

**Agrovoc descriptors:** honeybees, apis mellifera, phenology, ecology, air temperature, foraging, animal feeding, trends, statistical methods

**Agris category code:** L20, L02, L51

## Analiza fenofaz paš, pri čebelah v Novem mestu

Lucija Glorija JELEN<sup>1</sup>

Delo je prispelo 3. avgusta 2011, sprejeto 20. septembra 2011.

Received: August 3, 2011; accepted: September 20, 2011.

### IZVLEČEK

Preučevali smo vpliv temperature zraka na izbrane fenološke faze čebel (*Apis mellifera carnica* Pollman) za obdobje 1971-2007 v Novem mestu. Medletna variabilnost nastopa fenofaz (prva paša čebel, paša na robiniji, paša na lipi) je velika, variacijski razmik znaša od 44 do 86 dni. S časovno analizo smo ugotovili, da se kot posledica višjih temperatur zraka ter zgodnejših rastlinskih fenofaz, tudi fenofaze pri čebelah pojavljajo v zadnjem obdobju zgodnejše. Statistično značilen linearen trend za prvo pašo čebel znaša -19 dni/dekado, za pašo na robiniji pa -10 dni/dekado. Fenofaza paša na lipi nima statistično značilnega trenda. Povezanost med fenološkim razvojem in temperaturo zraka smo preučevali s korelacijsko analizo. Vrednosti koeficientov korelacije so med -0,45 in -0,70. Vse tri fenofaze so najbolj korelirane s povprečnimi dvomesečnimi temperaturami marca in aprila. Izdelali smo enostavne regresijske modele za napoved časa nastopa fenofaz na osnovi temperature zraka. Kot pojasnjevalne spremenljivke modela smo vključili povprečne mesečne temperature zraka in termalni čas, potreben za nastop izbrane fenofaze. Akumuliran termalni čas smo izračunali kot vsoto aktivnih temperatur (vsota pozitivnih temperatur od 1.1. dalje) in efektivnih temperatur (temperaturna vsota nad temperaturnim pragom 10 °C od 28.2. dalje). Koeficienti variabilnosti (KV) za izračunan termalni čas znašajo od 15 % do 43 %. Z metodo regresije po korakih smo oblikovali linearne regresijske modele za napoved časa prve paše čebel in paše na robiniji. Z modeli smo lahko pojasnili od 53 % do 91 % variabilnosti v času nastopa fenofaz.

**Ključne besede:** čebele, fenofaze, trendi, termalni čas, regresijski modeli

### ABSTRACT

#### THE ANALYSIS OF PASTURE PHENOPHASES FOR BEES IN NOVO MESTO

The influence of air temperature on the chosen bee phenophases (*Apis mellifera carnica* Pollman) was studied in the period 1971-2007 in Novo mesto, Slovenia. The inter-annual phenophase variability (start, first bee pasture, pasture on black locust and pasture on linden) is high - variation interval is from 44 to 86 days. With time analysis it was established that as a result of higher air temperatures and earlier plant phenophases also the bee phenophases appear earlier in the last period. Statistically significant linear trend for the first bee pasture is -19 day/decade, for pasture on black locust it is -10 day/decade. Phenophase pasture on linden has no statistically significant trend. The correlation between phenological development and air temperature was studied with correlation analysis. The correlation coefficient values are between -0.45 and -0.70. All three phenophases are best correlated with average monthly temperatures in March and April. Simple regressions models for the prediction of the start of phenophases on the basis of air temperature were developed. As the models explanatory variables average monthly air temperatures and thermal time needed for an individual phenophase start were included. The accumulated thermal time was calculated as the sums of active temperatures (the sum of positive temperatures from January 1) and effective temperatures (the sum of temperatures above the temperature threshold 10 °C from February 28). The variability coefficients (KV) for the calculated thermal time are between 15 per cent and 43 per cent. With backward selection linear regression models for the prediction of time of the first bee pasture and pasture on black locust were formed. With the models we were able to explain 53 per cent to 91 per cent of variability at the start of phenophases.

**Key words:** bees, phenophases, trends, thermal time, regression models

<sup>1</sup> Univ.dipl.inž.agr., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenija e-mail: lucija-glorija@t-2.net

Prispevek je del magistrskega dela " Fenološki razvoj izbranih rastlinskih vrst in škodljivih metuljev (Lepidoptera) kot kazalec temperaturnih razmer in njihove spremenljivosti v Sloveniji ", ki ga je pod mentorstvom doc. dr. Zalike Črepinšek napisala Lucija Glorija Jelen.

The manuscript is a part of the M.Sc. Thesis " The phenological development of chosen plants and pest butterflies (Lepidoptera) as the indicator of temperature conditions and their changeability in Slovenia" submitted by Lucija Glorija Jelen (supervisor: Doc. Ph. D. Zalika Črepinšek).

## 1 UVOD

V Sloveniji gojimo avtohtono pasmo čebel 'Kranjsko čebelo' (*Apis mellifera carnica* Pollmann). Čebele oprasha prosto rastoče cvetnice ter gojene rastline, pomembne so pri pridelavi sadja in semen. S čebelami pridobivamo tudi med, cvetni prah, vosek, propolis, matični mleček in čebelji strup. Čebele gojimo v panjih, ki jih lahko zlagamo v čebelnjake (Božič, 2010).

