

Utjecaj selekcije na osobine medonosne pčele (*Apis mellifera carnica*) na području Hrvatske

Kovačić, Marin

Doctoral thesis / Disertacija

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:383282>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marin Kovačić, dipl. ing. agr.

**UTJECAJ SELEKCIJE NA OSOBINE MEDONOSNE PČELE
(*APIS MELLIFERA CARNICA*) NA PODRUČJU HRVATSKE**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marin Kovačić, dipl. ing. agr.

**UTJECAJ SELEKCIJE NA OSOBINE MEDONOSNE PČELE
(*APIS MELLIFERA CARNICA*) NA PODRUČJU HRVATSKE**

- Doktorska disertacija -

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marin Kovačić, dipl. ing. agr.

**UTJECAJ SELEKCIJE NA OSOBINE MEDONOSNE PČELE
(*APIS MELLIFERA CARNICA*) NA PODRUČJU HRVATSKE**

- Doktorska disertacija -

Mentor: prof. dr. sc. Zlatko Puškadija

Povjerenstvo za ocjenu:

1. **doc. dr. sc. Nikola Raguž, docent Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednik**
2. **prof. dr. sc. Zlatko Puškadija, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, mentor i član**
3. **dr. sc. Ralph Büchler, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Bieneninstitut Kirchhain, Njemačka, komentor i član**

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Marin Kovačić, dipl. ing. agr.

**UTJECAJ SELEKCIJE NA OSOBINE MEDONOSNE PČELE
(*APIS MELLIFERA CARNICA*) NA PODRUČJU HRVATSKE**

- Doktorska disertacija -

Mentor: prof. dr. sc. Zlatko Puškadija

**Javna obrana doktorske disertacije održana je 18.12.2018. pred Povjerenstvom za
obranu:**

1. **doc. dr. sc. Nikola Raguž, docent Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek,
predsjednik**
2. **prof. dr. sc. Zlatko Puškadija, redoviti profesor Fakulteta agrobiotehničkih
znanosti u Osijeku, mentor i član**
3. **dr. sc. Ralph Büchler, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Bieneninstitut
Kirchhain, komentor i član**
4. **dr. sc. Marica Maja Dražić, viši znanstveni suradnik, Hrvatska poljoprivredna
agencija, član**
5. **izv. prof. dr. sc. Ivana Majić, izvanredna profesorica Fakulteta agrobiotehničkih
znanosti u Osijeku, član**

Osijek, 2018.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorska disertacija

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Poslijediplomski sveučilišni (doktorski) studij: Poljoprivredne znanosti

Smjer: Stočarstvo

UDK:

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Poljoprivreda

Grana: Stočarstvo

Utjecaj selekcije na osobine medonosne pčele (*Apis mellifera carnica*) na području Hrvatske

Marin Kovačić, dipl. ing. agr.

Disertacija je izrađena na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, u suradnji s Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Bieneninstitut Kirchhain

Mentor: prof. dr. sc. Zlatko Puškadija

Siva pčela (*Apis mellifera carnica*) je autohtona i jedina podvrsta medonosne pčele u Hrvatskoj, a karakteriziraju ju uspješno prezimljavanje, eksplozivan proljetni razvoj, marljivost i dobra sakupljačka aktivnost, niska agresivnost i izraženi rojevni nagon. U istraživanju su uspoređene razlike u svojstvima prezimljavanja, razvoja zajednica, ponašanja pčela i otpornosti na bolesti kod 5 različitih linija sive pčele. Skupine 1 do 3 su lokalnog porijekla koje su pod selekcijom 15 godina. Skupina 4 je lokalnog porijekla i nikada nije bila pod utjecajem selekcije. Skupina 5 je porijeklom iz Njemačke i pod selekcijom je 60 godina. Rezultati istraživanja nisu pokazali značajne razlike između skupina po broju pčela i stanica legla, međutim zabilježen je kasniji razvoj skupine 5 u odnosu na ostale skupine. Najmanji indeks prezimljavanja nakon obje zime zabilježen je u skupini 5, kao i potrošnja hrane tijekom zime. Najlošiju ocjenu za obrambeno ponašanje imale su skupine 4 i 3 koje su bile značajno lošije od skupine 5. Najlošiju ocjenu za mirnoću na saću imala je skupina 4, značajno lošiju od svih ostalih skupina. Rojevni nagon najviše je bio izražen u skupini 4, koja je bila značajno lošije ocjenjena od skupina 1, 3 i 5. Kod proizvodnosti meda i skupljanja peludi nisu zabilježene značajne razlike između skupina, kao ni kod higijenskog ponašanja, svojstva samočišćenja i potisnutog razmnožavanja varoe. Zajednice skupine 4 su najviše, a zajednice skupine 5 najmanje otklapale/poklapale leglo. Kod svih skupina zabilježen je ujednačen razvoj populacije varoe, a kod skupina 4 i 5 zabilježena je nešto manja krajnja populacija u odnosu na prve tri skupine. Na kraju, skupina 4 imala je značajno lošiji selekcijski indeks od skupine 5 dok između ostalih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Broj stranica: 162

Broj slika: 58

Broj tablica: 74

Broj literaturnih navoda: 264

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: *Apis mellifera carnica*, uzgoj, selekcija, svojstva, *Varroa destructor*

Datum obrane: 18.12.2018.

Povjerenstvo za obranu:

1. **doc. dr. sc. Nikola Raguž** – predsjednik
2. **prof. dr. sc. Zlatko Puškadija** – mentor i član
3. **dr. sc. Ralph Büchler** – komentor i član

Disertacija je pohranjena u:

Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Sveučilište u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci, Sveučilište u Splitu

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

PhD thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Postgraduate university study: Agricultural sciences

Course: Animal breeding

UDK:

Scientific Area: Biotechnical Sciences

Scientific Field: Agriculture

Branch: Animal breeding

Influence of selection on traits of honey bee (*Apis mellifera carnica*) in Croatia

Marin Kovačić, dipl. ing. agr.

The Thesis was performed at Faculty of Agriculture in Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, in collaboration with the Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Bieneninstitut Kirchhain

Mentor: PhD Zlatko Puškadija, Full Professor

The carniolan bee (*Apis mellifera carnica*) is the indigenous and only sub-species of honey bee in Croatia, characterized by its successful overwintering, explosive spring development, diligence and good gathering activity, low aggressiveness and pronounced swarming behaviour. In our study, we compared the differences in the characteristics of overwintering success, colonies development, behaviour and disease resistance traits in 5 different lines of carniolan bees. Groups 1 to 3 were of a local origin selected for 15 years. Group 4 is of local origin and has never been under artificial selection. Queens from Group 5 were from Germany and under selection for 60 years. The results of the study did not show significant differences between the number of bees and brood cells, but a later development of group 5 was recorded compared to other groups. The lowest overwintering index after both winter was recorded in group 5 as well as consumption of food during winter. The worst score for defensive behavior had groups 4 and 3 and were significantly worse than group 5. The lowest score for the calmness on the comb was found in group 4, significantly worse than all other groups. Swarming behaviour was most pronounced in group 4, which was significantly worse rated by groups 1, 3 and 5. In honey production and pollen collection there were no significant differences between groups, as well as with hygienic behavior, grooming and suppressed mite reproduction (SMR). Colonies from group 4 had the highest, and group 5 the lowest recorded recapping of brood cells. In all groups there was a uniform development of varroa population, and in groups 4 and 5 there was a slightly lower population of mites comparing to the first three groups. Finally, group 4 had a significantly worse selection index than group 5, while no significant differences were found among other groups.

Number of pages: 162

Number of figures: 58

Number of tables: 74

Number of references: 264

Original in: Croatian

Key words: *Apis mellifera carnica*, breeding, selection, traits, *Varroa destructor*

Date of the thesis defense: 18.12.2018.

Reviewers:

1. **PhD Nikola Raguž, assistant professor** – chair
2. **PhD Zlatko Puškadija, full Professor** – mentor and member
3. **PhD Ralph Büchler** – comentor and member

Thesis deposited in:

National and University Library, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, University of Zagreb, University of Rijeka, University of Split

Zahvaljujem svom mentoru, prof.dr.sc. Zlatku Puškadiji na ukazanom povjerenju, pomoći i nebrojenim savjetima kojima mi je neizmjereno pomogao.

Zahvaljujem komentoru dr.sc. Ralphu Büchleru što mi je otvorio vrata pčelarskog instituta u Kirchhainu i upoznao sa svim divnim ljudima. Vaša brojna pitanja i kritički osvrti uvelike su pomogli u razvoju mog znanstvenog puta.

Veliku zahvalu dugujem kolegici Karolini Tucak koja mi je pomogla u svim terenskim i laboratorijskim mjerenjima i kao cimerica podnosila sve izljeve koji nastaju tijekom izrade jedne doktorske disertacije.

Zahvaljujem dr.sc. Maji Dražić na dugim telefonskim razgovorima i brojnim savjetima kojima je dala značaj doprinos izradi disertacije od samoga početka.

Zahvalnost dugujem i prof.dr.sc. Nikoli Keziću, prvenstveno što mi je otvorio vrata i upoznao s brojnim znanstvenicama izvan Hrvatske. Hvala Vam u pomoći oko odabira teme i brojnim savjetima i kritikama prije i tijekom izrade disertacije.

Zahvaljujem Melindi, Bruni, Borisu, Laciki i Damiru na pomoći oko formiranja pčelinjaka na kojem je provedeno istraživanje i na pomoći u uzgoju matica.

Zahvaljujem Hrvatskom pčelarskom savezu na financijskoj pomoći u jednom od mojih posjeta pčelarskom institutu u Kirchhainu.

Veliku zahvalu upućujem svojim roditeljima i bratu koji su mi uvijek bila bezrezervna podrška i pomoć. Hvala vam što znam da vam se uvijek mogu javiti i što ste uvijek tu!

Najveću zahvalu upućujem svojoj voljenoj supruzi Eriki i sinu Noi. Vama posvećujem ovu doktorsku disertaciju!

KAZALO

1. UVOD	1
1.1. Pregled literature.....	3
1.1.1. Proizvodna svojstva sive pčele	3
1.1.2. Otpornost na bolesti	6
1.1.2.1. Higijensko ponašanje.....	7
1.1.2.2. Samočišćenje pčela.....	10
1.1.2.3. Varroa specifično higijensko ponašanje (Varroa sensitive hygiene - VSH) i Potisnuto razmnožavanje varoe (Supressed mite reproduction – SMR).....	11
1.1.2.4. Otklapanje i poklapanje legla	12
1.1.3. Bolesti	13
1.1.3.1. Varroa destructor	13
1.1.3.2. Virusi	15
1.1.4. Uzgojni i istraživačko-seleksijski programi u svijetu.....	16
1.2. Cilj istraživanja i hipoteze	19
2. MATERIJAL I METODE RADA.....	20
2.1. Lokacija pčelinjaka.....	20
2.2. Genetski materijal	22
2.2.1. Uzgoj matica za istraživanje	22
2.2.2. Formiranje pčelinjih zajednica za istraživanje.....	23
2.3. Upravljanje pčelinjakom.....	24
2.4. Mjerenja.....	25
2.4.1. Razvoj zajednice	25
2.4.1.1. Frekvencija	26
2.4.1.2. Broj pčela.....	26
2.4.1.3. Broj stanica legla	26
2.4.2. Prezimljavanje.....	27
2.4.2.1. Indeks prezimljavanja	27
2.4.2.2. Potrošnja hrane zimi	27
2.4.3. Svojstva urođenog ponašanja.....	28
2.4.3.1. Obrambeno ponašanje	28
2.4.3.2. Mirnoća na saću	29
2.4.3.3. Rojevni nagon	29

2.4.4.	Proizvodna svojstva	30
2.4.4.1.	Med	30
2.4.4.2.	Pelud	31
2.4.5.	Otpornost na bolesti	32
2.4.5.1.	Higijensko ponašanje	32
2.4.5.2.	Samočišćenje.....	33
2.4.5.3.	Potisnuto razmnožavanje varoe (SMR)	35
2.4.5.4.	Otklapanje/poklapanje legla	39
2.4.6.	Zaraženost grinjom <i>V. destructor</i>	39
2.4.6.1.	Prirodni dnevni pad varoe.....	39
2.4.6.2.	Zaraženost pčela	40
2.4.6.3.	Zaraženost legla varoom.....	41
2.4.6.4.	Plodnost grinje <i>V. destructor</i>	42
2.4.7.	Virusi.....	42
2.4.8.	Uzgojna vrijednost	43
2.5.	Statistička obrada podataka	43
3.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA	46
3.1.	Agroklimatski uvjeti tijekom istraživanja	46
3.2.	Razvoj pčelinje zajednice	49
3.3.	Prezimljavanje	53
3.3.1.	Indeks prezimljavanja	53
3.3.2.	Potrošnja hrane zimi	58
3.4.	Svojstva urođenog ponašanja pčela	61
3.4.1.	Obrambeno ponašanje.....	61
3.4.2.	Mirnoća na saću	65
3.4.3.	Rojevni nagon	67
3.5.	Proizvodnost	69
3.5.1.	Proizvodnja meda.....	69
3.5.2.	Prikupljanje i zalihe peludi u zajednici	71
3.6.	Otpornost na bolesti	74
3.6.1.	Higijensko ponašanje	74
3.6.2.	Samočišćenje.....	76
3.6.3.	Potisnuto razmnožavanje varoe (SMR)	78
3.6.4.	Otklapanje/poklapanje legla.....	83
3.6.4.1.	Otklapanje/poklapanje legla – ukupno	83
3.6.4.2.	Otklapanje/poklapanje zaraženih stanica legla	86
3.6.4.3.	Otklapanje/poklapanje nezaraženih stanica legla	89

3.7.	Bolesti	94
3.7.1.	Varroa destructor	94
3.7.1.1.	Prirodna smrtnost grinje <i>V. destructor</i>	94
3.7.1.2.	Zaraženost odraslih pčela grinjom <i>V. destructor</i>	95
3.7.1.3.	Zaraženost radiličkog legla grinjom <i>V. destructor</i>	97
3.7.1.4.	Broj potomaka grinje <i>V. destructor</i>	98
3.7.2.	Virusi.....	101
3.8.	Uzgojna vrijednost.....	102
4.	RASPRAVA.....	103
4.1.	Razvoj pčelinje zajednice	103
4.2.	Indeks prezimljavanja i potrošnja hrane zimi	105
4.3.	Obrambeno ponašanje	106
4.4.	Mirnoća na saću	108
4.5.	Rojevni nagon	109
4.6.	Proizvodnost meda i zalihe peludi	110
4.7.	Higijensko ponašanje	111
4.8.	Samočišćenje	113
4.9.	Potisnuto razmnožavanje varoe (SMR)	114
4.10.	Otklapanje/poklapanje legla	116
4.11.	Broj potomstva grinje <i>V. destructor</i>	118
4.12.	Bolesti	119
4.12.1.	Varroa destructor	119
4.12.2.	Virusi.....	121
4.13.	Uzgojna vrijednost (selekcijski indeks).....	121
5.	ZAKLJUČCI	123
6.	LITERATURA	125
7.	SAŽETAK.....	143
8.	SUMMARY	144
9.	PRILOG	145
10.	ŽIVOTOPIS.....	162

1. UVOD

U doba ranih afričkih i bliskoistočnih civilizacija med i vosak bili su izuzetno cijenjeni i vrijedni proizvodi pčela. Iz drevnih natpisa i slika zabilježeno je kako su Egipćani 2 600 godina pr.n.e. držali pčele. Praksu držanja pčela kasnije su Grci i Rimljani proširili po Europi, odakle se tijekom srednjeg vijeka pčelarstvo proširilo po svijetu. Do pojave šećera, med je bio jedino sladilo. Međutim, najvažniji proizvod pčelarstva nisu proizvodi pčela nego oprašivanje bilja. Danas 52 od 115 vodećih svjetskih prehrambenih proizvoda (voća i žitarica) ovisi o oprašivanju pčelama, dok je 35% prehrambenih proizvoda za ljude ovisno o oprašivačima (Klein i sur., 2007.). Godišnja vrijednost oprašivanja u svijetu procijenjena je na 153 milijarde €, a u Europi na 14,2 milijarde € (Gallai i sur., 2009.). Prvenstveno zbog djelovanja čovjeka, danas se pčele susreću s brojnim problemima. Širenje bolesti (*Varroa destructor*, *Nosema ceranae*, virusa i dr.), intenzivna poljoprivredna proizvodnja i korištenje pesticida samo su neki od razloga nestanka pčela (eng. Colony collapse disorder – CCD).

Medonosna pčela (*Apis mellifera* L.) prirodno nastanjuje područje Afrike i Euroazije odakle je raširena po cijelom svijetu. Taksonomija medonosne pčele određuje se prema morfološkim obilježjima, a do danas je opisano 27 podvrsta (Ruttner, 1988.; Sheppard i sur., 1997.; Sheppard i Meixner, 2003.; Meixner i sur., 2013.). Na osnovu morfoloških, ekoloških, genetskih i tjelesnih parametara određeno je pet evolucijskih grana, od kojih se četiri nalazi oko Sredozemnog mora: afrička grana (A), sjeverna i zapadna europska grana (M), jugoistočna europska grana (C) i bliskoistočna grana (O) (Ruttner, 1988.) U zapadnoj i sjevernoj Europi prirodno se nalaze podvrste pčela koje spadaju u M evolucijsku granu (*A. m. mellifera* i *A. m. iberiensis*), a u središnjoj i jugoistočnoj Europi podvrste pčela C evolucijske grane (*A. m. ligustica*, *A. m. carnica*, *A. m. macedonica* i *A. m. cecropia*).

Tamna europska pčela (*A. m. mellifera*) prirodno zauzima najveći prostor Europe, od Francuske, Skandinavije i Velike Britanije (Carreck, 2008.) do Poljske i Ukrajine gdje je utvrđena hibridizacija s podvrstama pčela koje pripadaju C i O grani (Meixner i sur., 2007.). *A. m. iberiensis* nastanjuje područje Portugala, Španjolske i Balearskih otoka. Talijanska pčela (*A. m. ligustica*) prirodno nastanjuje apeninski poluotok na kojem je izolirana Alpama na sjeveru i Sredozemnim morem na jugu. *A. m. macedonica* zauzima područje Bugarske, Grčke, Makedonije te dijelove Rumunjske, Ukrajine i Turske, a *A. m. cecropia* područje južne Grčke.

Siva pčela (*Apis mellifera carnica*) obitava na području Austrije, Slovenije, Mađarske, Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Albanije, Srbije i Rumunjske. Navedene zemlje zauzimaju različita geografska područja što je utjecalo na razvoj različitih ekotipova sive pčele: alpski, subalpski, panonski i mediteranski (Ruttner, 1988.). Prostor koji siva pčela obuhvaća obilježavaju često duge i oštre zime s kratkim proljećem te vrućim i sušnim ljetom. Iz tih razloga karakteristika ove pčele je uspješno prezimljavanje i eksplozivan proljetni razvoj, zbog čega je vrlo cijenjena u Europi i svijetu. Osim brzog proljetnog razvoja, Ruttner (1988.) kao pozitivne karakteristike sive pčele ističe malu agresivnost i dobru marljivost i prinos meda, a sklonost rojenju kao negativnu karakteristiku.

U Hrvatskoj je prirodno nastanjena siva pčela i zabranjen je uvoz i korištenje bilo koje druge podvrste medonosne pčele (Bouga i sur., 2011.). U Hrvatskoj su poznata tri ekotipa sive pčele: subalpski (gorski), panonski i mediteranski (Ruttner, 1988., Kezić i sur., 2001., Muñoz i sur., 2009., Bouga i sur., 2011.). Uzgoj matica u Hrvatskoj organizirano je započeo 1990-ih godina, te je prvi upisnik uzgajivača оформljen 1992. godine (Barać i sur., 2013.). Eksperimentalno praćenje proizvodnih i morfoloških odlika matica provodi se od 1994. godine, a 1997. je donesen Program gojidbenog stvaranja pčela u Republici Hrvatskoj (Dominiković i sur., 1997.) kojim su postavljeni ciljevi uzgoja i način praćenja svojstava. Udruga uzgajivača matica sive pčele osnovana je 1999. godine. Članovi udruge provode selekciju prema „Uzgojnom programu sive pčele“ (2005.) koja se temelji na performans testu gdje se ocjenjuju proizvodnja meda, mirnoća na saću, agresivnost, rojevni nagon, uzgoj u srodstvu i tolerantnost na bolesti. Procjena uzgojne vrijednosti provodi se izračunavanjem selekcijskog indeksa. U Udruzi uzgajivača matica 2016. godine registriran je 41 uzgajivač koji pčelare sa 7 000 pčelinjih zajednica. Proteklih godina prodaja selekcioniranih matica u Hrvatskoj je u porastu, a 2016. godine zabilježena je prodaja od skoro 35 000 matica.

1.1. Pregled literature

1.1.1. Proizvodna svojstva sive pčele

Za uspjeh selekcije potrebno je procijeniti genetsku vrijednost svojstva. Negativna korelacija učinaka radilica i matice na neka svojstva, pokazanih u nekoliko istraživanja (Bienefeld i Pirchner, 1990.; Ehrhardt i sur., 2010.; Brascamp i sur., 2016.) negativno utječu na selekciju, dok negativna korelacija između pojedinih svojstava usporava selekcijski napredak prilikom istodobnog odabira na više svojstava. Tako primjerice na proizvodnost meda utjecaj ima ponašanje radilica (marljivost, životni vijek i dr.), ponašanje matice (kapacitet nesenja, izlučivanje feromona) i utjecaj okoliša. Bienefeld i Pirchner (1990.) izračunali su heritabilitet za različita svojstva pčela koristeći podatke 5 581 košnice s područja središnje i sjeverne Njemačke. U svoj model izračuna heritabiliteta uključili su utjecaj radilica i utjecaj matice. Iz navedenih razloga heritabilitet su računali na 2 razine, heritabilitet preko pčela radilica (h^2_r) i heritabilitet preko majčinskog utjecaja (h^2_m). Rezultati su prikazani u tablici 1.1. Negativne korelacije utjecaja radilica i matice na nasljeđivanje pojedinih svojstava predstavljaju zapravo stvarnu sliku heritabiliteta u prirodi i usporavaju selekciju, poglavito ukoliko se selekcija vrši na veći broj poželjnih svojstava.

Tablica 1.1. Vrijednosti heritabiliteta za različita svojstva sive pčele na koje se provodi selekcija

Svojstvo	$h^2_r \pm sd$	$h^2_m \pm sd$	$r_{rm} \pm sd$
Proizvodnja meda	0,26 $\pm$ 0,10	0,15 $\pm$ 0,11	-0,88 $\pm$ 0,16
Proizvodnja voska	0,39 $\pm$ 0,31	0,45 $\pm$ 0,26	-0,96 $\pm$ 0,13
Obrambeno ponašanje	0,41 $\pm$ 0,25	0,40 $\pm$ 0,25	-0,91 $\pm$ 0,15
Mirnoća na saću	0,91 $\pm$ 0,22	0,58 $\pm$ 0,21	-0,96 $\pm$ 0,05
Proljetni razvoj	0,76 $\pm$ 0,54	0,46 $\pm$ 0,40	-0,92 $\pm$ 0,09

Izvor: Bienefeld i Pirchner (1990.).

Boecking i sur. (2000.) utvrdili su vrijednosti heritabiliteta od $h^2 = 0,18 (\pm 0,27)$ za higijensko ponašanje pčela prema leglu zaraženom varoom i $h^2 = 0,36 (\pm 0,30)$ za higijensko ponašanje prema mrtvom leglu. Istražujući nasljednost svojstava zaslužnih za otpornost na varou, Harbo i Harris (1999.) navode vrijednosti heritabiliteta od 0,65 za higijensko ponašanje, 0,46 za smanjenu plodnost varoe i 0 za svojstvo samočišćenja.

Brascamp i sur. (2016.) su na bazi podataka od 15 000 zajednica utvrdili slijedeće vrijednosti heritabiliteta: proizvodnja meda (0,27), obrambeno ponašanje (0,37), mirnoća na saću (0,38) i rojevni nagon (0,06).

Szabo i Lefkovitch (1988. i 1989.) utvrdili su da je svojstvo proizvodnosti meda značajno pozitivno korelirano s površinom legla u svibnju, higijenskim ponašanjem i težinom košnice u jesen. Gregorc i sur. (2003.) pratili su proizvodnost meda u Sloveniji od 1993. do 2001. godine na 4 335 zajednica te navode kako je prosječna količina vrcanog meda 20 kg, a ističu prosječni godišnji porast u proizvodnji od 0,41 kg godišnje.

Rezultati višegodišnjeg praćenja (2004-2008) razvoja i svojstava pčelinjih zajednica na području Hrvatske pokazala su nešto bolji razvoj i veće pčelinje zajednice na području kontinentalne Hrvatske u odnosu na obalni dio (Hatjina i sur., 2014a.). Isti autori navode prosječne ocjene obrambenog ponašanja za tih 5 godina praćenja od 3,13 do 3,49, mirnoće na saću od 3,04 do 3,30 te ocjene rojevnog nagona od 2,59 do 3,59 (tablica 1.2.). Uzunov i sur. (2014.) objašnjavaju kako na obrambeno ponašanje značajan utjecaj imaju lokacija, genotip i porijeklo matice (lokalna ili nelokalna).

Tablica 1.2. Prosječna ocjena obrambenog ponašanja, mirnoće na saću i rojevnog nagona praćenih tijekom 5 godina na području RH

Godina	N	Prosjeak ± SD		
		Obrambeni nagon	Mirnoća na saću	Rojevni nagon
2004	121	3,30 ± 0,47	3,30 ± 0,48	3,36 ± 0,71
2005	66	3,49 ± 0,56	3,33 ± 0,62	3,59 ± 0,74
2006	124	3,31 ± 0,73	3,29 ± 0,73	3,51 ± 0,67
2007	156	3,13 ± 0,70	3,04 ± 0,74	2,59 ± 0,97
2008	155	3,25 ± 0,58	3,25 ± 0,48	3,41 ± 0,76

Izvor: Hatjina i sur. (2014a.).

Praćenjem količine vrcanog meda u Hrvatskoj po godini i po regiji (2004-2009, kontinent i Jadran), Hatjina i sur. (2014.) navode skoro duplo veće količine proizvedenog meda po košnici na kontinentu, osim 2008. godine kada je zabilježena približno jednaka proizvodnja po košnici (tablica 1.3.). Nelson i Gary (1983.) utvrdili su pozitivnu korelaciju između unosa nektara i površine poklopljenog legla.

Tablica 1.3. Prosječna proizvodnja meda po košnici od 2004. do 2009. godine u Hrvatskoj.

Godina	Med (Kg $\pm$ SD)			
	N	Kontinent	N	Jadran
2004	46	33,70 $\pm$ 15,69	16	15,83 $\pm$ 2,72
2005	55	36,53 $\pm$ 19,35	39	14,01 $\pm$ 10,74
2006	88	39,13 $\pm$ 24,01	14	16,50 $\pm$ 12,11
2007	118	37,46 $\pm$ 24,52	17	14,64 $\pm$ 6,94
2008	131	28,70 $\pm$ 10,84	7	24,43 $\pm$ 9,52
2009	122	30,97 $\pm$ 10,98	10	12,90 $\pm$ 7,06

Izvor: Hatjina i sur. (2014a.).

Na snagu pčelinje zajednice utjecaj imaju klima, okolišni čimbenici (količina i kvaliteta peludi i nektara) te genotip. U velikom istraživanju Büchler i sur. (2014.) na 597 zajednica i 16 različitih genotipova (5 podvrsta) medonosne pčele iz cijele Europe, praćen je utjecaj genotipa i okoliša na preživljavanje pčelinjih zajednica. Zajednice s lokalnim maticama preživjele su 83 dana duže od nelokalnih. Slična istraživanja drugih autora (Costa i sur., 2012.; Hatjina i sur., 2014b.; Dražić i sur., 2014.) pokazala su veću proizvodnost i bolje preživljavanje lokalnih pčelinjih zajednica, što ukazuje kako najbolji uspjeh mogu postići zajednice s autohtonim maticama.

Razmnožavanje kod pčela odvija se na dvije razine: na razini povećanja broja jedinki (nesenje jaja) i na razini dijeljenja zajednice na dva dijela (rojenje). Rojenje pčela je prirodna i suštinska pojava koja omogućava produljenje vrste. Ipak, u suvremenom pčelarenju, rojenje uglavnom predstavlja negativno svojstvo i u većini uzgojnih programa vrši se selekcija na smanjeno izražavanje rojevnog nagona. Uspjeh pčelinje zajednice u prirodi mjeri se brojem preživjelih rojeva i brojem uzgojenih trutova (Neumann i Blacquièrè, 2017.). Osim razmnožavanja, rojenje predstavlja važan čimbenik u otpornosti pčela na grinju *V. destructor* (Fries i sur., 2006., Loftus i sur., 2016.). Iako rojenje ima negativni utjecaj na porast populacije varoe jer dio grinja napusti košnicu s rojem (Wilde i sur., 2005.), a poslije rojenja slijedi razdoblje bez razvoja legla, u konačnici nema značajne razlike u zaraženosti izrojenih i neizrojenih zajednica (Fries i sur., 2003.). Uzunov i sur. (2014.) navode kako godina, lokacija i genotip imaju značajan utjecaj na rojevno ponašanje te navode ocjene od $3,23 \pm 0,07$ i $2,94 \pm 0,11$ za dvije godine mjerenja.

Obrambeno ponašanje pčela jedno je od svojstava na koje se provodi selekcija u većini uzgojnih programa (Ruttner, 1972.; Möbus, 1983.; Büchler i sur., 2013.; Tiesler i sur., 2016.; Uzunov i sur., 2017.). Na ispoljavanje obrambenog ponašanja pčela utjecaj imaju genetske predispozicije (Collins, 1979., Guzman-Novoa i sur., 2004.), vremenski uvjeti (Collins, 1980., Southwick i Moritz, 1987.), feromoni matice (Gervan i sur., 2005.; Hunt i sur., 2003.), količina praznih stanica saća u košnici (Collins i Rinderer, 1985.) i utjecaj okoliša (Uzunov i sur., 2014.). Osim toga, zajednice sa sestrinskim maticama, uzgojene pod jednakim uvjetima i držane pod sličnim okolišnim uvjetima mogu pokazati široku varijaciju u obrambenom ponašanju (Collins i sur., 1988.).

Prema Ruttneru (1988.), siva pčela pokazuje dobru sposobnost prezimljavanja i nisku potrošnju hrane tijekom zime. Međutim, visoki zimski gubitci se redovito javljaju u mnogim zemljama (Neumann i Carreck, 2010., Lee i sur., 2015.; Brodschneider i sur., 2016., Brodschneider i sur., 2018.). Najčešći su uzroci pojava bolesti, slaba pčelinja zajednica, nedovoljne zalihe hrane, problemi s maticama i loša pčelarska praksa (Berthoud i sur., 2010.; Genersch i sur., 2010.; Tlak Gajger i sur., 2010.; Dooremalen i sur., 2012.; Döke i sur., 2015.; Jacques i sur., 2017.).

