

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Miha ŠTULAR

**PESTROST NABRANEGA CVETNEGA PRAHU V
RAZLIČNIH POGOJIH ČEBELARJENJA S
KRANJSKO ČEBELO (*Apis mellifera carnica*
Pollmann)**

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Miha ŠTULAR

**PESTROST NABRANEGA CVETNEGA PRAHU V RAZLIČNIH
POGOJIH ČEBELARJENJA S KRANJSKO ČEBELO (*Apis mellifera*
carnica Pollmann)**

MAGISTRSKO DELO

**COLLECTED POLLEN DIVERSITY UNDER DIFFERENT
BEEKEEPING PRACTICE WITH CARNIOLIAN BEES (*Apis mellifera*
carnica Pollmann)**

M.SC. THESIS

Ljubljana, 2016

Na podlagi statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete z dne 14.12.2015 je bilo potrjeno, da kandidat izpolnjuje pogoje za magistrski Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje magisterija znanosti s področja zootehnike. Za mentorja je bil imenovan prof. dr. Janko Božič. Delo je bilo opravljeno na Oddelku za zootehniko Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Peter DOVČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Član: prof. dr. Vlasta JENČIČ
Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta

Član: doc. dr. Jasna BERTONCELJ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Miha ŠTULAR

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Md
DK	UDK 638.178.2(043.2)=163.6
KG	medonosne čebele/kranjska čebela/cvetni prah/pestrost/količina/čebelarjenje/tehnologija/orientacija satja
KK	AGRIS L01/7110
AV	ŠTULAR, Miha, univ. dipl. inž. zoot.
SA	BOŽIČ, Janko (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje zootehnike
LI	2016
IN	PESTROST NABRANEGA CVETNEGA PRAHU V RAZLIČNIH POGOJIH ČEBELARJENJA S KRANJSKO ČEBELO (<i>Apis mellifera carnica</i> Pollmann)
TD	Magistrsko delo
OP	IX, 46 str., 6 pregl., 27 sl., 11 pril., 48 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	V okviru magistrskega dela smo ugotavljali vpliv orientacije satja v panjih na pestrost in količino nabranega cvetnega prahu. V ta namen smo pripravili posebne panje, v polovici panjev je bilo satje obrnjeno na hladno stavbo, v polovici panjev pa na toplo stavbo. S smukalniki cvetnega prahu smo čebelarjem v določenih dneh pobirali cvetni prah, ga sušili, posušenega pa smo najprej ročno, kasneje pa še s pomočjo računalniškega programa FijiImageJ sortirali po barvah. Izvedli smo tri poskuse, v prvem poskusu smo poleg ugotavljanja vpliva orientacije spremljali še vpliv nepokrite čebelje zalege na količino nabranega cvetnega prahu in določili statistično značilno razliko ($p < 0,0001$), v tretjem poskusu pa smo spremljali še število čebel plesalk na posameznem satu po posameznih panjih. Ugotovili smo, da gre v panjih na toplo stavbo za bolj homogeno sporazumevanje o lokaciji čebelje paše, temu primerna pa je potem tudi manjša pestrost nabranega cvetnega prahu. Pri ugotavljanju vpliva orientacije satja na pestrost in količino nabranega cvetnega prahu smo določili statistično značilno razliko ($p=0,0001$) med količino nabranega cvetnega prahu kot odvisno spremenljivko ter orientacijo satja kot sistematskim vplivom v modelu. Večja količina nabranega cvetnega prahu je bila pri panjih na toplo stavbo. Čebele v panjih na toplo stavbo so nabirale bolj homogen cvetni prah in v večjih količinah, pri panjih na hladno stavbo pa so nabirale bolj pester cvetnih prah v manjših količinah. Ravno tako smo določili statistično značilno razliko ($p<0,0001$) med Shannon–Wienerjevim (SW) diverzitetnim indeksom, ki izraža pestrost nabranega cvetnega prahu in je odvisna spremenljivka ter orientacijo satja kot sistematskim vplivom v modelu. Pri panjih na hladno stavbo je bil SW indeks višji, kar pomeni, da so čebele v panjih na hladno stavbo nabirale bolj pester cvetni prah na račun njihovega razpršenega gibanja po satju in s pašo povezanega plesnega sporazumevanja. Nasprotno pa so pri panjih na toplo stavbo, kjer smo čebele usmerjeno vodili na satje zgolj na majhni površini satja, čebele nabirale bolj homogen cvetni prah, zato je bil tudi SW indeks ustrezno nižji.

KEY WORD DOCUMENTATION

ND Md
 DC UDK 638.178.2(043.2)=163.6
 CX honey bees/Carniolian bee/pollen/diversity/quantity/beekeeping/technology/comb orientation
 CC AGRIS L01/7110
 AU ŠTULAR, Miha
 AA BOŽIČ, Janko (supervisor)
 PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
 PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological and Biotechnical Sciences, Field: Animal Production
 PY 2016
 TI COLLECTED POLLEN DIVERSITY UNDER DIFFERENT BEEKEEPING PRACTICE WITH CARNIOLIAN BEES (*Apis mellifera carnica* Pollmann)
 DT M. Sc. Thesis
 NO IX, 46 p., 6 tab., 27 fig., 11 ann., 48 ref.
 LA sl
 AL sl/en
 AB In our thesis, we evaluated the effect of different comb orientation in bee hives on pollen diversity and the quantity of pollen collected by honey bees. We have prepared a special bee hives, half of them were cold way, half of them warm way. We collected pollen at certain days with pollen traps. Pollen was dried, sorted first manually and later with a computer program FijiImageJ by color. Three experiments have been done, in first experiment, we measured the effect of unsealed bee brood on quantity of collected pollen and calculated a statistically significant difference ($p < 0.0001$), in third experiment, we counted also bee dancers on each comb by individual bee hives. Statistically significant difference ($p = 0.0001$) was determined between quantity of collected pollen as the dependent variable and comb orientation as the independent variable. Bees in warm way collected more homogeneous pollen and larger quantities, while bees in cold way collected smaller quantities and more different pollen. Also Shannon–Wiener (SW) diversity index, which reflected the diversity of collected pollen as dependent variable and comb orientation as the independent variable, was calculated ($p < 0.0001$). SW index was higher in cold way beehives, bees collected more different pollen because of their dispersed movement on the comb and their dance communication. In warm way beehives bees collected more homogeneous pollen, so also SW index was lower.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORD DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
KAZALO PRILOG	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
1.1 CILJI.....	1
1.2 HIPOTEZE.....	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 MEDONOSNA ČEBELA	3
2.2 ČEBELJA DRUŽINA	3
2.3 TEHNOLOGIJA ČEBELARJENJA.....	4
2.4 CVETNI PRAH.....	4
2.5 TEHNOLOGIJA PRIDOBIVANJA CVETNEGA PRAHU	6
2.6 PESTROST IN KOLIČINA NABRANEGA CVETNEGA PRAHU.....	6
2.7 TERMOREGULACIJA V PANJU	9
2.8 NARAVNA ORIENTACIJA SATJA V PANJU.....	9
2.9 PLESNO SPORAZUMEVANJE ČEBEL	10
3 MATERIALI IN METODE	13
3.1 MATERIALI	13
3.1.1 Poskus 1	13
3.1.2 Poskus 2	14
3.1.3 Poskus 3	14
3.2 METODE	15
3.2.1 Izračun Bray–Curtis indeksa.....	15
3.2.2 Statistična značilnost vzorca	15
3.2.3 Analiza variance (ANOVA)	16
3.2.4 Procedura GLM (Splošni linearni model)	16
3.2.5 Statistični model za prvi poskus	16
3.2.6 Statistični model za tretji poskus.....	17
4 REZULTATI	18
4.1 POSKUS 1.....	19
4.2 POSKUS 2.....	32
4.3 POSKUS 3.....	33
5 RAZPRAVA IN SKLEPI	42

6	POVZETEK (SUMMARY).....	47
6.1	POVZETEK	47
6.2	SUMMARY	48
7	VIRI	50
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Masa stehtanih 10 zrn cvetnega prahu po panjih in dnevih.....	25
Preglednica 2: Korelacija med maso nabranega cvetnega prahu, številom barv in deležem nepokrite zalege.....	27
Preglednica 3: Bray–Curtis indeks znotraj panjev na hladno stavbo	28
Preglednica 4: Bray–Curtis indeks znotraj panjev na toplo stavbo	29
Preglednica 5: Bray–Curtis indeks med panji na hladno in toplo stavbo.....	30
Preglednica 6: Shannon–Wiener indeks znotraj posameznih panjev	31

KAZALO SLIK

Slika 1: Postavitev satov na toplo stavbo, nakladni panj AŽ mere (foto Štular M., 2009).....	10
Slika 2: Prirejen opazovalni panj na toplo stavbo za pobiranje cvetnega prahu (foto Štular M., 2009).....	12
Slika 3: Razporeditev panjev na hladno in toplo stavbo (foto Štular M., 2009).	19
Slika 4: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 20.8.2009.....	20
Slika 5: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 22.8.2009.....	21
Slika 6: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 25.8.2009.....	22
Slika 7: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 28.8.2009.....	23
Slika 8: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 1.9.2009.....	24
Slika 9: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 4.9.2009.....	25
Slika 10: Cvetni prah, razdeljen po barvah za panj št. 12, pobiranje 25.8.2009 (foto Štular M., 2009).....	26
Slika 11: Povezava med deležem nepokrite zalege in maso nabranega cvetnega prahu.....	27
Slika 12: Povezava med deležem nepokrite zalege in pestrostjo nabranega cvetnega prahu.....	28
Slika 13: SW indeks, odvisen od različne orientacije satja med različnimi panji.....	31
Slika 14: Vrednosti števila barv cvetnega prahu po posameznih datumih vzorčenja.....	32
Slika 15: Vrednosti števila barv cvetnega prahu po posameznih datumih vzorčenja.....	33
Slika 16: Razlika v masi nabranega cvetnega prahu po posameznih panjih v gramih.....	34
Slika 17: Razlika v vrednostih SW indeksa po posameznih panjih.	35
Slika 18: Število čebel plesalk na posameznem satu po posameznih panjih.....	36
Slika 19: Priprava vzorca za fotografiranje in nadaljnjo obdelavo s programom Fiji ImageJ (foto Štular M., 2015).....	37
Slika 20: Korelacija med orientacijo in količino nabranega cvetnega prahu.....	37
Slika 21: Korelacija med orientacijo in pestrostjo nabranega cvetnega prahu, izraženo s SW indeksom.....	38
Slika 22: Korelacija med orientacijo in pestrostjo nabranega cvetnega prahu.....	39
Slika 23: Korelacija med pestrostjo in količino nabranega cvetnega prahu.....	39
Slika 24: Korelacija med številom barv in SW indeksom nabranega cvetnega prahu.....	40
Slika 25: Odvisnost SW indeksa od števila različnih barv v vzorcu.....	41

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Pestrost nabranega cvetnega prahu (število različnih barv cvetnega prahu)
po posameznih panjih
- Priloga B: Pestrost nabranega cvetnega prahu (število različnih barv cvetnega prahu)
po posameznih panjih (ročno sortiranje)
- Priloga C: Masa nabranega cvetnega prahu po posameznih panjih v gramih
- Priloga D: Shannon -Wienerjev diverzitetni indeks
- Priloga E: Število čebel plesalk na posameznem satu po posameznih panjih
- Priloga F: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne
20.8.2009
- Priloga G: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne
22.8.2009
- Priloga H: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne
25.8.2009
- Priloga I: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne
28.8.2009
- Priloga J: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 1.9.2009
- Priloga K: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne
4.9.2009

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

SW	SHANNON–WIENERJEV DIVERZITETNI INDEKS
BC	BRAY-CURTIS INDEKS
T1	PRVI PANJ NA TOPLO STAVBO
T2	DRUGI PANJ NA TOPLO STAVBO
H1	PRVI PANJ NA HLADNO STAVBO
H2	DRUGI PANJ NA HLADNO STAVBO

1 UVOD

Čebele delavke imajo specifične potrebe po hranilnih snoveh. Ustrezno razviti prehranjevalni mehanizmi zagotavljajo ličinkam in odraslim čebelam ustrezno preskrbljenost s hranilnimi snovmi. Cvetni prah je v prehrani čebel vir beljakovin, maščob, vitaminov in mineralov. Lampeitl (1995) navaja, da je cvetni prah izredno pomemben v prehrani čebelje družine, ličinke trotoev in čebel delavk so za normalen razvoj preskrbljene z mešanico medu in cvetnega prahu. Je bogat vir beljakovin, hkrati pa vsebuje veliko vitaminov B, A, C in D. Le z zauživanjem cvetnega prahu čebele delavke doživijo normalno starost. Pri tem zauživanje cvetnega prahu pri čebelah delavkah podaljšuje njihovo življenje, medtem, ko ga skrb za čebeljo zalego, ko čebele trošijo lastne beljakovine in vitamine skrajšuje. Za vzgojo in preživetje vsake čebele je potrebno med 120 mg in 145 mg cvetnega prahu.

Za nemoten razvoj in obstoj čebelje družine je zato zadostna preskrba s cvetnim prahom ključen dejavnik, ki preprečuje razvojne motnje predstavnikov čebelje družine. V čebelji družini so vedenjski vzorci, ki usmerjajo čebele na nabiranje cvetnega prahu, njihova učinkovitost pa je povečana glede na plesno sporazumevanje, s katerim čebele sporočajo prisotnost in oddaljenost pašnih virov. V čebelji družini je v praksi opazna velika variabilnost pri vrstni sestavi cvetnega prahu, kar lahko pomembno prispeva k kakovosti nabranih zalog cvetnega prahu. Seely (1993) je ugotovil, da čebele zaznajo zadovoljiv vir hrane z zaznavanjem energijske izdatnosti njihovega pašnega vira. Obstaja namreč linearna povezava med energijsko izdatnostjo ter frekvenco gibanja med čebeljim plesom. Večja, kot je frekvenca, bolj izdaten je pašni vir. Tudi Andrada in Telleria (2005) navajata, da čebele intenzivneje nabirajo cvetni prah z visoko vsebnostjo beljakovin.

Ključno vlogo pri nabiranju hrane v čebelji družini ima prenos informacij med čebelami delavkami oziroma plesno sporazumevanje čebel delavk. To je ugotovil že von Frisch (1967), ki navaja, da vloga pašnih čebel ni le v tem, da zbirajo hrano za svojo družino, pač pa v procesu naravne selekcije delujejo tudi kot senzorični organ, ki zbira informacije, povezane z lokacijo in izdatnostjo mesta čebelje paše. Preko čebeljega plesa informacije o pašnih virih prenašajo na ostale čebele v panju.

V nalogi bomo preučili variabilnost nabranega cvetnega prahu in odvisnost od pogojev čebelarjenja.

1.1 CILJI

Cilji magistrske naloge so:

- ugotoviti povezavo med orientacijo satja, plesnim sporazumevanjem ter s tem povezanimi razlikami v pestrosti in količini nabranega cvetnega prahu
- testirati vpliv hladne in tople stavbe na pestrost in količino nabranega cvetnega prahu

1.2 HIPOTEZE

Predvidevali smo, da:

- nabiranje cvetnega prahu ni odvisno od deleža nepokrite zalege v panju,
- pestrost in količina nabranega cvetnega prahu se ne razlikuje glede na orientacijo satja,
- količina nabranega cvetnega prahu se po obdobju slabega vremena ne poveča,
- med čebeljimi družinami ni razlik v naboru medonosnih rastlin pri nabiranju cvetnega prahu,
- razlike v pestrosti nabranega cvetnega prahu niso odvisne od količine nabranega cvetnega prahu,
- plesno sporazumevanje čebel v odvisnosti od orientacije satja ne vpliva na pestrost nabranega cvetnega prahu.

2 PREGLED OBJAV

2.1 MEDONOSNA ČEBELA

Medonosno čebelo so raziskovalci na osnovi morfoloških lastnosti razdelili v 24 ras in v 4 skupine: A (Afriška skupina), C (Centralnosredozemska in Jugovzhodna Evropska skupina), M (Zahodnosredozemska in Severna Evropska skupina) ter O (Bližnjevzhodna skupina) (Rua in sod., 2009).

Za medonosne čebele je značilno, da živijo v družinah, posamezne pa preživetja niso sposobne, saj delujejo le kot super organizem. To zahteva za predstavnike čebelje družine tipično delitev vlog v družini, zato je tekom evolucije prišlo tudi do morfoloških razlik med samicami v čebelji družini. Čebele delavke in matica so morfološko različne, funkcionalne družine pa brez vzajemnega bivanja niso sposobne tvoriti. V čebelji družini je 1 matica, do 1.000 trotov, od 15.000 do 70.000 delavk, odvisno od letnega časa in razpoložljive prostornine panja ter zalega različne starosti. Medonosne čebele so pomembne za čebelarstvo, kot gospodarsko panogo, saj te poleg tega, da oprahujejo žužkocvetke, kar je tudi njihovo temeljno poslanstvo, za razliko od ostalih čebel proizvajajo in skladiščijo velike količine medu in cvetnega prahu (Hutchins in sod., 2003; Winston, 1991).

2.2 ČEBELJA DRUŽINA

V čebelji družini je matica, nekaj deset tisoč čebel delavk, nekaj sto do tisoč trotov, ki so v družini prisotni le v poletnih mesecih, ter zalega različne starosti. Matica je daljša od čebel, krila so v primerjavi s telesom precej kratka, vendar še vedno daljša in širša od čebeljih. Oprsje je močnejše razvito, kot pri čebelah delavkah, zadek pa je zašiljen. Trot ima širši zadek kot matica ali čebela delavka, njegova krila pa segajo čez zadek. Razvoj je najhitrejši pri matici, saj se izleže 16. dan, najpočasnejši pa pri trotu, ki se izleže 24. dan. Čebela delavka se izleže 21. dan. Čebela delavka in matica se razvijeta iz oplojenega jajčeca, trot pa iz neoplojenega. Ličinka matice je obilno krmljena z matičnim mlečkom, ličinka čebele delavke pa z zmesjo medu in cvetnega prahu (Rihar, 2003).

Socialna tvorba, ki ji rečemo čebelja družina, se znotraj vseh članov čebelje družine razdeli na dela, ki jih posamezni člani opravljajo v čebelji družini; čebele delavke glede na starost in razvoj njihovih žlez opravljajo različna dela od pridobivanja medu, obrambe čebeljega gnezda, in ostalih dejavnosti, pri tem so izredno fleksibilne, saj se hitro prilagodijo trenutnim potrebam čebelje družine v posameznih letnih časih. Naravno razmerje med panjskimi čebelami, ki skrbijo za zalego, spremljajo matico, gradijo satje, čistijo notranjost panja, zračijo in stražijo panj, ter pašnimi čebelami, ki nabirajo nektar, mano, cvetni prah, propolis, v panj prinašajo vodo ter oprahujejo rastline, je dve tretjine panjskih čebel in ena tretjina pašnih čebel. S takim razmerjem se ustvarja harmonija, ki vodi celotno čebeljo družino. V primeru pa, da začne primanjkovati pašnih čebel, jih nadomestijo panjske čebele, hkrati pa tudi pašne čebele poskrbijo za zalego, v primeru, da iz kakršnegakoli razloga v panju ni panjskih čebel (Lampeitl, 1995).

2.3 TEHNOLOGIJA ČEBELARJENJA

Tehnologija in s tem povezane tehnike čebelarjenja ter pridobivanja čebeljih pridelkov v luči izdelovanja čebeljega panja delimo v tri obdobja; obdobje panjev z nepremičnim satjem, ki je trajalo tisoče let od prvih naselitev drevesnih dupel do izdelave panjev iz gline, slame in kasneje lesa vse do kranjiča, ki velja za prvi opisan nakladni panj z nepremičnim satjem. Sledi obdobje panjev s premičnim satjem ter upoštevanjem natančne mere naravnega čebeljega razmika, prvi, ki je za gospodarsko čebelarjenje uporabil premični sat, je bil ukrajinski velečebelar in izumitelj Prokopovič (1775 – 1850), nadaljuje se s konstrukcijo LR- ter DB-panja ter na tej osnovi še ostalih uveljavljenih panjev. Izziv za tretje tisočletje pa je konstrukcija panjev in uporaba materialov zanje, ki bodo omogočali neoporečno pridelovanje čebeljih pridelkov (Zdešar in sod., 2011).

Prvi nakladni panj s standardnimi merami satnikov, ki so upoštevale naravni razmik, imenovan čebelji razmik med satjem v panju je izdelal Langstroth (1810-1895), satnik je leta 1852 patentiral kot premični sat, visok 231,8 mm in dolg 447,6 mm. Njegov tip panja je izpopolnil Root (1839-1923), zato se današnji nakladni panj imenuje Langstroth-Rootov panj ali skrajšano LR panj (Zdešar in sod., 2011).

Nadaljnji razvoj panja v svetu je šel v povečanje volumna plodišča in medišča, kar je storil Dadant (1817-1902), njegovo delo pa izpopolnil švicarski čebelar Blatt. Satniki v plodišču so visoki 300 mm, dolgi 435 ali 440 mm, v medišču pa visoki 145 mm. Bistvo enega in drugega sistema nakladnega panja je prilagajanje volumna panja glede na celoletne življenjske potrebe čebelje družine (Zdešar in sod., 2011).

V Sloveniji še vedno najbolj razširjen panj je AŽ panj, ki ga je po vzoru Albertijevega listovnega panja izdelal Žnideršič (1874-1947). Sestavljen je iz spodnjega plodišča, prostora, v katerem matica zalega jajčeca, mlade čebele pa negujejo zalego, ter zgornjega prostora, imenovanega medišče, kamor čebele shranjujejo med. Plodišče je od medišča ločeno z matično rešetko, ki preprečuje matici prehod v medišče (Zdešar in sod., 2011).

2.4 CVETNI PRAH

Cvetni prah je droben grob prah, ki je sestavljen iz mikro gametofitov ali pelodnih zrn, ki tvorijo moške spolne celice cvetočih rastlin (Gary, 1975, cit. po Raja in sod., 2010).

Cvetni prah je produkt cvetočih rastlin, ki ga vse medonosne čebele nabirajo, da bi z njim hranile ličinke. Zbrano mešanico cvetnega prahu različnih vrst rastlin čebele delavke kopičijo v košku (*corbicula*), ki ga tvorijo dolge goste dlačice na zadnjem paru nog (Lampeitl, 1995).

Čebele mešajo zrnca cvetnega prahu z lepljivo snovjo, ki se izloča iz njihovega želodčka, z namenom oprijema kepic cvetnega prahu na njihove noge in varnega transporta le teh do čebeljega panja. Cvetni prah je s prehranskega vidika eno najbogatejših in najčistejših do sedaj odkritih živil, njegova vrednost s prehranskega in zdravstvenega vidika pa je poznana že stoletja (Raja in sod., 2010).

Vsebnost maščob v cvetnem prahu je različna pri cvetnem prahu različnega botaničnega izvora. Bogat z maščobami je cvetni prah regrata, ki vsebuje kar 14,4 g maščob/100 g. Maščobe cvetnega prahu so sestavljene v do 43 % iz treh nenasičenih maščobnih kislin; linolne, linolenske in arahidonske, ki so pomemben gradnik celičnih membran in encimov in zato neobhodno potrebne za človeški organizem. Cvetni prah vsebuje tudi pomembne aminokisline, potrebne za človeški razvoj. Njihovo dnevno potrebo lahko nadomestimo z zaužitjem 30 g cvetnega prahu (Moosbeckhofer in Ulz, 2002).