Za analizo fenofaz pri čebelah smo se odločili, ker so zanje poleg uporabe pesticidov tudi podnebne spremembe stresni dejavnik, ki lahko dolgoročno vpliva na njihovo izumiranje. Zaradi zgodnejših pomladi in poznejših zim bodo čebele dalj časa dejavne, kar bo skrajšalo zimski odmor čebel. Višje poletne temperature s sušo bodo povzročile dolgotrajnejša brezpašna obdobja. Ob pomanjkanju hrane na travnikih obstaja nevarnost, da bodo čebele cvetni prah nabirale tudi na koruzi, tretirani s fitofarmaceutskimi sredstvi (npr. insekticidi iz razreda neonikotinooidov), ki so za čebele še posebno strupeni. Višje temperature in suše bodo vplivale tudi na medovite rastline, ki bodo zaradi tega manj medile in bodo vse manj zanesljiva paša za čebele, le-te bodo tako izgubile nekatere paše, ostale brez nektarja, cvetnega prahu in vode. Pričakujemo sicer lahko, da bodo zdajšnje medovite rastline nadomestile nekatere nove. Zaradi zvišanja temperature pa bo naše okolje postalo idealno tudi za naselitev nekaterih drugih škodljivcev čebel, ki se hitreje razmnožujejo in širijo v toplejšem podnebju (Auguštin, 2006).

Fenofaze pri čebelah so: prvi izleti, prva paša, prvi roj, paša na robiniji, na lipi, na smreki, na drugih rastlinah (kamor sodi cvetlična paša: regrat, divja češnja, razne vrste vrb ter drugega spomladanskega cvetja) in gozdna paša (jelka ali hoja, smreka, macesen, bor, hrast).

V naši raziskavi smo analizirali podatke za naslednje fenofaze:

### 1. prva paša (Č<sub>paša</sub>)

V prvih pašnih dneh čebele začnejo zrejati zalego (zalega: zaležena jajčeca ali iz njih izležene ličinke, bube, mlade živali (SSKJ, 2005)). Prve pašne dni nektar nima velikega pomena za čebelje družine, saj je v satju dovolj medenih zalog, vendar svež nektar spodbudi čebele k večji nabiralni aktivnosti in povečani vzreji zalege. Pomembnejši je cvetni prah, ki ga čebele nanosijo v očiščeno satje in je glavni vir beljakovin v prehrani ličink in mladih čebel. Brez cvetnega prahu ni pravega spomladanskega razvoja čebel. Beljakovine potrebujejo tudi pašne čebele, ki jih porabijo za obnovitev telesnih celic. Ob pojavu dobrih paš se količina zalege še poveča, ker le-ta oddaja poseben feromon, signalno snov, prisotnost zalege v panju spodbuja pašne čebele k večji aktivnosti, poleg tega čebelam uspe pripraviti prve sveže zaloge medu (Čebelarstvo Bukšek, 2010).

### 2. paša na robiniji (Č<sub>robin</sub>)

\* robinija ali akacija (*Robinia pseudoacacia* L.) je znano medovito drevo toplejšega podnebja. Začetek cvetenja je predvsem odvisen od zgodnje ali pozne pomladi. Prvi cvetovi se lahko odprejo že v začetku maja, cvetenje pa se lahko zavleče v junij. Paša na robiniji je dokaj zanesljiva in bogata, v idealnih vremenskih razmerah je lahko tudi rekordna (Božič, 2011a), saj je potencialni donos na ha površin 1000 kg/leto (Medovite lesnate rastline, 2011).

### 3. paša na lipi (Č<sub>lipa</sub>)

\* lipa (*Tilia platyphyllos* Scop.) raste v listnatih gozdovih po vsej Sloveniji. Pogosto jo tudi sadijo po parkih in drevoredih, kjer lahko najdemo še nekatere neavtohtone vrste lip. Lipa cveti v juniju, običajno dober teden po cvetenju akacije. Vrsta dobro medi (Božič, 2011b).

## 2 MATERIAL IN METODE

### 2.1 FENOLOŠKI PODATKI

Fenološke podatke za čebele smo pridobili iz arhiva fenoloških podatkov Agencije republike Slovenije za okolje (ARSO), v elektronski obliki za časovno obdobje 1971-2007 (podatki niso kontinuirani, saj v nizu manjkajo podatki za leta: 1974-1980, 1982, 1983, 1998, 2002-2004). Podatki so podani v obliki datumov ter kot zaporedni dan v letu-julijanski dan (J<sub>d</sub>).

### 2.2 METEOROLOŠKI PODATKI

Meteorološke podatke v elektronski obliki smo pridobili iz arhiva meteoroloških podatkov ARSO za obdobje 1971-2007. Obravnavali smo meteorološko postajo Novo mesto-NM (220 m, 45° 48' S, 15° 11' V), Slovenija. Uporabili smo vrednosti

povprečnih dnevni temperatur zraka, izračunane iz izmerjenih urnih temperatur.