Mirnoća na saću je svojstvo koje opisuje ponašanje pčela tijekom pregledavanja zajednice. Ako pčele ostaju mirno na saću tijekom rada sa zajednicom, rizik stiskanja i ubijanja pčela ili čak matice se smanjuje, a rad sa zajednicom i pronalaženje matice su lakši.

1.1.2. Otpornost na bolesti

Unatoč brojnim problemima s kojima se pčelarstvo danas susreće, *Varroa destructor* (Anderson i Trueman, 2000.) danas je najznačajniji uzročnik gubitaka pčelinjih zajednica na svijetu (Rosenkranz i sur., 2010., Neumann i Carreck, 2010., vanEngelsdorp i Meixner, 2010.). Na gubitke pčelinjih zajednica veliki utjecaj ima sinergijsko djelovanje grinje *V. destructor*, virusa, *Nosema ceranae*, pesticida i klimatskih promjena (Le Conte i sur., 2010.). Klimatske promjene uzrokuju sve raniji početak razvoja legla u proljeće i duži razvoja legla u jesen, što grinjama omogućava veći broj ciklusa razmnožavanja tijekom godine (Le Conte i Navajas, 2008.).

U Hrvatskoj su proteklih godina službeno zabilježeni relativno niski gubici pčelinjih zajednica. Tlak-Gajger i sur. (2010a.) navode kako su zimski gubici kod 430 anketiranih pčelara (obuhvaćeno 35 108 pčelinjih zajednica) za zimu 2009/2010. prosječno iznosili 13,16%. Kao najznačajniji uzrok zimskih gubitaka naveden je nedostatak hrane (21,3%), a od bolesti najčešći uzročnici bili su grinja *V. destructor* (16,12%) i nozemoza (14,20%). Za zimu 2012/2013.

objavljeni su gubici od 11,1% kod pčelara koji imaju do 50 košnica, 10,2% za pčelare koji imaju 51-200 košnica i najmanji gubici od 3,6% su zabilježeni kod profesionalnih pčelara sa 151 i više košnica (van der Zee i sur., 2014.). U prirodnim staništima pčelinje zajednice nalaze prostorno ograničen životni prostor (u stablima ili pukotinama u stijenama) što dovodi do brze prenapučenosti zajednice u proljeće te posljedično izraženog rojevnog nagona. Loftus i sur. (2016.) su istraživali utjecaj veličine košnice na izražajnost rojevnog ponašanja, zaraženost varoom i preživljavanje. Navode kako se zajednice smještene u košnice manjeg volumena više roje, manje su zaražene varoom i drugim bolestima te duže preživljavaju. Isti autori zaključuju kako rojenje i manja zajednica imaju značajan pozitivan utjecaj na otpornost pčela na varou.

Položaj i gustoća zajednica na pčelinjaku i gustoća košnica na određenom prostoru imaju značajan utjecaj na širenje bolesti pčela. Nolan i Delaplane (2016.) istraživali su utjecaj razmaka između košnica na zaraženost pčela grinjom *V. destructor*, te su utvrdili kako je zaraženost pčela bila najmanja u zajednicama koje su bile 100 m udaljene od drugih zajednica.

U svijetu postoji nekoliko populacija pčela koje samostalno preživljavaju duže od 17 godina bez tretmana protiv varoe (Fries i sur., 2006.; Le Conte i sur., 2007.; Locke, 2016.; Oddie i sur., 2017.). Značajka ovih populacija koje su stekle otpornost prirodnom selekcijom je niži uspjeh razmnožavanja varoe te adaptivne promjene u ponašanju pčela (Oddie i sur., 2018.), međutim temeljni mehanizmi koji dovode do otpornosti još uvijek su slabo shvaćeni (Locke, 2016.; Nazzi i Le Conte, 2016.; Oddie i sur., 2017.).

1.1.2.1. Higijensko ponašanje

Higijensko ponašanje pčela je svojstvo radilica da prepoznaju, otklope i uklone bolesno, ozlijeđeno ili uginulo leglo (Rothenbuhler, 1964a.; Rothenbuhler, 1964b.). Dosadašnja istraživanja su pokazala utjecaj od 2 do 7 lokusa kvantitativnih svojstva na higijensko ponašanje (Rothenbuhler, 1964a i b.; Moritz, 1988.; Lapidge i sur., 2002.; Gramacho i Goncalves, 2009.) Higijensko ponašanje osnovni je mehanizam otpornosti pčela na američku gnjiloću pčela (uzročnik *Paenibacillus larvae larvae*) (Rothenbuhler, 1964a.) i vapneno leglo (uzročnik *Ascosphaera apis*) (Gilliam i sur., 1983.; Gilliam i sur., 1988.). U određenoj mjeri smanjuje brzinu razmnožavanja i širenja grinje *V. destructor* i virusa (Boecking i Spivak, 1999.; Spivak i Reuter, 1997.; Al Toufalia i sur., 2014.). U prirodnoj populaciji pčela, ovo svojstvo izraženo je kod 10% pčelinjih zajednica (Spivak i Gilliam, 1993.; Waite i sur., 2003.; Pérez-Sato i sur., 2009.; Bigio i sur., 2013.). Izraženost svojstva higijenskog ponašanja kod pčela može se ispitati izrezivanjem i smrzavanjem dijela legla te vraćanjem u zajednicu (Momot i Rothenbuhler,

1971.), smrzavanjem dijela legla tekućim dušikom (Spivak i Downey, 1998.), ili „pin test“ metodom (Newton i Ostasiewski, 1986.). Kod svake navedene metode prati se postotni uspjeh potpunog uklanjanja usmrćenog legla kroz određeno vremensko razdoblje. Zajednice koje nakon 48h očiste >95% stanica smrznutih tekućim dušikom smatraju se vrlo higijenskim (Spivak i Downey, 1998.). Kod testiranja „pin test“ metodom, postotak očišćenih usmrćenih stanica legla ocjenjuje se kada je prosjek pčelinjaka 50% očišćenih stanica, jer je tada najizraženija razlika između higijenskih i nehigijenskih zajednica (Büchler i sur., 2010.). U Europi se u selekcijskim programima testiranje higijenskog ponašanja uglavnom provodi „pin test“ metodom zbog jednostavnije provedbe od smrzavanja legla, dobre ponovljivosti i povezanosti sa zaraženosti zajednice varoom (Büchler i sur., 2010.). Gramacho i sur. (1999.) međutim ističu kako tekućina iz ličinke probodene iglom stimulira povećano higijensko ponašanje pčela. Higijensko ponašanje se sastoji od dvije komponente: otklapanja poklopaca i uklanjanja legla. U zajednicama s nisko izraženim higijenskim ponašanjem ova raspodjela posla nije vidljiva, dok je kod zajednica koje se sastoje od 50% i više pčela kod kojih je izraženo higijensko ponašanje, ova raspodjela jasno vidljiva (Arathi i Spivak, 2001.). Pojedini autori navode kako je higijensko ponašanje uvjetovano starošću pčela te da radilice srednje starosne dobi (prije nego postanu izletnice) u najvećoj mjeri sudjeluju u otklapanju i uklanjanju usmrćenog legla (Arathi i sur., 2000., Palacio i sur., 2009.). Drugi autori međutim ističu kako utjecaj okoliša i potrebe za uklanjanjem legla značajnije utječu na izražavanje higijenskog ponašanje nego dob pčela radilica (Arathi i Spivak, 2001.).

Boecking i Drescher (1998.) utvrdili su srednje vrijednosti ponovljivosti pin testa ($W=0,46$), dok je Hoffmann (1996.) utvrdio nešto više vrijednosti za ponovljivost ($W=0,55$). Boecking i sur. (2000.) utvrdili su kako je nasljednost higijenskog ponašanja selekcijom pomoću „pin test“ metode $h^2 = 0,36 (\pm 0,30)$. Harbo i Harris (1999.) utvrdili su heritabilitet za higijensko ponašanje od $h^2 = 0,65$. Međutim, dok su heritabilitet Boecking i sur. (2000.) procijenili na temelju regresije majke $\pm$ kćeri, Harbo i Harris su koristili analizu sestara. Pernal i sur. (2011.) utvrdili su srednje vrijednosti heritabiliteta ($h^2 = 0,25$), dok su Stanimirović i sur. (2008.) utvrdili visoke vrijednosti ($h^2 = 0,63$) u F1 generaciji. Palacio i sur. (2000.) ističu kako je sustavnom selekcijom zajednica s najjače izraženim higijenskim ponašanjem pri slobodnom parenju matica, higijensko ponašanje populacije u 5 godina naraslo sa 66,25% na 84,56%.

Utjecaj unosa nektara na izražavanje higijenskog ponašanja za vrijeme testiranja do danas je dosta istraživano i pojedini autori ističu kako unos nektara pozitivno utječe na higijensko ponašanje (Momot i Rothenbuhler, 1971.; Spivak i Reuter, 1997.) dok novija istraživanja

pokazuju kako unos nektara ili prihrane zajednice nema utjecaja na higijensko ponašanje (Panasiuk i sur., 2009.; Bigio i sur., 2013.).

Literatura navodi oprečne rezultate o utjecaju snage pčelinje zajednice na ekspresiju higijenskog ponašanja. Starija istraživanja pokazuju kako jače zajednice postižu bolje rezultate u testiranju (Boecking i Drescher, 1993.; Spivak i Gilliam, 1993.), dok novija istraživanja pokazuju suprotno. Ispitujući isti utjecaj na 57 pčelinjih zajednica, Kovačić i Puškadija (2015.) nisu pronašli značajan utjecaj snage zajednice na izražavanje higijenskog ponašanja. Isto su utvrdili i drugi autori (Mondragon i sur., 2005.; Bigio i sur., 2013.) što pokazuje kako broj pčela, stanica legla i unos hrane nemaju utjecaj na ekspresiju higijenskog ponašanja te se mjerenja ovog svojstva mogu provoditi tijekom cijele sezone.

U velikom istraživanju interakcije genotipa i okoliša Uzunov i sur. (2014.) utvrdili su kako na higijensko ponašanje značajan utjecaj imaju sezona, lokacija i genotip te navode najviše izraženo higijensko ponašanje tijekom srpnja i kolovoza, a manje tijekom svibnja i jeseni. Isti autori utvrdili su negativnu korelaciju između higijenskog i obrambenog ponašanja, sugerirajući kako agresivnije pčele imaju bolje izraženo higijensko ponašanje. Međutim, Kefuss i sur. (1996.) nisu pronašli korelaciju između ova dva svojstva. Garcia i sur. (2013.) utvrdili su značajnu pozitivnu korelaciju (0,22) između svojstava proizvodnje meda i higijenskog ponašanja. Nešto manju korelaciju (0,17) pronašli su Uzunov i sur. (2014.).

Al Toufalia i sur. (2014.) utvrdili su značajnu negativnu korelaciju između higijenskog ponašanja i povećanja zaraženosti zajednice varoom i virusima. Kovačić i sur. (2015.) pokazali su kako su zajednice s niskom izraženim higijenskim ponašanjem bile najviše zaražene varoom. Također su utvrdili najmanji porast zaraženosti odraslih pčela radilica kod skupine zajednica s najviše izraženim higijenskim ponašanjem. Spivak i Reuter (1998.) navode kako su higijenske zajednice bile manje zaražene varoom i vapnenim leglom te su proizvele više meda.

Nicodemo i sur. (2013.) vršili su selekciju pčela na povećanu proizvodnost propolisa u Brazilu pomoću umjetnog osjemenjivanja matica. Utvrdili su kako su zajednice s maticama kćerkama visokih proizvođača propolisa imale značajno više izraženo higijensko ponašanje.

Istraživanja higijenskog ponašanja kod uzgajivača matica u Hrvatskoj (Hatjina i sur., 2014.) pokazala su visoku izraženost higijenskog ponašanja 12 sati nakon usmrćivanja legla (od 74,46% do 83,2% očišćenih stanica).

1.1.2.2. Samočišćenje pčela

Svojstvo samočišćenja omogućava pčelama raspršivanje feromona i uklanjanje stranih čestica s vlastitog tijela (poput prašine, peludi ili nametnika) (Boecking i Spivak, 1999.). Pčele su u mogućnosti samočišćenjem u određenoj mjeri ukloniti i grinju *V. destructor* s tijela pomoću nogu, a ponekad i pomoću usnog aparata. Ovo svojstvo vrlo je izraženo kod izvornog domaćina varoe, azijske pčele *Apis cerana* gdje predstavlja jedan od osnovnih mehanizama otpornosti na varou (Peng i sur., 1987.). Kod medonosne pčele samočišćenje je zabilježeno, međutim nije toliko izraženo kao kod azijske pčele (Büchler i sur., 1992.; Fries i sur., 1996.). Osim samostalnog, pčele se ponekad čiste međusobno, a Land i Seeley (2004.) opisali su kako pčela specifičnim plesom može pozvati druge pčele kako bi ju očistile od nametnika. Kod medonosne pčele, uobičajeno je da se pčele uglavnom samostalno čiste, dok kod *A. cerana* ponekad i do 4 pčele čiste pčelu na kojoj je varoa (Pritchard, 2016.). Svojstvo samočišćenja može se ocijeniti izračunom udjela ozlijeđenih grinja na umetku u mrežastoj podnici. Ozljede na tijelu grinja uočavaju se kao nedostatak dijela ili cijelih nogu te ozljede na tijelu varoe. Iako medonosna pčela značajno manje koristi donje čeljusti za uklanjanje grinja od *A. cerana*, te su posljedično oštećenja na tijelu grinja rjeđe vidljiva, dokazana je negativna korelacija između proporcije ozlijeđenih grinja na podnici i zaraženosti pčela (Guzman-Novoa i sur., 2012.).

Provodeći istraživanja na *Apis mellifera intermissa*, Boecking i Ritter (1993.) su utvrdili prosječno 19,3% ozlijeđenih varoa na umetku u podnici. Moosbeckhofer (1992.) u svom istraživanju navodi kako udio ozlijeđenih tamnih varoa u zajednicama sive pčele iznosi 9,5%.

Rosenkranz i sur. (1997.) međutim navode udio od čak 45% ozlijeđenih varoa na umetku u podnici. Ruttner i Hänel (1992.) su od 700 pčelinjih zajednica odabrali 12 s povećanom otpornosti na varou. Proučavajući svojstvo samočišćenja, navode kako je u tim zajednicama uočeno 30-50% ozlijeđenih varoa. Najčešće ozljede utvrdili su na prvom paru nogu, a najmanji udio ozljeda na idiosomi.

Proučavajući afrikanizirane i europske pčele, te njihove hibride u Meksiku, Mondragon i sur. (2005.) navode kako je 15,1% varoa na podnici imalo oštećenja na tijelu, te dalje objašnjavaju kako svojstvo samočišćenja ima veliku ulogu u obrani pčelinje zajednice od grinje.

Invernizzi i sur. (2015.) su ispitivali razlike u samočišćenju između afrikaniziranih pčela i talijanske pčele (*Apis mellifera ligustica*). Ističu kako su afrikanizirane pčele, koje pokazuju puno veću otpornost na varou u usporedbi s europskim pčelama, na umetku u podnici imale 29% oštećenih varoa dok su talijanske pčele imale 17,7%.

Bak i Wilde (2016.) su istraživali samočišćenje kod različitih podvrsta pčela te su utvrdili kako tamna europska pčela (*Apis mellifera mellifera*) ima najviše, a siva pčela najmanje izraženo svojstvo samočišćenja. Zbog niskih vrijednosti heritabiliteta ovog svojstva ($h^2 < 0,15$ Erhardt i sur., 2007., $h^2 = 0,0$ Harbo i Harris, 1999a.), Büchler (2000.) ističe kako selekcija samo na ovo svojstvo nije isplativa.

Büchler (1993.) je utvrdio jak utjecaj sezone na izražavanje svojstva samočišćenja te navodi puno manje ozlijeđenih varoa u ožujku (10%) nego sredinom lipnja (40%).

1.1.2.3. Varoa specifično higijensko ponašanje (Varroa sensitive hygiene - VSH) i Potisnuto razmnožavanje varoe (Suppressed mite reproduction – SMR)

Pojedine pčelinje zajednice sposobne su prepoznati prisutnost varoe u leglu kroz voštani poklopac i ukloniti takvo leglo. Ovaj oblik higijenskog ponašanja, specifično usmjereno prema leglu zaraženom varoom, naziva se varoa specifično higijensko ponašanje – **VSH** (Harbo i Harris, 2005., Ibrahim i Spivak, 2006.). Pčele s VSH svojstvom osjete zaražene stanice pomoću ticala (Mondet i sur., 2015.) te otklapaju i uklanjaju zaražene stanice legla s reproduktivnom grinjom (Harbo i Harris, 2005., Harris i sur., 2010.). Grinje koje se ne razmnožavaju ostaju zarobljene u leglu i na taj način stječe se dojam kako je u takvim zajednicama vrlo visok udio neplodnih varoa. Ovaj obrambeni mehanizam ne ubija varou, ali utječe na uspjeh jednog ciklusa razmnožavanja grinje. Kao posljedica, veliki dio grinja koje se nalaze u zajednici s visoko izraženim VSH svojstvom neće se uspjeti razmnožiti. Ovaj neuspjeh u razmnožavanju varoe naziva se potisnuto razmnožavanje varoe – **SMR** (Harbo i Harris, 1999b.). Osim VSH, na potisnuto razmnožavanje varoe mogu utjecati i neki drugi čimbenici, kao što je otklapanje i poklapanje legla (Oddie i sur. 2018.), smrtnost potomaka varoe u leglu (Medina i Martin, 1999., Mondragon i sur., 2006.), utjecaj legla (Harbo i Hoopingartner, 1997., Nazzi i sur., 2002., Milani i sur., 2004., Ibrahim i Spivak, 2006.) ili plodnost varoe (broj sparenih kćerki do izlijevanja pčele). Prilikom uklanjanja legla zaraženog grinjom, zajednica žrtvuje buduće jedinice iako je uložila veliki napor za njihovo uzgajanje i ima negativni utjecaj na uspjeh razvoja zajednice. Stoga, pčele moraju imati vrlo točnu informaciju koje leglo moraju ukloniti prije nego počnu s otklapanjem stanice. Pčele s izraženim VSH svojstvom mogu osjetiti specifične mirise koje ispušta ozlijeđeno leglo (Mondet i sur., 2016.). Bienefeld i sur. (2016) video nadzorom su uočili kako pčele pokazuju sustavni slijed ponašanja tijekom izvedbe higijenskog ponašanja. Opisuju kako vrlo važan dio ponašanja predstavlja opipavanje okolnih stanica oko zaražene stanice kako bi pčele sa što većom sigurnosti utvrdile koja je točno stanica zaražena.

U Europi su provedena brojna istraživanja udjela neplodnih grinja u leglu. Tako za Njemačku Ritter i De Jong (1984.) navode 24% neplodnih grinja, a Büchler (1992.) 20%. Za Austriju Moosbeckhoffer i sur. (1988.) navode 7% neplodnih grinja u leglu, dok za Grčku Ifantidis (1984.) navodi 19%, a za Tursku Ritter i De Jong (1984.) 22%.

1.1.2.4. Otklapanje i poklapanje legla

Nasuprot VSH svojstvu, koje je bitno u otpornosti pčela, no zbog uklanjanja legla istovremeno ima i ekonomski negativan učinak na pčelinju zajednicu, jednostavno otklapanje i ponovno poklapanje legla može smanjiti uspjeh razmnožavanja grinje *V. destructor*. (Oddie i sur., 2018.).

Corrêa-Marques i De Jong (1998) utvrdili su kod 4 od 10 pčelinjih zajednica afrikaniziranih pčela u Brazilu dosta stanica legla u razvojnem stadiju kukuljica koje su otklopljene. Proučavajući te stanice, utvrdili su kako je 46% zaraženo grinjom nasuprot 12% zaraženosti poklopljenog legla. Skoro četiri puta veća zaraženost otklopljenih stanica ukazuje na selektivno otklapanje zaraženih stanica legla.

Villa i sur. (2009.) kao nedostatak selekcije na otklapanje/poklapanje legla navode veliku varijabilnost, koja je u njihovom istraživanju na VSH zajednicama iznosila od 2 do 100 % otklopljenih/poklopljenih stanica.

Harris i sur. (2010.) navode kako je broj potomaka po grinji statistički značajno manji u zaraženim stanicama legla koje su otklapane/poklapane nego u normalnim neotklapanim stanicama.

Kirrane i sur. (2015.) utvrdili su kod talijanskih i pčela porijeklom iz Rusije 36% odnosno 10% otklopljenih i ponovno poklopljenih stanica. Također su utvrdili kako je kod talijanskih pčela 64,36% zaraženih stanica legla bilo otklapano/poklapano, dok je kod ruskih pčela taj postotak bio veći i iznosi 77,81%.

Istražujući mehanizme otpornosti kod četiri odvojene populacije pčela u Švedskoj, Norveškoj i Francuskoj, Oddie i sur. (2018.) utvrdili su kako zajednice koje preživljavaju bez tretmana protiv varoe imaju značajno veći udio otklapanih/poklapanih stanica legla u usporedbi s lokalnim tretiranim zajednicama.

1.1.3. Bolesti

1.1.3.1. *Varroa destructor*

Životni ciklus ženke *V. destructor* sastoji se od dva stadija: stadija kada je na pčeli i stadija kada je u leglu (ciklus razmnožavanja). Grinje se hrane hemolimfom odraslih pčela i legla. Kemijska orijentacija je osnova uspješnog preživljavanja i razmnožavanja grinja, koje mogu raspoznati starost pčela i starost legla pomoću kemijskih signala (Rosenkranz i sur., 2010). Ciklus razmnožavanja grinje usko je povezan s razvojnim ciklusom legla pčela. Pčelinje leglo pred poklapanje izlučuje feromonski signal radilicama kako je potrebno stanicu poklopiti. Isti signal (u ovom slučaju naziva se kairomonski signal) prepoznaje i grinja *V. destructor* koja 15-20 sati prije poklapanja radiličkog, odnosno 40-50 sati prije poklapanja trutovskog legla ulazi u stanicu (Boot i sur., 1992.). Grinja ulazi ispod ličinke pčele i zaranja u njenu hranu gdje se skriva kako je pčele ne bi pronašle (Rosenkranz i sur., 2010.). Nekih 5 sati nakon poklapanja ličinka pojede hranu i oslobađa grinju (Ifantidis i sur., 1988.). Grinja se počinje hraniti hemolimfom te aktivira početak oogeneze i vitelogeneze (Garrido i sur., 2000.; Steiner i sur., 1995.). Grinja snese prvo jaje 70 sati nakon poklapanja stanice (Ifantidis, 1990.). Prvo jaje je neoplođeno i iz njega se razvije haploidni mužjak, dok su ostala jaja oplođena i iz njih se razvijaju diploidne ženke (Ifantidis, 1990.). Uobičajeno, grinja u radiličkom leglu snese do pet, a u trutovskom leglu do šest jaja (Martin, 1994., 1995.). Odrasla grinja stvara „hranidbenu zonu“, koja je uobičajeno smještena na petom segmentu kukuljice, na kojoj se hrani potomstvo. U blizini, na stijenci stanice nalazi se tzv. „mjesto akumuliranja izmeta“ (eng. fecal accumulation site) na kojem grinje uglavnom borave (Donze i Guerin, 1994.). Parenje grinja se može odvijati samo unutar stanice s pčelinjim leglom, a pare se brat i sestre. Kako bi se napunila spermateka grinje s 35 spermija potrebno je nekoliko parenja (Donze i Guerin, 1994.). Ipak, ciklus razmnožavanja grinje *V. destructor* nije uvijek uspješan. Kod europskih podvrsta medonosne pčele zabilježeno je 5-20% neplodnih grinja (Rosenkranz i sur., 2010.). Razlozi zašto neke grinje ostanu neplodne nisu još u potpunosti objašnjeni.

Spori razvoj odnosno spori porast populacije grinje *V. destructor* u pčelinjoj zajednici jedno je od osnovnih obilježja otpornih pčelinjih zajednica i može služiti kao osnovni kriterij prilikom selekcije pčela na otpornost na varoe, bez obzira što točan mehanizam otpornosti u tom trenutku nije utvrđen (Büchler i sur., 2010.). Ipak, prilikom ovakvog načina selekcije, potrebno je voditi računa o stanju zajednice tijekom godine i uspoređivati zajednice jednakih svojstava (npr. snažna pčelinja zajednica tijekom cijele sezone, nije bilo prekida legla zbog rojenja).

Hraneći se hemolimfom legla, grinje direktno uzrokuju smanjenje masno-bjelančevinastog tkiva kod pčela što dovodi do kraćeg životnog vijeka i stradanja pčela (Drescher i Schneider, 1987.). Iako na taj način izravno nanose štetu pčelinjoj zajednici, puno veći problem je što su grinje vektori u prijenosu virusa (Ball, 1983.) koji na kraju dovode do stradanja pčelinje zajednice (Carreck i sur., 2010.; Martin i sur., 2012.; Roberts i sur.; 2017.).

Fries i sur. (1991.) su tijekom 16 mjeseci pratili 35 pčelinjih zajednica koje su na početku istraživanja zarazili s 5 do 8 grinja. Utvrdili su kako je u vrijeme prisutnosti legla u zajednici pouzdanije pratiti prirodni pad varoe na umetku u košnici nego kontrolirati invadiranost legla, dok je praćenje invadiranosti legla bilo učinkovitije od praćenja invadiranosti odraslih pčela. Isti autori navode kako je u zajednicama bez legla praćenje pada varoe i invadiranost odraslih pčela bilo jednako učinkovito. Najveću korelaciju ($r = 0,81$) utvrdili su između prirodnog pada varoe i invadiranosti odraslih pčela u zajednicama kod kojih je prisutno leglo.

Branco i sur. (2006.) koristili su tri metode za praćenje razvoja populacije grinje: brojanje grinja usmrćenih lijekovima, procjena invadiranosti legla i odraslih pčela te prirodna smrtnost varoe na umetku u mrežastoj podnici. Utvrdili su dobru linearnu povezanost između ove tri metode, a praćenje prirodnog pada varoe, kojeg opisuju kao vrlo jednostavnu metodu bez utjecaja na pčelinju zajednicu ili populaciju grinje, pokazalo se vrlo pouzdanom metodom. Međutim, napominju kako su podaci o prirodnom padu grinja pouzdani samo kada je leglo prisutno u zajednici i dok razina invadiranosti nije tolika da dovodi do stradanja pčelinje zajednice. Isto tako naglašavaju mogući utjecaj drugih čimbenika (osim veličine populacije grinje) koji mogu utjecati na smrtnost varoe, a sama metoda u konačnici nije pouzdana za sigurno predviđanje buduće veličine populacije grinje u zajednici.

Lee i sur. (2010.) navode kako je za procjenu invadiranosti odraslih pčela potrebno kontrolu izvršiti na uzorku od ≈ 300 pčela s okvira iz plodišta, a za pouzdanu procjenu zaraženosti pčelinjaka potrebno je uzeti uzorke iz 8 pčelinjih zajednica, bez obzira na veličinu pčelinjaka. Isti autori navode kako je gornja granica invadiranosti pčela pri kojoj je potrebno izvršiti tretman 10-12%.

Büchler i sur. (2010.) ističu da je za procjenu invadiranosti pčela potrebno analizirati uzorak od najmanje 30g pčela po košnici iz medišnog dijela, jer je u tom dijelu košnice invadiranost pčela najviše ujednačena. Objašnjavaju kako je najveća ponovljivost procjene invadiranosti pčela utvrđena na uzorku pčela iz medišta (0,85) nešto manja na uzorku pčela iz plodišta (0,74) dok je najmanja s uzorka pčela na ulazu u košnicu (0,63).

1.1.3.2. Virusi

Hrvatsko i englesko nazivlje najznačajnijih virusa prikazani su u tablici 1.4.

Tablica 1.4. Nazivi najčešćih virusa na hrvatskom i engleskom jeziku i njihove kratice

Ime virusa na hrvatskom jeziku	Ime virusa na engleskom jeziku	Kratice
Virus crnih matičnjaka	Black queen cell virus	BQCV
Virus akutne pčelinje paralize	Acute bee paralysis virus	ABPV
Virus kronične pčelinje paralize	Chronic bee paralysis virus	CBPV
Virus izobličenih krila	Deformed wing virus	DWV
Kašmirski pčelinji virus	Kashmir Bee Virus	KBV
Virus izraelske akutne pčelinje paralize	Israeli acute paralysis virus	IAPV
Virus mješinstog legla	Sacbrood virus	SBV

Najveći dio virusa pronađenih u pčelinjoj zajednici pripadaju jednolančanim RNA virusima. Na razini pčele, virusne infekcije mogu dovesti do tjelesnih deformacija, paralize ili smrti (McMenamin i sur., 2015.). Virusi se prenose horizontalno i vertikalno, a do danas su virusi osim u pčelama pronađeni u peludi, medu i pčelinjem kruhu. Zdrave matice hranjene zaraženom hranom proizvodile su potomstvo zaraženo virusima (Singh i sur., 2010.). Iako se virusi mogu prenositi putem hrane, grinja *V. destructor* najznačajniji je vektor u širenju virusa. Do danas je potvrđeno kako je grinja vektor u prijenosu DWV (Bowen-Walker i sur., 1999.), KBV (Chen i sur., 2004), SBV (Shen i sur., 2005.), ABPV (Ball, 1983.) i IAPV (Di Prisco i sur., 2011.).

Tlak-Gajger i sur. (2014a.) istraživali su prisutnost virusa u Koprivničko-križevačkoj županiji te su utvrdili prisutnost DWV u svim uzorcima, SBV u 70%, BQCV u 20%, ABPV u 10% i CBPV u 10% uzoraka.

PCR analizom uzoraka pčela s 82 pčelinjaka na 20 lokacija u Hrvatskoj, Tlak-Gajger i sur. (2014b.) utvrdili su sljedeće postotke zaraženosti: CBPV 9,75%, ABPV 10,97%, BQCV 29,26%, SBV 40,24% i DWV 95,12%. Nisu utvrdili ni jedan uzorak pozitivan na KBV i IAPV. Isti autori u Osječko-baranjskoj županiji utvrdili su prisutnost SBV i DWV u svim zajednicama, a BQCV i CBPV u 33% zajednica.

1.1.4. Uzgojni i istraživačko-seleksijski programi u svijetu

Svrha bilo koje stočarske proizvodnje, pa tako i pčelarstva, je proizvodnja kvalitetnog proizvoda. Kako bi se postigao taj cilj potrebno je selekcijom poboljšati željena svojstva jedinke (Falconer and Mackay, 1996.). Uspjeh selekcije u pčelarstvu ovisi o preciznosti kojom se zajednice/matice ocjenjuju, generacijskom intervalu, intenzitetu selekcije (manje ili više svojstava) te o brojnosti genetskog materijala (Büchler i sur., 2013.). Zato je prilikom stvaranja uzgojnog programa potrebno odrediti cilj selekcije i prema tome odrediti uzgojnu vrijednost ili seleksijski indeks prema kojemu će se odlučivati prilikom odabira budućih majčinskih odnosno trutovskih linija.

