaja (Osijek, Zagreb-Grič Gospić, Crikvenica i Hvar) dostupni su tako dugi nizovi meteoroloških podataka koji su poslužili za analizu toplinskog stresa. Za analizu toplinskog stresa na području Hrvatske uzeta su razdoblja s 10 i više uzastopna dana s T_{maks} u rasponu od 30 °C do 34 °C s pomakom po 1 °C što je i prostorno prikazano.

Tablica 5.1. Broj razdoblja toplinskog stresa (TSR), broj dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka ≥ 30 °C, 31 °C, 32 °C, 33 °C i 34 °C (DT) i sezonska relativna čestina pojavljivanja toplinskog stresa (TSF) za odabrane postaje za razdoblja 1901.–1930., 1931.–1960., 1961.–1990. i 1991.–2010. Crveno i podebljano su označene meteorološke postaje ugrožene s obzirom na toplinski stres u poljodjelstvu kada je $TSF \geq 20\%$.

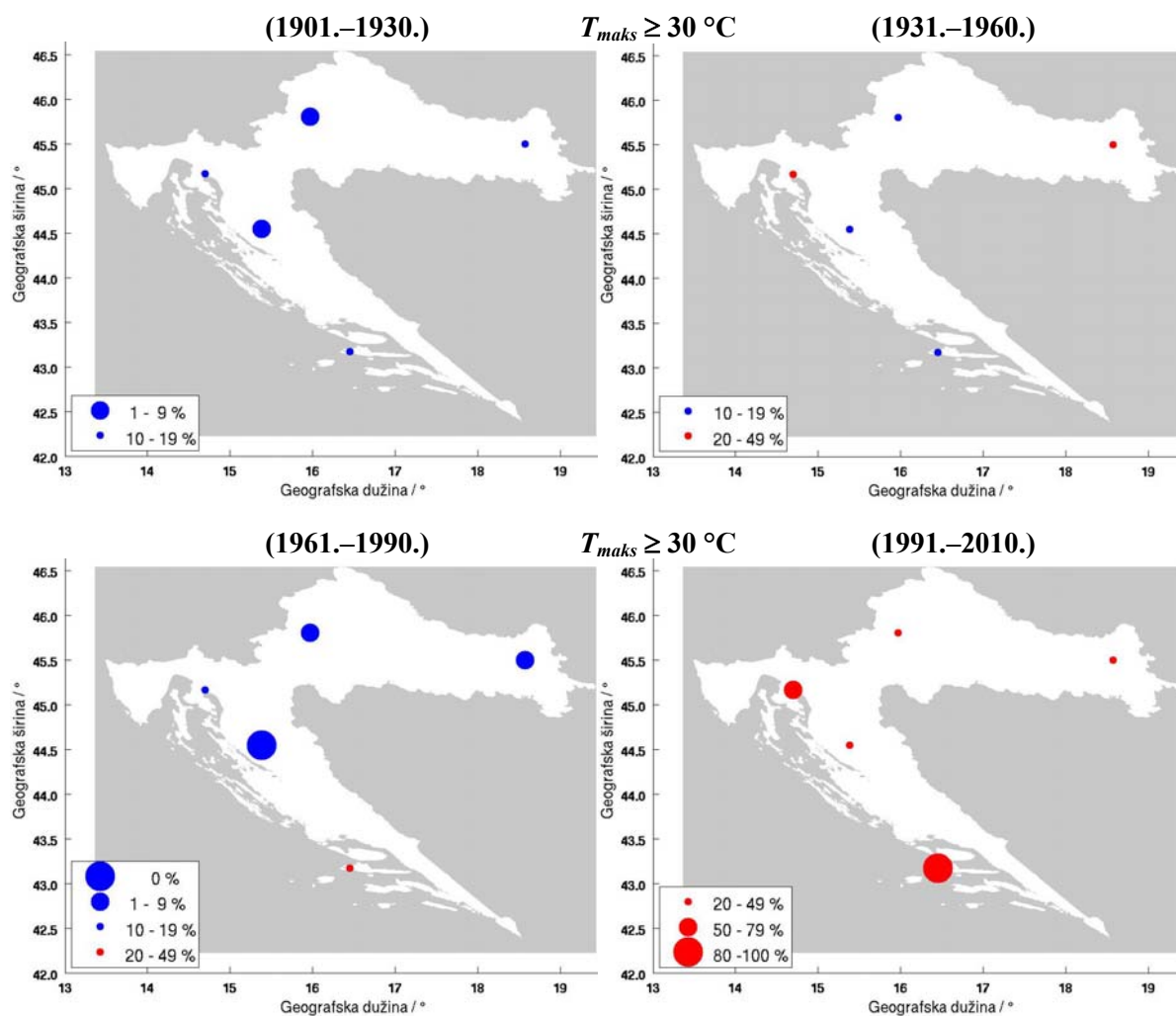
Postaja	Razdoblje	≥ 30 °C			≥ 31 °C			≥ 32 °C			≥ 33 °C			≥ 34 °C		
		TSR	DT	TSF	TSR	DT	TSF	TSR	DT	TSF	TSR	DT	TSF	TSR	DT	TSF
Crikvenica	1901.–1930.	4	478	0,13	3	288	0,10	3	143	0,10	0	62	0,00	0	35	0,00
	1931.–1960.	11	917	0,37	8	626	0,27	4	375	0,13	1	210	0,03	1	124	0,03
	1961.–1990.	5	556	0,18	1	317	0,04	0	148	0,00	0	68	0,00	0	21	0,00
	1991.–2010.	11	630	0,58	6	409	0,32	0	233	0,00	0	139	0,00	0	74	0,00
Gospić	1901.–1930.	1	235	0,05	1	132	0,05	0	79	0,00	0	37	0,00	0	11	0,00
	1931.–1960.	3	343	0,12	2	204	0,08	1	120	0,04	0	77	0,00	0	43	0,00
	1961.–1990.	0	193	0,00	0	106	0,00	0	53	0,00	0	25	0,00	0	7	0,00
	1991.–2010.	4	352	0,20	1	219	0,05	0	125	0,00	0	70	0,00	0	31	0,00
Hvar	1901.–1930.	3	339	0,14	1	181	0,05	0	100	0,00	0	46	0,00	0	20	0,00
	1931.–1960.	3	626	0,12	1	365	0,04	1	184	0,04	0	85	0,00	0	46	0,00
	1961.–1990.	12	880	0,40	1	490	0,03	1	240	0,03	0	99	0,00	0	29	0,00
	1991.–2010.	16	913	0,80	11	603	0,55	4	368	0,20	1	211	0,05	0	93	0,00
Osijek	1901.–1930.	4	944	0,14	2	681	0,07	1	489	0,03	0	334	0,00	0	210	0,00
	1931.–1960.	7	890	0,25	2	624	0,07	0	431	0,00	0	274	0,00	0	182	0,00
	1961.–1990.	2	770	0,07	1	513	0,03	1	303	0,03	1	170	0,03	0	88	0,00
	1991.–2010.	7	653	0,35	5	487	0,25	4	357	0,20	1	226	0,05	0	125	0,00
Zagreb-Grič	1901.–1930.	2	467	0,07	1	279	0,03	1	149	0,03	0	91	0,00	0	48	0,00
	1931.–1960.	3	548	0,10	0	312	0,00	0	184	0,00	0	104	0,00	0	63	0,00
	1961.–1990.	1	309	0,03	0	154	0,00	0	81	0,00	0	31	0,00	0	11	0,00
	1991.–2010.	7	522	0,35	4	370	0,20	2	235	0,10	1	126	0,05	0	62	0,00

Iz tablice 5.1 se vidi, za svih pet promatranih postaja, dva razdoblja su toplija, a dva su hladnija. U skladu s takvom podjelom početno razdoblje (1901.–1930.) pripada hladnijem klimatološkom razdoblju. Ako se ugroženost s obzirom na poljodjelstvo definira s kritičnom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka većom ili jednakom od 30 °C, ni jedna od promatranih meteoroloških postaja ne pokazuje ugroženost od toplinskog stresa (slika 5.1).

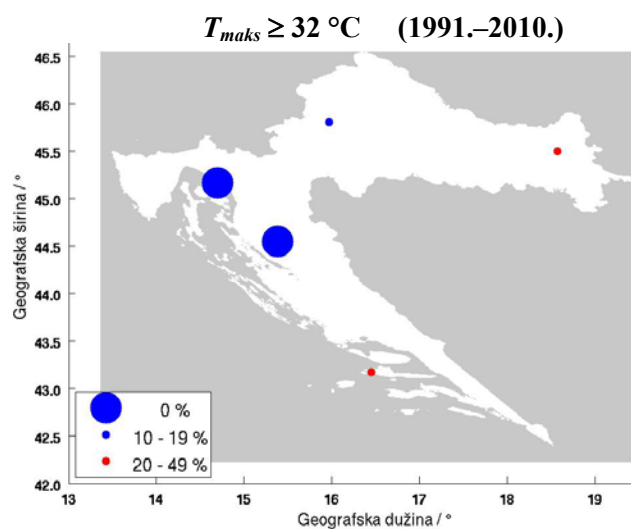
Sljedeće klimatološko razdoblje (1931.–1960.) pripada toplijem razdoblju. Uz kritičnu maksimalnu dnevnu temperaturu zraka od 30 °C, iz usporedbe s prethodnim klimatološkim razdobljem (1901.–1930.) vidljivo je da se broj dana s T_{maks} iznad kritične temperature (DT) i broj razdoblja toplinskog stresa (TSR) uvećao otprilike dva puta svugdje osim na postaji Hvar. Zbog porasta pojave toplinskog stresa na postajama Crikvenica i Osijek, ta su područja ugroženija toplinskim stresom u odnosu na ostale promatrane lokacije. Povećanjem kritične T_{maks} na 31 °C samo područje Crikvenice pokazuje ugroženost od toplinskog stresa s obzirom na poljodjelsku proizvodnju (prilog 1.1). Klimatološko razdoblje 1961.–1990. pripada hladnijem klimatološkom razdoblju i s kritičnom T_{maks} od 30 °C samo postaja Hvar je ugrožena (slika 5.1). Daljnjim povećanjem kritične maksimalne temperature ni jedna promatrana postaja nije bila ugrožena s obzirom na djelovanje toplinskog stresa u poljodjelstvu (prilozi 1.1–1.4).

Posljednje 20-godišnje razdoblje 1991.–2010. je daleko najtoplije na svim meteorološkim postajama. Iako je analizirani niz podataka kraći za 10 godina u odnosu na ostala promatrana klimatološka razdoblja, za kritičnu T_{maks} od 30 °C sve postaje pokazuju sezonsku relativnu čestinu pojave (TSF) toplinskog stresa veću ili jednaku od 20%. To znači da se u svim promatranim područjima pojavila ugroženost na toplinski stres ako je kritična T_{maks} jednaka 30 °C (slika 5.1). Iz toga slijedi da bi kriterij za toplinski stres bio preblag uz T_{maks} od 30 °C. Veličina TSF pokazuje da je veća ugroženost na toplinski stres u Hvaru i Crikvenici nego za Osijek, Zagreb-Grič i Gospić. Međutim, na postajama Osijek i Crikvenica pojavila se veća učestalost toplinskog stresa posljednja dva desetljeća u odnosu na toplo klimatološko razdoblje 1931.–1960. (tablica 5.1).

Povećanjem kritične T_{maks} na 31 °C Gospić više nije ugrožen (prilog 1.4) dok su za sljedeću kritičnu temperaturu zraka od 32 °C ugrožena područja Hvara i Osijeka (slika 5.2.). Daljnjim povećanjem kritične maksimalne dnevne temperature zraka na 33 °C i 34 °C pet promatranih postaja ne zadovoljavaju kriterij 10 uzastopnih dana s tako visokom temperaturom (prilog 2).



Slika 5.1. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 30\text{ °C}$ na području Hrvatske u razdobljima 1901.–1930., 1931.–1960., 1931.–1960. i 1991.–2010.



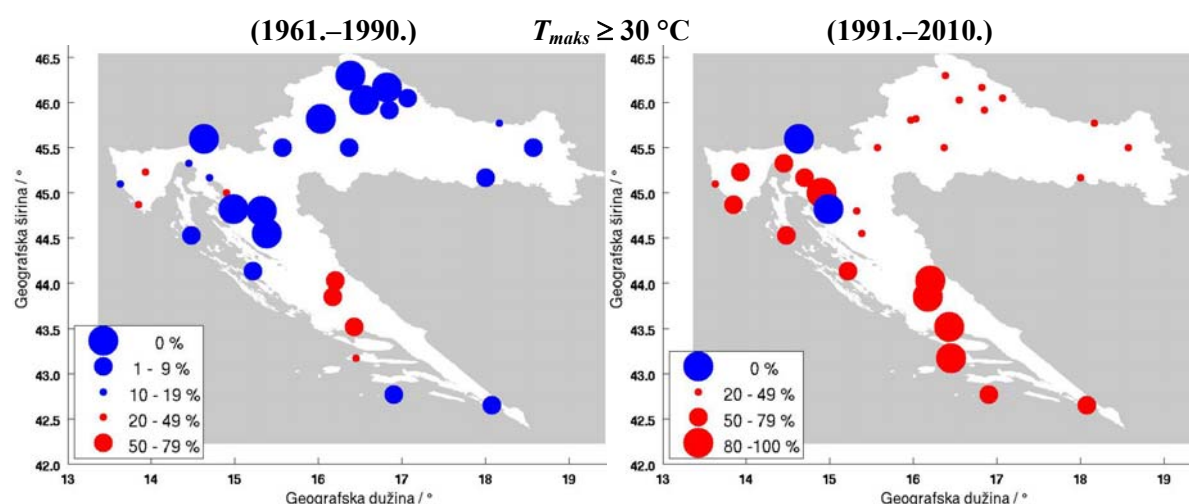
Slika 5.2. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 32\text{ °C}$ na području Hrvatske u razdoblju 1991.–2010.

5.2. ANALIZA TOPLINSKOG STRESA U SADAŠNJOJ KLIMI

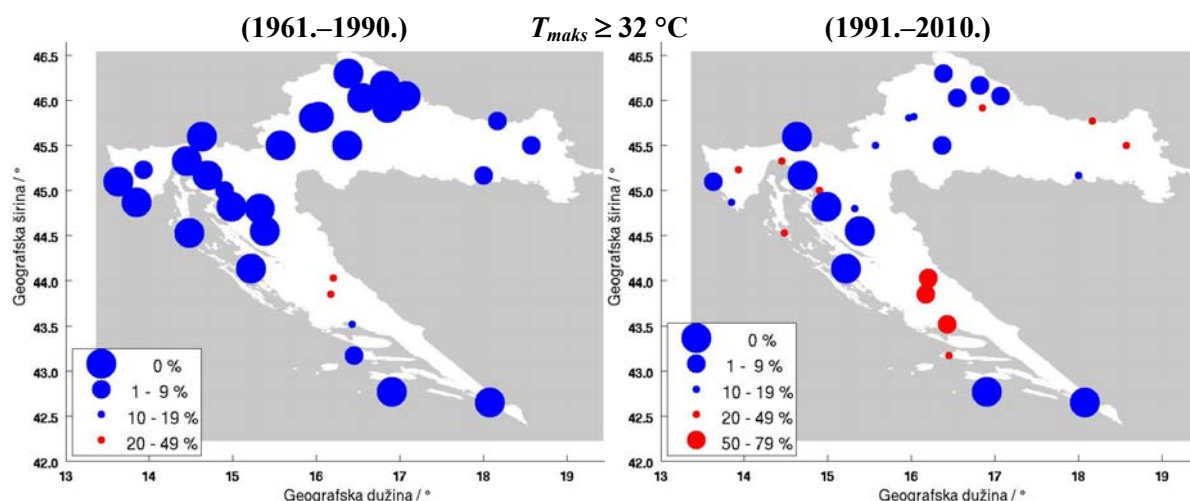
Za razdoblja 1961.–1990. bili su dostupni podaci s 30 meteoroloških postaja dok su za 30-godišnje razdoblje 1981.–2010. dostupni podaci s 82 meteorološke postaje (prilozi 2–3. i 7–9.). Na slici 5.3 se vidi da su uz kritičnu T_{maks} od 30 °C u referentnom klimatološkom razdoblju 1961.–1990. s obzirom na toplinski stres u poljodjelstvu ugrožena područja u Istri (Pula i Pazin), na sjevernom hrvatskom primorju samo Senj, i kao najugroženije područje srednja Dalmacija (Knin, Drniš, Split-Marjan i Hvar). Iz toga slijedi da je na području Hrvatske ugroženo 23% meteoroloških postaja u odnosu na preostale analizirane postaje.

Na slici 5.5. vidi se da su uz kritičnu T_{maks} od 30 °C u posljednjem 30-godišnjem razdoblju 1981.–2010. s obzirom na toplinski stres neugrožena područja u gorskoj Hrvatskoj (Baške Oštarije, Gospić, Lokve Brana, Ogulin, Parg, Vrelo Ličanke i Zavižan) te Puntijarka kao najviša postaja u središnjoj Hrvatskoj te Poreč i Križevci. Iz toga slijedi da na području Hrvatske nije samo 12% meteoroloških postaja ugroženo u odnosu na 82 analizirane postaje. Dakle, posljednjih 30 godina naglo se proširilo područje ugroženo od toplinskog stresa uz kritičnu T_{maks} od 30 °C.