### 2.3 STATISTIČNE METODE OBDELAVE PODATKOV

#### 2.3.1 Deskriptivne (opisne) statistike

Po logični kontroli podatkov, s katero smo izločili lažje vidne napake, smo izvedli še kritično kontrolo - tako smo s statističnimi metodami preverili točnost podatkov. Aritmetična sredina, izražena kot J<sub>d</sub>, nam prikaže povprečen nastop fenofaze, standardni odklon (SD) pa prikaže odstop od povprečja. Določili smo tudi maksimum-MAX (najpoznejši datum pojavljanja fenofaze) ter minimum-MIN (najzgodnejši datum pojavljanja fenofaze), iz razlike med njima pa variacijski razmik (VR).

### 2.3.2 Trendi - časovna analiza podatkov

Osnovno dolgoročno tendenco razvoja nekega pojava v času predstavimo s trendom. Fenološke trende izrazimo v številu dni na deset let. Negativni trend pomeni, da se fenofaza v zadnjem obdobju pojavlja zgodnejše, pozitiven trend pa, da se pojavlja kasneje glede na začetno obdobje. Običajno izražamo zaupanje v odstotkih, pri naši raziskavi smo uporabili 95 % interval zaupanja. Statistično značilne trende pri  $p=0,05$  pa smo označili z znakom \*.

Analiza časovnih vrst mora karakterizirati razvoj obravnavanega pojava v času, pojasniti variabilnost pojava v času na osnovi drugih dejavnikov in omogočiti napovedovanje razvoja pojava (Črepinšek, 2002).

### 2.3.3 Enostavna linearna regresija

Regresija je prilagajanje ustrezne matematične funkcije empiričnim podatkom. Regresijska funkcija je linearna, ko analiziramo vpliv ene (enostavna regresija) neodvisne spremenljivke X (časovna komponenta) na odvisno spremenljivko Y (nastop fenofaze), vrednost ene spremenljivke vpliva na vrednost druge spremenljivke, ne pa tudi obratno.

Napovedi lahko izračunamo le na definicijskem območju neodvisne spremenljivke, izven tega območja pa je zveza lahko drugačna. Namen regresijske analize je proučevanje odvisnosti ene spremenljivke od druge ter napoved vrednosti odvisne spremenljivke na osnovi znane vrednosti neodvisne spremenljivke (Košmelj, 2007). V naši raziskavi je bila odvisna spremenljivka čas nastopa fenofaz, neodvisna spremenljivka pa temperatura zraka in termalni čas.

### 2.3.4 Korelacija

Pojem povezanost oz. soodvisnost pomeni, da se vrednosti obeh spremenljivk spreminjajo hkrati. Namen ugotavljanja povezanosti je izračunati ustrezno mero, ki vrednoti jakost povezanosti dveh spremenljivk. Tesnost povezave pri linearni zvezi nam meri koeficient korelacije ( $r$ ). Pri pozitivni korelaciji vrednosti obeh spremenljivk hkrati naraščata oz. hkrati padata, če pa je korelacija negativna, ob naraščanju vrednosti ene spremenljivke vrednost druge pada. Če korelacije ni, je vrednost koeficienta 0 (Košmelj, 2007). Primer korelacije je lahko povezanost pojava fenofaz dveh različnih rastlin, ki sta močno povezani, lahko sta odvisni od tretje spremenljivke, npr. temperature (Črepinšek, 2002). S pomočjo korelacijskih matrik smo ugotavljali povezanost med časom pojavljanja fenofaz in povprečnimi mesečnimi ( $T_{dec}$ ,  $T_{jan}$ ,  $T_{feb}$ ,  $T_{mar}$ ,  $T_{apr}$ ), povprečnimi dvomesečnimi ( $T_{decjan}$ ,  $T_{janfeb}$ ,  $T_{febmar}$ ,  $T_{marapr}$ ) in povprečnimi tromesečnimi temperaturami zraka ( $T_{decfeb}$ ,  $T_{janmar}$ ). Ker je vsakoletni nastop pomladnih fenofaz v veliki meri temperaturno pogojen, čas pojavljanja fenofaz odraža toplotne razmere v okolju.

## 2.4 ANALIZA FENOLOŠKIH PODATKOV

### 2.4.1 Določitev temperature praga

Za določitev temperature spodnjega praga (TP) smo uporabili metodo najmanjšega koeficienta variabilnosti (KV), ki je najpomembnejša relativna mera variabilnosti, saj omogoča primerjavo variabilnosti različnih spremenljivk (Košmelj, 2007).

### 2.4.2 Termalni čas

Organizmi za prehod od ene do druge točke razvoja potrebujejo določeno količino toplote. Količina toplote, potrebna za celoten razvoj organizma, se ne spreminja, produkt temperature in časa je vedno enak (Zalom in sod., 1983). Razvoj torej temelji na akumulaciji toplotnih enot in ga namesto v koledarskih dneh v fenologiji izražamo s termalnim časom, oziroma vsotami aktivnih ali učinkovitih temperatur.