U Hrvatskoj se provodi „Uzgojni program sive pčele (*Apis mellifera carnica*)“ prema kojemu registrirani uzgajivači matica provode selekciju na svojim pčelinjacima. Prema Programu, osnovni uzgojni cilj je *„ujednačavanje kvalitete uzgojenih matica uz usmjeravanje uzgoja i selekcije na povećanje proizvodnje pčelinjih proizvoda, selekciju tolerantnosti na bolesti i poboljšanje odlika ponašanja“*. Testiranje matica obavlja se provedbom performans testa gdje se ocjenjuju sljedeći parametri: produktivnost, mirnoća pčela, obrambeno ponašanje, tolerantnost na bolesti, rojevni nagon te brzina proljetnog razvoja. Na osnovu dobivenih rezultata, izračunava se seleksijski indeks, koji služi za odabir budućih majki.

Puno učinkovitiji model izračuna uzgojne vrijednosti je „BLUP Animal model“ (Best Linear Unbiased Prediction) metoda pomoću koje se u izračunu majčinskih efekata, uz podatke same jedinke, koriste svi raspoloživi podaci o direktnim i indirektnim rođacima kojima se daju odgovarajuće težine kako bi se dobilo najtočnije predviđanje genotipa. Izračun uzgojnih vrijednosti BLUP metodom u Njemačkoj su pokrenuli Bienefeld i sur. (2007.) nakon čega je zabilježen značajno bolji i brži pomak u selekciji. Primjenom BLUP metode obavlja se genetska procjena i dobije se uzgojna vrijednost koja govori kolika je mogućnost da će određeno svojstvo potomstva odabrane jedinke biti bolje odnosno lošije od prosjeka populacije. Pčele imaju posebne genetske i reproduktivne karakteristike (haplo-diploidno određivanje spola, arenotokija, poliandrija) koji otežavaju provedbu selekcije u usporedbi s drugim vrstama domaćih životinja. Međutim, pored svega osnovni metodološki problem je razlučivanje utjecaja matice od utjecaja radilica na promatrano svojstvo pčelinje zajednice (Büchler i sur., 2013.). Utjecaj matice i radilice nekada mogu biti negativno povezani, što se posljedično negativno odražava na uspjeh selekcije (Bienefeld i Pirchner, 1990.).

Gregorc i Lokar (2010.) navode rezultate istraživanja na 36 pčelinjih zajednica. Prosječna proizvodnost meda iznosila je 9,5 kg, a površina poklopljenog legla bila je 7 061 cm². Prosjek dva testiranja higijenskog ponašanja nakon 24 sata bio je 83,4% očišćenih stanica, a najveći broj spora nozemoze pronašli su u rujnu. Autori zaključuju kako je moguće osnovati „čimbenik uspješnosti zajednice“ (colony performance factor) s najvećim brojem bodova od 34, kao odgovarajući alat za rangiranje i selekciju zajednica unutar pčelinjaka.

Kefuss i sur. (2015). započeli su 1999. godine vrlo jednostavan model selekcije na povećanu otpornost na varou. Selekciju su provodili na način da zajednice nisu tretirali protiv grinje *V. destructor* te su prve godine izgubili 2/3 zajednica od 268 s kojima su započeli testiranje. Od preživjelih zajednica, 2002. godine su formirali skupinu od 60 zajednica. Na kraju, 2013. godine navode kako se populacija sastoji od 519 zajednica koje se ne tretiraju protiv grinja, čija je populacija u tim zajednicama niska.

Na baltičkom otoku Gotlandu, Fries i sur. (2006.) započeli su slični model selekcije. Od početnih 150 zajednica koliko je započelo istraživanje, nakon 5 godina ostalo je 5 preživjelih zajednica. Uspoređujući preživjele zajednice s lokalnim, neotpornim zajednicama, Fries i Bommarco (2007.) navode kako je invadiranost preživjelih zajednica grinjama 82% niža. Uspoređujući QTL regije na kromosomu 7 (značajne za otpornost na varou) na ovoj populaciji prije i nakon prirodne selekcije, Lattorff i sur. (2015.) su utvrdili veliki gubitak genetske raznolikosti.

Na sveučilištu u Minnesoti, pod vodstvom dr. Marle Spivak razvijen je soj pčela s izraženim higijenskim ponašanjem koji pokazuje određenu otpornost na grinju *V. destructor* (Boecking i Spivak, 1999.; Spivak i Reuter, 2001a., 2001b.). Do danas, te su linije podijeljene uzgajivačima matica i komercijalno se prodaju na tržištu (Spivak i sur., 2009.).

Zanimljiv i uspješan program selekcije proveden je na USDA Bee Breeding Lab u Baton Rouge, SAD, čiji je osnovni cilj stvaranje pčela otpornih na varou. Započeli su jednostavnim praćenjem porasta populacije grinja u zajednicama, a selekciju su ubrzali umjetnom oplodnjom matica spermom samo jednog truta. Prateći četiri mehanizma otpornosti (dužina razdoblja poklopljenog legla, higijensko ponašanje, samočišćenje i neplodnost varoe - SMR), utvrdili su kako samo SMR ima negativnu korelaciju s porastom populacije grinja u košnici (Harbo i Hoopingarner, 1997.). Selekcija je nastavljena do 2005. godine kada je ustanovljeno da je neplodnost varoe u leglu uzrokovana higijenskim uklanjanjem invadiranog legla (Harbo i

Harris, 2005., Ibrahim i Spivak, 2005.). To svojstvo nazvali su „Varroa sensitive hygiene – VSH“ (Harris, 2007.).

Danka i sur. (2015.) uzgojili su „Pol-liniju“ pčela križajući VSH matice s komercijalnim linijama iz SAD-a od 2008. do 2014. godine te odabirući potom zajednice s niskom razinom invadiranosti grinjom *V. destructor*. Ispitujući potom postotak uklanjanja invadiranog legla i udio neplodnih grinja, utvrdili su kako između „Pol“ linije i VSH linije nema razlike, što je pokazalo kako je moguće ubaciti VSH svojstvo u komercijalne pčelinjake te odabirati zajednice s niskom razinom invadiranosti i poželjnim drugim svojstvima.

1.2. Cilj istraživanja i hipoteze

Osnovni cilj istraživanja je utvrditi biološke i proizvodne razlike između 5 linija sive pčele od kojih je jedna neselekcionirana, a četiri su iz dva uzgojna programa:

- Utvrditi razlike između ispitivanih skupina u svojstvima:
 - obrambenog ponašanja
 - mirnoće na saću
 - proljetnom razvoju
 - rojevnom nagonu
 - proizvodnosti
- Utvrditi razinu otpornosti na varoozu kod ispitivanih skupina mjerenjem svojstava:
 - higijenskog ponašanja
 - samočišćenja pčela
 - SMR svojstva
 - Otklapanja/poklapanja stanica legla

Poseban naglasak će biti na proučavanju mehanizma otpornosti pčela na varoozu tj. objašnjavanju mehanizma kojim pčele smanjuju sposobnost razmnožavanja grinje *Varroa destructor*. Po prvi puta će se u Hrvatskoj u ovoj mjeri istražiti prisutnost svojstva otklapanja/poklapanja legla i SMR svojstva kod pčela.

Na osnovu opisanih ciljeva postavljene su sljedeće radne hipoteze:

- Linije pčela iz selekcije imaju manje izraženi rojevni nagon od neselekcionirane linije
- Linije pčela iz selekcije imaju manje izraženo obrambeno ponašanje od neselekcionirane linije
- Linije pčela iz selekcije imaju bolje izraženo svojstvo mirnoće na saću
- Linije pčela iz selekcije imaju veću proizvodnost od neselekcionirane linije
- Linije pčela iz selekcije imaju bolje izraženo higijensko ponašanje
- Linije pčela iz selekcije imaju veću procijenjenu uzgojnu vrijednost

2. MATERIJAL I METODE RADA

2.1. Lokacija pčelinjaka

LR košnice uključene u istraživanje bile su smještene na pčelinjaku u Čemincu, Osječko-baranjska županija (N 45°40'12"; E 18°40'40"; 90m nadmorske visine). U istraživanje je bilo uključeno 60 pčelinjih zajednica s maticama različitog genetskog porijekla podijeljenih u 5 skupina po 12. Sve matice pripadaju sivoj pčeli (*Apis mellifera carnica*). Porijeklo i informacije o maticama majkama pojedinih skupina prikazani su u tablici 2.1. Testiranje zajednica je počelo u listopadu 2015., a završilo je u ožujku 2017. godine. Slika pčelinjaka i raspored košnica tijekom istraživanja prikazan je na slici 1.

Tablica 2.1. Prikaz porijekla matice po skupinama, dugoročnost selekcije i svojstva na koje je selekcija provedena.

Skupina	Porijeklo matice majke	Broj godina selekcije	Svojstva na koje je provedena selekcija
1	Lokalna	15	Proljetni razvoj, agresivnost, mirnoća na saću, rojivost, proizvodnost, higijensko ponašanje
2	Lokalna	15	Proljetni razvoj, agresivnost, mirnoća na saću, rojivost, proizvodnost, higijensko ponašanje
3	Lokalna	15	Proljetni razvoj, agresivnost, mirnoća na saću, rojivost, proizvodnost, higijensko ponašanje
4	Trnovac Sokolovački (općina Sokolovac, Koprivničko-križevačka županija)	0	Nije provedena nikakva selekcija
5	LLH, Bieneninstitut Kirchhain, Njemačka	60	Proljetni razvoj, agresivnost, mirnoća na saću, rojivost, proizvodnost, higijensko ponašanje



Slika 1. Pčelinjak u Čemencu na kojem je provedeno istraživanje (Izvor: Kovačić, M.)

Skupine 1, 2, 3 i 5 predstavljaju testne skupine s maticama kćerkama roditelja na kojima je provođena selekcija, dok skupina 4 predstavlja kontrolnu skupinu s maticama kćerkama roditelja na kojima nikada nije provođena selekcija.

Prilikom odabira kontrolne skupine, provedena je anketa pčelara u selima Trnovac Sokolovački, Ladislav Sokolovački, Zrinski Topolovac, Male Sesvete, Poveljić i Srijem (općina Sokolovac, Koprivničko-križevačka županija). Pčelari u navedenim selima pčelare s pletarama na tradicionalni način (slika 2 i 3). Pčelari su potvrdili kako nikada nisu kupovali matice ili rojeve (često navodeći kako to donosi lošu sreću), te kako na njihovo područje seleći pčelari (s „umjetnim košnicama“) ne dovoze pčele. S obzirom na odgovore pčelara, zaključili smo kako ovo područje predstavlja dobru lokaciju za odabir kontrolne skupine.



Slika 2. Tradicionalan način držanja pčela u pletarama, Velike Sesvete, 2015
(Izvor: Kovačić, M.)



Slika 3. Paviljon s pletarama, Poveljč, 2015
(Izvor: Kovačić, M.)

2.2. Genetski materijal

2.2.1. Uzgoj matica za istraživanje

Sve matice su uzgojene tijekom srpnja 2015. godine. Matice skupina 1, 2 i 3 uzgojene su i sparene na oplodnoj stanici u Batini (Osječko-baranjska županija). Za uzgoj matica skupine 4, u Batinu je doseljena jedna pletara iz Trnovca Sokolovačkog iz koje su presađene ličinke i uzgojene matice, a na sparivanje su vraćene u Trnovac Sokolovački. Matice skupine 5, čija je majka porijeklom s pčelarskog instituta u Kirchhainu (Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Bieneninstitut Kirchhain, Njemačka), slobodno su sparene na području Rijeke.



Slika 4. Priprema oplodnjaka za punjenje s pčelama i nesparenom maticom
(Izvor: Kovačić, M.)



Slika 5. Trodnevno čuvanje oplodnjaka na 13 °C nakon punjenja (Izvor: Kovačić, M.)

Matice iz prve četiri skupine uzgojene su metodom presađivanja jednodnevnih ličinki pomoću kineske igle. Presađene ličinke bile su smještene u startere, a nakon 24 sata bile prebačene u uzgojne zajednice. Dva dana prije izlijevanja, matičnjaci su bili smješteni u inkubator gdje su se matice izlegle. Nakon izlijevanja, od matica i mladih pčela formirani su oplodnjaci (slika 4) koji su potom 3 dana bili smješteni u rashladnoj komori na temperaturi od 13°C (slika 5). Dva tjedna nakon postavljanja oplodnjaka na sparivalište pregledan je uspjeh sparivanja, matice su izvađene iz oplodnjaka i smještene u transportne kaveze. Oplodnjaci skupine 4 su nakon hlađenja u komori odvezeni u Ladislav Sokolovački gdje su se matice sparile s lokalnim trutovima odakle je porijeklo matice majke (slika 6). Matice skupine 5 su kupljene.



Slika 6. Oplodnjaci s nesparenim maticama kontrolne grupe dovezeni na sparivanje u Trnovac Sokolovački (Izvor: Kovačić, M.)

2.2.2. Formiranje pčelinjih zajednica za istraživanje

Tijekom svibnja 2015. godine formirano je 75 zajednica od 4 okvira poklopljenog legla s pripadajućim pčelama i 2 okvira meda s peludom. Tijekom srpnja matice u zajednicama formiranim u svibnju zamijenjene su s pokusnim maticama. Početkom kolovoza, nakon prihvata matica, odabrano je po 12 ujednačenih zajednica iz svake skupine. Prva su mjerenja obavljena početkom listopada (70 dana nakon postavljanja matice u zajednicu), kada su većina pčela u zajednici kćerke pripadajuće matice (Büchler i sur., 2013.).

2.3. Upravljanje pčelinjakom

Zajednice su u prvoj godini istraživanja bile uzimljene na dva LR nastavka. Tijekom veljače 2016. godine, veličina košnica smanjena je na jedan LR nastavak. Tijekom proljeća, kada bi dosegla snagu 8 okvira legla, zajednica je proširivana s jednim nastavkom satnih osnova. Proširivanje je obavljeno na način da su 4 okvira s leglom ostavljena u donjem nastavku, a 4 okvira prebačena u gornji, dodani nastavak. Satne osnove su dodane sa strane u oba nastavka. Kasnije prema potrebi dodavana je matična rešetka iznad drugog plodišnog nastavka i medišni nastavci. Plodište svih zajednica do kraja istraživanja sastojalo se od dva LR nastavka (slika 7).



Slika 7. Zajednice u istraživanju imale su plodište na dva nastavka (Izvor: Kovačić, M.)

Tijekom kolovoza 2015. godine sve zajednice su bile prihranjene šećernim sirupom (5 x 1 litra; omjer šećera-vode 1:1). Iduća prihrana zajednica obavljena je tijekom kolovoza 2016. godine na isti način.

Kako bi se ujednačio broj grinja *V. destructor* u testnim zajednicama, sredinom kolovoza 2015. godine (nakon sigurnog prihvata svih matica u pokusu) izvršen je tretman sredstvom CheckMite®. Iduće godine tretman pčelinjih zajednica je obavljen u trenutku kada bi zaraženost odraslih pčela bila oko 10%. Na koncu, deset pčelinjih zajednica tijekom 2016. godine uopće nije bilo tretirano, a 4 su uspješno prezimile. Tretman u 2016. obavljen je preparatom CheckMite®, a tijekom studenog 2016. kada nije bilo prisutno leglo, tretirane zajednice su tri puta dimljene listićima natopljenim amitrazom.

2.4. Mjerenja

U tablici 2.2. nabrojani su svi parametri koji su mjereni kao broj obavljenih mjerenja.

Tablica 2.2. Parametri koji su mjereni tijekom istraživanja i broj obavljenih mjerenja

Parametar	Broj mjerenja
Broj pčela	12
Broj stanica legla	12
Broj stanica peludi	11
Frekvencija na letu	8
Agresivnost	12
Mirnoća na saću	12
Rojevni nagon	7
Vaganje košnica	17
Vaganje nastavaka u vrcaoni	2
Prirodni pad varoe	42
Zaraženost legla grinjom <i>V. destructor</i>	6
Zaraženost pčela grinjom <i>V. destructor</i>	10
Uzorkovanje legla za ocjenu SMR svojstva	6
Uzorkovanje otpalih varoa na umetku za ocjenu svojstva samočišćenja	3
Pin test	3
Uzorkovanje pčela za analizu prisutnosti virusa	1

2.4.1. Razvoj zajednice

Broj pčela u košnici mjeren je prema „Liebefeld“ metodi (Imdorf i sur., 1987., Delaplane i sur., 2013.) kojom se vizualno procjenjuje zaposjednutost okvira s pčelama, stanicama legla i peludi i zatim izračunava njihov broj. Uz broj pčela prisutnih u košnici, mjerena je frekvencija vraćanja pčela u košnicu kako bi se procijenio ukupan broj pčela. Na osnovi ovih mjerenja praćen je razvoj pčelinje zajednice, indeks prezimljavanja i preživljavanje pčelinjih zajednica.

2.4.1.1. Frekvencija

Prilikom većine kontrolnih pregleda, osim kada je aktivnost pčela bila vrlo mala ili je nije ni bilo, prije otvaranja košnice tijekom jedne minute praćen je broj pčela koje se vraćaju u košnicu. Broj izbrojanih pčela pomnožen s koeficijentom 20 kako bi se dobio okvirni broj pčela koje se u tom trenutku nalaze izvan košnice (Liebig, 1994.). Ovaj broj pridodan je broju izbrojanih pčela.

2.4.1.2. Broj pčela

Broj pčela u košnici mjereno je pomoću standardnog LR okvira (modela) koji je žicom podijeljen na 8 kvadrata od 100 cm². Prilikom mjerenja, za svaku stranu okvira u košnici procijenjen je broj kvadrata koje zauzimaju pčele. Na kraju mjerenja, broj kvadrata je zbrojen i pomnožen sa 125 kako bi se dobio broj pčela u košnici, jer se na površini od 100 cm² nalazi 125 pčela (Delaplane i sur., 2013.). Tijekom istraživanja u 3 navrata je obavljena kontrola točnosti procjene broja pčela kako bi se utvrdilo eventualno odstupanje. Kontrola je obavljena trenutnom procjenom broja kvadrata te fotografiranjem iste strane okvira. Naknadnim prebrojavanjem pčela sa slike utvrđeno je odstupanje procijenjenog broja od stvarnog broja. Utvrđena prosječna pogreška tijekom istraživanja iznosila je 10% manje procijenjeno pčela od stvarnog broja pčela na okviru. Za izračun ukupnog broja pčela u košnici korištena je formula:

$$BP = IP + F + (IP * P)$$

gdje je:

BP – broj pčela

IP – procijenjeni broj pčela (broj kvadrata x125)

F – frekvencija

P – pogreška (0,1)

2.4.1.3. Broj stanica legla

Za procjenu broja stanica legla korištena je ista metoda kao za procjenu broja pčela. Međutim, za izračun broja stanica legla na pojedinom okviru, broj procijenjenih kvadrata pomnožen je s koeficijentom 400 jer se na 100 cm² nalazi 400 stanica legla (Delaplane i sur., 2013.). Utvrđena pogreška za procjenu broja stanica legla u prosjeku je iznosila 20% više procijenjeno legla od

stvarnog broja stanica legla na okviru. Za izračun ukupnog broja stanica legla korištena je sljedeća formula:

$$BL = IL - (IL * P)$$

gdje je:

BL – broj stanica legla

IL – procijenjeni broj stanica legla (broj kvadrata x400)

P – pogreška (0,2)

2.4.2. Prezimljavanje

2.4.2.1. Indeks prezimljavanja

Indeks prezimljavanja (IP) predstavlja postotak preživjelih pčela prilikom prvog proljetnog pregleda u odnosu na broj pčela prilikom posljednjeg jesenjeg pregleda i računat je prema sljedećoj formuli:

$$IP = \frac{PP}{PJ} * 100 (\%)$$

Gdje je:

IP – indeks prezimljavanja (%)

PP – broj pčela prilikom prvog proljetnog pregleda

PJ – broj pčela u zajednici prilikom posljednjeg jesenjeg pregleda

Indeks prezimljavanja izračunat je za zime 2015/2016. i 2016/2017. godine.

2.4.2.2. Potrošnja hrane zimi

Potrošnja hrane praćena je tijekom dvije zime (2015/2016. i 2016/2017. godine). Kako su košnice drvene i podložne upijanju vlage, tijekom jeseni na pčelinjak je postavljena jedna košnica bez pčela sa svim sastavnim dijelovima poput košnica u istraživanju kako bi se pratila eventualna promjena u težini košnice tijekom zime. Podatak o promjeni težine kontrolne košnice korišten je za korigiranje izračunate vrijednosti potrošnje hrane zimi. Potrošnja hrane zimi dobivena je kao razlika u težini košnice između posljednjeg jesenjeg mjerenja i prvog

proljetnog mjerenja. Potrošnja hrane po pčeli izračunata je dijeljenjem ukupne potrošnje hrane zimi s brojem pčela u košnici prilikom mjerenja snage zajednice nakon zimovanja. Potrošnja hrane zimi izračunata je za zime 2015/2016. i 2016/2017. godine.

2.4.3. Svojstva urođenog ponašanja

2.4.3.1. Obrambeno ponašanje

Agresivnost ili obrambeno ponašanje pčela ocjenjivano je prilikom svakog kontrolnog pregleda pčelinjih zajednica. Ovo svojstvo ocjenjivano je prema standardnoj međunarodnoj metodi ocjena od 1 do 4, gdje 1 predstavlja najlošiju, a 4 najbolju ocjenu (Büchler i sur., 2013.). Kako bi se utvrdile što točnije razlike, prilikom ocjenjivanja korištene su i polovične vrijednosti, a opis i način ocjenjivanja objašnjeni su u tablici 2.3.

Tablica 2.3. Međunarodna standardna metoda za ocjenu agresivnosti pčela

Ocjena	Opis
4	Uz vrlo malo korištenja dima prilikom otvaranja košnice, pčele tijekom rada ne napadaju, mirno hodaju, ne izlijeću, zaštitna oprema nije potrebna.
3	Pčele su pomalo uznemirene, ne napadaju, pokoja pčela izleti iz košnice, ne ubadaju, zaštitna oprema nije potrebna.
2	Potrebno je dosta dima i zaštitna oprema kako bi se radilo s pčelama, napadaju i pokušavaju ubosti.
1	Unatoč korištenju puno dima, pčele pokazuju izrazito agresivno ponašanje, izlijeću iz košnice i napadaju, čak i prilikom udaljavanja od košnice ili bez uznemiravanja košnice.

2.4.3.2. Mirnoća na saću

Mirnoća pčela na saću ocjenjivana je prilikom svakog kontrolnog pregleda pčelinjih zajednica. Prilikom otvaranja košnice jedan okvir s pčelama postavljen je pored košnice te je po završetku rada sa zajednicom ocjenjeno ponašanje pčela na tom okviru. Kao i kod ocjene agresivnosti, za ocjenu mirnoće pčela korištena je standardna međunarodna metoda s ocjenama od 1 kao najlošija i 4 kao najbolja ocjena (Büchler i sur., 2013.). Način ocjenjivanja ovog svojstva opisan je u tablici 2.4.

Tablica 2.4. Međunarodna standardna metoda za ocjenu mirnoće na saću

Ocjena	Opis
4	Pčele su vrlo mirne, nepomične su i statične, ne pokazuju reakciju na pomicanje okvira.
3	Pčele su mirne, pomalo hodaju po okviru, no ne napuštaju ga.
2	Pčele djelomično napuštaju okvir i skupljaju se u nakupine na krajevima okvira ili nastavka.
1	Pčele nervozno napuštaju okvir ili nastavak, nakupljaju se u velike nakupine na vanjskom ili unutarnjem dijelu košnice.

2.4.3.3. Rojevni nagon

Procjena svojstva rojevnog nagona pčela obavljena je tijekom aktivne sezone rojenja pčela (od travnja do lipnja, slika 8). Za ocjenu je korištena međunarodna standardna metoda s ocjenama od 1 kao najlošija i 4 kao najbolja ocjena (Büchler i sur., 2013.). Način ocjenjivanja rojevnog ponašanja opisan je u tablici 2.5.

Tablica 2.5. Međunarodna standardna metoda za ocjenu rojevnog nagona

Ocjena	Opis
4	Zajednica ne pokazuje nikakve znakove rojevnog nagona.
3	Pojava prvih otvorenih matičnjaka, proširivanjem zajednice i umetanjem okvira sa satnom osnovom nagon se uklanja.
2	Pojačani rojevni nagon, unatoč kidanju matičnjaka i proširivanjem zajednice, pčele i dalje izvlače matičnjake, malo otvorenog legla, matica je sitna.
1	Izrojena, unatoč svim zahvatima zajednica se izrojila ili je rojenje spriječeno jedino odvajanjem matice od legla.

Za ocjenu rojevnog nagona korištena je prosječna ocjena dobivena od 7 mjerenja tijekom 2016. godine.



Slika 8. Okvir sa zatvorenim rojevnim matičnjacima (Izvor: Kovačić, M.)

2.4.4. Proizvodna svojstva

2.4.4.1. Med

Tijekom istraživanja redovito su se vršila kontrolna vaganja kako bi se utvrdila promjena u težini zajednice. Prilikom dodavanja ili oduzimanja dijelova, košnica je izvagana prije i poslije manipulacije kako bi se znala točna promjena u težini. Kontrolna vaganja nisu obavljena između 25. lipnja 2016. i 1. kolovoza 2016. jer su se tada sve zajednice sastojale od najmanje 4 nastavka koje nismo bili u mogućnosti vagati. Prilikom vrcanja, nastavak sa svake košnice je

obilježen te je izvagan prije i nakon vrcanja. Na taj način ustanovljena je točna količina meda izvrcana iz svake zajednice. Kako je zbog loše sezone prvo vrcanje obavljeno tek 23. srpnja, osim vaganja vrcanog meda izračunat je i kapacitet pčelinje zajednice za proizvodnost meda prema metodi koju koriste na pčelarskom institutu u Kirchhainu (Njemačka). Za izračun je korištena sljedeća formula:

$$\text{Količina proizvedenog meda} = \text{MZL} - \text{MZO} - \text{MDT (kg)}$$

Gdje je:

MZL - masa zajednice u lipnju

MZO – masa zajednice u ožujku

MDT – masa dodanih tijela/dijelova košnice

2.4.4.2. Pelud

Za utvrđivanje zaliha peludi u košnici, korištena je ista metoda kao za procjenu broja stanica legla (Delaplane i sur., 2013). Prilikom svakog kontrolnog pregleda procijenjen je broj kvadrata koji je pomnožen s koeficijentom 400 kako bi se utvrdio broj stanica s vidljivom peludi (slika 9).

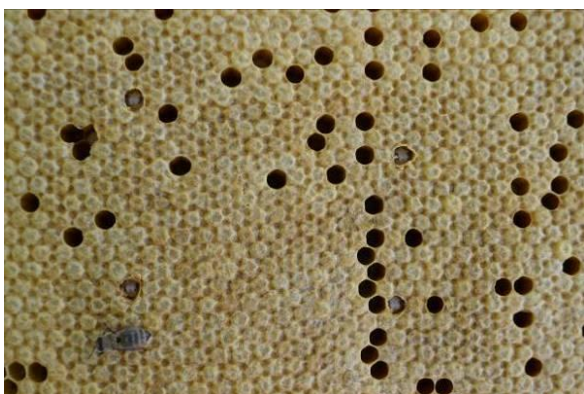


Slika 9. Peludni okvir (Izvor: Kovačić, M.)

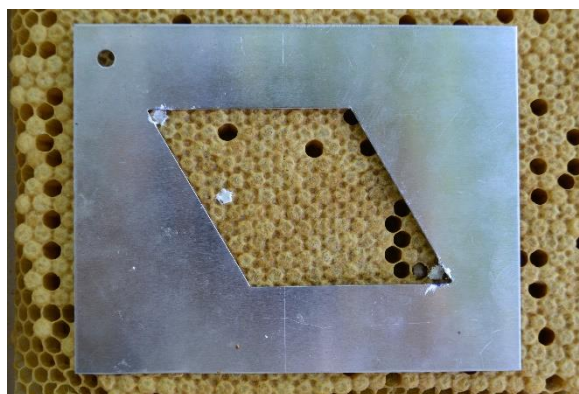
2.4.5. Otpornost na bolesti

2.4.5.1. Higijensko ponašanje

Ocjena svojstva higijenskog ponašanja obavljena je tri puta tijekom istraživanja (svibanj, lipanj i srpanj 2016.) pomoću „pin testa“ (Newton i Ostasiewski, 1986.). Kao ukupna ocjena pojedine zajednice korišten je prosjek svih mjerenja. Za ovo testiranje korišten je model u obliku romba (slika 11) veličine 10x10 cm i poklopljeno leglo u razvojnoj fazi kukuljica bijelih do ljubičastih očiju (slika 10).

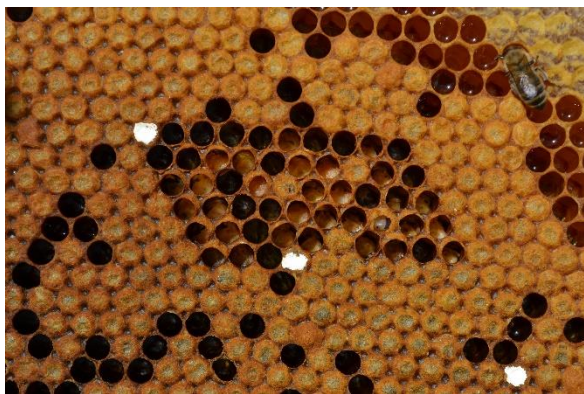


Slika 10. Odabir okvira s leglom određene starosti (kukuljice bijelih do ljubičastih očiju) (Izvor: Kovačić, M.)

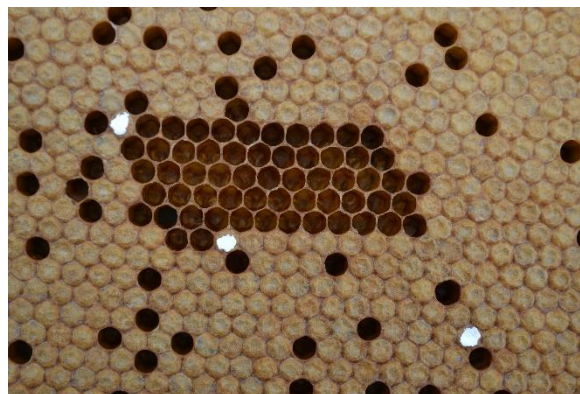


Slika 11. Označavanje područja usmrćenog legla (Izvor: Kovačić, M.)

Nakon postavljanja modela na okvir, bijelim korektorom je obilježena prva lijeva i zadnja desna stanica te je entomološkom iglom od lijevog gornjeg dijela redom usmrćeno 50 stanica legla, a 51 stanica je obilježena bijelim korektorom. Okvir je potom vraćen u zajednicu u prvobitni položaj te obilježen markerom na gornjoj strani satonoše.



Slika 12. Ova zajednica je otklopila većinu usmrćenih stanice, ali do kontrole ih nije u potpunosti očistila (Izvor: Kovačić, M.)



Slika 13. Ova zajednica je otklopila i očistila svo usmrćeno leglo (Izvor: Kovačić, M.)