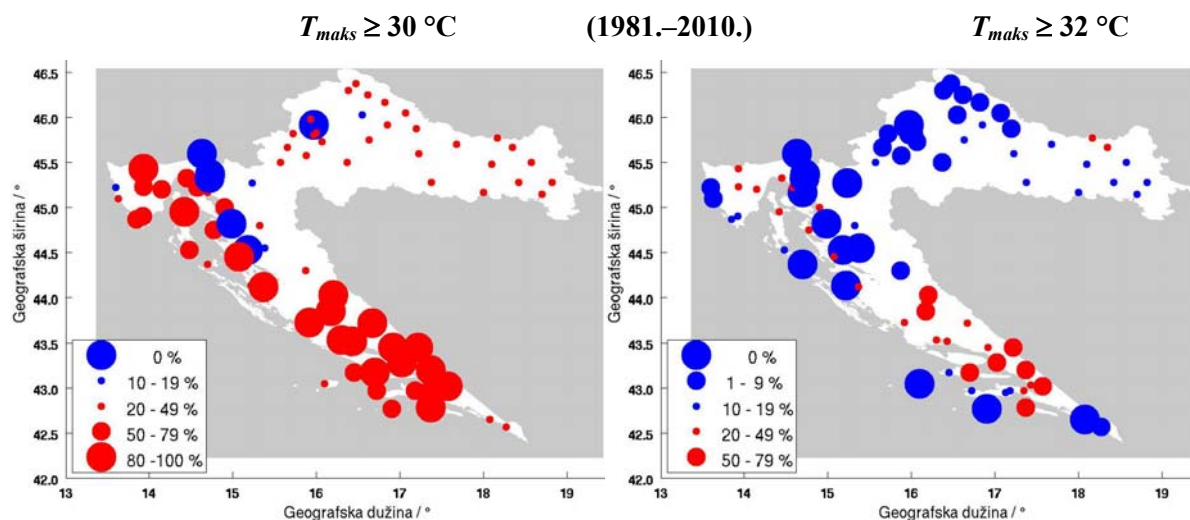
Tako se toplinski stres širi od Dalmacije prema sjevernom Jadranu, ali i od jadranskih otoka i obale prema unutrašnjosti Hrvatske gdje je ugroženost 2–3 puta manja nego na priobalju. Rezultat analize se uklapa u dosadašnja istraživanja na Sredozemlju koje je proglašeno izuzetno ugroženim mjestom od klimatskih promjena u Europi (Diffenbaugh i sur., 2007.).



Slika 5.3. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka ≥ 30 °C za 30 meteoroloških postaja u razdobljima 1961.–1990. i 1991.–2010.



Slika 5.4. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 32\text{ °C}$ za 30 meteorološke postaje u razdobljima 1961.–1990. i 1991.–2010.



Slika 5.5. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 30\text{ °C}$ i $\geq 32\text{ °C}$ za 82 meteorološke postaje na području Hrvatske u razdoblju 1981.–2010.

Pri povećanju kritične maksimalne dnevne temperature zraka na 32 °C , broj ugroženih područja, ali i intenzitet ugroženosti se znatno smanjio u oba 30-godišnja razdoblja (slike 5.4–5.5). Dramatičniji prikaz te pojave se može pratiti u prilogu 3. Najdulje razdoblje od 90 uzastopnih dana s $T_{maks} \geq 30\text{ °C}$ je zabilježeno u Govedarima na otoku Mljetu od 28. svibnja do 25. kolovoza 2003. (prilog 10). Analiza toplinskog stresa na temelju bitno većeg broja postaja potvrdila je zaključak da je kritični T_{maks} od 30 °C za definiranje TS premali, ali i da ne može biti veći od 32 °C za područje Hrvatske.

5.3. PROJEKCIJA TOPLINSKOG STRESA U BUDUĆOJ KLIMI

Odgovor na pitanje da li postoji i daljnji porast ugroženosti od toplinskog stresa u Hrvatskoj u budućnosti, pokušat će se dobiti odgovor iz projekcija maksimalne dnevne temperature zraka za dva buduća klimatološka razdoblja: 2011.–2040. i 2041.–2070. dobivene pomoću regionalnog klimatskog modela (RegCM) u točkama mreže koje su najbliže meteorološkim postajama Zagreb-Grič, Crikvenica, Gospić, Osijek, Hvar i Knin (tablica 5.2). Pored ovih pet postaja koje imaju sekularne temperaturne nizove za analizu toplinskog stresa u budućim klimatskim uvjetima uzeto je i kninsko područje kao najugroženije područje s obzirom da su tamo zabilježene $T_{maks} \geq 35$ °C s trajanjem od 10 uzastopnih dana. Za ovu analizu su korišteni modelirani nizovi maksimalnih dnevnih temperatura preuzeti od Branković i sur. (2011.). Iz tih temperaturnih polja dalje su izračunate projekcije toplinskog stresa i ugroženosti promatranih područja s obzirom na poljodjelstvo.

Tablica 5.2. Usporedba stvarnih položaja postaja (geografska širina, dužina i nadmorska visina) s položajima najbližih točaka tim postajama u modelu RegCM.

Ime postaje	Meteorološke postaje			Točke mreže modela RegCM		
	$\varphi / ^\circ$	$\lambda / ^\circ$	h / m	$\varphi / ^\circ$	$\lambda / ^\circ$	h / m
Crikvenica	45,17	14,70	2	45,02	14,87	290
Gospić	44,55	15,38	564	44,67	15,29	440
Hvar	43,17	16,45	20	43,32	16,49	0
Knin	44,03	16,20	255	43,98	16,12	500
Osijek	45,50	18,57	89	45,44	15,87	113
Zagreb-Grič	45,81	15,97	157	45,93	15,87	250

Da bi se uočile (i eventualno otklonile) sustavne pogreške modela, modelirane vrijednosti temperature zraka za razdoblje 1961.–1990. uspoređene su s izmjeranim vrijednostima maksimalnih dnevnih temperatura zraka na navedenim postajama u referentnom klimatološkom razdoblju. Za sve postaje model RegCM podcjenjuje maksimalnu temperaturu zraka u prosjeku od -1.5 °C u Hvaru do -6.8 °C u Kninu u toplom dijelu godine (tablica 5.3. i prilog 4). Zbog toga se kod izračuna projekcija toplinskog stresa granica kritične maksimalne dnevne temperature zraka snizila s 30 °C na 25 °C, a ugroženosti područja s obzirom na toplinski stres u poljodjelstvu su analizirane u temperaturnim granicama od 25 °C do 32 °C po 1 °C (prilozi 5. 6. i 11).

Međutim, da bi se modelirane i izmjerene maksimalne dnevne temperature zraka mogle međusobno uspoređivati, bez obzira na temperaturno podcjenjivanje modela i bez

obzira na klimatska obilježja područja (kontinentalna i maritimna klima), analizirani su 90., 95. i 99. percentili kao temperaturne granice za toplinski stres u toplom dijelu godine za referentno razdoblje 1961.–1990. Modelirane vrijednosti T_{maks} i ugroženosti od toplinskog stresa promatranih područja u referentnom klimatološkom razdoblju su poslužile za utvrđivanje promjene maksimalne temperature i potencijalnog povećanja ugroženosti od toplinskog stresa u budućim klimatskim uvjetima.

Iz tablice 5.3. se vidi da model za sve mjesece toplog dijela godine (osim u lipnju za Hvar) podcijeni medijane i srednje maksimalne dnevne temperature zraka (T_{msr}). Usporedba izmjerenih i modeliranih vrijednosti standardne devijacije ukazuje na to da su velikom većinom modelirane vrijednosti veće od izmjerenih standardnih devijacija. Dakle, razdioba modeliranih vrijednosti T_{maks} je jače spljoštena u odnosu na razdiobu izmjerenih vrijednosti T_{maks} . Modelirane vrijednosti 90., 95. i 99. percentila su otprilike u 2/3 slučajeva podcijenjene u odnosu na izmjerene. Percentili izmjerene T_{maks} su podcijenjeni za Hvar u svim promatranim mjesecima, osim listopada, te za Osijek od lipnja do rujna. Unatoč tome što model podcjenjuje percentile temperaturnih vrijednosti, raspon između percentila (npr. p99-p90 i p99-p95) ukazuje ponovo na jače razvučenu razdiobu modeliranih vrijednosti u odnosu na izmjerene.

Usporedba modeliranih i izmjerenih vrijednosti T_{maks} u toplom dijelu godine pokazuje najveća negativna odstupanja za Knin (između -7.4°C i -6.6°C). Zbog nedovoljne razlučivosti modela RegCM od 35 km, u složenom reljefu tla kao što su područja uzduž jadranske obale i u gorskoj Hrvatskoj, vrlo je teško dobro procijeniti maksimalne vrijednosti temperature zraka koje su povezane s naglim promjenama visine terena (Branković i sur., 2011.).

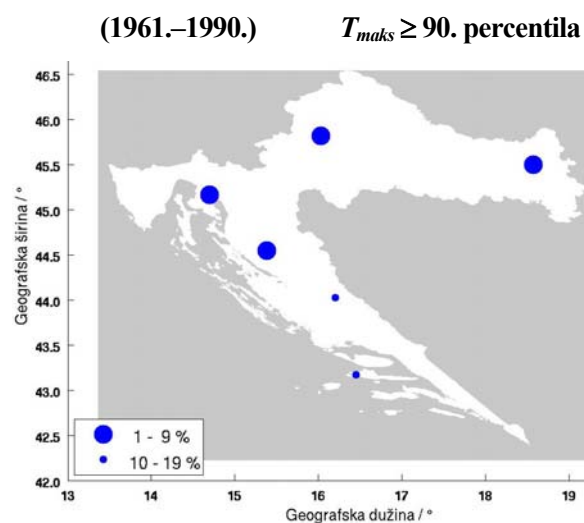
Postaja Knin se nalazi na 255 m nadmorske visine, a u modelu je skoro na dvostruko većoj visini od 500 m (tablica 5.3). Osim toga, u modelu su na tom području definirane žitarice i mješoviti uzgoj za vegetacijski pokrov (Elguindi i sur., 2007.). No, u stvarnosti Knin je smješten u dolini okružen planinama i krškim tipom biljnog pokrova. Takav tip pokrova uzrokuje znatno više temperature zraka nego li što to model simulira tj. postoji sustavna pogreška modela. Najmanje razlike između modeliranih i izmjerenih vrijednosti srednjih maksimalnih temperatura zraka su dobivene za Hvar u lipnju i srpnju i iznose $0,3^{\circ}\text{C}$ odnosno $0,4^{\circ}\text{C}$.

Tablica 5.3. Usporedba izmjerenih i modeliranih vrijednosti na odabranim postajama za referentno klimatološko razdoblje 1961.–1990., u toplom dijelu godine i po mjesecima. Crveno i podebljano su označene izmjerene vrijednosti manje od modeliranih vrijednosti.

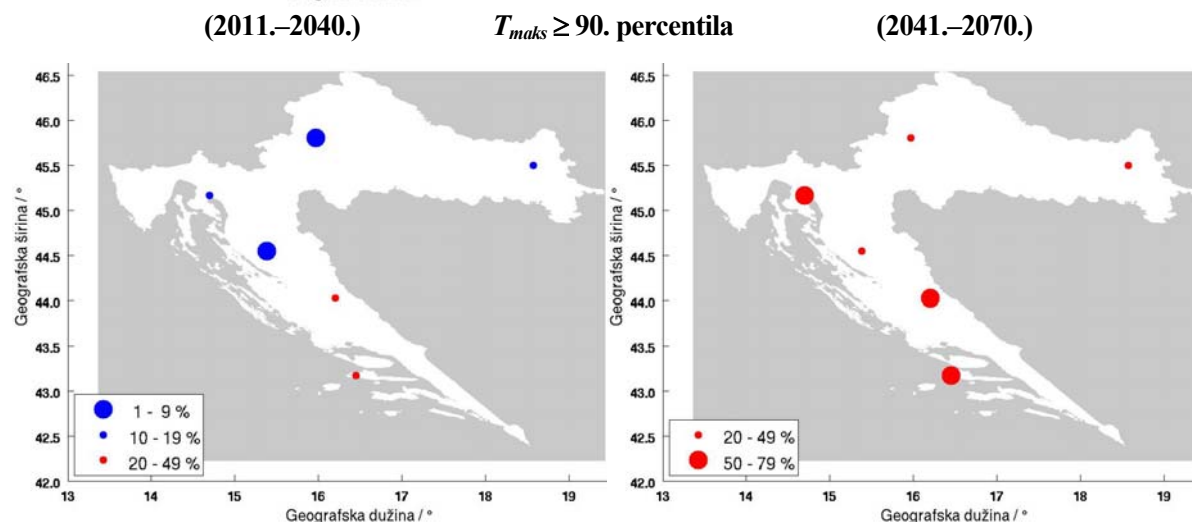
Postaja	Razdoblje	Izmjerene vrijednosti (I)						Modelirane vrijednosti (M)						M-I
		<i>T_{msr}</i>	<i>Std</i>	<i>Med</i>	p90	p95	p99	<i>T_{msr}</i>	<i>Std</i>	<i>Med</i>	p90	p95	p99	<i>T_{msr}</i>
Crikvenica	1961.–1990.	18,3	7,3	17,8	28,4	30,0	32,4	13,6	7,6	13,1	23,8	26,5	31,0	-4,7
	Topli dio godine	24,3	4,5	24,5	30,0	31,2	33,1	19,4	5,3	19,2	26,5	28,8	32,0	-4,9
	Svibanj	21,1	3,5	21,2	25,5	27,0	29,6	16,6	3,4	16,4	21,0	22,5	25,4	-4,5
	Lipanj	25,0	3,3	25,0	29,2	30,2	32,0	21,1	3,6	20,8	25,8	27,6	31,2	-3,9
	Srpanj	28,2	2,9	28,3	31,6	32,5	34,0	23,5	3,9	23,0	29,1	30,7	33,5	-4,7
	Kolovoz	27,6	3,1	27,7	31,5	32,4	34,1	23,0	4,4	22,1	29,4	31,2	33,5	-4,6
	Rujan	24,0	3,0	24,0	28,1	29,0	30,4	19,1	4,6	18,3	25,7	28,3	30,8	-4,9
	Listopad	19,5	3,2	19,6	23,3	24,6	26,5	13,3	3,3	13,4	17,3	18,7	20,9	-6,2
Gospić	1961.–1990.	14,1	9,2	14,6	25,8	27,7	30,9	12,9	7,6	12,4	23,1	25,6	29,6	-1,2
	Topli dio godine	21,1	5,4	21,5	27,7	29,2	31,8	18,6	5,2	18,6	25,5	27,4	30,7	-2,5
	Svibanj	18,6	4,3	18,8	24,0	25,0	27,0	15,9	3,8	15,7	20,9	22,6	25,5	-2,7
	Lipanj	22,1	4,0	22,2	27,2	28,0	30,1	20,5	4,0	20,3	25,7	27,4	31,2	-1,6
	Srpanj	24,8	3,9	25,3	29,4	30,6	33,0	22,8	3,9	22,5	27,9	29,6	32,6	-2,0
	Kolovoz	24,6	4,2	24,6	30,2	31,3	33,3	21,9	3,9	21,3	27,5	29,1	31,2	-2,7
	Rujan	20,9	4,5	21,3	26,2	27,8	30,4	18,0	4,2	17,5	24,2	26,0	28,6	-2,9
	Listopad	15,4	4,9	16,0	21,4	23,0	25,6	12,8	3,4	12,8	17,1	18,1	20,3	-2,6
Hvar	1961.–1990.	20,3	6,7	19,8	29,4	30,7	32,8	18,0	8,1	17,0	29,6	31,6	34,7	-2,3
	Topli dio godine	25,8	3,9	26,0	30,7	31,7	33,4	24,3	5,6	24,5	31,6	33,1	35,6	-1,5
	Svibanj	22,1	2,8	22,0	25,7	26,6	28,3	21,1	3,9	20,9	26,1	27,8	30,0	-1,0
	Lipanj	26,1	2,8	26,1	29,8	30,7	31,9	26,4	4,0	26,4	31,5	32,9	36,1	0,3
	Srpanj	29,3	2,3	29,3	32,1	33,0	34,4	28,9	3,6	28,9	33,6	34,8	36,6	-0,4
	Kolovoz	29,0	2,5	29,1	32,2	33,0	34,3	28,1	3,9	28,0	33,5	34,4	36,5	-0,9
	Rujan	26,1	2,5	26,2	29,3	30,0	31,2	23,6	4,4	23,1	30,0	31,7	33,4	-2,5
	Listopad	21,9	2,8	22,0	25,3	26,3	27,5	17,4	3,3	17,2	21,6	23,3	25,6	-4,5
Knin	1961.–1990.	18,9	8,7	19,0	30,4	32,4	35,6	13,1	7,7	12,3	23,7	26,6	30,7	-5,8
	Topli dio godine	25,7	5,4	25,9	32,4	33,9	36,5	18,9	5,5	18,6	26,6	28,6	31,8	-6,8
	Svibanj	22,7	4,1	22,9	28,0	29,2	31,1	15,6	3,6	15,5	20,2	22,1	24,4	-7,1
	Lipanj	26,3	3,9	26,6	31,4	32,0	34,1	20,4	3,9	20,0	25,6	27,2	31,4	-5,9
	Srpanj	29,7	3,8	30,1	34,3	35,6	37,7	23,1	4,0	22,8	28,5	30,1	32,3	-6,6
	Kolovoz	29,6	4,2	29,8	34,7	36,0	37,6	22,8	4,6	22,1	29,2	31,1	33,1	-6,8
	Rujan	25,6	4,3	25,9	30,7	32,2	34,7	18,6	4,9	17,6	26,4	28,4	31,0	-7,0
	Listopad	20,2	4,4	20,4	25,8	27,4	29,2	12,8	3,4	12,9	17,1	18,4	20,6	-7,4
Osijek	1961.–1990.	16,4	10,1	17,7	28,8	30,7	33,5	14,7	8,5	14,2	26,2	29,8	34,6	-1,7
	Topli dio godine	24,0	5,5	24,6	30,7	32,1	34,5	21,0	6,2	20,4	29,8	32,3	36,1	-3,0
	Svibanj	22,5	4,7	23,0	28,2	29,6	32,7	18,1	4,1	17,6	23,5	25,4	29,3	-4,4
	Lipanj	25,4	4,3	25,7	30,6	31,6	34,0	22,4	4,9	21,7	29,7	31,9	35,3	-3,0
	Srpanj	27,4	4,0	27,6	32,4	33,5	35,8	25,1	5,3	24,4	32,9	35,0	37,9	-2,3
	Kolovoz	27,1	4,2	27,2	32,5	33,5	35,5	25,1	5,2	24,6	32,5	34,0	37,1	-2,0
	Rujan	23,7	4,6	24,0	29,4	30,6	32,7	20,6	5,4	19,8	28,5	31,1	34,0	-3,1
	Listopad	17,9	5,1	18,0	24,6	26,1	28,4	14,5	3,9	14,4	19,4	20,9	24,4	-3,4
Zagreb-Grič	1961.–1990.	15,3	9,3	16,2	26,8	28,8	31,4	13,2	7,6	13,0	23,1	25,7	30,5	-2,1
	Topli dio godine	22,2	5,3	22,7	28,8	30,1	32,3	18,9	5,2	18,8	25,7	28,1	31,6	-3,3
	Svibanj	21,0	4,1	21,3	26,0	27,0	28,8	16,7	3,6	16,5	21,3	22,8	26,4	-4,3
	Lipanj	24,0	3,9	24,2	29,2	30,1	31,8	20,8	3,8	20,2	25,9	27,8	31,2	-3,2
	Srpanj	26,2	3,6	26,5	30,6	31,8	33,4	22,7	4,1	21,9	28,5	30,5	33,5	-3,5
	Kolovoz	25,2	3,7	25,1	30,1	31,2	33,3	22,1	4,2	21,4	28,5	30,2	32,7	-3,1
	Rujan	21,3	3,8	21,3	26,4	27,3	29,4	18,3	4,3	17,9	24,1	26,3	30,0	-3,0
	Listopad	15,5	4,2	15,4	21,2	22,4	24,1	13,0	3,5	13,0	17,4	18,5	20,9	-2,5

Tablica 5.4. Broj razdoblja s toplinskim stresom (*TSR*) i broj dana s izmjerenom i modeliranom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka iznad 90-og percentila (*DT*) i relativna čestina pojavljivanja toplinskog stresa (*TSF*, %) u razdobljima 1961.–1990., 2011.–2040. i 2041.–2070.

