

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET
GEOFIZIČKI ODSJEK

BERNARDA KRULIĆ

Fenološke faze jabuke i primjena modela Utah
za proračun hladnih jedinica u Hrvatskoj

DIPLOMSKI RAD

Voditelj: dr. sc. Antun Marki

Suvoditelj: mr. sc. Višnja Vučetić

ZAGREB, siječanj 2011.

Hvala mentoru dr.sc Markiju što me je upoznao sa agrometeorologijom Hvala na pomoći i savjetima tijekom pisanja diplomskog rada. Najveće hvala na podršci i riječima ohrabrenja.

Hvala najboljoj mentorici mr.sc Vučetić na uloženom trudu i energiji, na mnogim savjetima, korisnim idejama, poticanju i bezuvjetnoj spremnosti na pomoć prilikom izrade diplomskog rada. Veliko hvala na riječima podrške i ohrabrenju... prenijeli Ste svoju ljubav prema agrometeorologiji na mene...

Hvala dr.sc Belušić i prof.dr.sc Herak na savjetima i komentarima.

Hvala mami Božici i tati Danielu na bezuvjetnoj ljubavi, podršci, strpljenju i vjeri u mene.

Hvala mojoj sestri Kristini na velikim riječima potpore i vjeri u mene onda kada je to bilo najpotrebnije.

Hvala Davoru na pomoći prilikom izrade diplomskog rada.

Hvala mojim curkama... učinile ste moj studentski život razdobljem kojeg ću se uvijek rado sjećati...

Zahvaljujem se Državnom hidrometeorološkom zavodu na ustupljenim podacima.

Sadržaj

1. Uvod.....	4
2. Agrometeorologija.....	5
2.1. Fenologija.....	6
2.2. Zimsko mirovanje	7
3. Kratki pregled novijih rezultata fenoloških istraživanja kod nas te primjena modela Utah u svijetu.....	8
4. Fenološki i meteorološki podaci	10
5. Metode rada.....	13
5.1. Osnovne statističke metode.....	13
5.2. Linearni trend i Mann-Kendallov rang test.....	13
5.3. Model Utah.....	13
6. Rezultati i diskusija	15
6.1. Srednji datumi fenofaza različitih sorti jabuke u razdoblju 1979–2009.....	15
6.2. Usporedba srednjih datuma fenofaza jabuke posljednja dva desetljeća s normalom.....	18
6.3. Linearni trendovi nastupa pojedinih fenofaza za različite sorte jabuke.....	20
6.3.1. Sorta bobovac	20
6.3.2. Sorta kanada.....	21
6.3.3. Sorta kolačarka	22
6.3.4. Sorta jonatan.....	23
6.3.5. Sorta zlatni delišes	25
6.3.6. Sorta petrovača	28
6.4. Linearni trendovi nastupa pojedinih fenofaza jabuke u gorskoj Hrvatskoj	29
6.5. Primjena modela Utah	31
6.5.1. Verifikacija modela Utah za područje Hrvatske.....	33
6.5.2. Sorta jonatan.....	38
6.5.3. Sorta zlatni delišes.....	40
6.5.4. Sorta petrovača	42
7. Zaključak	43
8. Literatura	47
Prilog a	49
Prilog b.....	42
Prilog c.....	56

1. Uvod

U budućnosti klimatske promjene mogle bi izazvati promjene biljnih vrsta te se na nekim područjima predviđaju pustinje, a na drugim, staništa bujne vegetacije, koja to danas nisu. To pokazuje koliko je biljni svijet ovisan o vremensko-klimatskim prilikama, ali i da svaka promjena u ekosustavu prvo utječe na vegetaciju. Istraživanje utjecaja klimatskih promjena na biljke zasniva se na ideji da biljke prvo reagiraju na vremenske i klimatske promjene, a u tu svrhu su pogodni fenološki podaci kojima se prate razvojne faze određenih biljnih vrsta.

Da bi se uz pomoć fenoloških opažanja utvrdile klimatske varijacije na nekom području, pogodno je promatrati one biljke koje slobodno rastu u prirodi na koje čovjek izravno ne djeluje dodatnim agrotehničkim mjerama, ali i isto tako da postoje dugogodišnja fenološka motrenja jednog te istog fenološkog objekta. Oba uvjeta zadovoljava šumsko drveće, a samo drugi uvjet ispunjavaju voćke.

Ovim diplomskim radom želi se pokazati kako klimatske promjene utječu na rast i razvoj jabuke. U tu svrhu u radu su analizirane fenološke (razvojne) faze različitih sorti jabuke, kao i linearni trendovi njihovih faza.

Zimska je hladnoća nužan čimbenik za vegetaciju jabuke. Primjenom modela Utah (Richardson i dr., 1974; Rea i Eccel, 2006) za različite sorte jabuka željelo se utvrditi koliko je sam model dobar za određivanje početka vegetacijskog razdoblja u različitim klimatskim zonama Hrvatske te da se iz satnih vrijednosti temperature zraka odrede hladne jedinice (eng. *chill units*, CU) i jedinice prirasta (eng. *growing-degree-hours*, GDH) tijekom zimskog mirovanja iz godine u godinu. Veća pažnja pri diskusiji dobivenih rezultata posvećena je hladnim jedinicama koje do sada kod nas nisu često određivane, a po prvi puta je primijenjen model Utah.

Postoje različiti modeli za određivanje hladnih jedinica. Svi modeli zahtijevaju satne vrijednosti temperature zraka. Najjednostavniji modeli pridjeljuju jednu hladnu jedinicu za svaki sat kada je temperature ispod 7 °C. Sofisticiraniji modeli isključuju temperature smrzavanja, jer one ne doprinose zimskom mirovanju zbog toga jer je eksperimentalno dokazano da pri kontroliranim uvjetima temperatura od 6°C najbolje pogoduje jabuci u zimskom mirovanju. Model Utah pridjeljuje različite težine hladnih jedinica različitim temperaturnim intervalima, te je to bio razlog zašto sam se odlučila za njegovu primjenu kod nas. Neki autori tvrde da ni jedan od modela nije dovoljno točan, jer ne uključuje upotrebu kemijskih pripravaka za umanjivanje šteta od nedovoljno skupljenih hladnih jedinica koje su u širokoj upotrebi u današnjoj poljoprivredi (Southwick i dr., 2003).

2. Agrometeorologija

Atmosfera je životna sredina za sva živa bića na zemlji - čovjeka, biljke i životinje. Svi fizički procesi koji nastaju i razvijaju se u atmosferi imaju posredan ili neposredan utjecaj na životnu djelatnost svih živih organizama. Znanost koja proučava odnos između fizičkih i kemijskih čimbenika atmosfere i živih organizama naziva se biometeorologija. U okviru biometeorologije razvile su se posebne discipline – agrometeorologija i šumarska meteorologija.

Cilj ovih posebnih znanstvenih disciplina je da se pomoću meteorologije spozna kako vrijeme i klima utječu na poljoprivredu i šumarstvo. Agrometeorologija, kao interdisciplinarna znanost, proučava sustav međudjelovanja između vremena i poljoprivrednih kultura, domaćih životinja, biljnih bolesti te korisnih i štetnih insekata u ekosferi. S obzirom na složenost problema kojima se bavi agrometeorologija, njena praktična primjena u velikoj mjeri ovisi od stupnja razvoja poljoprivrede. Praćenje klimatoloških elemenata nužno je u poljoprivredi radi planiranja proizvodnje i uzgoja. Time se omogućuje, npr. pravilan odabir sjemena, obrada tla, navodnjavanje, predviđanje pojave bolesti, korova i štetočina, tretiranje zaštitnim sredstvima, zaštita od požara,

planiranje vremena sadnje, berbe, žetve i drugo. Moderna poljoprivredna proizvodnja i uzgoj nisu mogući bez praćenja i uvažavanja agrometeorologije i klimatologije.

2.1. Fenologija

Fenologija je znanost koja proučava zakonitosti pojava (faza) u razvoju biljaka i životinja i njihovu ovisnost o klimatskim i vremenskim čimbenicima. Naziv potječe od starogrčke riječi *fainomai*/pojaviti se te *logos*/znanost. S posebnom pažnjom se proučava utjecaj vremenskih čimbenika na razvoj biljaka (fitofenologija) i životinja (zoofenologija), pa se zato fenologija proučava i u okviru meteoroloških službi, kao sastavni dio agrometeorologije. Ako nije posebno istaknuto, fenološka opažanja podrazumijevaju isključivo faze razvoja biljaka.

S prvim fenološkim opažanjima u Hrvatskoj započeo je 1864. godine na Hvaru znameniti prirodoslovac Grgur Bučić, koji je 1. ožujka 1858. godine osnovao hvarsku meteorološku postaju (Vučetić i dr. 2008). Početak sustavno organiziranih fenoloških opažanja pridjeljuje se Poljoprivrednom institutu u Zagrebu 1946. godine, ali je prijelomnica za razvoj fenološke djelatnosti u Hrvatskoj godina 1950., kada se počinje organizirati mreža fenoloških postaja u okviru hidrometeorološke službe. Do tada nije bilo organiziranih sveobuhvatnih opažanja, već su postojala samo na lokalnoj razini. Od 1951. podaci se objavljuju u fenološkim godišnjacima kao redni brojevi dana od početka kalendarske godine. Do 1983. opažanja su obuhvaćala i neke važnije biljne bolesti i štetnike te ptice selice. Broj fenoloških postaja tijekom godina se stalno mijenjao. Tako se u samim počecima opažanje obavljalo na 61 postaji, najviše fenoloških postaja, njih 129, bilo je 1957., a u 1992., zbog ratnih zbivanja i okupacije velikog područja Hrvatske, broj fenoloških postaja se prepolovio.

Osim osnovne mreže postaja postoje i fenološki vrtovi, s feno-objektima iz grupe šumsko drveće i grmlje, voćke i vinova loza. Međunarodni fenološki vrt u Križevcima osnovan je

1958., a 1962. osnovan je i međunarodni vrt u Dubrovniku (mediteranske biljke), ali je on 1967. uništen zbog izgradnje stambenih objekata. Kao zamjena osnovan je vrt u Trstenom (Arboretum HAZU) koji je prekinuo s radom 1995. Tijekom Domovinskog tada Arboretum je pretrpio znatnu štetu, a 2000. godine zahvatio ga je katastrofalan požar. Od 1996. godine u mrežu fenoloških postaja ulaze i nacionalni parkovi.

2.2. Zimsko mirovanje

Temperatura zraka je vrlo bitan čimbenik koji utječe na razvoj, odnosno vegetaciju biljke. Tijekom godine u našim krajevima svaka biljka prolazi kroz ciklus zimskog mirovanja. Zimsko mirovanje voćke izraženo je u hladnim jednicama, a definira se kao najkraće razdoblje hladnog vremena u kojem je postignut donji granični uvjet hladnih jedinica. Mirovanje je aktivirano određenom minimalnom izloženosti niskim temperaturama. Zimsko mirovanje voćaka, koje započinje opadanjem lišća, a završava kolanjem sokova i bubrenjem pupova, doba je kada biljka samo prividno miruje. Upravo tada se u pupovima događaju vrlo važni fiziološki procesi kojima završava diferenciranje najvažnijih dijelova cvjetova. Umnažaju se tada stanice budućih izbojaka, mladica i vegetativnih organa. Za zimskog mirovanja najintenzivnije raste korijen što će se kasnije, kada započne vegetacija, povoljno odraziti na razvoj nadzemnih dijelova biljke. U zimskom mirovanju biljka mora skupiti dovoljno hladnih jedinica kako bi u proljeće mogla nastaviti normalno sa svojim razvojem. Da bi biljka skupila dovoljno hladnih jedinica, da u proljeće može normalno započeti sa svojom vegetacijom, treba biti ispunjen sljedeći uvjet: $900 < CU < 1250$.

Osim hladnih jedinica važno je da biljka skupi i dovoljno topline, odnosno dovoljnu količinu i intenzitet svjetlosti tijekom razdoblja mirovanja. Toplina koju biljka skupi izražena preko temperaturnih suma za temperaturni prag 4.4°C nazivamo jedinicama prirasta (eng. *Growing degree hours*). U ovom radu jedinice prirasta određene su tijekom zimskog mirovanja. Svjetlost svakako ima utjecaja na razdoblje cvatnje bilo koje biljne vrste, jer njezin intenzitet i količina kroz određeno razdoblje potiče sintezu hormona koji potiču cvatnju. Zato imamo biljke kratkog i dugog dana tj. one koje cvatu u proljeće ili

pred jesen i one koje cvatu ljeti. No, to u praksi nije bitan čimbenik za procjenu vremena cvatnje biljaka. Sve dok je skupljeno dovoljno hladnih jedinica, cvijet i list pupoljka se razvijaju normalno. Ukoliko biljka ne skupi dovoljno hladnih jedinica može doći do sljedećih fizičkih posljedica: odgođeno listanje, odgođeno i produženo cvjetanje koje dovodi do smanjenja uroda te smanjenje kvalitete plodova (Lorimer i Hill, 2006.). Kemijski pripravci (hidrogen-cijanamid) primjenjivi u proljeće mogu djelomično umanjiti posljedice manjka prikupljenih hladnih jedinica. Hidrogen-cijanamid može zamijeniti do 300 hladnih jedinica, ali pretjerana primjena može dovesti do oštećenja pupoljaka (Petri i dr., 2004.).

Tijekom zimskog mirovanja jabuka može podnijeti vrlo nisku temperaturu, čak do $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ (<http://free-sk.t-com.hr/ddomin20/voce.htm>).

Najbitniji čimbenik, koji se uzima u istraživanjima za procjenu početka vegetacije je temperatura tijekom zimskog razdoblja jer ona kao klimatski čimbenik više utječe na vrijeme cvatnje. Za početak vegetacije važne su dvije faze. Prva faza je skupljanje dovoljnog broja hladnih jedinica (CU). Druga faza je akumuliranje topline (GDH) koja počinje nakon što je skupljeno dovoljno hladnih jedinica. Kad su obje faze završene dolazi do početka vegetacije biljke (Rea i Eccel, 2003).

3. Kratki pregled novijih rezultata fenoloških istraživanja kod nas te primjena modela Utah u svijetu

Povezanost fenoloških i meteoroloških značajki u Hrvatskoj analizirano je za pojedine klimatske zone. U ovom radu osvrnut ćemo se samo na neke novije rezultate. Usporedna analiza fenoloških i meteoroloških opažanja za Zavižan, sjeverni dio Velebita na nadmorskoj visini od oko 1600 m pokazuje da osim akumulirane topline tijekom vegetacijskog razdoblja zimski uvjeti u hladnom dijelu godine imaju vrlo važnu ulogu na biljke (Vučetić i Vučetić, 2003). Analiza linearnih trendova fenoloških faza za zeljasto

bilje i šumsko drveće ukazala je na signifikantno produljenje vegetacijskog razdoblja na Zavižanu u jesen. Fenološke faze šumskog drveća i voćaka, zeljastog biljaka kao i poljodjelski radovi također su analizirane i u Gospiću (Vučetić i Vučetić, 2006). Analiza linearnih trendova ukazuje na signifikantno ranije cvjetanje (2–6 dana na 10 god) biljaka čija cvatnja počinje u drugoj polovici travnja i svibnja. Te varijacije su posljedica signifikantnog povećanja osunčavanja i temperature zraka zimi i u proljeće kao i smanjenja broja ledenih dana. Negativni trendovi cvjetanja masline duž jadranske obale pokazuju također ranije cvjetanje za 2–4 dana/10 god (Vučetić i Vučetić, 2005). Preliminarni rezultati linearnog trenda fenofaza jabuke u Daruvaru i Gospiću pokazuju da je ranije cvjetanje jabuke izraženije u gorskoj (3–4 dana/10 god) nego u nizinskoj Hrvatskoj (2 dana/10 god) (Vučetić, 2009).

U ovom radu primijenjen je model Utah za određivanje hladnih jedinica za jabuku. No, svoju primjenu model Utah pronašao je i u određivanju hladnih jedinica i za druge voćke. Tako je npr. isti model korišten za procjenu hladnih jedinica za višnju na području Kalifornije gdje se nije pokazao kao pogodan te je predložena primjena dinamičkog modela (Southwick i dr., 2003.). Bolji rezultati su dobiveni za različite sorte bresaka na području Japana (Pawasut i dr., 2004.). Pokazano je da model Utah bolje procjenjuje hladne jedinice u područjima gdje je tijekom dana niža temperatura zraka s duljim oblačnim razdobljima (Lacey i Antoine, 2007). U zapadnoj Himalaji primjenom Utah modela određene su hladne jedinice za jabuku zlatni delišes (Jindal i dr., 2004). Primijećeno je da se povećanjem izloženosti jabuke hladnoći, smanjuje broj hladnih dana koji su potrebni za početak vegetacijskog razdoblja.