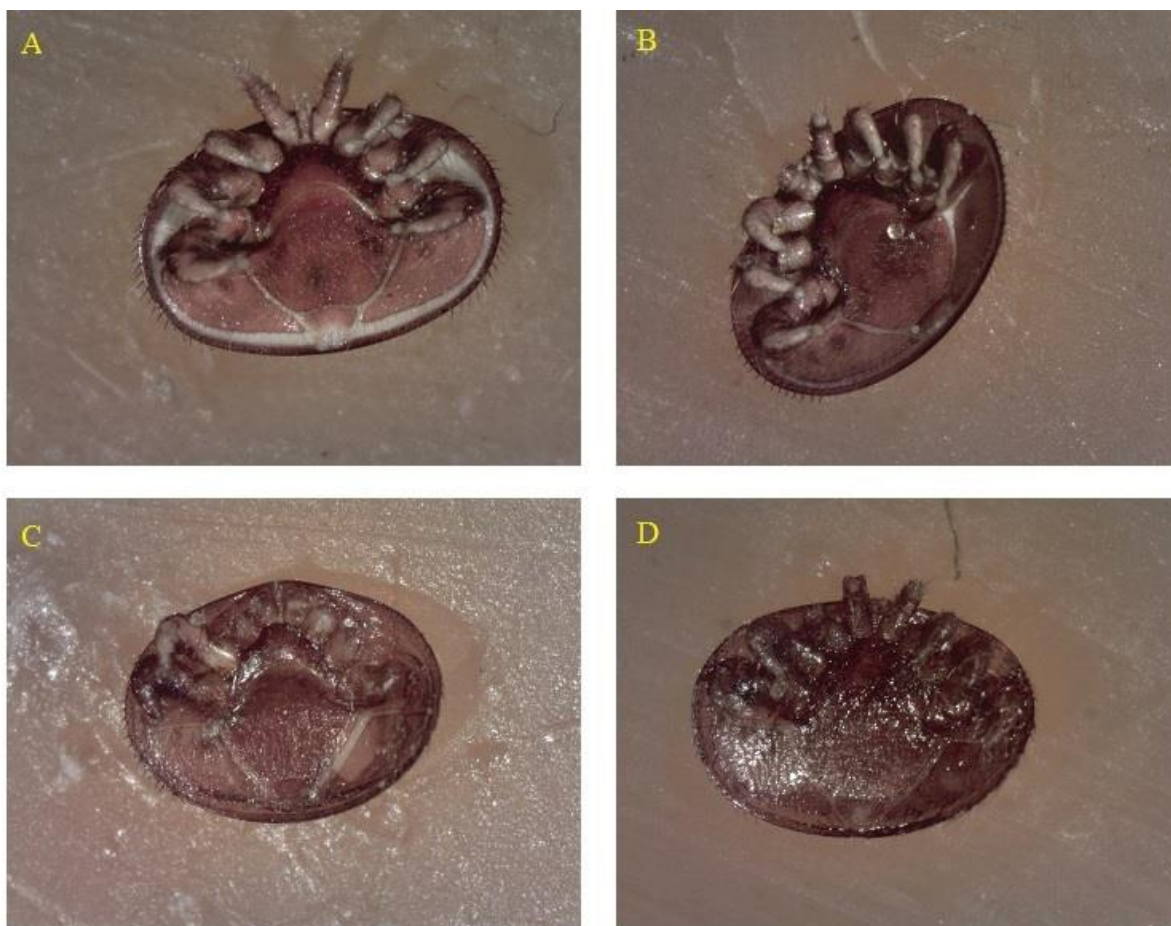
Kako uklanjanje usmrćenog legla tijekom vremena prati sigmoidnu krivulju, najviša diskriminirajuća snaga testa dobije se kada je prosjek pčelinjaka 50% očišćenih stanica legla (Büchler i sur., 2010.). Preliminarna ispitivanja prije provedbe prvog testiranja pokazala su kako je u slučaju pčelinjaka u ovom istraživanju prosjek od 50% postignut 18 sati nakon usmrćivanja legla (slika 12 i 13). Na osnovu toga, 18 sati nakon usmrćivanja legla, u zajednicama je utvrđen broj neočišćenih stanica te je izračunat broj odnosno postotak potpuno očišćenih stanica.

2.4.5.2. Samočišćenje

Svojstvo samočišćenja procijenjeno je na razini zajednice. Ocjena svojstva dobivena je izračunom udjela oštećenih grinja pronađenih na umetku u mrežastoj podnici koje su otpale zbog aktivnosti pčela (slika 14). Odrasle (tamne) grinje su prikupljane u nekoliko navrata tijekom srpnja 2016. godine s umetka na mrežastoj podnici. Umetak je bio premazan slojem jestivog ulja što je mravima i drugim predatorima onemogućilo odnošenje i eventualno oštećivanje otpalih grinja. Za svaku zajednicu prikupljeno je minimalno 30 otpalih grinja što omogućuje kvalitetnu analizu (Bienefeld i sur., 1999). Grinje su nakon prikupljanja do analize čuvane na temperaturi od -18 °C.



Slika 14. Pčela prednjim nogama pokušava skinuti grinju *V. destructor* koja se nalazi na prsištu (Izvor: Kovačić, M.)



Slika 15. Prikaz ventralne strane grinje *V. destructor* s različitim tipovima oštećenja: A – izgled grinje bez ikakvih oštećenja; B - vidljivo oštećenje desne noge prvog para; C – oštećenja na svim parovima nogu; D – oštećenja prva dva para nogu (Izvor: Kovačić, M.)

Prikupljene grinje su pregledavane pod stereomikroskopom (povećanja 40x), a vidljive ozljede na nogama ili tijelu su zabilježene (slika 15). Za svaku grinju utvrđeno je postojanje i točna lokacija oštećenja. Postotak oštećenih grinja izračunat je za svaku zajednicu i skupinu.

2.4.5.3. Potisnuto razmnožavanje varoe (SMR)

Ocjena SMR svojstva u pčelinjoj zajednici temelji se na procjeni udjela grinja *V. destructor* koje se ne uspiju razmnožiti. Za analizu neplodnosti grinja u leglu, korišteni su stereomikroskopi povećanja 5x do 10x (slika 16). Ukupno je prikupljeno 293 uzorka legla koji su nakon uzorkovanja na testnom pčelinjaku pohranjeni na -18°C (slika 17). Svaki uzorak pregledavan je dok nije pronađeno 35 stanica legla zaraženih samo jednom odraslom grinjom. Ukoliko zbog niske razine zaraženosti to nije bilo moguće, uzorak je pregledavan dok nije pronađeno barem 10 stanica legla zaraženih jednom odraslom grinjom, a ako prilikom pregledavanja uzorka nakon 250 stanica nije pronađena niti jedna grinja, taj uzorak se dalje nije pregledavao. Za utvrđivanje neplodnosti grinja, korišteno je leglo starosti između stadija kukuljica ljubičastih očiju (7 dana nakon poklapanja) i legla pred izlijeganje (12 dana nakon poklapanja).



Slika 16. Analiza uzoraka legla u Laboratoriju za lovstvo, ribarstvo i pčelarstvo (Izvor: Lužaić, R.)

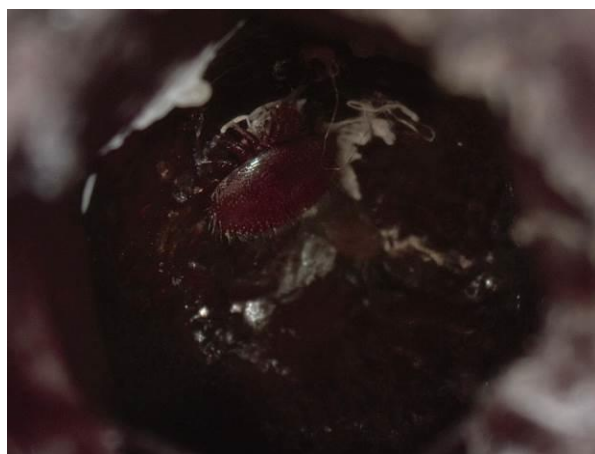


Slika 17. Prikupljeni uzorci legla za procjenu udjela neplodnih grinja *V. destructor* (Izvor: Kovačić, M.)

U stadiju legla kukuljica ljubičastih očiju, uz odraslu grinju u normalnom ciklusu razmnožavanja prisutna je barem jedna kćerka u razvoju fazi deutonimfe i jedan mužjak (Martin, 1994.). Kod stadija legla kukuljica s crnim očima ili starije, uz odraslu grinju očekivano je prisustvo najmanje jedne odrasle kćerke i odraslog mužjaka (Martin, 1994.).



Slika 18. Odrasla grinja s potomstvom normalnog razvoja (Izvor: Kovačić, M.)

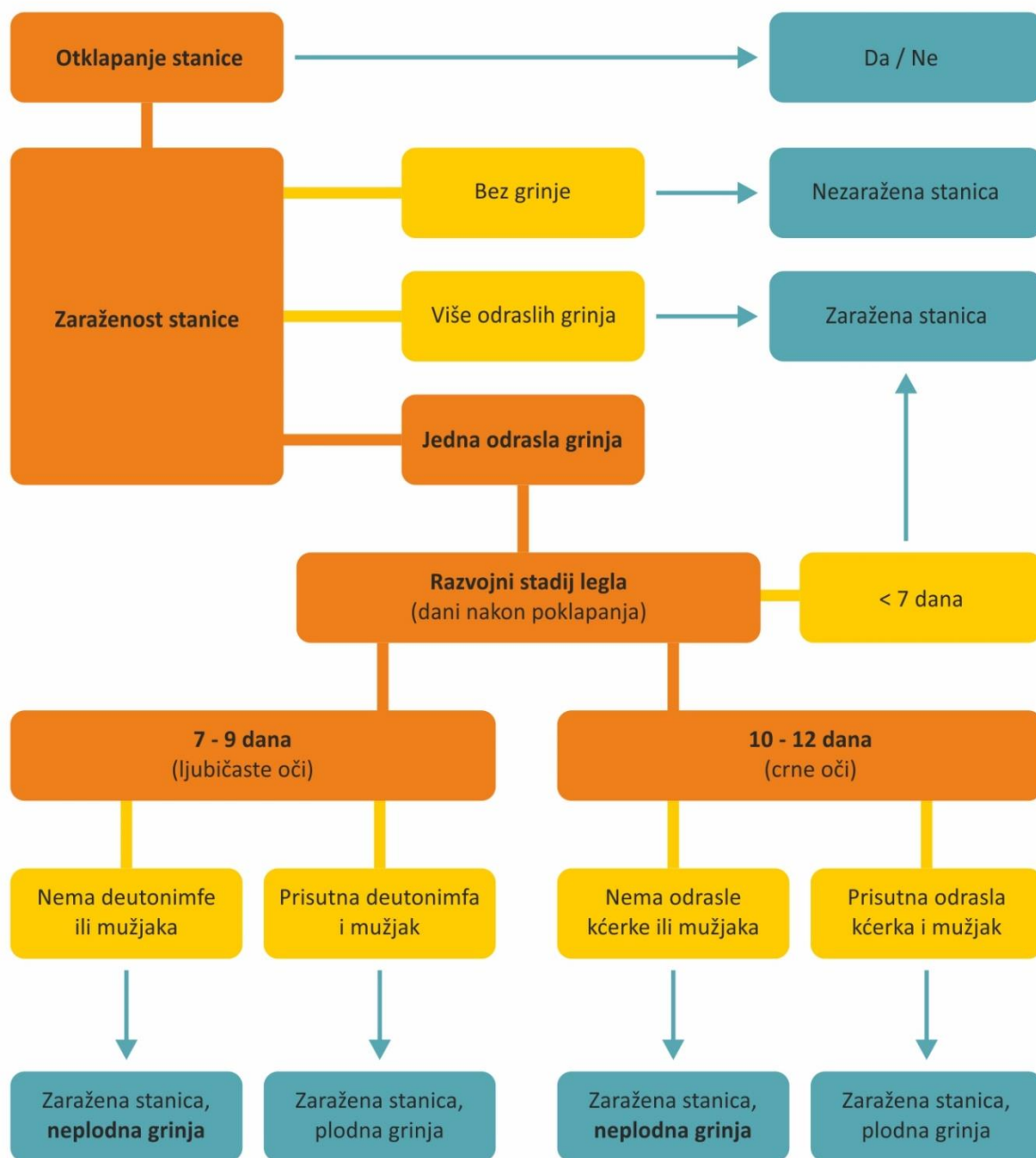


Slika 19. Odrasla grinja bez potomstva (Izvor: Kovačić, M.)

Prilikom otvaranja svake stanice legla, sadržaj stanice je uklonjen te je utvrđena prisutnost varoe (slika 18). Ukoliko je varoa pronađena, utvrđena je starost legla, broj odraslih varoa, starost najstarije kćerke i prisutnost mužjaka (slika 20). Zaraženo leglo s grinjom bez potomaka (neplodnost, slika 19), samo s mlađim stadijima potomstva od očekivanog (zakašnjeli razvoj) ili bez prisustva muške jedinice smatrano je neplodnom grinjom (Martin, 1994.; Locke i Fries, 2011.). Prilikom pregledavanja legla u stadijima pred izlijevanje, ponekad je teško razlikovati majku od odrasle kćerke jer je pigmentacija tijela kćerki u toj fazi jednaka pigmentaciji grinje majke. U tom slučaju utvrđena je prisutnost svlaka koje grinje ostavljaju prilikom svog razvoja. Slijed odlučivanja tijekom analize pojedine stanice legla opisan je na grafikonu 2.1.



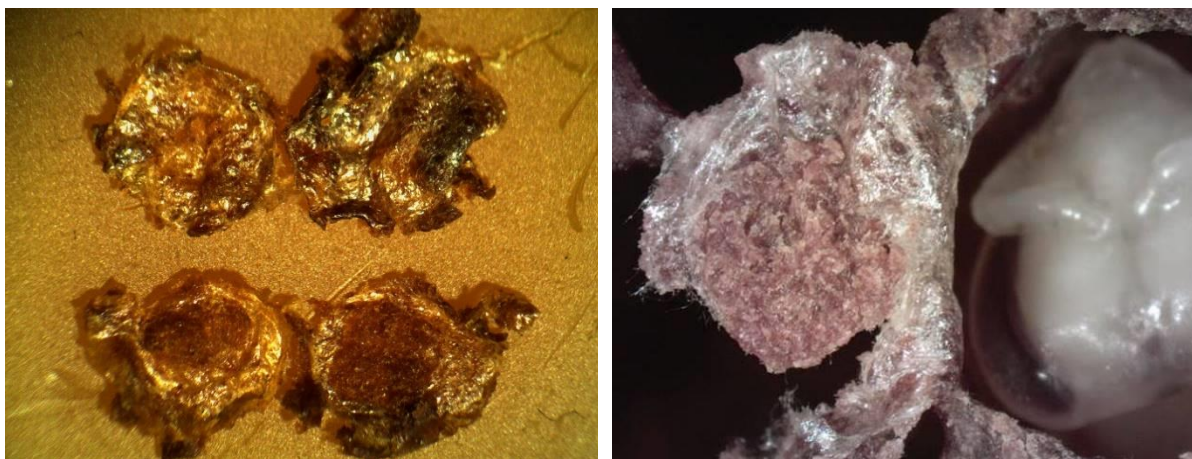
Slika 20. Grinje iz stanice legla pred izlijevanje. U gornjem redu su varoa majka (desno) i mužjak (lijevo), a u donjem odrasle kćerke različite starosti (Izvor: Kovačić, M.)



Grafikon 2.1. Slijed odlučivanja prilikom analize udjela neplodnih grinja. Narančaste kućice predstavljaju glavne korake tijekom rada, a plave krajnji rezultat koji se upisuje.

2.4.5.4. Otklapanje/poklapanje legla

Prilikom analize neplodnosti grinja, svaka stanica legla je pažljivo otvarana kako bi se ustanovilo je li voštani poklopac otklapan i ponovno zaklapan (u daljnjem tekstu otklapan). To se utvrdilo pregledom unutarnje strane voštanog poklopca. Poklopac koji nije otklapan je sjajan s unutarnje strane jer sadrži košuljicu od presvlačenja kukuljice, dok je na otklapanom poklopcu vidljiv nedostatak sjajnog dijela (Boecking i sur., 2000; Harris i sur., 2012) (slika 21). Kod svake pregledavane stanice legla je zabilježeno je li poklopac otklapan ili nije.



Slika 21. Slika prikazuje donje (unutarnje) strane voštanog poklopca. Na slici lijevo u gornjem redu su neotvarani poklopci, a u donjem su otklapani/poklapani poklopci. Na desnoj slici uvećani prikaz donje (unutarnje) strane otklapanog/poklapanog poklopca. Na sredini se vidi nedostatak dijela sjajne košuljice, a tamni (matirani) vosak je novi vosak kojim su pčele ponovo poklopile otklopljeno leglo (Izvor: Kovačić, M.)

2.4.6. Zaraženost grinjom *V. destructor*

Zaraženost pčelinjih zajednica grinjom *V. destructor* praćeno je tijekom cijelog istraživanja. Zaraženost je procijenjena praćenjem prirodnog dnevnog pada varoe, utvrđivanjem zaraženosti odraslih pčela i zaraženosti legla.

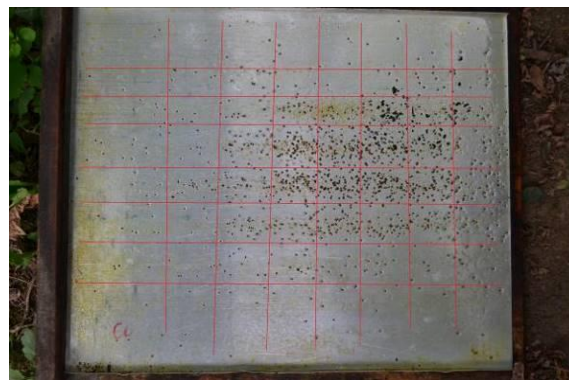
2.4.6.1. Prirodni dnevni pad varoe

Praćenje prirodnog dnevnog pada grinje *V. destructor* provedeno je prema metodi Dietmann i sur. (2013). Svaka košnica na testnom pčelinjaku imala je mrežastu podnicu ispod koje je moguće postaviti umetak za praćenje dnevnog pada grinja (slika 22 i 23). Prirodni pad varoe praćen je svakih 7 dana od 15. ožujka 2016. do 3. veljače 2017. godine. Prije postavljanja,

umetak je premazan tankim slojem jestivog ulja kako bi se spriječilo bježanje grinja (Webster i sur., 2000.) i kako bi spriječili mrave i ostale predatore u eventualnom odnošenju otpalih grinja. Prirodni dnevni pad varoe izračunat je dijeljenjem broja pronađenih grinja na umetku s brojem dana između dvije kontrole.



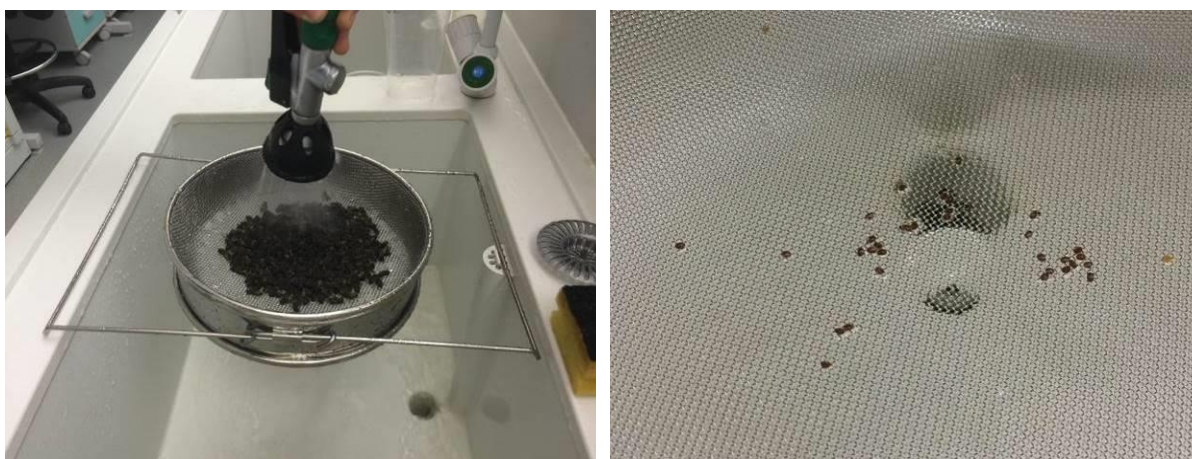
Slika 22. Umetak za mrežastu podnicu za praćenje prirodnog pada varoe. (Izvor: Kovačić, M.)



Slika 23. Kod pada većeg broja grinja umetak je uslikan, a broj otpalih grinja utvrđen je pregledavanjem slike na računalu. (Izvor: Kovačić, M.)

2.4.6.2. Zaraženost pčela

Za utvrđivanje zaraženosti pčela, prilikom svakog redovnog kontrolnog pregleda iz medišnog dijela košnice skupljen je uzorak pčela u plastičnu čašu od 100 ml što predstavlja valjani reprezentativni uzorak (Lee i sur., 2010.). Uzorci su do analiziranja čuvani na temperaturi od -18 °C. Za odvajanje grinja s tijela pčela korištena je metoda ispiranja pčela (Fries i sur., 1991).



Slika 24. Ispiranjem pčela (lijevo) grinje otpadnu s tijela pčela te se na situ prebroje (desno) (Izvor: Kovačić, M.)

Utvrdjivanje zaraženosti pčela provođeno je na sljedeći način:

- Vaganje uzorka
- Miješanje tijekom pola sata u vodi s kapi deterdženta za pranje posuđa
- Ispiranje kroz dvostruko sito (slika 24)
- Prebrojavanje otpalih grinja (slika 24)

Kako bi utvrdili točan postotak zaraženosti pčela korištena je sljedeća formula:

$$ZP = \frac{n V}{m U} * 100 (\%)$$

gdje je:

ZP – zaraženost pčela (%)

nV – broj grinja u uzorku

mU – masa uzorka

2.4.6.3. Zaraženost legla varoom

Zaraženost legla varoom (slika 25 i 26) utvrđena je prilikom ocjene SMR svojstva. Zaraženost je praćenja tijekom cijele aktivne sezone, a uzorci legla iz pčelinjih zajednica su uzimani u 6 navrata, od svibnja do rujna 2016. godine.



Slika 25. Okvir poklopljenog legla iz zajednice s visokom razinom zaraženosti
(Izvor: Kovačić, M.)



Slika 26. Pogled u stanicu legla zaraženu s tri odrasle grinje i njihovim potomstvom
(Izvor: Kovačić, M.)

Zaraženost legla izračunata je prema sljedećoj formuli:

$$ZL = \frac{n V}{n L} * 100 (\%)$$

gdje je:

ZL – zaraženost legla (%)

nV – broj stanica legla zaraženih grinjom

nL – broj otvorenih stanica legla u uzorku

2.4.6.4. Plodnost grinje *V. destructor*

Prilikom analize legla za SMR svojstvo utvrđen je ukupni broj potomaka varoe kod svake pojedine stanice zaraženog legla. U analizi plodnosti grinja koristile su se uzorci u kojima je pronađeno najmanje 10 stanica legla zaraženih samo jednom grinjom. Prosječni broj potomaka prilikom analize jednog uzorka predstavlja rezultat te zajednice. Izračun je vršen prema sljedećoj formuli:

$$PL = \frac{n P}{n V}$$

gdje je:

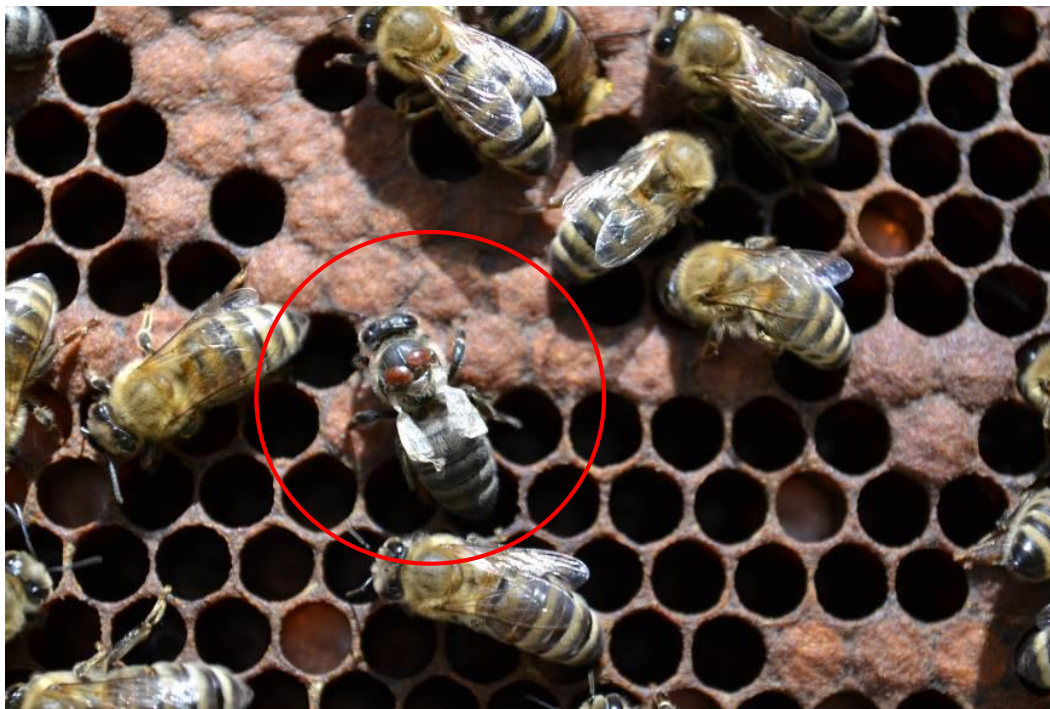
PL – plodnost grinje *V. destructor*

nP – ukupni broj potomaka u uzorku legla kod stanica zaraženih samo jednom odraslom grinjom

nV – broj stanica legla zaraženih samo jednom odraslom grinjom u uzorku

2.4.7. Virusi

Tijekom srpnja 2016. prikupljani su uzorci od 20 pčela iz svih zajednica za virusnu analizu (slika 27) i uskladišteni na -18 °C. Analiza prisutnosti četiri vrste virusa (ABPV, CBPV, DWV i SBV) obavljena u ovlaštenom laboratoriju pčelarskog instituta u Kirchhainu (Njemačka).



Slika 27. Pčela s dvije grinje na prsištu i jasno vidljivim simptomima zaraženosti virusom deformiranih krila (Izvor: Kovačić, M.)

2.4.8. Uzgojna vrijednost

Za sve zajednice izračunata je uzgojna vrijednost na osnovu ocjena za obrambeno ponašanje, mirnoću na saću, pojavu rojevnog nagona i proizvodnje meda. Za izračun selekcijskog indeksa zajednice korišten je prosjek svih mjerenja tijekom istraživanja za svako navedeno svojstvo. Uzgojna vrijednost izračunata je putem selekcijskog indeksa prema Poklukar (1999.).

$$SI = 0,42 * \text{kg meda} + 1,94 * \text{rojivost} + 0,80 * \text{mirnoća} + 0,80 * \text{agresivnost}$$

2.5. Statistička obrada podataka

Za statističku obradu podataka korišten je statistički program SPSS v20 (SPSS Inc., 2011). Svi mjereni parametri neovisno su analizirani. Prilikom analiza pomoću linearnih modela (GLM) na biološki logičan način odabrani su fiksni utjecaji i kovarijable. U post hoc analizi korišten je bonferroni test. Kod jednosmjerne analize varijance (ANOVA) korišten je bonferroni post hoc test. Kod analize podataka koji nemaju normalnu distribuciju korišten je Kruskal-Wallis test. Za utvrđivanje korelacija izračunat je Spearmanov koeficijent korelacije.

Prezimljavanje

Kod indeksa prezimljavanja i potrošnje hrane zimi korištena je GLM model analiza s bonferroni post hoc testom, dok su deskriptivno prikazane korigirane srednje vrijednosti sa standardnom pogreškom. Za utvrđivanje razlika između dvije zime korišten je nezavisni t-test.

Razvoj pčelinje zajednice i broj stanica peludi

U analizi je korišten GLM model s bonferroni post hoc testom, a deskriptivno su prikazane korigirane srednje vrijednosti sa standardnom pogreškom. Za utvrđivanje razlika između skupina prilikom pojedinog mjerenja korištena je jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) s bonferroni post hoc testom.

Obrambeno ponašanje i mirnoća na saću

Za analizu korištena je GLM analiza s bonferroni post hoc analizom. Deskriptivno su prikazane korigirane srednje vrijednosti sa standardnom pogreškom. Prilikom analize razlika između skupina prilikom pojedinog pregleda korištena je jednosmjerna analiza varijance s bonferroni post hoc testom.

Rojevni nagon, proizvodnost, samočišćenje, uzgojna vrijednost

Za analizu rojevnog nagona, proizvodnosti, samočišćenja i uzgojne vrijednosti korištena je jednosmjerna analiza varijance s bonferroni post hoc testom. Deskriptivno su prikazane fenotipske srednje vrijednosti sa standardnom pogreškom.

Higijensko ponašanje

U analizi higijenskog ponašanja korištena je GLM metoda s bonferroni post hoc testom, a deskriptivno su prikazane korigirane srednje vrijednosti sa standardnom pogreškom.

SMR

Korištena je GLM analiza s bonferroni post hoc testom. Deskriptivno su prikazane fenotipske srednje vrijednosti. U analizi razlika između uzroka neplodnosti (zakašnjeli razvoj, neplodnost ili nedostatak mužjaka) korištena je jednosmjerna analiza varijance s bonferroni post hoc testom.

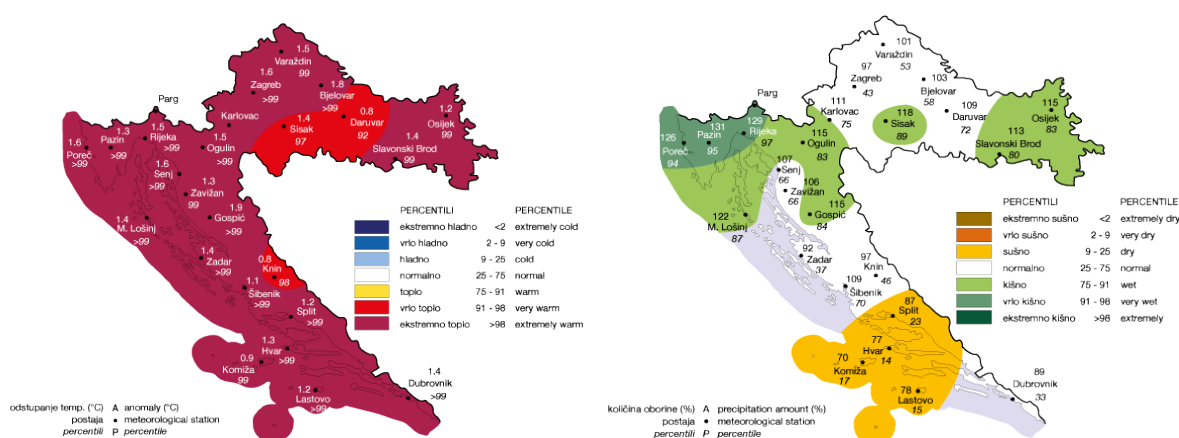
Otklapanje/poklapanje legla, prirodni dnevni pad varoe, zaraženost pčela, zaraženost legla, plodnost varoe, broj potomaka varoe

Za utvrđivanje razlika između skupina korišten je Kruskal-Wallis test. Deskriptivno su prikazane fenotipske srednje vrijednosti sa standardnom pogreškom. Kod utvrđivanja razlika u plodnosti grinja kod otklapanih i neotklapanih stanica korišten je nezavisni t-test.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1. Agroklimatski uvjeti tijekom istraživanja

Podaci o oborinama i temperaturi zraka preuzeti su od Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) i prikazani u tablici 3.1. Temperatura i oborine značajno utječu na cvatnju medonosnog bilja i unos nektara (Puškadija i sur., 2007.). Prva zima bila je nešto toplija od višegodišnjeg prosjeka (1899-2016) dok je druga zima bila hladnija od višegodišnjeg prosjeka. Proljeće i ljeto su bili topliji od višegodišnjeg prosjeka (grafikon 3.1.).