Postaja	Izmjereno 1961.–1990.			Modelirano 1961.–1990.			Modelirano 2011.–2040.			Modelirano 2041.–2070.		
	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>
Crikvenica	5	556	0,18	2	551	0,07	4	637	0,13	16	1319	0,53
Gospić	4	560	0,13	1	554	0,03	2	751	0,07	14	1264	0,47
Hvar	2	572	0,07	3	554	0,10	10	801	0,33	21	1369	0,70
Knin	3	556	0,10	4	548	0,13	9	705	0,30	16	1281	0,53
Osijek	1	560	0,03	1	547	0,03	3	550	0,10	10	1042	0,33
Zagreb-Grič	3	553	0,10	2	546	0,07	2	675	0,07	12	1300	0,40



Slika 5.6. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s modeliranom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 90.$ percentila za šest postaja na području Hrvatske u razdoblju 1961.–1990.



Slika 5.7. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s modeliranom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 90.$ percentila za šest postaja na području Hrvatske u budućoj klimi u razdobljima 2011.–2040. i 2041.–2070.

Dakle, zbog sklonosti modela da podcjenjuje maksimalne dnevne temperature zraka, neujednačene gustoće meteoroloških postaja, ograničene fizike u klimatskim modelima i razdiobe ekstrema, onemogućena je dobra procjena modeliranih maksimalnih dnevnih temperatura zraka. S ciljem određivanja kritične temperaturne granice, koja će imati istu težinu na svim promatranim postajama, analizirani su 90., 95. i 99. percentili (tablice 5.3). Najveća vrijednost pojedinih izmjerenih percentila je 32,4 °C, 33,9 °C i 36,5°C po redu za promatrane postajame za topli dio godine. Stoga je zaključeno da za kritičnu maksimalnu temperaturnu granicu u definiciji toplinskog stresa treba uzeti 90. percentil modeliranih vrijednosti T_{maks} za topli dio godine (sivo osjenčano u tablici 5.3). U tom slučaju kriterij za toplinski stres ne bi trebao biti ni preblag, a ni prestrog u budućim klimatskim uvjetima jer nam je već analiza kritične maksimalne temperature za toplinski stres u sadašnjim klimatskim uvjetima (1981.–2010.) pokazala da ta vrijednost ne bi trebala biti veća od 32 °C.

Daljnji korak je bio pomoću modela RegCM odrediti projekcije maksimalnih dnevnih temperatura zraka za šest promatranih postaja u budućim klimatskim uvjetima. Usporedba tih rezultata, izmjerenih i modeliranih vrijednosti u razdoblju 1961.–1990., te modelirane vrijednosti za dva sljedeća klimatološka razdoblja 2011.–2040. i 2041.–2070. nalazi se u tablici 5.4. i prilogu 12.

Usporedba izmjerenih i modeliranih podataka pokazuje da model RegCM podcjenjuje broj dana s maksimalnom dnevnom temperaturom jednakom ili iznad kritične vrijednosti (90. percentil, p_{90}). Model RegCM je najviše podcijenio broj razdoblja s toplinskim stresom (TSR) u Gospiću i Crikvenici u odnosu što ih je bilo u stvarnosti prema razdoblju 1961.–1990. Za ostale četiri promatrane postaje vrijednosti TSR su usporedive. Tako je modeliran jednak broj TSR u Osijeku, malo su podcijenjene vrijednosti TSR u Zagrebu, a nešto precijenjene u Hvaru i Kninu.

U promijenjenim budućim klimatskim uvjetima do 2070. godine model RegCM je simulirao približno dvostruko veći broj dana s $T_{maks} \geq 90.$ percentila i 3–5 puta više razdoblja s toplinskim stresom za Crikvenicu, Zagreb-Grič, Gospić i Knin, te 10 puta više za Hvar i Osijek. Prostorna razdioba ugroženosti s obzirom na toplinski stres za potrebe poljodjelstva prema modelu RegCM pokazuje da je 90. percentil maksimalnih dnevnih temperatura iz toplog dijela godine prestrog kriterij za toplinski stres na promatranim postajama u razdoblju 1961.–1990. Za razdoblje 2011.–2040. model projicira daljnje povećanje ekstrema temperature i veću ugroženost od toplinskog stresa s obzirom na poljodjelstvo na području Dalmacije.

U sljedećem klimatološkom razdoblju, do kraja 2070. godine, modelom se dobivaju projekcije maksimalnih dnevnih temperatura zraka koje ukazuju na daljnje povećanje ugroženosti na cijelom području Hrvatske. Međutim, potrebno je naglasiti da dobivene modelirane rezultate treba uzeti s oprezom i u njima treba samo tražiti predznak, a ne apsolutne iznose budućih promjena. Dakle, može se zaključiti da projekcije maksimalne temperature i razdoblja s toplinskim stresom u promijenjenim klimatskim uvjetima do 2070. godine ukazuju na nastavak pozitivnog trenda, tj. povećanje takvih ekstremnih događaja i ugroženosti s obzirom na toplinski stres koji je već opažen tijekom posljednja tri desetljeća.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je po prvi put istraživani kriterij za toplinski stres i ugroženost s obzirom na toplinski stres za potrebe poljodjelstva na području Hrvatske. Toplinski stres definiran je kao razdoblje u trajanju od barem deset dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka iznad kritične vrijednosti. Za različite postaje analizirane su 110-, 50-, 30- i 20-godišnja razdoblja temperaturnih nizova u razdoblju 1901.–2010.

Nametnulo se pitanje koju kritičnu temperaturu zraka treba uzeti za kriterij toplinskog stresa za potrebe poljodjelstva u Hrvatskoj. Za toplinski stres u tu svrhu, ali i općenito, postoji više različitih definicija, u ovisnosti o kritičnoj temperaturi. Npr. Ruget (2007.) za kritičnu temperaturu predlaže maksimalnu dnevnu temperaturu zraka jednaku ili višu od 35 °C. U meteorologiji su vrući dani definirani s temperaturom jednakom ili višom od 30 °C.

Za analizu toplinskog stresa i njegove ugroženosti za potrebe poljodjelstva analizirane su maksimalne dnevne temperature zraka s pet meteoroloških postaja Osijek, Zagreb-Grič, Gospić, Crikvenica i Hvar za 30-godišnja razdoblja u razdoblju 1901.–2010. U posljednjem razdoblju 1991.–2010. došlo je do znatne promjene s obzirom na povećanje ugroženosti na toplinski stres. Po prvi puta se od 1901. godine za svih pet promatranih postaja pojavila ugroženost od toplinskog stresa uz uvjet da je kritična maksimalna dnevna temperatura zraka ≥ 30 °C s barem deset uzastopnih dana.

Znatno je veći broj meteoroloških postaja, kao i veći broj raspoloživih postaja s podacima dostupnim u digitalnom obliku, za kraće temperaturne nizove: 30 postaja za razdoblje 1961.–1990. i 82 postaje za razdoblje 1981.–2010. Analiza tih temperaturnih nizova pokazuje znatno povećani broj vrućih dana i broj razdoblja s više od deset uzastopnih vrućih dana u odnosu na referentno klimatološko razdoblje 1961.–1990. Prostorna razdioba ugroženih područja od toplinskog stresa na području Hrvatske potvrđuje da je jadransko područje najugroženije s obzirom na klimatske promjene (eng. *hot spot*) kod nas, a u Europi Sredozemlje (Diffenbaugh i sur., 2007.). Tako se ugroženost s obzirom na toplinski stres kroz Hrvatsku širi od jadranske obale prema unutrašnjosti odnosno od juga prema sjeveru i od istoka prema zapadu u posljednja tri desetljeća.

Analizirane su projekcije maksimalnih dnevnih temperatura zraka do 2070. godine dobivene pomoću modela RegCM horizontalne razlučivosti od 35 km. Kao i za svaki klimatski model, dobivene rezultate treba tumačiti s oprezom. Međutim, može se zaključiti da će se trend promjena koje se događaju posljednjih nekoliko desetljeća nastaviti i u budućnosti.

To znači daljnje povećanje temperaturnih ekstrema i povećanje učestalosti toplinskog stresa s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka većom od 30 °C na području Hrvatske.

Analiza toplinskog stresa s klimatskog gledišta pokazuje da kritična maksimalna dnevna temperatura zraka za definiranje toplinskog stresa treba biti veća od 30 °C, ali također ne smije niti premašiti vrijednost od 32 °C. S ulaskom Hrvatske u EU nužno je odrediti područja s otežanim prirodnim uvjetima gospodarenja u poljodjelstvu zbog poticaja poljoprivrednicima. Stoga je potrebno čim prije definirati kritičnu maksimalnu dnevnu temperaturu zraka za potrebe poljodjelstva i odrediti ugrožena poljoprivredna područja s obzirom na toplinski stres na području Hrvatske. Za to je potrebno uključiti i agronomsku struku koja će definirati koje kulture su zastupljene u Hrvatskoj i možebitno ugrožene s obzirom na visoku temperaturu zraka. Na taj način bi doprinijeli u definiranju kritične maksimalne dnevne temperature zraka u kriteriju toplinskog stresa za potrebe poljodjelstva. Pored toga, poljoprivrednici u Hrvatskoj trebaju razmišljati unaprijed i zaštititi buduće usjeve navodnjavanjem ili nekim drugim mjerama prilagodbe na klimatske promjene koje bi na učinkovit način ublažile posljedice učestalijih toplinskih stresova u budućnosti.

7. KRATICE

AR4 - *Fourth Assessment Report*

CLIVAR – *Climate Variability and Predictability*

DT – dan s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka iznad kritične temperature zraka

ESCAPE – *Expert System for Constraints to Agricultural Production in Europe*

GCM – *Global Climate Model*

GHG – *Greenhouse Gases*

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

MARS – *Monitoring Agriculture with Remote Sensing*

Med – medijan maksimalne dnevne temperatura zraka

NWP – *Numerical Weather Prediction*

p90 – 90. percentil maksimalne dnevne temperature zraka

p95 – 95. percentil maksimalne dnevne temperature zraka

p99 – 99. percentil maksimalne dnevne temperature zraka

RCM – *Regional Climate Model*

RegCM – *Regional Climate Model*

SRES – emisijski scenarij stakleničkih plinova (eng. *Special Report on Emissions Scenarios*)

Std – standardna devijacija maksimalne dnevne temperature zraka

TAR - *Third Assessment Report*

T_{maks} – maksimalna dnevna temperatura zraka

T_{mSR} – srednja maksimalna dnevna temperatura zraka

TS – toplinski stres, u ovom radu definiran s deset uzastopnih dana s T_{maks} većom ili jednakom od kritične maksimalne dnevne temperature zraka

TSF – sezonska relativna čestina pojavljivanja toplinskog stresa

TSR – razdoblje toplinskog stresa

WMO-CCL – *World Meteorological Organization-Commission for Climatology*

8. LITERATURA

- Abaurrea, J., Asín, J., Cebrián, A. C. and Centelles, A. (2007): Modeling and forecasting extreme hot events in the central Ebro valley, a continental-Mediterranean area, *Global and Planetary Change*, 57, 43–58.
- Bartolini, G., di Stefano, V., Marrachi, G. and Orlandini, S. (2011): Mediterranean warming is especially due to summer season, Evidences from Tuscany (central Italy), *Theoretical and Applied Climatology*, (u tisku), doi:10.1007/s00704-011-0481-1.
- Branković, Č., Patarčić, M., Güttler, I. i Srnec, L. (2011): Near-future climate change over Europe with focus on Croatia in an ensemble of regional climate model simulations, *Climate Research* (u tisku).
- Brohan P., Kennedy J.J., Harris I., Tett S.F.B. and Jones P.D. (2006): Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850, *Journal of Geophysical Research*, 111, D12106, doi:10.1029/2005JD006548.
- Cueto, R.O.G., Martínez, A.T. and Ostos, E.J. (2010): Heat waves and heat days in an arid city in the northwest of México: current trends and in climate change scenarios, *International Journal of Biometeorology*, 54, 335–345.
- Della-Marta, P.M., Haylock, M.R., Luterbacher, J. and Wanner, H. (2007): Doubled length of western European summer heat waves since 1880, *Journal of Geophysical Research*, 112, D15103, doi:10.1029/2007JD008510.
- Diffenbaugh N.S., Pal J.S., Giorgi F. and Gao X. (2007): Heat stress intensification in the Mediterranean climate change hotspot, *Geophysical Research Letters*, 34, L11706, doi:10.10129/2007GL030000.
- DPPŠEN, (2009): Štete u gospodarstvu RH nastale od raznih elementarnih nepogoda u razdoblju 1995–2008, Državno povjerenstvo za procjenu šteta od elementarnih nepogoda, Zagreb, (rukopis).
- Elguindi N., Bi X., Giorgi F., Nagarajan B., Pal J., Solomon F., Rauscher S. and Zaakey A. (2007): RegCM Version 3.1 User's Guide, ICTP, Trieste, Italy, 18 pp (unpublished manuscript).
- Eliasson, Å (2007): Summary of Results and Reflections, poglavlje u Common Biophysical Criteria for Defining Areas which are Less Favourable for Agriculture in Europe, (eds. Eliasson, Å., Terres, J-M. and Bamps, C.), Proceedings and JRC Scientific and Technical Reports from the Expert Meeting 19–20th of April 2007, 47–81.
- Gocheva, A., Trifonova, Lj., Marinova, T. and Bocheva, L. (2005): Extreme Hot Spells and Heat Waves on the Territory of Bulgaria, 12 pp (unpublished manuscript).
- Grotch, S.L. and MacCracken, M.C. (1991): The use of general circulation models to predict regional climatic change, *Journal of Climate*, 4, 286–303.
- Hall, A.E. (2001): Consideration of crop response to environment in plant breeding. In: Crop Response to Environment. CRC Press LLC, Boca Raton, USA, 197–208.
- IPCC AR4, (2007): Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2007: The physical science basis. In: Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M. and Miller H.L. (eds) Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*, Cambridge, p 996

- IPCC TAR, (2001): Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2001: The scientific basis. In: Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden P.J., Dai X., Maskell, K. and Johnson, C.A. (eds) Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*, Cambridge, 881 pp.
- Meehl, G.A. and Tebaldi, C. (2004): More intense, more frequent and longer lasting heat waves in the 21st century, *Science*, 305, 994–997, doi:10.1126/science.109870
- Moberg et al., (2006): Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analyzed for the period 1901–2000, *Journal of Geophysical Research*, 111, D22106, doi:10.1029/2006JD007103.
- MZOPUG, (2010): Peto nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC), Zagreb, 215 str. http://unfccc.int/resource/docs/natc/hrv_nc5.pdf
- Qunying, L. (2010): Temperature thresholds and crop production: a review, *Climatic Change*, 109, 583–598, doi:10.1007/s10584-011-0028-6.
- Ruget, F. (2007): Criterion on Heat Stress, poglavlje u Common Biophysical Criteria for Defining Areas which are Less Favourable for Agriculture in Europe, (eds. Eliasson, Å., Terres, J-M., Bamps, C.), Proceedings and JRC Scientific and Technical Reports from the Expert Meeting 19–20 April 2007, 28–29.
- Rummukainen, M. (2010): State-of-the-art with regional climate models, *Wiley 40 Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 1, 82–96, doi: 10.1002/wcc.8.
- Vučetić, V. i Vučetić, M. (1994): Utjecaj vremenskih prilika na poljodjelstvo u razdoblju listopad 1992 – rujan 1993, *Izvanredne meteorološke i hidrološke prilike 1993. u Hrvatskoj*, 17, 113–121.
- Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Milković, J., Perčec Tadić, M., Vučetić, M., Bajić, A., Cindrić, K., Cvitan, L., Katušin, Z., Kaučić, D., Likso, T., Lončar, E., Lončar, Ž., Matzaraki, A., Mihajlović, D., Pandžić, K., Patarčić, M., Srnec, L. i Vučetić, V. (2008): Klimatski atlas Hrvatske 1961–1990, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, str. 25–38.
- Zhang, Y., Mar, M., Chekhovsky, K., Kupfer, D., Lai, H. and Roe B.A. (2005): Differential gene expression in *Festuca* under heat stress conditions, *Journal of Experimental Botany*, 56, 897–907.