Cvetni prah je vir hranil, pomembnih za človeško prehrano. Sestava cvetnega prahu je različna glede na botanični izvor in pokrajino, v kateri ga čebele nabirajo. Lilek in sod. (2015) so izvedli karakterizacijo slovenskega cvetnega prahu. V ta namen so zbrali 32 vzorcev cvetnega prahu, jim določili vsebnost vode, beljakovin, maščob in pepela ter izračunali vsebnost ogljikovih hidratov in energijsko vrednost. V vzorcih so določili 65 različnih vrst rastlin. Svež slovenski cvetni prah vsebuje v povprečju 227,3 g vode, 174,6 g beljakovin, 73,6 g maščob, 20,6 g pepela in 503,8 g ogljikovih hidratov s povprečno energijsko vrednostjo 1430 kJ/100 g. Ugotavljali so tudi vsebnost amino kisline triptofana, v osmih vzorcih svežega cvetnega prahu le ene rastline so določili med 0,028 g/kg in 0,197 g/kg triptofana, kar kaže na visoko hranilno vrednost slovenskega cvetnega prahu.

Hranila, ki jih čebele delavke dobijo pri zauživanju cvetnega prahu, so beljakovine, maščobe, vitamini in minerali, ki jih čebele potrebujejo za vzgojo čebelje zalege, primarni potrošniki cvetnega prahu so čebele krmilke, ki skrbijo za zalego. Največja potreba po cvetnem prahu je v prvem tednu po izleganju mladih čebel, prav tako mora biti cvetni prah prisoten zaradi normalnega razvoja voskovnih žlez. Večja, kot je dostopnost cvetnega prahu za čebele, daljša je življenjska doba čebel delavk. Količina nabranega cvetnega prahu je odvisna od količine nepokrite čebelje zalege. Prav tako čebele, ki so obilno krmljene s cvetnim prahom, zgradijo več satja, kot tiste, ki živijo v pomanjkanju cvetnega prahu. Nabiranje cvetnega prahu je tako regulirano s tremi mehanizmi; količino nepokrite zalege, količino skladiščenega cvetnega prahu in praznim prostorom. Količina nepokrite čebelje zalege je pozitiven dražljaj za nabiranje cvetnega prahu, medtem, ko je količina skladiščenega cvetnega prahu v panju zaviralni dejavnik za nabiranje cvetnega prahu. Feromon čebelje zalege spodbuja nabiranje cvetnega prahu, ne pa tudi nektarja (Hepburn in sod., 2014).

Cvetni prah vsebuje vse snovi, ki so potrebne za človeško življenje. Bogat je na snoveh, ki jih človeški organizem ne more proizvajati sam in jih mora zato posameznik pridobiti s hrano. Sestava cvetnega prahu je odvisna od rastlin, na katerih ga čebele delavke nabirajo. V povprečju 100 gramov posušenega cvetnega prahu vsebuje 4 – 19,4 g vode, 13,8 – 35,8 g beljakovin, 2 – 18 g maščob, 3 – 42 g ogljikovih hidratov, 8 – 15 g prehranske vlaknine in 2 – 4 g mineralnih snovi. Poleg tega so prisotni še vitamini, mikroelementi, arome in antimikrobne snovi. Na razvoj številnih skupin bakterij (*Salmonella*, *Proteus*, *Coli*) ima cvetni prah zaviralni učinek. Cvetni prah, ki ga naberejo čebele, je kot antibiotik šest do sedemkrat učinkovitejši od ročno nabranega cvetnega prahu (Moosbeckhofer in Ulz, 2002).

2.5 TEHNOLOGIJA PRIDOBIVANJA CVETNEGA PRAHU

Smukalnike cvetnega prahu je prvi uporabljal Farrar (1934), da bi z njimi preprečil čebelarjem vnos cvetnega prahu v panje. Kasneje sta Todd in Bishop (1940) dodelala smukalnike tako, da sta namesto perforirane pločevine uporabila trdo tkanino. Za potrebe študij prepoznavanja cvetnega prahu je Nye (1959) izdelal smukalnik, ki je bil nameščen na podnico panja, cvetni prah pa se je pobiral od strani. Smukanje cvetnega prahu s sprednje strani panja – žrela, sta uvedla Stewart in Shimanuki (1971), da bi čebele v razmeroma kratkem času nabrale majhne količine cvetnega prahu.

Smukalniki cvetnega prahu se uporabljajo izključno za smukanje cvetnega prahu v poletnih mesecih, ko čebele nabirajo več cvetnega prahu, kot ga potrebujejo za svoj razvoj. Uskladiščen cvetni prah čebelarjem za razvoj zalege ponudimo, ko ga v naravi primanjkuje, navadno je to spomladi (Synge, 1947).

Sodobni smukalniki cvetnega prahu se razlikujejo v obliki in mestu, kjer se le ti namestijo v panju ali pred panjem, vendar osnovni princip njihovega delovanja ostaja enak: mreža, ki osmuka cvetni prah z nog čebel ter zbiralnik, kjer se cvetni prah skladišči, preden ga pobremo. Vлага v cvetnem prahu predstavlja resen problem predvsem na vlažnih stojiščih čebeljih panjev, zato morajo biti smukalniki natančno izdelani ter nameščeni tako, da je osmukan cvetni prah na suhem. Cvetni prah se lahko pobira le od zdravih čebeljih družin, smukanje pa se lahko izvaja le v času intenzivnega donosa cvetnega prahu v določenem delu dneva. V času intenzivnega donosa nektarja v panj zaprti smukalniki zmanjšujejo čebeljo aktivnost in znatno znižajo pridelek po panju (Raja in sod., 2010).

2.6 PESTROST IN KOLIČINA NABRANEGA CVETNEGA PRAHU

Povprečna čebelja družina na leto nabere 10 – 40 kg svežega cvetnega prahu, ki je potreben za normalen razvoj čebelje družine. V času obilnega cvetenja je pri čebelarjih možno smukati cvetni prah. Čebele se na nameščen smukalnik odzovejo s povečanim nabiranjem in vnosom cvetnega prahu v panj. Največ cvetnega prahu naberejo srednje močne čebelje družine z veliko nepokrite zalege in mlado matico. Če nastopi dobra nektarna paša, čebele zmanjšajo vnos cvetnega prahu. S polno medno golšo čebele težko prehajajo skozi smukalnike, zato del nektarja izbljuvajo v posodo z nabranim cvetnim prahom, s tem se poveča pokvarljivost cvetnega prahu. Pri mreži na smukalniku z režami velikosti 5 mm čebele še lahko prehajajo skozi, pri tem pa odvisno od velikosti kepic cvetnega prahu izgubijo od 20 – 30 % cvetnega prahu. Le tega je treba dnevno pobirati ter ustrezno sušiti, saj svež cvetni prah predstavlja lahko in hitro pokvarljivo živilo (Moosbeckhofer in Ulz, 2002).

Znano je, da čebele nabirajo cvetni prah zelo različne kakovosti. Pester nabor vrst zagotavlja zadovoljitev vseh prehranskih zahtev čebel, lahko pa se zgodi, da na določeni paši čebele z nabranim cvetnim prahom težje zadostijo svojim prehranskim zahtevam. Znano je, da žuželke ne morejo same sestaviti sterolnega obroča v svoji presnovi. Zato ga čebele dobijo z nabiranjem cvetnega prahu. Eden od možnih dražljajev za privlačnost cvetnega prahu so zato maščobe v cvetnem prahu. Svež cvetni prah vsebuje 20 – 30 % beljakovin in le nekaj odstotkov maščob. Peti dan razvoja ličink v njihovem obroku

prevladuje cvetni prah. Iz raziskave je razvidno, da se razvijejo manjše čebele in se pojavljajo nepravilnosti v razvoju ličinke, kadar ta dobi manj kot 65 % potrebne količine hrane (Božič, 2008b).

Vplive kakovosti cvetnega prahu na pašno aktivnost čebel nabiralk sta ugotavljala Stephen in Robert (2001). Ugotovila sta, da je odziv čebelje družine na pomanjkanje cvetnega prahu ali njegovo slabšo kakovost znatno povečano nabiranje in vnos cvetnega prahu v panj, ne pa toliko v sami usmeritvi čebel za nabiranje cvetnega prahu z večjo vsebnostjo beljakovin. Zgolj posamezne čebele nabiralke so se usmerjale na cvetni prah z večjo vsebnostjo beljakovin, kar kaže na izredno organiziranost za preskrbo z beljakovinami v panju, glede na povečane potrebe čebelje družine.

Odločitev za nabiranje cvetnega prahu je pri čebelah povezana s količino zalege, količino skladiščenega cvetnega prahu, kot tudi z genotipom čebel nabiralk in razpoložljivostjo cvetnega prahu v naravi. S pomočjo feromonov, ki jih oddaja čebelja zalega, se stimulira nabiranje cvetnega prahu. Z dodajanjem feromonov čebelje zalege se v čebelji družini poveča število nabiralk cvetnega prahu (Pankiw in sod., 1998).

Odločitev čebelje družine za nabiranje cvetnega prahu je pogojena z dvema dražljajema; prisotnostjo mladih čebeljih ličink in s tem količine feromona čebelje zalege, ter količino skladiščenega cvetnega prahu. Obstajajo pa tudi genetske variacije za nabiranje cvetnega prahu med posameznimi družinami, ki so v tesni interakciji z nepokrito čebeljo zalego. Čebelje družine, ki nabirajo veliko cvetnega prahu, so bolj občutljive na prisotnost nepokrite čebelje zalege in s tem feromona čebelje zalege, ki je ključni dražljaj za nabiranje cvetnega prahu (Tsuruda, 2009).

Skladiščenje cvetnega prahu je v čebelji družini odvisno od potreb čebelje družine. Količina skladiščenega cvetnega prahu, mlada nepokrita zalega ter dovolj praznih celic za skladiščenje cvetnega prahu zagotavljajo pomembne dražljaje za nabiranje cvetnega prahu, medtem, ko ostali mehanizmi za nabiranje cvetnega prahu niso poznani (Dreller in sod., 1998).

Andrada in Telleria (2005) navajata, da čebele intenzivneje nabirajo cvetni prah z visoko vsebnostjo beljakovin.

Medonosne čebele prilagajajo aktivnost nabiranja cvetnega prahu potrebam znotraj svoje družine. Nabiralke cvetnega prahu v panju odlagajo cvetni prah na okvire satov, v katerih je največ nepokrite zalege, neodvisno od tega, kje v panju se tak sat nahaja. Ob takem satu se nabiralke cvetnega prahu zadržujejo največ časa, pregledajo več satnih celic ter individualno ocenjujejo potrebe čebelje družine po cvetnem prahu (Dreller in Tarpy, 2002).

Free (2003) navaja, da čebele naberejo več cvetnega prahu in so boljši oprasovalci, če jih pot skozi žrelo panja vodi direktno v plodišče, kot pa če bi v panj do plodišča vstopale skozi medišče. S tem potrjuje dejstvo, da feromon čebelje zalege veča nabiranje cvetnega prahu.

Nabiranje cvetnega prahu v čebelji družini je urejeno. Ko čebele dobijo sporočilo, da v panju primanjkuje cvetnega prahu, se namesto nabiranja medicine preusmerijo v nabiranje cvetnega prahu (Camazine, 1993).

Dejavniki, ki odločilno vplivajo na nabiranje cvetnega prahu v čebelji družini so naslednji; prisotnost nepokrite čebelje zalege pospešuje in povečuje nabiranje cvetnega prahu, nabiralke nektarja se preusmerjajo v nabiranje cvetnega prahu, za nabiranje cvetnega prahu sta pomembna tako vonj, kot taktilni dražljaj čebele nabiralke z mlado nepokrito zalego. Pri tem je najpomembnejši stik čebele z mlado nepokrito zalego. V primeru, da čebele do nepokrite zalege ne morejo dostopati, se nabiranje cvetnega prahu kljub feromonu, ki ga oddaja nepokrita zalega zmanjša, čebele pa se preusmerijo v nabiranje nektarja. Čeprav prisotnost zalege v vseh stadijih povečuje nabiranje cvetnega prahu, je le to večje, če je razmerje med nepokrito in pokrito zalego v korist nepokrite zalege. Pomemben dejavnik je tudi prisotnost matice v panju. V kolikor matice v panju ni, ne glede na količino odkrite ali pokrite zalege, se poveča nabiranje nektarja ter zmanjša nabiranje cvetnega prahu. Z dodajanjem cvetnega prahu čebelji družini se poveča nabiranje nektarja, hkrati pa se zmanjša nabiranje cvetnega prahu (Free, 2006).

Čebelje družine so močno odvisne od razpoložljivih virov cvetnega prahu v naravi, s katerim dobijo hranila, ki so nujno potrebna za njihovo preživetje in nadaljnji razvoj. Problem podeželskega okolja, kjer čebele iščejo cvetni prah, je intenziviranje kmetijske pridelave ter spreminjanje podeželja, kar vodi v manj razpoložljivih virov cvetnega prahu za hrano čebelam. Di Pasquale in sod. (2013) so ugotavljali vpliv krmljenja ene vrste cvetnega prahu in več vrst cvetnega prahu skupaj na fiziologijo mladih čebel in na odpornost zajedavca *Nosema ceranae*. Rezultati so pokazali, da so čebele, ki so bile okužene s zajedavcem *Nosema ceranae* in so bile krmljene s cvetnim prahom različnih vrst rastlin živele dlje kot čebele, ki so bile krmljene s cvetnim prahom ene same vrste rastlin.

Čebelji ples je specifična oblika vedenja oziroma sporazumevanja med čebelami delavkami. S plesom čebela, ki je v naravi našla pašni vir (nektar, cvetni prah) sporoča ostalim čebelam delavkam lokacijo in vrsto čebelje paše. Na plesno aktivnost in s tem posledično večje donose nektarja in cvetnega prahu vpliva hormon oktopamin. Oralna aplikacija oktopamina čebelam delavkam je povečala delež čebel, ki so odletele nabirati cvetni prah ter tako posnemale nabiralke cvetnega prahu, ki so s plesom na satju opozarjale na prisotnost določene paše (Robinson in sod., 2007).

Božič (2008a) navaja, da na plesno sporazumevanje čebel ne vplivata le oddaljenost in smer paše, pač pa imata močan vpliv tudi kakovost paše in fiziološko stanje čebel. Oba vpliva motivirata čebele za določeno pašo ter hkrati njihovo vzburjenost, ki mora biti dovolj velika, da se ob primernih dražljajih ostalih čebel delavk v panju sproži plesni vzorec v ravnokar prispeli pašni čebeli.

Prisotnost določenih vzorcev ter njihova zastopanost na določenem območju je v naravi različna. To lahko opredelimo s Shannon–Wienerjevim diverzitetnim indeksom. Za merjenje različnosti vzorcev se v ekologiji uporabljajo indeksi, ki nam povejo kako podobni ali različni so si vzorci med seboj. Na primer, Bray-Curtisov indeks upošteva tako prisotnost posameznih vrst kot tudi njihovo pogostost (Krebs, 1999).

2.7 TERMOREGULACIJA V PANJU

Povprečna temperatura (T) v sredini čebeljega gnezda v času intenzivne nege čebelje zalege znaša 35,8 °C z odkloni med 33,8 in 37 °C. Naraščajoča T zunaj panja linearno vpliva na T v notranjosti panja. Povprečna T v zimski gručici čebel je 21,3 °C z odkloni med 12 °C na obrobju in 33,5 °C v sredini gnezda. Z merjenjem proizvodnje toplote pri treh predstavnikih čebelje družine; čebelah delavkah, trotih in maticah v različni starosti je bilo ugotovljeno, da največ toplote proizvedejo čebele delavke (209 mW/g), medtem, ko mlade panjske čebele proizvedejo le 142 mW/g. Produkcija toplote pri čebelah delavkah je zelo odvisna od številčnosti čebel v gnezdu. Več jih je, manjša je proizvodnja toplote. Razlike se pokažejo tudi pri maticah. Matice, ki zalegajo, proizvajajo manj toplote (102 mW/g) kot neoplojene matice (117 mW/g). Prav tako obstaja razlika pri trotih. Mladi, spolno še nedozoreli troti proizvajajo 68 mW/g toplote, medtem, ko spolno zreli troti zaradi svoje povečane aktivnosti proizvajajo znatno več toplote, 184 mW/g (Fahrenholz in sod., 1989).

Poleg čebel delavk tudi troti prispevajo k uravnavanju temperature v čebelji družini. V poskusu so Kovac in sod. (2008) ugotavljali, kakšen vpliv imajo troti na uravnavanje temperature v petih različnih temperaturnih nivojih v panju od 15 °C do 34 °C. Rezultati so pokazali na povečano pogostost proizvodnje toplote v odvisnosti od nižjih T v poskusu. Troti so bili za proizvodnjo toplote spodbujeni z nižjo T okolice oziroma nižjo T satja.

Glavni vpliv na uravnavanje temperature v čebelji družini ima prisotnost čebelje zalege, ki sama ni sposobna vzdrževati svoje telesne T in je precej občutljiva na spremembe T (Himmer, 1933, cit. po Heinrich, 1985).

2.8 NARAVNA ORIENTACIJA SATJA V PANJU

V panjih s premičnim satjem je postavitve satja odvisna od čebelarja, medtem, ko na naravno gradnjo satja brez satnih osnov vplivajo drugi dejavniki. Že leta 1954 je Adam objavil, da je orientacija satja v tradicionalnih panjih brez satnih osnov odvisna od jakosti čebelje družine.

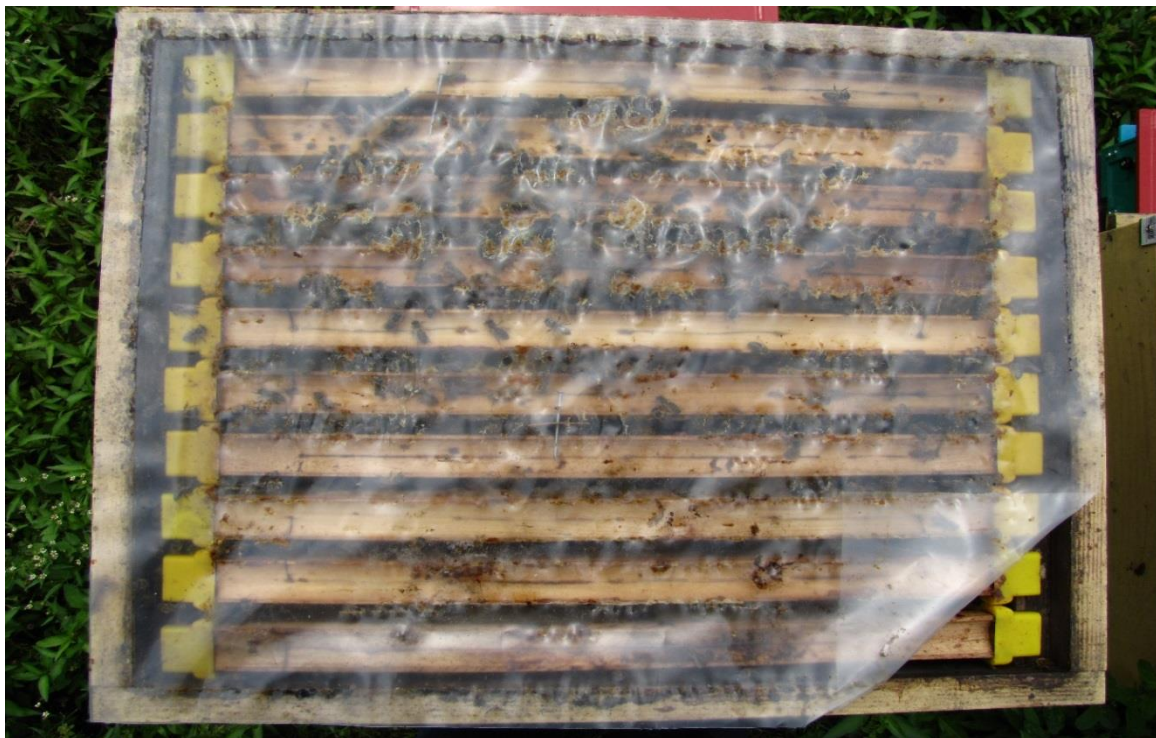
Martin in Lindauer (1973) sta v svojih študijah navajala, da čebele gradijo satje v enaki velikosti ter orientaciji, kakor starševske čebelje družine. Predpostavljala sta genetski vpliv za orientacijo gradnje satja.

Njuno hipotezo je leta 1982 potrdil De Jong, ki je v svoji študiji navajal pozitivno korelacijo pri orientaciji gradnje satja med starši in njihovimi nasledniki, vključil pa je še vpliv zemeljskega magnetnega polja na samo orientacijo satja.

Nasprotno pa sta Owens in Taber (1973) sklepala, da je orientacija satja odvisna predvsem od položaja vhoda v čebelji panj.

Hipotezo De Jonga (1982) o vplivu zemeljskega magnetnega polja na samo orientacijo satja ter hipotezo Owens in Tabera (1973) o vplivu pozicije vhoda v čebelji panj na orientacijo satja sta zavrnili Seely in Morse (1976), ki sta ugotovila, da orientacija satja ni

odvisna ne od pozicije vhoda v čebelji panj, prav tako pa tudi ne od zemeljskega magnetnega polja.



Slika 1: Postavitev satov na toplo stavbo, nakladni panj AŽ mere (foto Štular Miha).

Figure 1: Setting combs in a warm way, beehive with AŽ frames (photo Štular Miha).

Slika 1 prikazuje nakladni panj s standardnimi AŽ sati, pod naklado je nameščena prilagojena visoka podnica, ki omogoča postavitev satov na toplo stavbo. Vhod v panj, kakor tudi smukalnik, sta postavljena pravokotno na satje.

Povzetek preteklih raziskav so napravili Adgaba in sod. (2012), ki so na 24 tradicionalnih panjih pri medonosni čebeli v Etiopiji ugotavljali odvisnost orientacije satja od predispozicije za gradnjo ter od orientacije satja iste čebelje družine v prejšnjem panju. V ta namen so panje, cilindrične oblike, izdelane iz slame in blata, razdelili v štiri skupine, v prvi skupini so bili panji, ki so imeli na stropu panja okroglo obliko nastavkov iz blata, na katere naj bi čebele začele graditi satje, v drugi podolgovato, v tretjo spiralno, v četrti pa panji niso vsebovali nobenih nastavkov za gradnjo satja. Čebele so v kar 22 od poskusnih 24 panjev satje gradile na pripravljene nastavke, kar pomeni, da je gradnja satja odvisna od pripravljenih nastavkov ($P < 0,0001$). Niso pa pri teh čebeljih družinah zaznali nobene povezave med orientacijo satja v prejšnjem panju ter orientacijo satja v novem poskusnem panju, kamor so te poskusne čebelje družine preselili (Adgaba in sod., 2012).

2.9 PLESNO SPORAZUMEVANJE ČEBEL

Vloga pašnih čebel ni le v tem, da zbirajo hrano za svojo čebeljo družino, pač pa v procesu naravne selekcije delujejo tudi kot senzorični organ, ki zbira informacije, povezane z lokacijo in izdatnostjo mesta čebelje paše. Preko čebeljega plesa informacije o pašnih virih

prenašajo na ostale čebele v panju (von Frisch, 1967). V poskusu z dodajanjem sladkorne raztopine je Seely (1993) ugotavljal odzivnost čebel na podlagi plesnega sporazumevanja. Ugotovil je, da čebele zaznajo zadovoljiv vir hrane z zaznavanjem energijske izdatnosti njihovega pašnega vira. Obstaja namreč linearna povezava med energijsko izdatnostjo ter frekvenco gibanja med čebeljim plesom. Večja, kot je frekvenca, bolj izdaten je pašni vir.

Prav tako pašna čebela, ki se v panj vrne s sporočilom o pašnem viru, ne prenaša sporočila zgolj na eno čebelo, oziroma se giblje le na enem področju, pač pa sporočilo razširi na večji del čebeljega gnezda. Tako so tudi ostale čebele obveščene o pašnem viru ter se zato odločijo za nabiranje nektarja (Seely, 1993).