Slika 28. Odstupanje srednje temperature zraka (lijevo)

i količina oborina (desno) u 2016. godini

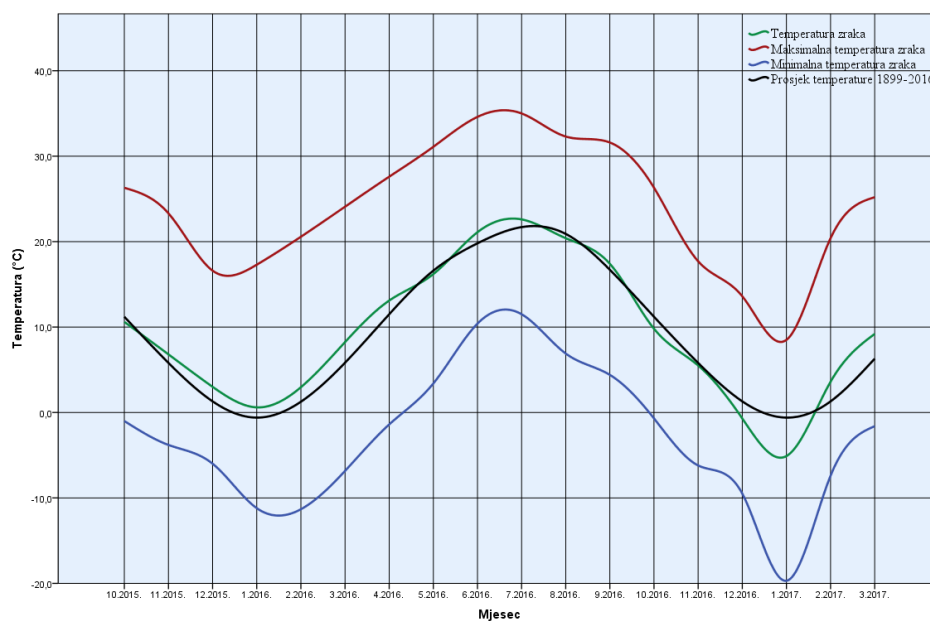
Izvor: http://klima.hr/ocjene_arhiva.php (pristup 18.10.2017.)

Na slici 28. prikazano je godišnje odstupanje temperature zraka i količine oborina za područje Republike Hrvatske od višegodišnjeg prosjeka (1961. – 1990.). Na slikama se primjećuje kako je 2016. godina za područje gdje je istraživanje provedeno ocjenjena kao ekstremno topla. Najviše oborina zabilježeno je tijekom listopada 2015. te tijekom lipnja i srpnja 2016. godine (grafikon 3.2.). Sva tri mjeseca značajno su odstupali od višegodišnjeg prosjeka (1899-2016.) gdje je zabilježeno prosječno 59,8 mm, 82,4 mm i 60,7 mm oborina za navedena tri mjeseca.

Tablica 3.1. Mjesečni podaci za temperaturu zraka (suhi barometar) i količine oborine za postaju Beli Manastir

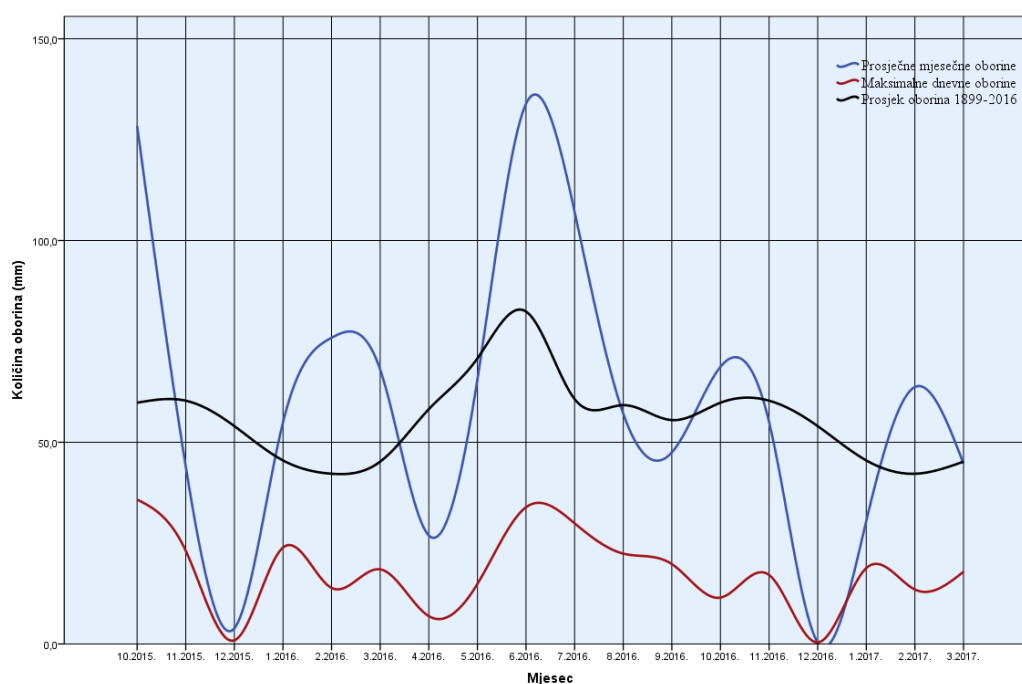
Godina	2015												2016												2017		
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3									
Mjesec																											
MO	128,4	44,0	3,9	54,9	75,9	68,0	26,9	65,6	133,9	107,1	57,1	47,5	68,7	55,0	0,4	30,5	63,7	44,7									
MaxDO	35,8	23,1	0,9	23,9	13,9	18,5	6,9	14,9	33,9	29,9	22,4	19,8	11,5	17,1	0,4	18,8	13,5	17,9									
TZ	10,6	6,8	3,0	0,6	6,5	7,2	13,1	16,2	21,1	22,6	20,4	17,4	9,8	5,5	-0,7	-5,1	3,6	9,2									
MaxTZ	26,3	23,3	16,6	17,3	18,4	25,0	27,6	31,1	34,6	35,0	32,3	31,6	26,3	17,7	13,6	8,5	20,4	25,2									
MinTZ	-1,0	-3,8	-6,0	-11,2			-1,4	3,4	10,4	11,5	6,9	4,4	-0,7	-6,2	-9,5	-19,7	-7,4	-1,6									

M.O. – mjesečne količine oborine (mm); MaxDO – maksimalne dnevne količine oborine (mm); TZ – srednje mjesečne temperature zraka (°C); MaxTZ – apsolutno maksimalne vrijednosti temperature zraka (°C); MinTZ – Apsolutno minimalne vrijednosti temperature zraka (°C).



Grafikon 3.1. Prikaz prosječne, minimalne i maksimalne temperature zraka suhog barometra tijekom istraživanja na mjernoj postaji Beli Manastir u °C. Crna linija je višegodišnji prosjek (1899-2016.) zabilježen na mjernoj postaji u Osijeku.

(<http://klima.hr/klima.php?id=k1¶m=srednjak&Grad=osijek>).

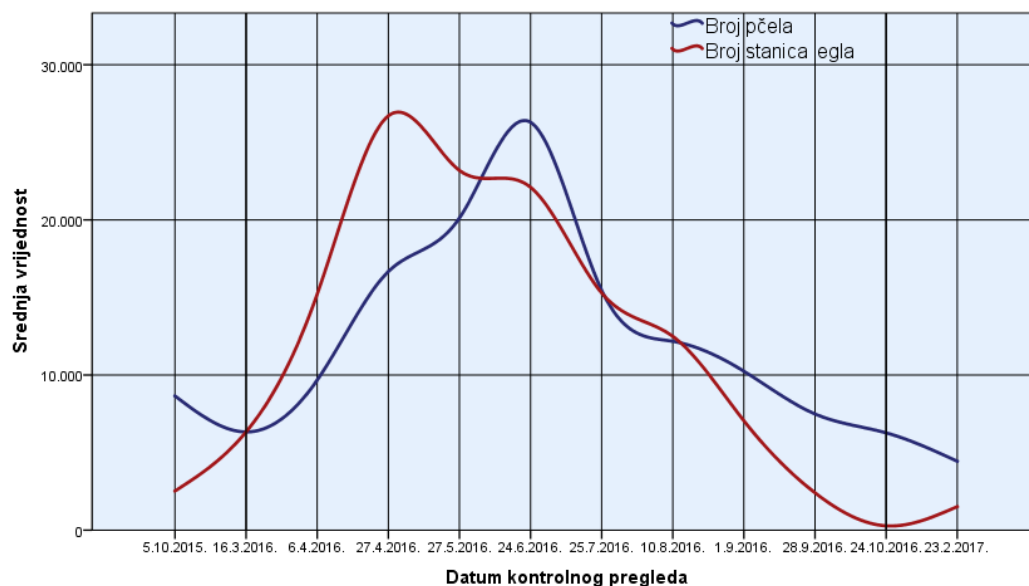


Grafikon 3.2. Prikaz prosječne mjesečne i maksimalne dnevne količine oborina (mm) tijekom trajanja istraživanja za mjernu postaju Beli Manastir. Crna linija je višegodišnji prosjek (1899-2016.) zabilježen na mjernoj postaji u Osijeku.

(<http://klima.hr/klima.php?id=k1¶m=srednjak&Grad=osijek>).

3.2. Razvoj pčelinje zajednice

Broj pčela i broj stanica legla praćen je od listopada 2015. do ožujka 2017. godine. Na grafikonu 3.3. prikazana je dinamika razvoja pčelinje zajednice kroz godinu iz kojeg je vidljivo kako na našem području pčelinja zajednica svoj vrhunac po količini legla ima početkom svibnja, a najveći broj pčela u košnici zabilježen je sredinom lipnja.



Grafikon 3.3. Prikaz promjene u broju pčela i stanica legla tijekom godine. Prikazan je prosjek svih zajednica u istraživanju

Provedena je GLM analiza za broj pčela (tablica 3.2.) i za broj stanica s leglom (tablica 3.3.). Kao fiksni utjecaj u modelu kod obje analize korišteni su skupina, mjesec i interakcija skupina*mjesec.

Tablica 3.2. Rezultati GLM analize za broj pčela. Skupina i mjesec su u modelu korišteni kao fiksni utjecj, a broj stanica s leglom kao kovarijabla

	df	Sredina kvadrata (MS)	F	Sig.
Model	46	2604098494,470	288,717	0,000
Skupina	4	66792269,801	7,405	0,000
Mjesec	8	824791908,544	91,445	0,000
Mjesec*skupina	32	14729215,746	1,633	0,017
Broj stanica s leglom	1	4045481407,232	448,523	0,000
Ostatak	574	9019567,531		
Ukupno	620			

$R^2 = 0,959$ (Adjusted $R^2 = 0,955$)

Kao kovarijable korišteni su broj pčela i broj stanica s leglom. Skupina ($F(4, 574) = 7,405$, $p < 0,001$) te mjesec kao fiksni utjecaju imali su značajan utjecaj na broj pčela ($F(8, 574) = 91,445$, $p < 0,001$), kao i njihova interakcija ($F(32, 574) = 1,633$, $p = 0,017$). Broj stanica legla kao kovarijabla imao je značajan utjecaj na broj pčela ($F(1, 574) = 448,523$, $p < 0,001$).

Tablica 3.3. Rezultati GLM analize za broj stanica legla. Skupina i mjesec su u modelu korišteni kao fiksni utjecaj, a broj pčela kao kovarijabla

	df	Sredina kvadrata (MS)	F	Sig.
Model	46	2965661488,113	223,087	0,000
Skupina	4	57717602,733	4,342	0,002
Mjesec	8	1746843092,562	131,403	0,000
Skupina*mjesec	32	17496273,254	1,316	0,117
Broj pčela	1	5962545381,588	448,523	0,000
Ostatak	574	13293740,674		
Ukupno	620			
$R^2 = 0,947$ (Adjusted $R^2 = 0,943$)				

Skupina ($F(4, 574) = 4,342$, $p = 0,002$) i mjesec ($F(8, 574) = 131,403$, $p < 0,001$) kao fiksni utjecaji imali su značajan utjecaj na broj stanica legla, a interakcija mjesec*skupina nije imala značajan utjecaj na broj stanica legla ($F(32, 574) = 1,316$, $p = 0,117$). Broj pčela kao kovarijabla imao je značajan utjecaj na broj stanica legla ($F(1, 574) = 448,523$, $p < 0,001$).

Tablica 3.4. Korigirane srednje vrijednosti broja pčela i broja stanica legla prema skupinama

Skupina	N	Broj pčela	Broj stanica legla
		Srednja vrijednost $\pm$ standardna pogreška (SE)	
1	128	11838,832 $\pm$ 285,055 ^a	12243,451 $\pm$ 346,074 ^a
2	120	13909,061 $\pm$ 299,163 ^b	10177,727 $\pm$ 367,012 ^b
3	125	12871,640 $\pm$ 293,193 ^{ab}	11477,679 $\pm$ 357,177 ^{ab}
4	117	12146,620 $\pm$ 307,050 ^{ac}	11192,174 $\pm$ 372,063 ^{ab}
5	132	12447,475 $\pm$ 280,040 ^{ad}	11117,896 $\pm$ 339,096 ^{ab}

Korigirana srednja vrijednost je određena pri vrijednostima: broj stanica legla = 11754,29; broj pčela = 12244,12. Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike (Bonferroni, $p < 0,05$)

U tablici 3.4. prikazane su korigirane prosječne vrijednosti broja pčela po skupinama. Najveći prosječan broj pčela zabilježen je u skupini 2 (13909,061), a najmanji u skupini 1 (11838,832). Skupina 1 imala je statistički značajno manje pčela od skupine 2 ($p < 0,001$), skupina 2 imala je značajno više pčela od skupine 4 ($p < 0,001$) i značajno više pčela od skupine 5 ($p = 0,004$). U tablici 3.4. prikazane su korigirane prosječne vrijednosti broja stanica legla po skupinama. Najveći prosječan broj stanica legla zabilježen je u skupini 1 (12243,451), a najmanji u skupini 2 (10177,727). Višestruka usporedba po bonferroni testu pokazala je značajan veći broj stanica legla u skupini 1 nego u skupini 2 ($p < 0,001$), dok razlike između ostalih skupina nisu bile statistički značajne.

Tablica 3.5. Spearmanov koeficijent korelacije za broj pčela, legla i peludi

		Broj stanica legla	Broj stanica peludi
Broj pčela	r	0,785	0,463
	p	0,000	0,000
	N	620	573
Broj stanica legla	r		0,371
	p		0,000
	N		573

Spearmanova analiza korelacije (tablica 3.5.) pokazala je vrlo snažnu povezanost između broja pčela i broja stanica legla ($r(620) = 0,785$, $p < 0,001$) te srednju povezanost broja pčela i broja stanica peludi ($r(573) = 0,463$, $p < 0,001$). Nešto slabija povezanost utvrđena je između broja stanica legla i peludi ($r(573) = 0,371$, $p < 0,001$).

U tablicama 3.6. i 3.7. prikazane su prosječne fenotipske vrijednosti broja pčela i broja stanica legla po kontrolnim pregledima.

Tablica 3.6. Prosječni broj pčela po skupinama prema kontrolnim pregledima. Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike (Bonferroni, $p < 0,05$)

Group	5.10.15.	16.3.16.	6.4.16.	27.4.16.	27.5.16.	24.6.16.	25.7.16.	10.8.16.	1.9.16.	28.9.16.	24.10.16.	23.2.17.
1	8360 ^{ab}	6297	10193	15702	18887	23437	14252	13178	9957	7769	6638	5110 ^{ab}
2	9021 ^{ab}	7165	10367	17090	22444	29433	16554	13004	10793	7786	6350	6340 ^a
3	8336 ^{ab}	6354	10261	18030	21983	29842	16997	12343	10578	6469	4988	3534 ^{ab}
4	8175 ^a	6395	9600	17088	19182	23917	13518	9768	8854	6961	5921	4054 ^{ab}
5	9415 ^b	5224	7935	15513	18157	25207	15812	12285	10677	8300	7200	3522 ^b

Tablica 3.7. Prosječni broj stanica legla po skupinama prema kontrolnim pregledima. Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike (Bonferroni, $p < 0,05$)

Group	5.10.15.	16.3.16.	6.4.16.	27.4.16.	27.5.16.	24.6.16.	25.7.16.	10.8.16.	1.9.16.	28.9.16.	24.10.16.	23.2.17.
1	3716	7150	17760	27586	23760	23053	15733	13312	7271	2008	391	1285
2	2927	6418	16392	27345	24174	19715	15388	11888	6452	1776	64	1900
3	1766	6400	15883	28596	25629	25483	16174	12014	6960	1856	177	966
4	2130	6569	13292	26676	20928	20035	12871	11484	7060	2960	720	1733
5	2150	5036	12887	23229	21192	21309	15810	13585	7490	3403	145	1666

3.3. Prezimljavanje

3.3.1. Indeks prezimljavanja

Indeks prezimljavanja daje bitne informacije o zdravlju i sposobnosti zimovanja pčelinjih zajednica. U GLM analizi genotip kao fiksni utjecaj imao je statistički značajan utjecaj na indeks prezimljavanja ($F(12, 82) = 7,496$, $p < 0,001$), a godina kao fiksni utjecaj nije imala utjecaj na prezimljavanje ($F(1, 82) = 3,196$, $p = 0,078$), kao ni interakcija godina x genotip (tablica 3.8.). Ista analiza pokazala je značajan utjecaj broja pčela u listopadu ($F(1, 82) = 4,690$, $p = 0,033$), dok broj vidljivih stanica peludi u listopadu nije imao utjecaj na indeks prezimljavanja ($F(1, 82) = 0,105$, $p = 0,747$). Zaraženost pčela grinjom *V. destructor* u listopadu imala je značajan utjecaj na indeks prezimljavanja ($F(1, 82) = 7,788$, $p = 0,007$).

Tablica 3.8. Rezultati GLM analize indeksa prezimljavanja za obje godine. Genotip, godina i interakcija genotip*godina korišteni su kao fiksni utjecaji, dok su broj pčela, broj stanica peludi i zaraženost pčela grinjom *V. destructor* korišteni kao kovarijable

	df	Sredina kvadrata (MS)	F	Sig.
Model	12	41128,636	127,240	0,000
Genotip	4	2423,087	7,496	0,000
Godina	1	1033,004	3,196	0,078
Godina*genotip	4	224,611	0,695	0,598
Broj pčela u listopadu	1	1515,930	4,690	0,033
Broj stanica peludi u listopadu	1	36,295	0,105	0,747
Zaraženost pčela u listopadu	1	2517,211	7,788	0,007
Ostatak	82	323,236		
Ukupno	94			

$$R^2 = 0,949 \text{ (Adjusted } R^2 = 0,942)$$

Analizirajući razlike između skupina (bonferonni test) utvrđeno je statistički značajno uspješnije prezimljavanja skupina 1 od skupine 5 ($p = 0,007$) i skupine 2 od skupine 5 ($p < 0,001$). Gledajući ukupno obje godine, najbolje su prezimile zajednice iz skupine 2, a najlošije zajednice iz skupine 5 (tablica 3.9. i 3.10.). Poslije prve zime nije zabilježen niti jedan zimski gubitak, dok je tijekom druge zime najviše gubitaka (4) zabilježeno u skupini 2, a najmanje (1) u skupini 5.

Tablica 3.9. Korigirane srednje vrijednosti indeksa prezimljavanja (%)

Skupina	Godina	Korigirana srednja vrijednost	Standardna pogreška (SE)	95% CI	
				Donja granica	Gornja granica
1	1	80,485	5,379	69,784	91,186
	2	68,717	6,896	54,998	82,436
	Ukupno	74,601	4,331	65,986	83,217
2	1	84,399	5,857	72,748	96,049
	2	87,398	7,456	72,387	102,408
	Ukupno	85,898	4,570	76,807	94,990
3	1	75,913	5,270	65,429	86,396
	2	59,507	8,381	42,835	76,180
	Ukupno	67,710	4,861	58,040	77,380
4	1	75,494	5,096	65,356	85,631
	2	67,969	8,007	52,041	83,898
	Ukupno	71,732	4,745	62,292	81,171
5	1	60,588	5,727	49,195	71,981
	2	47,133	6,070	35,058	59,208
	Ukupno	53,860	4,033	45,838	61,883

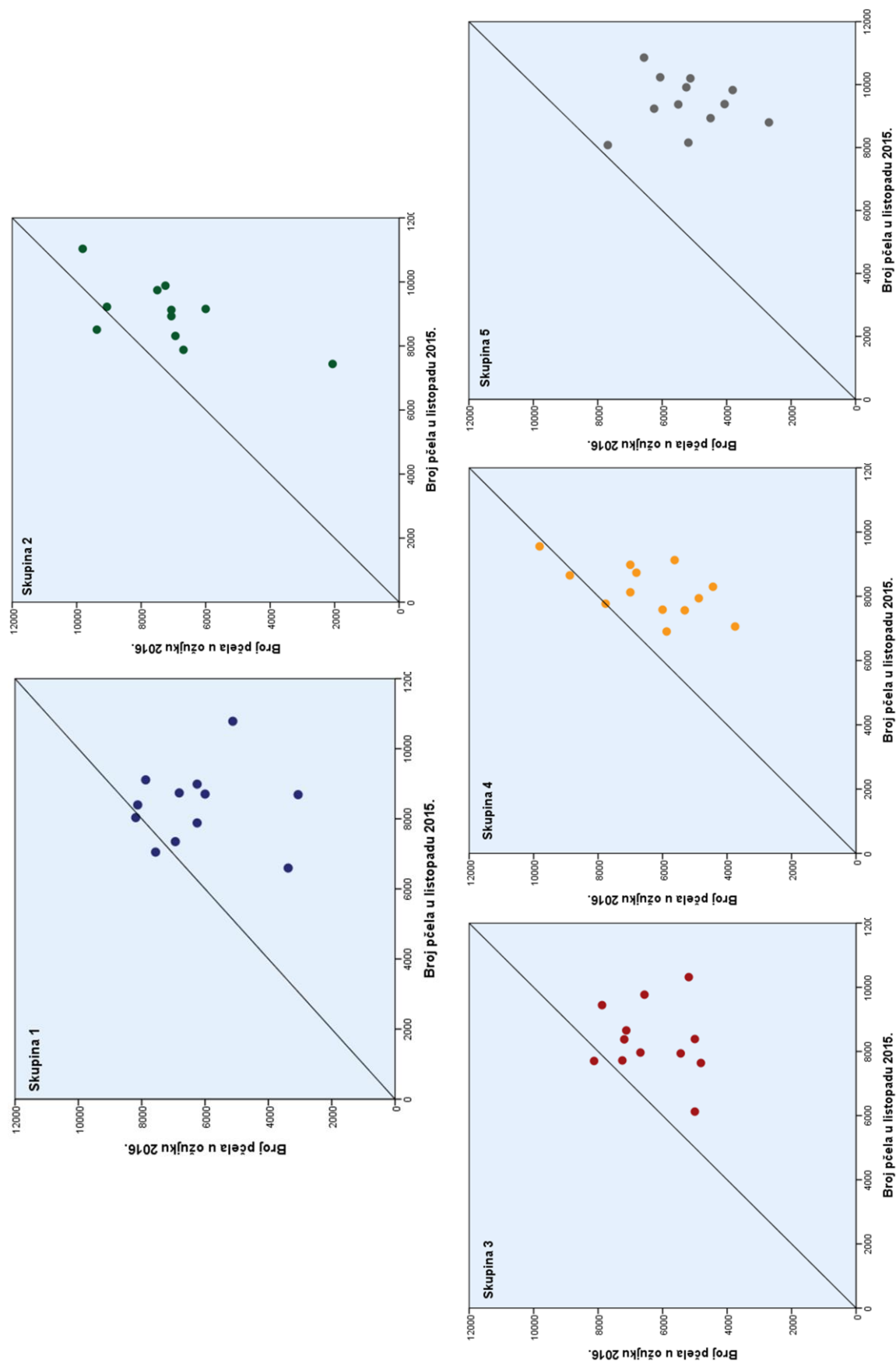
Korigirana srednja vrijednost je određena pri vrijednostima: Broj pčela u listopadu = 7902,01, Zaraženost odraslih pčela grinjom *V. destructor* u listopadu = 1,9111.

Tablica 3.10. Korigirana srednja vrijednost indeksa prezimljavanja po godini

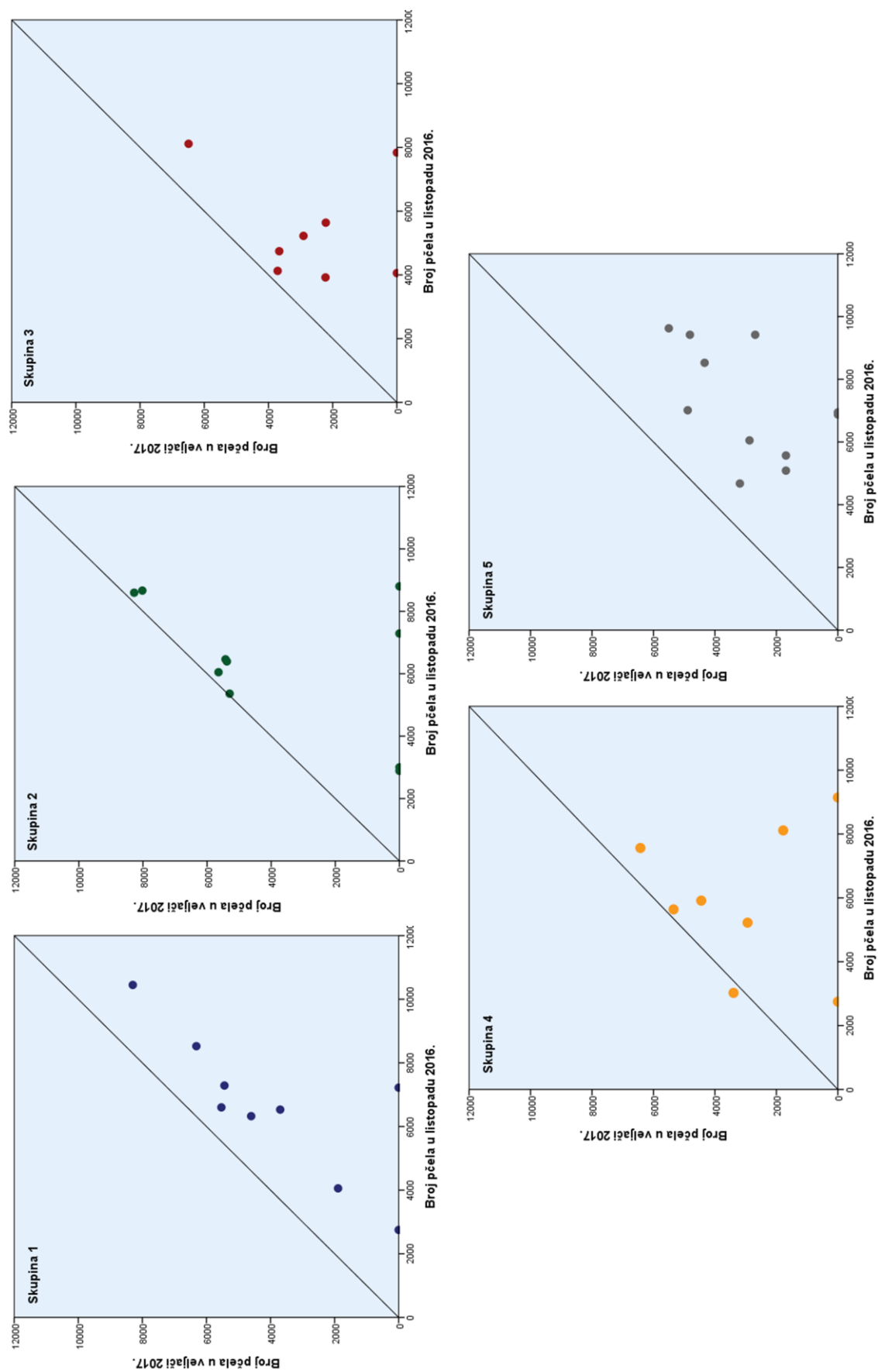
Godina	Korigirana srednja vrijednost	Standardna pogreška (SE)	95% CI	
			Donja granica	Gornja granica
2015/2016	75,376	2,614	70,175	80,577
2016/2017	66,145	3,817	58,551	73,738

Korigirana srednja vrijednost je određena pri vrijednostima: Broj pčela u listopadu = 7902,01, Zaraženost odraslih pčela grinjom *V. destructor* u listopadu = 1,9111.

Veći indeks prezimljavanja zabilježen je nakon prve zime, što je bilo i očekivano s obzirom na zaraženost pčela grinjom *V. destructor*. Na grafikonima 3.4. i 3.5. prikazan je indeks prezimljavanja za svaku skupinu. Također, vidljive su zajednice koje su stradale tijekom zime. U Prilogu (Tablica 9.2.) prikazani su datum i uzrok stradanja svih pojedinim zajednica tijekom istraživanja.



Grafikon 3.4. Grafički prikaz indeksa prezimljavanja zajednica u 2016. godini



Grafikon 3.5. Grafički prikaz indeksa prezimljavanja zajednica u 2017. godini

3.2.2. Potrošnja hrane zimi

Potrošnja hrane zimi praćena je tijekom dvije zime (2015/2016. i 2016/2017.). Rezultati GLM analize na potrošnju hrane u zimskom periodu pokazali su značajan utjecaj godine ($F(1, 82) = 10,604$, $p = 0,002$), dok skupina kao fiksni utjecaj nije imala značajan utjecaj ($F(4, 82) = 0,786$, $p = 0,538$) (tablica 3.11.). Broj pčela prilikom zadnjeg kontrolnog mjerenja u listopadu imao je značajan utjecaj na potrošnju hrane ($F(1, 82) = 7,853$, $p = 0,006$), dok broj stanica legla, broj stanica peludi i zaraženost pčela grinjom *V. destructor* u listopadu nisu imali statistički značajan utjecaj na potrošnju hrane.