9. PRILOZI

Prilog 1. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 31\text{ }^{\circ}\text{C}$, $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ za pet meteoroloških postaja na području Hrvatske u razdoblju 1901.–1930., 1931.–1960., 1961.–1990. i 1991.–2010.

Prilog 2. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 31\text{ }^{\circ}\text{C}$, $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ za 30 meteoroloških postaja na području Hrvatske u razdoblju 1961.–1990. i 1991.–2010.

Prilog 3. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 31\text{ }^{\circ}\text{C}$, $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ za 82 meteorološke postaje na području Hrvatske u razdoblju 1981.–2010.

Prilog 4. Izmjereni i modelirani sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $31\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ za šest postaja na području Hrvatske u razdoblju 1961.–1990.

Prilog 5. Modelirani sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $26\text{ }^{\circ}\text{C}$, $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ za šest postaja na području Hrvatske u razdoblju 1961.–1990.

Prilog 6. Modelirani sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $26\text{ }^{\circ}\text{C}$, $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, $29\text{ }^{\circ}\text{C}$, $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $31\text{ }^{\circ}\text{C}$, $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ za šest postaja na području Hrvatske u razdobljima 2011.–2040. i 2041.–2070.

Prilog 7. Broj razdoblja toplinskog stresa (*TSR*), broj dana s izmjerenom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $31\text{ }^{\circ}\text{C}$, $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*DT*) i sezonska relativna čestina pojavljivanja toplinskog stresa (*TSF*) za odabrane postaje za razdoblja 1961.–1990., 1981.–2010. i 1991.–2010.

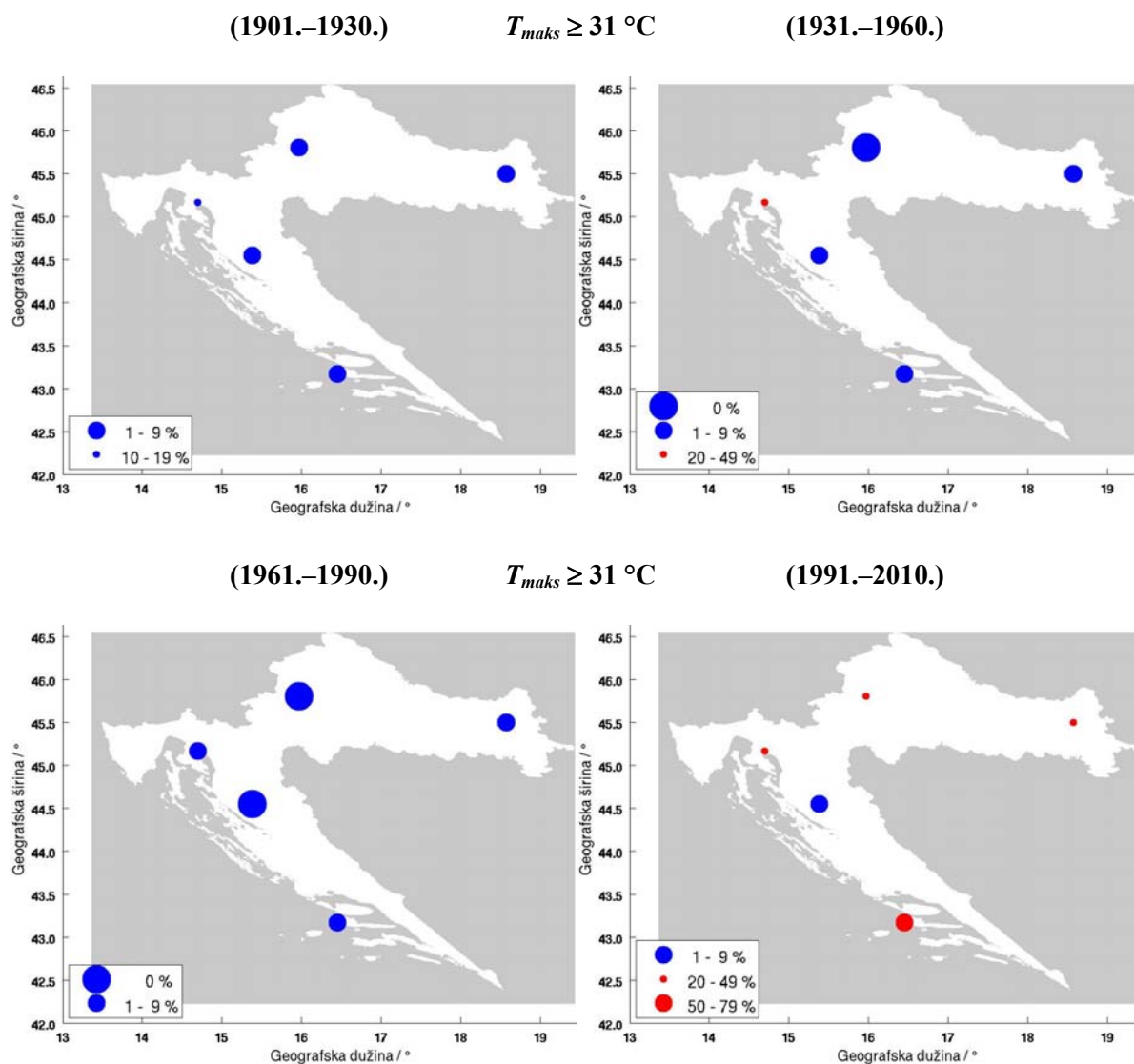
Prilog 8. Broj razdoblja toplinskog stresa (*TSR*), broj dana s izmjerenom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $T_{\text{maks}} \geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $31\text{ }^{\circ}\text{C}$, $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, $33\text{ }^{\circ}\text{C}$, $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*DT*) i relativna čestina pojavljivanja toplinskog stresa (*TSF*) za odabrane postaje u razdoblju 1961.–1990.

Prilog 9. Broj razdoblja toplinskog stresa (*TSR*), broj dana s izmjerenom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $31\text{ }^{\circ}\text{C}$, $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*DT*) i sezonska relativna čestina pojavljivanja toplinskog stresa (*TSF*) za odabrane postaje u razdoblju 1981.–2010.

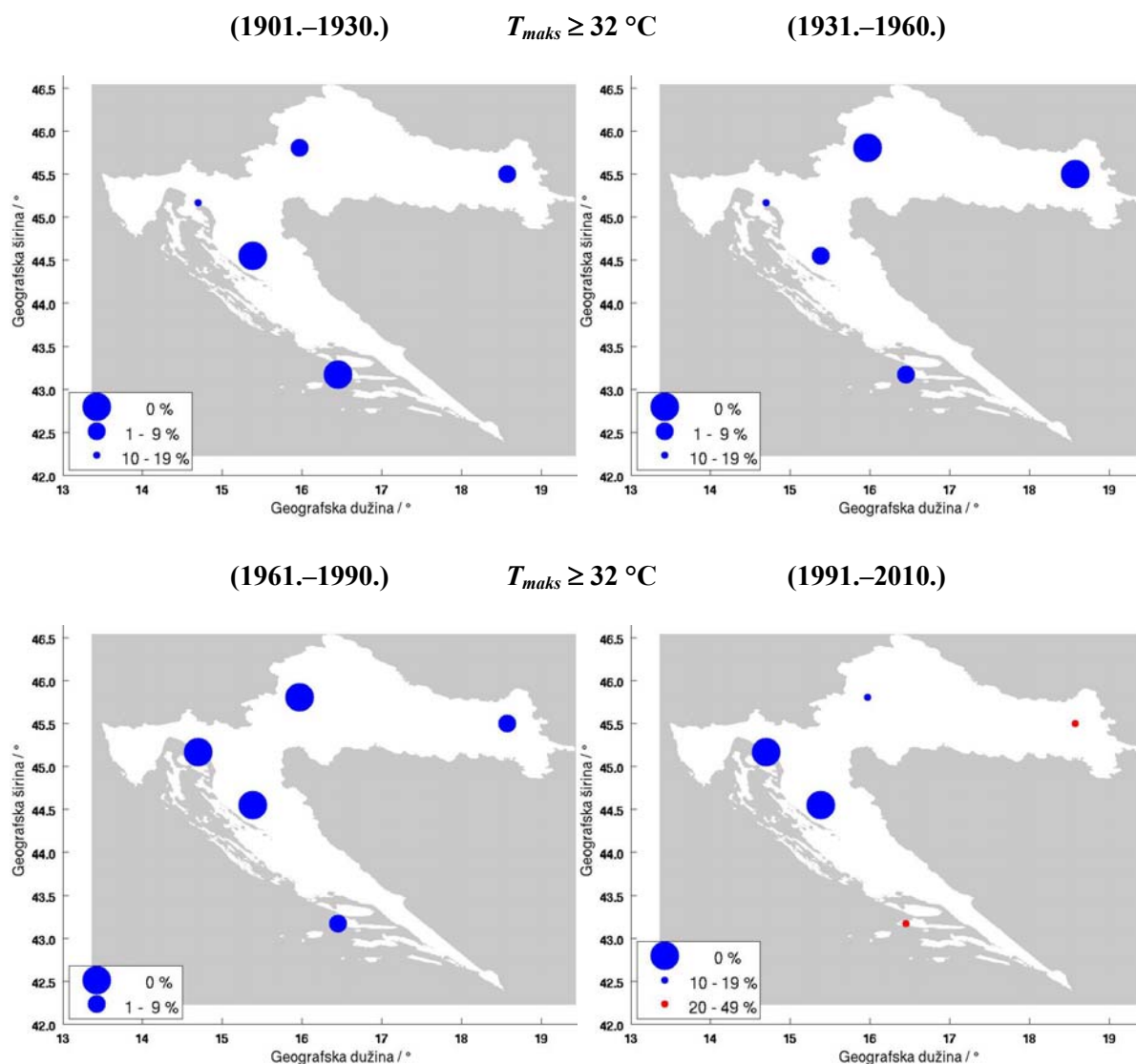
Prilog 10. Apsolutna izmjerena maksimalna temperatura zraka (T_{maks} , $^{\circ}\text{C}$) i statistika toplinskog stresa (*TS*) za odabrane postaje u razdobljima 1901.–2010., 1961.–2010. i 1981.–2010.

Prilog 11. Broj razdoblja toplinskog stresa (*TSR*), broj dana s modeliranom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $26\text{ }^{\circ}\text{C}$, $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*DT*) i sezonska relativna čestina pojavljivanja toplinskog stresa (*TSF*) za odabrane postaje u razdobljima 1961.–1990., 2011.–2040. i 2041.–2070.

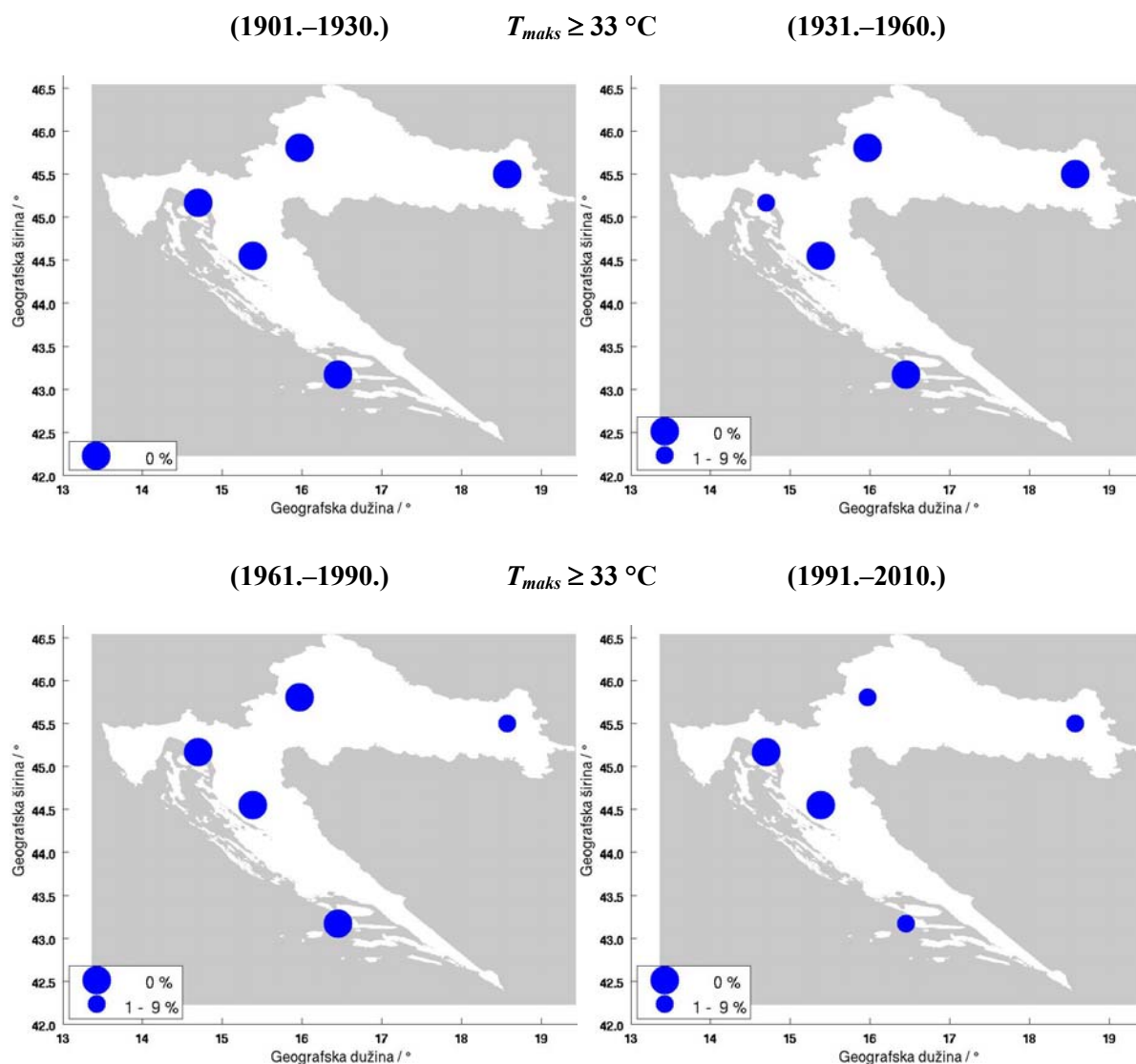
Prilog 12. Statistika modeliranih maksimalnih dnevnih temperatura zraka (T_{maks} , $^{\circ}\text{C}$) za topli dio godine za odabrane postaje za razdoblja 1961.–1990., 2011.–2040. i 2041.–2070. Std je standardna devijacija, Med je medijan, a p90, p95 i p99 su percentili.



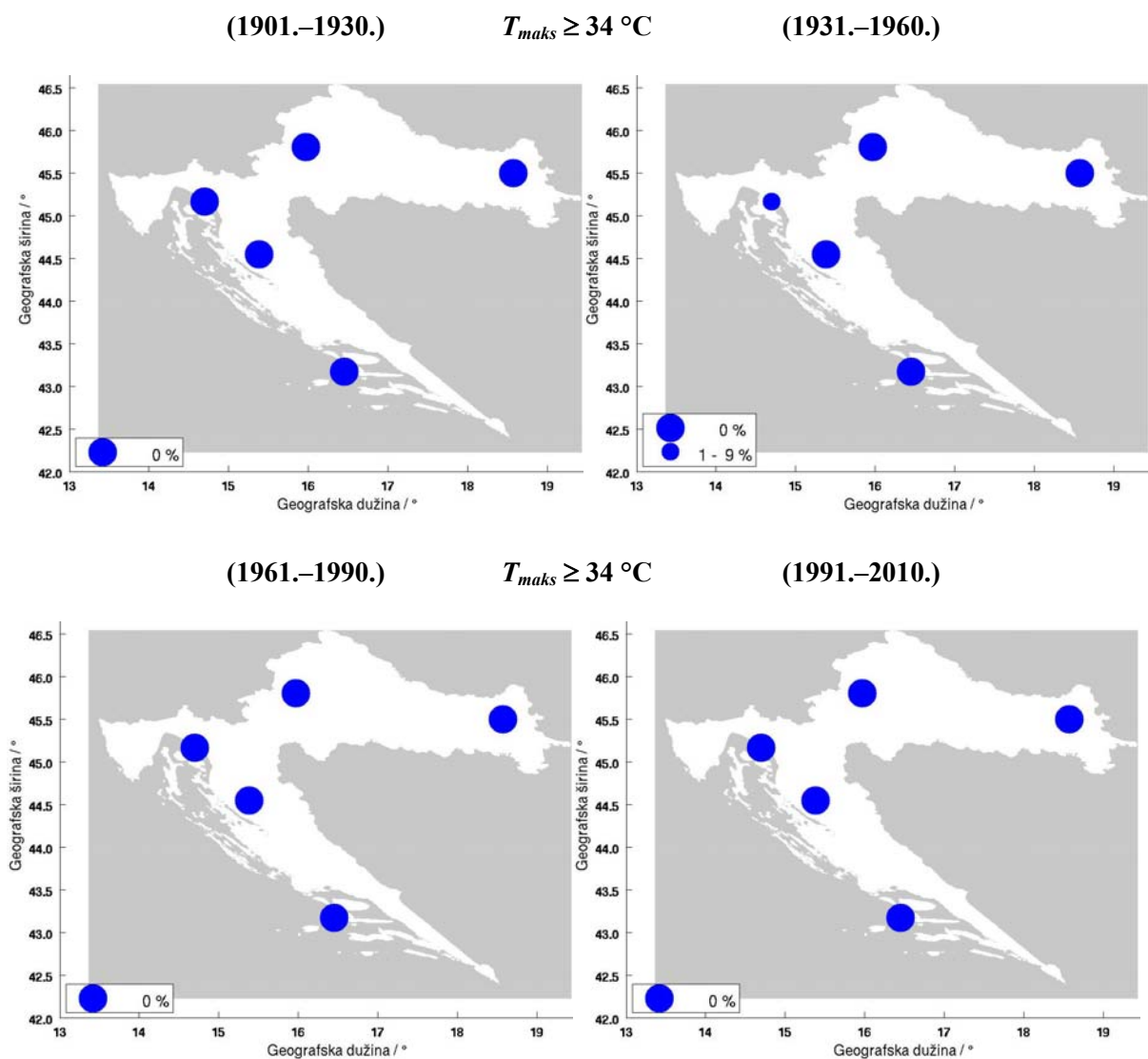
Prilog 1.1. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s izmjerenom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 31\text{ }^{\circ}\text{C}$ za pet meteoroloških postaja na području Hrvatske u razdobljima 1901.–1930., 1931.–1960., 1961.–1990. i 1991.–2010.