V svoji raziskavi so Visscher in sod. (1999) proučevali rojenje čebel ter njihovo odločitev za iskanje primerne mesta za bivanje. Na 150 km² gozdne površine so s sledenjem čebel iz čebeljega roja zasledili 50 mest, ki so jih čebele izbrale za svoje novo domovanje. Pri tem je zanimivo, da le peščica čebel iz čebeljega roja išče mesta za novo domovanje. Odkrili so dva čebelja mehanizma za odločitev o domovanju; prvi je pozitiven odziv, ki povzroči, da se preko čebeljega plesa vedno več čebel odpravi na ogled nove lokacije in posledično drugi povečuje trenje med čebelami za lokacije, ki jim niso primerne. Tako se vedenje posameznih čebel odraža v skupni odločitvi celega čebeljega roja za novo domovanje (Visscher, 1999).

Tautz (2008) navaja, da v čebelji družini od 5 do 20 % čebel stalno išče nov pašni vir, svoje najdbe pa s pomočjo plesnega sporazumevanja delijo z ostalimi čebelami.

V primeru dodajanja alkohola – etanola sladkorni raztopini na krmilnem mestu in zauživanju le te, so Božič in sod. (2006) ugotovili, da se znatno spremenijo vedenjski vzorci čebel v panju. Zmanjša se aktivnost čebeljega gibalnega plesa pašnih čebel, motena je izmenjava hrane ter čistilna sposobnost čebel.

Grüter in sod. (2008) v svoji raziskavi navaja, da čebele sledijo plesalkam na osnovi vonja pašnega vira, ki ga prepoznajo iz preteklih pašnih izletov ne glede na informacijo o lokaciji pašnega vira, ki ga plesalke sporočajo v svojem plesu. Zanimivo je, da ne vonj pašnega vira, niti informacija o lokaciji s strani plesalk, nista pomembna za uspešno vzpodbujanje pašnih čebel.

Donaldson-Matasci in Dornhaus (2014) sta ugotavljali, da v skupini čebel, ki se skupinsko odločajo za vir paše, sporazumevanje znotraj panja izboljša nabiralno sposobnost v najbolj izdatne paše. Specializiran čebelji ples, kot način medsebojnega sporazumevanja čebel, je daljši kolikor bolj izdaten in kakovosten je pašni vir, s tem pa se manjša celoten izbor pašnih virov, za katere se odločajo nabiralke v čebelji družini. V raziskavi sta ugotovili, da so čebelje družine z dobrim plesnim sporazumevanjem bolj enotne pri izbiri pašnega vira, medtem, ko čebelje družine z motenim plesnim sporazumevanjem nabirajo več različnih vrst cvetnega prahu. Prav tako sta pokazali, da družine, ki obiskujejo večje število različnih pašnih virov, prinesejo skupno manj cvetnega prahu, vendar to velja le za območja z veliko pestrostjo različnih cvetov.



Slika 2: Prirejen opazovalni panj na toplo stavbo za pobiranje cvetnega prahu (foto Štular Miha).
Figure 2: Observation beehive in a warm way for collecting pollen (photo Štular Miha).

Slika 2 prikazuje opazovalni panj na toplo stavbo na štiri AŽ sate. Čebele na satje prihajajo zgolj na majhni površini, zato večina čebel v panju prejme informacijo o istem pašnem viru.

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

Za testiranje naših raziskovalnih hipotez smo izvedli tri različne poskuse, prvega v letu 2009 z desetimi raziskovalnimi panji, drugega v letu 2012 s štirimi raziskovalnimi panji ter tretjega v letu 2014, prav tako s štirimi raziskovalnimi panji. V vseh treh poskusih smo panje razdelili glede na orientacijo satja v panju na panje na hladno stavbo, kjer je satje obrnjeno vzporedno na žrelo panja in na panje na toplo stavbo, kjer je satje obrnjeno prečno na žrelo panja. Panji so bili v vseh treh poskusih postavljeni v parih; panj na toplo stavbo skupaj s panjem na hladno stavbo. Na žrela panjev smo namestili smukalnice cvetnega prahu in tako v času trajanja posameznega poskusa v določenih obdobjih ali vsakodnevno pobirali cvetni prah posameznim čebeljim družinam. Predmet našega raziskovalnega dela je bil cvetni prah osmukanec ali obnožina, ki se ga pridobi s pomočjo smukalnikov, ki jih čebelarji namestimo na žrela panjev. Ime osmukanec se uporablja v tehnološkem poimenovanju, ime cvetni prah pa je širše v uporabi. Tako v naši raziskavi ta izraz ne pomeni cvetnega prahu rastlin, ampak cvetni prah, ki je nabran in obdelan s strani čebel. Izraz cvetni prah se v nadaljevanju besedila nanaša izključno na cvetni prah osmukanec.

3.1.1 Poskus 1

V raziskavo, ki je potekala od junija do septembra 2009 in s katero smo ugotavljali vpliv orientacije satja na razlike v pestrosti in količini nabranega cvetnega prahu, smo vključili 10 nakladnih panjev AŽ mere, od tega 5 panjev na toplo stavbo ter 5 panjev na hladno. Panji na hladno stavbo so bili označeni s številkami; 1, 3, 5, 7, 11, panji na toplo stavbo pa so bili označeni s številkami; 2, 4, 8, 10, 12. Številke panjev niso zaporedne, saj smo pred začetkom poskusa pripravili 12 raziskovalnih panjev, pred samim pričetkom poskusa pa smo panja, številka 9 (hladna stavba) in številka 6 (topla stavba) izločili zaradi preslabega razvoja čebeljih družin. Vsi panji so imeli nameščene smukalnice za cvetni prah. Z raziskavo smo začeli v juniju 2009; priprava stojišča, priprava panjev, naselitev teh panjev z narejenci, po sprašitvi matic smo začeli s smukanjem cvetnega prahu na bradah panjev. Vzrejni material za vzrejo matic smo pridobili iz ene same najboljše družine (po ocenjenih lastnostih mirnosti, pridelave medu, rojivosti,...). Tako je bil delno izničen (maternalni vpliv) vpliv genetike na kasnejše opazovane lastnosti. Smukanje cvetnega prahu smo izvajali v času od 20. avgusta, do 4. septembra 2009, skupaj 6 vzorčenj oziroma 60 vzorcev. Cvetni prah iz posameznega panja smo shranjevali posebej in ga sušili v sušilniku za cvetni prah. Naši opazovani lastnosti, ki sta v neposredni zvezi z orientacijo satja ter posledično plesno sporazumevanje čebel, sta bili pestrost (število barv cvetnega prahu) in količina nabranega cvetnega prahu. Za merjenje površine nepokrite zalege v panju smo izdelali in uporabili merilo v velikosti AŽ satnika, v katerega smo napeljali žico za žičenje satnikov v obliki kvadratov velikosti 5 x 5 cm, tako, da je bilo v satniku 40 kvadratov. Na obeh straneh je sat tako vseboval 80 kvadratov, kar je pomenilo celotno zapolnjenost površine sata.

3.1.2 Poskus 2

V raziskavo, ki se je odvijala od julija do septembra 2012 in s katero smo ugotavljali vpliv orientacije satja na razlike v pestrosti nabranega cvetnega prahu smo vključili 4 opazovalne panje, od tega 2 panja na toplo stavbo ter 2 panja na hladno stavbo na štiri sate. Panja na toplo stavbo sta bila prirejena opazovalna panja na štiri sate, čebele so na satje lahko prihajale le po eni poti, s čimer smo zagotovili največje število plesalk na enem satu. Z raziskavo smo začeli v juliju 2012; priprava stojišča, priprava panjev, naselitev teh panjev z narejenci, po sprašitvi matic smo začeli s smukanjem cvetnega prahu na bradah panjev. Vsi štirje narejenci so imeli na začetku po štiri sate pokrite zalege, tako smo izničili vpliv nepokrite zalege na količino nabranega cvetnega prahu. Vzrejni material za vzrejo matic smo pridobili iz ene same najboljše družine (po ocenjenih lastnostih mirnosti, pridelave medu, rojivosti,...). Tako je bil delno izničen (maternalni vpliv) vpliv genetike na kasnejše opazovane lastnosti. Smukanje cvetnega prahu smo izvajali v času od 20. avgusta, do 1. septembra 2012, skupaj 5 vzorčenj oziroma 20 vzorcev. Cvetni prah iz posameznega panja smo shranjevali posebej in ga sušili v sušilniku za cvetni prah. Naša opazovana lastnost, ki je v neposredni zvezi z orientacijo satja ter posledično plesno sporazumevanje čebel, je bila pestrost nabranega cvetnega prahu. Ničelna hipoteza, ki smo jo v sklopu raziskave testirali, je bila, da je pestrost nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo večja kot v panju na hladno stavbo.

3.1.3 Poskus 3

V raziskavo, ki se je odvijala od maja do junija 2014 in s katero smo ugotavljali vpliv orientacije satja na razlike v pestrosti nabranega cvetnega prahu smo vključili 4 prirejene nakladne panje, od tega 2 panja na toplo stavbo ter 2 panja na hladno stavbo na pet satov. Panja na toplo stavbo sta bila prirejena nakladna panja na pet satov, čebele so na satje lahko prihajale le po eni poti, s čimer smo zagotovili največjo frekvenco plesalk na enem satu. Z raziskavo smo začeli v začetku maja 2014; priprava stojišča, priprava panjev, naselitev teh panjev z narejenci, po sprašitvi matic smo začeli s smukanjem cvetnega prahu na bradah panjev. Vsi štirje narejenci so imeli na začetku po štiri sate pokrite zalege, tako smo izničili vpliv nepokrite zalege na količino nabranega cvetnega prahu. Vzrejni material za vzrejo matic smo pridobili iz ene same najboljše družine (po ocenjenih lastnostih mirnosti, pridelave medu, rojivosti,...). Tako je bil delno izničen (maternalni vpliv) vpliv genetike na kasnejše opazovane lastnosti. Na bližnji njivski površini (10 arov) smo zasejali facelijo in sončnice, obe vrsti rastlin sta bili ob začetku smukanja v polnem cvetenju. Smukanje cvetnega prahu smo izvajali v dveh sklopih redno vsak dan. Prvi sklop od 16. junija, do 21. junija, 22. junija smo premestili družine iz panjev na toplo stavbo v panje na hladno stavbo in obratno, temu pa je sledil drugi sklop pobiranja cvetnega prahu od 23. junija do 28. junija. Skupaj smo izvedli 12 vzorčenj oziroma pridobili 48 vzorcev. Poleg vzorčenja cvetnega prahu smo količinsko vrednotili tudi čebelje plese. V ta namen smo opazovali čebele plesalke na satju štirikrat v času trajanja poskusa. Cvetni prah iz posameznega panja smo shranjevali posebej in ga sušili v sušilniku za cvetni prah. Naša opazovana lastnost, ki je v neposredni korelaciji z orientacijo satja ter posledično plesno sporazumevanje čebel, je bila pestrost nabranega cvetnega prahu. Ničelna hipoteza, ki smo jo v sklopu raziskave testirali, je bila, da je pestrost nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo večja kot v panju na hladno stavbo.

3.2 METODE

Podatke vseh treh poskusov smo sistematično zbirali. Posušene vzorce cvetnega prahu smo shranjevali ločeno po datumih in posameznih panjih. V vseh treh poskusih smo vzorce cvetnega prahu ročno sortirali po barvah, v prvem poskusu smo cvetni prah posamezne barve znotraj enega vzorca tudi stehtali, v drugem poskusu smo vzorce zgolj sortirali po barvah brez tehtanja, v tretjem poskusu pa smo vzorce sortirali po barvah in stehtali skupni vzorec cvetnega prahu na panj na posamezni dan. V panjih na hladno stavbo smo sate označili s številkami od I do IV, postavljeni so bili vzporedno glede na žrelo panja in od desne proti levi glede na vletavanje čebel v panj. V panjih na toplo stavbo smo sate označili s številkami od I do IV, postavljeni so bili pravokotno na žrelo panja, pri čemer je bil sat I prvi za žrelom panja, ostali pa so bili za njim. Pri analizi podatkov smo najprej izvedli opisno statistiko; izračun vsote, aritmetične sredine, minimalne in maksimalne vrednosti.

3.2.1 Izračun Bray–Curtisovega indeksa

Za merjenje različnosti se v ekologiji uporabljajo indeksi, ki nam povejo kako podobni ali različni so si vzorci med seboj. Na primer, Bray-Curtisov indeks upošteva tako prisotnost posameznih vrst kot tudi njihovo pogostost (Krebs, 1999). Razpon vrednosti indeksa je od 0 do 1, pri čemer 0 pomeni, da gre za enaka vzorca, 1 pa pomeni, da gre za povsem različna vzorca (Bray in Curtis, 1957).

$$d^{BCD}(i, j) = \frac{\sum_{k=0}^{n-1} |y_{i,k} - y_{j,k}|}{\sum_{k=0}^{n-1} (y_{i,k} + y_{j,k})} \quad \dots (1)$$

Izračun Shannon–Wienerjevega indeksa

Prisotnost določenih vzorcev ter njihova zastopanost na določenem območju je v naravi različna. To lahko opredelimo s Shannon – Wienerjevim diverzitetnim indeksom. Višja, kot je vrednost indeksa, večja je pestrost vzorca (Magurran, 1988).

$$H = - \sum_{j=1}^J p_j \ln p_j \quad \dots (2)$$

3.2.2 Statistična značilnost vzorca

Za preverjanje ničelnih domnev smo uporabili izraz stopnja značilnosti, ki nam pove, kdaj je neka ničelna domneva pravilna in kdaj nepravilna. Stopnja značilnosti je tveganje, ki

nakazuje na to, da ne moremo z gotovostjo (100 %) trditi, da je to, kar proučujemo v raziskavi enako tistemu, kar preverjamo. Vzorec je statistično značilen takrat, ko je stopnja napake manjša od 5 odstotkov oziroma v primeru, da je stopnja značilnosti 0,05 ($p < 0,05$) to pomeni, da je 5 odstotna možnost, da razlike, ki smo jih odkrili, niso posledica vzroka, ki ga proučujemo, pač pa drugih neznanih vzrokov (Bastič in sod., 2008).

3.2.3 Analiza variance (ANOVA)

Analiza variance je statistični test, ki ga uporabljamo takrat, ko analiziramo značilnost razlik med povprečnimi vrednostmi za več kot dva vzorca in so vzorci med seboj neodvisni. V našem primeru smo izbrali enostavno analizo variance, kjer analiziramo le eno odvisno spremenljivko, imamo pa v poskusu več kot dva vzorca. Pri tej metodi celotno variiranje vrednosti, ki se meri kot povprečni kvadratni odklon vrednosti od aritmetične sredine razdelimo na variiranje vrednosti zaradi razlik znotraj vzorcev in na variiranje vrednosti zaradi razlik med vzorci. Obe sestavini variance potem primerjamo med seboj (Bastič in sod., 2006).

3.2.4 Procedura GLM (Splošni linearni model)

Splošni linearni model (GLM) je statistični linearni model. Splošna oblika linearnega modela vsebuje odvisno spremenljivko, neodvisno spremenljivko kot sistematski vpliv, regresijo ter napako, ki je prav tako sestavni del vsakega linearnega modela. Za testiranje hipotez se pri splošnem linearnem modelu uporablja t-test, s katerim potrdimo ali ovržemo ničelno domnevo (Rawlings in sod., 1998).

3.2.5 Statistični model za prvi poskus

Podatke o pestrosti in količini nabranega cvetnega prahu smo uporabili za statistično obdelavo. Vse te podatke smo obdelali s statističnim programom SAS/STAT in proceduro GLM.

Pri analizi podatkov smo uporabili naslednji statistični model za pestrost in količino cvetnega prahu kot odvisni spremenljivki (ANOVA)

$$y_{ij} = \mu + D_i + e_{ij} \quad \dots (3)$$

y_{ij} = odvisni spremenljivki (pestrost in količina cvetnega prahu)

μ = srednja vrednost

D_i = sistematski vpliv (delež nepokrite zalege)

e_{ij} = standardna napaka

3.2.6 Statistični model za tretji poskus

Podatke o pestrosti in količini nabranega cvetnega prahu smo uporabili za statistično obdelavo. Vse te podatke smo obdelali s statističnim programom SAS/STAT in proceduro GLM.

Pri analizi podatkov smo uporabili naslednji statistični model za pestrost in količino cvetnega prahu kot odvisni spremenljivki (ANOVA)

$$y_{ij} = \mu + O_i + e_{ij} \quad \dots (4)$$

y_{ij} = odvisni spremenljivki (pestrost in količina cvetnega prahu)

μ = srednja vrednost

O_i = sistematski vpliv (različna orientacija satja)

e_{ij} = standardna napaka

4 REZULTATI

Rezultate raziskovanj, s katerimi smo testirali naše raziskovalne hipoteze, smo razdelili po posameznih poskusih. Poskuse, ki so se izvajali v letih 2009, 2012 in 2014 smo med leti nadgrajevali, saj so se predvsem v prvem poskusu pokazale določene pomanjkljivosti, ki so pomembno vplivale na rezultate poskusa. V prvem poskusu smo testirali čebelje družine na 10 AŽ satih, kar se ni izkazalo za najboljšo odločitev, saj je bil vložek dela pri teh družinah prevelik, s tem pa slabši nadzor nad izvajanjem poskusa. Tudi spremljanje čebel, oziroma sledenje čebelam delavkam, plesalkam na satju je bilo oteženo. Zaradi tega smo v naslednjih dveh poskusih naredili prirejene panje za 4 AŽ sate, panji na toplo stavbo so bili zasnovani tako, da so čebele na satje, kjer so izvajale plesno sporazumevanje, lahko prihajale zgolj na eni točki, medtem, ko so v panjih na hladno stavbo čebele lahko prihajale na kateregakoli od štirih satov. Z manjšim številom panjev ter manjšim številom satov v posameznih panjih smo zagotovili optimalno spremljanje parametrov, ki smo jih v naših poskusih preučevali. V drugem poskusu smo pobiranje cvetnega prahu izvajali zgolj 5 dni, kar je bilo premalo za potrjevanje naših hipotez. Zaradi tega smo v tem poskusu izvedli samo ročno sortiranje cvetnega prahu po barvah, ne pa tudi tehtanja vzorcev in štetja kepic cvetnega prahu. Tretji poskus je bil po uporabljeni tehnologiji panjev in pobiranja cvetnega prahu enak drugemu, razlika je bila v tem, da smo poskus izvajali dvakrat po šest dni, prvih šest dni dva panja na hladno stavbo in dva panja na toplo stavbo, sedmi dan smo čebelje družine iz panjev na hladno stavbo preselili v panje na toplo stavbo in obratno ter ponovno šest dni pobirali cvetni prah. S tem smo dobili 48 vzorcev cvetnega prahu, kar predstavlja reprezentativni vzorec za potrjevanje naših raziskovalnih hipotez.

4.1 POSKUS 1

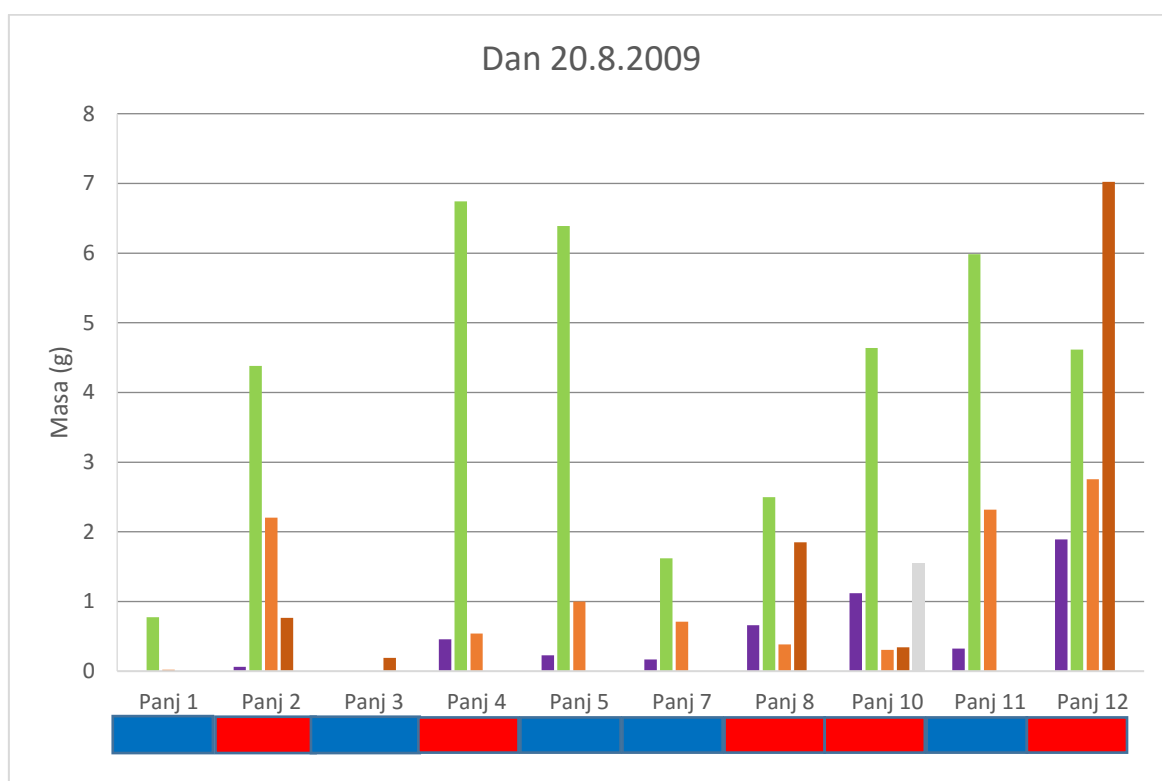
V prvem poskusu smo na 10 nakladnih panjih preverjali vpliv orientacije satja na pestrost in količino nabranega cvetnega prahu. V ta namen smo 5 čebeljih družin namestili v panje na hladno stavbo, 5 pa v panje na toplo stavbo. Spremljali smo število barv nabranega cvetnega prahu ter količino le tega.



Slika 3: Razporeditev panjev na hladno in toplo stavbo (foto Štular Miha).

Figure 3: Distribution of hives on cold and warm way comb orientation (photo Štular Miha).

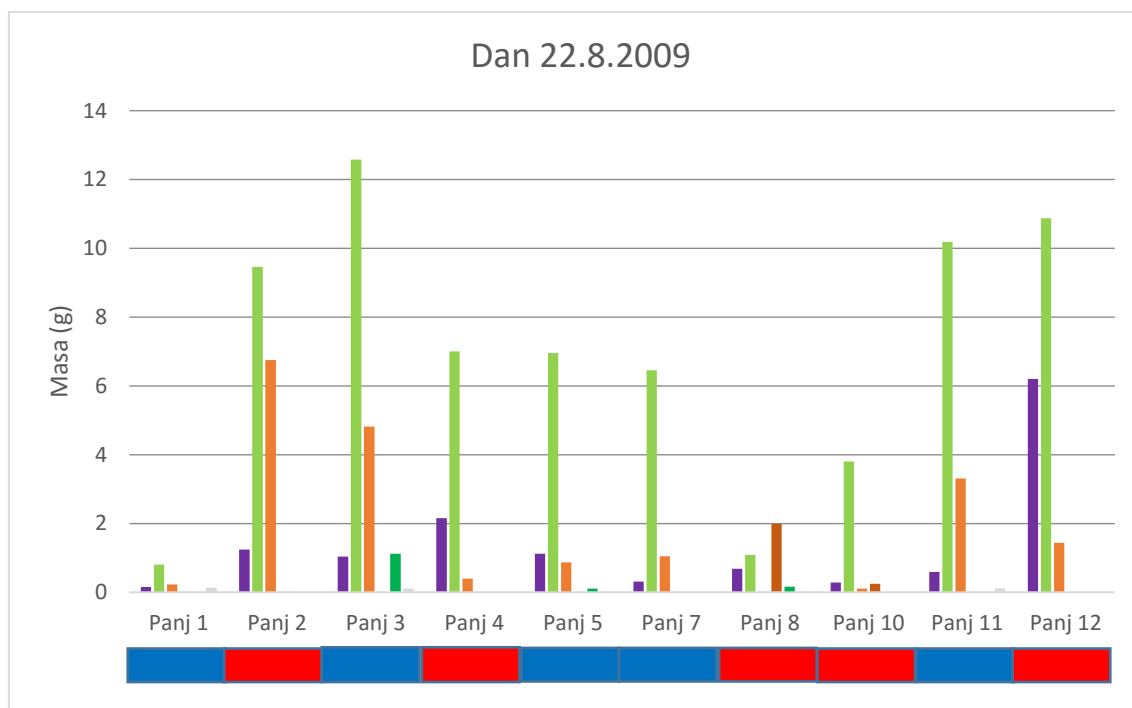
Skupno količino nabranega cvetnega prahu po barvah smo prikazali na šestih slikah, v katerih smo panje na hladno stavbo označili z modro barvo (moder pravokotnik), panje na toplo stavbo pa z rdečo barvo (rdeč pravokotnik). Barve stolpcev predstavljajo različne barve obnožine. Izbira barv se ne ujema z barvo kepic, barve nabranega cvetnega prahu so simbolne in ne predstavljajo realnih barv.