Danas je razvijeno mnogo drugih modifikacija tog modela pomoću kojeg se mogu bolje određivati hladne jedinice. Tako je u Čileu primijenjen model pozitivne hladne jedinice (*Positive Chilling Units*), gdje su negativne vrijednosti temperature zraka izostavljene (Perez i dr., 2008). U južnoj Africi primjenom tog istog modela izrađena je prostorna razdioba hladnih jedinica tijekom zimskog razdoblja u različitim dijelovima južne Afrike (Allan, 2004.).

4. Fenološki i meteorološki podaci

Da bi se ostvario cilj rada, analizirani su fenološki podaci 15 različitih sorti jabuke s 27 postaja diljem Hrvatske. Prvotna ideja je bila da se dobije prostorno što bolja slika za Hrvatsku što znači da se željelo obraditi čim više postaja u svim klimatskim zonama, i naravno obraditi što više sorti. Međutim, nakon početne analize obrađenih podataka velik problem je bio pronaći postaje na kojima postoji dovoljno dug i jednak niz fenoloških opažanja jedne te iste sorte jabuke. Također, neke postaje su prestale s radom, na nekim postajama je došlo do promjene feno-objekta ili motritelja, tako da je bilo dosta nedostajućih podataka. Velik problem je bio pronaći i odgovarajuće sorte koje bi se mogle analizirati, jer je na nekim postajama došlo do promjene feno-objekta pa su se počele opažati neke druge, novije sorte.

Nakon unosa svih podataka u digitalni oblik, odabrano je šest sorti na 17 fenoloških postaja diljem Hrvatske za istraživanje klimatskih varijacija fenoloških faza jabuke (tablica 1). Prije obrade fenoloških podataka napravljena je njihova kritička kontrola. Fenološka opažanja su vizualna i ovise o iskustvu motritelja. Kontrolom podataka uklonjene su grube pogreške nastale pri opažanju ili prepisivanju podataka u izvještaje.

Detaljniji opis sorata koje su izabrane za daljnju analizu dan je u **prilogu a**. Izabrane su tri starinske jesenske sorte bobovec, kanada i kolačarka te dvije novije sorte jonatan i zlatni delišes kao i najranija starinska sorta petrovača.

Promatrano je osam razvojnih (fenoloških) faza: početak listanja (UL), početak cvatnje (BF), puna cvatnja (FF), završetak cvatnje (EF), prvi zreli plodovi (RF), berba (RP), opće žućenje lišća (CL) i opće opadanje lišća (FL). Iako se u klimatologiji za referentno razdoblje uzima 30-godišnje razdoblje od 1961. do 1990. godine, zbog nedostatka podataka za analizu je u ovom radu odabrano razdoblje 1979–2009., jer ono obuhvaća najveći broj postaja za analizu.

U tablici 1. prikazane su odabrane postaje za potrebe fenoloških istraživanja sa svojim geografskim koordinatama: nadmorska visina (h), geografska širina (ρ) i geografska dužina (λ).

Tablica 1. Fenološke postaje uzete za istraživanje fenoloških faza jabuke

Postaja	h (m)	ρ (°)	λ (°)	Sorta
Božjakovina	110	45.80	16.30	jonatan
Cubinec*	130	46.00	16.60	petrovača
Daruvar	161	45.36	17.14	jonatan kolačarka
Gospić	564	44.33	15.23	zlatni delišes
Hvar	20	43.10	16.27	petrovača
Krivaj		45.23	17.36	jonatan
Križevci	155	46.02	16.33	zlatni delišes
Lastovo	186	42.46	15.54	petrovača
Ličko Lešće	463	44.80	15.30	jonatan
Mandićevac	231	44.37	18.23	jonatan
Ogulin	328	45.16	15.14	bobovec kanada
Opuzen	2	43.00	17.6	zlatni delišes
Rab	24	45.20	14.46	petrovača
Radoboj	280	46.20	15.90	bobovec kanada
Slavonski Brod	88	45.10	18.00	zlatni delišes
Štrigova	202	46.50	16.30	bobovec
Vela Luka	30	43.00	16.70	petrovača

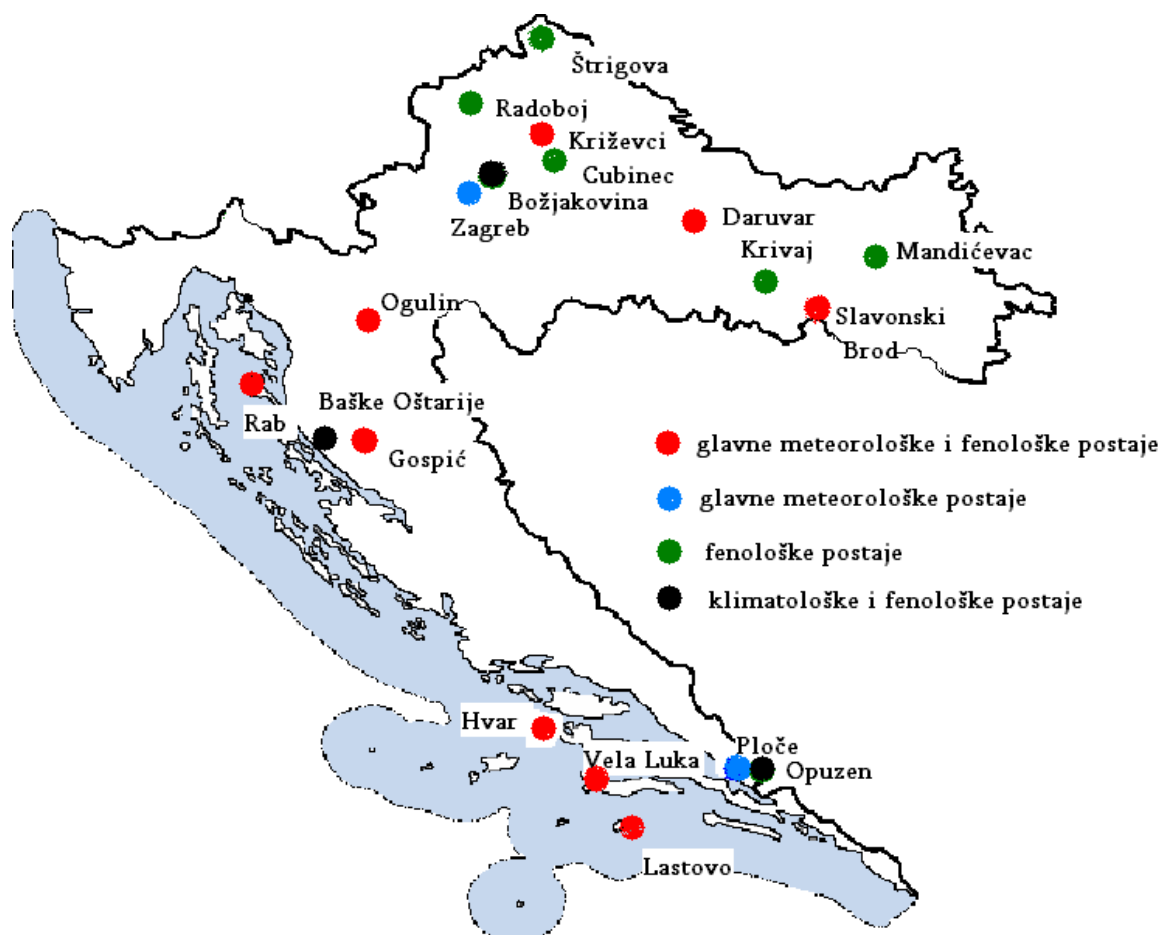
* - Cubinec je imao prekratak niz fenoloških opažanja i koristio se samo za model Utah

Za određivanje hladnih jedinica i jedinica prirasta korištene su satne vrijednosti temperature zraka. Problem je bio naći glavne meteorološke postaje koje istovremeno imaju satne vrijednosti temperature zraka i fenološke podatke. Na nekim na kojima postoje i meteorološka i fenološka opažanja radi se o klimatološkim postajama koja raspolažu samo s meteorološkim motrenjima u tri termina dnevno (7, 14 i 21 h). Na nekim postajama postoje samo fenološka opažanja. U tom slučaju su satne vrijednosti temperature zraka uzete s glavnih meteorološke postaje koje su najbliže postajama s fenološkim opažanjima.

Korišteni su fenološki podaci za tri sorte: zlatni delišes, jonatan i petrovača u razdoblju od 1.8.2001. do 30.9.2008. U tablici 2. prikazane su glavne meteorološke postaje koje su uzete za određivanje hladnih jedinica i jedinica prirasta. Na slici 1. prikazan je položaj fenoloških i meteoroloških postaja koje su analizirane u radu.

Tablica 2. Prikaz meteoroloških postaja sa satnim vrijednostima temperature zraka za razdoblje 1. kolovoza 2002–30. rujna 2008.

Postaja	h (m)	ρ (°)	λ (°)
Daruvar	161	45.60	17.20
Hvar	20	43.20	16.50
Gospić	566	44.50	15.40
Križevci	150	46.00	16.50
Ploče	2	43.03	17.43
Slavonski Brod	95	45.20	18.00
Zagreb- Maksimir	123	45.80	16.00



Slika 1. Položaj meteoroloških i fenoloških postaja koje su analizirane u ovom radu.

5. Metode rada

5.1. Osnovne statističke metode

Osnovna statistička analiza fenofaza uključuje srednji datum nastupa fenofaze, standardnu devijaciju, najraniji i najkasniji datum nastupa fenofaze te amplitudu kao razliku između najkasnijeg i najranijeg datuma nastupa određene fenofaze, tj. raspon trajanja pojedine fenofaze.

5.2. Linearni trend i Mann-Kendallov rang test

Ponekad fenofaze nastupe ranije ili kasnije od srednjeg datuma. Procjena tendencije kašnjenja/ranjenja pojedinih fenofaza provodi se pomoću linearnog trenda. Izračunati su linearni trendovi za nastup svih osam fenofaza. Ocjenu postojanja linearnog trenda daje neparametarski Mann-Kendallov rank test (Mitchell i dr., 1966; Sneyers, 1990). S pomoću testa omogućena je ocjena statističke signifikantnosti promjene razine oko koje su članovi vremenskog niza raspoređeni. Test se temelji na vrijednosti pojedinog člana niza i položaju tog člana u nizu. Definiran je s pomoću Kendallova koeficijenta, τ i razine signifikantnosti, α . Što su vrijednosti Kendallova koeficijenta bliže nuli, to je razina signifikantnosti veća, tj. vrijednosti se kronološki ne smanjuju ni povećavaju.

5.3. Model Utah

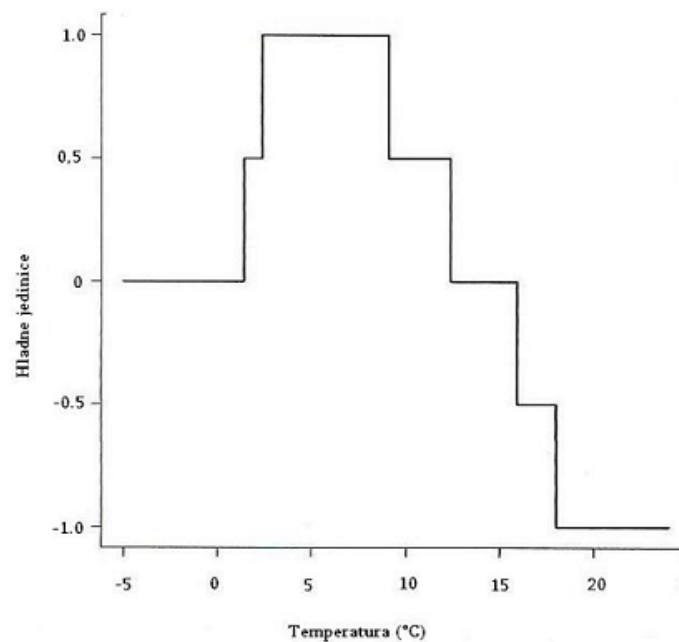
Da bi se odredile hladne jedinice na području Hrvatske primijenjen je model Utah (Richardson i dr., 1974) kojeg su razvili znanstvenici sa Sveučilišta Utah iz SAD-a. Hladna jedinica je mjera za određene satne vrijednosti temperature zraka kojima je pridijeljena određena vrijednost između -1.0 i 1.0. Model predlaže akumulaciju hladnih jedinica (CU) kao razlomljenu (koračnu) linearnu funkciju temperature (slika 2). Akumulacija hladnih jedinica je nula ispod 1.4 °C, zatim raste i postiže svoju najveću vrijednost 1 CU između 2.5 °C i 9.1 °C, i nakon toga se smanjuje pri većoj temperaturi jer one umanjuju korisne

učinke od već skupljenih hladnih jedinica. Za temperature iznad 16 °C doprinos je negativan, tj. zbroj hladnih jedinica se smanjuje. Primijećeno je da pri kontroliranim uvjetima temperature od 6 °C najbolje pogoduje jabuci tijekom zimskog mirovanja, pa je tako temperaturi od 6 °C pridijeljena najveća hladna jedinica 1 CU. Također je primijećeno da niže ili više temperature mogu imati suprotan učinak (Lorimer i Hill, 2006). Na osnovi modela Utah razvijale su se različite modifikacije kojima se procjenjuju hladne jedinice.

Kriterij za određivanje hladnih jedinica kao funkcije satnih vrijednosti temperature prikazan je u tablici 3. i na slici 2.

Tablica 3. Vrijednosti hladnih jedinica (CU) kao funkcije satne temperature zraka

temperatura (°C)	CU
<1.4	0
1.5-2.4	0.5
2.5-9.1	1
9.2-12.4	0.5
12.5-15.9	0
16-18	-0.5
>18	-1



Slika 2. Ovisnost hladnih jedinica (CU) o temperaturi zraka

Početni dan skupljanja hladnih jedinica, CU, određen je danom u jeseni. Dakle, prvi dan zimskog mirovanja je onaj dan kada je postignuta najveća negativna vrijednost hladnih jedinica, CU, počevši od prvog dana jeseni (23. rujna) prethodne godine, a posljednji dan određen je pomoću početka cvjetanja određene sorte na određenoj postaji koristeći fenološke podatke za iduću godinu.

Nakon što se postigne donji granični uvjet hladnih jedinica, (Ashcroft i dr., 1977) predložena je primjena satnog linearnog modela prisile predstavljajući akumuliranu toplinu kao jedinice prirasta, GDH, dobiveno iz satnih vrijednosti temperature zraka, što je definirano pomoću određenog temperaturnog praga u relaciji:

$$GDH(k) = \sum_{i=m}^k \sum_{h=1}^{24} \max[0, T_h(i) - T_b] \quad (1)$$

gdje je k generički (plodonosni) dan ($k > m$), m je dan kada je zadovoljen donji granični uvjet hladnih jedinica, $T_h(i)$ je srednja dnevna temperatura za sat h i dan i , a T_b je temperaturni prag koja iznosi 4.4 °C.

6. Rezultati i diskusija

6.1. Srednji datumi fenoloških faza različitih sorti jabuke u razdoblju 1979-2009.

Vegetacijsko razdoblje jabuke započinje kada jabuka prolista. Pozivajući se na **Prilog b** i sliku 3. uočavamo da u unutrašnjosti Hrvatske vegetacijsko razdoblje za različite sorte jabuka počinje u prvoj polovici travnja. U razdoblju od 1979. do 2009. najranije je svoje vegetacijsko razdoblje započela jabuka zlatni delišes u Slavonskom Brodu.

U Slavoniji (Daruvar, Krivaj i Slavonski Brod,) cvjetanje jabuke u prosjeku započinje do osam dana nakon početka listanja, a svoju punu cvatnju jabuka u prosjeku postigne pet

dana nakon početka cvjetanja. U Daruvaru se uočava najkraći interval između početka listanja i početka cvatnje, samo 2 dana.

U sjeverozapadnoj Hrvatskoj (Radoboj, Štrigova, Božjakovina i Križevci) cvjetanje jabuke započinje u prosjeku tjedan dana nakon početka listanja, a puna cvatnja u prosjeku oko pet dana nakon početka cvatnje.