Vsote aktivnih temperatur ( $V_{akt}$ ) dobimo s seštevanjem pozitivnih povprečnih temperatur zraka od datuma, ko je presežena TP  $0^{\circ}\text{C}$ .

$$V_{akt} = \sum_{i=1}^n T(i); T(i) \geq 0^{\circ}\text{C} \quad \dots(1)$$

Vsote učinkovitih temperatur ( $V_{eff}$ ) računamo od prestopa višje TP, tako da od povprečne dnevne temperature odštejemo izbrano TP, oziroma biološki temperaturni minimum.

$$V_{eff} = \sum_{i=1}^n (T(i) - TP) \quad \dots(2)$$

Spodnji TP je definiran s temperaturo zraka, pod katero se rast in razvoj ustavita; zgornji TP pa je temperatura, nad katero se stopnja rasti ali razvoja začne zmanjševati ali se tudi ustavi. Skupna količina toplote, ki povzroči prehod od ene do druge razvojne točke življenjskega cikla, se pogosto računa kot vsota učinkovitih temperatur, ki so akumuliran produkt časa in temperature med razvojnima pragoma za vsak dan. Ena učinkovita stopinja je dosežena, če imamo en dan (24 ur) s temperaturo, ki je za eno stopinjo višja od temperature praga. Večja kot je razlika med temperaturo zraka in TP, večja je vsota učinkovitih temperatur oz. hitrejša je stopnja razvoja organizma. Za izračun akumuliranih toplotnih enot potrebujemo tudi začetni datum, s katerim začnemo šteti termalni čas (starting date ali biofix) (Črepinšek, 2002).

Spodnjo temperaturo praga (TP) in začetni datum (ZD) smo določili s statistično metodo najmanjšega koeficienta variabilnosti (KV) vsote akumuliranih temperatur. Preizkusili smo niz temperatur od  $0^{\circ}\text{C}$  do  $10^{\circ}\text{C}$  (korak  $1^{\circ}\text{C}$ ) ter ZD: 1.12, 1.1, 15.1, 31.1, 15.2 in 28.2.

Za izračun termalnega časa smo uporabili metodo pravokotnika, ki je najenostavnejša standardna metoda. Najpogosteje uporabljena enačba po tej metodi je (McMaster in Wilhelm, 1997; Perry in sod., 1997; Liu in sod., 1998):

$$V_{eff} = \sum_{i=1}^n \left( \left[ \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right] - TP \right) \quad \dots(3)$$

če je  $\frac{T_{max} + T_{min}}{2} < TP$ , potem velja  $V_{eff} = 0$

pri čemer je  $T_{max}$  najvišja temperatura;  $T_{min}$  pa najnižja dnevna temperatura.

## 2.5 IZDELAVA FENOKLIMATSKIH MODELOV

Procese rasti in razvoja, njihove interakcije pa tudi interakcije z okoljem lahko opišemo z modelom oz. računalniškim programom (Scharrer in Schmidt, 1998). Z metodo multiple linearne regresije smo v analizo vključili spremenljivke na osnovi predhodne korelacijske analize. Uporabili smo statistični program STATGRAPHICS Plus Version 4.0; metodo backward selection (regresija po korakih nazaj), kjer začnemo z vključitvijo vseh neodvisnih spremenljivk ter postopno odvezujemo posamezne linearne člene in analiziramo spremembo modela glede na predhodnega. V multiplo regresijsko analizo smo vključili povprečne mesečne ( $T_{jan}$ ,  $T_{feb}$ ,  $T_{mar}$ ,  $T_{apr}$ ), dvomesečne ( $T_{janfeb}$ ,  $T_{febmar}$ ,  $T_{marapr}$ ) in trimesečne temperature zraka ( $T_{janmar}$ ,  $T_{febapr}$ ) ter termalni čas ( $V_{akt}$ ,  $V_{efk}$ ). Za modele smo podali poleg pojasnjevalnih spremenljivk ter njihovih regresijskih koeficientov tudi delež pojasnjene variabilnosti in število dni, v koliko naprej lahko z modelom napovemo nastop fenofaze.

Koeficient determinacije ( $r^2$ ) izraža odstotek z modelom pojasnjene variabilnosti odvisne spremenljivke, preostali del variabilnosti odvisne spremenljivke z regresijskim modelom ni pojasnjen (Košmelj, 2007). Delež pojasnjene variabilnosti smo izrazili s prilagojenim koeficientom determinacije ( $r_p^2$ ), ki omogoča realno primerjavo modelov, ki vključujejo različno število pojasnjevalnih spremenljivk (povprečne temperature zraka, termalni čas)

$$r_p^2 = 1 - (1 - r^2) \cdot \left( \frac{n-1}{n-k} \right) \quad \dots(4)$$

pri tem je  $n$  velikost vzorca,  $k$  pa število neodvisnih spremenljivk, izraz  $n-k$  pa nam podaja število stopinj prostosti. Razlika med koeficientoma determinacije je največja, kadar imamo majhen vzorec ( $n$ ) in relativno veliko število neodvisnih spremenljivk ( $k$ ) (Črepišek, 2002).