Slika 4: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 20.8.2009

Figure 4: Quantity of collected pollen by colors by individual beehives, dated 20.8.2009.

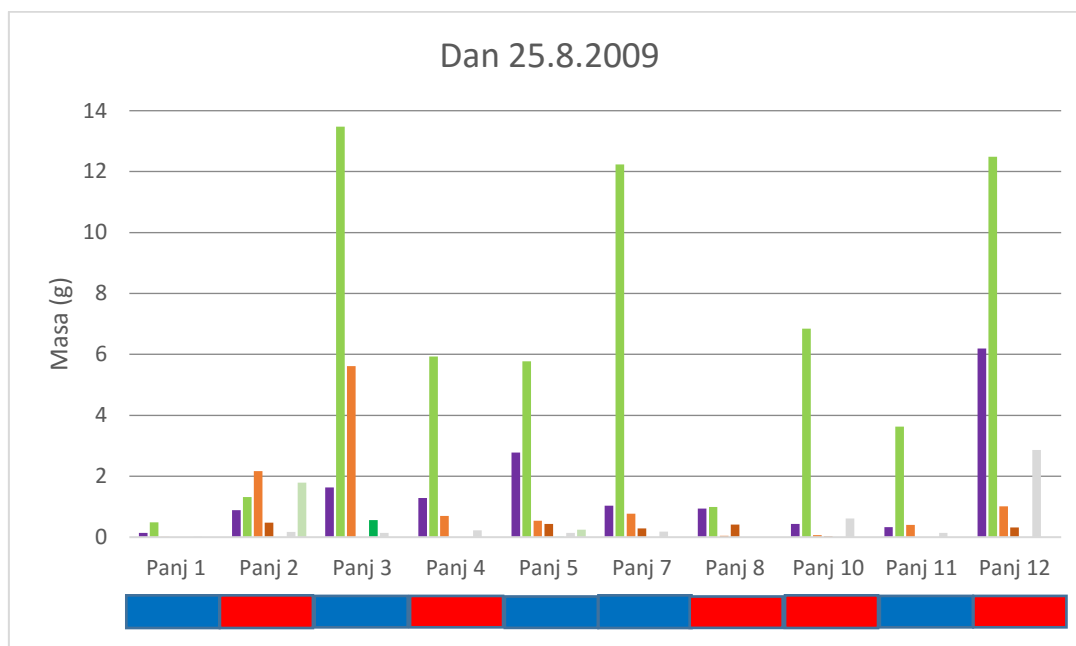
Na četrti sliki je ob navedenem dnevu prikazana količina nabranega cvetnega prahu, razdeljenega po barvah v posameznih panjih. Skupna količina nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo je 19,726 g, povprečna količina nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo je 3,945 g/panj, povprečno število barv nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo pa je 2,4 barve/panj. Skupna količina nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo je 44,762 g, povprečna količina nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo je 8,952 g/panj, povprečno število barv nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo pa je 4,0 barv/panj (priloga F).



Slika 5: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 22.8.2009

Figure 5: Quantity of collected pollen by colors by individual beehives, dated 22.8.2009.

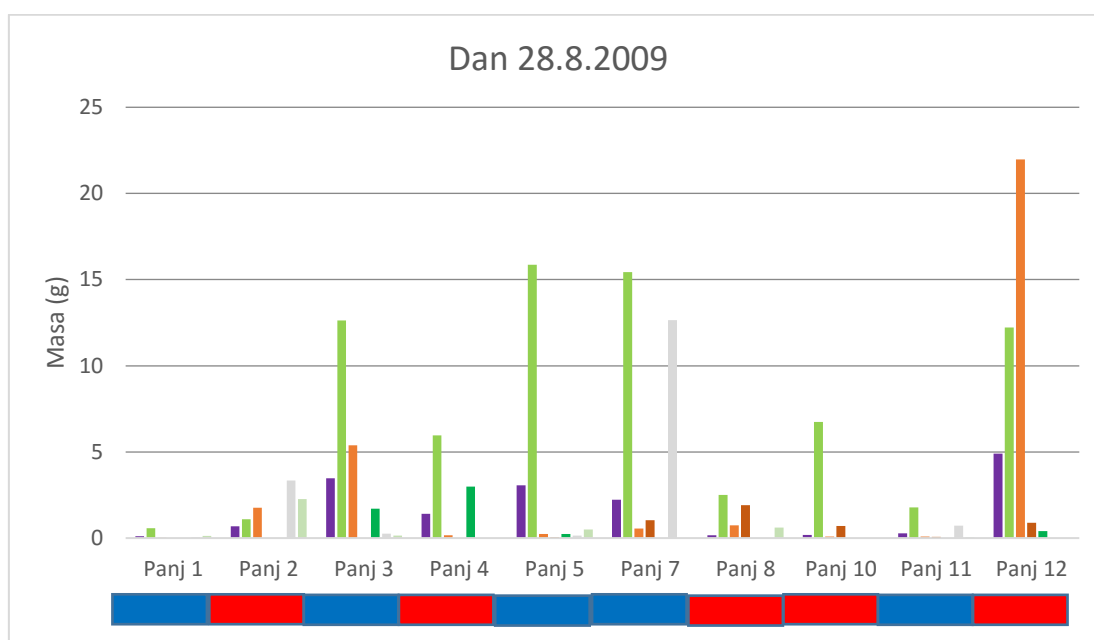
Na peti sliki je ob navedenem dnevu prikazana količina nabranega cvetnega prahu, razdeljenega po barvah v posameznih panjih. Skupna količina nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo je 52,016 g, povprečna količina nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo je 10,401 g/panj, povprečno število barv nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo pa je 4,0 barv/panj. Skupna količina nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo je 50,865 g, povprečna količina nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo je 10,173 g/panj, povprečno število barv nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo pa je 3,4 barve/panj (priloga G).



Slika 6: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 25.8.2009

Figure 6: Quantity of collected pollen by colors by individual beehives, dated 25.8.2009.

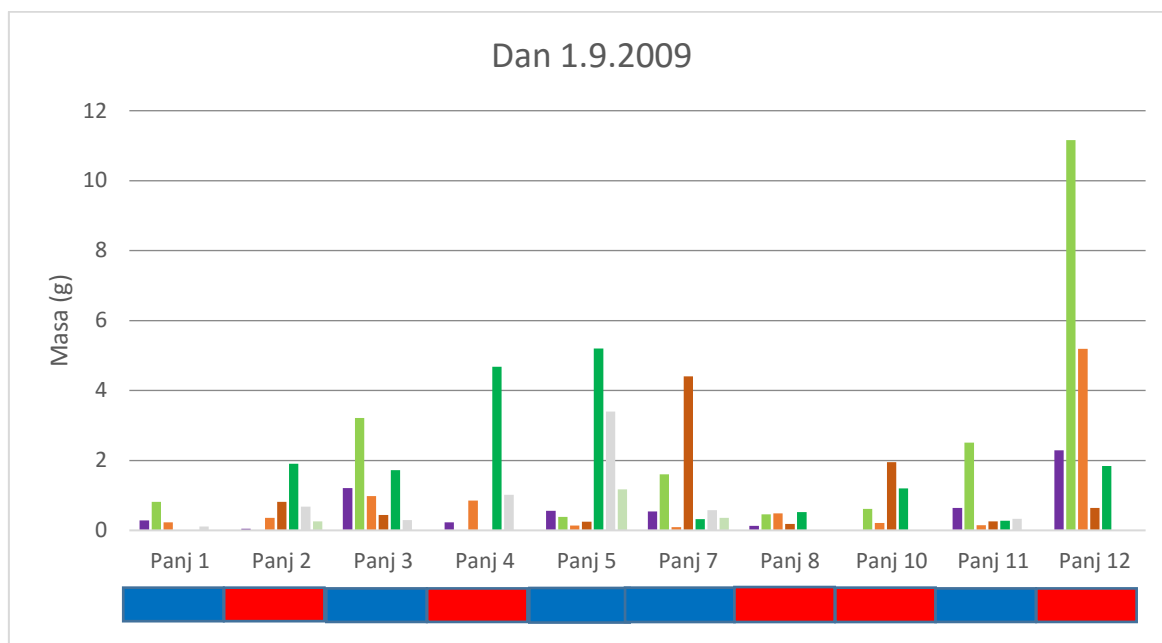
Na sliki šest je ob navedenem dnevu prikazana količina nabranega cvetnega prahu, razdeljenega po barvah v posameznih panjih. Skupna količina nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo je 50,987 g, povprečna količina nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo je 10,197 g/panj, povprečno število barv nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo pa je 5,6 barv/panj. Skupna količina nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo je 48,168 g, povprečna količina nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo je 9,634 g/panj, povprečno število barv nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo pa je 5,4 barve/panj (priloga H).



Slika 7: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 28.8.2009

Figure 7: Quantity of collected pollen by colors by individual beehives, dated 28.8.2009.

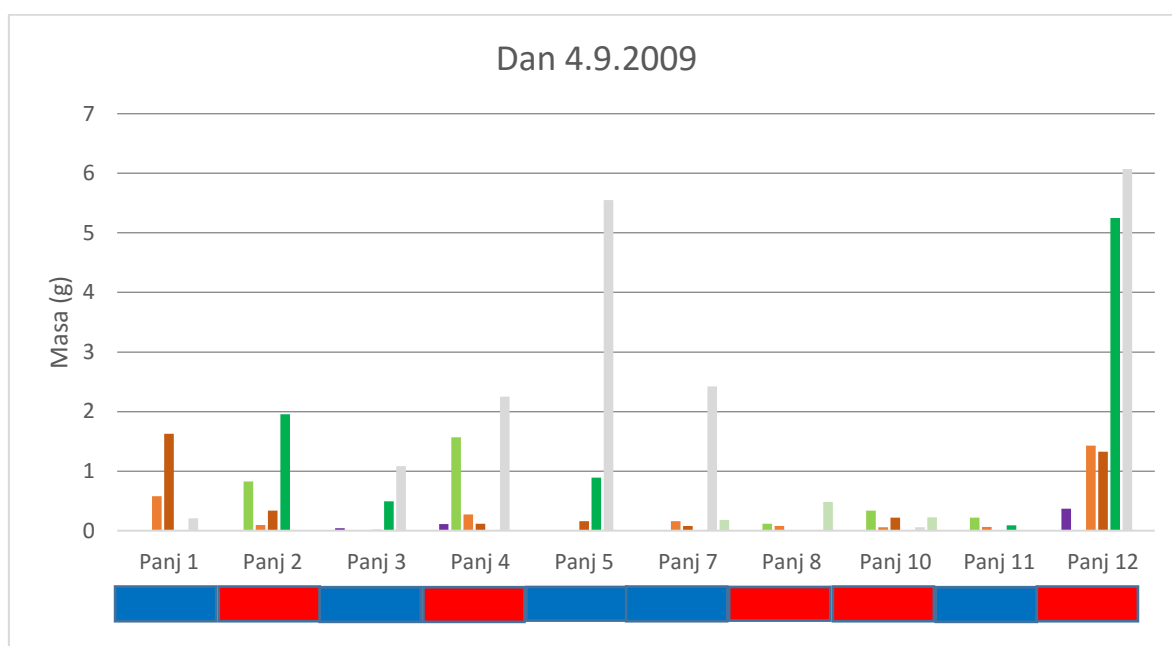
Na sliki sedem je ob navedenem dnevu prikazana količina nabranega cvetnega prahu, razdeljenega po barvah v posameznih panjih. Skupna količina nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo je 79,42 g, povprečna količina nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo je 15,884 g/panj, povprečno število barv nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo pa je 5,8 barv/panj. Skupna količina nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo je 73,694 g, povprečna količina nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo je 14,739 g/panj, povprečno število barv nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo pa je 4,6 barv/panj (priloga I). Na ta dan je bila stehtana najvišja skupna količina nabranega cvetnega prahu, tako v panjih na hladno stavbo, kakor tudi v panjih na toplo stavbo. Sklepamo, da je skupna količina odvisna od velikega deleža nepokrite čebelje zalege v panju na ta dan.



Slika 8: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 1.9.2009

Figure 8: Quantity of collected pollen by colors by individual beehives, dated 1.9.2009.

Na sliki osem je ob navedenem dnevu prikazana količina nabranega cvetnega prahu, razdeljenega po barvah v posameznih panjih. Skupna količina nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo je 32,447 g, povprečna količina nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo je 6,489 g/panj, povprečno število barv nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo pa je 6,0 barv/panj. Skupna količina nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo je 37,717 g, povprečna količina nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo je 7,543 g/panj, povprečno število barv nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo pa je 4,8 barv/panj (priloga J).



Slika 9: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 4.9.2009

Figure 9: Quantity of collected pollen by colors by individual beehives, dated 4.9.2009.

Na sliki devet je ob navedenem dnevu prikazana količina nabranega cvetnega prahu, razdeljenega po barvah v posameznih panjih. Skupna količina nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo je 13,862 g, povprečna količina nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo je 2,772 g/panj, povprečno število barv nabranega cvetnega prahu v panju na hladno stavbo pa je 3,6 barve/panj. Skupna količina nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo je 23,543 g, povprečna količina nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo je 4,708 g/panj, povprečno število barv nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo pa je 4,4 barve/panj (priloga K). Na ta dan je bila stehtana najnižja skupna količina nabranega cvetnega prahu, tako v panjih na hladno stavbo, kakor tudi v panjih na toplo stavbo. Razlog za to je bilo slabo vreme en da prej in na tisti dan, kar je povzročilo, da so čebele slabo izletavale na pašo in prinašale tudi manjše količine cvetnega prahu.

Preglednica 1: Masa stehtanih 10 zrn cvetnega prahu po panjih in dnevih

Table 1: Quantity of weighted 10 grains of pollen by hives by days

	Panj 1	Panj 2	Panj 3	Panj 4	Panj 5	Panj 7	Panj 8	Panj 10	Panj 11	Panj 12
Datum	Masa 10 zrn (g)									
22.8.2009	0,023	0,031	0,034	0,027	0,035	0,033	0,024	0,024	0,027	0,035
25.8.2009	0,021	0,030	0,027	0,027	0,026	0,030	0,027	0,026	0,033	0,027
1.9.2009	0,020	0,019	0,027	0,017	0,029	0,026	0,014	0,023	0,015	0,026
μ	0,0210	0,0267	0,0293	0,0237	0,0300	0,0297	0,0216	0,0243	0,0250	0,0293

*panji na hladno stavbo so; 1,3,5,7,11

*panji na toplo stavbo so; 2,4,8,10,12

Preglednica 1 prikazuje povprečno maso stehtanih 10 zrn cvetnega prahu po panjih in dnevih, ki je bila pri hladni stavbi 0,0270 g, pri topli stavbi pa 0,0251 g. Zrnca smo tehtali trikrat, na datume, ki so navedeni v preglednici 1. Zrnca cvetnega prahu so bila v panjih na hladno stavbo v povprečju težja za 0,0019 g. Glede na stehtanih 10 zrn je bila najmanjša

masa pri panju na toplo stavbo številka 8 (0,014 g), največja pa pri panju na hladno stavbo številka 5 in panju na toplo stavbo številka 12 (0,035 g).

Količina nabranega cvetnega prahu v panjih na hladno stavbo je bila med 13,862 g in 79,420 g, v povprečju pa 41,408 g. Število različnih barv cvetnega prahu je bilo od 1 do 7, v povprečju pa 4,6 barv/panj. Količina nabranega cvetnega prahu v panjih na toplo stavbo je bila med 23,543 g in 73,694 g, v povprečju pa 46,457 g. Število različnih barv cvetnega prahu je bilo od 3 do 7, v povprečju pa 4,4 barv/panj.



Slika 10: Cvetni prah, razdeljen po barvah za panj št. 12, pobiranje 25.8.2009 (foto Štular Miha).

Figure 10: Pollen, divided by colors for hive No. 12, collected on 25.8.2009 (photo Štular Miha).

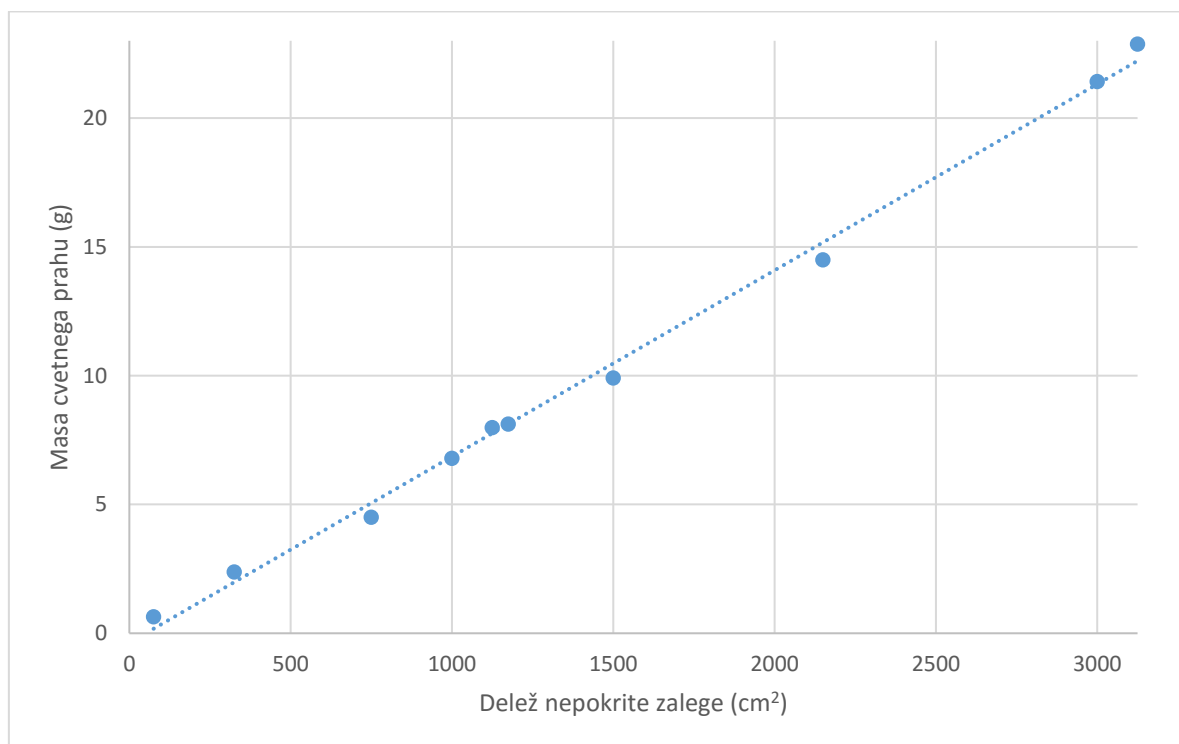
Slika 10 prikazuje cvetni prah iz posameznega panja (št. 12, panj na toplo stavbo), pobran dne 25.8.2009 ter razdeljen po barvah in shranjen v PVC lončkih, pripravljen za nadaljnjo obdelavo.

Preglednica 2: Masa nabranega cvetnega prahu, število barv in delež nepokrite zalege na izbran dan

Table 2: Quantity of collected pollen, the number of colors and the proportion of detected un-sealed brood on 25.8.2016

25.8.2009	Panj 1	Panj 2	Panj 3	Panj 4	Panj 5	Panj 7	Panj 8	Panj 10	Panj 11	Panj 12
Masa cvetnega prahu (g)	0,640	6,795	21,421	8,126	9,912	14,503	2,388	7,987	4,511	22,872
Število barv cvetnega prahu	4	6	5	4	7	5	4	5	4	5
Delež nepokrite zalege (cm ²)	75	1.000	3.000	1.175	1.500	2.150	325	1.125	750	3.125

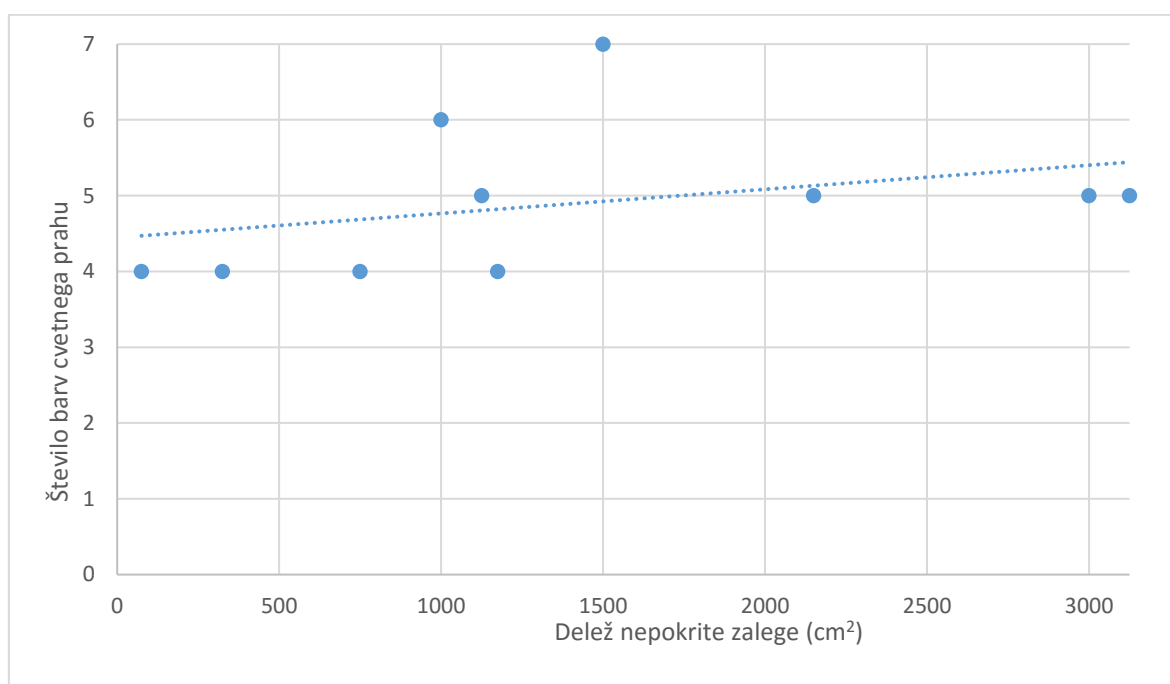
Preglednica 2 prikazuje maso nabranega cvetnega prahu, število barv nabranega cvetnega prahu ter izmerjen delež nepokrite čebelje zalege na izbran dan, 25.8.2009.