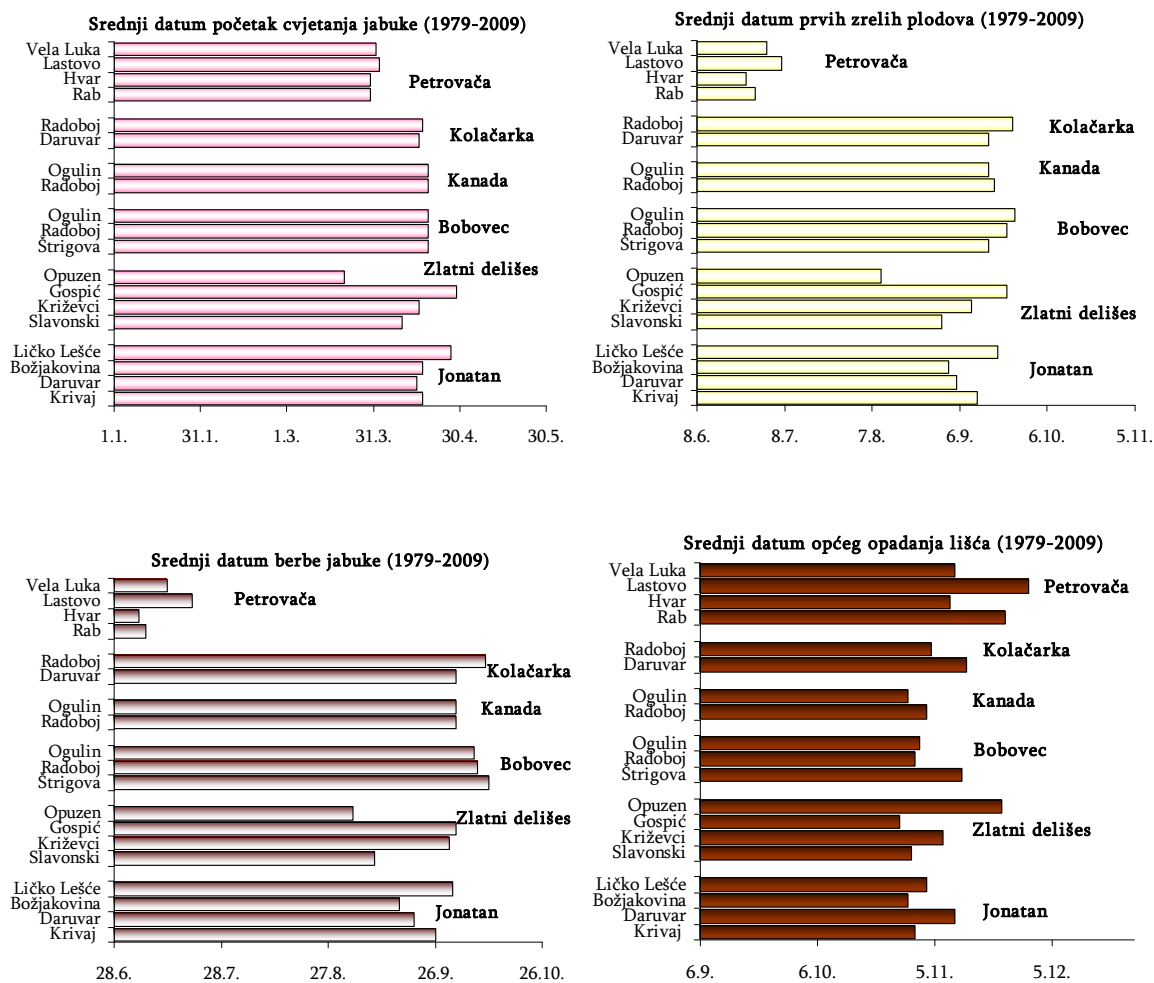
Velike vrijednosti standardne devijacije ukazuju na veliku godišnju varijabilnost fenoloških faza. Najveće vrijednosti standardne devijacije uočavaju se u Radoboju (10–13 dana), Božjakovini (12 dana) i Daruvaru (11–12 dana) za jabuku jonatan i (8–10 dana) za jabuku bobovec, a ukazuju i na veliku varijabilnost općeg žućenja i općeg opadanja lišća iz godine u godinu. U Slavonskom Brodu uočava se velika standardna devijacija (21 dan) koja ukazuje na veliku varijabilnost početka berbe iz godine u godinu. No, u stvari, berba nije prava fenološka faza, jer početak berbe ovisi o odluci čovjeka.

U gorskoj Hrvatskoj (Ogulin, Gospić, Ličko Lešće) početak vegetacijskog razdoblja pomaknut je prema sredini i kraju travnja. Jabuka jonatan u Ličkom Lešću prolizta 19. travnja, a u Gospiću jabuka zlatni delišes tri dana poslije. U Ogulinu se uočava raniji početak vegetacije nego u Gospiću i Ličkom Lešću. Vjerojatni razlog za to je taj što se Ogulin nalazi na rubu područja kontinentalne klime, a Gospić i Ličko Lešće su pod većim utjecajem planinske klime.

Granica početka vegetacije sve je ranija kako se pomiče prema jugu Hrvatske. U Opuzenu vegetacijsko razdoblje zlatnog delišesa je 22. ožujka što je mjesec dana ranije nego u Gospiću. U Opuzenu se uočava isti dan početka listanja i početka cvatnje. Takav rezultat vrlo je vjerojatno nastao zbog pogreške prilikom fenoloških opažanja.

Usporedba sjevernog i južnog Jadrana pokazuje 3–4 dana raniji početak listanja u Rabu nego u Veloj Luci i Lastovu. U usporedbi sa Križevcima jabuka zlatni delišes u prosjeku prolizta kasnije do dva tjedna u Gospiću i do tri tjedna prije u Opuzenu. Opće opadanje

lišća najranije pak započinje u Gospiću (28. listopada), a najkasnije u Opuzenu (23. studenog).



Slika 3. Prikaz srednjih datuma nastupa početka cvjetanja, prvih zrelih plodova berbe i općeg opadanja lišća za različite sorte jabuka na odabranim postajama u Hrvatskoj u razdoblju 1979–2009.

Na slici 3. nalaze se grafički prikazi srednjeg datuma nastupa početka listanja, prvih zrelih plodova, berbe i općeg opadanja lišća različitih sorata jabuke na analiziranim postajama u razdoblju 1979–2009. Uočavamo da je vegetacijsko razdoblje jabuke najranije započelo na Jadranu, a najkasnije u području Gorskog kotara i Like. Srednji datum prvih zrelih plodova prvi nastupa krajem lipnja i početkom srpnja na području i sjevernog Jadrana, gdje postoje fenološka opažanja rane sorte petrovača. Najkasniji srednji datum prvih plodova uočava se u Radoboju, Božjakovini i Gospiću. Berba najranije započinje na Jadranu, a najkasnije u Radoboju i Štrigovi. Opće opadanje lišća, čime završava vegetacijsko razdoblje jabuke,

najranije započinje u Gospiću, a najkasnije na Lastovu. Tako vegetacijsko razdoblje jabuke u unutrašnjosti Hrvatske traje oko sedam mjeseci, u gorskoj Hrvatskoj oko šest mjeseci, a na Jadranu oko osam mjeseci.

6.2. Usporedba srednjih datuma fenofaza jabuke posljednja dva desetljeća s normalom

Na postajama Krivaj i Daruvar zabilježen je najdulji niz fenoloških opažanja, od 1961. godine. Fenološka opažanja postoje za sortu jonatan u Krivaju i kolačarku u Daruvaru. Koristeći tako dugi niz godina ispitali smo kako se promijenilo vegetacijsko razdoblje jabuke u posljednjih 19 godina (razdoblje 1991–2009.), kada je došlo i do najvećih povećanja temperature zraka (MZOPPG, 2010) u odnosu na 30-godišnje razdoblje 1961–1990.

Iz tablice 4. se uočava da u drugom razdoblju u Krivaju i Daruvaru gotovo sve fenološke faze nastupaju ranije. Primijećena je i velika standardna devijacija što ukazuje na veliku varijabilnost početka promatranih fenofaza jabuke jonatan iz godine u godinu. Usporedbom srednjih datuma dvaju razdoblje uočava se da u proljeće vegetacijsko razdoblje u posljednja dva desetljeća počinje 6 dana prije u odnosu na normalu 1961–1990, a u jesen je ranije opće opadanje i opće žućenje lišća za 5–11 dana.

Dakle, iz navedenih rezultata se zamjećuje raniji početak vegetacije u proljeće, ali i raniji svršetak vegetacije te nije došlo do produžetka vegetacijskog razdoblja za jabuku jonatan u Krivaju. U drugom razdoblju u Daruvaru su se sve fenološke faze osim općeg opadanja lišća javile ranije u odnosu na 30-godišnju normalu. Usporedbom srednjih datuma uočava se nešto kasniji nastup općeg opadanja lišća u jesen. Dakle, može se zaključiti da se u nizinskoj Hrvatskoj duljina vegetacijskog razdoblja jabuke kolačarke nije znatnije promijenila posljednja dva desetljeća.

Tablica 4. Usporedba fenoloških faza jabuke jonatan za Krivaj i jabuke kolačarka za Daruvar u razdobljima 1961–1990. i 1991–2009.

Fenološke faze:

UL = početak listanja

EF = završetak cvatnje

CL = opće žućenje lišća

BF = početak cvatnje

RF = prvi zreli plodovi

FL = opće opadanje lišća

FF = puna (opća) cvatnja

RP = berba

sred = srednji datum

stdv = standardna devijacija (dani)

maks = najkasniji datum

min = najraniji datum

ampl = maks - min (raspon, dani)

fenofaza	UL	BF	FF	EF	RF	RP	CL	FL
Jonatan								
Krivaj								
1961-1990								
sred	12.4.	19.4.	24.4.	1.5.	14.9.	27.9.	24.10.	7.11.
stdv	8	8	9	8	6	5	8	8
maks	28.4.	2.5.	5.5.	15.5.	25.9.	9.10.	19.11.	24.11.
min	25.3.	3.4.	8.4.	14.4.	5.9.	19.9.	10.10.	25.10.
ampl	34	29	27	31	20	20	40	30
1991-2009								
sred	6.4.	16.4.	20.4.	30.4.	14.9.	28.9.	19.10.	27.10.
stdv	9	8	8	5	8	5	9	8
maks	25.4.	28.4.	3.5.	9.5.	27.9.	7.10.	5.11.	11.11.
min	17.3.	3.4.	2.4.	21.4.	1.9.	19.9.	2.10.	10.10.
ampl	39	25	31	18	26	18	34	32
Odstupanje razdoblja 1991-2009. od razdoblja 1961-1990.								
Δsred	-6	-3	-4	-2	-1	0	-5	-11
Δampl	5	-4	4	-13	6	-2	-6	2
fenofaza	UL	BF	FF	EF	RF	RP	CL	FL
Kolačarka								
Daruvar								
1961-1990.								
sred	11.4.	19.4.	24.4.	2.5.	19.9.	6.10.	24.10.	11.11.
stdv	8	8	8	8	11	7	9	11
maks	23.4.	30.4.	6.5.	16.5.	4.10.	19.10.	16.11.	29.11.
min	24.3.	3.4.	7.4.	18.4.	24.8.	19.9.	9.10.	13.10.
ampl	30	27	29	28	41	30	38	47
1991-2009.								
sred	10.4.	17.4.	21.4.	1.5.	13.9.	30.9.	20.10.	13.11.
stdv	10	8	7	6	15	10	14	11
maks	24.4.	29.4.	4.5.	14.5.	3.10.	12.10.	10.11.	30.11.
min	23.3.	31.3.	5.4.	18.4.	12.8.	14.9.	25.9.	19.10.
ampl	32	29	29	26	52	28	46	42
Odstupanje razdoblja 1991-2009. od razdoblja 1961-1990.								
Δsred	-1	-2	-2	0	-5	-6	-4	2
Δampl	2	2	0	-2	11	-2	8	-5

6.3. Linearni trendovi nastupa pojedinih fenofaza za različite sorte jabuke

Da bi se procijenila tendencija kašnjenja ili ranjenja fenoloških faza različitih sorti jabuke na različitim postajama diljem Hrvatske, izračunati su linearni trendovi njihovih nastupa za promatrano dugogodišnje razdoblje.

U **prilogu c** nalaze se grafički prikazi svih linearnih trendova fenoloških faza različitih sorti jabuke za odabrane postaje u Hrvatskoj u razdoblju 1979–2009. U tekstu su izdvojeni samo neki karakteristični linearni trendovi za određene fenološke faze.

6.3.1. Sorta bobovac

Za fenofaze sorte bobovac analizirani su linearni trendovi u Ogulinu, Radoboju i Štrigovi (tablica 5). U Ogulinu statistički signifikantan trend na razini 0.05 zamijećen je u ranijem početku listanja i cvatnje, te ranijem početku prvih zrelih plodova, berbe i općem opadanju lišća. Kao u Ogulinu i u Radoboju negativan trend primijećen je kod svih fenofaza, a signifikantnost su postigle fenofaze: početak listanja, od početka do završetka cvjetanja i opće žućenje lišća. Za razliku od toga u Štrigovi je opaženo tendencija kašnjenja općeg žućenja i opadanja lišća, ali nije statistički signifikantno.

Raniji početak listanja i cvjetanja najizraženiji je u Ogulinu (oko 6 dana/10 god). Signifikantni trend završetka cvatnje i prvih zrelih plodova primijećen je samo u sjeverozapadnoj Hrvatskoj (Radoboj, Štrigova), a statistički signifikantan trend berbe zapažen je samo u gorskoj Hrvatskoj (Ogulin). Budući da je početak vegetacije pomaknut ranije u proljeće, a približno toliko ranije završava i u jesen, analizom linearnog trenda primijećeno da se duljina vegetacijskog razdoblja jabuke bobovac nije bitno promijenila.

Tablica 5. Linearni trendovi (dani/10 god) za pojedine fenološke faze jabuke bobovec u razdoblju za odabrane postaje u Hrvatskoj 1979–2009. τ je Kendallov koeficijent, a $\alpha = 0.05$ razina signifikantnosti. Signifikantni trend je podebljan i obojan, a ostale kratice su dane u tablici 4.

fenofaza	UL	BF	FF	EF	RF	RP	CL	FL
Bobovec								
Ogulin (1979–2009)								
trend	-6.0	-5.6	-2.9	-1.1	-7.7	-9.5	-1.9	-6.7
τ	-0.38	-0.34	-0.24	-0.13	-0.33	-0.42	-0.24	-0.45
α	0.003	0.01	0.06	0.30	0.01	0.001	0.07	0.001
Radoboj (1979–2009)								
trend	-4.1	-3.8	-4.8	-3.3	-4.7	-3.0	-4.4	-1.7
τ	-0.27	-0.31	-0.39	-0.26	-0.23	-0.22	-0.27	-0.13
α	0.03	0.02	0.002	0.04	0.08	0.09	0.04	0.33
Štrigova (1979–2009)								
trend	-1.7	-1.8	-2.7	-3.6	-12.5	-1.2	2.9	0.8
τ	-0.12	-0.18	-0.26	-0.40	-0.43	0.05	0.17	0.08
α	0.34	0.18	0.04	0.002	0.001	0.69	0.18	0.54

6.3.2. Sorta kanada

Za fenofaze sorte kanada analizirani su linearni trendovi u Ogulinu i Radoboju (tablica 6). Na obje postaje opažen je gotovo za sve fenofaze njihov raniji početak osim za početak žućenja lišća u Ogulinu. Ranije cvjetanje jabuke je izraženije u Ogulinu (6 dana/10 god) nego u Radoboju (3 dana/10 god). Ponovo je zapažen raniji početak vegetacije u proljeće, ali i raniji svršetak u jesen što ukazuje na tendenciju skraćanja vegetacijskog razdoblja jabuke kanada za nekoliko dana u deset godina.

Tablica 6. Linearni trendovi (dani/10 god) za pojedine fenološke faze jabuka kanada za odabrane postaje u Hrvatskoj 1979–2009. τ je Kendallov koeficijent, a $\alpha = 0.05$ razina signifikantnosti. Signifikantni trend je podebljan i obojan, a ostale kratice su dane u tablici 4.

fenofaza	UL	BF	FF	EF	RF	RP	CL	FL
Kanada								
Ogulin (1979–2003)								
trend	-6.8	-6.2	-3.9	-2.4	-3.8	-6.0	1.4	-3.2
τ	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.4	-0.4	0.1	-0.3
α	0.003	0.01	0.04	0.1	0.005	0.002	0.6	0.02
Radoboj (1979–2009)								
trend	-3.1	-3.3	-1.5	-2.2	-2.1	0.3	-5.5	-7.2
τ	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-0.05	0.02	-0.3	-0.3
α	0.1	0.03	0.01	0.2	0.7	0.9	0.01	0.03

6.3.3. Sorta kolačarka

Za fenofaze sorte kolačarke analizirani su linearni trendovi u Daruvaru i Radoboju (tablica 7). Raniji početak listanja i cvjetanja izraženije u Radoboju nego u Daruvaru. U Daruvaru se primjećuje signifikantno raniji nastup prvih zrelih plodova i berbe (7.6 dana/10 god i 4.8 dana/10 god redom). Duljina vegetacijskog razdoblja jabuke kolačarke nije se bitno promijenila posljednjih tri desetljeća.