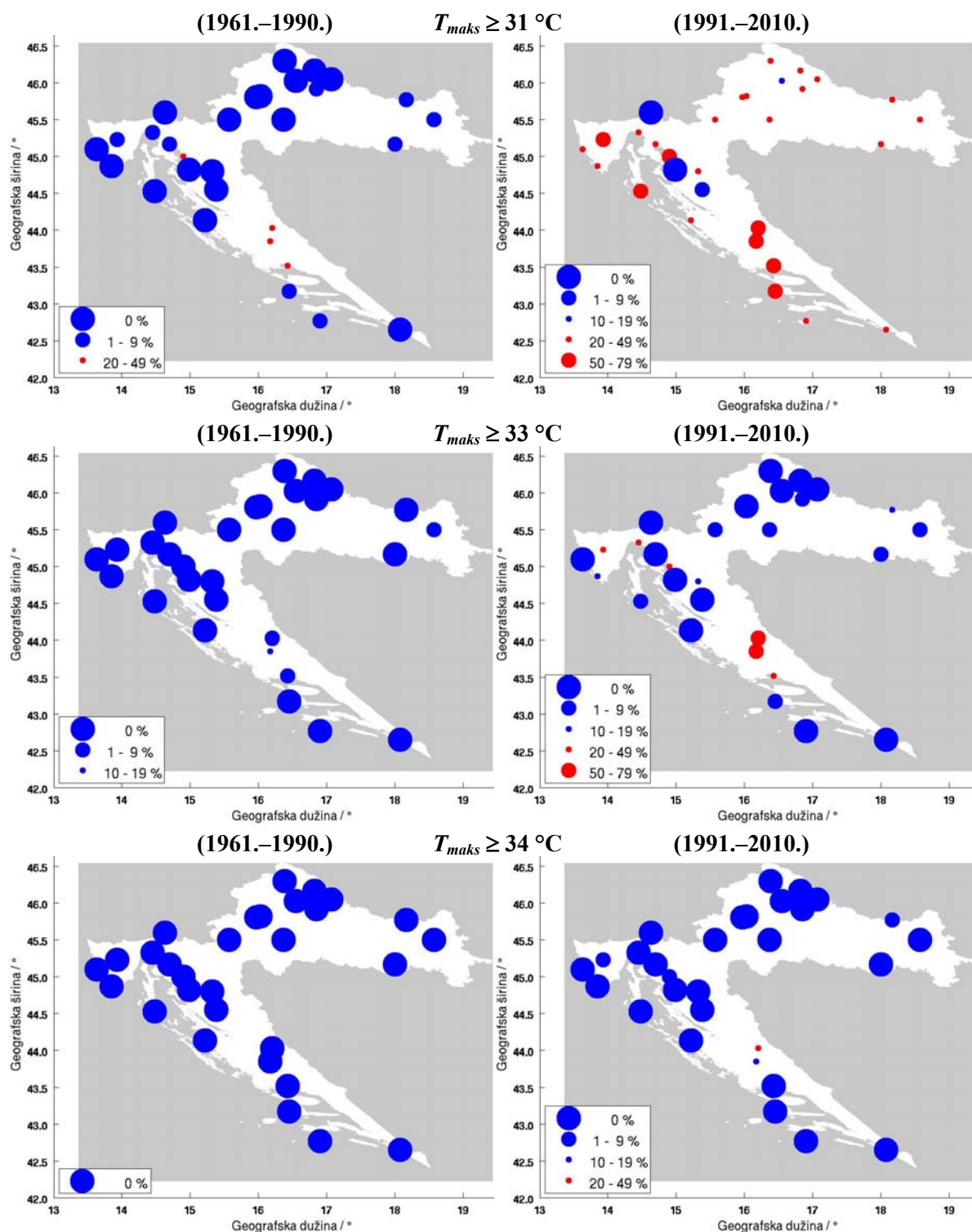
Prilog 1.2. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s izmjerenom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 32\text{ °C}$ za pet meteoroloških postaja na području Hrvatske u razdobljima 1901.–1930., 1931.–1960., 1961.–1990. i 1991.–2010.



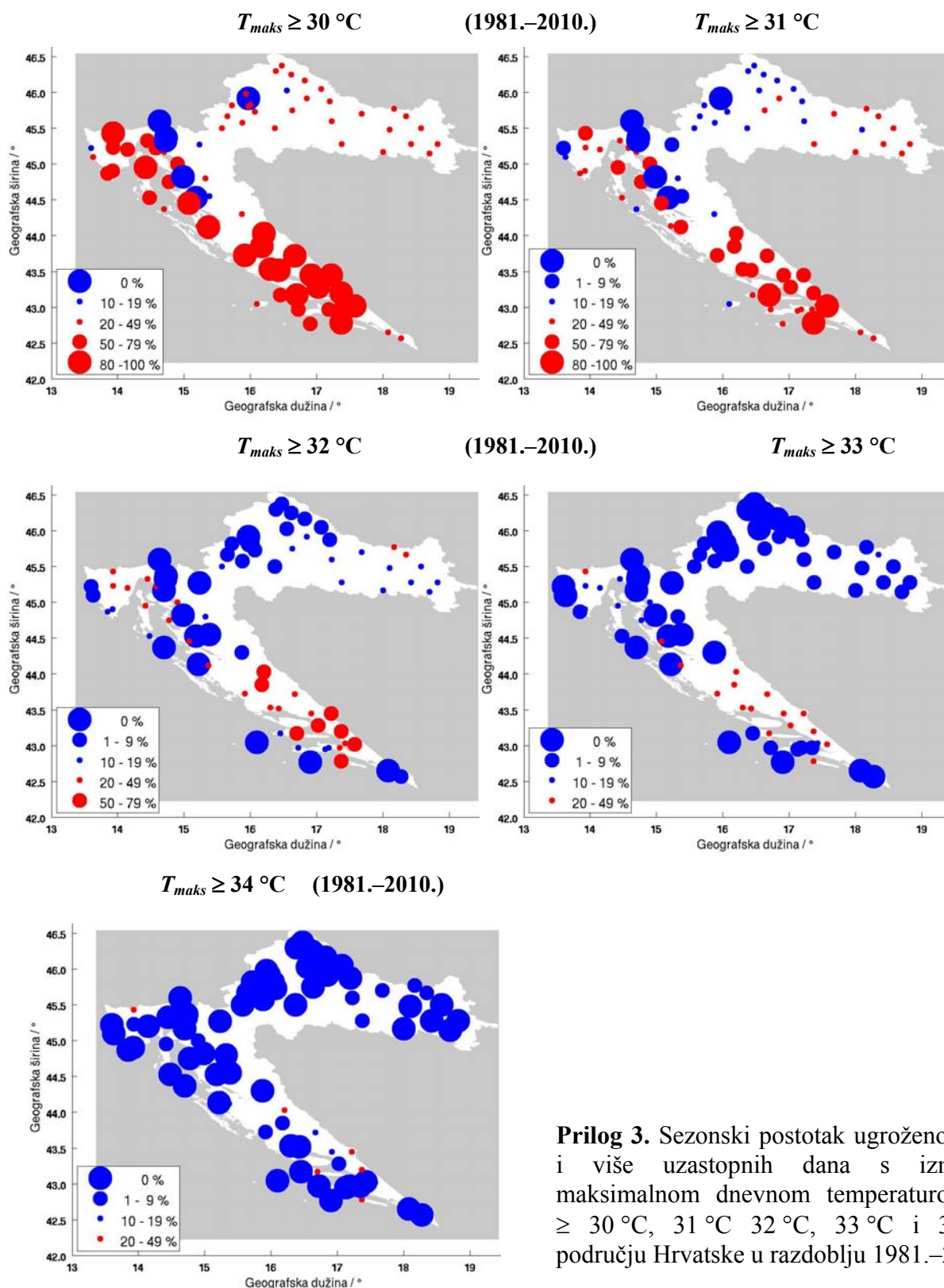
Prilog 1.3. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s izmjerenom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 33\text{ }^{\circ}\text{C}$ za pet meteoroloških postaja na području Hrvatske u razdobljima 1901.–1930., 1931.–1960., 1961.–1990. i 1991.–2010.



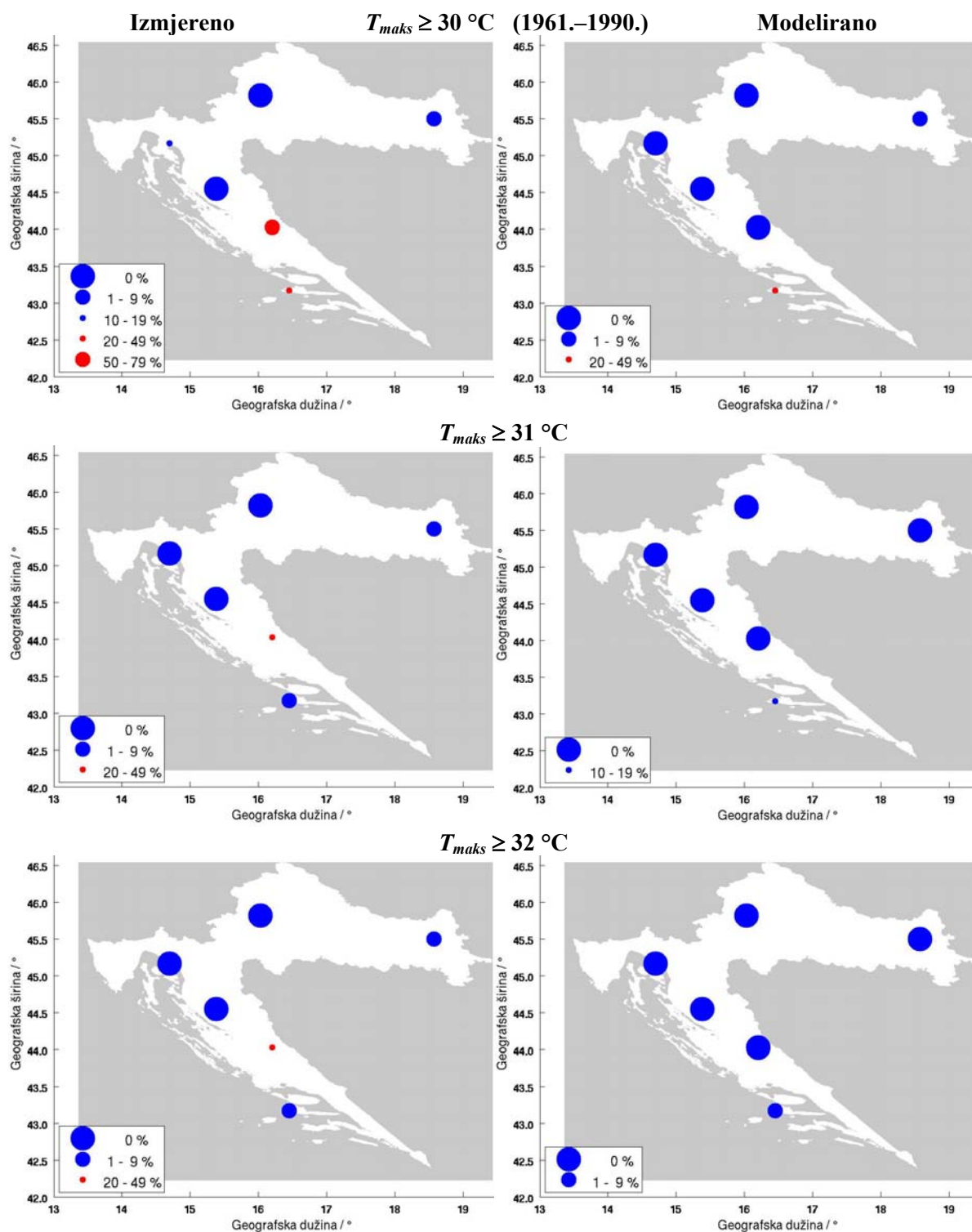
Prilog 1.4. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s izmjerenom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 34^\circ\text{C}$ za pet meteoroloških postaja na području Hrvatske u razdobljima 1901.–1930., 1931.–1960., 1961.–1990. i 1991.–2010.



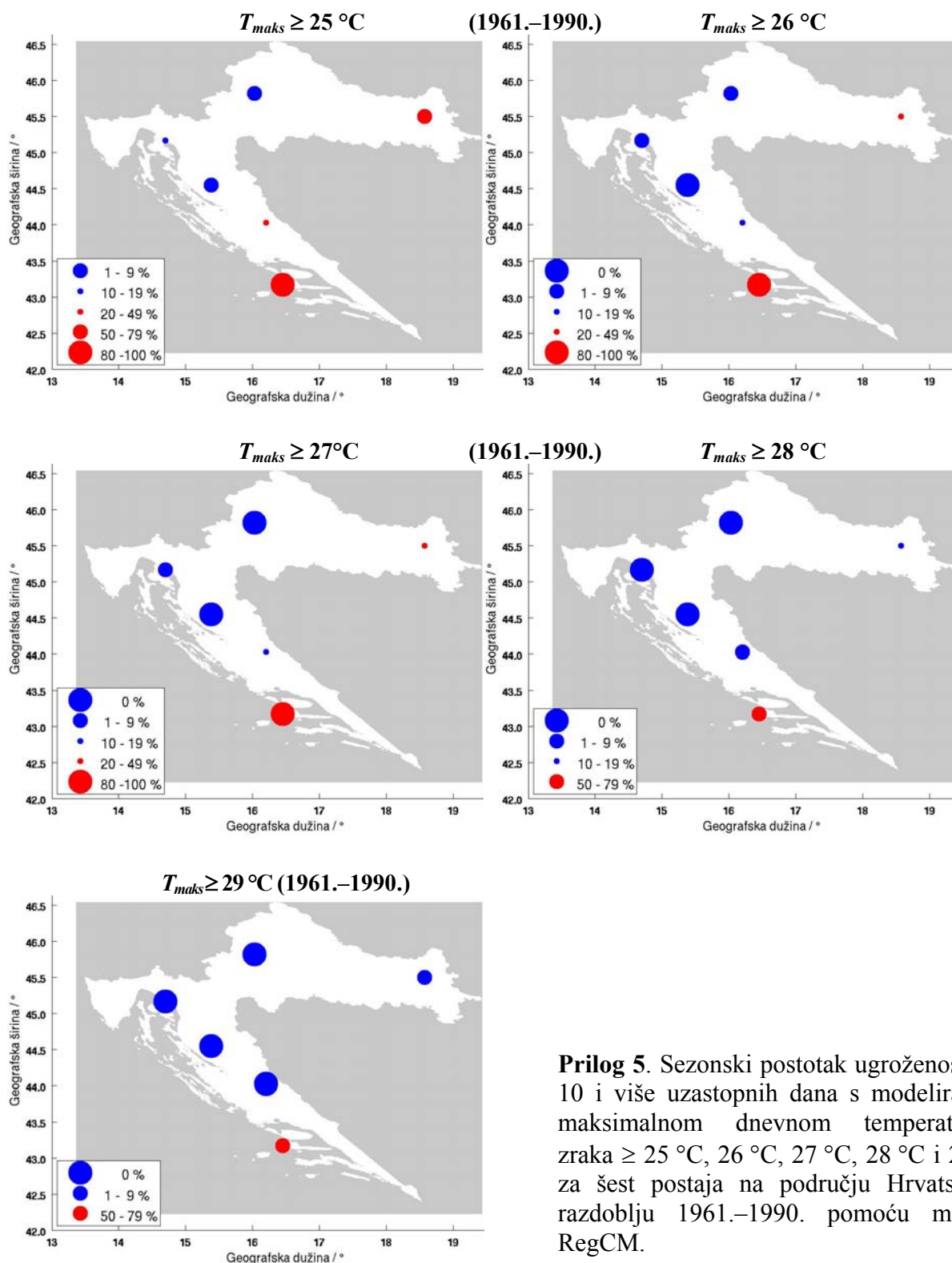
Prilog 2. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s izmjerenom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 31\text{ °C}$, 33 °C i 34 °C za 30 meteoroloških postaja na području Hrvatske u razdobljima 1961.–1990. i 1991.–2010.