## 3 REZULTATI

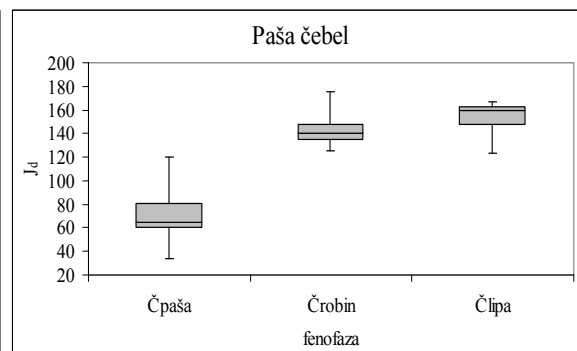
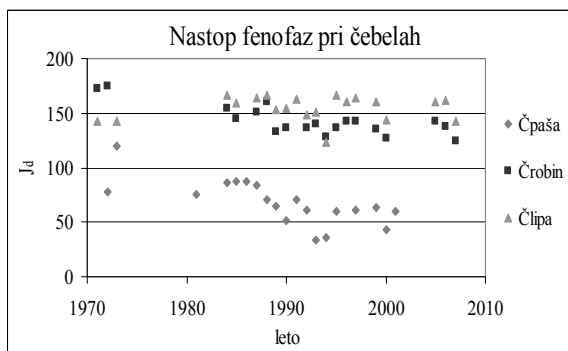
### 3.1 ANALIZA PODATKOV

#### 3.1.1 Deskriptivne statistike

V obdobju 1971-2007 v NM prva paša čebel povprečno nastopi 68.  $J_d$ , najzgodnejše nastopi 34.  $J_d$ , najkasneje 120.  $J_d$ , VR je 86 dni. Paša na robiniji se povprečno pojavi 143.  $J_d$ , najzgodnejše 125.  $J_d$ , najkasneje 175.  $J_d$ , VR je 50 dni. Paša na lipi se povprečno pojavi 155.  $J_d$ ,

najzgodnejše 123.  $J_d$ , najkasneje 167.  $J_d$ , VR pa je 44 dni.

Na sliki 1 smo prikazali povprečen nastop fenofaz ter njihov variacijski razmik (graf okvir z ročaji).



**Slika 1:** Povprečen nastop fenofaz pri čebelah, prikazan z okvirjem z ročaji v izbranih časovnih obdobjih

**Figure 1:** The average appearance of phenophases of bees, displayed with the chart Box-and-Whisker Plot in the chosen time periods

#### 3.1.2 Časovna analiza pojavljanja fenofaz pri čebelah

Trend letne temperature zraka v NM je statistično značilno pozitiven. Ravno tako je statistično značilen

pozitiven trend za mesece januar, marec, april, maj, junij, julij, avgust in oktober.

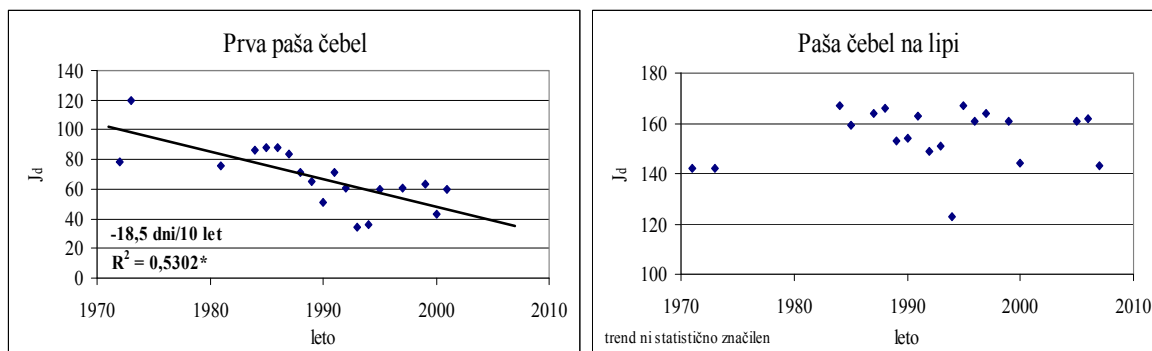
**Preglednica 1:** Dolgoletni trendi povprečnih mesečnih in letne temperature zraka v Novem mestu v obdobju 1951-2007; + pozitiven trend, - negativen trend, \* statistično značilen trend pri  $p=0,05$

**Table 1:** Long-term trends of average monthly and annual air temperature in Novo mesto for the years 1951-2007; + positive trend, - negative trend, \* statistically significant trend at  $p=0,05$

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
NM	+*	+	+*	+*	+*	+*	+*	+*	+	+*	+	+	+*

Zaradi naraščanja temperatur zraka v pomladnih in poletnih mesecih bolj zgodaj nastopijo spomladanske in poletne fenofaze pri rastlinah, posledično pa se zgodnejše pojavljajo tudi fenofaze pri čebelah.

Fenofaza prva paša čebel ima negativen statistično značilen trend (slika 2), ki znaša  $-18,5$  dni/10 let. Fenofaza paš čebel na robiniji ima negativen statistično značilen trend, velikost trenda je  $-11,4$  dni/10 let. Fenofaza paš čebel na lipi nima statistično značilnega trenda, predznak je pozitiven (slika 2).