Tablica 7. Linearni trendovi (dani/10 god) za pojedine fenološke faze jabuke kolačarka za odabrane postaje u Hrvatskoj 1979–2009. τ je Kendallov koeficijent, a $\alpha = 0.05$ razina signifikantnosti. Signifikantni trend je podebljan i obojan, a ostale kratice su dane u tablici 4.

fenofaza	UL	BF	FF	EF	RF	RP	CL	FL
Kolačarka								
Daruvar (1979–2009)								
trend	0.2	-1.2	-3.2	-0.7	-7.6	-4.8	-3.9	-0.9
τ	0.01	-0.14	-0.16	-0.09	-0.31	-0.34	-0.21	-0.11
α	0.94	0.27	0.22	0.48	0.02	0.01	0.11	0.41
Radoboj (1979–2009)								
trend	-4.2	-2.9	-4.1	-2.1	-2.0	-0.7	-3.4	-0.7
τ	-0.26	-0.22	-0.30	-0.09	-0.09	-0.16	-0.20	-0.03
α	0.04	0.09	0.02	0.47	0.49	0.22	0.12	0.82

6.3.4. Sorta jonatan

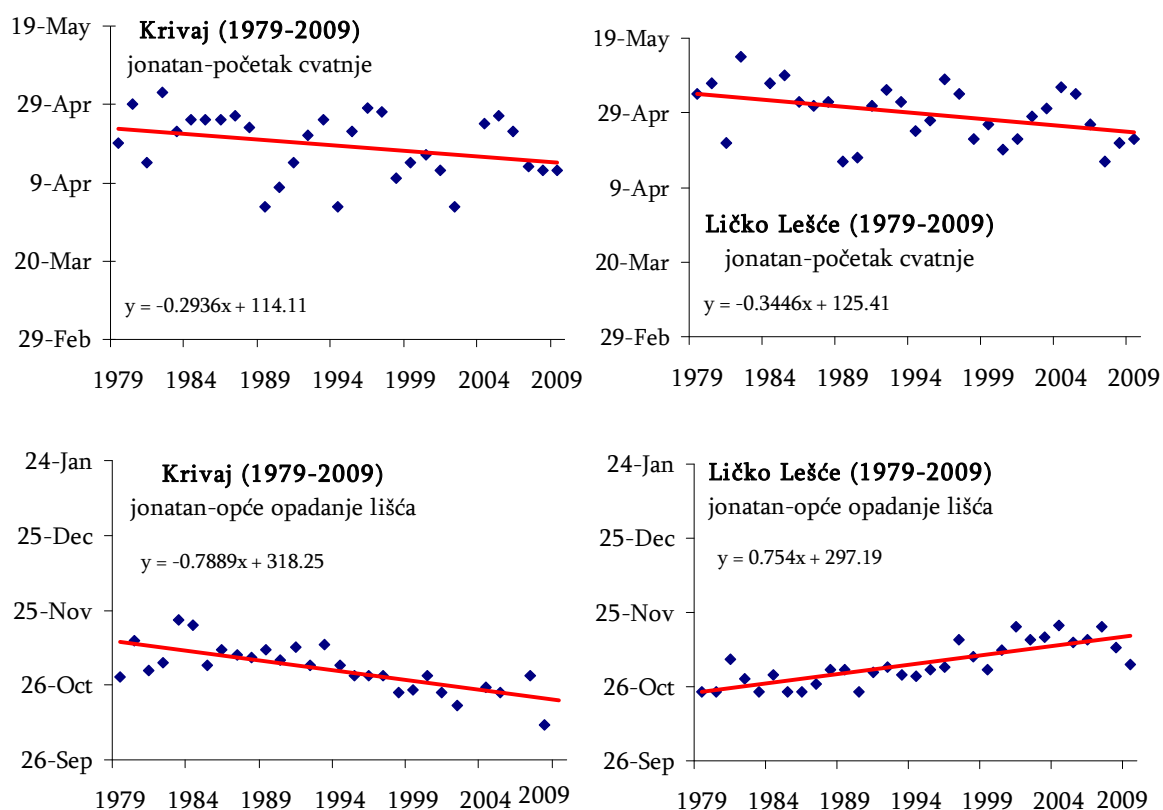
Za fenofaze sorte jonatan analizirani su linearni trendovi u Božjakovini, Daruvaru, Krivaju, Ličkom Lešću i Mandićevcu (tablica 8). Za grafički prikaz odabrane su postaje Krivaj i Ličko Lešće (slika 4).

U kontinentalnoj i gorskoj Hrvatskoj (Božjakovina, Daruvar, Krivaj i Mandićevac) je gotovo za sve fenofaze primijećen negativan trend, osim u Božjakovini, za početak listanja, u Krivaju za nastup prvih zrelih plodova i berbe, i u Ličkom Lešću za opće žućenje i opće opadanje lišća. Statistički signifikantan trend na razini 0.05 u Božjakovini zamjećuje se u ranijem nastupu prvih zrelih plodova, berbe, općeg žućenja i opadanja lišća (5–10 dana/10 god). U Daruvaru primjećuje se signifikantan raniji nastup pune i završetka cvatnje, prvih zrelih plodova i općeg opadanja lišća (3–4 dana/10 god). Najizraženiji pomak u smislu ranijeg nastupa listanja i cvjetanja (oko 6 dana/10 god) pokazuje se u Mandićevcu. U Ličkom Lešću statistički signifikantno negativan trend je opažen za početak listanja i cvatnje (3–5 dana/10 god), a pozitivan za opće žućenje i opadanje lišća (oko 7 dana/10 god).

Prema tome, analiza linearnog trenda je ukazala na pomicanje vegetacijskog razdoblja jabuke jonatan ranije u proljeće u unutrašnjosti Hrvatske, ali i na njegovo skraćivanje (do 8 dana/10 god) u kontinentalnoj Hrvatskoj i približno toliko produljenje u gorskoj Hrvatskoj u posljednja tri desetljeća.

Tablica 8. Linearni trendovi (dani/10 god) za pojedine fenološke faze jabuke jonatan za odabrane postaje u Hrvatskoj 1979–2009. τ je Kendallov koeficijent, a $\alpha = 0.05$ razina signifikantnosti. Signifikantni trend je podebljan i obojan, a ostale kratice su dane u tablici 4.

fenofaza	UL	BF	FF	EF	RF	RP	CL	FL
Jonatan								
Božjakovina (1979-2009)								
trend	1.6	-1.9	-1.5	-2.6	-5.0	-7.5	-7.8	-10.0
τ	0.18	-0.17	-0.15	-0.24	-0.34	-0.57	-0.43	-0.54
α	0.17	0.19	0.26	0.07	0.01	0.000	0.001	0.000
Daruvar (1979-2009)								
trend	-0.8	-2.7	-3.3	-2.7	-3.8	-1.9	-4.4	-0.1
τ	-0.03	-0.21	-0.27	-0.28	-0.37	-0.25	-0.26	0.06
α	0.81	0.10	0.03	0.03	0.004	0.06	0.04	0.63
Krivaj (1979-2009)								
trend	-3.3	-2.9	-4.4	-2.2	1.2	1.4	-5.3	-7.9
τ	-0.22	-0.24	-0.33	-0.25	0.14	0.15	-0.38	-0.55
α	0.09	0.07	0.01	0.05	0.30	0.29	0.01	0.000
Ličko Lešće (1979-2009)								
trend	-4.9	-3.4	-1.8	-1.8	0.9	1.5	6.6	7.5
τ	-0.38	-0.30	-0.16	-0.16	0.09	-0.15	0.60	0.62
α	0.003	0.02	0.20	0.21	0.50	0.24	0.000	0.000
Mandićevac (1979-2003)								
trend	-6.2	-5.5	-5.7	-5.3	-3.1	-4.3	-3.6	-1.6
τ	-0.24	-0.28	-0.28	-0.37	-0.23	-0.50	-0.20	0.17
α	0.09	0.05	0.05	0.01	0.11	0.000	0.17	0.26



Slika 4. Vremenski nizovi fenoloških faza za jabuku jonatan u Krivaju i Ličkom Lešću i pripadni linearni trendovi (crvena crta) u razdoblju 1979–2009. U jednadžbi linearnog trenda x je broj godina ($x = 0, 1, \dots, n$).

6.3.5. Sorta zlatni delišes

Za fenofaze sorte zlatni delišes analizirani su linearni trendovi u Gospić, Križevci, Opuzen i Slavonski Brod (tablica 9). Za grafički prikaz odabrane su postaje Gospić, Križevci i Opuzen koje pokrivaju različite klimatske zone u Hrvatskoj (slika 5). Na svim je promatranim postajama opažen negativan trend od listanja preko cvjetanja do početka zriobe. Linearni trendovi pokazuju samo kašnjenje berbe u Križevcima, a kašnjenje u žućenju i opadanje lišća uočava se, osim u Križevcima, i u Opuzenu.

Primjećuje se čak do 13 dana/10 god raniji trend početka cvjetanja i 19.4 dana/10 god raniji trend pojave prvih zrelih plodova u Opuzenu. Međutim, tako velike vrijednosti

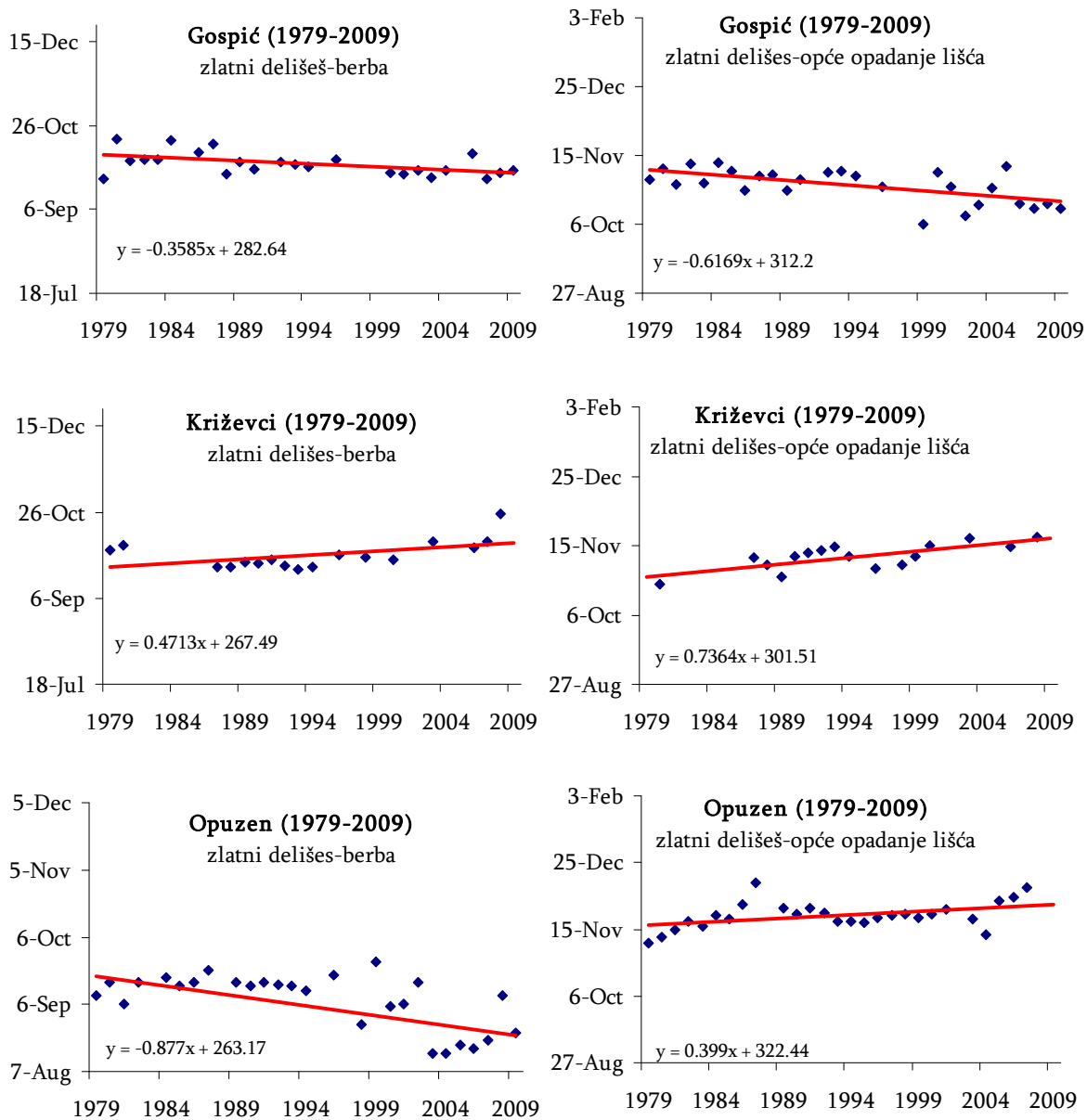
moгуća su posljedica promjene fenološkog objekta ili nepažnje prilikom fenoloških opažanja.

U Slavonskom Brodu se pak opaža ranija berba oko 15 dana/10 god. Često puta je vrlo teško odrediti početak berbe, jer ona ovisi i o odluci čovjeka, a ne samo o zriobi biljke.

Kao što je opaženo i na ostalim sortama jabuke i za zlatni delišes se pokazalo da je sve raniji početak vegetacije u proljeće. Tendencija produljenja vegetacijskog razdoblja pokazuje se u sjeverozapadnoj Hrvatskoj i srednjoj Dalmaciji. Međutim, poznato je da mediteranska klima općenito ne pogoduje rastu i razvoju jabuke, već se radi o pojedinačnim stablima jabuke koja se uzgajaju na okućnicama. I fenološka opažanja jabuke u Opuzenu obavljaju se na jednom takvom pojedinačnom fenološkom objektu.

Tablica 9. Linearni trendovi (dani/10 god) za pojedine fenološke faze jabuke zlatni delišes za odabrane postaje u Hrvatskoj 1979–2009. τ je Kendallov koeficijent, a $\alpha = 0.05$ razina signifikantnosti. Signifikantni trend je podebljan i obojan, a ostale kratice su dane u tablici 4.

fenofaza	UL	BF	FF	EF	RF	RP	CL	FL
Zlatni delišes								
Gospić(1979-2009)								
trend	-4.5	-4.1	-5.8	-6.2	-2.8	-3.6	-4.6	-6.2
τ	-0.36	-0.29	-0.43	-0.47	-0.34	-0.38	-0.35	-0.39
α	0.01	0.03	0.002	0.001	0.02	0.01	0.01	0.004
Križevci (1979-2009)								
trend	-1.3	-2.3	-3.7	-2.5	-3.5	4.7	1.3	7.4
τ	-0.11	-0.26	-0.32	-0.16	-0.17	0.37	0.34	0.57
α	0.52	0.12	0.07	0.36	0.33	0.04	0.98	0.002
Opuzen (1979-2009)								
trend	-7.0	-13.1	-8.4	-2.2	-19.4	-8.8	2.6	4.0
τ	-0.42	-0.51	-0.41	-0.38	-0.37	-0.34	0.40	0.33
α	0.001	0.000	0.001	0.004	0.005	0.01	0.003	0.02
Slavonski Brod (1979-2009)								
trend	-4.4	-4.2	-4.8	-4.8	-10.9	-14.8	-1.1	-2.2
τ	-0.26	-0.21	-0.25	-0.32	-0.41	-0.70	-0.15	-0.19
α	0.08	0.15	0.09	0.03	0.01	0.00	0.38	0.18



Slika 5. Vremenski nizovi fenoloških faza jabuke zlatni delišes u Gospiću, Križevcima i Opuzenu i pripadni linearni trendovi (crvena crta) u razdoblju 1979–2009. U jednadžbi linearnog trenda x je broj godina ($x = 0, 1, \dots, n$).

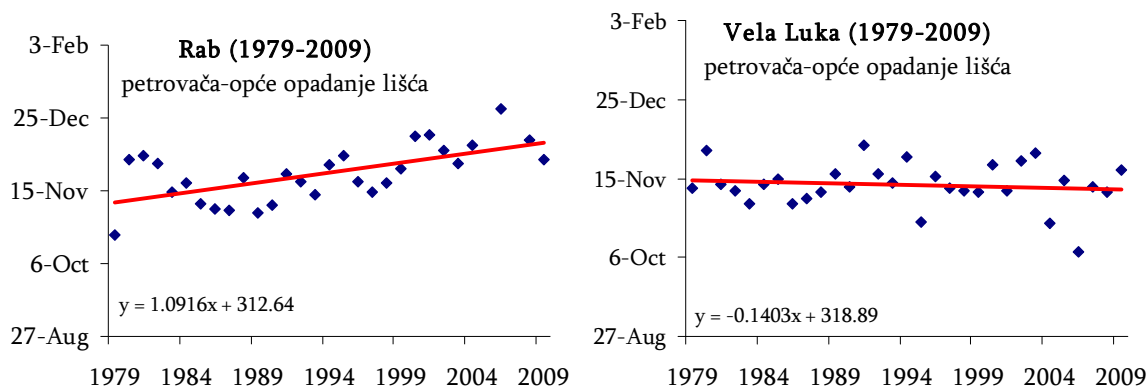
6.3.6. Sorta petrovača

Za fenofaze sorte petrovače, koja je najranija sorta jabuke, postoje pojedinačna stabla duž jadranske obale na kojima se obavljaju fenološka opažanja. Stoga su njezini linearni trendovi analizirani za Hvar, Lastovo, Rab i Velu Luku (tablica 10). Za grafički prikaz odabrane su postaje Rab i Vela Luka (slika 6).