Tablica 3.11. Rezultati GLM analize utjecaja godine i skupine kao fiksnog utjecaja, a broj pčela, stanica legla, stanica peludi i zaraženosti pčela u listopadu kao kovarijable na potrošnju hrane u zimskom periodu

	df	Sredina kvadrata (MS)	F	Sig.
Model	10	174,271	189,399	0,000
Godina	1	9,757	10,604	0,002
Skupina	4	0,723	0,786	0,538
Broj pčela u listopadu	1	7,226	7,853	0,006
Broj stanica legla u listopadu	1	0,222	0,241	0,624
Broj stanica peludi u listopadu	1	0,239	0,259	0,612
Zaraženost pčela u listopadu	1	0,014	0,015	0,902
Ostatak	82	0,920		
Total	92			

$$R^2 = 0,959 \text{ (Adjusted } R^2 = 0,953)$$

Nakon prve zime prosječna potrošnja hrane bila je $3,858 \pm 0,174$ kg (tablica 3.13.). Najmanje zaliha prosječno su potrošile zajednice skupine 5 ($3,5 \pm 0,27$ kg), a najviše zajednice iz skupine 4 ($4,014 \pm 0,277$ kg), no te razlike nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$). Tijekom druge zime potrošnja hrane je bila veća, što je posljedica puno hladnije zime u drugoj godini istraživanja. Prosječna potrošnja hrane tijekom druge zime bila je $5,193 \pm 0,286$ kg. Najmanje zaliha (tablica 3.12.) prosječno su potrošile zajednice skupine 5 ($4,851 \pm 0,328$ kg), a najviše zajednice iz skupine 4 ($5,348 \pm 0,360$ kg). Razlike između skupina nisu statistički značajne ($p > 0,05$). Međutim, analizirajući podatke o potrošnji hrane po pčeli (grafikon 3.6.), tijekom prve zime

skupine zajednice 5 imale su najveću prosječnu potrošnju hrane po pčeli (0,70 g) a zajednice skupine 3 najmanju (0,64 g). Gledajući prosječnu potrošnju hrane zimi za obje godine po pčeli, najmanje hrane potrošile su zajednice skupine 2 (0,79 g), a najviše zajednice skupine 5 (1,7 g).

Tablica 3.12. Korigirana srednja vrijednost potrošnje hrane zimi (u kg) prema skupinama i godini

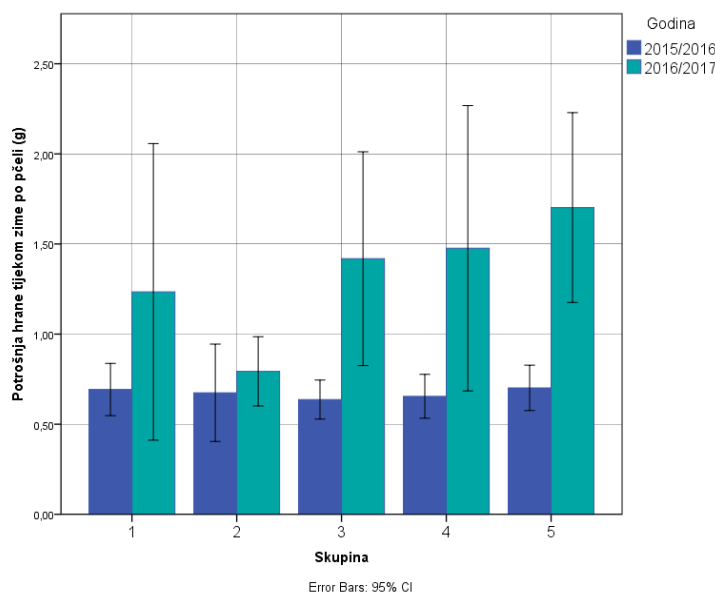
Skupina	Godina	Korigirana srednja vrijednost	Standardna pogreška	95% CI	
				Donja granica	Gornja granica
1	1	3,966	0,276	3,417	4,516
	2	5,301	0,353	4,599	6,003
	Ukupno	4,634	0,242	4,153	5,115
2	1	3,920	0,287	3,348	4,492
	2	5,254	0,356	4,546	5,963
	Ukupno	4,587	0,251	4,089	5,086
3	1	3,873	0,260	3,355	4,391
	2	5,208	0,383	4,447	5,969
	Ukupno	4,540	0,255	4,033	5,048
4	1	4,014	0,277	4,565	3,462
	2	5,348	0,360	4,631	6,065
	Ukupno	4,681	0,248	4,188	5,174
5	1	3,517	0,271	2,977	4,057
	2	4,851	0,328	4,199	5,504
	Ukupno	4,184	0,221	3,745	4,623

Tablica 3.13. Korigirana srednja vrijednost potrošnje hrane zimi (u kg) po godini

Godina	Korigirana srednja vrijednost	Standardna pogreška	95% CI	
			Donja granica	Gornja granica
2015/2016	-3,858	0,174	3,512	4,204
2016/2017	-5,193	0,286	4,624	5,762

Korigirana srednja vrijednost je određena pri vrijednostima: Broj pčela u listopadu = 7982,62, Broj stanica legla u listopadu = 1719,78, Broj vidljivih stanica peludi u listopadu = 3117,39, Zaraženost odraslih pčela grinjom *V. destructor* u listopadu = 5,9883.

Potrošnja hrane tijekom druge zime bila je statistički značajno veća nego tijekom prve zime ($t(92) = 5,08$, $p < 0,001$). S obzirom da je broj pčela tijekom druge zime općenito bio manji, a potrošnja hrane veća, po pčeli je utvrđena statistički značajno veća potrošnja hrane tijekom druge zime ($t(105) = 2,67$, $p = 0,009$). Prosječna potrošnja hrane po pčeli tijekom prve zime ($0,67 \pm 0,24$ g) bila je 31,6 % manja u odnosu na drugu zimu ($0,98 \pm 0,85$ g).



Grafikon 3.6. Potrošnja hrane zimi (u gramima) po pčeli za dvije zime po skupinama

Tablica 3.14. Spearmanov koeficijent korelacije za potrošnju hrane zimi. Broj pčela i broj stanica legla prije i nakon zime, broj stanica peludi i zaraženost odraslih pčela varoom prije zimovanja korišteni su u analizi.

		Broj pčela prije zimovanja	Broj legla prije zimovanja	Broj pčela nakon zimovanja	Broj legla nakon zimovanja	Zaraženost pčela prije zimovanja	Broj peludi prije zimovanja
Potrošnja	r	0,071	0,372	-0,133	0,115	-0,334	-0,323
hrane	p	0,469	0,000	0,201	0,275	0,001	0,002
zimi	N	94	94	94	92	92	94

Utvrđena je pozitivna korelacija između potrošnje hrane zimi i broja stanica legla prije zime ($r(94) = 0,372$, $p < 0,001$), međutim ne i sa brojem pčela prije zime te brojem pčela prije i poslije zime (tablica 3.14.). Također, utvrđena je značajna negativna korelacija između potrošnje hrane i zaraženosti pčela i broja vidljivih stanica peludi prije zimovanja.

3.4. Svojstva urođenog ponašanja pčela

3.4.1. Obrambeno ponašanje

Obrambeno ponašanje pčela ocijenjeno je prilikom svakog kontrolnog pregleda pčelinjih zajednica. U GLM analizi obrambenog ponašanja, skupina, mjesec i interakcija skupina*mjesec korišteni su kao fiksni utjecaji u modelu, dok su broj pčela i broj stanica legla korišteni kao kovarijable (tablica 3.15.).

Tablica 3.15. GLM analiza obrambenog ponašanja pčela

	df	Sredina kvadrata (MS)	F	Sig.
Model	47	130,709	582,374	0,000
Skupina	4	2,587	11,527	0,000
Mjesec	8	6,924	30,851	0,000
Mjesec*skupina	32	0,174	0,777	0,807
Broj pčela	1	0,002	0,009	0,924
Broj stanica legla	1	2,814	12,536	0,000
Ostatak	560	0,224		
Ukupno	607			

$R^2 = 0,980$ (Adjusted $R^2 = 0,978$)

Analiza je pokazala statistički značajan utjecaj skupine ($F(4, 560) = 11,527$, $p < 0,001$) i mjeseca ($F(8, 560) = 30,851$, $p < 0,001$) na obrambeno ponašanje pčela. Interakcija skupina*mjesec nije imala značajan utjecaj ($F(32, 560) = 0,777$, $p = 0,807$). Broj pčela nije imao značajan utjecaj na ispoljavanje obrambenog ponašanja, dok je broj stanica legla imao značajan utjecaj ($F(1, 560) = 12,536$, $p < 0,001$).

Tablica 3.16. Prosječne korigirane srednje vrijednosti obrambenog ponašanja u ispitivanim skupinama

Skupina	Srednja vrijednost $\pm$ SE	95% CI	
		Donja granica	Gornja granica
1	3,214 $\pm$ 0,49 ^{ac}	3,118	3,310
2	3,188 $\pm$ 0,49 ^a	3,092	3,238
3	2,989 $\pm$ 0,47 ^b	2,898	3,081
4	3,071 $\pm$ 0,49 ^{ab}	2,976	3,167
5	3,395 $\pm$ 0,44 ^c	3,308	3,482

Korigirana srednja vrijednost je određena pri vrijednosti: broj pčela = 12371,02; broj stanica legla = 11864,81. Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike (Bonferroni, $p < 0,05$)

Zajednice iz skupine 5 imale su najbolju ocjenu za obrambeno ponašanje (3,395 $\pm$ 0,44) dok su zajednice skupine 3 imale najlošiju ocjenu (2,989 $\pm$ 0,47) (tablica 3.16.). Prva skupina je bila statistički značajno bolja od skupine 3 ($p = 0,009$), skupina 2 je bila statistički značajno bolja od skupine 3 ($p = 0,031$) i značajno lošija od skupine 5 ($p = 0,017$). Treća ($p < 0,001$) i četvrta ($p < 0,001$) skupina bile su statistički značajno lošije od skupine 5 (tablica x). Analizirajući obrambeno ponašanje prema mjesecu u godini, uočava se nešto agresivnije ponašanje pčela u rano proljeće i kasnu jesen. Najmanju agresivnost pčele su manifestirale tijekom srpnja, kolovoza i rujna (tablica 3.17.). Tijekom veljače, ožujka i travnja, obrambeno ponašanje je bilo statistički značajno više izraženo nego u srpnju, kolovozu i rujnu ($p < 0,05$), dok su svibanj i lipanj bili statistički značajno lošije ocijenjeni od srpnja i kolovoza ($p < 0,01$). Srpanj, kolovoz i rujna su se u našem istraživanju pokazali kao mjeseci kada je obrambeno ponašanje najmanje izraženo. Tijekom listopada zabilježene su prosječno najniže vrijednosti obrambenog ponašanja.

Tablica 3.17. Prosječne fenotipske srednje vrijednosti za ocjenu svojstva obrambenog ponašanja po kontrolnim pregledima.

Group	5.10.15.	16.3.16.	6.4.16.	27.4.16.	27.5.16.	24.6.16.	25.7.16.	10.8.16.	1.9.16.	28.9.16.	24.10.16.	23.2.17.
1	2,75 ^a	2,9	3,042 ^b	3,5 ^a	3,333 ^{ab}	3,25	3,636	3,667	3,389	3,167	3	3
2	2,091 ^b	2,9	2,955 ^b	3,682 ^a	3,364 ^{ab}	2,944	3,7	3,8	3,3	3,35	2,9	3
3	2 ^b	2,682	2,182 ^a	3,773 ^{ab}	3,182 ^a	2,864	3,636	3,35	3,4	3,15	2,875	2,75
4	2,192 ^{ab}	2,538	2,731 ^{ab}	3,545 ^a	3,2 ^{ab}	2,944	3,889	3,313	3,375	3,313	2,813	2,667
5	2,458 ^{ab}	2,909	3,136 ^b	4 ^b	3,545 ^b	3,455	3,955	3,864	3,5	3,455	3,091	3,056
Prosjek	2,3	2,76	2,81	3,696	3,327	3,106	3,76	3,615	3,396	3,292	2,946	2,912

Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike (Bonferroni, $p < 0,05$)

Tablica 3.18. Prosječne fenotipske srednje vrijednosti za ocjenu svojstva mimoće na saću po kontrolnim pregledima.

Group	5.10.15.	16.3.16.	6.4.16.	27.4.16.	27.5.16.	24.6.16.	25.7.16.	10.8.16.	1.9.16.	28.9.16.	24.10.16.	23.2.17.
1	2,958 ^{ab}	2,958 ^a	3,625 ^a	3,583 ^{ab}	3,625 ^a	3,167 ^a	3,727 ^a	3,944 ^a	3,778	3,5	3,389 ^a	3,143
2	3 ^{ab}	3,091 ^a	3,455 ^a	3,773 ^a	3,636 ^a	3,111 ^a	3,7 ^a	3,85 ^a	3,5	3,7	3,75 ^{ab}	3,083
3	3,042 ^{ab}	3,091 ^a	2,773 ^b	3,318 ^{ab}	3,591 ^a	3,182 ^a	3,591 ^a	3,7 ^a	3,6	3,5	3,125 ^{ab}	2,917
4	2,731 ^a	2,423 ^b	2,731 ^b	3,136 ^b	3,05 ^b	2,556 ^b	2,889 ^b	2,625 ^b	3	3,188	2,938 ^b	2,833
5	3,375 ^b	3,045 ^a	2,818 ^b	3,455 ^{ab}	3,409 ^{ab}	3 ^{ab}	3,545 ^{ab}	3,773 ^a	3,091	3,318	3,318 ^{ab}	2,944
Prosjek	3,017	2,905	3,078	3,455	3,473	3,019	3,51	3,615	3,396	3,448	3,326	2,985

Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike (Bonferroni, $p < 0,05$)

Tablica 3.19. Spearmanov koeficijent korelacije za obrambeno ponašanje (svi podaci)

		Broj pčela	Broj stanica legla	Broj stanica peludi	Mirnoća	Vrcanje meda	Dnevni pad varoe
Obrambeno ponašanje	r	0,382	0,393	0,129	0,445	-0,052	0,217
	p	0,000	0,000	0,002	0,000	0,607	0,000
	N	607	607	561	607	100	462

Tablica 3.20. Spearmanov koeficijent korelacije za obrambeno ponašanje (isključujući mjesec veljača, ožujak i listopad)

		Broj pčela	Broj stanica legla	Broj stanica peludi	Mirnoća	Vrcanje meda	Dnevni pad varoe
Obrambeno ponašanje	r	0,088	0,057	-0,258	0,360	-0,052	0,089
	p	0,072	0,249	0,000	0,000	0,607	0,070
	N	417	417	417	417	100	414

Gledajući cjelokupno istraživanje (tablica 19) utvrđena je značajna pozitivna povezanost obrambenog ponašanja s brojem pčela ($r(607) = 0,382$, $p < 0,001$) i brojem stanica legla ($r(607) = 0,393$, $p < 0,001$). Vrlo mala, ali značajna povezanost utvrđena je između obrambenog ponašanja i broja stanica peludi ($r(561) = 0,129$, $p = 0,002$) te dnevnog pada varoe ($r(462) = 0,217$, $p < 0,001$). Najveća pozitivna korelacija svojstva obrambenog ponašanja utvrđena je sa svojstvom mirnoće na saću ($r(607) = 0,445$, $p < 0,001$) dok s količinom vrcanog meda nije utvrđena korelacija ($r(100) = -0,052$, $p = 0,607$). Analizirajući podatke istraživanja bez mjeseca veljače, ožujka i travnja dobiveni su djelomično drugačiji rezultati (tablica 3.20). Obrambeno ponašanje nije bilo povezano s brojem pčela, brojem stanica legla, vrcanjem meda ni dnevnog pada varoe. Utvrđena je slaba negativna korelacija s brojem stanica peludi ($r(417) = -0,258$, $p < 0,001$) i pozitivna korelacija s mirnoćom na saću ($r(417) = 0,360$, $p < 0,001$).

3.4.2. Mirnoća na saću

U GLM analizi svojstvo mirnoće na saću, kao fiksni utjecaj u modelu korišteni su skupina, mjesec i interakcija mjeseca i skupine, dok su broj pčela i broj stanica legla korišteni kao kovarijable (tablica 3.21.). Rezultati analize pokazali su značajan utjecaj skupine ($F(4, 568) = 25,254$, $p < 0,001$) i mjeseca ($F(8, 568) = 17,377$, $p < 0,001$) na ocjenu mirnoće na saću, dok interakcija skupina*mjesec nije imala značajan utjecaj ($F(32, 568) = 1,430$, $p = 0,061$). Broj pčela imao je statistički značajan utjecaj ($F(1, 568) = 22,485$, $p < 0,001$) dok broj stanica legla u ovom istraživanju nije imao utjecaj na ocjenu svojstva mirnoće na saću ($F(1, 568) = 0,008$, $p = 0,927$).

Tablica 3.21. GLM analiza mirnoće na saću

	df	Sredina kvadrata (MS)	F	Sig.
Model	47	141,173	699,548	0,000
Skupina	4	5,096	25,254	0,000
Mjesec	8	3,507	17,377	0,000
Mjesec*skupina	32	0,289	1,430	0,061
Broj pčela	1	4,264	21,128	0,000
Broj stanica legla	1	0,002	0,008	0,927
Ostatak	568	0,202		
Ukupno	615			
$R^2 = 0,983$ (Adjusted $R^2 = 0,982$)				

Tablica 3.22. Korigirane srednje vrijednosti mirnoće na saću u ispitivanim skupinama

Skupina	Srednja vrijednost ± SE	95% CI	
		Donja granica	Gornja granica
1	3,437 ± 0,43 ^a	3,353	3,521
2	3,400 ± 0,45 ^{ab}	3,311	3,489
3	3,271 ± 0,44 ^{ab}	3,185	3,358
4	2,814 ± 0,45 ^c	2,725	2,904
5	3,269 ± 0,41 ^b	3,188	3,350

Korigirana srednja vrijednost je određena pri vrijednostima: broj pčela = 12301,26; broj stanica legla = 11816,81. Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike (Bonferroni, $p < 0,05$)

Najbolju prosječnu ocjenu mirnoće na saću imala je skupina 1 ($3,419 \pm 0,43$) dok je najlošiju ocjenu imala skupina 4 ($2,853 \pm 0,46$). Zajednice iz skupine 4 imale su statistički značajno lošiju ocjenu od svih ostalih skupina (tablica 3.22.), dok je skupina 1 imala statistički značajno bolju ocjenu od skupine 5 ($p < 0,001$). Analizirajući svojstvo mirnoće na saću kroz mjesece (tablica 3.18.) vidljivo je kako su najveće ocjene zabilježene u svibnju, srpnju i kolovoza. Veljača, ožujak, lipanj i listopad bili su statistički značajno lošije ocjenjeni mjeseci ($p < 0,05$) od travnja, svibnja, srpnja, kolovoza i rujna (tablica 3.18.). Ocjena mirnoće na saću u lipnju bila je statistički značajno ($p < 0,001$) niža u usporedbi s ocjenama iz svibnja i srpnja što je zabilježeno i kod obrambenog ponašanja.

Tablica 3.23. Spearmanov koeficijent korelacije za mirnoću na saću (svi podaci)

		Broj pčela	Broj stanica legla	Broj stanica peludi	Vrcanje meda	Dnevni pad varoe
Mirnoća na saću	r	0,305	0,164	0,202	-0,064	0,245
	p	0,000	0,000	0,000	0,526	0,000
	N	615	615	569	100	470

Analizom podataka svih skupina utvrđena je pozitivna korelacija između broja pčela ($r = 0,305$, $p < 0,001$) broja stanica legla ($r = 0,164$, $p < 0,001$) i broja vidljivih stanica peludi ($r = 0,202$, $p < 0,001$) sa svojstvom mirnoće na saću (tablica 3.23.). Također, utvrđena je značajna pozitivna korelacija s obrambenim ponašanjem ($r = 0,445$, $p < 0,001$). Međutim, ukoliko iz analize uklonimo mjesece s najlošijim vrijednostima obrambenog ponašanja (veljača, ožujak i listopad) tada korelacije između broja pčela ($r = -0,035$, $p = 0,505$), broja stanica legla ($r = -0,044$, $p = 0,401$) i broja vidljivih stanica peludi ($r = 0,088$, $p = 0,095$) sa mirnoćom na saću skoro uopće nema, dok je s frekvencije na ulazu u košnicu ($r = -0,125$, $p < 0,028$) utvrđena slaba, ali značajna korelacija (tablica 3.24.). S obrambenim ponašanjem i u ovom slučaju je utvrđena značajna pozitivna korelacija ($r = 0,3$, $p < 0,001$).

Tablica 3.24. Spearmanov koeficijent korelacije za mirnoću na saću (isključujući mjesec veljaču, ožujak i listopad)

		Broj pčela	Broj stanica legla	Broj stanica peludi	Vrcanje meda	Dnevni pad varoe
Mirnoća na saću	r	0,090	0,008	0,019	-0,064	0,166
	p	0,066	0,865	0,697	0,526	0,001
	N	417	417	417	100	414

3.4.3. Rojevni nagon

Pojava znakova rojenja praćena je od sredine travnja do konca lipnja. Utvrđene su statistički značajne razlike između skupina ($F(4, 343) = 13,964$, $p < 0,001$, tablica 3.25.). Najbolji rezultat imala je skupina 5 koja je bila statistički značajno bolja od skupina 2 i 4 ($p < 0,001$), dok je najlošiji rezultat imala skupina 4 koja je bila statistički značajno lošija od skupina 1, 3 i 5 ($p < 0,001$) (tablica 3.26.).

Tablica 3.25. Analiza varijance za svojstvo rojevni nagon

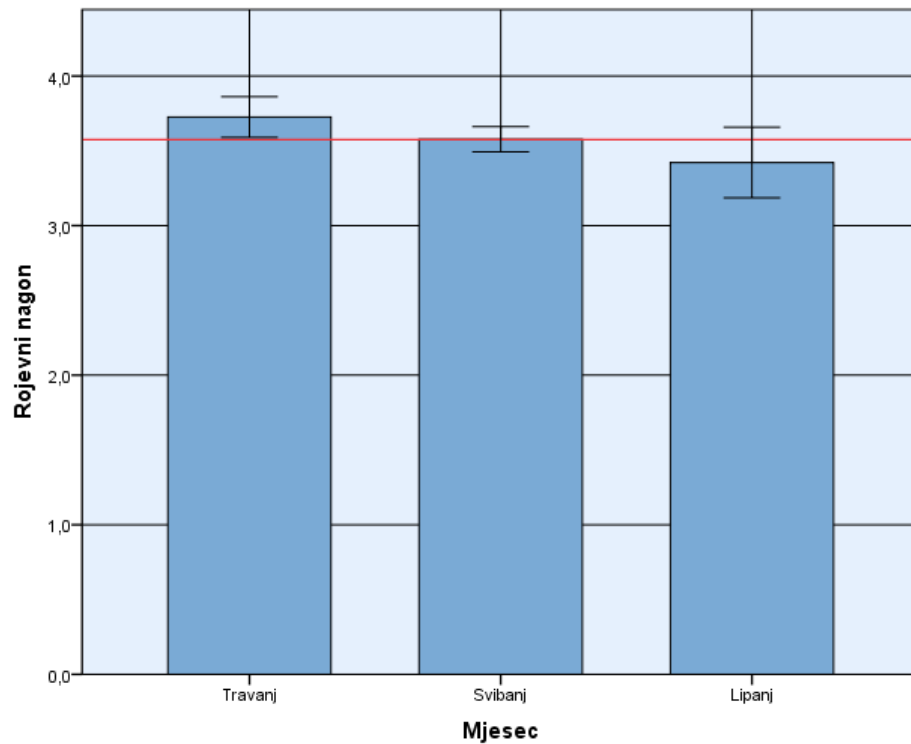
Izvori varijabilnosti	Suma kvadrata (SS)	df	Sredina kvadrata (MS)	F	Sig.
Između skupina	22,299	4	5,575	13,964	0,000
Unutar skupina	136,933	343	0,399		
Ukupno	159,232	347			

Tablica 3.26. Prosječne srednje vrijednosti rojevnog nagona po skupinama

Skupina	N	Prosjek $\pm$ SE	95% CI	
			Donja granica	Gornja granica
1	66	$3,712 \pm 0,0611^{ac}$	3,590	3,834
2	66	$3,447 \pm 0,0996^{ab}$	3,248	3,646
3	77	$3,649 \pm 0,0746^{ac}$	3,501	3,798
4	73	$3,178 \pm 0,0901^b$	2,998	3,358
5	66	$3,924 \pm 0,0270^c$	3,870	3,978
Ukupno	348	$3,576 \pm 0,0363$	3,505	3,648

Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike (Bonferroni, $p < 0,05$)

Tijekom istraživanja rojevni nagon se u najvećoj mjeri pojavljivao u travnju (grafikon 3.7.) tijekom i nakon cvatnje uljane repice. Tijekom druge polovice svibnja i prve polovice lipnja, rojevnog nagona nije bilo, da bi se opet pojavio tijekom cvatnje lipe u drugoj polovici lipnja.



Grafikon 3.7. Prosječna ocjena rojevnog nagona po mjesecima. Crvena linija predstavlja prosječnu ocjenu svih istraživanih zajednica

3.5. Produktivnost

3.5.1. Produktivnost meda

Pčelarska godina 2016. bila je izrazito nepogodna za proizvodnju meda, što se odrazilo na rezultat istraživanja. Nepovoljne vremenske prilike za vrijeme cvatnje bagrema zaustavile su bilo kakav značajniji unos nektara u košnice. Prvo vrcanje obavljeno je nakon cvatnje suncokreta i prosječno je na pčelinjaku vrcano $5,375 \pm 0,466$ kg meda po košnici (tablica 3.28.).

Tablica 3.27. Analize varijance za vrcanje meda

Izvori varijabilnosti	Suma kvadrata	df	Sredina kvadrata	F	Sig.
Između skupina	70,333	4	17,583	0,763	0,552
Unutar skupina	2304,843	100	23,048		
Ukupno	2375,176	104			

Tablica 3.28. Količina vrcanog meda (u kg) po skupinama i promjena u masi košnica (u kg) od 16. ožujka 2016. do 25. lipnja 2016.

Skupina	Srednja vrijednost $\pm$ SE	
	N	Vrcani med
1	22	$4,073 \pm 0,919$
2	20	$5,560 \pm 1,089$
3	22	$5,964 \pm 1,089$
4	19	$4,895 \pm 1,016$
5	22	$6,336 \pm 1,104$
Ukupno	105	$5,375 \pm 0,466$

Najmanje meda vrcano je iz skupine 1 ($4,073 \pm 0,919$), a najviše iz skupine 5 ($6,336 \pm 1,104$) no ta razlika nije statistički značajna ($F(4, 100) = 0,763$, $p = 0,552$) (tablica 3.27.). Tijekom cvatnje uljane repice i bagrema vršena su redovita kontrolna vaganja mase košnica gdje je zabilježen prosječni porast od $0,27 \pm 1,41$ kg (uljana repica) i $6,39 \pm 2,49$ kg (bagrem, tablica 3.30.). Za vrijeme cvatnje uljane repice u prvoj skupini zabilježen je pad od 1 kg, dok je najveći porast ostvarila skupina 5 ($1,52 \pm 1,47$ kg). Isti trend zabilježen je tijekom cvatnje bagrema, najveći porast mase imala je skupina 5 ($7,40 \pm 2,61$ kg), a najmanji skupina 1 ($5,26 \pm 2,29$ kg). Analiza varijance pokazala je statistički značajne razlike između skupina za porast mase tijekom cvatnje

uljane repice ($F(4, 51) = 6,849$, $p < 0,001$), dok tijekom cvatnje bagrema nije bilo razlike između skupina ($F(4, 51) = 1,521$, $p = 0,210$) (tablica 3.29.). Bonferoni post hoc test pokazao je značajno lošiji rezultat skupine 1 od skupine 4 ($p = 0,018$) i 5 ($p < 0,01$).

Tablica 3.29. Analize varijance za porast na vagi tijekom cvatnje uljane repice (*Brassica napus*) i bagrema (*Robinia pseudoacacia*)

Izvori varijabilnosti		Suma kvadrata	df	Sredina kvadrata	F	Sig.
Uljana repica	Između skupina	38,543	4	9,636	6,849	0,000
	Unutar skupina	71,747	51	1,407		
	Ukupno	110,290	55			
Bagrem	Između skupina	36,311	4	9,078	1,521	0,210
	Unutar skupina	304,315	51	5,967		
	Ukupno	340,626	55			

Tablica 3.30. Porast na vagi za vrijeme cvatnje uljane repice (*Brassica napus*) i bagrema (*Robinia pseudoacacia*).

Skupina	N	Srednja vrijednost u kg $\pm$ SD	
		Uljana repica	Bagrem
1	12	-1,00 $\pm$ 1,00 ^a	5,26 $\pm$ 2,29
2	11	0,08 $\pm$ 1,36 ^{ab}	5,77 $\pm$ 2,92
3	11	0,25 $\pm$ 1,19 ^{ab}	6,55 $\pm$ 1,97
4	11	0,63 $\pm$ 0,79 ^b	7,08 $\pm$ 2,32
5	11	1,52 $\pm$ 1,47 ^{ab}	7,40 $\pm$ 2,61
Ukupno	56	0,27 $\pm$ 1,41	6,39 $\pm$ 2,49

Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike (Bonferroni, $p < 0,05$)

Osim količine vrcanog meda i promjene u težini košnice tijekom cvatnje uljane repice i bagrema, od ožujka do konca lipnja praćena je promjena u masi svih košnica. Prosječan porast mase na pčelinjaku (tablica 3.32.) iznosio je $13,831 \pm 1,007$ kg. Razlike između skupina (tablica 3.31.) nisu bile statistički značajne ($F(4, 47) = 2,114$, $p = 0,094$). Utvrđeno je manje prosječno povećanje mase kod prve skupine u odnosu na sve ostale skupine. Zanimljivo je kako je u

skupini 4 porast mase košnice tijekom mjerenja bio među najvećima, no kod vrcanja meda, ista skupina dala je drugi najlošiji rezultat.

Tablica 3.31. Analiza varijance za promjenu u masi zajednice od ožujka do kraja lipnja

Izvori varijabilnosti	Suma kvadrata	df	Sredina kvadrata	F	Sig.
Između skupina	469,219	4	117,305	2,114	0,094
Unutar skupina	2607,732	47	55,484		
Ukupno	3076,951	51			

Tablica 3.32. Promjena u masi zajednica od ožujka do kraja lipnja.

Skupina	Srednja vrijednost ± SE	
	N	Porast na vagi
1	10	8,090 ± 1,959
2	10	13,450 ± 2,420
3	11	15,027 ± 2,506
4	10	15,310 ± 2,202
5	11	16,855 ± 2,351
Ukupno	52	13,831 ± 1,077

3.5.2. Prikupljanje i zalihe peludi u zajednici

Rezultati GLM analize broja vidljivih stanica peludi prikazani su u tablici 3.33. U analizi kao fiksni utjecaji korišteni su skupina, mjesec i interakcija skupina i mjeseca, a kao kovarijable u modelu su korištene broj pčela i broj stanica legla. Mjesec je imao statistički značajan utjecaj na broj vidljivih stanica peludi ($F(8, 526) = 29,825$, $p < 0,001$), skupina nije imala značajan utjecaj ($F(4, 526) = 1,409$, $p = 0,229$), kao ni interakcija skupina*mjesec ($F(32, 526) = 0,707$, $p = 0,886$). Broj pčela kao kovarijabla imao je značajan utjecaj ($F(1, 526) = 18,469$, $p < 0,001$) kao i broj stanica legla ($F(1, 526) = 8,029$, $p = 0,005$).

