

UTJEČE LI PROMJENA KLIME NA POČETAK CVJETANJA JORGOVANA?

Does Climate Change Influence on Beginning of Common Lilac Flowering?

MATILDA JELIĆ¹ i VIŠNJA VUČETIĆ²

¹Sveučilišna klinička bolnica, Kralja Tvrtka bb, 88000 Mostar, BiH
matilda.jelic@gmail.com

²Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb
vucetic@cirus.dhz.hr

Prihvaćeno: 12.6.2012. u konačnom obliku: 13.7.2012.

Sažetak: Za proučavanje utjecaja klimatskih varijacija na biljni svijet dobro je promatrati više-godišnje biljke na koje čovjek ne djeluje svojim agrotehničkim mjerama, već slobodno rastu u prirodi. Šumsko drveće i grmlje su osobito pogodni za takva istraživanja. U fenologiji, znanosti koja proučava periodične pojave u razvoju biljaka i ponašanju životinja, je obični jorgovan izabran kao referentna biljka. Obični jorgovan uspijeva u gotovo svim klimatskim zonama pa tako i u višim geografskim širinama. Budući da je prisutan u svim krajevima Hrvatske, razmatran je njegov početak listanja, cvjetanja i pune cvatnje na 31 fenološkoj postaji u razdoblju 1961–2010. Cvjetanje obično počne tri tjedna nakon listanja, a punu cvatnju jorgovan postigne tjedan dana nakon početka cvjetanja. Granica početka vegetacije jorgovana je sve ranija idući od sjevera prema jugu, te od zapada prema istoku Hrvatske. Usporedba novijeg razdoblja 1981–2010. s referentnim razdobljem 1961–1990. pokazala je za većinu fenoloških postaja negativno odstupanje što znači raniji početak listanja i cvjetanja. Da bi se utvrdio utjecaj klimatskih promjena na razvoj običnog jorgovana, procijenjena je tendencija kašnjenja/ranjenja njegovih fenofaza pomoću linearnog trenda, a signifikantnost trenda testirana je Mann-Kendallovim rang testom na razini signifikantnosti < 0.05 . U razdoblju 1961–2010. na većini postaja zapažen je signifikantan raniji početak listanja i cvjetanja običnog jorgovana (2–5 dana/10 god). To je u skladu sa signifikatnim povećanjem temperature zraka kod nas i ukazuje na utjecaj klimatskih promjena na biljke. Pomoću jednostavne metode srednjaka određeno je koliko je potrebno skupiti temperaturnih suma od jedne do druge fenofaze običnog jorgovana. Za puno cvjetanje običnog jorgovana potrebno je prosječno oko 300°C u unutrašnjosti Hrvatske i dvostruko više (oko 630°C) na priobalju i otocima, iz čega se može zaključiti da je obični jorgovan biljka koja se dobro prilagodila svim klimatskim zonama u Hrvatskoj.

Cljučne riječi: fenološke faze običnog jorgovana, linearni trend, Mann-Kendallov rang test, temperaturne sume, Hrvatska

Abstract: When analysing the impact of climate variations on plants, an analysis should be made of perennial plants that grow freely in nature, without any agro-technical practice added. Forest trees and shrubs are particularly favourable for research. In phenology, a science which studies the regularity of periodical occurrences in plant development and animal behaviour, the common lilac is chosen as a reference plant. The common lilac can grow in almost every climate type and at high latitudes. As it can be found in all parts of Croatia, three development stages of the common lilac were considered: beginning of leaf unfolding, beginning of flowering and full flowering at 31 phenological stations in Croatia during the period 1961–2010. The beginning of flowering starts three weeks after the beginning of leaf unfolding and full flowering is reached one week after the beginning of flowering. In Croatia, the boundary of common lilac vegetation moves forward from the north to the south and from the west to the east. A comparison of a more recent period, 1981–2010, with the reference period 1961–2010 has shown that most phenological stations have negative deviation. That means an earlier beginning of leaf unfolding and flowering. To determine the effect of climate change on the development of the common lilac, the tendency of early/late phenophases was estimated using a

linear trend, and the significance of the trend was tested by the Mann-Kendall rank test at a significance level of < 0.05 . The results for the period 1961–2010 show that at most stations there is a significantly earlier beginning of flowering and full flowering of the common lilac (2–5 days/10 years). A significant increase in temperature indicates the impact of climatic changes on plants. The accumulated values of growing-degree days for the common lilac from one phenophase to the next are determined by a simple averaging method. Full flowering requires 300°C growing-degree days in continental Croatia, and double value (630°C) along the Adriatic coast and islands. So the common lilac has adapted very well to all climate zones in Croatia.