Signifikantan negativni trend početka listanja, zriobe plodova i berbe pokazuje se samo u Rabu (oko 6 dana/10 god), kao i značajno kašnjenje općeg žućenja i opadanja lišća (oko 10 dana/10 god). Za razliku od toga na dalmatinskim postajama uočava se značajno kašnjenje berbe jabuke petrovače. Tendencija produljenja vegetacije jabuke petrovače uočava se samo na sjevernom Jadranu, ali ne i u Dalmaciji posljednjih tri desetljeća.

Tablica 10. Linearni trendovi (dani/10 god) za pojedine fenološke faze jabuke petrovače za odabrane postaje u Hrvatskoj 1979–2009. τ je Kendallov koeficijent, a $\alpha = 0.05$ razina značajnosti. Značajni trend je podebljan i obojan, a ostale kratice su dane u tablici 4.

fenofaza	UL	BF	FF	EF	RF	RP	CL	FL
Petrovača								
Hvar (1979–2009)								
trend	-0.7	-0.02	0.4	-1.7	1.5	1.8	-0.4	3.5
τ	-0.07	-0.01	0.06	0.02	0.29	0.28	-0.01	0.36
α	0.59	0.91	0.66	0.90	0.02	0.03	0.93	0.01
Lastovo (1979–2009)								
trend	-0.6	-0.3	0.01	-0.2	4.8	5.3	0.9	0.8
τ	-0.05	-0.03	0.04	0.01	0.37	0.29	0.04	0.08
α	0.70	0.80	0.74	0.93	0.003	0.02	0.74	0.53
Rab (1979–2009)								
trend	-5.8	-1.8	-1.7	3.8	-5.5	-6.3	10.2	10.9
τ	-0.35	-0.14	-0.13	0.30	-0.39	-0.40	0.49	0.42
α	0.01	0.26	0.32	0.02	0.002	0.002	0.001	0.001
Vela Luka (1979–2009)								
trend	-1.9	-0.9	-0.2	-1.7	2.8	5.6	0.8	-1.4
τ	-0.10	-0.06	-0.04	0.02	0.24	0.40	0.06	0.00
α	0.45	0.63	0.73	0.89	0.06	0.002	0.64	0.97



Slika 6. Vremenski nizovi općeg opadanje lišća u Rabu i Vela Luci za jabuku petrovaču i pripadni linearni trendovi (crvena crta) u razdoblju od 1979–2009. U jednadžbi linearnog trenda x je broj godina ($x = 0, 1, \dots, n$).

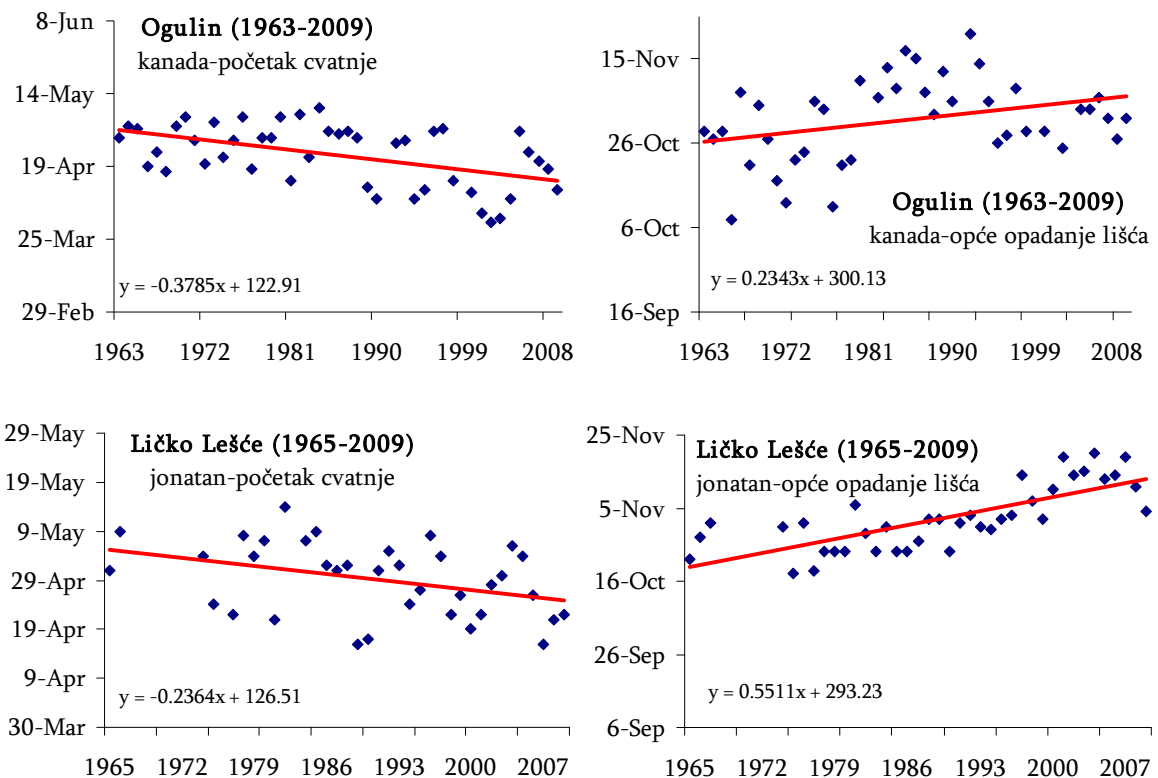
6.4. Linearni trendovi nastupa pojedinih fenofaza jabuke u gorskoj Hrvatskoj

Analizom linearnih trendova na 31-godišnjem nizu podataka za različite sorte jabuka na različitim postajama u Hrvatskoj zamijećen je izraženiji trend produljenja vegetacijskog razdoblja u gorskoj Hrvatskoj u odnosu na ostale dijelove. Kako se u Ogulinu i Ličkom Lešću raspolaže s fenološkim opažanjima jabuke i za dulje razdoblje tj. od 1963. (kanada) odnosno 1965. godine (jonatan), detaljnije su analizirani njihovi linearni trendovi za promatrano dugogodišnje razdoblje.

Na obje postaje opažen je signifikantan negativan trend početka listanja i cvatnje (2–4 dana/10 god) te signifikantan pozitivan trend općeg žućenja i opadanja lišća (2–6 dana/10god) koje je izraženije u Ličkom Lešću nego u Ogulinu (tablica 11. i slika 7). Prema tome, i na dugogodišnjem nizu fenoloških podataka jabuke pokazala se tendencija produljenja vegetacijskog razdoblja jabuke u gorskoj Hrvatskoj (6–9 dana/10 god).

Tablica 11. Linearni trendovi (dani/10 god) za fenološke faze jabuke kanada u Ogulinu u razdoblju 1963–2009. te u Ličkom Lešću za jonatan u razdoblju 1965–2009. τ je Kendallov koeficijent, a $\alpha = 0.05$ razina signifikantnosti. Signifikantni trend je podebljan i obojan, a ostale kratice su dane u tablici 4.

fenofaza	UL	BF	FF	EF	RF	RP	CL	FL
Kanada								
Ogulin (1963-2009)								
trend	-3.8	-3.8	-2.1	-0.4	0.3	0.1	2.3	2.3
τ	-0.28	-0.31	-0.21	-0.02	0.01	0.03	0.28	0.18
α	0.01	0.003	0.04	0.83	0.90	0.76	0.01	0.10
Jonatan								
Ličko Lešće (1965-2009)								
trend	-3.2	-2.4	-1.2	-1.2	2.4	0.2	6.4	5.5
τ	-0.35	-0.28	-0.14	-0.15	0.20	0.01	0.63	0.61
α	0.002	0.02	0.2	0.2	0.1	0.9	0.001	0.001



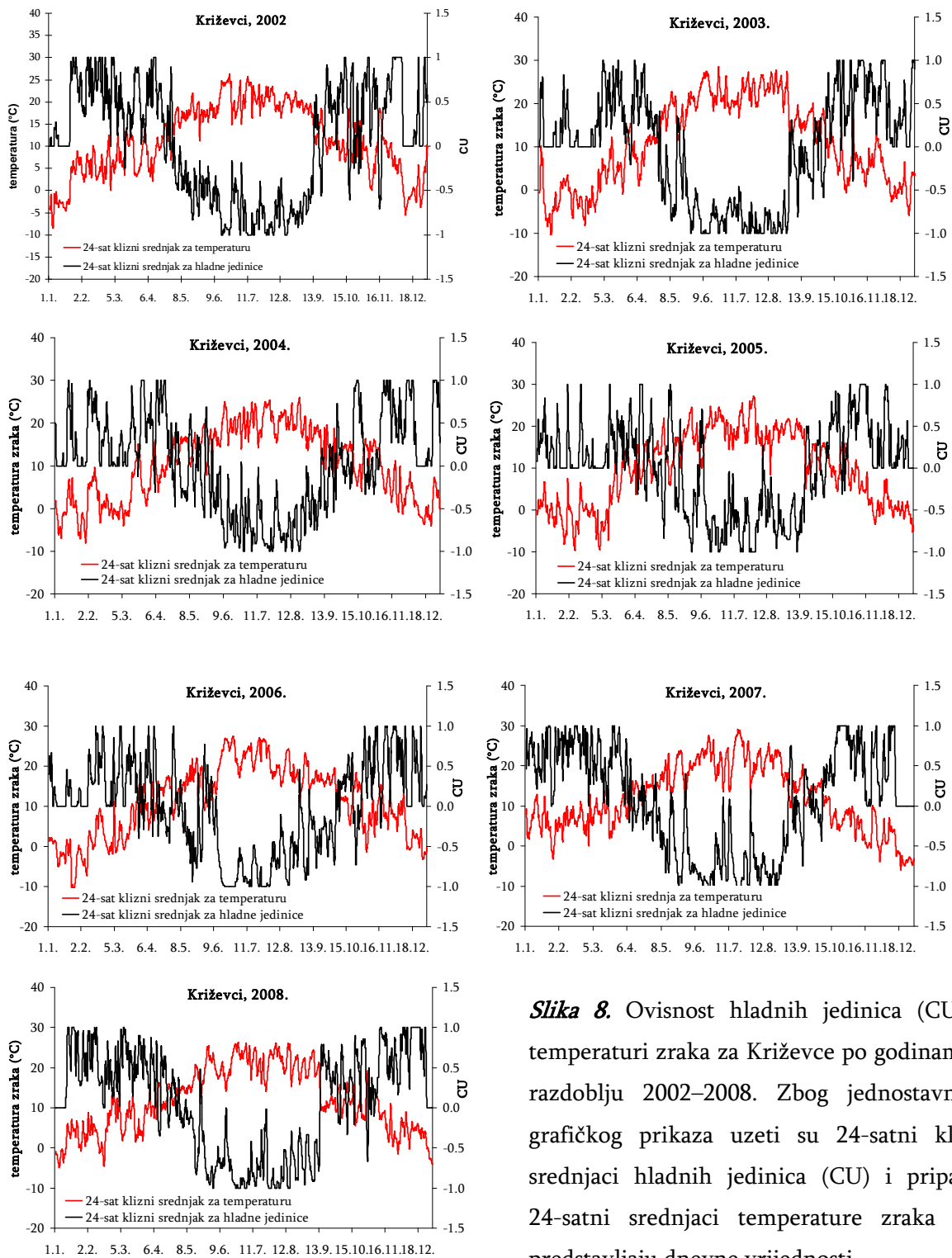
Slika 7. Vremenski nizovi fenoloških faza početka listanja i općeg opadanja lišća u Ogulinu za jabuku kanada u razdoblju od 1963–2009. i u Ličkom Lešću za jonatan u razdoblju 1965–2009. te pripadni linearni trendovi (crvena crta). U jednadžbi linearnog trenda x je broj godina

$$(x = 0, 1, \dots, n)..$$

6.5. Primjena modela Utah

Već je prije istaknuto da biljka u vrijeme zimskog mirovanja mora skupiti određeni broj hladnih jedinica, tj. između 900 i 1250, da bi u proljeće mogla normalno započeti sa svojom vegetacijom. Budući da kod nas nisu provedena sustavna takva istraživanja, u ovom radu će se po prvi puta kod nas primijeniti model Utah za procjenu hladnih jedinica za različite sorte jabuka koje se danas češće uzgajaju (jonatan, zlatni delišes i petrovača) za postaje gdje se raspolaže ili sa satnim vrijednostima temperature zraka ili koje se nalaze u blizini takve glavne meteorološke postaje.

Primjenjujući model Utah izračunate su satne vrijednosti hladnih jedinica za Križevce, za svaku godinu. Križevci su odabrani za detaljniji prikaz odnosa hladnih jedinica i temperature zraka po godinama, jer je to glavna agrometeorološka postaja u Hrvatskoj u čijem je sastavu i jedini međunarodni i domaći fenološki vrt u Hrvatskoj. Temperatura zraka koja najbolje pogoduje jabuci u zimskom mirovanju je oko 6 °C. Na slici 8. se uočava da je najbolje vrijeme za zimsko mirovanje jabuke u Križevcima od sredine listopada do kraja ožujka što se može uzeti da je reprezentativno za kontinentalnu Hrvatsku.



Slika 8. Ovisnost hladnih jedinica (CU) o temperaturi zraka za Križevce po godinama u razdoblju 2002–2008. Zbog jednostavnijeg grafičkog prikaza uzeti su 24-satni klizni srednjaci hladnih jedinica (CU) i pripadni 24-satni srednjaci temperature zraka koji predstavljaju dnevne vrijednosti.

6.5.1. Verifikacija modela Utah za područje Hrvatske

Za verifikaciju (provjeru) modela Utah, koliko se dobro može primijeniti na klimatske prilike u Hrvatskoj, odabrane su sorte jabuka koje se danas najviše uzgajaju: jonatan i zlatni delišes te je još uzeta petrovača kao jedina sorta koja je detaljno analizirana na Jadranu u prethodnim poglavljima.

Tablica 12. prikazuje razdoblje zimskog mirovanja za svaku sortu na odabranim postajama iz godine u godinu. Treba posebno napomenuti da Baške Oštarije, Ličko Lešće i Gospić imaju isti početak zimskog mirovanja iz godine u godinu jer je početak zimskog mirovanja određivan na temelju satnih vrijednosti temperature zraka s postaje Gospić. Zimsko mirovanje u Cubincu je određivano koristeći satne vrijednosti temperature zraka s postaje Križevci, a u Opuzenu koristeći satne vrijednosti temperature zraka u Pločama.

Tako je u Opuzenu zabilježen raniji početak zimskog razdoblja u odnosu na ostale postaje iz područja južnog Jadrana. To je vjerojatno posljedica položaja Opuzena i Ploča. Zbog smještaja Opuzena na jadranskoj obali i blizini delte Neretve, zimi ima blažu klimu nego Ploče, jer je zbog svog položaja zaklonjen od bure. Kada se usporede ruže vjetra u Opuzenu i Pločama, uočava se velika čestina NE vjetra (bure) u Pločama, a SE vjetra (juga) u Opuzenu (Vučetić i Vučetić, 2002). Budući da je poznato da je bura hladan vjetar, posljedica toga je i nešto hladnije u Pločama nego u Opuzenu u proljeće (14.5 °C i 14.9 °C redom). Stoga je i pitanje koliko su satne vrijednosti temperature zraka u Pločama reprezentativne za Opuzen.

Tablica 12. Prvi i zadnji datum zimskog mirovanje različitih sorti jabuka na odabranim postajama u Hrvatskoj u razdoblju 2001–2008. „/“ znači da nema podataka

Zimsko mirovanje			
Jonatan			
Cubinec	Baške Oštarije	Ličko Lešće	Opuzen
6.10.2001–29.3.2002.	/	/	24.10.2001–6.3.2002.
28.10.2002–28.4.2003.	23.10.2002–7.5.2003.	23.10.2002–1.5.2003.	15.10.2002–8.3.2003.
4.10.2003–30.4.2004.	24.9.2003–26.5.2004.	28.9.2003–6.5.2004.	9.10.2003–1.3.2004.
1.10.2004–30.4.2005.	26.10.2004–19.5.2005.	26.10.2004–5.5.2005.	13.10.2004–7.2.2005.
22.10.2005–24.4.2006.	28.9.2005–16.5.2006.	28.9.2005–27.4.2006.	28.10.2005–15.2.2006.
28.10.2006–1.2007.	28.9.2006–2.5.2007.	24.9.2006–17.4.2007.	16.10.2006–17.3.2007.
28.9.2007–14.4.2008.	5.10.2007–8.5.2008.	5.10.2007–21.4.2008.	14.10.2007–30.3.2008.
Zlatni delišes			
Slavonski Brod	Gospić	Opuzen	
27.9.2001–21.3.2002.	/	24.10.2001–22.2.2002.	
25.10.2002–13.4.2003.	23.10.2002–28.4.2003.	15.2002–27.2.2003.	
1.11.2003–9.4.2004.	28.9.2003–4.5.2004.	9.10.2003–21.2.2004.	
7.10.2004–16.4.2005.	26.10.2004–4.5.2005.	13.10.2004–14.2.2005.	
28.10.2005–17.4.2006.	28.9.2005–7.5.2006.	28.10.2005–18.2.2006.	
23.9.2006–5.4.2007.	24.9.2006–18.4.2007.	16.10.2006–15.2.2007.	
27.9.2007–2.4.2008.	5.10.2007–27.4.2008.	14.10.2007–29.3.2008.	
Petrovača			
Cubinec	Hvar		
6.10.2001–18.4.2002.	12.11.2001–24.3.2002.		
28.10.2002–30.4.2003.	30.10.2002–27.3.2003.		
4.10.2003–26.4.2004.	6.11.2003–11.4.2004.		
1.10.2004–27.4.2005.	13.10.2004–11.4.2005.		
22.10.2005–21.4.2006.	17.10.2005–11.4.2006.		
28.10.2006–11.4.2007.	20.11.2006–4.4.2007.		
28.9.2007–12.4.2008.	25.10.2007–24.3.2008.		