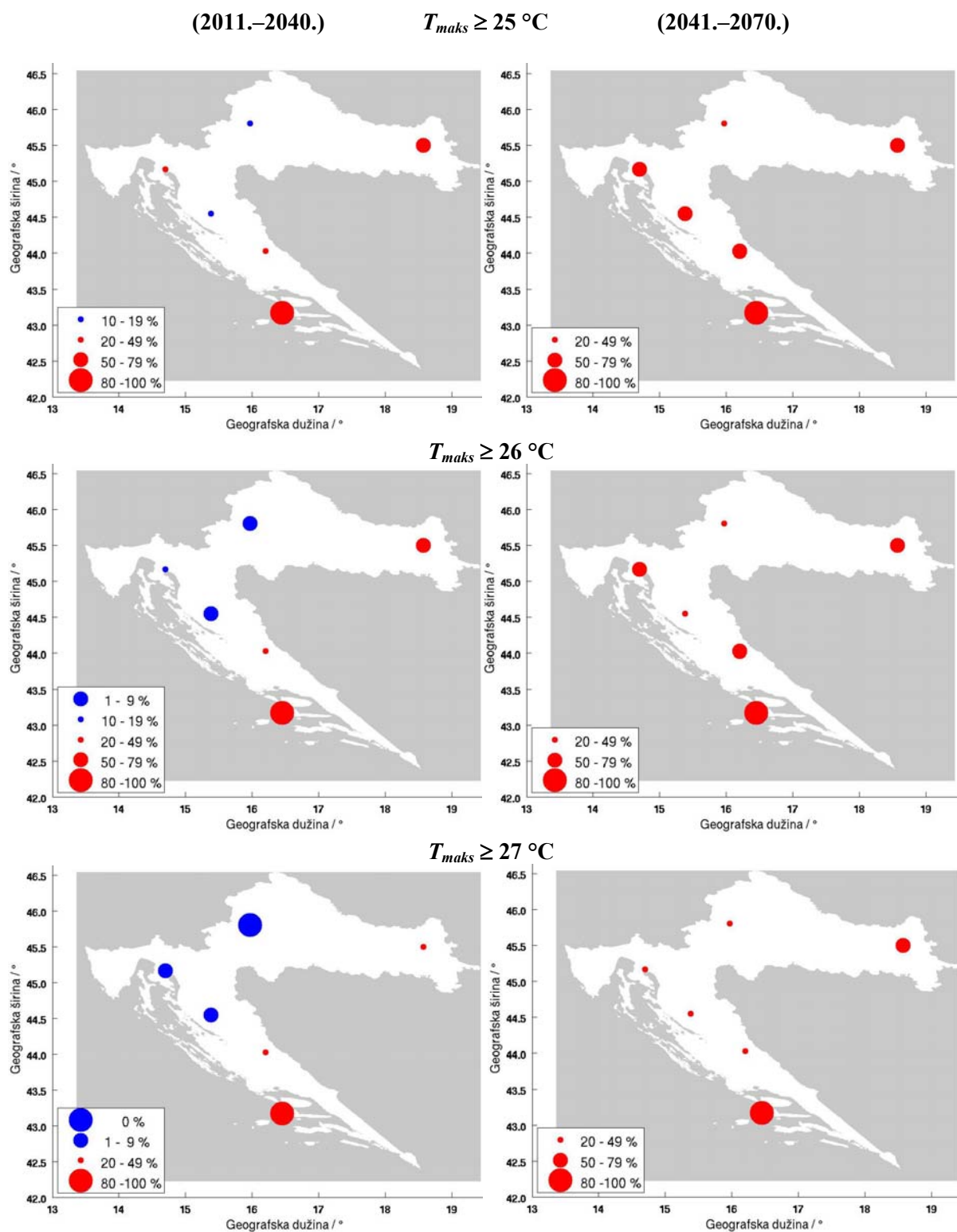
Prilog 3. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s izmjerenom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $31\text{ }^{\circ}\text{C}$, $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ na području Hrvatske u razdoblju 1981.–2010.



Prilog 4. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s izmjerenom (lijevo) i modeliranom (desno) maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 30^{\circ}\text{C}$, 31°C i 32°C za šest postaja na području Hrvatske u razdoblju 1961.–1990.



Prilog 5. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s modeliranom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 25^{\circ}\text{C}$, 26°C , 27°C , 28°C i 29°C za šest postaja na području Hrvatske u razdoblju 1961.–1990. pomoću modela RegCM.

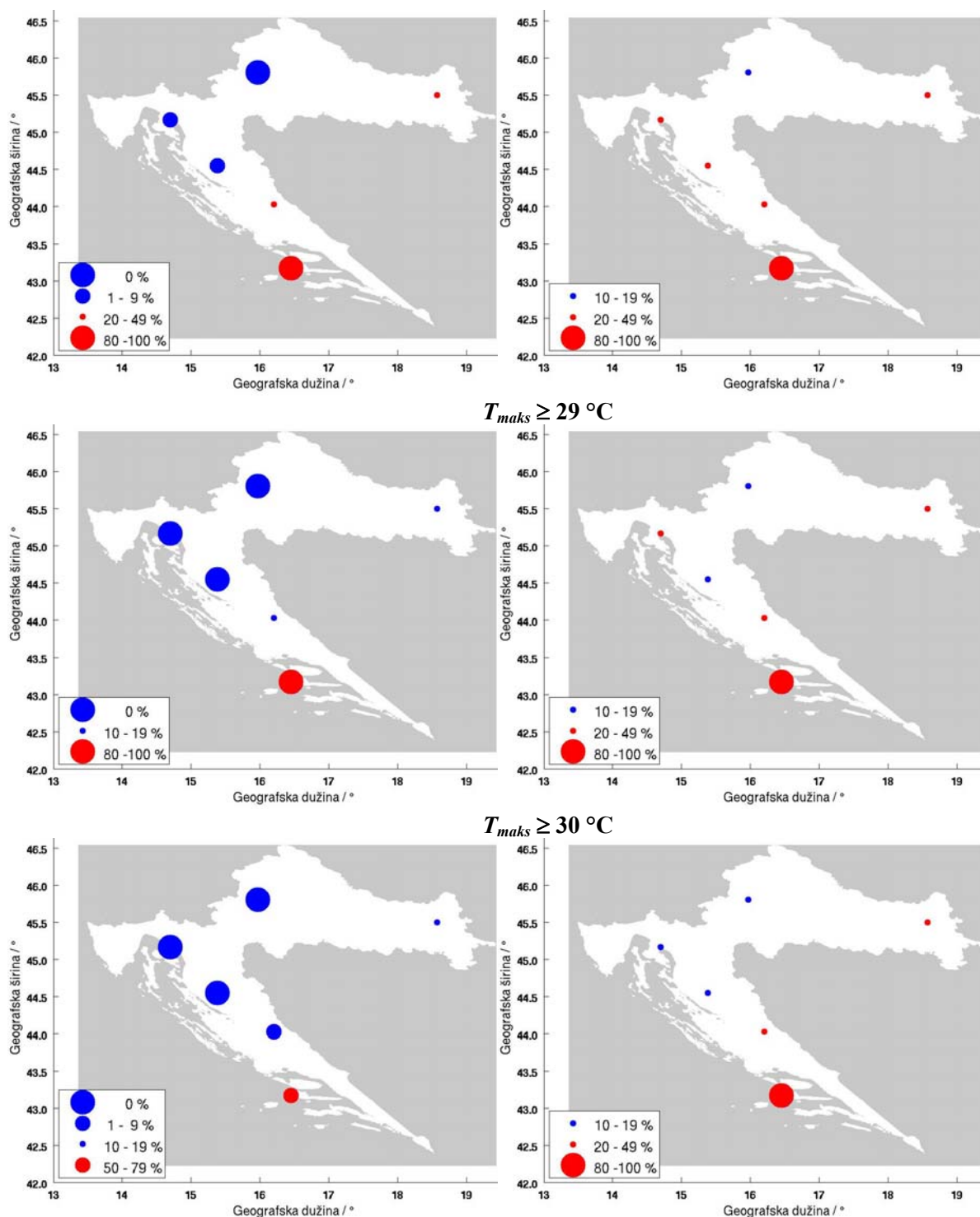


Prilog 6. Sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s modeliranom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 25^{\circ}\text{C}$, 26°C , 27°C , 28°C , 29°C , 30°C , 31°C , 32°C za šest postaja na području Hrvatske u razdobljima 2011.–2040. i 2041.–2070. pomoću modela RegCM.

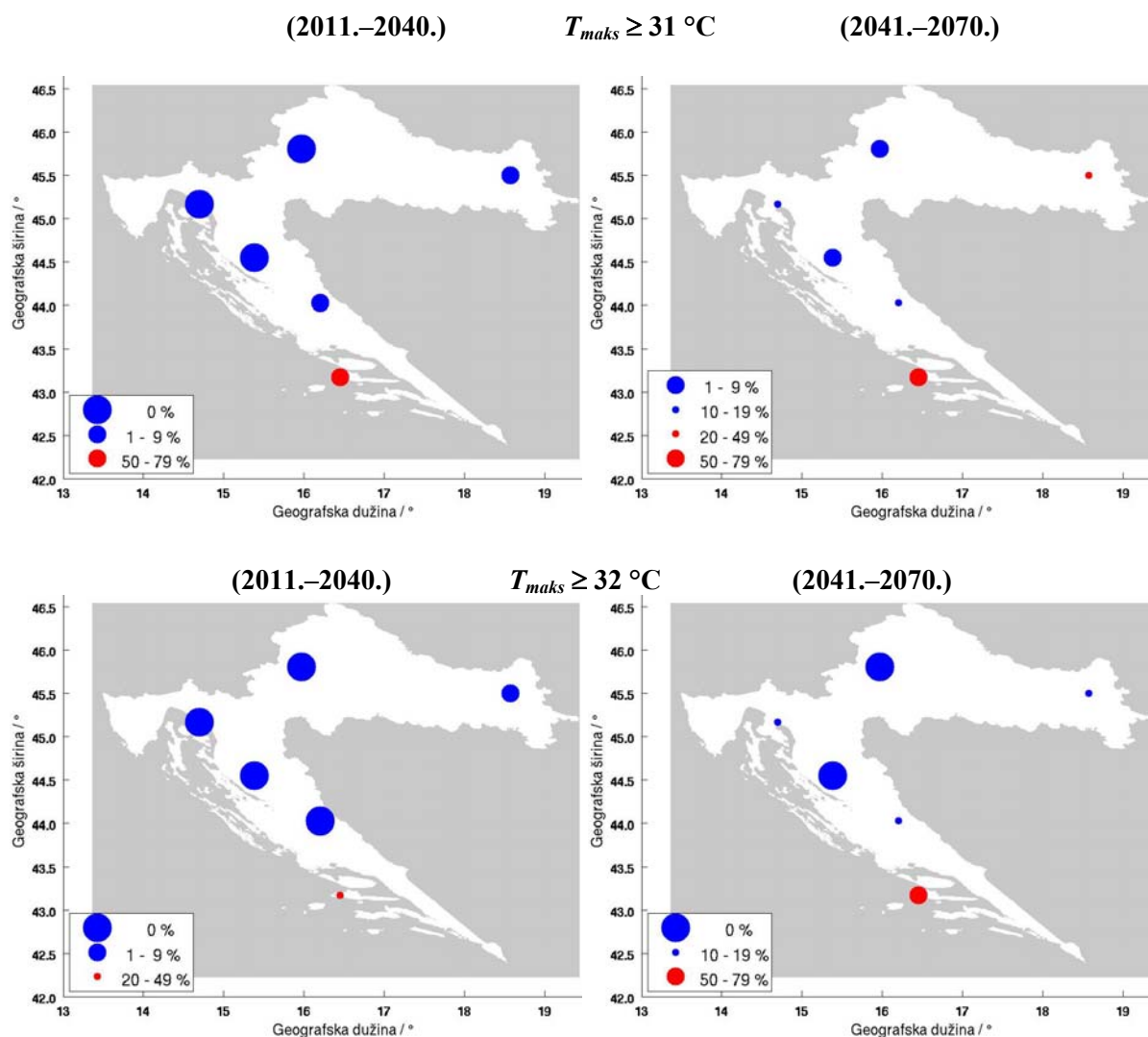
(2011.–2040.)

$T_{maks} \geq 28^{\circ}\text{C}$

(2041.–2070.)



Prilog 6. nastavak Modelirani sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s modeliranom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 25^{\circ}\text{C}$, 26°C , 27°C , 28°C , 29°C , 30°C , 31°C , 32°C za šest postaja na području Hrvatske u razdobljima 2011.–2040. i 2041.–2070. pomoću modela RegCM.



Prilog 6. nastavak Modelirani sezonski postotak ugroženosti od 10 i više uzastopnih dana s modeliranom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $26\text{ }^{\circ}\text{C}$, $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, $29\text{ }^{\circ}\text{C}$, $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $31\text{ }^{\circ}\text{C}$, $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ za šest postaja na području Hrvatske u razdobljima 2011.–2040. i 2041.–2070. pomoću modela RegCM.

Prilog 7. Broj razdoblja toplinskog stresa (TSR), broj dana s izmjerenom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 30^{\circ}\text{C}$, 31°C , 32°C , 33°C i 34°C (DT) i sezonska relativna čestina pojavljivanja toplinskog stresa (TSF) za odabrane postaje za razdoblja 1961.–1990., 1981.–2010. i 1991.–2010.

Postaja	Razdoblje	$T_{maks} \geq 30^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 31^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 32^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 33^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 34^{\circ}\text{C}$		
		TSR	DT	TSF	TSR	DT	TSF	TSR	DT	TSF	TSR	DT	TSF	TSR	DT	TSF
Bjelovar	1961.–1990.	1	514	0,03	1	318	0,03	0	170	0,00	0	74	0,00	0	36	0,00
	1981.–2010.	9	850	0,30	7	589	0,23	4	390	0,13	1	222	0,03	0	127	0,00
	1991.–2010.	8	601	0,40	6	421	0,30	4	285	0,20	1	169	0,05	0	98	0,00
Crikvenica	1961.–1990.	5	556	0,18	1	317	0,04	0	148	0,00	0	68	0,00	0	21	0,00
	1981.–2010.	13	861	0,46	7	535	0,25	0	295	0,00	0	170	0,00	0	83	0,00
	1991.–2010.	11	630	0,58	6	409	0,32	0	233	0,00	0	139	0,00	0	74	0,00
Djurdjevac	1961.–1990.	1	419	0,03	0	236	0,00	0	102	0,00	0	43	0,00	0	13	0,00
	1981.–2010.	8	654	0,27	5	411	0,17	1	225	0,03	0	124	0,00	0	59	0,00
	1991.–2010.	7	492	0,35	5	320	0,25	1	181	0,05	0	101	0,00	0	50	0,00
Donji Miholjac	1961.–1990.	3	796	0,10	2	546	0,07	1	339	0,03	0	181	0,00	0	94	0,00
	1981.–2010.	8	1043	0,27	7	766	0,23	6	540	0,20	2	360	0,07	1	218	0,03
	1991.–2010.	7	767	0,35	6	571	0,30	5	415	0,25	2	287	0,10	1	178	0,05
Drniš	1961.–1990.	22	1031	0,76	9	732	0,31	7	507	0,24	3	314	0,10	0	192	0,00
	1981.–2010.	23	1126	0,96	15	862	0,62	14	641	0,58	9	463	0,38	2	310	0,08
	1991.–2010.	13	710	0,93	9	559	0,64	9	419	0,64	7	302	0,50	2	205	0,14
Dubrovnik	1961.–1990.	1	404	0,03	0	212	0,00	0	84	0,00	0	31	0,00	0	8	0,00
	1981.–2010.	14	878	0,47	7	556	0,23	0	272	0,00	0	120	0,00	0	49	0,00
	1991.–2010.	13	732	0,65	7	473	0,35	0	241	0,00	0	103	0,00	0	44	0,00
Gospić	1961.–1990.	0	193	0,00	0	106	0,00	0	53	0,00	0	25	0,00	0	7	0,00
	1981.–2010.	4	438	0,13	1	273	0,03	0	153	0,00	0	82	0,00	0	35	0,00
	1991.–2010.	4	352	0,20	1	219	0,05	0	125	0,00	0	70	0,00	0	31	0,00
Hvar	1961.–1990.	12	880	0,40	1	490	0,03	1	240	0,03	0	99	0,00	0	29	0,00
	1981.–2010.	22	1257	0,73	12	798	0,40	5	470	0,17	1	257	0,03	0	106	0,00
	1991.–2010.	16	913	0,80	11	603	0,55	4	368	0,20	1	211	0,05	0	93	0,00
Karlovac	1961.–1990.	2	630	0,07	0	412	0,00	0	221	0,00	0	114	0,00	0	54	0,00
	1981.–2010.	8	821	0,27	4	551	0,13	3	362	0,10	1	206	0,03	0	112	0,00
	1991.–2010.	6	586	0,30	4	393	0,20	3	272	0,15	1	153	0,05	0	83	0,00
Knin	1961.–1990.	18	1251	0,60	14	949	0,47	6	647	0,20	2	419	0,07	0	271	0,00
	1981.–2010.	24	1600	0,80	21	1300	0,70	15	1020	0,50	11	751	0,37	8	534	0,27
	1991.–2010.	17	1109	0,85	14	909	0,70	11	732	0,55	10	556	0,50	8	400	0,40
Koprivnica	1961.–1990.	0	426	0,00	0	241	0,00	0	110	0,00	0	42	0,00	0	12	0,00
	1981.–2010.	7	630	0,23	4	418	0,13	1	236	0,03	0	121	0,00	0	60	0,00
	1991.–2010.	7	494	0,35	4	346	0,20	1	206	0,05	0	111	0,00	0	57	0,00
Križevci	1961.–1990.	0	249	0,00	0	110	0,00	0	47	0,00	0	16	0,00	0	6	0,00
	1981.–2010.	5	490	0,17	3	294	0,10	1	170	0,03	0	83	0,00	0	34	0,00
	1991.–2010.	5	401	0,25	3	252	0,15	1	149	0,05	0	77	0,00	0	32	0,00
Lastovo	1961.–1990.	1	532	0,03	1	311	0,03	0	141	0,00	0	74	0,00	0	35	0,00
	1981.–2010.	16	994	0,53	9	667	0,30	0	392	0,00	0	226	0,00	0	121	0,00
	1991.–2010.	15	735	0,75	8	512	0,40	0	320	0,00	0	190	0,00	0	103	0,00
Ličko Lešće	1961.–1990.	0	304	0,00	0	185	0,00	0	101	0,00	0	46	0,00	0	16	0,00
	1981.–2010.	8	731	0,27	4	528	0,13	3	364	0,10	2	224	0,07	0	122	0,00
	1991.–2010.	8	588	0,40	4	433	0,20	3	305	0,15	2	195	0,10	0	108	0,00

Prilog 7. Nastavak Broj razdoblja toplinskog stresa (TSR), broj dana s izmjerenom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 30^{\circ}\text{C}$, 31°C , 32°C , 33°C , 34°C (DT) i relativna čestina pojavljivanja toplinskog stresa (TSF) za odabrane postaje za razdoblja 1961.–1990., 1981.–2010. i 1991.–2010.