Slika 11: Zveza med deležem nepokrite zalege in maso nabranega cvetnega prahu.

Figure 11: The correlation between the proportion of detected un-sealed brood and quantity of the collected pollen.

Na osnovi analize variance (slika 11) smo izračunali visoko pozitivno zvezo med količino nabranega cvetnega prahu in količino nepokrite zalege ($p < 0,0001$). Odprta čebelja zalega je zelo pomemben dražljaj za nabiranje cvetnega prahu.



Slika 12: Zveza med deležem nepokrite zalege in številom barv nabranega cvetnega prahu.

Figure 12: The correlation between the proportion of detected un-sealed brood and number of colors of the collected pollen.

Med pestrostjo nabranega cvetnega prahu, izraženo s številom različnih barv nabranega cvetnega prahu in deležem nepokrite zalege (slika 12) nismo našli statistično značilnih razlik ($p = 0,3308$), sklepamo, da pestrost nabranega cvetnega prahu ni odvisna od količine nepokrite zalege.

Preglednica 3: Bray–Curtis indeks v panjih na hladno stavbo

Table 3: Bray–Curtis index in the cold way beehives

Panj 1 : Panj 3	0,12
Panj 1 : Panj 5	0,19
Panj 1 : Panj 7	0,12
Panj 1 : Panj 11	0,10
Panj 3 : Panj 5	0,14
Panj 3 : Panj 7	0,11
Panj 3 : Panj 11	0,11
Panj 5 : Panj 7	0,10
Panj 5 : Panj 11	0,09
Panj 7 : Panj 11	0,09
μ	0,11

Povprečni Bray–Curtisov indeks v panjih na hladno stavbo je 0,11, kar pomeni, da so si vzorci med seboj podobni v 89 odstotkih.

Preglednica 3 prikazuje rezultate izračuna povprečnega Bray–Curtisovega indeksa v panjih na hladno stavbo. Med seboj najbolj podobna sta si panja 5 in 11 ter panja 7 in 11, tu so si nabrani vzorci cvetnega prahu podobni kar v 91 odstotkih. Med seboj najmanj podobna sta si panja 1 in 5, kjer so si vzorci cvetnega prahu med seboj podobni le v 81 odstotkih, vrednost Bray–Curtisovega indeksa znaša 0,19. Pri tem je zanimivo, da so si med seboj bolj

podobni panji, ki stojijo bolj narazen, npr. panj 1 proti panju 7 je bolj različen, kot panj 1 proti panju 11.

Preglednica 4: Bray–Curtis indeks v panjih na toplo stavbo

Table 4: Bray-Curtis index in the warm way beehives

Panj 2 : Panj 4	0,14
Panj 2 : Panj 8	0,09
Panj 2 : Panj 10	0,13
Panj 2 : Panj 12	0,07
Panj 4 : Panj 8	0,13
Panj 4 : Panj 10	0,08
Panj 4 : Panj 12	0,08
Panj 8 : Panj 10	0,12
Panj 8 : Panj 12	0,08
Panj 10 : Panj 12	0,07
μ	0,10

Povprečni Bray–Curtisov indeks v panjih na toplo stavbo je 0,10, kar pomeni, da so si vzorci med seboj podobni v 90 odstotkih.

Preglednica 4 prikazuje rezultate izračuna povprečnega Bray–Curtisovega indeksa znotraj panjev na toplo stavbo. Med seboj najbolj podobna sta si panja 2 in 12 ter panja 10 in 12, tu so si nabrani vzorci cvetnega prahu podobni kar v 93 odstotkih. Med seboj najmanj podobna sta si panja 2 in 4, kjer so si vzorci cvetnega prahu med seboj podobni le v 86 odstotkih. Pri tem je zanimivo, da so si tudi tu med seboj bolj podobni panji, ki stojijo bolj narazen, npr. par panjev 2 in 4 se bolj razlikuje, kot par panjev 2 in 12.

Preglednica 5: Bray–Curtis indeks med panji na hladno in toplo stavbo

Table 5: Bray-Curtis index between the hives on cold and warm way

Panj 1 : Panj 2	0,14
Panj 1 : Panj 4	0,09
Panj 1 : Panj 8	0,08
Panj 1 : Panj 10	0,12
Panj 1 : Panj 12	0,13
Panj 3 : Panj 2	0,14
Panj 3 : Panj 4	0,20
Panj 3 : Panj 8	0,15
Panj 3 : Panj 10	0,21
Panj 3 : Panj 12	0,15
Panj 5 : Panj 2	0,12
Panj 5 : Panj 4	0,22
Panj 5 : Panj 8	0,14
Panj 5 : Panj 10	0,21
Panj 5 : Panj 12	0,17
Panj 7 : Panj 2	0,07
Panj 7 : Panj 4	0,12
Panj 7 : Panj 8	0,12
Panj 7 : Panj 10	0,15
Panj 7 : Panj 12	0,08
Panj 11 : Panj 2	0,11
Panj 11 : Panj 4	0,14
Panj 11 : Panj 8	0,06
Panj 11 : Panj 10	0,17
Panj 11 : Panj 12	0,13
μ	0,14

Povprečni Bray–Curtisov indeks med panji na hladno in toplo stavbo je 0,14, kar pomeni, da so si vzorci med seboj podobni v 86 odstotkih. Med seboj najbolj podobni so si vzorci v panjih na toplo stavbo in to kar v 90 odstotkih.

Preglednica 5 prikazuje rezultate izračuna povprečnega Bray–Curtisovega indeksa med panji na hladno in toplo stavbo. Gre za panje, ki so bili na stojšču postavljeni eden poleg drugega. Med seboj najbolj podobna sta si panja 8 in 11, tu so si nabrani vzorci cvetnega prahu podobni kar v 94 odstotkih. Med seboj najmanj podobna sta si panja 4 in 5, kjer so si vzorci cvetnega prahu med seboj podobni le v 78 odstotkih.

Preglednica 6: Shannon–Wiener indeks med posameznimi panji

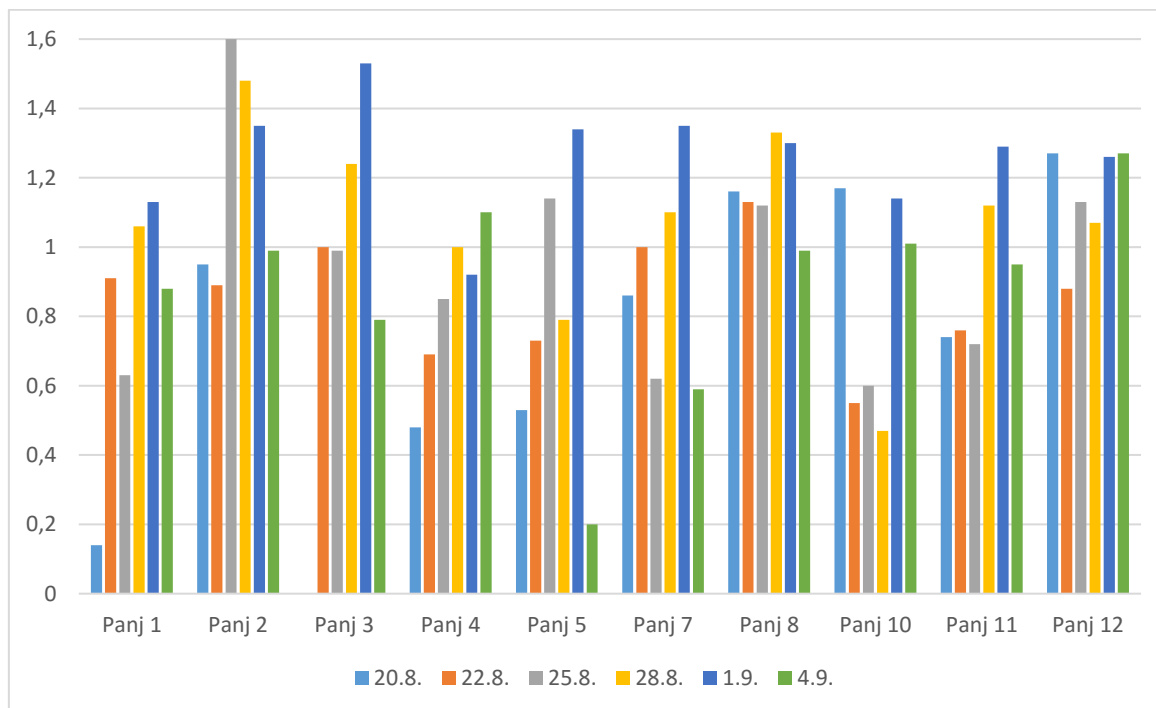
Table 6: Shannon–Wiener index between individual hives

	Panj 1	Panj 2	Panj 3	Panj 4	Panj 5	Panj 7	Panj 8	Panj 10	Panj 11	Panj 12
20.8.	0,14	0,95	0,00	0,48	0,53	0,86	1,16	1,17	0,74	1,27
22.8.	0,91	0,89	1,00	0,69	0,73	1,00	1,13	0,55	0,76	0,88
25.8.	0,63	1,60	0,99	0,85	1,14	0,62	1,12	0,60	0,72	1,13
28.8.	1,06	1,48	1,24	1,00	0,79	1,10	1,33	0,47	1,12	1,07
1.9.	1,13	1,35	1,53	0,92	1,34	1,35	1,30	1,14	1,29	1,26
4.9.	0,88	0,99	0,79	1,10	0,20	0,59	0,99	1,01	0,95	1,27
μ	0,79	1,21	0,925	0,84	0,79	0,92	1,17	0,82	0,93	1,15

*panji na hladno stavbo so; 1,3,5,7,11

*panji na toplo stavbo so; 2,4,8,10,12

Preglednica 6 prikazuje Shannov-Wienerjev indeks znotraj posameznih panjev. Povprečni Shannon–Wienerjev indeks pri panjih na hladno stavbo znaša 0,87, medtem, ko je pri panjih na toplo stavbo le ta višji in znaša 1,04. Višja, kot je vrednost diverzitetnega indeksa, večja je pestrost vzorca.



Slika 3: SW indeks, odvisen od različne orientacije satja med različnimi panji

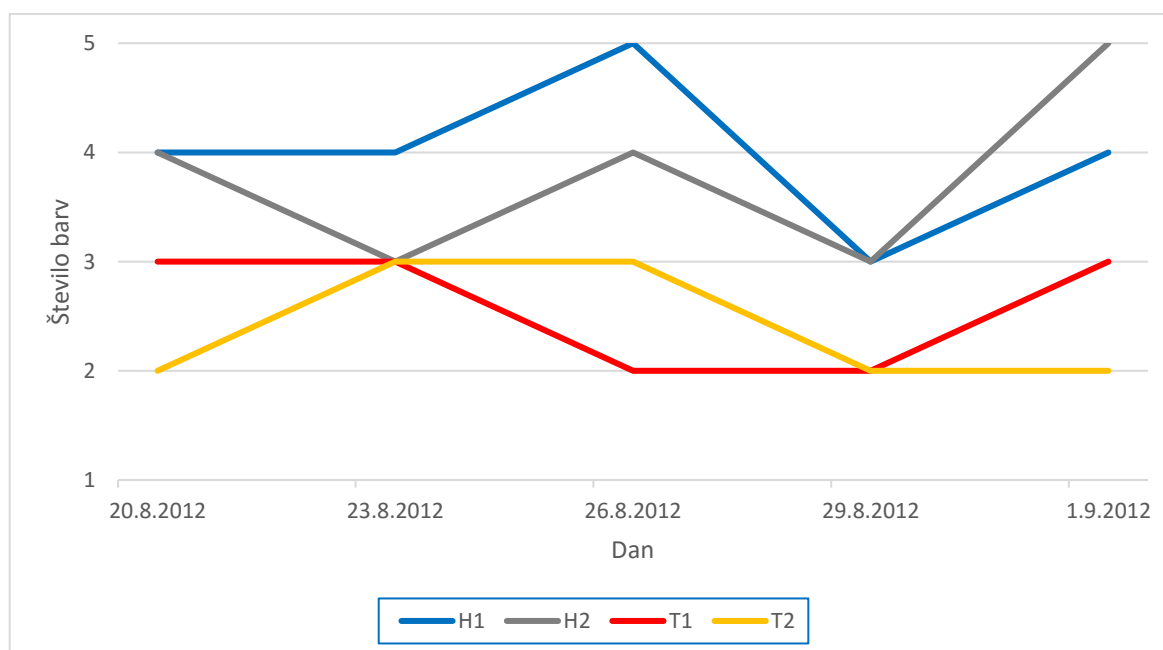
Figure 13: SW index, calculated between different orientation and different hives

Slika 13 prikazuje izračunan SW indeks, odvisen od različne orientacije satja med različnimi panji. Največjo pestrost nabranega cvetnega prahu smo ugotovili pri panju na toplo stavbo, številka 2, kjer je povprečen indeks znašal 1,21, maksimalen indeks je bil 1,60, minimalen pa 0,89. Najmanjšo pestrost nabranega cvetnega prahu smo ugotovili pri dveh panjih na hladno stavbo, številki 1 in 5, kjer je povprečen indeks znašal 0,79, maksimalen indeks je bil pri panju številka 5 in sicer 1,34, minimalen indeks je bil pri panju številka 1 in sicer 0,14. Zanimivo je, da so bile skrajne vrednosti odvisne od posameznega panja ne glede na orientacijo satja in naše raziskovalne domneve, tudi pri

izračunu povprečja vseh panjev na toplo in vseh panjev na hladno stavbo smo ugotovili, da je pestrost nabranega cvetnega prahu večja v panjih na toplo stavbo.

4.2 POSKUS 2

V drugem poskusu smo uporabili 4 prirejene nakladne panje, dva panja od tega sta imela postavitev satja na hladno stavbo, dva od tega na toplo stavbo. V tem poskusu smo ugotavljali zgolj število barv nabranega cvetnega prahu po posameznih dnevih.



Slika 14: Število barv cvetnega prahu po posameznih datumih vzorčenja

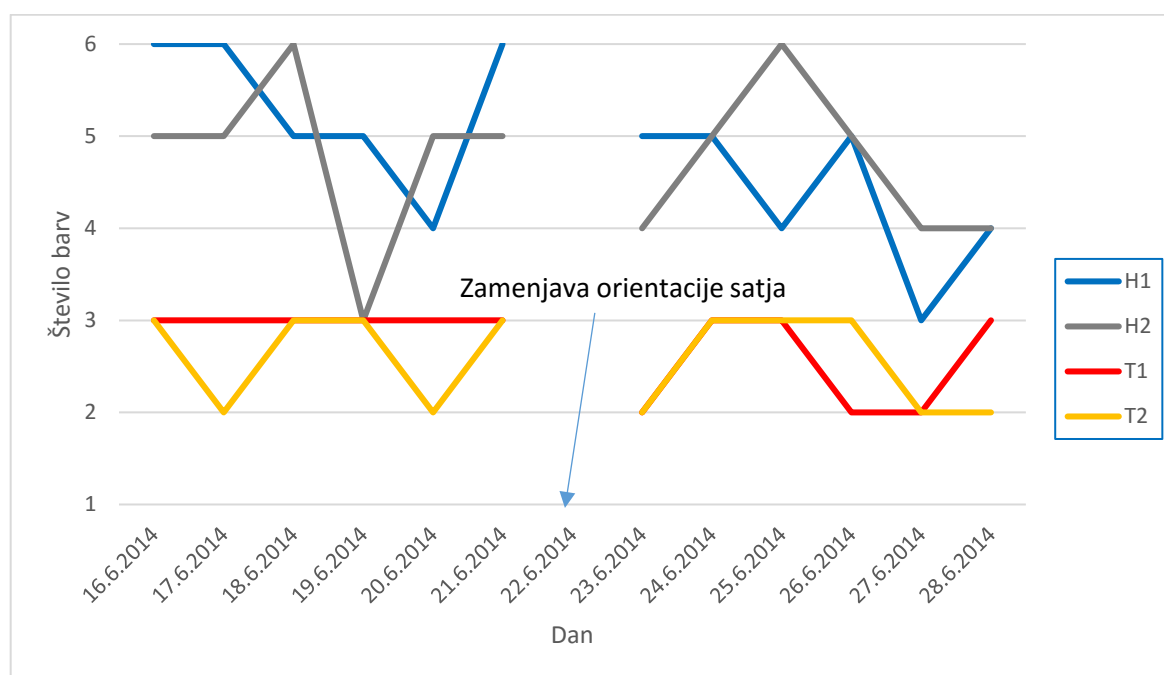
Figure 14: Number of colors of pollen for each sampling dates

Slika 14 prikazuje število barv cvetnega prahu v različnih tipih panja (hladna, topla stavba) po posameznih dnevih vzorčenja. Opazne so znatne razlike v pestrosti cvetnega prahu med hladno in toplo stavbo. Najmanjša pestrost nabranega cvetnega prahu v obeh tipih panja je bila na dan 29.8., kot posledica slabega vremena na ta dan in dan prej. Povprečno število barv nabranega cvetnega prahu vseh petih vzorčenj je bila pri hladni stavbi 3,9 različnih barv cvetnega prahu, pri topli stavbi pa 2,5 različnih barv cvetnega prahu. Na podlagi dobljenih rezultatov ugotavljamo, da so v panjih na toplo stavbo, kjer smo čebele usmerjeno vodili na satje in so čebele zgolj na enem satu s plesnim sporazumevanjem opozarjale na čebeljo pašo čebele nabirale bolj homogen cvetni prah kot v panjih na hladno stavbo. Povprečna vrednost pestrosti nabranega cvetnega prahu vseh petih vzorčenj je bila pri prvem panju na hladno stavbno (H1) 4,0 različnih barv cvetnega prahu, minimalno število barv je bilo 3 in maksimalno število je bilo 5 barv. Povprečno število barv nabranega cvetnega prahu vseh petih vzorčenj je bila pri drugem panju na hladno stavbno (H2) 3,8 različnih barv cvetnega prahu, minimalno število barv so bile 3 barve in maksimalno število je bilo 5 barv. Povprečna vrednost pestrosti nabranega cvetnega prahu vseh petih vzorčenj je bila pri prvem panju na toplo stavbno (T1) 2,6 različnih barv cvetnega prahu, minimalno število barv sta bili 2 barvi in maksimalno število so bile 3

barve. Povprečna vrednost pestrosti nabranega cvetnega prahu vseh petih vzorčenj je bila pri drugem panju na toplo stavbno (T2) 2,4 različnih barv cvetnega prahu, minimalno število barv sta bili 2 barvi in maksimalno število so bile 3 barve. Panj H1 je imel opazovan na isti dan vedno vsaj eno barvo več, kot panja na toplo stavbo. Največja razlika med panji na hladno in toplo stavbo sta bili dve barvi. V 20 primerjavah vzorčenja cvetnega prahu po posameznih panjih samo v enem primeru ni bilo razlike med hladno in toplo stavbo v številu barv nabranega cvetnega prahu (priloga A).

4.3 POSKUS 3

Tretji poskus je bil v osnovi enak drugemu. Prav tako smo uporabili 4 prirejene nakladne panje, dva panja od tega sta imela postavitev satja na hladno stavbo, dva od tega na toplo stavbo. V tem poskusu smo ugotavljali, kako sama orientacija satja vpliva na pestrost nabranega cvetnega prahu, izraženo s številom barv nabranega cvetnega prahu ali SW indeksom ter na količino nabranega cvetnega prahu.

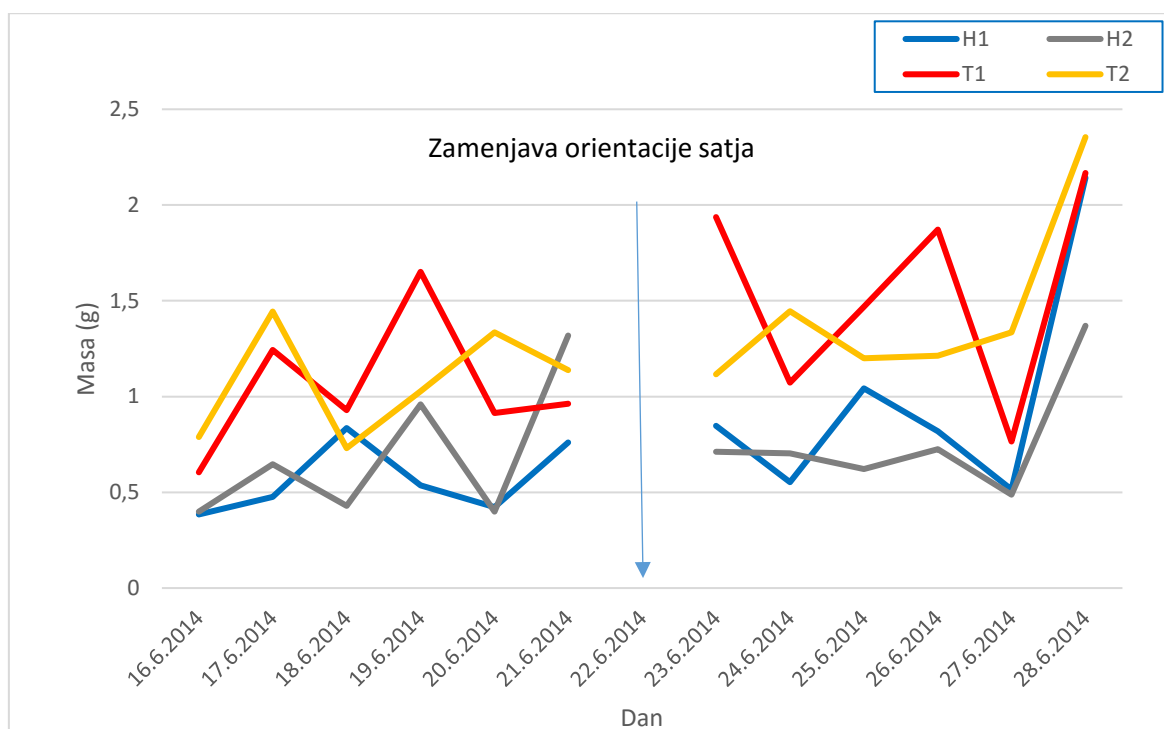


Slika 15: Število barv cvetnega prahu po posameznih datumih vzorčenja

Figure 15: Number of colors of pollen for each sampling dates

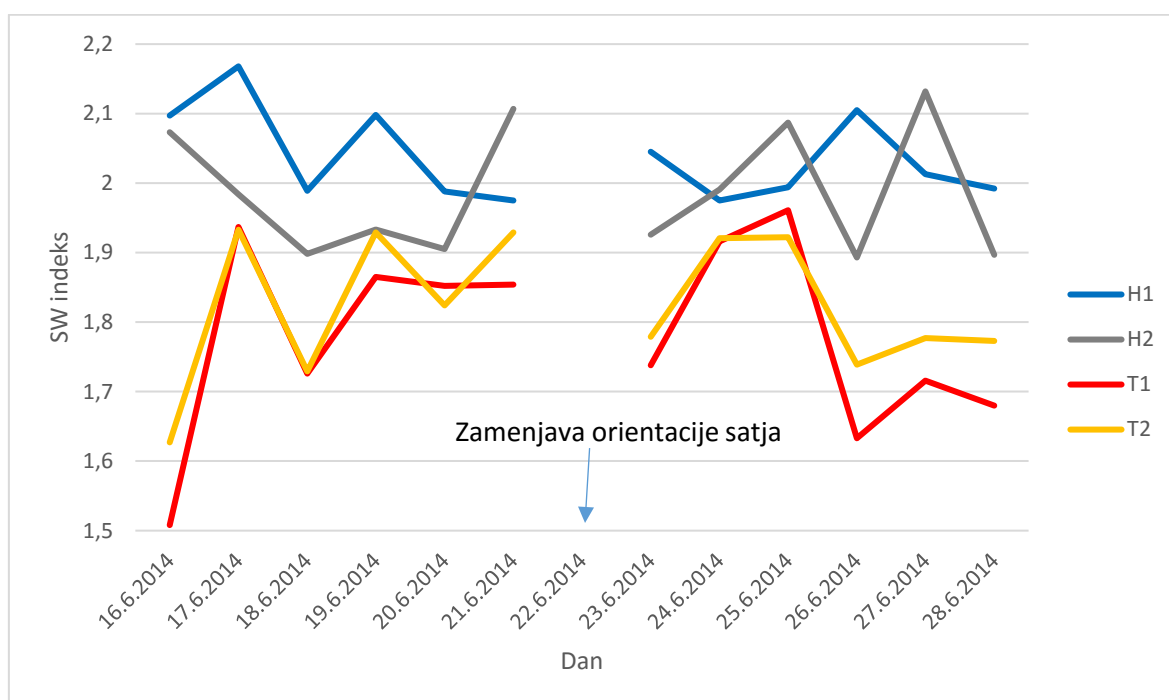
Slika 15 prikazuje povprečne vrednosti števila barv cvetnega prahu znotraj tipa panja (hladna, topla stavba) po posameznih dnevih vzorčenja. Najmanjša pestrost nabranega cvetnega prahu v obeh tipih panja je bila na dan 27.6., kot posledica slabega vremena na ta dan. Povprečna vrednost števila barv nabranega cvetnega prahu vseh dvanajst vzorčenj je bila pri hladni stavbni 4,8 različnih barv cvetnega prahu, pri topli stavbi pa 2,7 različnih barv cvetnega prahu (priloga B). Na podlagi omenjenih rezultatov ugotavljamo, da so v panjih na toplo stavbo, kjer smo čebele usmerjeno vodili na satje in so čebele zgolj na enem satu s plesno komunikacijo opozarjale na čebeljo pašo, čebele nabirale bolj homogen cvetni prah kot v panjih na hladno stavbo. S tem smo zavrnili ničelno hipotezo, ki pravi, da

je pestrost nabranega cvetnega prahu, izražena s številom barv cvetnega prahu, v panju na toplo stavbo večja kot v panju na hladno stavbo.