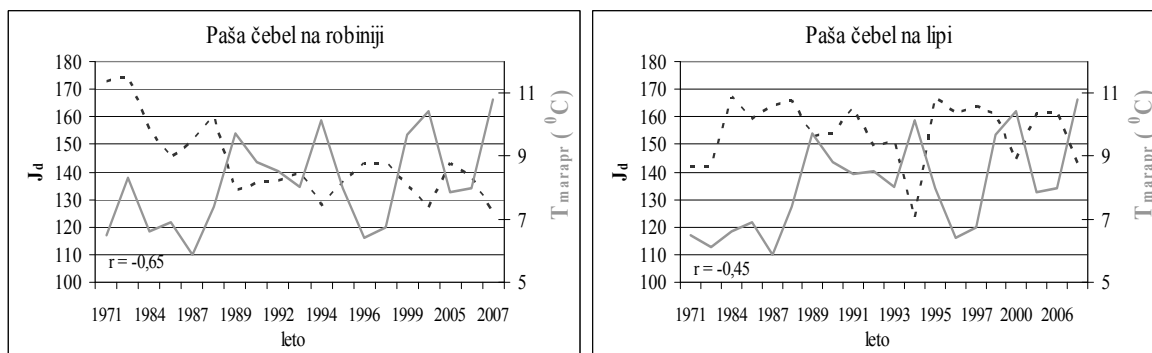
**Slika 2:** Trend prve paše čebel ter trend paše na lipi v obdobju 1971-2007 ( $p=0,05$ )

**Figure 2:** The trend of the first bee pasture and the trend of linden tree pasture in the period 1971-2007 ( $p=0,05$ )

### 3.1.3 Korelacijska analiza

Korelacije med časom pojava fenofaz ter temperaturami zraka so negativne, vrednosti korelacijskih koeficientov ( $r$ ) pa so  $-0,70$  pri prvi paši;  $-0,65$  pri paši na robiniji;  $-0,45$  pri paši na lipi. Vse tri fenofaze so najboljše

korelirane s  $T_{\text{marapr}}$ . Korelacijo med povprečnimi časom nastopa fenofaz in temperaturami zraka smo prikazali na sliki 3. Nizke povprečne temperature pomenijo kasnejši, visoke pa zgodnejši nastop fenofaz (obratna sorazmernost).



**Slika 3:** Korelacija med povprečnimi temperaturami zraka (v  $^{\circ}\text{C}$ ) in časom nastopa fenofaz (v julijanskih dneh)

**Figure 3:** The correlation between the average air temperature (in  $^{\circ}\text{C}$ ) and the time of phenophases appearance (in Julian days)

## 3.2 IZRAČUN TERMALNEGA ČASA

Vsote aktivnih temperatur (TP=0 °C) smo izračunali pri ZD 1.1., vsote efektivnih temperatur (TP=10 °C) pa smo izračunali pri ZD 28.2.

**Vsote aktivnih temperatur:** pri prvi paši čebel so potrebne  $V_{akt}$  za nastop fenofaze 166 °C, (KV=43 %), pri paši čebel na robiniji 960 °C (KV=19 %) in pri paši čebel na lipi 1143 °C (KV=15 %).  $V_{akt}$  so večje, če je nastop fenofaze kasnejši (seštevamo pozitivne

povprečne temperature). Velikost  $V_{akt}$  se večja glede na zaporedje nastopa fenofaz in glede na temperaturne razmere okolja.

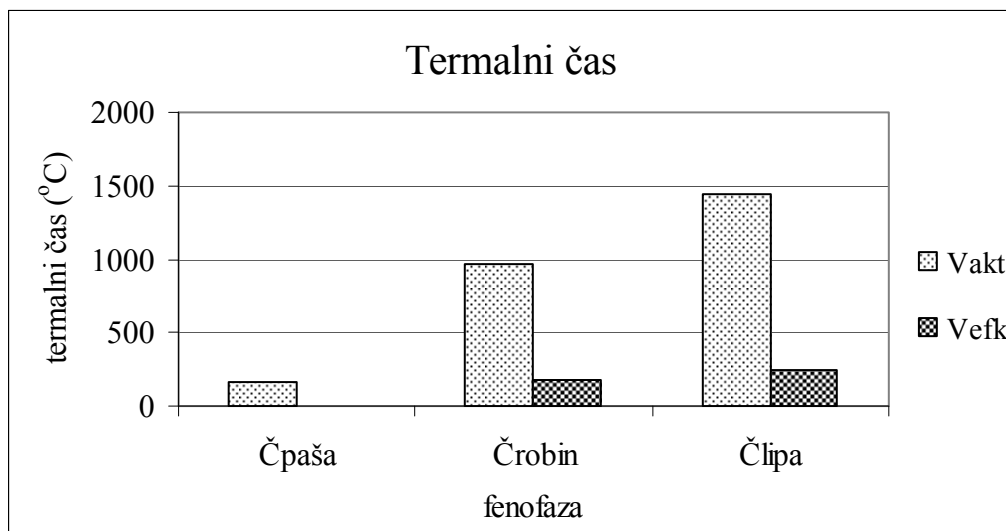
**Vsote efektivnih temperatur:** Paša čebel na robiniji povprečno nastopi 23.5. (143. J<sub>d</sub>),  $V_{efk}$  potrebna za pojav te fenofaze, znaša 171 °C (KV=36 %). Paša čebel na lipi povprečno nastopi 4.6. (155. J<sub>d</sub>),  $V_{efk}$  znaša 248 °C (KV=29 %).