Da bi jabuka u proljeće mogla normalno započeti sa svojom vegetacijom treba biti ispunjen uvjet da broj hladnih jedinica bude unutar intervala $900 < CU < 1250$. Hladne jedinice za vrijeme zimskog mirovanja određene su za svaku postaju pojedine godine. Kada je zadovoljen donji granični uvjet hladnih jedinica koristeći relaciju (1) izračnut je zbroj jedinica prirasta. Međutim, iz podataka samo jednog zimskog mirovanja ne može se odrediti koja od kombinacije hladnih jedinica i jedinica prirasta je točna, te se postupak treba ponoviti za iduće zimsko mirovanje. Usporedbom dva uzastopna zimska mirovanja tražimo onu točku s najviše poklapanja. Točku u kojoj se pokaže da je razlika između dva

uzastopna zimska mirovanja najmanja proglašava se najvjerojatnijim danom početka cvjetanja.

Odstupanja u procjeni datuma početka cvjetanja dobivenim modelom Utah od opaženih vrijednosti smatraju se jako dobrim rezultatom ako su unutra dva dana (Rea i dr., 2006.). Na osnovi tablica 13. i 14. zaključuje se da model Utah daje za većinu godina i postaja dobre rezultate početka vegetacije. Lošiji rezultati su dobiveni za ranu sortu jabuke petrovača, ali i za očekivati je da model lošije procjenjuje u klimi koja ima blagu zimu. Tako npr. u Hvaru za jesen odnosno zimu 2005/2006 i 2006/2007 koje su bile izvanredno tople skupljen jako mali broj hladnih jedinica, a velik broj jedinica rasta. Čak i u tom slučaju jabuka može u proljeće započeti sa svojom vegetacijom, ali njena oplodnja je otežana, a urod slab.

Tablica 13. Koeficijent korelacije (R) između procijenjenog datuma početka cvjetanja modelom Utah i opaženog za različite sorte jabuke za odabrane postaje u Hrvatskoj u razdoblju 2002–2008.

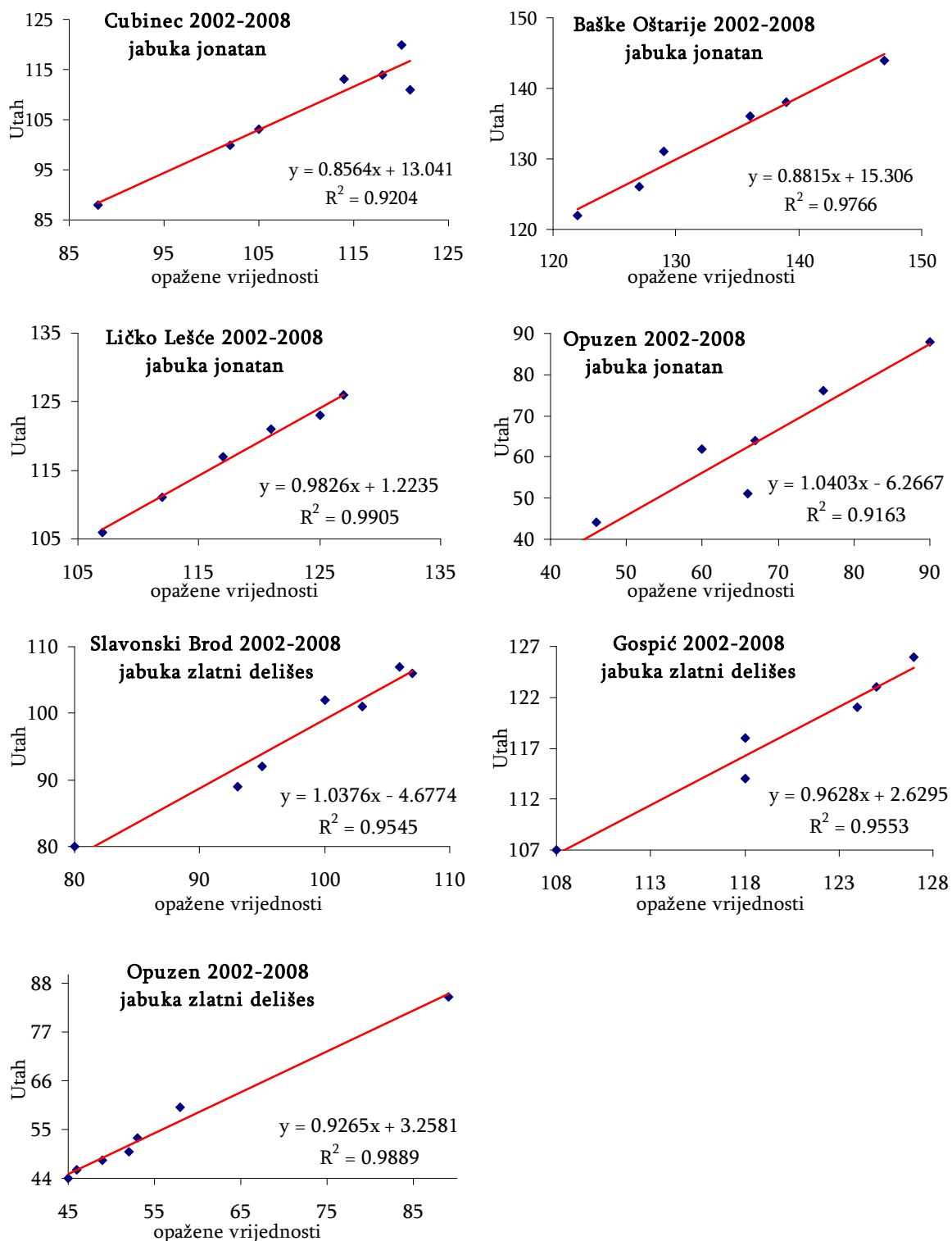
Postaje	r
Jonatan	
Cubinec	0.9594
Baške Oštarije	0.9882
Ličko Lešće	0.9952
Opuzen	0.9572
Zlatni delišes	
Slavonski Brod	0.9770
Gospić	0.9774
Opuzen	0.9944
Petrovača	
Cubinec	0.9873
Hvar	0.8413

Tablica 14. Početak cvjetanja za jabuke jonatan, zlatni delišes i petrovaču dobiven pomoću modela Utah i opažene vrijednosti početka cvjetanja na odabranim postajama u Hrvatskoj u razdoblju 2002–2008. Crvenom bojom je označeno odstupanje veće od 5 dana. „/“ znači da nema podataka.

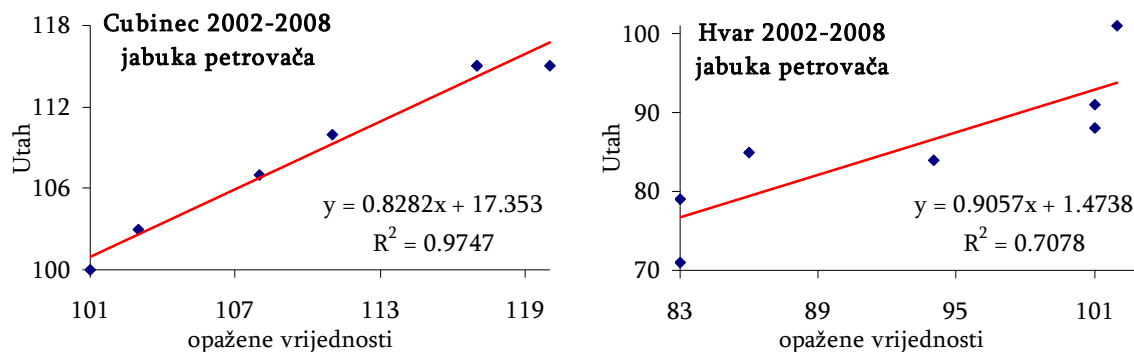
Jonatan							
Cubinec		Baške Oštarije		Ličko Lešće		Opuzen	
Utah	opaženo	Utah	opaženo	Utah	opaženo	Utah	opaženo
29.3.2002.	29.3.2002.	/	/	/	/	5.3.2002.	8.3.2002.
24.4.2003.	28.4.2003.	6.5.2003.	7.5.2003.	1.5.2003.	1.5.2003.	3.3.2003.	1.3.2003.
20.4.2004.	30.4.2004.	23.5.2004.	26.5.2004.	5.5.2004.	6.5.2004.	20.2.2004.	6.3.2004.
30.4.2005.	30.4.2005.	18.5.2005.	19.5.2005.	3.5.2005.	5.5.2005.	1.2.2005.	7.2.2005.
23.4.2006.	24.4.2006.	16.5.2006.	16.5.2005.	27.4.2006.	27.4.2006.	13.2.2006.	15.2.2006.
10.4.2007.	12.4.2007.	2.5.2007.	2.5.2006.	16.4.2007.	17.4.2007.	17.3.2007.	17.3.2007.
12.4.2008.	14.4.2008.	10.5.2008.	8.5.2007.	20.4.2008.	21.4.2008.	28.3.2008.	30.3.2008.
Zlatni delišes							
Slavonski Brod		Gospić		Opuzen			
20.3.2002.	21.3.2002.	/	/	22.2.2002.	22.2.2002.		
10.4.2003.	13.4.2003.	24.4.2003.	28.4.2003.	25.2.2003.	27.2.2003.		
7.4.2004.	9.4.2004.	2.5.2004.	4.5.2004.	19.2.2004.	21.2.2004.		
6.4.2005.	16.4.2005.	1.5.2005.	4.5.2005.	13.2.2005.	14.2.2005.		
15.4.2006.	17.4.2006.	6.5.2006.	7.5.2006.	17.2.2006.	18.2.2006.		
2.4.2007.	5.4.2007.	17.4.2007.	18.4.2007.	15.2.2007.	15.2.2007.		
28.3.2008.	2.4.2008.	27.4.2008.	27.4.2008.	25.3.2008.	29.3.2008.		
Petrovača							
Cubinec		Hvar					
17.4.2002.	18.4.2002.	20.3.2002.	24.3.2002.				
25.4.2003.	30.4.2003.	26.3.2003.	27.3.2003.				
24.4.2004.	26.4.2004.	10.4.2004.	11.4.2004.				
25.4.2005.	27.4.2005.	1.4.2005.	11.4.2005.				
20.4.2006.	21.4.2006.	29.3.2006.	11.4.2006.				
10.4.2007.	11.4.2007.	25.3.2007.	4.4.2007.				
12.4.2008.	12.4.2008.	20.3.2008.	24.3.2008.				

Slika 9. prikazuje usporedbu datuma početka cvjetanja dobivenih pomoću modela Utah i opaženih datuma početka cvjetanja. Koeficijent korelacije (R) govori kakva je koreliranost između opaženih vrijednosti. Što je on bliži jedinici, korelacija je bolja. Iz priložene slike 9. zamjećuje se da je korelacija između modela Utah i opaženih vrijednosti datuma početka cvjetanja jaka (blizu jedinici) i pozitivna (Slavonski Brod, Cubinec, Baške Oštarije, Ličko Lešće, Gospić, Opuzen), što znači da model Utah dobro procjenjuje početak cvjetanja jabuke. Najmanji koeficijent korelacije zamijećen je u Hvaru što je u skladu s činjenicom

da Utah model ima slabije rezultate u uvjetima blagih zima koje su karakteristika mediteranske klime.



Slika 9. Usporedba modela Utah i opaženih vrijednosti početka cvjetanja za jonatan zlatni delišes i petrovaču za odabrane postaje u Hrvatskoj u razdoblju 2002–2008.



Slika 9. nastavak

6.5.2. Sorta jonatan

Za zimu 2001/2002 u Gospiću nije bilo digitalnih podataka satnih vrijednosti temperature zraka pa hladne jedinice i jedinice prirasta u Baškim Oštarijama i Ličkom Lešću nisu izračunate (tablica 15).

Gledano kroz višegodišnji prosjek, sve promatrane postaje su zadovoljile uvjet hladnih jedinica što znači da bi se na tim lokacija mogle uzgajati jabuke jonatan. Međutim, smatram da je 7-godišnji niz podataka satnih vrijednosti temperature zraka prekratak da bi se to moglo općenito zaključiti posebno za gorsku i primorsku Hrvatsku.

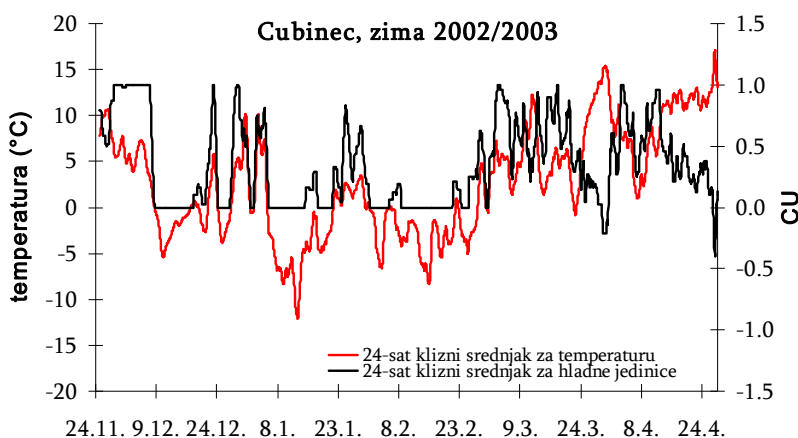
Zime 2002/2003, 2003/2004. i 2004/2005. po broju hladnih jedinica nisu bile pogodne za jabuku jonatan jer je skupljeno premalo hladnih jedinica u Cubincu i Opuzenu. Na slici 10. je vidljivo da su u Cubincu najpogodnije temperature zraka za zimsko mirovanje jabuke bile tek pri kraju zimskog mirovanja pa jabuka nije mogla skupiti dovoljno hladnih jedinica.

Najmanji prosječni broj hladnih jedinica skupljen je u Opuzenu. To samo potvrđuje činjenicu da to područje nije pogodno za veći plantažni uzgoj jabuka jonatan.

Ono što se u Baškim Oštarijama jako ističe je velika vrijednost jedinica rasta u zimi 2003/2004. Naime, mogući uzrok tako velikom broju jedinica rasta je u tome što je 2004. zabilježen kasniji početak cvjetanja (26. svibnja), jer je svibanj bio hladan (DHMZ; 2005). Zbog te odgode početka vegetacije, biljka je skupila previše jedinica rasta.

Tablica 15. Hladne jedinice (CU) i jedinice prirasta (GDH, °C) za jabuku jonatan na odabranim postajama u Hrvatskoj u razdoblju 2001–2008. „/“ znači da nije bilo podataka.