Slika 16: Razlika v masi nabranega cvetnega prahu po posameznih panjih v gramih
Figure 16: The difference in quantity of pollen collected by individual hives in grams

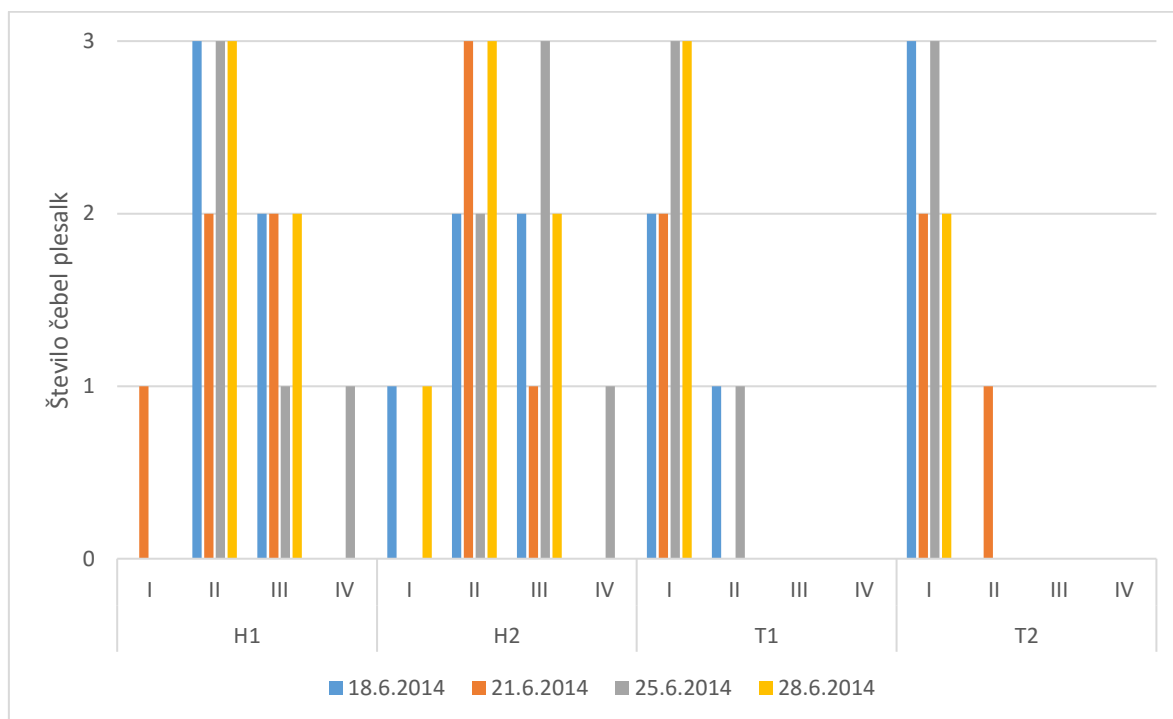
Slika 16 prikazuje količine nabranega cvetnega prahu znotraj tipa panja (hladna, topla stavba) po posameznih dnevih vzorčenja. Povprečna količina nabranega cvetnega prahu vseh dvanajstih vzorčenj je bila pri hladni stavbi 0,76 g cvetnega prahu, pri topli stavbi pa 1,28 g cvetnega prahu (priloga C). Na podlagi omenjenih rezultatov ugotavljamo, da so v panjih na toplo stavbo, kjer smo čebele usmerjeno vodili na satje in so čebele zgolj na enem satu s plesnim sporazumevanjem opozarjale na čebeljo pašo, pašne čebele nabirale količinsko več cvetnega prahu kot v panjih na hladno stavbo. S tem smo zavrnilni ničelno hipotezo, ki pravi, da je količina nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo manjša kot v panju na hladno stavbo.



Slika 47: Razlika v vrednostih SW indeksa po posameznih panjih.

Figure 17: The difference in the values of SW index by individual hives.

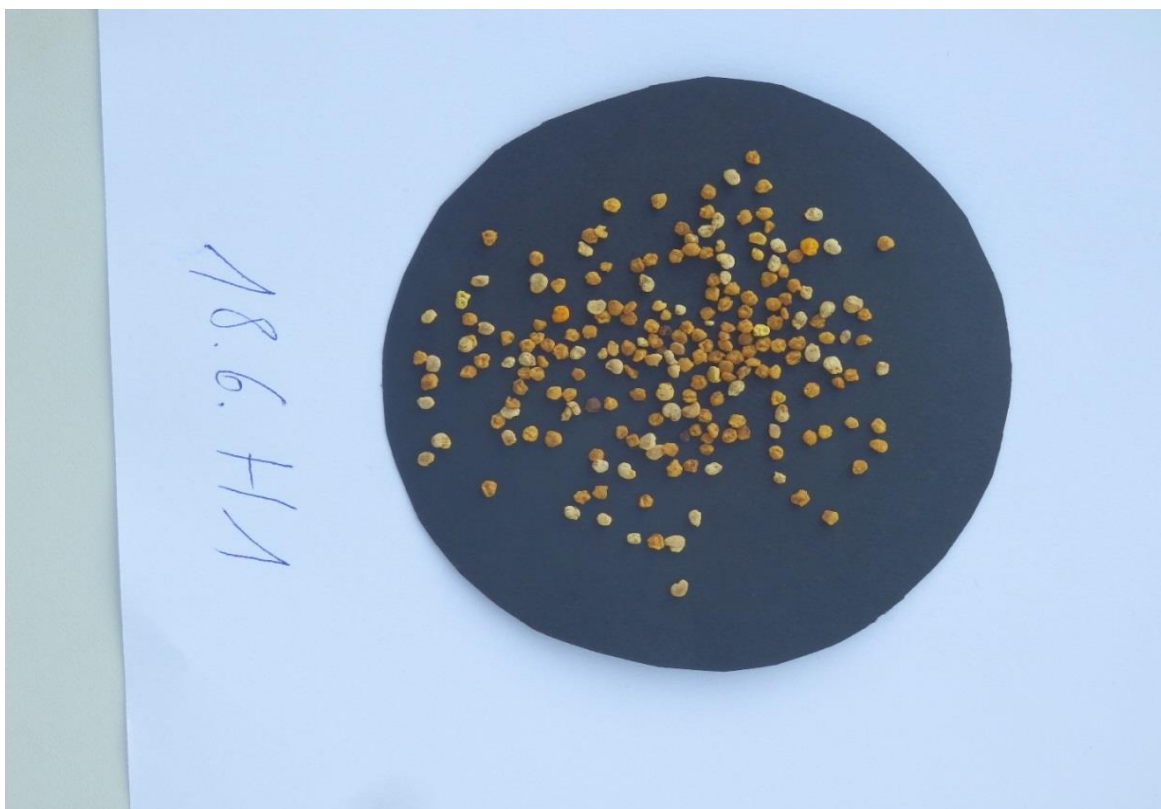
Slika 17 prikazuje vrednosti SW indeksa znotraj tipa panja (hladna, topla stavba) po posameznih dnevih vzorčenja. Opazne so znatne razlike v pestrosti cvetnega prahu med hladno in toplo stavbo. Povprečna vrednost SW indeksa znotraj tipa panja za vseh dvanajst vzorčenj je bila pri hladni stavbi 2,01, pri topli stavbi pa 1,80 (priloga D). Na podlagi omenjenih rezultatov ugotavljamo, da so v panjih na toplo stavbo, kjer smo čebele usmerjeno vodili na satje in so čebele zgolj na enem satju s plesno komunikacijo opozarjale na čebeljo pašo, čebele nabirale bolj homogen cvetni prah kot v panjih na hladno stavbo, kar smo izkazali z nižjim SW indeksom. S tem smo potrdili ničelno hipotezo, ki pravi, da je pestrost nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo manjša kot v panju na hladno stavbo.



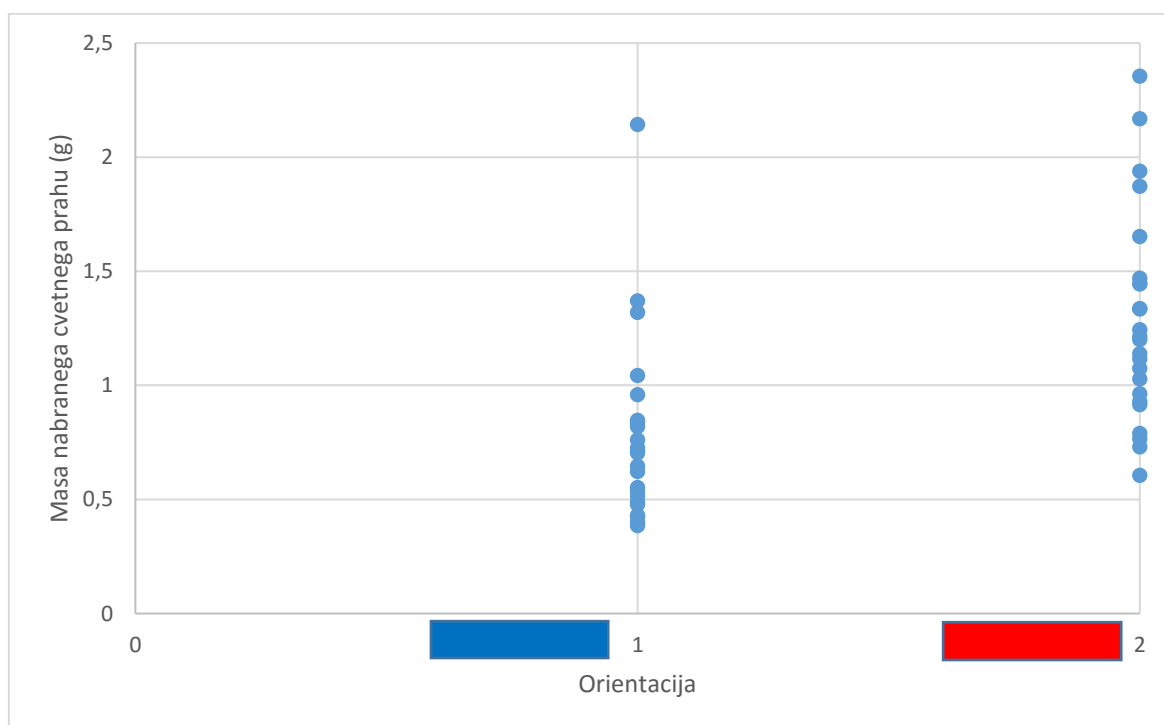
Slika 18: Število čebel plesalk na posameznem satu po posameznih panjih

Figure 18: Number of bee dancers on each comb by individual hives

Slika 18 prikazuje število čebel plesalk na posameznem satu po posameznih panjih. Pri panjih na hladno stavbo (H1 in H2) smo čebele plesalke v glavnem opazili na II in III satu, v dveh primerih smo po 1 čebelo plesalko opazili tudi na I in IV satu. Pri panjih na toplo stavbo smo plesalke opazili v glavnem na prvem satu, v treh primerih smo po eno čebelo plesalko opazili tudi na drugem satu (priloga E).



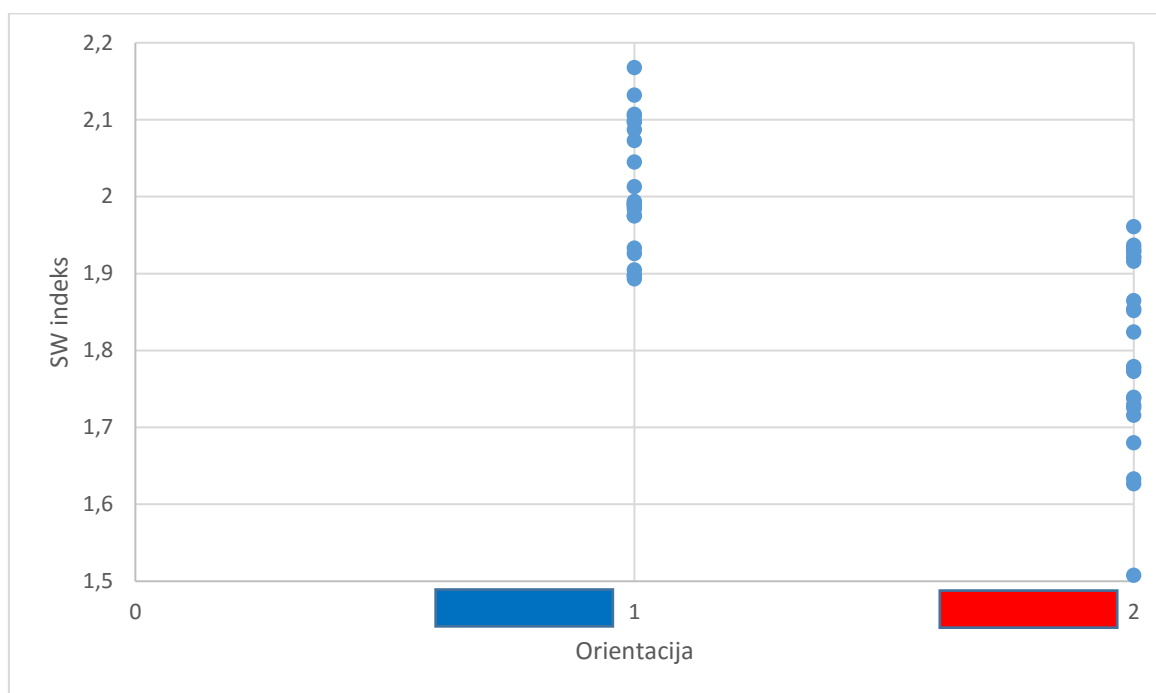
Slika 19: Priprava vzorca za fotografiranje in nadaljnjo obdelavo s programom Fiji ImageJ (foto Štular Miha)
Figure 19: Sample preparation for photography and further processing with program ImageJ Fiji (photo Štular Miha)



Slika 5: Zveza med orientacijo in količino nabranega cvetnega prahu

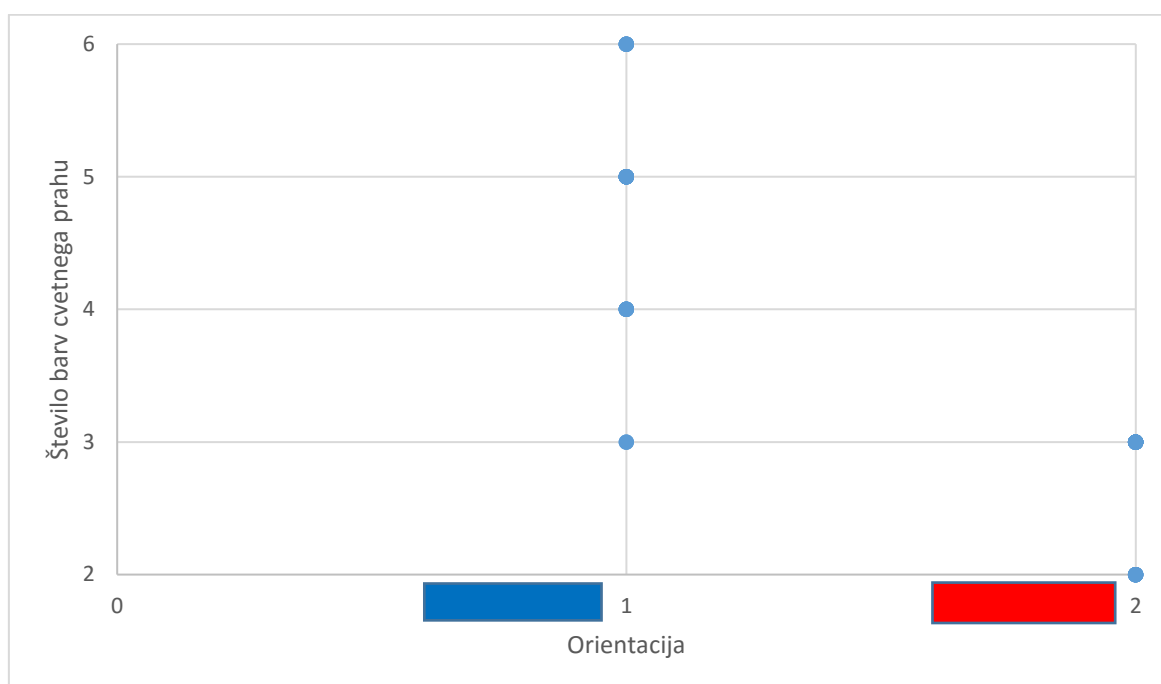
Figure 20: The correlation between orientation and the quantity of collected pollen

Slika 20 prikazuje količino nabranega cvetnega prahu kot odvisno spremenljivko ter orientacijo satja kot sistematski vpliv v modelu. Večja količina nabranega cvetnega prahu je pri orientaciji 2, ki predstavlja panje na toplo stavbo. Čebele v panjih na toplo stavbo nabirajo bolj homogen cvetni prah in v večjih količinah, pri panjih na hladno stavbo nabirajo bolj pester cvetni prah ter v manjših količinah. Razlika je statistično značilna ($p=0,0001$).



Slika 21: Zveza med orientacijo in pestrostjo nabranega cvetnega prahu, izraženo s SW indeksom
Figure 21: The correlation between orientation and the the SW index of collected pollen

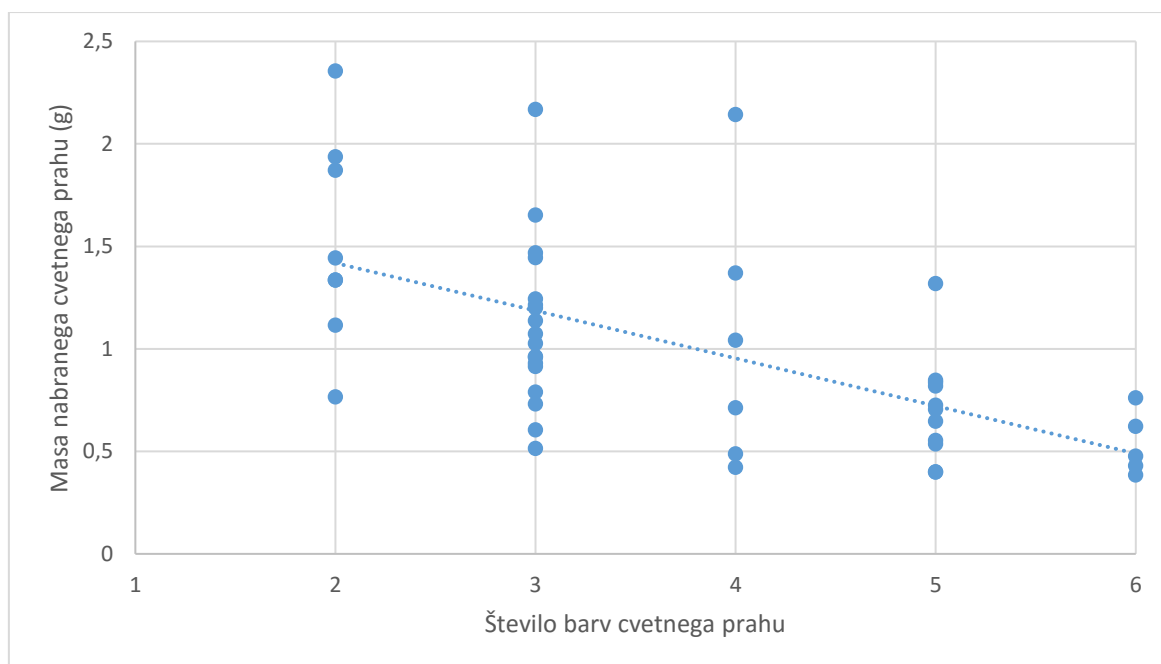
Slika 21 prikazuje Shannon–Wienerjev diverzitetni indeks kot odvisno spremenljivko ter orientacijo satja kot sistematski vpliv v modelu. Pri panjih na hladno stavbo (orientacija 1) je SW indeks višji, kar pomeni, da čebele v panjih na hladno stavbo nabirajo bolj pester cvetni prah na račun njihovega razpršenega gibanja po satju in s pašo povezane plesne komunikacije. Nasprotno pa pri panjih na toplo stavbo (orientacija 2), kjer čebele usmerjeno vodimo na satje zgolj na majhni površini satja, čebele nabirajo bolj homogen cvetni prah, zato je tudi SW indeks ustrezno nižji. Razlika je statistično značilna ($p<0,0001$).