Kew words: common lilac phenological stages, linear trend, Mann-Kendall rank test, growing degree-days, Croatia

1. UVOD

Fenologija je znanost koja proučava zakonitost pojava/faza u razvoju biljaka i životinja te njihovu ovisnost o klimatskim i vremenskim čimbenicima. Fenologiju dijelimo na fitofenologiju (fenologija biljaka) i zoofenologiju (fenologija životinja). Budući da je u agrometeorologiji fitofenologija više razvijena od zoofenologije, pod fenološkim opažanjima isključivo se smatraju faze razvoja biljaka. Fenološka opažanja prate faze rasta bilja tijekom njihova vegetacijskog razdoblja i njihovu ovisnost o vremenu i klimi. Pod fenološkom fazom (fenofaza ili razvojna faza) podrazumjeva se vanjska promjena na biljci, koja je rezultat unutrašnjih fizioloških i biokemijskih procesa razvoja biljke. Opažanja određenih fenofaza biljke sastoje se od utvrđivanja i zapisa datuma početka nicanja, listanja, pupanja, klasanja, cvjetanja, zriobe i dr., i traju tijekom cijelog životnog ciklusa (Penzar i Penzar, 2000).

Iz prikupljenih fenoloških podataka višegodišnjeg bilja, na koje nije utjecao čovjek svojim agrotehničkim mjerama, proučava se utjecaj klimatskih varijacija na biljni svijet te spoznaje kako biljke odgovaraju na nju. Višegodišnje biljke, pogodne za takva istraživanja, su šumsko drveće i grmlje. U fenologiji je izabran obični jorgovan (*Syringa vulgaris* L.) kao referentna biljka zbog svoje prisutnosti u svim klimatskim zonama pa tako i u višim geografskim širinama. Obični jorgovan je ukrasni grm u mnogim parkovima i vrtovima. Cvjeta od travnja do svibnja. Visina mu varira od 2 do 10 metara. Cvjetovi su piramidalnog oblika, blijedo ljubičaste, ljubičaste ili pak bijele boje.

Upravo zbog toga, što je referentna biljka, odabran je obični jorgovan za detaljno fenološko istraživanje na području Hrvatske. Cilj je odgovoriti na pitanja: postoje li promjene u početku nastupa njegovih fenoloških faza u

različitim klimatskim zonama i kolika mu je akumulacija topline potrebna od fenofaze do fenofaze. Poznavanjem ovog posljednjeg moguće je predvidjeti početak neke fenofaze. U ovom su radu po prvi puta analizirani fenološki podaci običnog jorgovana na svim raspoloživim postajama s dugogodišnjim nizom podataka u Hrvatskoj.

Postoji velik broj radova u svijetu koji se bave fenologijom i povezuju porast globalne temperature zraka s ranijim početkom vegetacije u proljeće. Osim temperature zraka, biljka ovisi i o području na kojem raste (nizinsko, planinsko ili priobalno područje), o geografskoj širini, odnosno o klimatskoj zoni. Izračunati linearni pozitivni ili negativni trendovi daju rezultate kašnjenja ili ranjenja fenofaza običnog jorgovana, te ukazuju na klimatske promjene.

Promjene u nastupu fenofaza jorgovana za sjeveroistočnu Ameriku ukazuju na njihov raniji početak za 2–8 dana/10 god (Wolf i dr., 2005). U Kini su datumi cvjetanja u prosjeku uranili 2.9 dana/10 god za biljke s ranijim cvjetanjem, i 1.5–2.0 dana/10 god za biljke s kasnijim datum cvjetanja u razdoblju 1950–2004. (Peiling i dr., 2006). Raniji početak vegetacijskog razdoblja primijećen je i u europskim zemljama kao npr. Njemačkoj, Austriji, Švicarskoj i Estoniji i to do 5 dana/10 god (Menzel i dr., 2003.). Rezultati kod nas pokazuju da je početak vegetacije za šumsko drveće i raslinje koje cvjeta u travnju i svibnju pomaknut prema unaprijed. Tako npr. obični jorgovan u Gospiću najčešće prolista 15. travnja, a procvjeta 8. svibnja. No, posljednja tri desetljeća opaža se signifikantan linearni trend ranijeg početka listanja i cvjetanja za oko 2 dana/10 god na razini signifikantnosti manjoj od 0.05 (Vučetić i Vučetić, 2006.). Prema tome, iz spomenutih radova zaključuje se da raniji početak

vegetacijskog razdoblja nije lokalnog karaktera, već globalnog. Dakle, raniji se početak cvjetanja šumskog drveća i grmlja opaža u različitim dijelovima svijeta. Stoga nas zanima kako se u tu opću sliku uklapaju i fenološki podaci običnog jorgovana u različitim klimatskim zonama u Hrvatskoj.

2. Podaci i metode rada

Analizirani su svi raspoloživi fenološki podaci običnog jorgovana u razdoblju 1961–2010. kako bi se odredila njegova prostorna razdioba i vremenske promjene fenoloških faza na području Hrvatske,

Kod običnog jorgovana opažaju se sljedeće fenološke faze:

1. *Početak listanja* (UL – *beginning of leaf unfolding*) je definiran kada se potpuno otvori nekoliko listova kojima se vidi peteljka te se pokaže konačni oblik lista, ali ne i njegova konačna veličina;