Postaja	Razdoblje	$T_{maks} \geq 30^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 31^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 32^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 33^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 34^{\circ}\text{C}$		
		TSR	DT	TSF	TSR	DT	TSF	TSR	DT	TSF	TSR	DT	TSF	TSR	DT	TSF
Mali Lošinj	1961.–1990.	1	462	0,03	0	243	0,00	0	101	0,00	0	36	0,00	0	7	0,00
	1981.–2010.	16	885	0,53	10	579	0,33	4	375	0,13	1	184	0,03	0	91	0,00
	1991.–2010.	15	722	0,75	10	494	0,50	4	336	0,20	1	173	0,05	0	89	0,00
Osijek	1961.–1990.	2	770	0,07	1	513	0,03	1	303	0,03	1	170	0,03	0	88	0,00
	1981.–2010.	9,	951	0,30	6	687	0,20	5	488	0,17	2	307	0,07	0	167	0,00
	1991.–2010.	7	653	0,35	5	487	0,25	4	357	0,20	1	226	0,05	0	125	0,00
Parg	1961.–1990.	0	20	0,00	0	7	0,00	0	3	0,00	0	1	0,00	0	0	0,00
	1981.–2010.	0	49	0,00	0	20	0,00	0	5	0,00	0	1	0,00	0	0	0,00
	1991.–2010.	0	38	0,00	0	14	0,00	0	2	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
Pazin	1961.–1990.	7	703	0,23	2	457	0,07	1	272	0,03	0	148	0,00	0	69	0,00
	1981.–2010.	17	953	0,57	12	659	0,40	7	438	0,23	4	261	0,13	1	163	0,03
	1991.–2010.	13	653	0,65	10	467	0,50	6	313	0,30	4	186	0,20	1	116	0,05
Pula	1961.–1990.	6	501	0,21	0	266	0,00	0	139	0,00	0	54	0,00	0	10	0,00
	1981.–2010.	15	890	0,50	6	559	0,20	3	333	0,10	2	166	0,07	0	68	0,00
	1991.–2010.	12	656	0,60	6	421	0,30	3	257	0,15	2	133	0,10	0	61	0,00
Rijeka	1961.–1990.	5	513	0,17	1	306	0,03	0	155	0,00	0	50	0,00	0	21	0,00
	1981.–2010.	16	889	0,53	9	631	0,30	8	394	0,27	4	247	0,13	0	144	0,00
	1991.–2010.	14	713	0,70	8	527	0,40	8	341	0,40	4	229	0,20	0	135	0,00
Rovinj	1961.–1990.	4	468	0,14	0	214	0,00	0	76	0,00	0	19	0,00	0	4	0,00
	1981.–2010.	12	683	0,41	4	381	0,14	1	182	0,03	0	82	0,00	0	37	0,00
	1991.–2010.	9	533	0,45	4	311	0,20	1	156	0,05	0	76	0,00	0	35	0,00
Senj	1961.–1990.	11	805	0,37	6	542	0,20	1	320	0,03	0	167	0,00	0	66	0,00
	1981.–2010.	21	1155	0,70	17	831	0,57	10	541	0,33	4	340	0,13	1	190	0,03
	1991.–2010.	16	847	0,80	13	612	0,65	9	415	0,45	4	269	0,20	1	159	0,05
Sisak	1961.–1990.	1	485	0,03	0	285	0,00	0	147	0,00	0	69	0,00	0	32	0,00
	1981.–2010.	7	763	0,23	4	519	0,13	1	328	0,03	1	182	0,03	0	103	0,00
	1991.–2010.	6	575	0,30	4	404	0,20	1	258	0,05	1	145	0,05	0	83	0,00
Slavonski Brod	1961.–1990.	2	604	0,07	1	396	0,04	1	234	0,04	0	132	0,00	0	74	0,00
	1981.–2010.	8	952	0,27	6	707	0,20	4	494	0,13	1	314	0,03	0	183	0,00
	1991.–2010.	7	710	0,35	5	536	0,25	3	389	0,15	1	246	0,05	0	142	0,00
Split-Marjan	1961.–1990.	23	1081	0,77	11	746	0,37	5	448	0,17	2	237	0,07	0	113	0,00
	1981.–2010.	26	1372	0,87	18	1015	0,60	13	662	0,43	8	409	0,27	0	234	0,00
	1991.–2010.	18	1010	0,90	14	756	0,70	11	514	0,55	7	330	0,35	0	198	0,00
Varaždin	1961.–1990.	0	297	0,00	0	138	0,00	0	64	0,00	0	26	0,00	0	14	0,00
	1981.–2010.	6	487	0,20	5	314	0,17	1	187	0,03	0	103	0,00	0	47	0,00
	1991.–2010.	6	380	0,30	5	261	0,25	1	157	0,05	0	86	0,00	0	40	0,00
Zadar	1961.–1990.	1	349	0,03	0	164	0,00	0	59	0,00	0	19	0,00	0	9	0,00
	1981.–2010.	12	683	0,40	6	384	0,20	0	186	0,00	0	81	0,00	0	27	0,00
	1991.–2010.	11	553	0,55	6	329	0,30	0	170	0,00	0	73	0,00	0	23	0,00
Zagreb-Grič	1961.–1990.	1	309	0,03	0	154	0,00	0	81	0,00	0	31	0,00	0	11	0,00
	1981.–2010.	8	645	0,27	4	442	0,13	2	285	0,07	1	145	0,03	0	69	0,00
	1991.–2010.	7	522	0,35	4	370	0,20	2	235	0,10	1	126	0,05	0	62	0,00

Prilog 7. Nastavak Broj razdoblja toplinskog stresa (*TSR*), broj dana s izmjerenom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $31\text{ }^{\circ}\text{C}$, $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*DT*) i sezonska relativna čestina pojavljivanja toplinskog stresa (*TSF*, %) za odabrane postaje za razdoblja 1961.–1990., 1981.–2010. i 1991.–2010.

Postaja	Razdoblje	$T_{maks} \geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 31\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 32\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 33\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 34\text{ }^{\circ}\text{C}$		
		<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>
Zagreb-Maksimir	1961.–1990.	0	353	0,00	0	183	0,00	0	91	0,00	0	32	0,00	0	15	0,00
	1981.–2010.	5	638	0,17	4	424	0,13	2	278	0,07	0	162	0,00	0	73	0,00
	1991.–2010.	5	512	0,25	4	354	0,20	2	234	0,10	0	144	0,00	0	65	0,00
Zavižan	1961.–1990.	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
	1981.–2010.	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
	1991.–2010.	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00

Prilog 8. Broj razdoblja toplinskog stresa (*TSR*), broj dana s izmjerenom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $T_{maks} \geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $31\text{ }^{\circ}\text{C}$, $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, $33\text{ }^{\circ}\text{C}$, $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*DT*) i relativna čestina pojavljivanja toplinskog stresa (*TSF*) za odabrane postaje u razdoblju 1961.–1990.

Postaja	$T_{maks} \geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 31\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 32\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 33\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 34\text{ }^{\circ}\text{C}$		
	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>
Crikvenica	5	556	0,18	1	317	0,04	0	148	0,00	0	68	0,00	0	21	0,00
Gospić	0	193	0,00	0	106	0,00	0	53	0,00	0	25	0,00	0	7	0,00
Hvar	12	880	0,40	1	490	0,03	1	240	0,03	0	99	0,00	0	29	0,00
Knin	18	1251	0,60	14	949	0,47	6	647	0,20	2	419	0,07	0	271	0,00
Osijek	2	770	0,07	1	513	0,03	1	303	0,03	1	170	0,03	0	88	0,00
Zagreb-Grič	1	309	0,03	0	154	0,00	0	81	0,00	0	31	0,00	0	11	0,00

Prilog 9. Broj razdoblja toplinskog stresa (*TSR*), broj dana s izmjerenom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $31\text{ }^{\circ}\text{C}$, $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*DT*) i sezonska relativna čestina pojavljivanja toplinskog stresa (*TSF*, %) za odabrane postaje u razdoblju 1981.–2010.

Postaja	$T_{maks} \geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 31\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 32\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 33\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 34\text{ }^{\circ}\text{C}$		
	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>
Abrami	26	1449	0,87	19	1109	0,63	13	795	0,43	10	551	0,33	7	363	0,23
Baške Oštarije	0	74	0,00	0	36	0,00	0	10	0,00	0	1	0,00	0	0	0,00
Bilogora	8	626	0,27	3	418	0,10	2	259	0,07	1	142	0,03	0	70	0,00
Biograd	22	1382	0,76	16	1012	0,55	9	649	0,31	5	406	0,17	2	213	0,07
Bjelovar	9	850	0,30	7	589	0,23	4	390	0,13	1	222	0,03	0	127	0,00
Čakovec	7	611	0,25	5	387	0,18	1	242	0,04	0	134	0,00	0	59	0,00
Čazma	7	623	0,25	6	402	0,21	3	241	0,11	1	138	0,04	0	68	0,00
Čepić	17	1123	0,59	13	761	0,45	8	516	0,28	3	310	0,10	0	191	0,00
Cres	25	1288	0,86	18	967	0,62	12	660	0,41	5	395	0,17	2	230	0,07
Crikvenica	13	861	0,46	7	535	0,25	0	295	0,00	0	170	0,00	0	83	0,00
Daruvar	8	906	0,27	4	665	0,13	3	425	0,10	1	255	0,03	1	137	0,03
Donji Miholjac	8	1043	0,27	7	766	0,23	6	540	0,20	2	360	0,07	1	218	0,03
Drniš	23	1126	0,96	15	862	0,62	14	641	0,58	9	463	0,38	2	310	0,08
Dubrovnik	14	878	0,47	7	556	0,23	0	272	0,00	0	120	0,00	0	49	0,00
Dubrovnik-Čilipi	11	754	0,42	6	474	0,23	2	294	0,08	0	161	0,00	0	79	0,00
Đakovo	7	898	0,26	6	654	0,22	5	471	0,19	2	312	0,07	0	177	0,00
Đurđevac	8	654	0,27	5	411	0,17	1	225	0,03	0	124	0,00	0	59	0,00
Gospić	4	438	0,13	1	273	0,03	0	153	0,00	0	82	0,00	0	35	0,00
Govedari	27	1967	1,00	25	1594	0,93	21	1228	0,78	12	922	0,44	9	662	0,33
Gračac	5	514	0,21	3	368	0,12	2	242	0,08	0	161	0,00	0	110	0,00
Gradište	7	910	0,23	6	642	0,20	3	447	0,10	1	288	0,03	0	165	0,00
Hvar	22	1257	0,73	12	798	0,40	5	470	0,17	1	257	0,03	0	106	0,00
Imotski	28	1441	0,93	20	1159	0,67	15	872	0,50	11	637	0,37	8	437	0,27
Jastrebarsko	6	690	0,21	5	460	0,17	2	304	0,07	1	162	0,03	0	77	0,00
Jelsa	26	1632	0,96	23	1332	0,85	16	996	0,59	13	665	0,48	10	426	0,37
Karlovac	8	821	0,27	4	551	0,13	3	362	0,10	1	206	0,03	0	112	0,00
Knin	24	1600	0,80	21	1300	0,70	15	1020	0,50	11	751	0,37	8	534	0,27
Komiža	12	920	0,41	4	604	0,14	0	357	0,00	0	181	0,00	0	94	0,00
Koprivnica	7	630	0,23	4	418	0,13	1	236	0,03	0	121	0,00	0	60	0,00
Korčula	14	986	0,48	10	647	0,34	3	377	0,10	1	203	0,03	0	94	0,00
Križevci	5	490	0,17	3	294	0,10	1	170	0,03	0	83	0,00	0	34	0,00
Kuna	16	1003	0,53	12	712	0,40	8	468	0,27	1	304	0,03	0	167	0,00
Lastovo	16	994	0,53	9	667	0,30	0	392	0,00	0	226	0,00	0	121	0,00
Ličko Lešće	8	731	0,27	4	528	0,13	3	364	0,10	2	224	0,07	0	122	0,00
Lokve Brana	0	40	0,00	0	14	0,00	0	5	0,00	0	3	0,00	0	0	0,00
Ludbreg	7	578	0,24	5	353	0,17	1	204	0,03	0	99	0,00	0	46	0,00
Makarska	27	1559	0,96	19	1172	0,68	16	812	0,57	8	517	0,29	1	271	0,04
Mali Lošinj	16	885	0,53	10	579	0,33	4	375	0,13	1	184	0,03	0	91	0,00
Našice	8	799	0,28	5	600	0,17	3	402	0,10	1	247	0,03	0	144	0,00
Nova Gradiška	7	795	0,28	6	597	0,24	3	428	0,12	2	263	0,08	1	138	0,04
Ogulin	4	428	0,13	1	275	0,03	0	162	0,00	0	74	0,00	0	36	0,00
Opuzen	28	1772	0,97	24	1371	0,83	17	1013	0,59	12	705	0,41	8	474	0,28

Priloga 9. Nastavak Broj razdoblja toplinskog stresa (*TSR*), broj dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $31\text{ }^{\circ}\text{C}$, $32\text{ }^{\circ}\text{C}$, $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*DT*) i sezonska relativna čestina pojavljivanja toplinskog stresa (*TSF*, %) za odabrane postaje u razdoblju 1981.–2010.

Postaja	$T_{maks} \geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 31\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 32\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 33\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T_{maks} \geq 34\text{ }^{\circ}\text{C}$		
	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>
Orebić	21	1273	0,72	11	866	0,38	5	538	0,17	1	298	0,03	0	149	0,00
Osijek	9	951	0,30	6	687	0,20	5	488	0,17	2	307	0,07	0	167	0,00
Pag	22	1261	0,81	15	918	0,56	9	619	0,33	6	391	0,22	3	231	0,11
Parg	0	49	0,00	0	20	0,00	0	5	0,00	0	1	0,00	0	0	0,00
Pazin	17	953	0,57	12	659	0,40	7	438	0,23	4	261	0,13	1	163	0,03
Pisarovina	9	666	0,33	4	456	0,15	2	301	0,07	1	185	0,04	0	86	0,00
Ploče	22	1245	0,73	12	901	0,40	8	599	0,27	3	360	0,10	0	194	0,00
Poreč	5	499	0,17	1	267	0,03	1	130	0,03	0	49	0,00	0	19	0,00
Pula	15	890	0,50	6	559	0,20	3	333	0,10	2	166	0,07	0	68	0,00
Pula-aerodrom	16	820	0,55	11	543	0,38	5	330	0,17	4	202	0,14	0	91	0,00
Puntijarka	0	5	0,00	0	1	0,00	0	1	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
Rab	22	1135	0,73	15	786	0,50	7	504	0,23	3	285	0,10	0	137	0,00
Rijeka	16	889	0,53	9	631	0,30	8	394	0,27	4	247	0,13	0	144	0,00
Rijeka-aerodrom	17	918	0,63	13	664	0,48	10	436	0,37	3	273	0,11	3	164	0,11
Rovinj	12	683	0,41	4	381	0,14	1	182	0,03	0	82	0,00	0	37	0,00
Samobor	6	743	0,21	5	490	0,18	2	315	0,07	1	188	0,04	0	94	0,00
Senj	21	1155	0,70	17	831	0,57	10	541	0,33	4	340	0,13	1	190	0,03
Šestanovac	27	1420	0,90	20	1078	0,67	13	782	0,43	10	512	0,33	4	319	0,13
Šibenik	26	1462	0,87	21	1089	0,70	12	733	0,40	8	462	0,27	1	257	0,03
Silba	13	793	0,45	5	474	0,17	0	247	0,00	0	99	0,00	0	37	0,00
Sinj	25	1343	0,83	19	1012	0,63	13	750	0,43	8	516	0,27	4	310	0,13
Sisak	7	763	0,23	4	519	0,13	1	328	0,03	1	182	0,03	0	103	0,00
Slatina	7	837	0,25	6	605	0,21	3	389	0,11	2	247	0,07	1	152	0,04
Slavonski Brod	8	952	0,27	6	707	0,20	4	494	0,13	1	314	0,03	0	183	0,00
Split-aerodrom	26	1366	0,93	17	1030	0,61	13	694	0,46	7	449	0,25	0	265	0,00
Split-Marjan	26	1372	0,87	18	1015	0,60	13	662	0,43	8	409	0,27	0	234	0,00
Stubičke Toplice	6	634	0,23	5	426	0,19	4	275	0,15	0	148	0,00	0	83	0,00
Valpovo	10	1075	0,36	6	788	0,21	6	562	0,21	5	381	0,18	1	231	0,04
Varaždin	6	487	0,20	5	314	0,17	1	187	0,03	0	103	0,00	0	47	0,00
Vela Luka	20	1318	0,69	14	945	0,48	5	621	0,17	1	389	0,03	0	221	0,00
Vinkovci	8	914	0,28	6	661	0,21	3	463	0,10	1	292	0,03	0	159	0,00
Vrelo Ličanke	0	79	0,00	0	38	0,00	0	18	0,00	0	5	0,00	0	1	0,00
Vrgorac	28	1469	0,97	23	1200	0,79	19	937	0,66	14	714	0,48	10	475	0,34
Zadar	12	683	0,40	6	384	0,20	0	186	0,00	0	81	0,00	0	27	0,00
Zadar-aerodrom	25	1253	0,96	19	934	0,73	12	670	0,46	8	420	0,31	3	267	0,12
Zagreb-Grič	8	645	0,27	4	442	0,13	2	285	0,07	1	145	0,03	0	69	0,00
Zagreb-Maksimir	5	638	0,17	4	424	0,13	2	278	0,07	0	162	0,00	0	73	0,00
Zagreb-aerodrom	8	703	0,28	5	467	0,17	2	300	0,07	0	175	0,00	0	92	0,00
Zagreb-Rim	6	568	0,20	3	372	0,10	1	232	0,03	0	114	0,00	0	62	0,00
Zavižan	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00

Prilog 10. Apsolutna izmjerena maksimalna temperatura zraka (T_{maks} , °C) i statistika toplinskog stresa (TS) za odabrane postaje u razdobljima 1901.–2010., 1961.–2010. i 1981.–2010.