Slika 22: Zveza med orientacijo in pestrostjo nabranega cvetnega prahu

Figure 22: The correlation between orientation and diversity of collected pollen

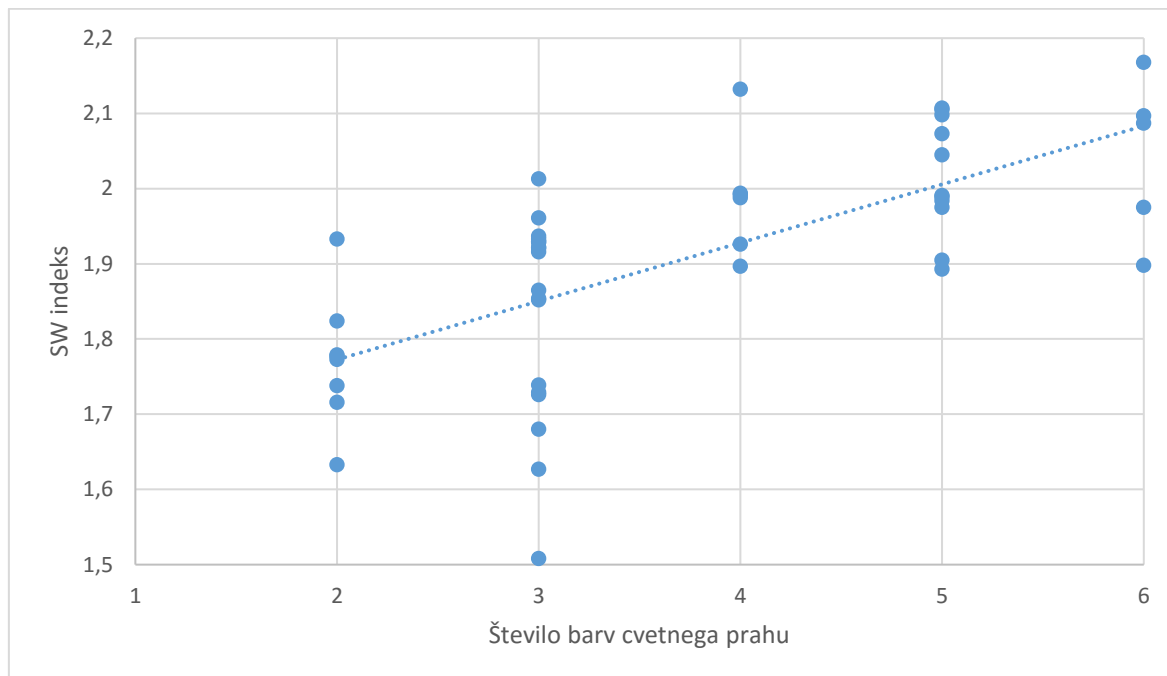
Slika 22 prikazuje število barv nabranega cvetnega prahu kot odvisno spremenljivko ter orientacijo satja kot sistematski vpliv v modelu. Večje število barv nabranega cvetnega prahu je pri orientaciji 1, ki predstavlja panje na hladno stavbo. Čebele v panjih na toplo stavbo nabirajo bolj homogen cvetni prah medtem, ko pri panjih na hladno stavbo nabirajo bolj pester cvetnih prah. Razlika je statistično značilna ($p < 0,0001$).



Slika 6: Zveza med številom barv in količino nabranega cvetnega prahu

Figure 23: The correlation between number of colors and quantity of the collected pollen

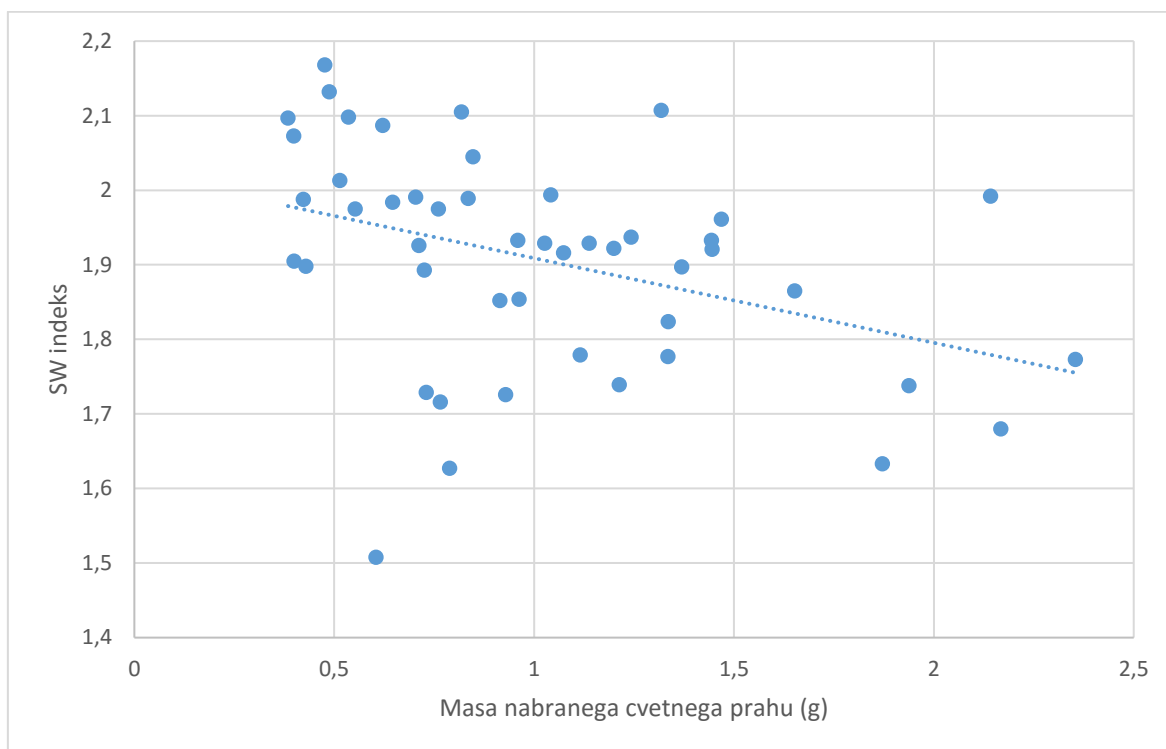
Slika 23 prikazuje količino nabranega cvetnega prahu, ki je v negativni zvezi s številom barv cvetnega prahu pri ročnem sortiranju. Večja, kot je količina nabranega cvetnega prahu, manjše je število barv cvetnega prahu oziroma manjša je pestrost nabranega cvetnega prahu. Razlika je statistično značilna ($p < 0,0001$).



Slika 24: Zveza med številom barv in SW indeksom nabranega cvetnega prahu

Figure 24: The correlation between the number of colors and the SW index of collected pollen

Slika 24 prikazuje Shannon–Wienerjev diverzitetni indeks, ki je v pozitivni zvezi s številom barv cvetnega prahu. Večje, kot je število barv cvetnega prahu v vzorcu, višji je SW indeks. To kaže na neposredno povezavo med številom barv cvetnega prahu in raznolikostjo nabranega cvetnega prahu. Razlika je statistično značilna ($p < 0,0001$).



Slika 25: Odvisnost SW indeksa od mase nabranega cvetnega prahu v vzorcu

Figure 25: The correlation between the quantity of collected pollen and SW index

Slika 25 prikazuje Shannon–Wienerjev diverzitetni indeks, ki je v negativni zvezi s količino nabranega cvetnega prahu. Večja, kot je količina nabranega cvetnega prahu, manjši je SW indeks. Pri čebeljih družinah, ki nabirajo večjo količino cvetnega prahu je pestrost nabranega cvetnega prahu manjša. Razlika je statistično značilna ($p=0,0064$).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

- Nabiranje cvetnega prahu ni odvisno od deleža nepokrite zalege v panju

Delež nepokrite zalege v panju je ključni mehanizem, ki v čebelji družini sproži potrebo po nabiranju cvetnega prahu. Glede na visoke prehranske potrebe, predvsem po beljakovinski hrani, ličink čebel delavk, matic in trotoev, se sorazmerno z večanjem deleža nepokrite zalege v panju pojavi tudi nabiranje cvetnega prahu za zadovoljevanje prehranskih potreb. Skladiščenje cvetnega prahu je v čebelji družini odvisno od potreb čebelje družine. Količina skladiščenega cvetnega prahu, mlada nepokrita zalega ter dovolj praznih celic za skladiščenje cvetnega prahu direktno zagotavljajo pomembne dražljaje za nabiranje cvetnega prahu, medtem, ko ostali mehanizmi za nabiranje cvetnega prahu niso poznani (Dreller in sod., 1998). Odločitev za nabiranje cvetnega prahu je pri čebelah povezana s količino zalege, količino skladiščenega cvetnega prahu, kot tudi z genotipom čebel nabiralk in razpoložljivostjo cvetnega prahu v naravi. S pomočjo feromonov, ki jih oddaja čebelja zalega, se stimulira nabiranje cvetnega prahu. Z dodajanjem feromonov čebelje zalege se v čebelji družini poveča število nabiralk cvetnega prahu (Pankiw in sod., 1998). Dejavniki, ki odločilno vplivajo na nabiranje cvetnega prahu v čebelji družini so naslednji; prisotnost nepokrite čebelje zalege pospešuje in povečuje nabiranje cvetnega prahu, nabiralke nektarja se preusmerjajo v nabiranje cvetnega prahu, za nabiranje cvetnega prahu sta pomembna tako vonj, kot taktilni dražljaj čebele nabiralke z mlado nepokrito zalego. Pri tem je najpomembnejši stik čebele z mlado nepokrito zalego. V primeru, da čebele do nepokrite zalege ne morejo dostopati, se nabiranje cvetnega prahu kljub feromonu, ki ga oddaja nepokrita zalega zmanjša, čebele pa se preusmerijo v nabiranje nektarja. Čeprav prisotnost zalege v vseh stadijih povečuje nabiranje cvetnega prahu, je le to večje, če je razmerje med nepokrito in pokrito zalego v korist nepokrite zalege. Pomemben dejavnik je tudi prisotnost matice v panju. V kolikor matice v panju ni, ne glede na količino odkrite ali pokrite zalege, se poveča nabiranje nektarja ter zmanjša nabiranje cvetnega prahu. Z dodajanjem cvetnega prahu čebelji družini se poveča nabiranje nektarja, hkrati pa se zmanjša nabiranje cvetnega prahu (Free, 2006). Povezavo med količino nabranega cvetnega prahu in deležem nepokrite zalege v panju smo testirali v našem prvem poskusu. Na osnovi analize variance smo izračunali visoko pozitivno korelacijo med količino nabranega cvetnega prahu in količino nepokrite zalege ($p < 0,0001$). S tem smo zavrnili našo hipotezo, da nabiranje cvetnega prahu ni odvisno od deleža nepokrite zalege v panju. Nepokrita čebelja zalega je dražljaj za nabiranje cvetnega prahu, kar potrjujejo tudi raziskave Tsurude in Page (2009), ki sta ugotovila, da je odločitev za nabiranje cvetnega prahu v čebelji družini pogojena z dvema dražljajema; prisotnostjo mladih čebeljih ličink in s tem feromona čebelje zalege, ter količino skladiščenega cvetnega prahu. Obstajajo pa tudi genetske razlike za nabiranje cvetnega prahu med posameznimi družinami, ki so v tesni interakciji z nepokrito čebeljo zalego. Čebelje družine, ki nabirajo veliko cvetnega prahu, so bolj občutljive na prisotnost nepokrite čebelje zalege in s tem feromona čebelje zalege, ki je ključni dražljaj za nabiranje cvetnega prahu.

- Pestrost in količina nabranega cvetnega prahu se ne razlikuje glede na orientacijo satja

Čebele se orientirajo glede na položaj žrela čebeljega panja. V panjih na hladno stavbo je čebelje gnezdo dokaj enakomerno porazdeljeno levo in desno od žrela, v panjih na toplo stavbo pa je plodišče bližje žrelu, medišče pa je od žrela najbolj oddaljeno. Rezultati našega tretjega poskusa so pokazali, da sta tako pestrost, kot tudi količina nabranega cvetnega prahu odvisni od orientacije satja. Čebele so v panjih na toplo stavbo nabirale bolj homogen cvetni prah, nabrale pa so ga večjo količino v primerjavi s panji na hladno stavbo, kjer so čebele nabirale bolj pester cvetni prah, vendar so ga nabrale količinsko manj. Pri panjih na hladno stavbo je bil izračunani SW indeks višji, kar pomeni, da so čebele v panjih na hladno stavbo nabirale bolj pester cvetni prah na račun njihovega razpršenega gibanja po satju in s pašo povezane plesne komunikacije. Nasprotno pa so pri panjih na toplo stavbo, kjer smo čebele usmerjeno vodili na satje zgolj na majhni površini satja, čebele nabirale bolj homogen cvetni prah, zato je tudi izračunani SW indeks ustrezno nižji. Razlika je statistično značilna ($p=0,0239$). S tem smo zavrnili našo hipotezo, da se pestrost in količina nabranega cvetnega prahu ne razlikuje glede na orientacijo satja. Rezultati so skladni z raziskavo, ki sta jo izvedli Donaldson-Matasci in Dornhaus (2014) ki sta ugotavljali, da se v skupini čebel, ki se skupinsko odločajo za vir paše, znotraj panja izboljša nabiralna sposobnost čebel s ciljno usmeritvijo na najbolj izdatne paše. Specializiran čebelji ples, kot način medsebojnega sporazumevanja čebel, je daljši kolikor bolj izdaten in kakovosten je pašni vir, s tem pa se manjša celoten izbor pašnih virov, za katere se odločajo nabiralke v posamezni čebelji družini. V raziskavi sta ugotovili, da so čebelje družine z dobrim plesnim sporazumevanjem, kar v našem poskusu lahko enačimo s panji na toplo stavbo, kjer pašne čebele dejansko usmerjamo zgolj na majhno površino bolj enotne pri izbiri pašnega vira, medtem, ko čebelje družine z motenim plesnim sporazumevanjem, kar v našem poskusu lahko enačimo s panji na hladno stavbo, kjer pašne čebele usmerjamo na večjo površino, več satov in je zato plesno sporazumevanje precej bolj oteženo, nabirajo več različnih vrst cvetnega prahu. Prav tako sta pokazali, da družine, ki obiskujejo večje število različnih pašnih virov, prinesejo skupno manj cvetnega prahu, vendar to velja le za območja z veliko pestrostjo različnih cvetov.

- Količina nabranega cvetnega prahu se po obdobju slabega vremena ne poveča

Matica v času krajšega slabega vremena nemoteno zalega, medtem, ko čebele delavke zaradi slabega vremena ne morejo izletavati na pašo. Tako v panju nastaja vedno več nepokrite zalege, ki za nemoten razvoj potrebuje cvetni prah. Ob prvem možnem izletu čebele nabiralke cvetnega prahu tako skušajo nadoknaditi zamujeno nabiranje cvetnega prahu. Povezavo med zmožnostjo izleta pašnih čebel in količino nabranega cvetnega prahu smo testirali v našem tretjem poskusu. Dne 27.6.2014 je bilo slabo vreme, zato so čebele v panje prinesle količinsko precej manj cvetnega prahu, kot na običajen dan, v panjih na hladno stavbo v povprečju 0,501 g, v panjih na toplo stavbo pa v povprečju 1,050 g. Naslednji dan se je vreme izboljšalo, čebele so preko celega dneva izletavale na pašo, tako so v panjih na hladno stavbo prinesle v povprečju 1,756 g oziroma za 1,255 g več kot prejšnji dan, v panjih na toplo stavbo pa so prinesle v povprečju 2,261 g oziroma za 1,211 g več kot prejšnji dan, kar zavrača našo hipotezo, da se po obdobju slabega vremena ne poveča količina nabranega cvetnega prahu v čebelji družini.

- Med čebeljimi družinami ni razlik v naboru medonosnih rastlin pri nabiranju cvetnega prahu

Odločitev za nabiranje cvetnega prahu je določena znotraj posamezne čebelje družine. Pričakovati je, da se izoblikuje značilen vzorec pašne aktivnosti znotraj posamezne čebelje družine, zlasti v pogostosti obiskov redkejših vrst medonosnih rastlin. Odločitev za nabiranje cvetnega prahu v čebelji družini je pogojena z dvema dražljajema; prisotnostjo mladih čebeljih ličink in s tem feromona čebelje zalege, ter količino skladiščenega cvetnega prahu. Obstajajo pa tudi genetske razlike za nabiranje cvetnega prahu med posameznimi družinami, ki so v tesni medsebojni povezavi z nepokrito čebeljo zalego. Čebelje družine, ki nabirajo veliko cvetnega prahu, so bolj občutljive na prisotnost nepokrite čebelje zalege in s tem feromona čebelje zalege, ki je ključni dražljaj za nabiranje cvetnega prahu (Tsuruda, 2009). Za merjenje razliknosti se v ekologiji uporabljajo indeksi, ki nam povejo kako podobni ali različni so si vzorci med seboj. Na primer, Bray Curtisov indeks upošteva tako prisotnost posameznih vrst kot tudi njihovo pogostost (Krebs, 1999). Rezultati našega prvega poskusa kažejo na razlike v naboru medonosnih rastlin pri nabiranju cvetnega prahu. Povprečni Bray–Curtisov indeks znotraj panjev na hladno stavbo je bil 0,11, kar pomeni, da so si bili vzorci med seboj podobni v 89 odstotkih. Povprečni Bray–Curtisov indeks znotraj panjev na toplo stavbo je bil 0,10, kar pomeni, da so si bili vzorci med seboj podobni v 90 odstotkih. Povprečni Bray–Curtisov indeks med panji na hladno in toplo stavbo je bil 0,15, kar pomeni, da so si bili vzorci med seboj podobni v 85 odstotkih. Med seboj najbolj podobni so si bili vzorci v panjih na toplo stavbo in to kar v 90 odstotkih. S tem smo zavrnili našo hipotezo, da med čebeljimi družinami ni razlik v naboru medonosnih rastlin pri nabiranju cvetnega prahu.

- Razlike v pestrosti nabranega cvetnega prahu niso odvisne od količine nabranega cvetnega prahu

Pričakovali smo, da bodo čebelje družine z manjšimi količinami nabranega cvetnega prahu med seboj bolj različne v pestrosti nabranega cvetnega prahu, kot pa družine, ki bodo nabrale večje količine cvetnega prahu. Čebele se o izboru paše odločajo na podlagi plesnega obnašanja, bolj, kot so sporočila o različnih pašnih virih razpršene znotraj panja, širši je izbor paše in hkrati večja je pestrost nabranega cvetnega prahu na račun količine nabranega cvetnega prahu. Nasprotno pa slabše sporazumevanje znotraj panja glede razpoložljivih pašnih virov čebele usmerjeno vodi le na nekaj pašnih virov, zato je pestrost nabranega cvetnega prahu manjša, poveča pa se količina nabranega cvetnega prahu, saj čebele ne izgubljajo časa z iskanjem novih pašnih virov, pač pa se osredotočijo zgolj na poznane. To smo ugotovili tudi v našem tretjem poskusu. Večja, kot je količina nabranega cvetnega prahu, manjši je SW indeks. Pri čebeljih družinah, ki nabirajo večjo količino cvetnega prahu je pestrost nabranega cvetnega prahu manjša. Razlika je statistično značilna ($p=0,0315$). S tem smo zavrnili našo hipotezo, da razlike v pestrosti nabranega cvetnega prahu niso odvisne od količine nabranega cvetnega prahu. Zanimivo je dejstvo, kako pestrost cvetnega prahu vpliva na dolgoživost čebel. Di Pasquale je s sodelavci (2013) ugotavljal vpliv krmljenja ene vrste cvetnega prahu in več vrst cvetnega prahu na fiziologijo mladih čebel in na odpornost na črevesnega zajedavca *Nosema ceranae*. Rezultati so pokazali, da so čebele, ki so bile okužene s črevesnim zajedavcem *Nosema*

ceranae in so bile krmljene s cvetnim prahom različnih vrst rastlin živele dlje kot čebele, ki so bile krmljene s cvetnim prahom le z ene vrste rastlin.

- Plesno sporazumevanje čebel v odvisnosti od orientacije satja ne vpliva na pestrost nabranega cvetnega prahu

Pričakovali smo, da bo porazdelitev čebel plesalk v panjih na toplo stavbo osredotočena na prvi sat z nepokrito zalego, zaradi večje številčnosti plesalk na enem satu bo tudi odločitev za nabiranje cvetnega prahu bolj enotna, zato bo pestrost nabranega cvetnega prahu v panju na toplo stavbo manjša v primerjavi s panji na hladno stavbo, kjer bo porazdelitev čebel plesalk bolj enakomerna na vseh satih z nepokrito zalego. To se sklada z navedbami Donaldson-Matasci in Dornhaus (2014), ki sta ugotavljali, da se v skupini čebel, ki se skupinsko odločajo za vir paše, znotraj panja izboljša njihova nabiralna sposobnost s ciljno usmeritvijo na najbolj izdatne paše. V raziskavi sta ugotovili, da so čebelje družine z dobro plesno komunikacijo bolj enotne pri izbiri pašnega vira, medtem, ko čebelje družine z moteno plesno komunikacijo nabirajo več različnih vrst cvetnega prahu. Navedbe iz znanstvene literature smo potrdili v našem tretjem poskusu. Pri panjih na hladno stavbo je bil izračunani SW indeks višji, kar pomeni, da so čebele v panjih na hladno stavbo nabirale bolj pester cvetni prah na račun njihovega razpršenega gibanja po satju in s pašo povezane plesne komunikacije. Nasprotno pa so pri panjih na toplo stavbo, kjer smo čebele usmerjeno vodili na satje zgolj na majhni površini satja, čebele nabirale bolj homogen cvetni prah, zato je tudi izračunani SW indeks ustrezno nižji. Razlika je statistično značilna ($p=0,0239$). S tem smo tudi zavrnili našo hipotezo, da plesno sporazumevanje čebel v odvisnosti od orientacije satja ne vpliva na pestrost nabranega cvetnega prahu.

5.2 SKLEPI

Iz dobljenih rezultatov lahko sklepamo:

- Nabiranje cvetnega prahu je odvisno od deleža nepokrite zalege v panju. Več, kot je v panju nepokrite zalege, večje količine cvetnega prahu čebele prinašajo v panj.
- Pestrost in količina nabranega cvetnega prahu se razlikuje glede na orientacijo satja. V panjih na hladno stavbo čebele zaradi njihovega razpršenega gibanja po satju v panj prinašajo bolj pester cvetni prah v majhnih količinah, medtem, ko v panjih na toplo stavbo nabirajo bolj homogen cvetnih prah v večjih količinah.
- Po obdobju slabega vremena se poveča količina nabranega cvetnega prahu. Matica v panju zalega ne glede na vreme z dokaj enakomernim tempom, pašne čebele v primeru slabega vremena ne izletavajo in v panj ne prinašajo svežega cvetnega prahu, zato se ob prvem možnem izletnem dnevu poveča količina nabranega cvetnega prahu za oskrbo čebelje zalege.
- Med čebeljimi družinami so razlike v naboru medonosnih rastlin pri nabiranju cvetnega prahu. Na to vplivata količina skladiščenega cvetnega prahu ter prisotnost nepokrite čebelje zalege.
- Razlike v pestrosti nabranega cvetnega prahu so odvisne od količine nabranega cvetnega prahu. Večja, kot je količina nabranega cvetnega prahu, manjša je pestrost le tega.
- Plesno sporazumevanje čebel v odvisnosti od orientacije satja vpliva na pestrost nabranega cvetnega prahu. Prenos informacij o pašnih virih je pri čebelah v panjih na toplo stavbo osredotočen zgolj na majhno površino satja, zato večina čebel v panju prejme informacijo o istem pašnem viru, tako je tudi pestrost nabranega cvetnega prahu manjša. Ravno obratno je v panjih na hladno stavbo, kjer čebele nabirajo bolj pester cvetni prah.

6 POVZETEK (SUMMARY)

6.1 POVZETEK

Čebele delavke imajo specifične potrebe po hranilnih snoveh. Ustrezno razviti prehranjevalni mehanizmi zagotavljajo ličinkam in odraslim osebkom ustrezno preskrbljenost s hranilnimi snovmi. Za nemoten razvoj in obstoj čebelje družine je zato zadostna preskrba s cvetnim prahom ključen dejavnik, ki preprečuje razvojne motnje čebel v družini. V čebelji družini so mehanizmi za usmerjanje čebel na nabiranje cvetnega prahu, njihova učinkovitost pa je odvisna glede na plesno sporazumevanje, s katero čebele sporočajo prisotnost in oddaljenost pašnih virov. V čebelji družini je v praksi opazna velika raznolikost pri vrstni sestavi cvetnega prahu, kar lahko pomembno prispeva k kakovosti nabranih zalog cvetnega prahu. Ključno vlogo pri nabiranju hrane v čebelji družini igra prenos informacij med čebelami delavkami oziroma plesno sporazumevanje čebel delavk. To je ugotovil že von Frisch (1967), ki navaja, da vloga pašnih čebel ni le v tem, da zbirajo hrano za svojo čebeljo družino, pač pa v procesu naravne selekcije delujejo tudi kot senzorični organ, ki zbira informacije, povezane z lokacijo in izdatnostjo mesta čebelje paše. Preko čebeljega plesa informacije o pašnih virih prenašajo na ostale čebele v panju.