Jonatan	Cubinec		Baške Oštarije		Ličko Lešće		Opuzen	
	CU	GDH	CU	GDH	CU	GDH	CU	GDH
2001/2002	1071	6236	/	/	/	/	1129	2847
2002/2003	857	6087	1083	7783	1021	5226	987	4900
2003/2004	1169	7128	809	11184	988	7543	677	8756
2004/2005	1107	6296	988	9082	1010	6410	717	9092
2005/2006	1299	6773	1001	9928	1073	6339	1150	9753
2006/2007	1124	6980	1135	9355	1047	6443	1047	6282
2007/2008	1250	6551	1144	9305	1133	6508	1249	8574
Srednjak	1115	6578	1026	9439	1045	6412	994	7172

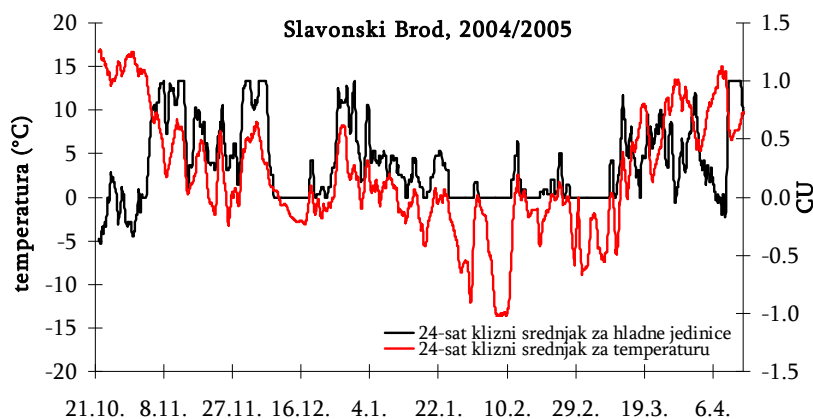


Slika 10. Ovisnost hladnih jedinica o temperaturi zraka tijekom zimskog mirovanja u Cubincu za hladni dio godine 2002/2003; sorta jonatan

6.5.3. Sorta zlatni delišes

Prosječan broj hladnih jedinica skupljen u Slavonskom Brodu, Gospiću i Opuzenu iznosi 1015, 1081 i 1091 redom (tablica 16). Za zimu 2001/2002 u Gospiću ne postoje digitalni podaci satnih vrijednosti temperature zraka pa se hladne jedinice i jedinice prirasta nisu mogle izračunati.

Na temelju dobivenih rezultata pokazuje se da su sve tri postaje pogodne za uzgoj jabuke zlatni delišes, jer je zadovoljen uvjet da hladne jedinice budu unutar očekivanog intervala $900 < CU < 1250$. No, kao što je već to već ranije naglašeno, upitna je reprezentativnost satnih vrijednosti temperature zraka Ploča za Opuzen makar su te dvije postaje udaljene samo 10 km zračne udaljenosti. Procjena početka zimskog mirovanja je polovicom listopada prema podacima Ploče, dok je prosječno opće opadanje lišća u Opuzenu u drugoj polovici studenog, što pokazuje da zimsko mirovanje počinje mjesec dana poslije.



Slika 11. Ovisnost hladnih jedinica o temperaturi tijekom zimskog mirovanja u Slavonskom Brodu za hladni dio godine 2004/2005; sorta zlatni delišes

Iz priloženih rezultata vidljivo je da je u Slavonskom Brodu nepovoljna zima za uzgoj jabuke zlatni delišes bila ona 2004/2005 kada je skupljeno premalo hladnih jedinica, jer su najpogodnije temperature za zimsko mirovanje bile tek na kraju zimskog mirovanja, pa se nije uspjelo akumulirati dovoljno hladnih jedinica (slika 11).

Prosječan broj akumuliranih jedinica rasta u Slavonskom Brodu, Gospiću i Opuzenu iznosi 3890, 5540 i 4152 redom za svaku postaju.

Tablica 16. Hladne jedinice (CU) i jedinice prirasta (GDH, °C) za jabuku zlatni delišes u razdoblju 2001–2008. „/“ znači da nije bilo podataka.

Zlatni delišes	Slavonski Brod		Gospić		Opuzen	
	CU	GDH	CU	GDH	CU	GDH
Zima						
2001/2002	1054	3447	/	/	1094	932
2002/2003	900	1875	1083	4107	987	1373
2003/2004	1013	3745	988	5748	1147	4967
2004/2005	735	2583	1246	4236	1144	620
2005/2006	1199	5261	1001	6271	1138	3834
2006/2007	1150	5929	1043	7075	1021	8939
2007/2008	1054	4396	1130	5802	1111	8399
Srednjak	1015	3890	1081	5540	1091	4152

6.5.4. Sorta petrovača

Za jabuku petrovača izračunate su hladne jedinice tijekom zimskog mirovanja za različite zime. Ono što se zamjećuje je da prosječni broj hladnih jedinica u Hvaru ne zadovoljava uvjet hladnih jedinica koje neko područje mora zadovoljiti da bude prikladno za uzgoj jabuke (tablica 17).

Tablica 17. Hladne jedinice (CU) i jedinice prirasta (GDH, °C) za jabuku petrovača za Cubinec i Hvar u razdoblju 2001–2008.

Petrovača	Cubinec		Hvar	
	CU	GDH	CU	GDH
Zima				
2001/2002	1117	5452	910	6358
2002/2003	857	6323	903	4088
2003/2004	1120	6407	1030	6539
2004/2005	1000	6572	610	6236
2005/2006	1077	5088	585	11014
2006/2007	1019	6723	504	11462
2007/2008	1075	6626	1007	6365
Srednjak	1038	6170	791	7437

7. Zaključak

U unutrašnjosti Hrvatske vegetacija različitih sorti jabuke počinje u prvoj polovici travnja, a završava u prvoj polovici studenoga. Cvatnja započinje oko tjedan dana nakon početka listanja, a svoju punu cvatnju jabuke postignu oko 5 dana nakon početka cvatnje.

U gorskoj Hrvatskoj početak vegetacije pomaknut je prema kraju travnja, a ona završava početkom studenoga. Početak cvatnje nastupa do 8 dana nakon početka listanja, a puna cvatnja nastupa do 8 dana nakon početka cvatnje.

Najraniji početak vegetacije zapažen je u primorskoj Hrvatskoj, gdje vegetacijsko razdoblje počinje krajem ožujka i traje skroz do kraja studenoga. Na priobalju prva zrioba plodova započinje krajem lipnja ili početkom srpnja. Međutim, radi se o najranijoj sorti petrovača za koju nisu postojali dugogodišnji nizovi podataka za unutrašnjost Hrvatske te se fenofaze nisu mogle usporediti s primorskom Hrvatskom.

U svim klimatskim zonama Hrvatske primijećene su velike standardne devijacije koje ukazuju na veliku varijabilnost općeg žućenja i općeg opadanja lišća iz godine u godinu. U primorskoj Hrvatskoj postaja na kojoj su opažene najveće standardne devijacije je Opuzen. Međutim, ono što treba naglasiti je to da tako velike vrijednosti standardne devijacije mogu biti posljedica pogreške nastale prilikom fenoloških opažanja, promjene fenobjekta ili motritelja.

Analiza linearnih trendova fenoloških faza različitih sorti jabuke za odabrane postaje u Hrvatskoj pokazala je signifikantniji raniji početak listanja i cvjetanja. Raniji početak vegetacijskog razdoblja najizraženiji je u gorskoj Hrvatskoj gdje je zamijećen raniji početak listanja i cvjetanja 3–6 dana/10 god. Te varijacije su posljedica povećanja osunčavanja zimi i u proljeće što uzrokuje povećanje srednjih zimskih minimalnih i proljetnih maksimalnih temperatura zraka (Vučetić i Vučetić, 2006).

U Križevcima, Ličkom Lešću, Rabu i Opuzenu zamijećen je signifikantan trend na razini 0.05 u kašnjenju općeg žućenja i općeg opadanja lišća. Najizraženije kašnjenje tih dviju fenoloških faza zamijećeno je u Rabu za čak 10–11 dana/10 god. Posljedica toga je produženje vegetacijskog razdoblja u jesen.

Budući da je analizirano šest sorti jabuka: tri jesenske starinske sorte (bobovac, kanada i kolačarka) i dvije novije (jonatan i zlatni delišes) te najranija starinska sorta petrovača, uočene su neke promjene u duljini vegetacijskog razdoblja u ovisnosti o sorti posljednja tri desetljeća. Pokazalo se da je kod svih sorata jabuke početak vegetacije pomaknut ranije u proljeće, ali kod jesenskih starinskih sorata dogodilo se da su one i ranije završile vegetaciju te se bitno nije promijenila duljina vegetacije. Tendencija produljenja vegetacije jabuke petrovače u posljednja tri desetljeća uočava se samo na sjevernom Jadranu, ali ne i u Dalmaciji. Jesenske novije sorte jabuke pokazuju veću osjetljivost na promjenu duljine vegetacijskog razdoblja tijekom posljednja tri desetljeća. Tako je u kontinentalnoj Hrvatskoj primijećeno njeno skraćivanje, a u gorskoj Hrvatskoj njegovo produljenje što je i u skladu s klimatskim promjenama odnosno signifikantnim povećanjem temperature zraka kod nas posljednjih desetljeća (MZOPPG, 2010). Budući da je vegetacijsko razdoblje u gorskoj Hrvatskoj najkraće u odnosu na ostatak Hrvatske, tendencija njegovog produljenja ukazuje na mogućnost sve povoljnijeg uzgoja jabuka na tom području.

Korištenjem satnih vrijednosti temperature zraka i fenoloških podataka testiran je model Utah u različitim klimatskim zonama Hrvatske. Pokazalo se da je model dobar pokazatelj je li neko podneblje povoljno za uzgoj jabuke. Određivanjem hladnih jedinica i jedinica rasta na temelju višegodišnjih prosjeka određeno je u različitim našim klimatskim zonama koliko je hladnih jedinica potrebno da bi biljka u proljeće mogla započeti normalno sa svojom vegetacijom. U Hvaru je procijenjeno najmanje hladnih jedinica što je potpuno u skladu s činjenicom da to područje nije povoljno za uzgoj jabuka.

Kriteriji modela Utah nisu zadovoljavajući u područjima s toplim zimama. U tim područjima može se dogoditi da vegetacijsko razdoblje traje praktično cijelu godinu jer tijekom zime nije bilo dovoljno pogodnih temperatura koje bi dovele do dovoljne akumulacije hladnih jedinica. U takvim situacijama kada biljka nije skupila dovoljno hladnih jedinica ona će svejedno započeti svoju vegetaciju, ali će njezin razvoj biti otežan, a urod slab.

Rezultati primjene modela Utah u unutrašnjosti Hrvatske i gorskoj Hrvatskoj pokazuju da je zadovoljen kriterij hladnih jedinica za zimsko mirovanje u posljednjem desetljeću. Poznato je da u unutrašnjosti Hrvatske postoje vrlo povoljni klimatski uvjeti za uzgoj jabuka dok u gorskoj Hrvatskoj to nije slučaj upravo zbog prehladne zime i prekratke duljine vegetacijskog razdoblja. Međutim, porat temperature zraka koji se opaža proteklih desetljeća zimi i u proljeće mogao bi pozitivno djelovati na zimsko mirovanje jabuke u gorskoj Hrvatskoj jer se već sada u posljednjem desetljeću pokazuje da je dovoljno skupljeno hladnih jedinica za zimsko mirovanje jabuke.

Dakle, s jedne strane opaženo zatopljenje djeluje na raniji početak vegetacijskog razdoblja i produljenje vegetacije u jesen, ali s druge strane djeluje povoljnije na zimsko mirovanje jabuke u gorskoj Hrvatskoj. Iz toga slijedi, ako se nastavi trend porasta temperature zraka, upravo bi u gorskoj Hrvatskoj mogli postati sve povoljniji klimatski uvjeti za uzgoj jabuka.

Model Utah svoju primjenu može pronaći u voćarstvu, jer je od velike važnosti za voćare znati procjenu hladnih jedinica i jedinica rasta koje voćka mora ispuniti da bi ona u proljeće mogla normalno nastaviti sa svojim rastom i razvojem. U ovom radu određivane su hladne jedinice samo za jabuku, ali ovakav tip modela može se primijeniti i na druge voćke. Iako bi bilo poželjno imati dulji niz satnih vrijednosti temperature zraka, rezultati dobiveni primjenom modela i za tako kratak niz godina mogu poslužiti kao dobra smjernica za određivanje je li neko područje pogodno za uzgoj određenih kultura. Iako se pomoću modela Utah ne može odrediti početak vegetacijskog razdoblja za godinu unaprijed, već se mogu samo izračunati hladne jedinice koje su bile skupljene od godine

od godine, postoje modifikacije modela Utah pomoću kojih se može procijeniti početak vegetacijskog razdoblja za sljedeću godinu.

U područjima gdje model Utah ne pronalazi svoju primjenu, kao što je kod nas to slučaj Hvara, možda bi se mogao primijeniti pozitivni Utah model (*Positive Chilling Units*), gdje su negativne vrijednosti temperature zraka izostavljene, pa se hladne jedinice računaju koristeći druge kriterije.

8. Literatura

- Allan, P, 2004.: Winter Chilling in Areas with Mild Winter: Its Measurement and Supplementation, ISHS Acta Horticulturae 662: VII International Symposium on Temperate Zone Fruits in the Tropics and Subtropics
http://www.actahort.org/books/662/662_3.htm
- Ashcroft LG, Richardson EA, Schuyler DS, 1977: A statistical method of determining chill unit and growing degree hour requirements for deciduous fruit trees, HortScience 12: 347-348
- Byrne, D. H., and T. A. Bacon. 1992. Chilling estimation: its importance and estimation. The Texas Horticulturist 18(8), 5, 8-9.
<http://aggiehorticulture.tamu.edu/stonefruit/chillacc.htm>
- DHMZ; 2005: Prikazi br.14, Praćenje i ocjena klime u 2004. god, 36.str.
- Jindal K.K, Mankotia, M.S., 2004. Impact of changing climatic conditions on chilling units, physiological, attributes and productivity of apple in western Himalayas, ISHS Acta Horticulturae 662: VII International Symposium on Temperate Zone Fruits in the Tropics and Subtropics
- Lacey K., Antoine, M., 2007: Winter chilling recorded in Western Australia, Farmnote, 280, Western Australia, 3 pp.
http://www.agric.wa.gov.au/objtwr/imported_assets/content/hort/fn/cp/pomefruits/winter_chilling_farmnote.pdf
- Lorimer S. i Hill, 2006: Chill Units of Stone Fruit, Agricultural Notes, 1094, 2 pp.
[http://www.dpi.vic.gov.au/DPI/nreninf.nsf/v/4767527BB92E1F47CA25749600816439/\\$file/Chill Units of Stone Fruit.pdf](http://www.dpi.vic.gov.au/DPI/nreninf.nsf/v/4767527BB92E1F47CA25749600816439/$file/Chill%20Units%20of%20Stone%20Fruit.pdf)
- Mitchell, J.M. Jr., Dzerdzevskii, B., Flohn, H., Hofmeyr, W. L., Lamb, H. H., Rao, K.N. & Wallen, C. C., 1966: Climatic Change. Report of a working group of the Commission for Climatology. WMO Technical Note 79. Geneva, Switzerland: WMO.
- MZOPPG, 2010: Peto nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC), 215 str.
http://unfccc.int/resource/docs/natc/hrv_nc5.pdf
- Pawasut A., Fujishige N., Yamane K., Yamaki Y. & Honjo H., 2004.: Relationships between Chilling and Heat Requirement for Flowering in Ornamental Peaches, Meeting of the Japanese Society for Horticultural Science, 73(6): 519-523
- Petri, J.L., Leite, G.B. 2004. Consequences of insufficient winter chilling on apple tree bud-break, Acta Hort. (ISHS) 662:53-60.
http://www.actahort.org/books/662/662_4.htm
- Rea R., Eccel E. 2006: Phenological models for blooming of apple in mountainous region, Int J Biometeorol, 51, 1-16., DOI 10.1007/s00484-006-0043-x

- Richardson E. A, Seeley S. D, Walker D. R., 1974: A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta Peach Trees, Hort Science, 82, 302–3006.
- Sneyers, R., 1990: On the Statistical Analysis of Series of Observations. WMO Technical Note 143. Geneva, Switzerland: WMO.
- Southwick, S., Khan, Z., Glozer, K., 2003: Evaluation of Chill Models from Historical Rest-Breaking Spray Experiments on Bing Sweet Cherry. University of California, Davis, http://en.wikipedia.org/wiki/Chilling_requirement
- Vučetić M., Vučetić V., 2002: Vrijeme na Jadranu – Meteorologija za nautičare, Fabra d.o.o, Zagreb, 129.str.
- Vučetić V., 2009: 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., Vučetić M., 2003: Fenološke značajke na području Zavižana, Šumarski List, 127, 7/8, 359–372.
- Vučetić, V., Vučetić, M., 2005: Variations of phenological stages of olive-trees along the Adriatic coast, Periodicum Biologorum, 107, 335–340.
- Vučetić, V., Vučetić, M., 2006: Phenological fluctuations as a possible signal of climatic changes in the Croatian mountain area, Meteorologische Zeitschrift, 15, 2, 237–242.
- Vučetić V., Vučetić M., Lončar Ž., 2008: History and Present Observations in Croatian Plant Phenology, poglavlje u knjizi The history and current status of plant phenology in Europe, COST Office, 44–50.