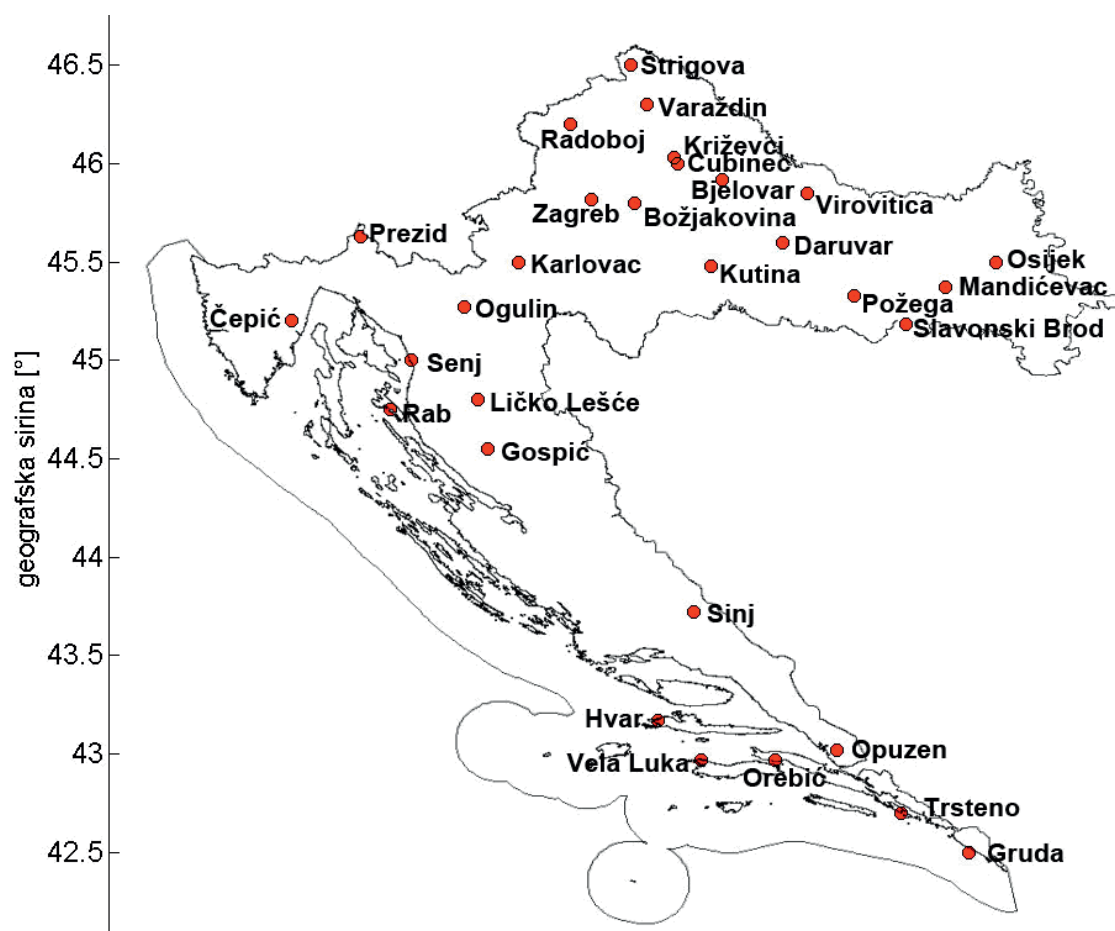
2. *Početak cvatnje* (BF – *beginning of flowering*) je kada se potpuno otvore cvjetovi na nekoliko cvatova;

3. *Puna (opća) cvatnja* (FF – *full (general) flowering*) je kada je otvorena većina cvjetova na više od 50% cvatova.

Obrađeni su podaci s 31 fenološke postaje (slika 1) koje imaju najdulji niz opažanja, te pokrivaju osnovne klimatske tipove u Hrvatskoj: kontinentalni, planinski i mediteranski, kao i gradsku sredinu Zagreba.

Unutar razdoblja 1961–2010. uzeto je 30-godišnje referentno klimatološko razdoblje 1961–1990, prema preporuci Svjetske meteorološke organizacije (WMO), te pomak po 10 godina unaprijed, 1971–2000. i 1981–2010. s ciljem da se uoče odstupanja novijih razdoblja od referentnog razdoblja.

Za potrebe računanja temperaturnih suma, kao i srednje količine oborine i osunčavanja



Slika 1. Položaj analiziranih fenoloških postaja u Hrvatskoj iz razdoblja 1961–2010.

Figure 1. Location of analysed phenological stations in Croatia during the period 1961–2010.

od jedne do druge fenofaze korišteni su dnevni podaci maksimalne i minimalne temperature zraka, te količine oborine i osunčavanja s osam glavnih meteoroloških postaja u Hrvatskoj u novijem razdoblju 1981–2010. Osam glavnih meteoroloških postaja je odabrano tako da pokrivaju osnovne klimatske zone Hrvatske.

Za procjenu tendencije kašnjenja ili ranjenja fenoloških faza korišten je linearni trend, a za ocjenu statističke signifikantnosti linearnog trenda primijenjen je neparametarski Mann-Kendallov rang test (Michell i dr., 1966). Proračun temperaturnih suma (TS) određen je jednostavnom metodom srednjaka jer je usporedba proračuna TS iz satnih vrijednosti temperature zraka i raznih metoda iz maksimalne i minimalne dnevne temperature zraka u Hrvatskoj pokazala da metoda srednjaka ne odstupa znatnije od ostalih složenijih metoda (Salopek, 2007). Temperaturna suma je mjera koja odražava akumuliranu toplinu iznad specifičnog temperaturnog praga tijekom cijelog dana (24 sata). Za računanje TS potrebno je odrediti temperaturni prag pri kojoj rast i razvoj prestaju ukoliko se temperatura spusti ispod njega. Za temperaturni prag kod običnog jorgovana odabrana je temperatura zraka od 5°C (npr. Vučetić, 2009a). TS se računa na način da se od srednje temperature zraka za određeni dan oduzima temperaturni prag (npr. Vučetić, 2009b):

$$TS = \frac{T_{maks} + T_{min}}{2} - T_{prag} \quad (1)$$

gdje je TS dnevna temperatura suma, T_{maks} maksimalna dnevna temperatura zraka, T_{min} minimalna temperatura zraka i T_{prag} temperaturni prag.