**Preglednica 2:** Termalni čas, potreben za nastop izbranih fenofaz pri čebelah

**Table 2:** Thermal time needed for the start of chosen phenophases for bees

Fenofaza	Vsote akumuliranih toplotnih enot	ZD	TP (°C)	Termalni čas (v °C)	KV (v %)
Č <sub>paša</sub>	$V_{akt}$	1.1.	0	166	43
Č <sub>robin</sub>	$V_{akt}$	1.1.	0	960	19
Č <sub>lipa</sub>	$V_{akt}$	1.1.	0	1143	15
Č <sub>robin</sub>	$V_{efk}$	28.2.	10	171	36
Č <sub>lipa</sub>	$V_{efk}$	28.2.	10	248	29

Na sliki 4 smo prikazali velikost  $V_{akt}$  in  $V_{efk}$  pri obravnavanih fenofazah.



**Slika 4:** Termalni čas ( $V_{akt}$ ,  $V_{efk}$ ), potreben za nastop fenofaz pri čebelah

**Figure 4:** Thermal time ( $V_{akt}$ ,  $V_{efk}$ ) needed for the start of phenophases for bees

## 3.3 FENOKLIMATSKO MODELIRANJE

S statističnim programom STATGRAPHICS Plus Version 4.0 smo z metodo backward selection napovedali fenološki razvoj izbranim fenofazam. V

multiple regresijsko analizo smo vključili povprečne mesečne, dvomesečne in trimesečne temperature zraka ter termalni čas.

**Preglednica 3:** Fenoklimatski modeli za napoved izbranih fenofaz pri čebelah;  $r_p^2$ -prilagojen koeficient determinacije

**Table 3:** Phenoclimatic models for predicting the chosen phenophase for bees;  $r_p^2$  - modified determination coefficient

Fenofaza	Pojasnjevalne spremenljivke modela ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ )	Regresijska konstanta (a)	Regresijski koeficienti za pojasnjevalne spremenljivke modela ( $b_1, b_2, \dots, b_n$ )	$r_p^2$ (v %)	Število dni vnaprej
Črobin	$T_{\text{febmar}}, T_{\text{febapr}}, V_{\text{efk}}$	133,0	739,1; -1110,6; 0,19	91,0	12
Člipa	$T_{\text{febapr}}, V_{\text{efk}}$	144,7	-2,55; 0,10	53,2	14

Izdelali smo dva statistično značilna modela (paša čebel na robiniji in paša čebel na lipi), ki pojasnjujejo dovolj velik del variabilnosti (med 53 % in 91 %) časa fenofaz. Pojasnjevalne spremenljivke so temperature od februarja do aprila ter vsote učinkovitih temperatur. Z

modeloma lahko napovemo čas nastopa fenofaze od 12 do 14 dni vnaprej.

#### 4 RAZPRAVA IN SKLEPI

Zimske in pomladne temperaturne razmere se iz leta v leto precej razlikujejo, zato so tudi med najzgodnejšim ter najkasnejšim dnevom nastopa določene fenofaze velike razlike. Fenološka opazovanja nam dajejo možnost proučevanja odzivnosti čebel na regionalne klimatske spremembe. Raziskave v zadnjih desetletjih so pokazale, da višje temperature v spomladanskem obdobju vplivajo na zgodnejši pojav fenofaz in daljše vegetacijske dobe tako v Evropi kot tudi drugod po svetu (Ahas in sod., 2000; Beaubien in Freeland, 2000; Menzel, 2000). Trend fenofaze prva paša tako znaša -19 dni/10 let, fenofaza paša na robiniji pa -10 dni/10 let.

Primerjava korelacij je pokazala, da so korelacije tesnejše, če uporabimo povprečja temperatur dveh ali treh zaporednih mesecev pred nastopom fenofaze; takšne korelacije uporabljajo tudi v drugih fenoloških raziskavah (Ahas in sod., 2000). Korelacije so negativne,  $r$  je v razponu od -0,45 do -0,70. Fenofaze so najboljše korelirane s  $T_{\text{marapr}}$ .

Akumuliran termalni čas računamo kot vsoto aktivnih ali učinkovitih temperatur, ki jim je bil organizem izpostavljen. Za izračunan termalni čas je značilna velika variabilnost med leti, kar pomeni, da je poleg

vpliva temperature potrebno upoštevati tudi druge dejavnike fenološkega razvoja. Čeprav je vsota akumuliranih toplotnih enot za posamezno fenofazo konstantna, pa lahko obstaja velika variabilnost med leti, kar je verjetno posledica dejstva, da se ZD iz leta v leto spreminja, v raziskavi pa smo za celotno obravnavano obdobje uporabili enoten ZD. Tudi koeficienti variabilnosti se med fenofazami zelo razlikujejo, pri najzgodnejših fenofazah so zelo veliki, kar je posledica dejstva, da čebele pri zgodnje pomladanskih fenofazah potrebujejo zelo majhne vsote akumulirane toplote za nastop posameznih fenofaz.