Za pridobitev podatkov o vplivu orientacije satja v panju na pestrost in količino nabranega cvetnega prahu smo izvedli tri različne poskuse, prvega v letu 2009 z desetimi raziskovalnimi panji, drugega v letu 2012 s štirimi raziskovalnimi panji ter tretjega v letu 2014, prav tako s štirimi raziskovalnimi panji. V vseh treh poskusih smo panje razdelili glede na orientacijo satja v panju na panje na hladno stavbo, kjer je satje obrnjeno vzporedno na žrelo panja in na panje na toplo stavbo, kjer je satje obrnjeno prečno na žrelo panja. Panji so bili v vseh treh poskusih postavljeni v parih; panj na toplo stavbo skupaj s panjem na hladno stavbo. Na žrela panjev smo namestili smukalnike cvetnega prahu in tako v času trajanja posameznega poskusa v določenih periodah ali vsakodnevno pobirali cvetni prah posameznim čebeljim družinam.

V našem prvem poskusu smo na osnovi analize variance izračunali visoko pozitivno korelacijo med količino nabranega cvetnega prahu in količino nepokrite zalege ($p < 0,0001$). Delež nepokrite zalege v panju je ključni mehanizem, ki v čebelji družini sproži potrebo po nabiranju cvetnega prahu.

V našem tretjem poskusu smo poleg ugotavljanja vpliva orientacije satja na pestrost in količino nabranega cvetnega prahu spremljali tudi število čebel plesalk na posameznem satu po posameznih panjih. Pri panjih na hladno stavbo (H1 in H2) smo čebele plesalke v glavnem opazili na II in III satu, v dveh primerih smo po 1 čebelo plesalko opazili tudi na I in IV satu. Pri panjih na toplo stavbo smo plesalke opazili v glavnem na prvem satu, v treh primerih smo po eno čebelo plesalko opazili tudi na drugem satu. Rezultati pojasnjujejo naše domneve, da gre v panjih na toplo stavbo za bolj homogeno sporazumevanje o lokaciji čebelje paše, temu primerna pa je potem tudi manjša pestrost nabranega cvetnega prahu.

Pri ugotavljanju vpliva orientacije satja na pestrost in količino nabranega cvetnega prahu smo izračunali statistično značilno razliko ($p=0,0001$) med količino nabranega cvetnega

prahu kot odvisno spremenljivko ter orientacijo satja kot sistematskim vplivom v modelu. Večja količina nabranega cvetnega prahu je bila pri orientaciji 2, ki predstavlja panje na toplo stavbo. Čebele v panjih na toplo stavbo so nabirale bolj homogen cvetni prah in v večjih količinah, pri panjih na hladno stavbo pa so nabirale bolj pester cvetnih prah ter v manjših količinah.

Ravno tako smo določili statistično značilno razliko ($p < 0,0001$) med Shannon–Wienerjevim diverzitetnim indeksom, ki izraža pestrost nabranega cvetnega prahu in je odvisna spremenljivka ter orientacijo satja kot sistematskim vplivom v modelu. Pri panjih na hladno stavbo (orientacija 1) je bil SW indeks višji, kar pomeni, da so čebele v panjih na hladno stavbo nabirale bolj pester cvetni prah na račun njihovega razpršenega gibanja po satju in s pašo povezane plesne komunikacije. Nasprotno pa so pri panjih na toplo stavbo (orientacija 2), kjer smo čebele usmerjeno vodili na satje zgolj na majhni površini satja, čebele nabirale bolj homogen cvetni prah, zato je bil tudi SW indeks ustrezno nižji.

6.2 SUMMARY

Worker bees have specific nutritional needs. Bees developed nutritional mechanisms for supplying larvae and worker bees with nutrients. Growth of a bee colony depends on the supply of the pollen, which also prevents developmental disorders within a bee colony. Bees collect pollen because of their specific mechanisms. Quality of the collected pollen depends on pollen's botanical origin. Dance communication in a bee colony is the most important stimulus for gathering the food. Von Frisch (1967) found out the correlation between the dance communication and the bee pasture. With dance communication bees spread informations about the bee pasture.

We made three different experiments to obtain information about the effect of the honey comb orientation on the diversity and the quantity of the collected pollen. First experiment was done in 2009 with 10 bee hives, second and third experiments were done in 2012 and 2014 with 4 bee hives. In all three experiments, half of the beehives were warm way oriented, while the other half were cold way oriented bee hives. They were placed in pairs; warm way together with cold way. Pollen traps were placed at the entrance of the hives, pollen was collected periodically.

In our first experiment, high positive correlation between the quantity of the collected pollen and the un-sealed bee brood was determined ($p < 0.0001$). Quantity of the un-sealed bee brood is stimulus for collecting pollen in a bee colony.

In our second and third experiment we determined the effect of the honey comb orientation on the diversity and the quantity of the collected pollen. In our third experiment we also counted the number of the bee dancers on the individual combs in different bee hives. In the cold way bee hives bee dancers were noticed mainly on the second and the third comb, in two cases one bee dancer was seen also on the first and the fourth comb. In warm way bee hives bee dancers were mainly noticed on the first comb, in all three cases, one bee dancer was seen on second comb. The results confirm our hypothesis that the warm way bee hives have more homogeneous communication about location of bee pasture, therefore the collected pollen is also more homogeneous.

Statistically significant difference ($p = 0.0001$) between the quantity of the collected pollen as the dependent variable and the orientation of the comb as an independent variable was determined. In the warm way bee hives more and more homogeneous pollen was collected, while in the cold way bee hives, bees collected less and also more different pollen.

Statistically significant difference ($p < 0.0001$) between Shannon-Wiener diversity index as the dependent variable, which reflects the diversity of the collected pollen and the orientation of comb as an independent variable was determined. Shannon-Wiener diversity index was higher in the cold way bee hives, which means that bees in the cold way bee hives collected more variable pollen because of their dispersed movement on the comb, related to the dance communication. Shannon-Wiener diversity index was lower in warm way, bees collected more homogeneous pollen and the dance communication was limited to small area.

7 VIRI

- Adam B. 1954. Insearch of the best strains of bees: second journey. *Bee World*, 35: 193-203
- Adgaba N., Ahmad A. A., Mebrat H. C., Yahya A. A., Mohammad J. A., Sarah E. R., Randall H. H. 2012. An experiment on comb orientation by honey bees (Hymenoptera:Apidae) in traditional hives. *Journal of Economic Entomology*, 105: 777-782
- Andrada A. C., Telleria M. C. 2005. Pollen collected by honey bees (*Apis mellifera* L.) from south of Calde district (Argentina): botanical origin and protein content. *Grana*, 44: 115-144
- Bastič M., Leskovar Špacapan G., Čančer V. 2008. Gradivo za vaje pri predmetu Metode raziskovanja bolonjskega magistrskega študijskega programa »Ekonomске in poslovne vede« na Ekonomsko-poslovni fakulteti Univerze v Mariboru. Maribor, Univerza v Mariboru, Ekonomsko-poslovna fakulteta Maribor: 46 str.
- Božič, J., Abramson, C. L., Benedičič, M. 2006. Reduced ability of ethanol drinkers for social communication in honeybees (*Apis mellifera carnica* Poll.). *Alcohol*, 38: 179-183
- Božič J. 2008a. Življenje čebel. V: Slovensko čebelarstvo v tretje tisočletje 2. Zdešar P. (ur.). Ljubljana, ČZS: 112-137
- Božič J. 2008b. Prehrana čebel. V: Slovensko čebelarstvo v tretje tisočletje 2. Zdešar P. (ur.). Ljubljana, ČZS: 137-142
- Bray J. R., Curtis J. T. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographies*, 27: 325-349
- Camazine S. 1993. The regulation of pollen foraging by honey bees: how foragers assess the colony s need for pollen. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 32: 265-272
- De Jong, D. 1982. Orientation of comb building by honey bees. *Journal of Comparative Physiology A*, 147: 495-501
- Di Pasquale G., Salignon M., Le Conte Y., Belzunces L. P., Decourtye A., Kretzschmar A., Suchail S., Brunet J. L., Alaux C. 2013. Influence of pollen nutrition on honey bee health: Do pollen quality and diversity matter? *Plos One* 8, (8): e72016, doi: 10.1371/journal.pone.0072016: 13 str.
- Donaldson-Matasci M., Dornhaus A. 2014. Dance communication affects consistency, but not breadth, of resource use in pollen-foraging honey bees. *Plos One* 9, (10): e107527, doi: 10.1371/journal.pone.0107527: 9 str.

- Dreller C., Page Jr R. E., Fondrk M. K. 1998. Regulation of pollen foraging in honeybee colonies: effects of young brood, stored pollen and empty space. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 45: 227-233
- Dreller C., Tarry D. R. 2002. Perception of the pollen need by foragers in a honeybee colony. *Animal Behaviour*, 59: 91-96
- Fahrenholz L., Lamprecht I., Schricker B. 1989. Thermal investigations of a honey bee colony: thermoregulation of the hive during summer and winter and heat production of members of different bee castes. *Journal of Comparative Physiology B*, 159: 551-560
- Free J. B. 2003. Managing honeybee colonies to enhance the pollen gathering stimulus from brood pheromones. *Applied Animal Ethology*, 5: 173-178
- Free J. B. 2006. Factors determining the collection of pollen by honeybee foragers. *Animal Behaviour*, 15: 134-144
- Grüter C., Balbuena, M. S., Farina W. M. 2008. Informational conflicts created by the waggle dance. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 275: 1321-1327
- Heinrich B. 1985. The social physiology of temperature regulation in honeybees. *Experimental Behavioral Ecology and Sociobiology*, 31: 393-406
- Hepburn H. R., Pirk C. W. W., Duangphakdee O. 2014. The role of pollen in honeybee colonies. V: *Honeybee Nests*. Hepburn H. R. (ur.). Berlin, Springer: 145-173
- Hutchins M., Kleiman D., Geist V., Mc Dade M. 2003. Grzimek's Animal Life Encyclopedia, Second Edition, Volume 3 Insects. Farmington Hills, Thomson – Gale: 489 str.
- Kovac H., Stabentheiner A., Brodschneider R. 2008. Contribution of honeybee drones of different age to colonial thermoregulation. *Apidologie*, 40: 82-95
- Krebs C. J. 1999. Ecological data. *Ecological Methodology*. New York, Addison Wesley Longman: 620 str.
- Lampeitl F. 1995. Bienen halten. Berlin, Ulmer: 190 str.
- Lilek N., Gonzales A. P., Božič J., Kandolf Borovšak A., Bertoneclj J. 2015. Chemical composition and content of free tryptophan in Slovenian bee pollen. *Journal of food and nutrition research*, 54: 323-333
- Magurran A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Amsterdam, Springer: 175 str.

- Martin, M., Lindauer M. 1973. Orientierung im Erdmagnetfeld. Fortschritt für Zoologie, 21: 211-228
- Moosbeckhofer R., Ulz J. 2002. Der erfolgreiche Imker. Graz, Leopold Stocker Verlag: 202 str.
- Nye W. P. 1959. A modified pollen trap for honeybee hives. Journal of Economic Entomology, 52: 1024-1025
- Pankiw T., Robert E., Page Jr., Fondrk M. K. 1998. Brood pheromone stimulates pollen foraging in honey bees (*Apis mellifera*). Behavioral Ecology and Sociobiology, 44: 193-198
- Owens, C. D., Taber S. 1973. Size and shape of comb construction by honey bees in a 1.2 m³ box during one season. Journal of Economic Entomology, 66: 1234-1236
- Raja S., Waghchoure E. S., Mahmood R., Sarwar G., Iftikhar F., Munawar M. S. 2010. Comparative study on improvement in pollen collection technology. Halteres, 1: 1-6
- Rawlings J. O., Pantula S. G., Dickey D. A. 1998. Applied regression analysis. New York, Springer: 671 str.
- Rihar J. 2003. Vzrejamo boljše čebele. Ljubljana, Pansan d.o.o.: 272 str.
- Robinson G. E. Barron A. B., Maleszka R., Meer R. K. V. 2007. Octopamine modulates honey bee dance behaviour. Proceedings of the National Academy of Science, 104: 1703-1707
- Rua P., Jaffe R., Dall Olio R., Munoz I., Serrano J. 2009. Biodiversity, conservation and current threats to European honeybees. Apidologie, 40: 263-284
- Seely, T. D., Morse, R. A. 1976. The nest of the honey bee (*Apis mellifera*, L.). Insectes Sociaux, 23: 495-512
- Seely, T. D. 1993. Honey bee foragers as sensory units of their colonies. Behavioral Ecology and Sociobiology, 34: 51-62
- Stephen E., Robert W. 2001. The influence of pollen quality on foraging behavior in honeybees (*Apis mellifera* L.). Behavioral Ecology and Sociobiology, 51: 53-68
- Stewart J. D., Shimanuki H. 1971. Rapid-sample pollen trap for honey bees. Journal of Economic Entomology, 63: 1350-1351
- Synge A. D. 1947. Pollen collection by Honeybees (*Apis mellifera*). Journal of Animal Ecology, 16: 122-138
- Tautz, J. 2008. Čudežni svet čebel. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 278 str.

Todd F. E., Bishop R. K. 1940. Trapping honeybees gathered pollen and factors affecting yields. *Economic Entomology*, 33: 866-870

Tsuruda J. M., Page Jr R. E. 2009. The effects of young brood on the foraging behavior of two strains of honey bees (*Apis mellifera*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 64: 161-167

Visscher P. K., Camazine S. 1999. The mystery of swarming honeybees: from individual behaviors to collective decision. V: *Information Processing in Social Insects*. Detrain C. (ur.). Basel, Birkhäuser Verlag: 355-378

von Frisch K. 1967. The dance language and orientation of bees. Cambridge, Harvard University Press: 566 str.

Winston M.L. 1991. The biology of the honey bee. Cambridge, Harvard University Press: 294 str.

Zdešar P., Gregori J., Gregorc A., Božnar M., Meglič M. 2011. Slovensko čebelarstvo v tretje tisočletje 2. Ljubljana, Čebelarska zveza Slovenije: 512 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Janku Božiču za pomoč pri izdelavi magistrske naloge.

Zahvaljujem se prof. dr. Petru Dovču, prof. dr. Vlasti Jenčič in doc. dr. Jasni Bertoncelj za pregled in dopolnitve magistrske naloge.

Zahvaljujem se gospe Jerneji Bogataj za pomoč pri oblikovanju magistrske naloge.

Iskreno se zahvaljujem prof. dr. Jožetu Ostercu, ki me je usmeril v poglobljen študij čebelarstva.

Največjo zahvalo pa dolgujem mojim domačim, ki so mi v času študija nenehno stali ob strani ter me moralno podpirali.

Iskrena hvala!

PRILOGE

Priloga A: Pestrost nabranega cvetnega prahu (število različnih barv cvetnega prahu) po posameznih panjih

	H1	H2	T1	T2
20.8.2012	4	4	3	2
23.8.2012	4	3	3	3
26.8.2012	5	4	2	3
29.8.2012	3	3	2	2
01.9.2012	4	5	3	2

H1, H2 – panja na hladno stavbo

T1, T2 – panja na toplo stavbo

Priloga B: Pestrost nabranega cvetnega prahu (število različnih barv cvetnega prahu) po posameznih panjih (ročno sortiranje)

	H1	H2	T1	T2
16.6.2014	6	5	3	3
17.6.2014	6	5	3	2
18.6.2014	5	6	3	3
19.6.2014	5	3	3	3
20.6.2014	4	5	3	2
21.6.2014	6	5	3	3
22.6.2014	/	/	/	/
23.6.2014	5	4	2	2
24.6.2014	5	5	3	3
25.6.2014	4	6	3	3
26.6.2014	5	5	2	3
27.6.2014	3	4	2	2
28.6.2014	4	4	3	2

H1, H2 – panja na hladno stavbo

T1, T2 – panja na toplo stavbo

Priloga C: Masa nabranega cvetnega prahu po posameznih panjih v gramih

	H1	H2	T1	T2
16.6.2014	0,3844	0,3991	0,6044	0,7889
17.6.2014	0,4768	0,6462	1,2428	1,4436
18.6.2014	0,8352	0,4293	0,9292	0,7305
19.6.2014	0,5355	0,9590	1,6518	1,0269
20.6.2014	0,4226	0,3993	0,9145	1,3359
21.6.2014	0,7605	1,3185	0,9623	1,1376
22.6.2014	/	/	/	/
23.6.2014	0,8469	0,7122	1,9375	1,1158
24.6.2014	0,5524	0,7038	1,0735	1,4455
25.6.2014	1,0421	0,6214	1,4688	1,1997
26.6.2014	0,8187	0,7252	1,8714	1,2136
27.6.2014	0,5141	0,4875	0,7654	1,3348
28.6.2014	2,1424	1,3695	2,1674	2,3546

H1, H2 – panja na hladno stavbo

T1, T2 – panja na toplo stavbo

Priloga D: Shannon–Wienerjev diverzitetni indeks

	H1	H2	T1	T2
16.6.2014	2,097	2,073	1,508	1,627
17.6.2014	2,168	1,984	1,937	1,933
18.6.2014	1,989	1,898	1,726	1,729
19.6.2014	2,098	1,933	1,865	1,929
20.6.2014	1,988	1,905	1,852	1,824
21.6.2014	1,975	2,107	1,854	1,929
22.6.2014	/	/	/	/
23.6.2014	2,045	1,926	1,738	1,779
24.6.2014	1,975	1,991	1,916	1,921
25.6.2014	1,994	2,087	1,961	1,922
26.6.2014	2,105	1,893	1,633	1,739
27.6.2014	2,013	2,132	1,716	1,777
28.6.2014	1,992	1,897	1,680	1,773

H1, H2 – panja na hladno stavbo

T1, T2 – panja na toplo stavbo

Priloga E: Število čebel plesalk na posameznem satu po posameznih panjih

	H1				H2				T1				T2			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
18.6.2014	0	3	2	0	1	2	2	0	2	1	0	0	3	0	0	0
21.6.2014	1	2	2	0	0	3	1	0	2	0	0	0	2	1	0	0
25.6.2014	0	3	1	1	0	2	3	1	3	1	0	0	3	0	0	0
28.6.2014	0	3	2	0	1	3	2	0	3	0	0	0	2	0	0	0

H1, H2 – panja na hladno stavbo

T1, T2 – panja na toplo stavbo

Priloga F: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 20.8.2009

Barva	Panj 1	Panj 2	Panj 3	Panj 4	Panj 5	Panj 7	Panj 8	Panj 10	Panj 11	Panj 12
1		0,061		0,457	0,227	0,170	0,659	1,120	0,325	1,892
2	0,774	4,379		6,740	6,389	1,621	2,495	4,638	5,982	4,615
3	0,022	2,202		0,541	0,997	0,709	0,385	0,305	2,320	2,753
4		0,764	0,190				1,848	0,341		7,023
5										
6								1,544		
7										
Σ	0,796	7,406	0,190	7,738	7,613	2,500	5,387	7,948	8,627	16,283

*panji na hladno stavbo so; 1,3,5,7,11

*panji na toplo stavbo so; 2,4,8,10,12

Priloga G: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 22.8.2009

22.8. Barva	Panj 1	Panj 2	Panj 3	Panj 4	Panj 5	Panj 7	Panj 8	Panj 10	Panj 11	Panj 12
1	0,154	1,242	1,037	2,153	1,117	0,314	0,685	0,283	0,587	6,204
2	0,800	9,457	12,579	7,005	6,956	6,455	1,088	3,799	10,182	10,870
3	0,228	6,751	4,813	0,395	0,868	1,046		0,105	3,304	1,433
4							1,985	0,246		
5			1,117		0,102		0,161			
6	0,130		0,103						0,114	
7										
Σ	1,312	14,450	19,649	9,553	9,043	7,815	3,919	4,433	14,187	18,507

*panji na hladno stavbo so; 1,3,5,7,11

*panji na toplo stavbo so; 2,4,8,10,12

Priloga H: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 25.8.2009

25.8. Barva	Panj 1	Panj 2	Panj 3	Panj 4	Panj 5	Panj 7	Panj 8	Panj 10	Panj 11	Panj 12
1	0,138	0,883	1,634	1,282	2,773	1,034	0,938	0,439	0,334	6,191
2	0,487	1,317	13,473	5,927	5,775	12,232	0,990	6,849	3,634	12,489
3	0,004	2,170	5,611	0,696	0,538	0,766	0,046	0,067	0,398	1,012
4		0,472			0,431	0,289	0,414	0,024		0,314
5			0,565		0,007					
6	0,011	0,167	0,138	0,221	0,139	0,182		0,608	0,145	2,866
7		1,786			0,249					
Σ	0,640	6,795	21,421	8,126	9,912	14,503	2,388	7,987	4,511	22,872

*panji na hladno stavbo so; 1,3,5,7,11

*panji na toplo stavbo so; 2,4,8,10,12

Priloga I: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 28.8.2009

28.8. Barva	Panj 1	Panj 2	Panj 3	Panj 4	Panj 5	Panj 7	Panj 8	Panj 10	Panj 11	Panj 12
1	0,114	0,683	3,475	1,401	3,054	2,229	0,157	0,192	0,275	4,898
2	0,573	1,089	12,637	5,956	15,858	15,440	2,514	6,744	1,778	12,227
3	0,012	1,765	5,377	0,163	0,230	0,547	0,743	0,082	0,084	21,971
4					0,048	1,032	1,915	0,704	0,065	0,886
5			1,704	2,991	0,248					0,406
6	0,059	3,340	0,252		0,153	12,653			0,717	
7	0,120	2,263	0,147		0,506		0,604		0,033	
Σ	0,878	9,140	23,592	10,511	20,097	31,901	5,933	7,722	2,952	40,388

*panji na hladno stavbo so; 1,3,5,7,11

*panji na toplo stavbo so; 2,4,8,10,12

Priloga J: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 1.9.2009

1.9. Barva	Panj 1	Panj 2	Panj 3	Panj 4	Panj 5	Panj 7	Panj 8	Panj 10	Panj 11	Panj 12
1	0,283	0,051	1,207	0,234	0,562	0,542	0,128		0,644	2,292
2	0,817		3,211		0,385	1,601	0,457	0,615	2,509	11,158
3	0,232	0,358	0,977	0,853	0,135	0,097	0,486	0,207	0,148	5,191
4		0,820	0,440		0,250	4,401	0,182	1,951	0,255	0,638
5		1,905	1,723	4,683	5,199	0,318	0,520	1,198	0,272	1,839
6	0,111	0,676	0,298	1,016	3,394	0,578			0,327	
7		0,259			1,169	0,362				
Σ	1,443	4,069	7,856	6,786	11,094	7,899	1,773	3,971	4,155	21,118

*panji na hladno stavbo so; 1,3,5,7,11

*panji na toplo stavbo so; 2,4,8,10,12

Priloga K: Masa nabranega cvetnega prahu po barvah v različnih panjih, dne 4.9.2009

4.9. Barva	Panj 1	Panj 2	Panj 3	Panj 4	Panj 5	Panj 7	Panj 8	Panj 10	Panj 11	Panj 12
1	0,002		0,042	0,114						0,371
2		0,828		1,566			0,117	0,336	0,220	
3	0,580	0,093		0,271		0,159	0,077	0,057	0,061	1,426
4	1,625	0,335	0,015	0,117	0,162	0,081		0,221		1,326
5		1,953	0,494		0,891				0,090	5,250
6	0,207		1,082	2,248	5,550	2,420		0,057		6,069
7						0,181	0,485	0,226		
Σ	2,414	3,209	1,633	4,316	6,603	2,841	0,679	0,897	0,371	14,442