3. REZULTATI I RASPRAVA

Vremenske prilike posljednjih godina sve manje prate poznate godišnje i sezonske hodove i sve je više ekstremnih vremenskih događaja koji ne prate prosječna stanja. Tako su primjerice tijekom 2007. godine, zbog izrazito tople zime i proljeća, fenofaze nastupile osjetno ranije (Vučetić, 2009a).

3.1. Srednjak fenoloških faza običnog jorgovana

U tablici 1 su prikazani srednjaci (SRED) fenoloških faza običnog jorgovana koji su izraženi u datumu nastupa za odabrane postaje u Hrvatskoj za razdoblje 1981–2010., te njihova odstupanja (Δ SRED) od referentnog razdoblja 1961–1990. U prosjeku, vegetacijsko razdoblje za obični jorgovan na Jadranu i otocima počinje sredinom ožujka, u unutrašnjosti Hrvatske počinje krajem ožujka ili početkom travnja, a u gorskoj Hrvatskoj je pomaknuto prema travnju i svibnju. Činjenica je da se početak vegetacije mijenja od godine do godine pa raspon između najkasnijeg i najranijeg datuma može iznositi i do mjesec i pol dana. Cvjetanje obično počne tri tjedna nakon listanja, a svoje puno cvjetanje jorgovan postigne tjedan dana nakon početka cvjetanja.

Usporedba novijeg razdoblja s referentnim razdobljem na većini postaja za pojedine fenološke faze običnog jorgovana pokazuje negativno odstupanje što ukazuje na raniji početak listanja i cvjetanja jorgovana posljednjih godina.

3.2. Linearni trendovi fenoloških faza običnog jorgovana

Za procjenu tendencije kašnjenja ili ranjenja fenoloških faza običnog jorgovana na odabranim postajama u Hrvatskoj izračunati su srednjaci njihovog nastupa za tri klimatološka razdoblja: 1961–2010, 1971–2010. i 1981–2010. (tablica 2). Na slici 2 su iz tablice 2 izdvojene postaje: Zagreb-Maksimir, Gospić, i Hvar s linearnim trendovima. Fenološke postaje su odabrane tako da imaju najdulje vremenske nizove, a ujedno pokrivaju glavne klimatske zone u Hrvatskoj. Budući da je opažanje listanja običnog jorgovana na većini postaja započelo 1974. godine, nije analizirana ta njegova fenofaza u razdoblju 1961–2010. U tablici 2 vrijednosti linearnog trenda svedene su na 10-godišnje razdoblje na razini signifikantnosti $p < 0.05$ pomoću neparametarskog Mann-Kendallovog rang testa.

Analize linearnih trendova fenofaza običnog jorgovana duž jadranske obale i otoka te u gorskoj Hrvatskoj posljednjih pedesetak godina pokazale su signifikantan raniji početak njihova listanja, cvjetanja, te pune cvatnje za 2–5 dana/10 god, osim u gradskoj sredini Zagreba. Odgovor na takav linearni trend u gradu Za-

Tablica 1. Srednjak (SRED) fenoloških faza običnog jorgovana izražen u datumima za odabrane postaje u Hrvatskoj za razdoblje 1981–2010, te njihova odstupanja (Δ SRED) od referentnog razdoblja 1961–1990.

Table 1. Mean dates (SRED) of phenological stages of the common lilac for selected stations in Croatia during the period 1981–2010, and their deviations from the reference period 1961–1990.