Razdoblje 1901.–2010.	$T_{maks} \geq$				
	30 °C	31 °C	32 °C	33 °C	34 °C
1901.–2010.					
Postaja najduljeg TS	Hvar	Hvar	Hvar	Crikvenica	Crikvenica
Trajanje najduljeg TS (dan)	40	29	22	19	19
Kraj najduljeg TS	18.8.1994.	18.8.1998.	23.8.2003.	31.7.1945.	31.7.1945.
Postaja najranijeg TS	Crikvenica	Crikvenica	Osijek	Crikvenica	Crikvenica
Datum najranijeg TS	19.5.1945.	22.5.1945.	14.6.2003.	22.7.1945.	22.7.1945.
Postaja najkasnijeg TS	Osijek	Osijek	Hvar	Hvar	Crikvenica
Kraj najkasnijeg TS	16.9.1905.	16.9.1905.	23.8.2009.	26.7.2007.	22.7.1945.
Postaja $T_{maks}^{\bullet}$	Osijek				
T_{maks} (°C)	40,3				
Datum $T_{maks}^{\bullet}$	1.7.1950.				
1961.–2010.					
Postaja najduljeg TS	Dubrovnik	Knin	Knin	Drniš	Knin
Trajanje najduljeg TS (dan)	63	40	25	24	23
Kraj najduljeg TS	25.8.1994.	30.8.1992.	25.8.2003.	25.8.2003.	24.8.2003.
Postaja najranijeg TS	Bjelovar	D. Miholjac	Bjelovar	Drniš	Knin
Datum najranijeg TS	13.6.2003.	13.6.2003.	14.6.2003.	16.6.2003.	17.6.2003.
Postaja najkasnijeg TS	Drniš	Knin	Knin	Pazin	Pazin
Kraj najkasnijeg TS	21.9.1987.	21.9.1987.	22.9.1987.	25.8.2000.	25.8.2000.
Postaja $T_{maks}^{\bullet}$	Knin				
T_{maks} (°C)	41,4				
Datum $T_{maks}^{\bullet}$	22.8.2000.				
1981.–2010.					
Postaja najduljeg TS	Govedari	Jelsa	Govedari	Opuzen	Opuzen
Trajanje najduljeg TS (dan)	90	51	46	33	28
Kraj najduljeg TS	25.8.2003.	25.8.2003.	1.9.1992.	17.8.1994.	17.8.1994.
Postaja najranijeg TS	Govedari	Govedari	Bjelovar	Valpovo	Govedari
Datum najranijeg TS	6.6.2003.	6.6.2003.	14.06.2003.	14.6.2003.	17.6.2003.
Postaja najkasnijeg TS	Vrgorac	Imotski	Knin	Govedari	Govedari
Kraj najkasnijeg TS	27.9.1985.	22.9.1987.	22.9.1987.	1.9.2001.	27.8.1992.
Postaja $T_{maks}^{\bullet}$	Ploče				
T_{maks} (°C)	42,8				
Datum $T_{maks}^{\bullet}$	4.8.1981.				

Prilog 11. Broj razdoblja toplinskog stresa (*TSR*), broj dana s modeliranom maksimalnom dnevnom temperaturom zraka $\geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $26\text{ }^{\circ}\text{C}$, $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*DT*) i sezonska relativna čestina pojavljivanja toplinskog stresa (*TSF*) za odabrane postaje u razdobljima 1961.–1990., 2011.–2040. i 2041.–2070.

Postaja	Razdoblje	$T_{maks} \geq$																	
		25 °C			26 °C			27 °C			28 °C			29 °C			30 °C		
		<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>	<i>TSR</i>	<i>DT</i>	<i>TSF</i>
Crikvenica	1961.–1990.	4	828	0,13	2	633	0,07	2	485	0,07	0	358	0,00	0	255	0,00	0	167	0,00
	2011.–2040.	9	986	0,30	5	750	0,17	2	555	0,07	2	422	0,07	0	310	0,00	0	212	0,00
	2041.–2070.	20	1718	0,67	18	1436	0,60	13	1198	0,43	10	972	0,33	6	791	0,20	4	631	0,13
Gospić	1961.–1990.	1	647	0,03	0	475	0,00	0	335	0,00	0	212	0,00	0	140	0,00	0	87	0,00
	2011.–2040.	4	863	0,13	2	644	0,07	2	466	0,07	1	310	0,03	0	210	0,00	0	131	0,00
	2041.–2070.	16	1403	0,53	11	1120	0,37	8	917	0,27	6	735	0,20	4	563	0,13	3	442	0,10
Hvar	1961.–1990.	30	2577	1,00	30	2216	1,00	26	1853	0,87	22	1535	0,73	16	1246	0,53	13	937	0,43
	2011.–2040.	30	2927	1,00	30	2601	1,00	30	2261	1,00	27	1946	0,90	26	1592	0,87	23	1268	0,77
	2041.–2070.	30	3492	1,00	30	3174	1,00	30	2843	1,00	30	2542	1,00	29	2207	0,97	27	1868	0,90
Knin	1961.–1990.	7	826	0,23	4	646	0,13	4	484	0,13	2	354	0,07	0	238	0,00	0	161	0,00
	2011.–2040.	13	1043	0,43	10	834	0,33	8	634	0,27	6	458	0,20	5	318	0,17	2	210	0,07
	2041.–2070.	21	1650	0,70	17	1397	0,57	13	1178	0,43	7	961	0,23	7	782	0,23	7	635	0,23
Osijek	1961.–1990.	16	1368	0,53	11	1143	0,37	7	942	0,23	4	784	0,13	1	657	0,03	1	524	0,03
	2011.–2040.	17	1475	0,57	15	1256	0,50	12	1051	0,40	8	864	0,27	3	669	0,10	3	532	0,10
	2041.–2070.	23	2081	0,77	21	1816	0,70	16	1567	0,53	13	1371	0,43	11	1169	0,37	10	1016	0,33
Zagreb-Grič	1961.–1990.	2	662	0,07	1	502	0,03	0	385	0,00	0	293	0,00	0	206	0,00	0	135	0,00
	2011.–2040.	3	811	0,10	2	617	0,07	0	450	0,00	0	317	0,00	0	228	0,00	0	157	0,00
	2041.–2070.	14	1470	0,47	11	1236	0,37	8	999	0,27	5	803	0,17	4	650	0,13	4	530	0,13

Prilog 12. Statistika modeliranih maksimalnih dnevnih temperatura zraka (T_{maks} , °C) za topli dio godine za odabrane postaje za razdoblja 1961.–1990., 2011.–2040. i 2041.–2070. T_{mSR} je srednja maksimalna dnevna temperatura zraka, Std je standardna devijacija, Med je medijan, a p90, p95 i p99 su percentili.

Razdoblje	Mjesec	T_{msR}	Std	Med	p90	p95	p99
Osijek							
1961.–1990.	Svibanj	18,1	4,1	17,6	23,5	25,4	29,3
2011.–2040.		18,2	3,8	18,0	22,8	24,4	28,9
2041.–2070.		19,9	4,3	19,4	25,8	28,1	32,2
1961.–1990.	Lipanj	22,4	4,9	21,7	29,7	31,9	35,3
2011.–2040.		22,3	4,2	21,9	28,1	30,1	32,8
2041.–2070.		24,5	5,3	23,6	32,0	34,6	38,6
1961.–1990.	Srpanj	25,1	5,3	24,4	32,9	35,0	37,9
2011.–2040.		25,5	4,8	24,6	32,4	34,4	37,7
2041.–2070.		28,2	5,6	27,4	36,0	38,0	41,0
1961.–1990.	Kolovoz	25,1	5,2	24,6	32,5	34,0	37,1
2011.–2040.		26,2	5,2	25,8	33,3	35,2	38,2
2041.–2070.		28,2	6,4	27,8	37,2	39,3	42,7
1961.–1990.	Rujan	20,6	5,4	19,8	28,5	31,1	34,0
2011.–2040.		21,7	5,5	21,1	29,2	31,5	35,7
2041.–2070.		23,1	5,7	22,4	31,3	33,2	36,4
1961.–1990.	Listopad	14,5	3,9	14,4	19,4	20,9	24,4
2011.–2040.		15,3	4,5	15,2	20,8	22,4	27,8
2041.–2070.		16,9	4,7	16,6	23,3	25,2	29,1
1961.–1990.	Srednjak	14,7	8,5	14,2	26,2	29,8	34,6
2011.–2040.		15,3	8,4	14,9	26,7	29,8	34,8
2041.–2070.		16,9	8,8	16,0	29,5	33,1	38,7
Zagreb-Grič							
1961.–1990.	Svibanj	16,7	3,6	16,5	21,3	22,8	26,4
2011.–2040.		17,0	3,5	16,9	21,3	23,3	26,0
2041.–2070.		18,4	3,9	18,2	23,4	25,7	29,3
1961.–1990.	Lipanj	20,8	3,8	20,2	25,9	27,8	31,2
2011.–2040.		20,9	3,5	20,6	25,4	27,0	30,6
2041.–2070.		22,9	4,4	22,3	28,9	31,4	34,9
1961.–1990.	Srpanj	22,7	4,1	21,9	28,5	30,5	33,5
2011.–2040.		23,6	3,7	23,1	28,9	30,4	33,4
2041.–2070.		25,7	4,8	24,8	32,6	34,6	38,1
1961.–1990.	Kolovoz	22,1	4,2	21,4	28,5	30,2	32,7
2011.–2040.		23,3	4,2	22,8	29,0	31,2	33,8
2041.–2070.		26,0	5,6	25,1	34,4	36,4	38,9
1961.–1990.	Rujan	18,3	4,3	17,9	24,1	26,3	30,0
2011.–2040.		19,5	4,4	19,1	25,4	27,4	30,7
2041.–2070.		21,4	5,0	20,6	28,1	30,8	34,2
1961.–1990.	Listopad	13,0	3,5	13,0	17,4	18,5	20,9
2011.–2040.		13,7	3,8	13,9	18,3	19,2	22,6
2041.–2070.		15,5	4,0	15,3	20,8	22,5	26,0
1961.–1990.	Srednjak	13,2	7,6	13,0	23,1	25,7	30,5
2011.–2040.		13,8	7,7	13,6	23,9	26,4	30,7
2041.–2070.		15,5	8,1	14,8	26,5	29,9	35,5

Prilog 12. Nastavak Statistika modeliranih maksimalnih dnevnih temperatura zraka (T_{maks} , °C) za topli dio godine za odabrane postaje za razdoblja 1961.–1990., 2011.–2040. i 2041.–2070. T_{mSR} je srednja maksimalna dnevna temperatura zraka, Std je standardna devijacija, Med je medijan, a p90, p95 i p99 su percentili.

Razdoblje	Mjesec	T_{maksSR}	Std	Med	p90	p95	p99
Gospić							
1961.–1990.	Svibanj	15,9	3,8	15,7	20,9	22,6	25,5
2011.–2040.		16,4	3,8	16,0	21,4	23,0	26,6
2041.–2070.		17,8	4,1	17,5	23,0	24,9	29,4
1961.–1990.	Lipanj	20,5	4,0	20,3	25,7	27,4	31,2
2011.–2040.		20,7	3,7	20,6	25,4	26,9	29,7
2041.–2070.		23,0	4,2	22,7	28,9	31,3	33,4
1961.–1990.	Srpanj	22,8	3,9	22,5	27,9	29,6	32,6
2011.–2040.		24,0	3,9	23,7	29,0	30,8	34,6
2041.–2070.		25,7	4,3	25,2	31,4	32,9	36,1
1961.–1990.	Kolovoz	21,9	3,9	21,3	27,5	29,1	31,2
2011.–2040.		23,3	4,0	23,1	28,8	30,4	33,0
2041.–2070.		25,4	5,0	24,8	32,5	34,6	37,1
1961.–1990.	Rujan	18,0	4,2	17,5	24,2	26,0	28,6
2011.–2040.		19,1	4,1	18,8	24,5	26,6	29,3
2041.–2070.		20,8	4,6	20,6	26,9	29,1	32,6
1961.–1990.	Listopad	12,8	3,4	12,8	17,1	18,1	20,3
2011.–2040.		13,5	3,7	13,6	18,0	19,4	22,1
2041.–2070.		15,1	3,7	15,1	19,9	21,4	23,5
1961.–1990.	Srednjak	12,9	7,6	12,4	23,1	25,6	29,6
2011.–2040.		13,6	7,8	13,1	24,1	26,5	30,4
2041.–2070.		15,1	8,1	14,2	26,1	29,1	33,8
Crikvenica							
1961.–1990.	Svibanj	16,6	3,4	16,4	21,0	22,5	25,4
2011.–2040.		17,1	3,4	17,0	21,4	23,3	25,6
2041.–2070.		18,3	3,6	18,1	22,9	24,3	28,0
1961.–1990.	Lipanj	21,1	3,6	20,8	25,8	27,6	31,2
2011.–2040.		21,1	3,3	21,1	25,6	26,9	29,5
2041.–2070.		23,3	4,0	22,9	28,8	30,9	34,1
1961.–1990.	Srpanj	23,5	3,9	23,0	29,1	30,7	33,5
2011.–2040.		24,5	3,8	24,1	29,7	31,2	34,9
2041.–2070.		26,6	4,5	26,2	32,6	34,4	38,2
1961.–1990.	Kolovoz	23,0	4,4	22,1	29,4	31,2	33,5
2011.–2040.		24,3	4,3	23,9	30,3	31,9	35,3
2041.–2070.		27,1	5,5	26,3	35,3	37,2	39,9
1961.–1990.	Rujan	19,1	4,6	18,3	25,7	28,3	30,8
2011.–2040.		20,1	4,2	19,7	25,7	27,3	32,7
2041.–2070.		22,5	5,1	21,9	29,5	31,6	34,8
1961.–1990.	Listopad	13,3	3,3	13,4	17,3	18,7	20,9
2011.–2040.		14,1	3,6	14,3	18,4	19,5	22,8
2041.–2070.		15,8	3,7	15,6	20,5	22,6	26,1
1961.–1990.	Srednjak	13,6	7,6	13,1	23,8	26,5	31,0
2011.–2040.		14,3	7,7	13,8	24,6	27,1	31,6
2041.–2070.		15,9	8,3	14,9	27,4	30,5	35,8

Prilog 12. Nastavak Statistika modeliranih maksimalnih dnevnih temperatura zraka (T_{maks} , °C) za topli dio godine za odabrane postaje za razdoblja 1961.–1990., 2011.–2040. i 2041.–2070. T_{mSR} je srednja maksimalna dnevna temperatura zraka, Std je standardna devijacija, Med je medijan, a p90, p95 i p99 su percentili.

Razdoblje	Mjesec	T_{maksSR}	Std	Med	p90	p95	p99
Hvar							
1961.–1990.	Svibanj	21,1	3,9	20,9	26,1	27,8	30,0
2011.–2040.		21,6	3,8	21,4	26,6	28,4	31,1
2041.–2070.		23,2	4,0	23,0	28,4	29,8	33,4
1961.–1990.	Lipanj	26,4	4,0	26,4	31,5	32,9	36,1
2011.–2040.		26,5	3,8	26,7	31,2	32,2	34,1
2041.–2070.		28,9	4,0	29,1	33,9	35,5	37,9
1961.–1990.	Srpanj	28,9	3,6	28,9	33,6	34,8	36,6
2011.–2040.		30,2	3,5	30,2	34,4	35,9	38,6
2041.–2070.		31,9	4,1	32,0	37,1	38,6	41,2
1961.–1990.	Kolovoz	28,1	3,9	28,0	33,5	34,4	36,5
2011.–2040.		29,8	4,0	30,0	34,8	35,9	37,7
2041.–2070.		31,9	4,6	31,9	38,1	39,7	42,3
1961.–1990.	Rujan	23,6	4,4	23,1	30,0	31,7	33,4
2011.–2040.		25,0	4,3	24,7	30,8	32,5	35,4
2041.–2070.		26,9	4,6	26,6	32,9	34,9	38,3
1961.–1990.	Listopad	17,4	3,3	17,2	21,6	23,3	25,6
2011.–2040.		18,4	3,6	18,2	23,0	24,3	27,1
2041.–2070.		19,9	3,8	19,7	25,1	26,7	28,8
1961.–1990.	Srednjak	18,0	8,1	17,0	29,6	31,6	34,7
2011.–2040.		18,7	8,3	17,8	30,6	32,6	35,7
2041.–2070.		20,3	8,6	19,0	32,5	35,0	38,9
Knin							
1961.–1990.	Svibanj	15,6	3,6	15,5	20,2	22,1	24,4
2011.–2040.		16,0	3,6	15,8	20,8	22,3	25,1
2041.–2070.		17,5	3,8	17,2	22,3	23,9	28,1
1961.–1990.	Lipanj	20,4	3,9	20,0	25,6	27,2	31,4
2011.–2040.		20,5	3,6	20,5	25,4	26,7	28,9
2041.–2070.		22,8	4,2	22,5	28,4	30,2	33,0
1961.–1990.	Srpanj	23,1	4,0	22,8	28,5	30,1	32,3
2011.–2040.		24,3	3,9	24,0	29,4	31,0	34,5
2041.–2070.		26,2	4,6	25,8	32,4	34,1	37,2
1961.–1990.	Kolovoz	22,8	4,6	22,1	29,2	31,1	33,1
2011.–2040.		24,4	4,6	24,3	30,4	32,4	34,6
2041.–2070.		26,9	5,8	26,7	35,1	37,1	40,3
1961.–1990.	Rujan	18,6	4,9	17,6	26,4	28,4	31,0
2011.–2040.		19,8	4,7	19,2	26,4	29,0	33,5
2041.–2070.		22,0	5,5	21,2	29,8	32,2	34,9
1961.–1990.	Listopad	12,8	3,4	12,9	17,1	18,4	20,6
2011.–2040.		13,8	3,7	13,8	18,5	19,8	23,2
2041.–2070.		15,3	4,0	15,3	20,6	22,5	26,1
1961.–1990.	Srednjak	13,1	7,7	12,3	23,7	26,6	30,7
2011.–2040.		13,8	7,9	13,0	24,8	27,5	31,7
2041.–2070.		15,4	8,4	14,2	27,3	30,5	35,8