Literatura preuzeta s internet stranica:

- <http://free-sk.t-com.hr/ddomin20/voce.htm>
- http://www.rasadnik-milic.hr/Katalog_voce.pdf
- <http://www.tehnologijahrane.com/voce/sirovine/voce-u-bosni-i-hercegovini#toc-jabucasto-voce>
- <http://www.politika.rs/rubrike/eko-oko/Kolacharka-chudo-od-jabuke.lt.html>
- http://www.kokot-agro.hr/proizvodi/vocne_sadnice.html
- <http://gusto.ba/2010/03/06/jabuke>

Izvor fenoloških i meteoroloških podataka:

Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske

Priloga

Osnovne značajke promatranih sorti jabuka

Sorte jabuka:

1. Bobovec
2. Kanada
3. Kolačarka
4. Jonatan
5. Zlatni delišes
6. Petrovača

Jabuka

Naziv jabuka odnosi se na drvenastu biljku znanstvenog naziva *Malus domestica* i njen plod. Ova vrsta spada u porodicu ruža (Rosaceae), a smatra se da je stablo jabuke najčešće kultivirano stablo na svijetu. Voćka o kojoj govorimo visine je od 5 do 12 metara, sa širokom, ali gustom krošnjom. Listovi su naizmjenični, jednostavnog ovalnog oblika s oštrim vrhom i pilastim rubom. Mladi listovi su vunasto dlakavi na naličju, dugi 5 do 12 cm i stoje na peteljci dugoj 3 do 6 cm. Jabuka cvate u proljeće, tijekom travnja i svibnja, a cvjetovi su promjera od 2.5 do 3.5 cm. Mesnati plod koji dozrijeva u jesen zove se jabuka. O sorti ovisi oblik plodova, koji može biti ovalan do okrugao, a i boja kore plodova: može biti žute, crvene ili zelene boje, ili pak njihova kombinacija.

Jabuka nije izbirljiva po pitanju tla i raste na tlima različite kiselosti i različitog sadržaja hranjivih tvari. Ipak, ne uspijeva na područjima izloženima jakom vjetru, a izrazito je osjetljiva i na kasne proljetne mrazove.

Danas je jabuka jedna od najrasprostranjenijih vrsta voća na svijetu. Poznato je oko 8000 različitih sorti. To je biljka umjerenog pojasa, s tim da se neke sorte uzgajaju i u područjima sa suptropskom klimom. U tropskom pojasu se ne uzgaja, jer nisu zadovoljeni uvjeti zimskog mirovanja.

Komercijalno popularne sorte danas su one čiji su plodovi slatkastog okusa, i usto relativno mekani i sočni. Osim toga, kod križanja i stvaranja novih sorti jabuka pazi se i na to da boja ploda potrošaču bude privlačna, da je plod pogodan za transport, da se može pohraniti kroz što je moguće duže razdoblje, da je prinos veliki te da su sorte otporne na štetnike. Za razliku od novih sorti, čiji su plodovi veći, otporniji te oku ugodniji, mnogi ljubitelji jabuka složiti će se da su mnoge stare sorte, iako ne tako privlačnog izgleda, daleko ukusnije. Dakako da su već pomalo i zaboravljene, stoga što zbog nekih svojih karakteristika na tržištu ne mogu opstati (slabija otpornost na bolesti, skladištenje i transport).

Jabuka bobovec



Bobovec spada u grupu udomaćenih sorti jabuka. Sazrijeva dosta kasno i bere se poslije prvih mrazova, jer u tom vremenu dobije ljepšu boju, a plodovi se mogu duže čuvati. Plod je srednje krupan, zavisno od količine plodova na grani. Oblik ploda je zvonast do okruglast, nešto proširen na sredini. Boja ploda je zelenkasto-rumena, do potpuno rumena sa sunčane strane. Pokožica je tanka, a meso ploda je svijetlo-zelenkasto, a okus je kiseo bez posebne arome, ali djeluje osvježavajuće.

Jabuka kanada



Porijeklo je nepoznato, vjerojatno iz Francuske, gdje su je opisali 1771. godine. Rasprostranjena je u cijeloj Europi, a kod nas je poznata posvuda. Plodovi su spljošteni i okrugli, nepravilnog oblika, debeli do vrlo debeli. Kožica je hrapava, posuta velikim smeđim pjegama, zelenkasto-žute boje. Meso je čvrsto, a kasnije postaje prhko, sočno, prijatnog okusa, s ponešto kiseline. Dozrijeva oko 30. rujna (http://www.kokot-agro.hr/proizvodi/vodne_sadnice.html).

Jabuka kolačarka

Jabuka izuzetnog, mirisa, ukusa, slasti i crvene boje.

Jabuka jonatan



Plod ove jabuke je srednje krupan i svijetlo crvene boje. Meso joj je čvrsto i sočno, skladnog okusa šećera i kiseline, vrlo aromatično. Jedna od kvalitetnih sorti u odnosu na okus. Dozrijeva nakon 15. rujna (<http://gusto.ba/2010/03/06/jabuke>).

Jabuka zlatni delišes



Paul Stark ju je uzgojio na brežuljcima Zapadne Virginije 1914. „S ovom jabukom u ruci ne možete biti sigurni da li pijete šampanjac ili jedete jabuku!“ - oduševljeno je izjavio. Stekla je popularnost među potrošačima i uzgaja se u svim toplim uzgojnim područjima svijeta. Dozrijeva polovicom rujna. Plod je slatkastog okusa s tipičnom aromom za ovu sortu. Boja u vrijeme berbe je zeleno-žuta, a kasnije prelazi u zlatno-žutu. Jedna je od najkvalitetnijih sorti jabuka. Jedina mana joj je nešto veći gubitak na težini tijekom skladištenja.

Jabuka petrovača



Stara sorta jabuke, koju ubrajamo u najranije ljetne stolne sorte. Meso je svijetlo-bijele boje, prijatnog slatko-kiselkastog okusa. Plodovi su okruglasti prema čaški suženi, srednje krupni i rebrasti. Mlada stabla su na početku produktivni, daju velike plodove, dok su poslije plodovi srednje veliki. Pokožica je blijedo-zelene boje, prekrivena voštanom prevlakom. Meso je bijelo-zelenkaste nijanse. Okus je osvježavajuće kiselkast. U rod dolazi krajem lipnja.

Prilog b

Srednji, najraniji i najkasniji datumi fenoloških faza različitih sorti jabuke za odabrane postaje na području Hrvatske u razdoblju 1979–2009.

Sorte jabuka:

1. Bobovec
2. Kanada
3. Kolačarka
4. Jonatan
5. Zlatni delišes
6. Petrovača

Analizirane fenološke postaje:

1. Božjakovina
2. Daruvar
3. Gospić
4. Hvar
5. Krivaj
6. Križevci
7. Lastovo
8. Ličko Lešće
9. Mandićevac (1979-2003, nakon 2003. postaja prestala sa radom)
10. Ogulin
11. Opuzen
12. Rab
13. Radoboj
14. Štrigova
15. Slavonski Brod
16. Vela Luka

Legenda:

Fenološke faze:

UL = početak listanja

RF = prvi zreli plodovi

BF = početak cvatnje

RP = berba

FF = puna (opća) cvatnja

CL = opće žućenje lišća

EF = završetak cvatnje

FL = opće opadanje lišća

sred = srednji datum

stdv = standardna devijacija (dani)

maks = najkasniji datum

min = najraniji datum

ampl = maks – min (raspon u danima)

Fenofaza	UL	BF	FF	EF	RF	RP	CL	FL
Bobovec								
Ogulin(1979-2009)								
sred	12.4.	20.4.	29.4.	8.5.	26.9.	8.10.	22.10.	2.11.
stdv	11	12	10	10	12	12	6	13
maks	30.4.	14.5.	21.5.	30.5.	14.10.	29.10.	6.11.	27.11.
min	18.3.	28.3.	12.4.	20.4.	9.9.	18.9.	10.10.	21.9.
ampl	43	47	39	40	35	41	27	67
Radoboj (1979-2009)								
sred	12.4.	20.4.	25.4.	6.5.	23.9.	9.10.	20.10.	1.11.
stdv	9	8	8	7	12	7	10	8
maks	28.4.	3.5.	8.5.	20.5.	13.10.	22.10.	14.11.	19.11.
min	23.3.	2.4.	9.4.	24.4.	24.8.	27.9.	29.9.	19.10.
ampl	36	31	29	26	50	25	46	31
Štrigova (1979-2009)								
sred	13.4.	20.4.	26.4.	4.5.	17.9.	12.10.	31.10.	13.11.
stdv	8	8	7	6	16	9	10	9
maks	29.4.	4.5.	11.5.	20.5.	12.10.	27.10.	15.11.	30.11.
min	26.3.	5.4.	13.4.	22.4.	13.8.	14.9.	10.10.	26.10.
ampl	34	29	28	28	60	43	36	35
Kanada								
Ogulin (1979-2009)								
sred	11.4.	20.4.	28.4.	8.5.	19.9.	3.10.	21.10.	4.11.
stdv	12	12	10	10	7	10	6	8
maks	30.4.	9.5.	17.5.	28.5.	6.10.	29.10.	1.11.	21.11.
min	16.3.	31.3.	12.4.	18.4.	7.9.	16.9.	3.10.	22.10.
ampl	45	39	35	40	29	43	29	30
Radoboj (1979-2009)								
sred	13.4.	20.4.	25.4.	6.5.	17.9.	3.10.	20.10.	30.10.
stdv	9	8	8	7	8	5	10	13
maks	30.4.	4.5.	9.5.	20.5.	30.9.	14.10.	14.11.	19.11.
min	28.3.	2.4.	9.4.	23.4.	24.8.	27.9.	29.9.	5.9.
ampl	33	32	30	27	37	17	46	75
Kolačarka								
Daruvar (1979-2009)								
sred	10.4.	17.4.	22.4.	2.5.	17.9.	3.10.	24.10.	14.11.
stdv	9	8	8	7	13	9	13	10
maks	24.4.	29.4.	5.5.	16.5.	4.10.	14.10.	16.11.	30.11.
min	23.3.	31.3.	5.4.	18.4.	12.8.	14.9.	25.9.	19.10.
ampl	32	29	30	28	53	30	52	42
Ogulin (1979-2009)								
sred	10.4.	18.4.	23.4.	5.5.	25.9.	11.10.	23.10.	5.11.
stdv	9	8	8	8	10	5	8	8
maks	26.4.	2.5.	8.5.	20.5.	14.10.	24.10.	14.11.	19.11.
min	21.3.	2.4.	4.4.	19.4.	4.9.	4.10.	7.10.	19.10.
ampl	36	30	34	31	40	20	38	31

Fenofaza	UL	BF	FF	EF	RF	RP	CL	FL
Jonatan								
Božjakovina								
sred	12.4.	18.4.	23.4.	29.4.	3.9.	17.9.	21.10.	30.10.
stdv	8	9	8	8	10	9	12	12
maks	23.4.	2.5.	8.5.	13.5.	20.9.	1.10.	9.11.	17.11.
min	27.3.	3.4.	9.4.	16.4.	14.8.	29.8.	18.9.	9.10.
ampl	27	29	29	27	37	33	52	39
Daruvar (1979-2009)								
sred	9.4.	16.4.	22.4.	1.5.	6.9.	21.9.	24.10.	11.11.
std	9	9	9	7	7	6	12	11
maks	25.4.	1.5.	9.5.	16.5.	18.9.	4.10.	11.11.	30.11.
min	19.3.	23.3.	31.3.	19.4.	24.8.	9.9.	29.9.	7.10.
ampl	37	39	39	27	25	25	43	54
Krivaj (1979-2009)								
sred	9.4.	18.4.	22.4.	1.5.	13.9.	27.9.	21.10.	1.11.
stdv	9	8	8	6	6	5	8	9
maks	26.4.	2.5.	5.5.	15.5.	27.9.	7.10.	5.11.	21.11.
min	17.3.	3.4.	2.4.	19.4.	1.9.	19.9.	2.10.	10.10.
ampl	40	29	33	26	26	18	34	42
sred	9.4.	18.4.	22.4.	1.5.	13.9.	27.9.	21.10.	1.11.
Ličko Lešće (1979-2009)								
sred	19.4.	28.4.	6.5.	13.5.	20.9.	2.10.	22.10.	4.11.
stdv	8	8	8	7	6	6	8	9
maks	4.5.	14.5.	24.5.	25.5.	30.9.	11.10.	9.11.	20.11.
min	6.4.	16.4.	23.4.	28.4.	9.9.	15.9.	9.10.	24.10.
ampl	28	28	31	27	21	26	31	27
Mandičevac (1979-2003)								
sred	8.4.	16.4.	21.4.	29.4.	9.9.	22.9.	20.10.	5.11.
stdv	11	10	10	8	6	5	8	6
maks	26.4.	30.4.	9.5.	13.5.	20.9.	30.9.	1.11.	19.11.
min	12.3.	25.3.	31.3.	16.4.	29.8.	14.9.	8.10.	22.10.
ampl	45	36	39	27	22	16	24	28
Zlatni delišes								
Križevci (1979-2009)								
sred	10.4.	17.4.	22.4.	30.4.	11.9.	1.10.	23.10.	8.11.
stdv	8	7	7	8	7	8	10	7
maks	24.4.	29.4.	4.5.	13.5.	21.9.	25.10.	10.11.	20.11.
min	26.3.	4.4.	11.4.	17.4.	19.8.	23.9.	11.10.	24.10.
ampl	29	25	23	26	33	32	30	27
Gospić (1979-2009)								
sred	24.4.	30.4.	5.5.	11.5.	23.9.	3.10.	18.10.	28.10.
stdv	9	9	9	9	6	7	9	10
maks	7.5.	19.5.	23.5.	29.5.	7.10.	18.10.	4.11.	11.11.
min	6.4.	11.4.	19.4.	26.4.	11.9.	24.9.	1.10.	6.10.
ampl	31	38	34	33	26	24	34	36

Fenofaza	UL	BF	FF	EF	RF	RP	CL	FL
Zlatni delišes								
Opuzen (1979-2009)								
sred	22.3.	22.3.	1.4.	15.4.	11.8.	4.9.	9.11.	23.11.
stdv	11	24	19	16	27	16	16	8
maks	12.4.	19.5.	20.5.	22.6.	10.9.	25.9.	7.12.	13.12.
min	27.2.	14.2.	18.2.	24.3.	19.5.	24.7.	10.9.	7.11.
ampl	45	95	92	90	114	63	88	36
Slavonski Brod (1979-2009)								
sred	2.4.	11.4.	16.4.	26.4.	1.9.	10.9.	25.10.	31.10.
stdv	9	10	10	8	21	14	7	8
maks	22.4.	28.4.	2.5.	11.5.	18.11.	1.10.	7.11.	16.11.
min	17.3.	20.3.	24.3.	11.4.	9.8.	19.8.	14.10.	16.10.
ampl	36	39	39	30	101	43	24	31
Petrovača								
Hvar (1979-2009)								
sred	24.3.	31.3.	5.4.	11.4.	26.6.	6.7.	24.10.	10.11.
stdv	7	6	6	17	3	4	8	8
maks	6.4.	11.4.	17.4.	25.4.	4.7.	14.7.	13.11.	1.12.
min	15.3.	20.3.	26.3.	16.1.	18.6.	28.6.	14.10.	26.10.
ampl	22	22	22	100	16	16	30	36
Lastovo (1979-2009)								
sred	29.3.	3.4.	9.4.	15.4.	8.7.	21.7.	9.11.	30.11.
stdv	6	6	6	6	8	10	8	7
maks	12.4.	20.4.	24.4.	30.4.	25.7.	29.8.	23.11.	18.12.
min	18.3.	20.3.	28.3.	5.4.	25.6.	6.7.	22.10.	12.11.
ampl	25	31	27	25	30	54	32	36
Rab (1979-2009)								
sred	25.3.	31.3.	6.4.	20.4.	29.6.	8.7.	6.11.	24.11.
stdv	10	8	8	8	9	9	14	15
maks	8.4.	16.4.	22.4.	9.5.	18.7.	26.7.	7.12.	30.12.
min	20.2.	17.3.	22.3.	5.4.	13.6.	20.6.	15.10.	22.10.
ampl	48	30	31	34	35	36	53	69
Vela Luka (1979-2009)								
sred	26.3.	2.4.	8.4.	17.4.	3.7.	14.7.	27.10.	11.11.
stdv	8	8	8	17	7	9	12	11
maks	12.4.	15.4.	24.4.	7.7.	17.7.	9.8.	20.11.	2.12.
min	9.3.	13.3.	20.3.	25.3.	19.6.	2.7.	29.9.	9.10.
ampl	34	33	35	104	28	38	52	54

Prilog c

Linearni trendovi fenoloških faza različitih sorti jabuke na odabranim postajama u razdoblju od 1979–2009.

Sorte jabuka:

1. Bobovec
2. Kanada
3. Kolačarka
4. Jonatan
5. Zlatni delišes
6. Petrovača

Analizirane fenološke postaje:

1. Božjakovina
2. Daruvar
3. Gospić
4. Hvar
5. Krivaj
6. Križevci
7. Lastovo
8. Ličko Lešće
9. Mandićevac (1979-2003, nakon 2003. postaja prestala sa radom)
10. Ogulin
11. Opuzen
12. Rab
13. Radoboj
14. Štrigova
15. Slavonski Brod
16. Vela Luka