Fenološke postaje		UL	BF	FF	Fenološke postaje	UL	BF	FF
Bjelovar	SRED	3.4.	21.4.	29.4.	Orebić	29.3.	11.4.	17.4.
	Δ SRED	4	0	2		6	0	-2
Božjakovina	SRED	7.4.	22.4.	27.4.	Osijek	22.3.	17.4.	25.4.
	Δ SRED	6	0	-2		-6	0	-2
Cubinec	SRED	24.3.	19.4.	22.4.	Požega	28.3.	21.4.	27.4.
	Δ SRED	8	0	-2		-2	-2	-2
Čepići	SRED	21.3.	8.4.	17.4.	Prezid	17.4.	14.5.	21.5.
	Δ SRED	-5	0	-2		-5	0	-2
Daruvar	SRED	1.4.	19.4.	26.4.	Rab	22.3.	10.4.	16.4.
	Δ SRED	0	0	-2		-1	0	-2
Donji Miholjac	SRED	7.4.	24.4.	29.4.	Radoboj	28.3.	21.4.	27.4.
	Δ SRED	7	0	-2		-8	0	-2
Gospić	SRED	14.4.	4.5.	10.5.	Senj	19.3.	6.4.	16.4.
	Δ SRED	-6	0	-2		-1	0	-2
Gruda	SRED	22.3.	9.4.	17.4.	Sinj	20.3.	6.4.	14.4.
	Δ SRED	2	0	-2		-7	0	-2
Hvar	SRED	17.3.	5.4.	13.4.	Slavonski Brod	24.3.	18.4.	24.4.
	Δ SRED	-2	0	-2		-4	0	-2
Karlovac	SRED	29.3.	18.4.	25.4.	Štrigova	31.3.	23.4.	30.4.
	Δ SRED	-1	0	-2		-2	0	-2
Križevci	SRED	29.3.	25.4.	30.4.	Trsteno	18.3.	6.4.	15.4.
	Δ SRED	-4	0	-2		-1	0	-2
Kutina	SRED	29.3.	19.4.	25.4.	Varaždin	28.3.	20.4.	27.4.
	Δ SRED	-2	0	-2		-3	0	-2
Ličko Lešće	SRED	10.4.	2.5.	10.5.	Vela Luka	17.3.	8.4.	17.4.
	Δ SRED	-7	0	-2		-3	0	-2
Mandićevac	SRED	22.3.	18.4.	25.4.	Virovitica	29.3.	22.4.	28.4.
	Δ SRED	-7	0	-2		-1	0	-2
Ogulin	SRED	31.3.	23.4.	2.5.	Zagreb	26.3.	20.4.	26.4.
	Δ SRED	-8	0	-2		-5	0	-2
Opuzen	SRED	18.3.	13.4.	29.4.				
	Δ SRED	0	0	-2				

grebu ne može se tražiti samo u globalnom zagrijavanju već i u naglom širenju grada u posljednjih stotinjak godina i u činjenici da Zagreb ima učinak gradskog toplinskoga otoka.

Postaja Opuzen ima signifikantan kasniji početak svih fenofaza običnog jorgovana za 5–17 dana/10 god što smatramo da je posljedica motriteljeve nepažnje tijekom opažanja, posebice fenofaze pune cvatnje koja pokazuje najveći trend. Posljednja tri desetljeća na postaji

Osijek zamijećen je signifikantan raniji početak listanja, cvjetanja, te pune cvatnje za 6–12 dana/10 god. Tako veliki trendovi, osobito početka listanja, mogu biti isto posljedica nepažnje motritelja, ali i manjka podataka za tu postaju.

Dakle, iz analize linearnog trenda zaključuje se da na većini postaja do izraženijeg ranijeg početka cvjetanja i punog cvjetanja običnog jorgovana dolazi posljednjih 30 godina. Taj ra-

Tablica 2. Linearni trendovi fenoloških faza običnog jorgovana na odabranim postajama u Hrvatskoj za razdoblja 1961–2010, 1971–2010. i 1981–2010. Signifikantni linearni trendovi na razini od 0.05 su podebljani.

Table 2. Linear trends of phenological stages of the common lilac for selected stations in Croatia during the periods 1961–2010, 1971–2010 and 1981–2010. Significant linear trends at the 0.05 level are marked in bold.