Tablica 3.33. GLM analiza za broj vidljivih stanica peludi

	df	Sredina kvadrata (MS)	F	Sig.
Model	47	274152460,571	42,831	0,000
Skupina	4	9021923,453	1,409	0,229
Mjesec	8	190905090,275	29,825	0,000
Mjesec*skupina	32	4523015,307	0,707	0,886
Broj pčela	1	118214592,972	18,469	0,000
Broj stanica legla	1	51395193,123	8,029	0,005
Pogreška	526	6400825,766		
Ukupno	573			
$R^2 = 0,793$ (Adjusted $R^2 = 0,774$)				

Tablica 3.34. Korigirana srednja vrijednost za broj vidljivih stanica peludi

Skupina	N	Srednja vrijednost ± SE	95% CI	
			Donja granica	Gornja granica
1	119	4191,208 ± 246,491	3706,980	4675,436
2	110	4199,830 ± 267,440	3674,449	4725,212
3	115	4459,826 ± 254,203	3960,448	4959,204
4	109	3619,809 ± 265,630	3097,984	4141,635
5	120	4036,769 ± 244,773	3555,917	4517,621

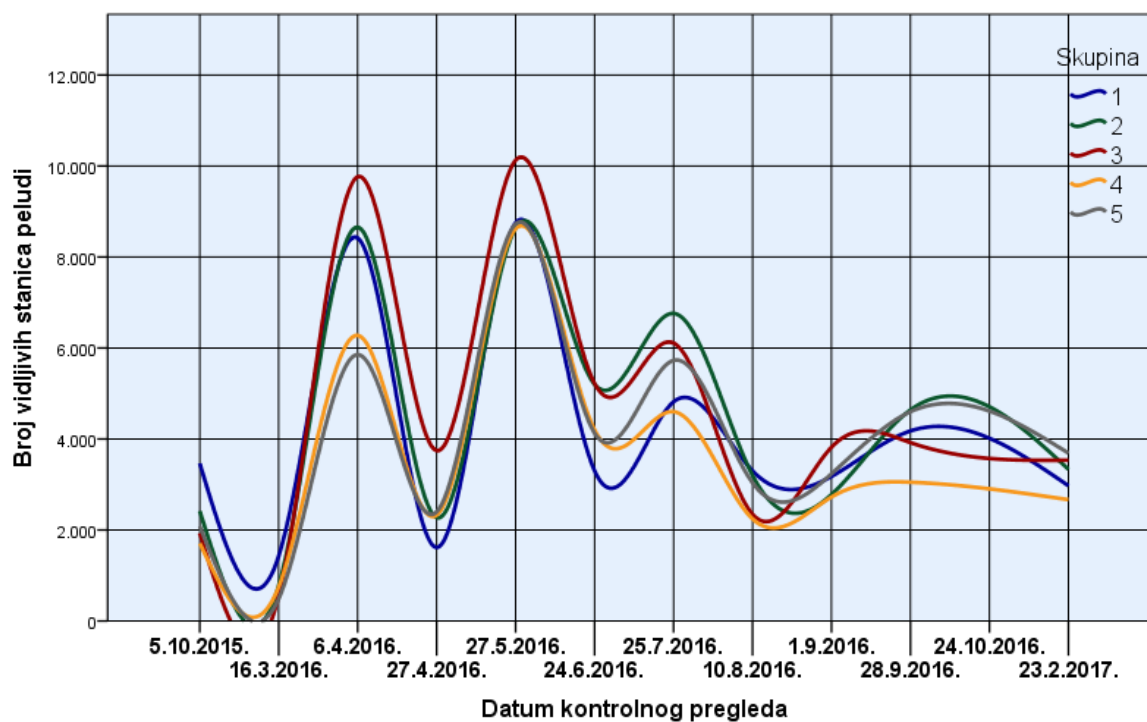
Korigirana srednja vrijednost je određena pri vrijednosti: broj pčela = 12734,10; broj stanica legla = 12695,53.

Količina peludi u košnici mjerena je prilikom svakog kontrolnog pregleda (tablica 3.35., grafikon 3.8.). Nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina gledajući ukupnu korigiranu srednju vrijednost. Najveći prosječni broj stanica s vidljivom peludi utvrđen je u skupini 3 (4459,826 ± 254,203), a najmanji u skupini 4 (3619,809 ± 265,630) (tablica 3.34.).

Tablica 3.35. Prosječni broj vidljivih stanica peludi

Skupina	Datum kontrolnog mjerenja										
	5.10.15.	16.3.16.	6.4.16.	27.4.16.	27.5.16.	24.6.16.	25.7.16.	10.8.16.	1.9.16.	28.9.16.	23.2.17.
1	3466 ^a	1433 ^b	8416 ^{ab}	1617 ^a	8750	3300	4816	3300	3178	4178	2971
2	2418 ^{ab}	781 ^a	8654 ^{ab}	2273 ^{ab}	8636	5200	6760	3200	2780	4640	3333
3	1933 ^b	563 ^a	9763 ^a	3745 ^b	10127	5218	6109	2345	3820	3920	3533
4	1707 ^b	753 ^a	6277 ^b	2327 ^{ab}	8620	4200	4600	2244	2725	3050	2667
5	2083 ^{ab}	490 ^a	5855 ^b	2400 ^{ab}	8727	4127	5727	3036	3236	4600	3689
Prosjek	2310	813	7751	2457	8975	4365	5604	2831	3167	4129	3271

Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike (Bonferroni, $p < 0,05$)



Grafikon 3.8. Grafički prikaz u promjeni broja vidljivih stanica s peludom tijekom godine po skupinama

3.6. Otpornost na bolesti

3.6.1. Higijensko ponašanje

Higijensko ponašanje pčela testirano je tri puta tijekom istraživanja (travanj, svibanj i srpanj). Na osnovu preliminarnih istraživanja, ustanovljeno je kako je prosjek pčelinjaka od 50% očišćenih stanica postignut 18 sati nakon usmrćivanja stanica. U GLM analizi kao fiksni utjecaji u modelu korišteni su skupina, mjesec i interakcija skupina*mjesec, dok su kao kovarijable korišteni podaci o broju pčela, broju stanica legla i zaraženost odraslih pčela grinjom *V. destructor*. Analiza je pokazala kako ni jedan utjecaj nije imao značajan utjecaj na higijensko ponašanje (tablica 3.36).

Tablica 3.36. GLM analiza za higijensko ponašanje

	df	Sredina kvadrata (MS)	F	Sig.
Model	18	29416,629	35,223	0,000
Skupina	4	639,063	0,765	0,550
Mjesec	2	1037,872	1,243	0,292
Mjesec*skupina	8	596,890	0,715	0,678
Broj pčela	1	735,366	0,881	0,350
Broj stanica legla	1	1195,118	1,431	0,234
Zaraženost pčela s <i>V. destructor</i>	1	301,893	0,361	0,549
Pogreška	136	835,152		
Ukupno	154			

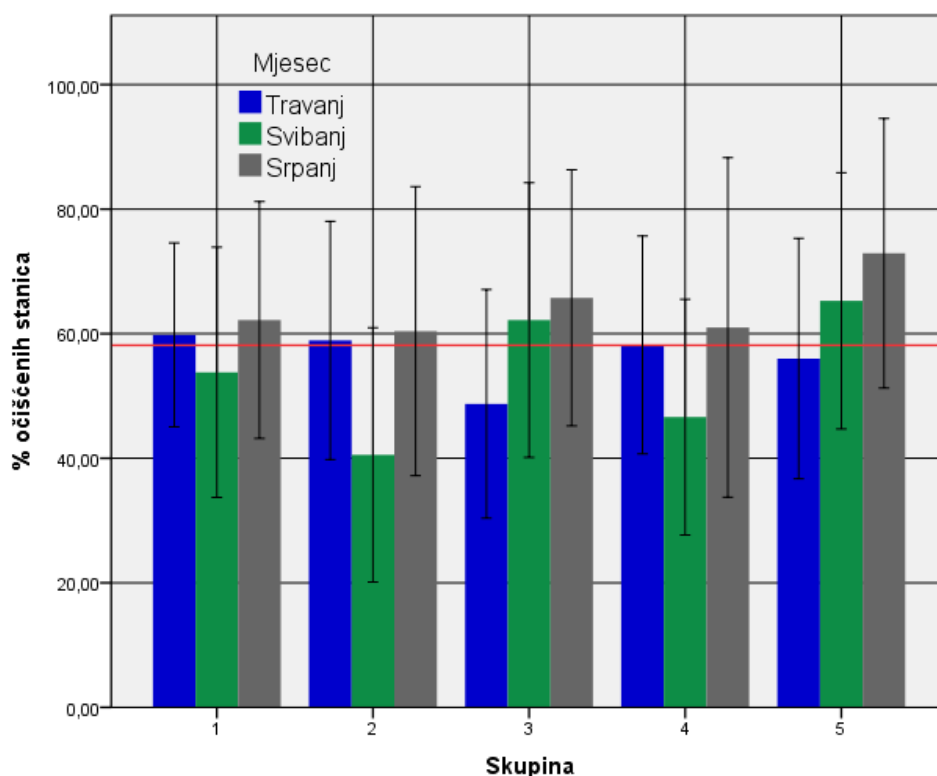
$R^2 = 0,823$ (Adjusted $R^2 = 0,800$)

Tablica 3.37. Korigirana srednja vrijednost za higijensko ponašanje po skupinama

Skupina	N	Srednja vrijednost ± SE	95% CI	
			Donja granica	Gornja granica
1	30	60,521 ± 5,482	49,679	71,363
2	32	52,318 ± 5,176	42,083	62,553
3	30	59,080 ± 5,415	48,371	69,789
4	29	54,720 ± 5,503	43,838	65,603
5	33	63,581 ± 5,192	53,314	73,849

Korigirana srednja vrijednost je određena pri vrijednosti: broj pčela = 17976,24; broj stanica legla = 22511,95; zaraženost pčela = 0,5137

Rezultati na grafikonu 3.9. su prikazani kao prosjek potpuno očišćenih stanica. Zabilježena je velika varijabilnost, od 2 do 100% očišćenih stanica. Ukupno gledajući, najbolji rezultat ostvarila je skupina 5 ($63,58 \pm 5,2$), a najlošiji skupina 2 ($52,32 \pm 5,2$) (tablica 3.37.). Nisu utvrđene statistički značajne razlike između skupina ($p > 0,05$). U travnju je prosjek očišćenih stanica svih zajednica bio $60,38 \pm 5,66$, u svibnju $52,16 \pm 4,36$ dok je u srpnju prosjek bio najveći i iznosio je $61,59 \pm 5,98$. Nisu utvrđene statističke značajne razlike između mjeseca provođenja testa ($p > 0,05$). Najbolji prosječan rezultat mjerenja u travnju (grafikon 3.9.) imala je skupina 1 ($66,44 \pm 10,97$), a najlošiji skupina 3 ($53,04 \pm 9,76$). U svibnju, najbolji prosječan rezultat imala je skupina 5 ($63,54 \pm 8,81$), a najlošiji skupina 2 ($37,95 \pm 9,26$). Nakon posljednjeg mjerenja u srpnju najbolji rezultat ostvarila je skupina 5 ($69,39 \pm 9,49$), a najlošiji skupina 2 ($56,09 \pm 10,13$). Nisu utvrđene statistički značajne razlike s obzirom na mjesec kada je testiranje provedeno.



Grafikon 3.9. Prosjek higijenskog ponašanja po skupinama i mjesecima.

Crvena linija predstavlja ukupni prosjek.

Spearmanovom analizom korelacije utvrđena je slaba pozitivna korelacija između higijenskog ponašanja i prirodnog dnevnog pada varoe ($r(154) = 0,198$, $p = 0,014$). S ostalim svojstvima nije pronađena nikakva povezanost (tablica 3.38.).

Tablica 3.38. Spearmanov koeficijent korelacije za higijensko ponašanje

		BP	BSL	VM	ZP	ZL	DPV	PL	SMR	OTK
	r	-0,087	-0,150	-0,015	-0,002	0,144	0,198	0,108	-0,168	0,007
HP	p	0,281	0,063	0,920	0,980	0,075	0,014	0,475	0,266	0,932
	N	154	154	47	148	154	154	46	46	149

HP – higijensko ponašanje, BP – broj pčela, BSL – broj stanica legla, VM – vrcanje meda, ZP – zaraženost pčela, ZL – zaraženost legla, DPV – prirodno dnevni pad varoe, PL – plodnost varoe, SMR – potisnuto razmnožavanje varoe, OTKL – otklapanje/poklapanje legla

3.6.2. Samočišćenje

Prosječni rezultati samočišćenja i međusobnog čišćenja pčela od grinje *V. destructor* prikazani su u tablici 3.39. (rezultati su prikazani u postotcima). Ukupno je pregledano 2425 grinja, prosječno 46,6 po košnici. Ukupni prosjek grinja s ozljedama iznosio je $12,69 \pm 0,933$. Najveći udio ozlijeđenih grinja utvrđen je u skupini 3 ($14,73 \pm 2,076$), a najmanji u skupini 2 ($11,30 \pm 2,749$). Najmanje je zabilježeno 0%, a najviše 32% ozljeda na grinjama.

Tablica 3.39. Prosječne vrijednosti i standardna pogreška za postotak ozlijeđenih grinja

Skupina	N	Srednja vrijednost $\pm$ SE	95% CI	
			Donja granica	Gornja granica
1	10	$13,70 \pm 2,006$	9,16	18,24
2	10	$11,30 \pm 2,749$	5,08	17,52
3	11	$14,73 \pm 2,076$	10,10	19,35
4	10	$11,40 \pm 1,968$	6,95	15,85
5	11	$12,18 \pm 1,778$	8,22	16,14
Ukupno	52	$12,69 \pm 0,933$	10,82	14,56

Između skupina analizom varijance nisu utvrđene statistički značajne razlike ($F(4,47) = 0,503$, $p = 0,734$, tablica 3.40.). Također između skupina nisu utvrđene značajne razlike s obzirom na vrstu oštećenja na tijelu grinje ($p < 0,05$). Najčešće utvrđene ozljede grinja uočene su na prvom paru nogu u svim skupinama. Postotak ozljeda na drugom i trećem paru nogu bio je uglavnom podjednak kod svih skupina, dok je posljednji par nogu bio rjeđe oštećen. Najmanji broj ozljeda utvrđen je na tijelu grinje. Spearmanovom analizom korelacije nije utvrđena povezanost svojstva samočišćenja s ostalim svojstvima (tablica 3.41.).

Tablica 3.40. Analiza varijance za postotak ozlijeđenih grinja i tip ozljede

Parametar	Izvori varijabilnosti	Suma kvadrata (SS)	df	Sredina kvadrata (MS)	F	Sig.
% ozlijeđenih grinja (ukupno)	Između skupina	0,009	4	0,002	0,503	0,734
	Unutar skupina	0,221	47	0,005		
	Ukupno	0,231	51			
% ozljeda prvog para nogu	Između skupina	749,995	4	187,499	0,292	0,882
	Unutar skupina	30156,797	47	641,634		
	Ukupno	30906,792	51			
% ozljeda drugog para nogu	Između skupina	518,860	4	129,715	0,177	0,949
	Unutar skupina	34526,037	47	734,597		
	Ukupno	35044,897	51			
% ozljeda trećeg para nogu	Između skupina	3011,925	4	752,981	1,068	0,383
	Unutar skupina	33150,416	47	705,328		
	Ukupno	36162,342	51			
% ozljeda četvrtog para nogu	Između skupina	2383,026	4	595,757	1,044	0,395
	Unutar skupina	26820,232	47	570,643		
	Ukupno	29203,258	51			
% ozljeda na tijelu grinje	Između skupina	578,235	4	144,559	0,619	0,651
	Unutar skupina	10978,007	47	233,575		
	Ukupno	11556,242	51			

Tablica 3.41. Spearmanov koeficijent korelacije za svojstvo samočišćenja

	BP	BSL	VM	ZP	ZL	DPV	PL	SMR	OTK
Koefic. korel.	-0,147	-0,193	-0,153	-0,003	0,014	-0,075	0,241	0,053	0,024
S Sig. (2- tailed)	0,303	0,174	0,278	0,982	0,925	0,925	0,111	0,729	0,871
N	51	51	52	50	50	51	45	45	50

S – svojstvo samočišćenja, BP – broj pčela, BSL – broj stanica legla, VM – vrcanje meda, ZP – zaraženost pčela, ZL – zaraženost legla, DPV – prirodno dnevni pad varoe, PL – plodnost varoe, SMR – potisnuto razmnožavanje varoe, OTK – otklapanje/poklapanje legla

3.6.3. Potisnuto razmnožavanje varoe (SMR)

Za analizu SMR svojstva uzeta su ukupno 293 uzorka legla. Za statističku obradu korišteni su uzorci legla u kojima je pronađeno minimalno 10 stanica legla zaraženih s jednom odraslom grinjom (158 uzoraka). Zbog malog broja valjanih uzoraka iz proljetnog dijela sezone, isti su izlučeni iz statističke analize. U analizu je bilo uključeno ukupno 146 uzoraka. Pregledano je 90.056 stanica, od kojih je 4960 bilo zaraženo grinjama. U 4142 stanice pronađena je po jedna odrasla grinja, od kojih su 1122 bile neplodne.

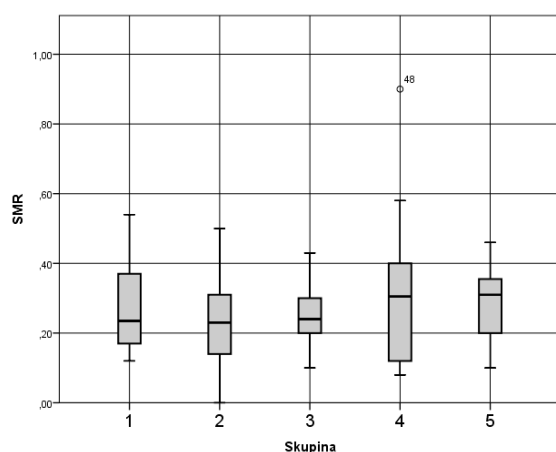
Tablica 3.42. GLM analiza za potisnuto razmnožavanje varoe (SMR)

	df	Sredina kvadrata (MS)	F	Sig.
Model	15	0,710	46,603	0,000
Mjesec	2	0,027	1,753	0,177
Skupina	4	0,017	1,138	0,341
Skupina*mjesec	8	0,019	1,215	0,295
Ostatak	131	0,015		
Total	146			
$R^2 = 0,842$ (Adjusted $R^2 = 0,824$)				

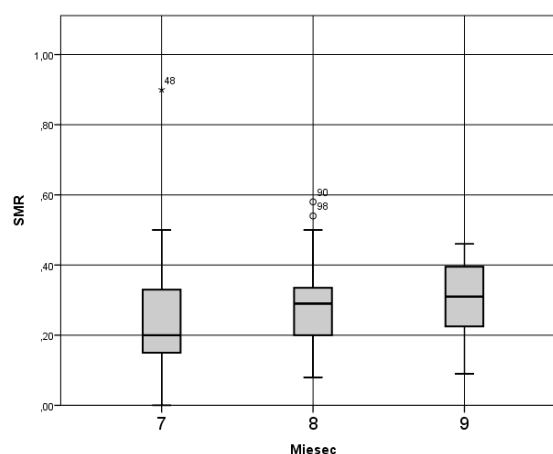
Rezultati GLM analize prikazani su u tablici 3.42. U modelu su kao fiksni utjecaji korišteni mjesec, skupina i interakcija mjesec*skupina. Rezultati analize su pokazali kako u istraživanju skupina, mjesec ili njihova interakcija nisu imali statistički značajan utjecaj na udio neplodnih grinja u leglu. Prosječni udio neplodnih grinja *V. destructor* u istraživanju iznosio je $26,66 \pm 1,04\%$ (tablica 3.43.). Ukupno gledajući, najmanje izraženo SMR svojstvo imala je skupina 2 ($23 \pm 2,34\%$) dok je kontrolna skupina (skupina 4) imala prosječno najveći udio neplodnih grinja ($29,82 \pm 3,51\%$) (grafikon 3.10.). Razlike između skupina nisu bile statistički značajne ($F(4, 131) = 1,138$, $p = 0,341$). Raspon udjela neplodnih grinja kretao se od 0 do 90% u istraživanim zajednicama.

Tablica 3.43. Srednja vrijednost, standardna pogreška i 95%-tni interval pouzdanosti za udio neplodnih grinja *V. destructor* po skupinama i mjesecu (prikazano u postotcima)

		N (uzoraka)	Srednja vrijednost ± SE	95% CI	
				Donja granica	Gornja granica
Skupina	1	30	27,07 ± 2,07	22,84	31,29
	2	25	23,00 ± 2,34	18,17	27,83
	3	32	25,03 ± 1,59	21,78	28,28
	4	28	29,82 ± 3,51	22,62	37,03
	5	31	28,06 ± 1,82	24,35	31,78
Mjesec	7	59	24,69 ± 1,88	20,92	28,47
	8	56	27,34 ± 1,47	24,39	30,29
	9	31	29,19 ± 1,92	25,28	33,11
Ukupno		146	26,66 ± 1,04	24,62	28,71

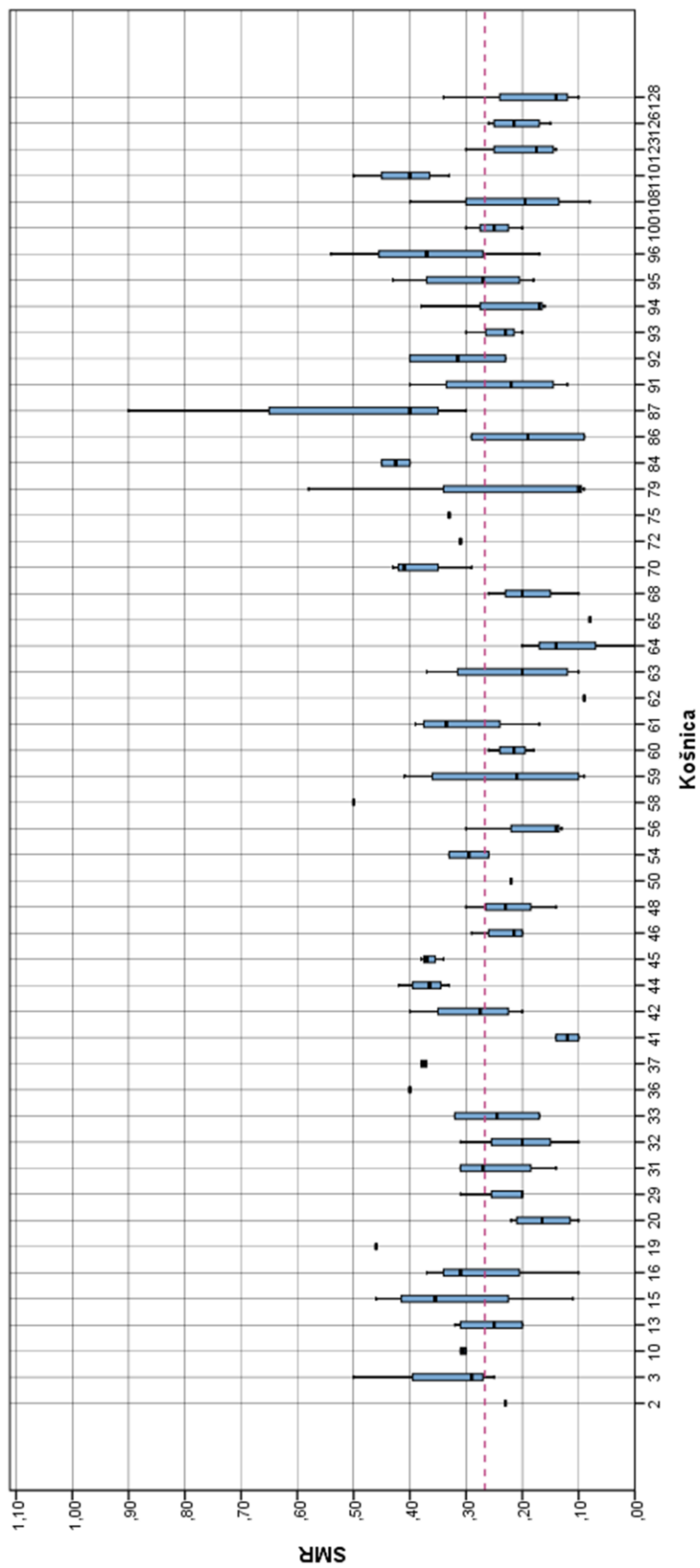


Grafikon 3.10. Prosječna vrijednost udjela neplodnih grinja po skupinama



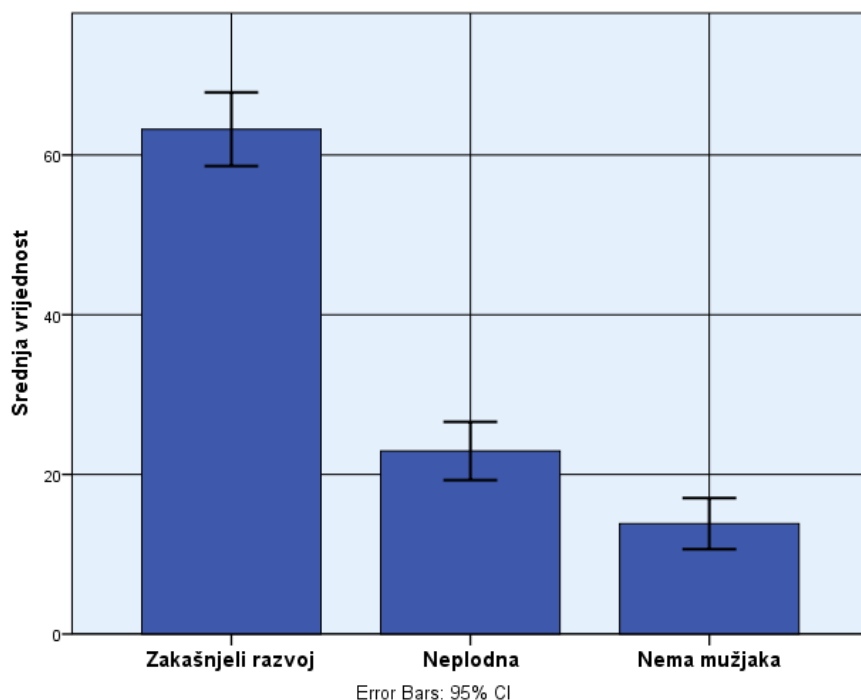
Grafikon 3.11. Prosječna vrijednost udjela neplodnih grinja po mjesecima

Tijekom srpnja u leglu se prosječno nalazilo manje neplodnih grinja nego u kolovozu i rujnu ($24,69 \pm 1,88\%$), tijekom kolovoza je bilo manje neplodnih grinja nego u rujnu ($27,34 \pm 1,47\%$), dok je prosječno najviše grinja utvrđeno u rujnu ($29,19 \pm 1,92\%$) (grafikon 3.11.). Između mjeseca uzorkovanja legla nisu utvrđene statistički značajne razlike ($F(2, 131) = 1,753$, $p = 0,177$). Kao najčešći uzrok neplodnosti grinja *V. destructor* u leglu bio je zakašnjeli razvoj potomstva, zatim neplodnost odrasle grinje i na kraju nedostatak muške jedinke (grafikon 3.13).

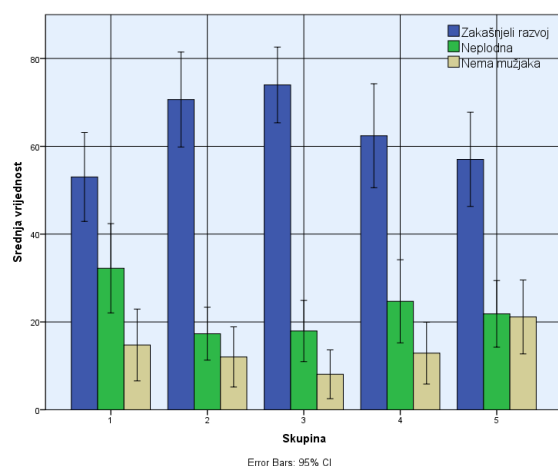


Grafikon 3.12. Prosječna vrijednost i varijabilnost SMR svojstva kod svih zajednica u istraživanju.

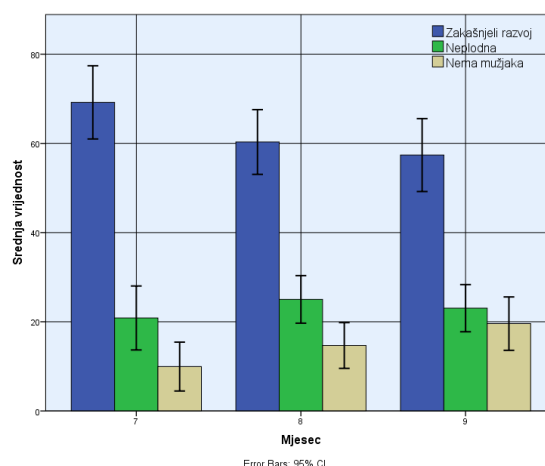
Crvena linija je ukupna prosječna vrijednost.

Grafikon 3.13. Udio pojedinih čimbenika na neplodnost grinje *V. destructor*

Između skupina su utvrđene statistički značajne razlike u zakašnjelom razvoju potomstva grinja kao uzroku neplodnosti ($F(4, 140) = 3,121, p = 0,017$). Skupina 3 imala je statistički značajno više neplodnih grinja zbog zakašnjelog razvoja potomstva od skupine 1 ($p = 0,031$). Neplodnost odrasle grinje ($F(4, 140) = 2,243, p = 0,067$) i nedostatak muške jedinice ($F(4, 140) = 1,908, p = 0,112$) kao uzrok neplodnosti grinja nije se statistički razlikovao između skupina (grafikon 3.14.).



Grafikon 3.14. Prikaz uzroka neplodnosti grinja po skupinama



Grafikon 3.15. Prikaz uzroka neplodnosti grinja po mjesecima

Između mjeseca uzorkovanja nisu utvrđene statistički značajne razlike s obzirom na zakašnjeli razvoj potomstva grinje ($F(2, 142) = 2,311$, $p = 0,103$), neplodnost grinje ($F(2, 142) = 0,498$, $p = 0,609$) ili nedostatak muške jedinice ($F(2, 142) = 2,596$, $p = 0,078$) (grafikon 3.15.).

Spearmanovom analizom korelacije nije utvrđena povezanost SMR svojstva s nekim od nabrojanih svojstava u tablici 3.44.