Procese rasti in razvoja, njihove interakcije ter interakcije z okoljem lahko opišemo z modelom oz. računalniškim programom. Z metodo regresije po korakih (backward selection) smo oblikovali fenoklimatske modele, kot pojasnjevalne spremenljivke smo vključili povprečne mesečne, dvomesečne in trimesečne temperature zraka ter termalni čas. Pri čebelah lahko z modeli pojasnimo od 53,2% pa do 91,0% variabilnosti časa pojava fenofaz, fenofaze lahko napovemo od 12 do 14 dni vnaprej.

#### 5 VIRI

Ahas, R., Jaagus, J., Aasa, A. 2000. The phenological calendar of Estonia and its correlation with mean air temperature. *International Journal of Biometeorology*, 44, 4: 159-166.

Arhiv fenoloških podatkov Agencije republike Slovenije za okolje. Podatki za obdobje 1971-2007. 2010. Ljubljana, ARSO (izpis iz baze podatkov).

- Arhiv meteoroloških podatkov Agencije republike Slovenije za okolje. Podatki za obdobje 1971-2007. 2010. Ljubljana, ARSO (izpis iz baze podatkov).
- Auguštin, V. 2006. Čebele in podnebne spremembe. Čebelarstvo Auguštin. [http://www.augustin.si/Si/nasveti.php?pageNum\\_Nasvet\\_detail=1&totalRows\\_Nasvet\\_detail=37](http://www.augustin.si/Si/nasveti.php?pageNum_Nasvet_detail=1&totalRows_Nasvet_detail=37) (11.10.2010).
- Beaubien, E.G., Freeland, H.J. 2000. Spring phenology trends in Alberta, Canada: links to ocean temperature. *International Journal of Biometeorology*, 44, 2: 53-59.
- Božič, J. 2010. Čebele in čebelarjenje. <http://web.bf.uni-lj.si/jbozic/zivvrt/cebcebr.htm> (15.10.2010).
- Božič, J. 2011a. Robinija ali akacija (*Robinia pseudoacacia* L.). Čebelarstva zveza Slovenije. [http://www.czs.si/cebele\\_medoviterastline\\_akacija.php](http://www.czs.si/cebele_medoviterastline_akacija.php) (23.1.2011).
- Božič, J. 2011b. Lipa in lipovec (*Tilia platyphyllos* Scop. in *T. cordata* Mill.). Čebelarstva zveza Slovenije. [http://www.czs.si/cebele\\_medoviterastline\\_lipa.php](http://www.czs.si/cebele_medoviterastline_lipa.php) (23.1.2011).
- Čebelarstvo Bukšek. 2010. Razvoj čebelje družine skozi leto. [http://cebelarstvo-bukseks.naspletu.com/razvoj\\_druzine.html](http://cebelarstvo-bukseks.naspletu.com/razvoj_druzine.html) (21.10.2010).
- Črepinšek, Z. 2002. Napovedovanje fenološkega razvoja rastlin na osnovi agrometeoroloških spremenljivk v Sloveniji. Doktorska disertacija. Biotehniška fakulteta. Oddelek za agronomijo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: 135 str.
- Košmelj, K. 2007. Uporabna statistika [Elektronski vir]. 2. izdaja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 239 str. [http://kt.ijs.si/marko\\_debeljak/Lectures/Statistika/Uporabna\\_statistika\\_01.pdf](http://kt.ijs.si/marko_debeljak/Lectures/Statistika/Uporabna_statistika_01.pdf) (14.10.2010).
- Liu, D.L., Kingston, G., Bull, T.A. 1998. A new technique for determining the thermal parameters of phenological development in sugarcane, including suboptimum and supra-optimum temperature regimes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 90, 1-2: 119-139.
- McMaster, G.S., Wilhelm, W.W. 1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 87, 4: 291-300.
- Medovite lesnate rastline. 2011. Slovenski čebelarji. [http://www.slovenski-cebelarji.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=71&Itemid=91](http://www.slovenski-cebelarji.com/index.php?option=com_content&task=view&id=71&Itemid=91) (1.8.2011)
- Menzel, A. 2000. Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. *International Journal of Biometeorology*, 44, 2: 76-81.
- Perry, K.B., Wu, Y., Sanders, D.C. 1997. Heat units to predict tomato harvest in the southwest USA. *Agricultural and Forest Meteorology*, 84, 3-4: 249-254.
- Scharrer, H., Schmidt, U. 1998. Cost 79. Integration of data and methods in agroclimatology. Phenological observations and data for key agricultural crops in Germany. Luxembourg, European Communities, Office for Official Publications of the European Communities: 74 str.
- SSKJ-Slovar slovenskega knjižnega jezika. 2005. Ljubljana, DZS: 1714 str.
- Zalom, F.G., Goodell, P.B., Wilson, L.T., Barnett, W.W., Bentley, W.J. 1983. Degree-days: the calculation and use of heat units in pest management. University of California, Division of Agricultural Sciences: Leaflet 21373.