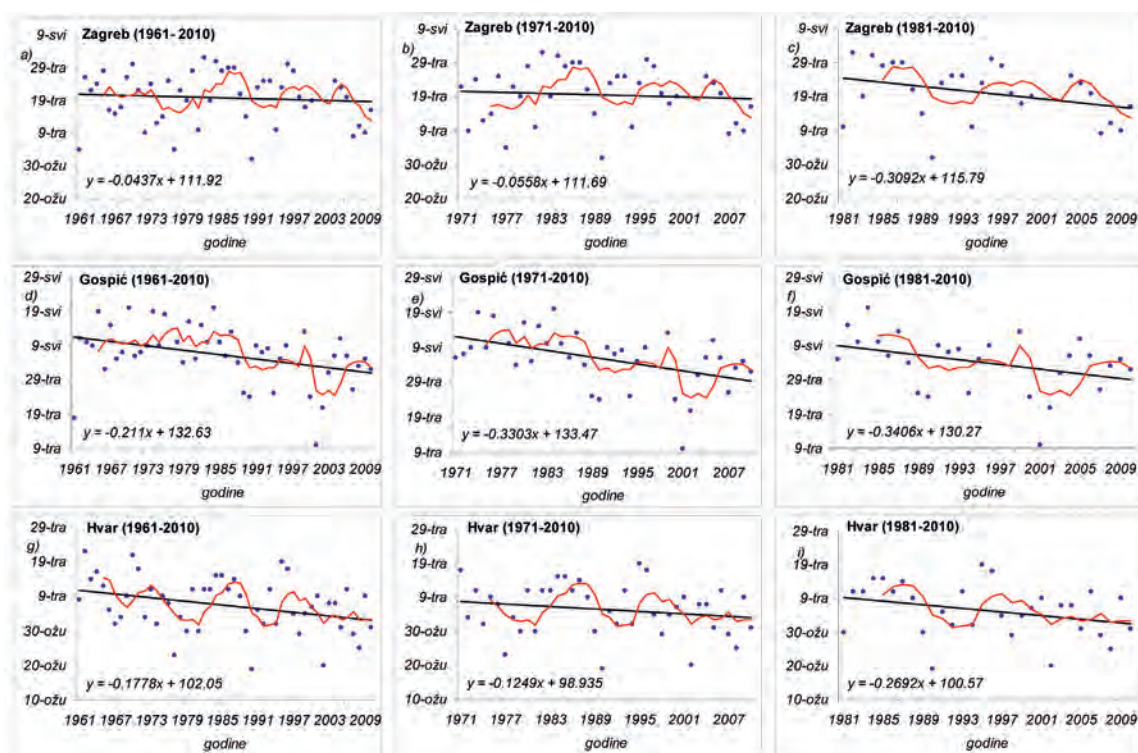
Fenološka postaja	Linearni trend (dani/10 god)							
	1961–2010.		1971–2010.			1981–2010.		
	BF	FF	UL	BF	FF	UL	BF	FF
Bjelovar	0.3	1.1	3.7	0.6	1.4	4.5	-0.1	0.7
Daruvar	-2.3	-2.9	0.1	-2.3	-3.3	-0.3	-3.6	-4.7
Gospić	-2.1	-2.4	-2.7	-3.3	-3.8	-1.2	-3.4	-3.9
Hvar	-1.7	-2.2	-1.2	1.2	-1.6	-1.6	-2.7	-3.5
Karlovac	-0.7	-1.5	-0.8	-1.7	-2.8	-1.6	-3.4	-4.0
Križevci	-0.9	-1.0	-2.5	-1.3	-1.6	-3.1	-3.2	-4.0
Kutina	-0.4	-0.8	-1.1	-1.3	-2.3	-0.7	-4.0	-5.3
Ličko Lešće	-2.1	-1.1	-3.3	-4.1	-2.6	0.7	-2.3	-0.7
Mandićevac	-2.5	-2.4	-7.3	-2.5	-1.6	-12.3	-7.7	-6.0
Ogulin	-2.5	-1.5	-4.4	-3.5	-2.2	-3.3	-4.8	-4.5
Opuzen	5.4	11.6	0.2	5.9	14.4	0.6	6.1	17.1
Orebić	-0.6	-0.9	4.2	-0.2	-0.8	6.6	0.2	-1.4
Osijek	-1.8	-1.0	-6.8	-1.8	-1.0	-11.8	-6.4	-6.3
Prezid	-1.2	-1.6	-3.4	-3.4	-4.2	-4.1	-4.8	-5.2
Rab	-2.6	-2.3	-0.3	-1.6	-2.2	0.1	-3.7	-3.9
Sinj	-2.9	-3.1	-3.0	-2.1	-3.1	-2.8	-2.8	-4.3
Slavonski Brod	-0.8	-0.6	-2.3	-1.4	-1.6	-3.5	-4.7	-5.1
Trsteno	-0.2	-0.4	0.8	0.5	0.2	1.7	0.2	-0.6
Varaždin	-1.8	-1.7	-1.3	-2.0	-2.3	-2.5	-2.9	-3.8
Zagreb	-0.4	-0.5	-2.8	-0.5	-0.9	-4.3	-3.1	-3.9

niji početak vegetacije običnog jorgovana ukazuje na toplija proljeća što je u skladu s istraživanjima klimatskih promjena u Hrvatskoj (MZOPUG, 2010).

3.3. Temperaturne sume, osunčavanje i oborina

Srednje temperaturne sume pojedinih fenofaza određenih biljnih vrsta imaju praktičnu korist u agrometeorologiji za praćenje koliko brzo se akumulira toplina od jedne do druge fenofaze, a samim tim se prati i razvoj biljaka. Ako su poznate prognoziranje dnevne temperature zraka, srednje temperaturne sume mogu poslužiti za predviđanje razvojnih faza bi-

ljaka. Iz tog razloga određene su srednje temperaturne sume za obični jorgovan od fenofaze do fenofaze jednostavnom metodom srednjaka prema relaciji (1). Temperaturne sume za donji temperaturni prag od 5°C određene su iz dnevnih minimalnih i maksimalnih temperatura zraka s glavnih meteoroloških postaja: Slavonski Brod, Zagreb, Daruvar, Gospić, Hvar, Rab, Knin (Sinj) i Dubrovnik (Trsteno) u razdoblju 1981–2010. Treba napomenuti da su za navedeni izračun za fenološke podatke postaje Sinj korišteni meteorološki podaci najbliže glavne meteorološke postaje Knin, te za postaju Trsteno od glavne meteorološke postaje Dubrovnik. Pored temperaturnih suma



Slika 2. Vremenski nizovi fenološke faze početka cvjetanja (BF), običnog jorgovana, pripadni linearni trendovi i 5-godišnji klizni srednjaci za postaje Zagreb, Gospić i Hvar u razdobljima 1961–1990, 1971–2000. i 1981–2010. x je redni broj godina (0, 1, 2, 3, ..., n).

Figure 2. Time series of beginning of flowering (BF) of the common lilac, linear trend and 5-year moving average for Zagreb, Gospić and Hvar stations during the periods 1961–2010, 1971–2010 i 1981–2010. x is an ordinal number of years (0, 1, 2, 3, ..., n).

Tablica 3. Odstupanja temperaturnih suma (TS), oborine (R) i osunčavanja (S) između fenofaza početka cvjetanja i listanja, te punog i početka cvjetanja za odabrane postaje u Hrvatskoj u razdoblju 1981–2010.

Table 3. Growing-degree days, precipitation and insolation from phenophase to phenophase for selected stations in Croatia during the period 1981–2010.

Fenološka postaj	TS [°C]		R [mm]		S [h]	
	BF-UL	FF-BF	BF-UL	FF-BF	BF-UL	FF-BF
Slavonski Brod	136.0	48.8	54.7	11.0	124.5	37.7
Daruvar	105.2	56.3	41.9	15.4	103.9	43.0
Zagreb	129.3	49.8	51.9	13.0	137.0	41.5
Gospić	106.6	41.5	78.1	20.5	124.9	40.3
Knin	124.2	46.5	51.5	16.4	119.6	43.4
Rab	143.0	58.6	48.1	14.5	117.1	50.6
Hvar	154.6	70.6	31.7	10.3	134.8	60.2
Dubrovnik	166.8	84.2	56.2	21.6	125.2	62.6
SRED	133.2	57.0	51.8	15.3	123.4	47.4

praćeno je i osunčavanje i količina oborine kao važni meteorološki elementi o kojima ovisi rast i razvoj biljnog svijeta.

Osam meteoroloških postaja izabrano je tako da pokrivaju glavne klimatske zone u Hrvatskoj što daje osnovnu informaciju o prostornoj promjeni temperaturne sume, osunčavanja i oborine u ovisnosti o fenološkim fazama običnog jorgovana.

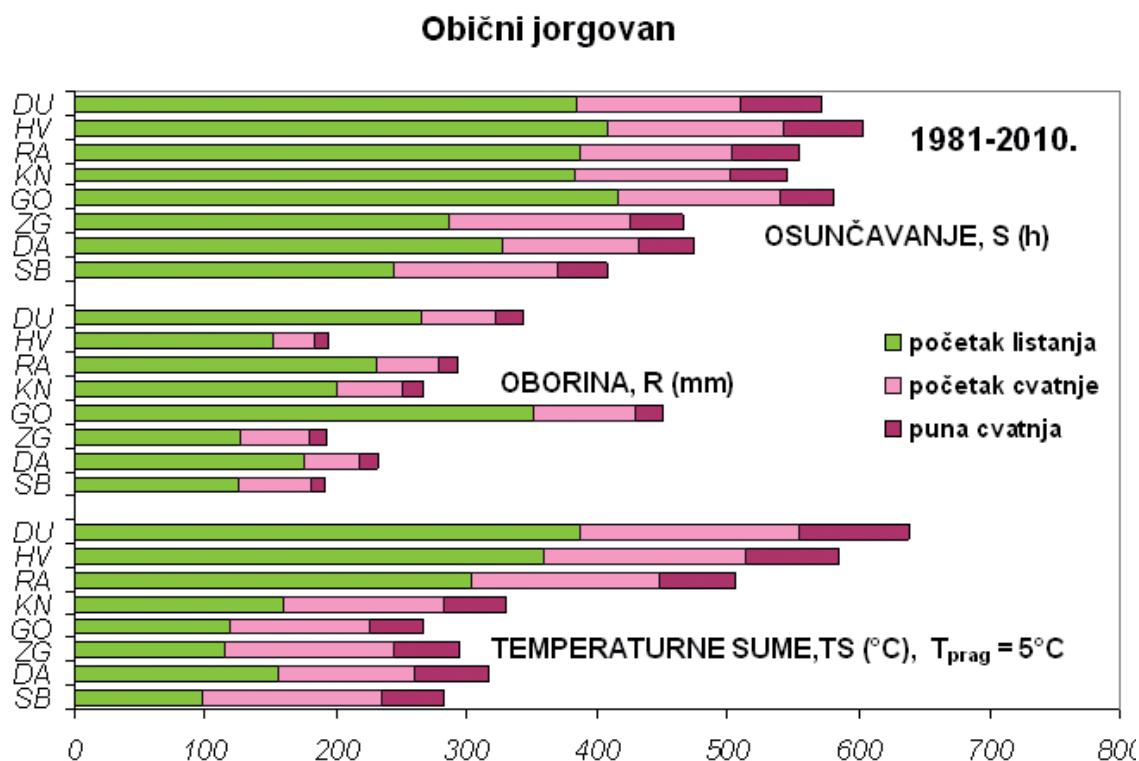
Na slici 3 je dan prikaz srednje temperaturne sume za sve fenofaze običnog jorgovana. Vidljivo je da je za početak punog cvjetanja običnog jorgovana potrebno skupiti oko 300°C u unutrašnjosti Hrvatske. U priobalju i na otocima je za početak te fenofaze potrebno čak dvostruko više i temperaturne sume iznose oko 630°C za temperaturni prag od 5°C.

Osunčavanje kod promatranih meteoroloških postaja dosta dobro prati temperaturne sume. Za oborinu, pak, to nije slučaj. Ne može se sa sigurnošću reći koliko je potrebno oborine za

pojedinu fenofazu kao što to vidimo za temperaturnu sumu i osunčavanje. Dakle, gledajući prostorno količina oborine nije tako ravnomjerno raspoređena kao što su temperaturne sume i osunčavanje. Iz svega prije spomenutog, očito je da se obični jorgovan vrlo dobro prilagodio različitim klimatskim uvjetima te se zato s pravom smatra referentnom biljkom u fenologiji.

4. ZAKLJUČAK

Usporedba fenoloških faza običnog jorgovana novijeg razdoblja 1981–2010. s referentnim razdobljem 1961–1990. je za većinu fenoloških postaja pokazala negativna odstupanja. Signifikantan raniji početak njihova listanja i cvjetanja, te pune cvatnje je za 2–5 dana/10 god posljednjih pet desetljeća, što je potvrdila i analiza linearnog trenda i Mann-Kendallovog rang testa koji je primijenjen na 20 fenoloških postaja u Hrvatskoj. Opaženi negativan line-



Slika 3. Temperaturne sume, količina oborine i osunčavanja od fenofaze do fenofaze običnog jorgovana za odabrane postaje u Hrvatskoj u razdoblju 1981–2010. SB – Slavonski Brod, DA – Daruvar, ZG – Zagreb-Maksimir, GO – Gospić, KN – Knin, RA – Rab, HV – Hvar, DU – Dubrovnik

Figure 3. Growing-degree days, precipitation and insolation from phenophase to phenophase for selected stations in Croatia during the period 1981–2010. SB – Slavonski Brod, DA – Daruvar, ZG – Zagreb-Maksimir, GO – Gospić, KN – Knin, RA – Rab, HV – Hvar, DU – Dubrovnik

arni trend u nastupu fenofaza jorgovana je rezultat klimatskih promjena na što ukazuje i sve veći broj toplijih godina u posljednjim desetljećima (MZOPUG, 2010.).

Raniji početak vegetacijskog razdoblja primijećen je i u ostalim europskim zemljama kao npr. u Njemačkoj, Austriji, Švicarskoj i Estoniji i do 5 dana/10 god (Menzel i dr., 2003). Promjene nastupa fenofaza jorgovana za sjeveroistočnu Ameriku ukazuju na raniji početak za 2–8 dana/10 god (Wolf i dr., 2005), a u Kini za 2–3 dana/10 god (Peiling i dr., 2006).

Procjena temperaturnih suma za biljke je korisna metoda u agrometeorologiji za praćenje koliko brzo se akumulira toplina od jedne do druge fenofaze, a samim tim se prati i razvoj biljaka. Primjenom prognoziranih temperatura zraka ta metoda omogućuje čak i predviđanje razvoja biljaka. Zbog toga su temperaturne sume za temperaturni prag od 5°C određene za fenofaze jorgovana. Pokazano je da je za puno cvjetanje običnog jorgovana potrebno prosječno oko 300°C u unutrašnjosti Hrvatske što je upola manje u odnosu na priobalje i otoke (oko 630°C).

Dakle, zamijećene promjene ranijeg nastupa fenofaza običnog jorgovana u Hrvatskoj nisu lokalnog karaktera, nego su posljedica utjecaja globalnog zagrijavanja. Tako je još jednom potvrđena i činjenica da je praćenje fenoloških faza biljaka dobar pokazatelj klimatskih promjena.

Zahvala: Ovo istraživanje je ostvareno u okviru znanstveno-istraživačkog projekta *Klimatske varijacije i promjene i odjek u području utjecaja* – 004-1193086-3035 Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske.

5. LITERATURA

Menzel, A., G. Jakobi, R. Ahas, H. Scheifinger and N., Estrella, 2003: Variations of the climatological growing season (1951 - 2000) in Germany compared with other countries, *International Journal of Climatology*, **23**, 793–812.

Mitchell J. M. Jr., Dzerdzevskii B., Flohn H., Hofmeyr W. L., Lamb H. H., Rao K. H. and C. C. Wallen, 1966: Climatic Change, *WMO Technical Note*, **79**, Geneva, 58–75.

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

Penzar, I. i B. Penzar, 2000: Agrometeorologija, Školska knjiga, Zagreb, 228 str.

Peiling, L., Y. Qiang, L. Jiandong and L. Xuhui, 2006: Advance of tree-flowering dates in response to urban climate change, *Agricultural and Forest Meteorology*, **138**, 120–131.

Salopek, I., 2007: Različite metode izračuna temperaturnih suma i njihova primjena u poljoprivredi, Diplomski rad, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Vučetić, V. and M. Vučetić, 2006: Phenological fluctuations as a possible signal of climatic changes in the Croatian mountain area, *Meteorologische Zeitschrift*, **15**, 2, 237–242.

Vučetić V., 2009a: Utjecaj klimatskih varijacija i promjena na biljke, odabrano poglavlje u Petom nacionalnom izvješću Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime, Državni hidrometeorološki zavod, 38–42. <http://meteo.hr>

Vučetić, V., 2009b: Secular trend analysis of growing degree-days in Croatia, *Idöjárás*, **113**, 1–2, 39–46.

Wolf, D. W., M. D. Schwartz and A. N. Lakso, 2005: Climate change and shifts in spring phenology of tree horticultural woody perennials in northeastern USA, *International Journal of Biometeorology*, **49**, 303–309.