Tablica 3.44. Spearmanov koeficijent korelacije za SMR svojstvo

		BP	BSL	OP	VM	ZP	ZL	DPV	PL	OTK
S M R	Koef. korel.	-0,073	-0,079	-0,064	0,094	-0,053	0,015	-0,035	-0,004	-0,008
	Sig. (2-tailed)	0,361	0,322	0,426	0,403	0,513	0,855	0,662	0,958	0,920
	N	158	158	155	81	157	157	158	158	158

SMR – potisnuto razmnožavanje varoe, BP – broj pčela, BSL – broj stanica legla, OP – obrambeno ponašanje, VM – vrcano meda, ZP – zaraženost pčela, ZL – zaraženost legla, DPV – prirodni dnevni pad varoe, PL – plodnost varoe, OTK – otklapanje/poklapanje

3.6.4. Otklapanje/poklapanje legla

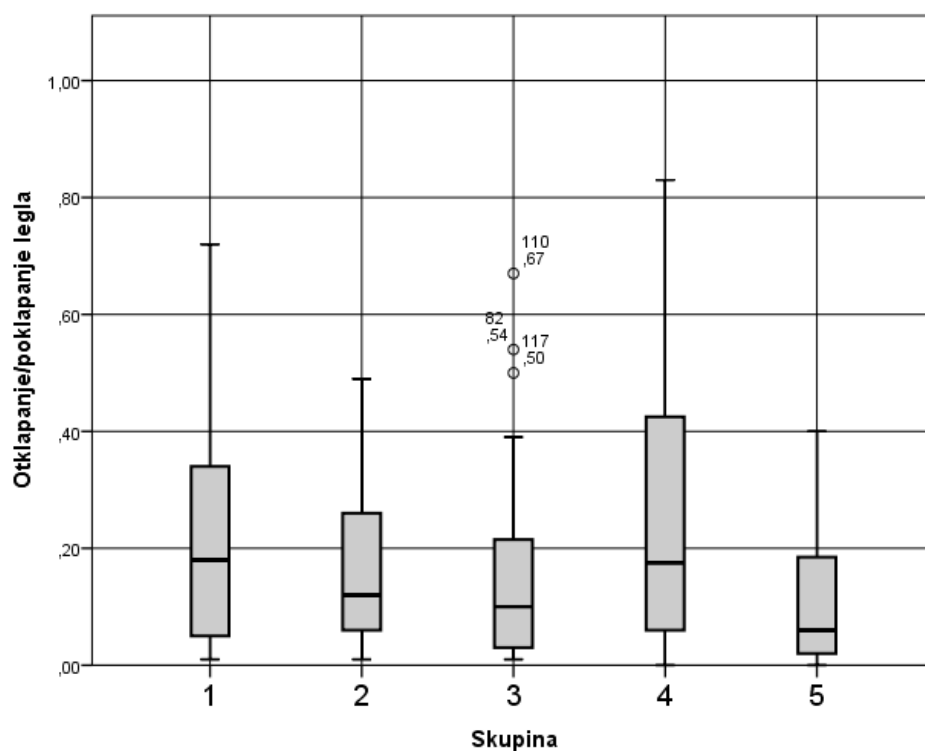
3.6.4.1. Otklapanje/poklapanje legla – ukupno

Ukupno je uzorkovano i pregledano 293 uzorka legla, s prosječnim postotkom otklapanja od $16,04 \pm 1$ %. Najveća prosječna vrijednost zabilježena je u skupini 4 ($24,00 \pm 3,11$), a najmanja u skupini 5 ($11,03 \pm 1,48$) (tablica 3.45.). Otklapanje legla najintenzivnije je bilo u kolovozu ($22,38 \pm 2,59$), a najmanje u travnju ($9,71 \pm 1,65$) (grafikom 3.17.). Kruskal-Wallis test pokazao je statistički značajnu razliku između skupina ($\chi^2(4) = 16,376$, $p = 0,003$). Skupina 5 otklapala je značajno manje stanica legla od skupine 1 ($p = 0,03$) i skupine 4 ($p = 0,007$). Između ostalih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike (grafikon 3.16.). Utvrđena je značajna razlika s obzirom na mjesec ($\chi^2(5) = 19,599$, $p = 0,001$). Tijekom travnja otklapanje i poklapanje legla bilo je značajno manje zabilježeno nego tijekom kolovoza ($p < 0,05$), dok između ostalih mjeseci nisu utvrđene statistički značajne razlike.

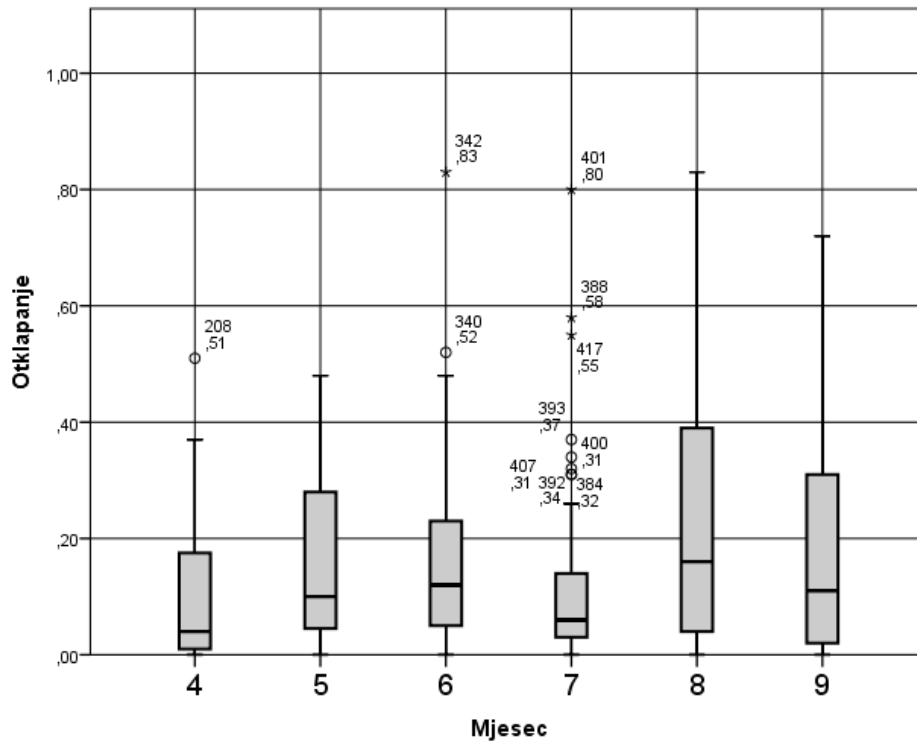
Tablica 3.45. Deskriptivna statistika za otklapanje legla (%) prema skupinama i mjesecima

		N (uzoraka)	Srednja vrijednost $\pm$ SE	95% CI	
				Donja granica	Gornja granica
Skupina	1	56	$19,55 \pm 2,38^a$	14,78	24,33
	2	54	$13,13 \pm 1,81^{ab}$	9,49	16,76
	3	61	$13,52 \pm 1,92^{ab}$	9,69	17,36
	4	55	$24,00 \pm 3,11^a$	17,76	30,24
	5	66	$11,03 \pm 1,48^b$	8,08	13,98
Mjesec	4	51	$9,71 \pm 1,65^a$	6,39	13,02
	5	51	$16,08 \pm 2,00^{ab}$	12,06	20,10
	6	49	$16,63 \pm 2,32^{ab}$	11,96	21,31
	7	50	$12,86 \pm 2,36^{ab}$	8,12	17,60
	8	66	$22,38 \pm 2,59^b$	17,21	27,55
	9	26	$17,35 \pm 3,67^{ab}$	9,79	24,90
Ukupno		293	$16,04 \pm 1,00$	14,07	18,02

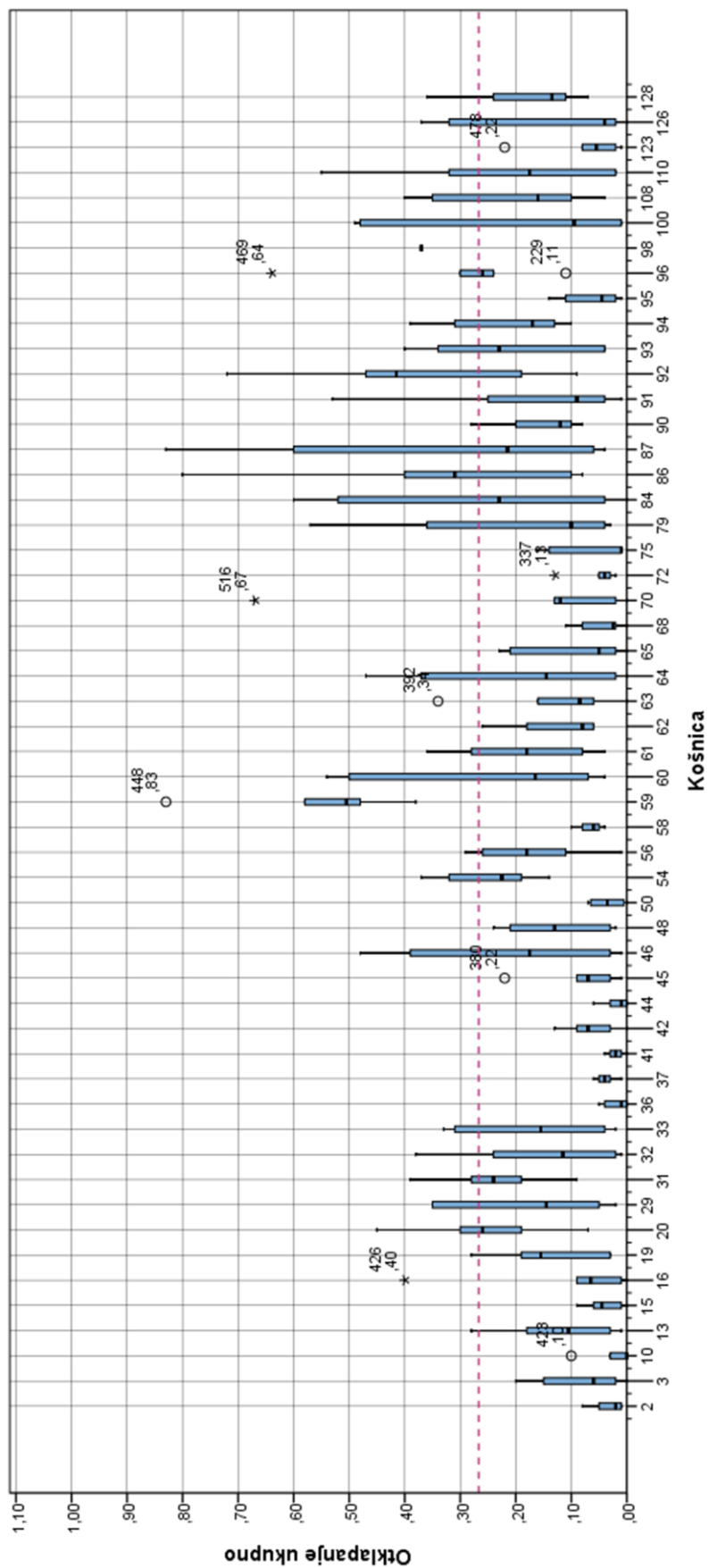
Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike ($p < 0,05$)



Grafikon 3.16. Prosječna vrijednost otklapanja legla po skupinama



Grafikon 3.17. Prosječna vrijednost otklapanja legla po mjesecima



Grafikon 3.18. Prosječna vrijednost i varijabilnost ukupnog otklapanja legla kod svih zajednica u istraživanju.

Crvena linija je ukupna prosječna vrijednost.

3.6.4.2. Otklapanje/poklapanje zaraženih stanica legla

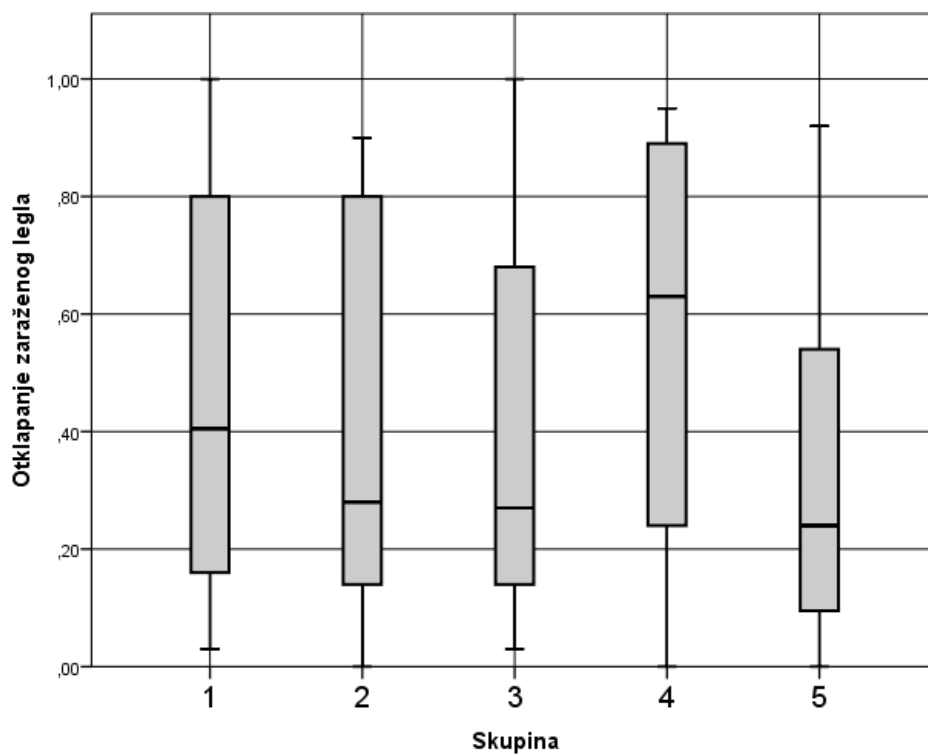
Za analizu otklapanja/poklapanja zaraženog legla korišteni su uzorci gdje je pronađeno minimalno 10 stanica legla zaraženih samo jednom odraslom grinjom ($N = 146$). Zajednice iz skupine 4 imale su prosječno najveći ($53,57 \pm 6,15$), a skupine 5 najmanji ($30,94 \pm 4,92$) postotak otklopljenih zaraženih stanica legla. Tijekom rujna zabilježena je prosječno najmanja ($30,55 \pm 5,49$), a tijekom srpnja najveća ($45,51 \pm 3,93$) aktivnost otklapanja zaraženog legla (tablica 3.46.).

Tablica 3.46. Deskriptivna statistika za otklapanje/poklapanje zaraženih stanica legla (%) prema skupinama i mjesecima

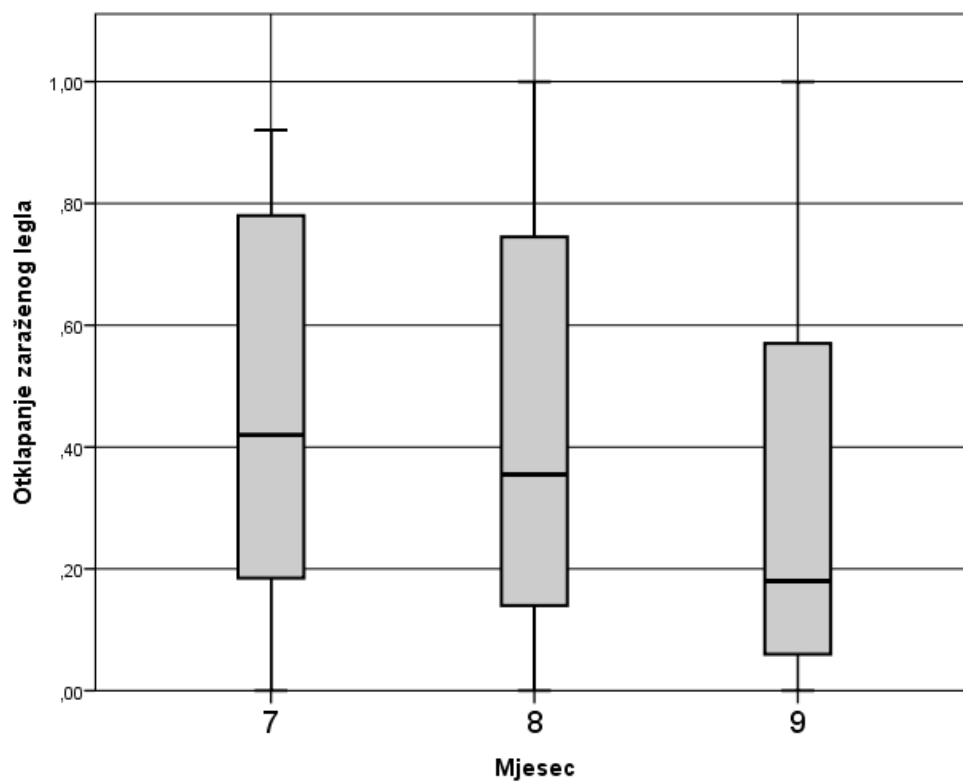
		N (uzoraka)	Srednja vrijednost $\pm$ SE	95% CI	
				Donja granica	Gornja granica
Skupina	1	30	$45,93 \pm 6,06$	33,53	58,33
	2	25	$38,56 \pm 6,38$	25,40	51,72
	3	32	$38,81 \pm 5,24$	28,14	49,49
	4	28	$53,57 \pm 6,15$	40,95	66,19
	5	31	$30,94 \pm 4,92$	20,88	40,99
Mjesec	7	59	$45,51 \pm 3,93$	37,64	53,38
	8	56	$43,05 \pm 4,32$	34,39	51,72
	9	31	$30,55 \pm 5,49$	19,34	41,76
Ukupno		146	$41,39 \pm 2,60$	36,25	46,53

Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike ($p < 0,05$)

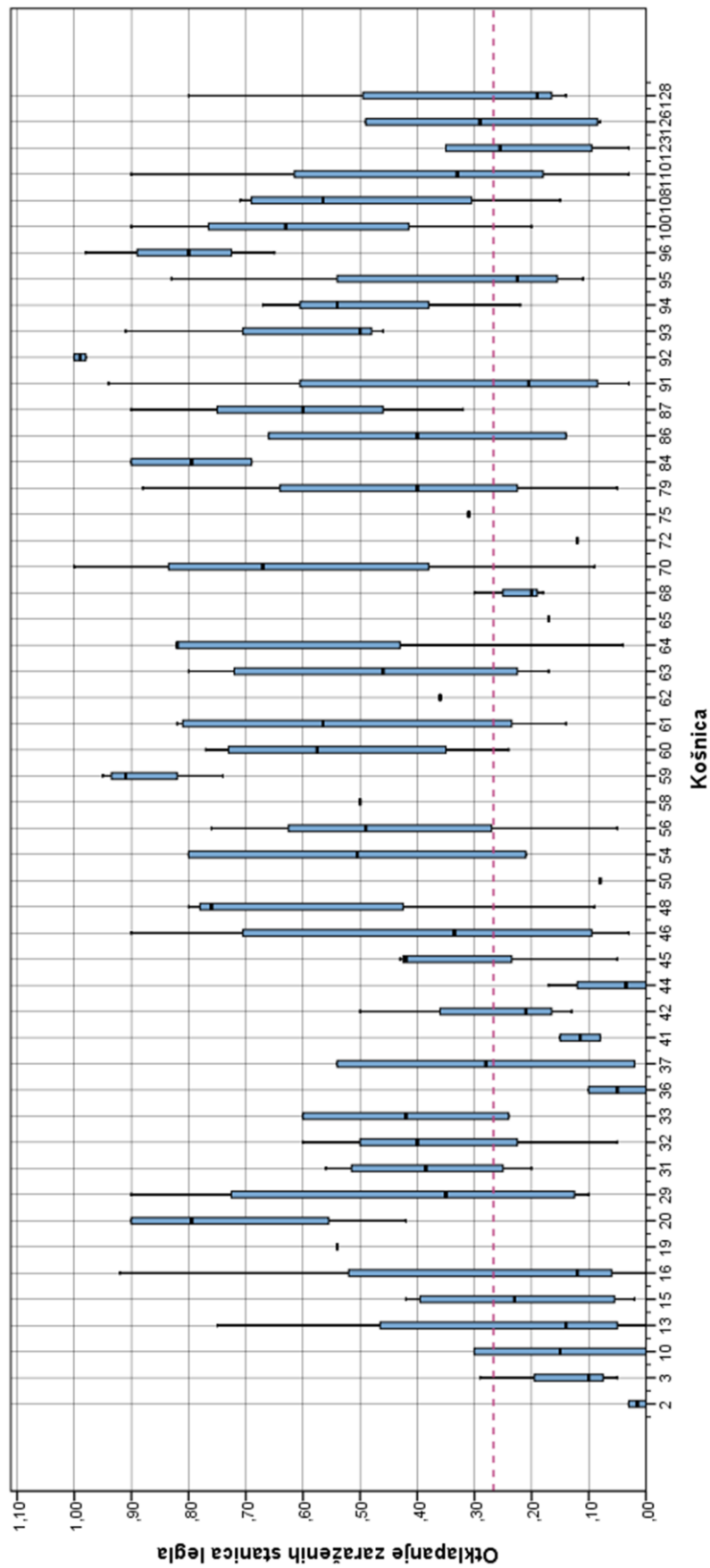
Kruskal-Wallis analiza nije pokazala značajne razlike između skupina ($\chi^2(4) = 8,155$, $p = 0,086$, grafikon 3.19.). Između mjeseca uzorkovanja također nije utvrđena značajna razlika ($\chi^2(2) = 5,797$, $p = 0,055$, grafikon 3.20.).



Grafikon 3.19. Prosječna vrijednost otklapanja zaraženih stanica legla po skupinama



Grafikon 3.20. Prosječna vrijednost otklapanja zaraženih stanica legla po mjesecima



Grafikon 3.21. Prosječna vrijednost i varijabilnost otklapanja zaraženih stanica legla kod svih zajednica u istraživanju.

Crvena linija je ukupna prosječna vrijednost.

3.6.4.3. Otklapanje/poklapanje nezaraženih stanica legla

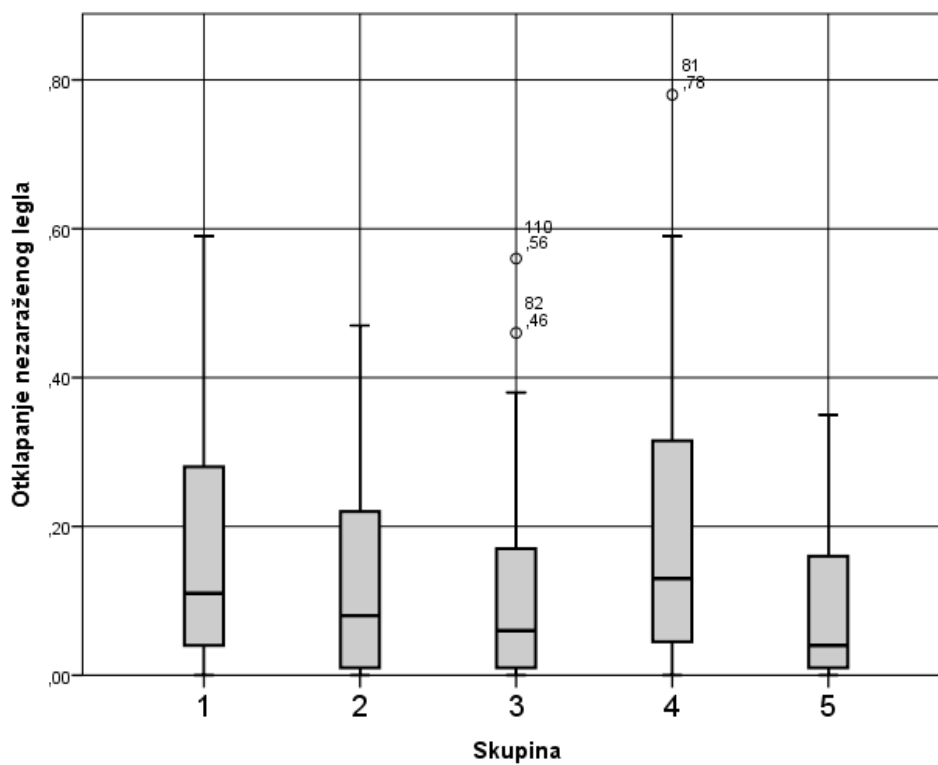
Za analizu otklapanja nezaraženog legla korišteni su uzorci u kojima je pronađeno minimalno 10 stanica legla zaraženih samo jednom odraslom grinjom ($N = 146$). Zajednice iz skupine 4 imale su prosječno najveći ($20,39 \pm 20,76$), a skupine 5 najmanji ($8,74 \pm 1,88$) postotak otklopljenih stanica. Tijekom rujna zabilježena je prosječno najmanja ($10,00 \pm 2,67$), a tijekom kolovoza najveća ($18,91 \pm 2,46$) aktivnost otklapanja nezaraženih stanica legla (tablica 3.47.).

Tablica 3.47. Deskriptivna statistika za otklapanje/poklapanje nezaraženih stanica legla (%) prema skupinama i mjesecima

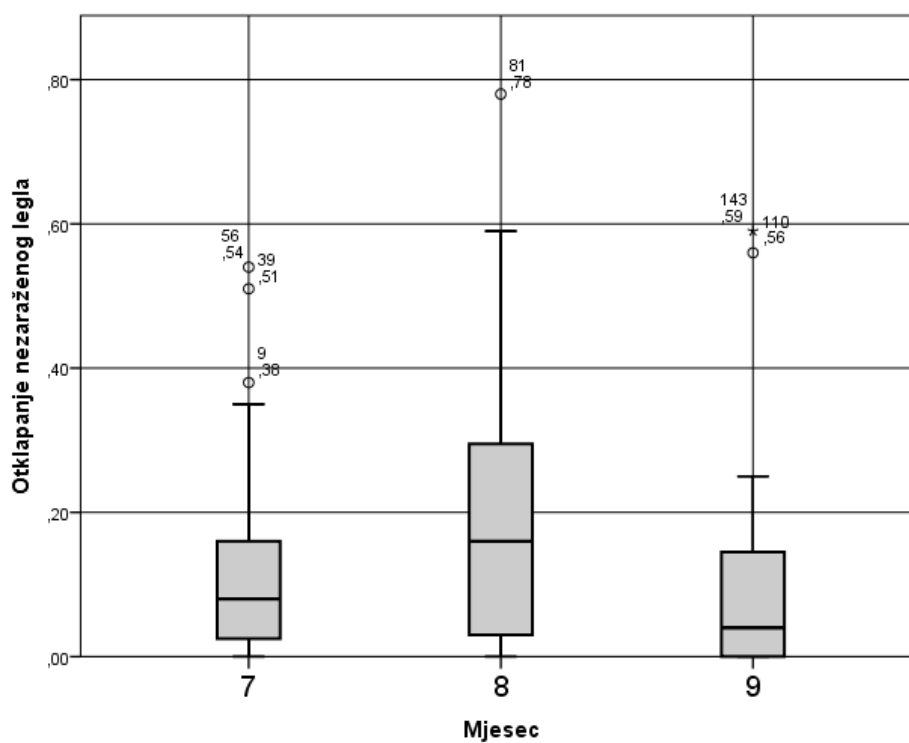
		N (uzoraka)	Srednja vrijednost $\pm$ SE	95% CI	
				Donja granica	Gornja granica
Skupina	1	30	$17,63 \pm 3,12^a$	11,26	24,01
	2	25	$13,68 \pm 2,83^a$	7,84	19,52
	3	32	$11,69 \pm 2,57^a$	6,46	16,92
	4	28	$20,39 \pm 20,76^a$	12,34	28,44
	5	31	$8,74 \pm 1,88^a$	4,89	12,59
Mjesec	7	59	$12,17 \pm 1,71^{ab}$	8,75	15,59
	8	56	$18,91 \pm 2,46^a$	13,98	23,84
	9	31	$10,00 \pm 2,67^b$	4,54	15,46
Ukupno		146	$14,29 \pm 1,33$	11,67	16,92

Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike ($p < 0,05$)

Kruskal-Wallis testom nije utvrđena značajna razlika ($\chi^2(4) = 9,403$, $p = 0,052$) između skupina (grafikon 3.22), dok je između mjeseca uzorkovanja utvrđena statistička značajna razlika ($\chi^2(2) = 7,954$, $p = 0,019$) u otklapanju nezaraženih stanica legla. Tijekom kolovoza bilo je značajno više ($p = 0,016$) otklapanih nezaraženih stanica legla nego tijekom rujna (grafikon 3.23.).



Grafikon 3.22. Prosječna vrijednost otklapanja nezaraženog legla po skupinama

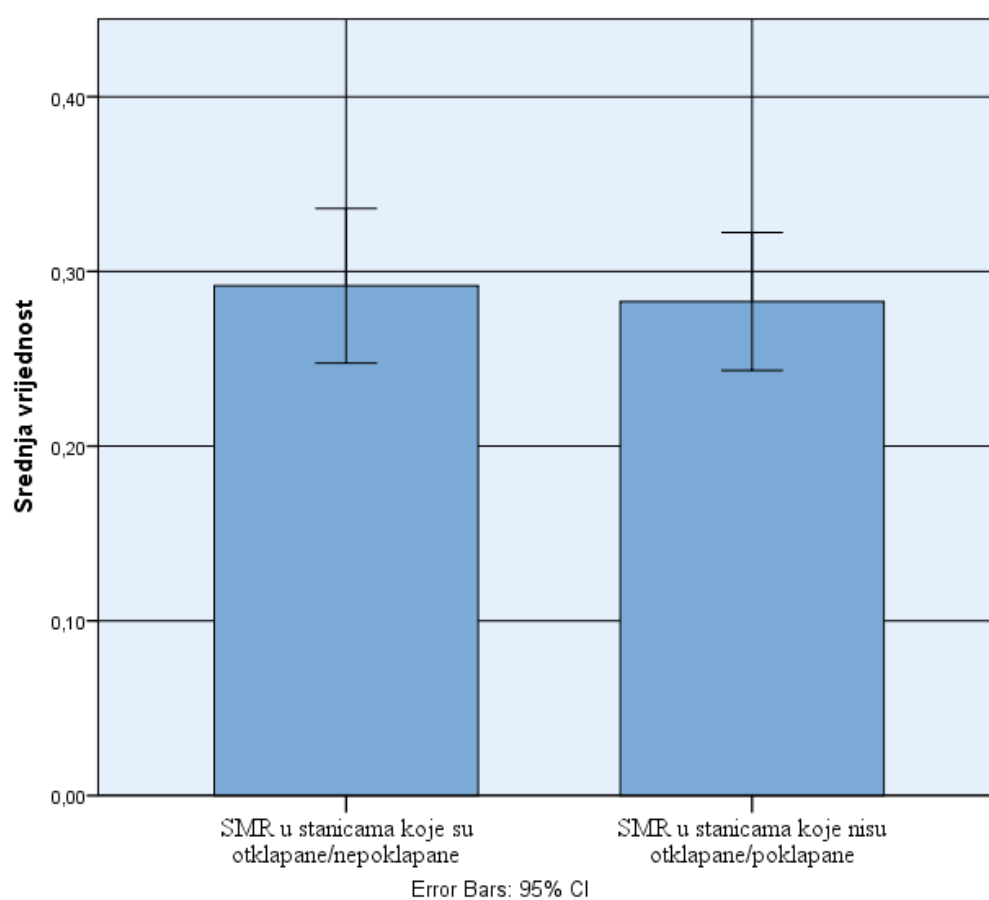


Grafikon 3.23. Prosječna vrijednost otklapanja nezaraženog legla po mjesecima

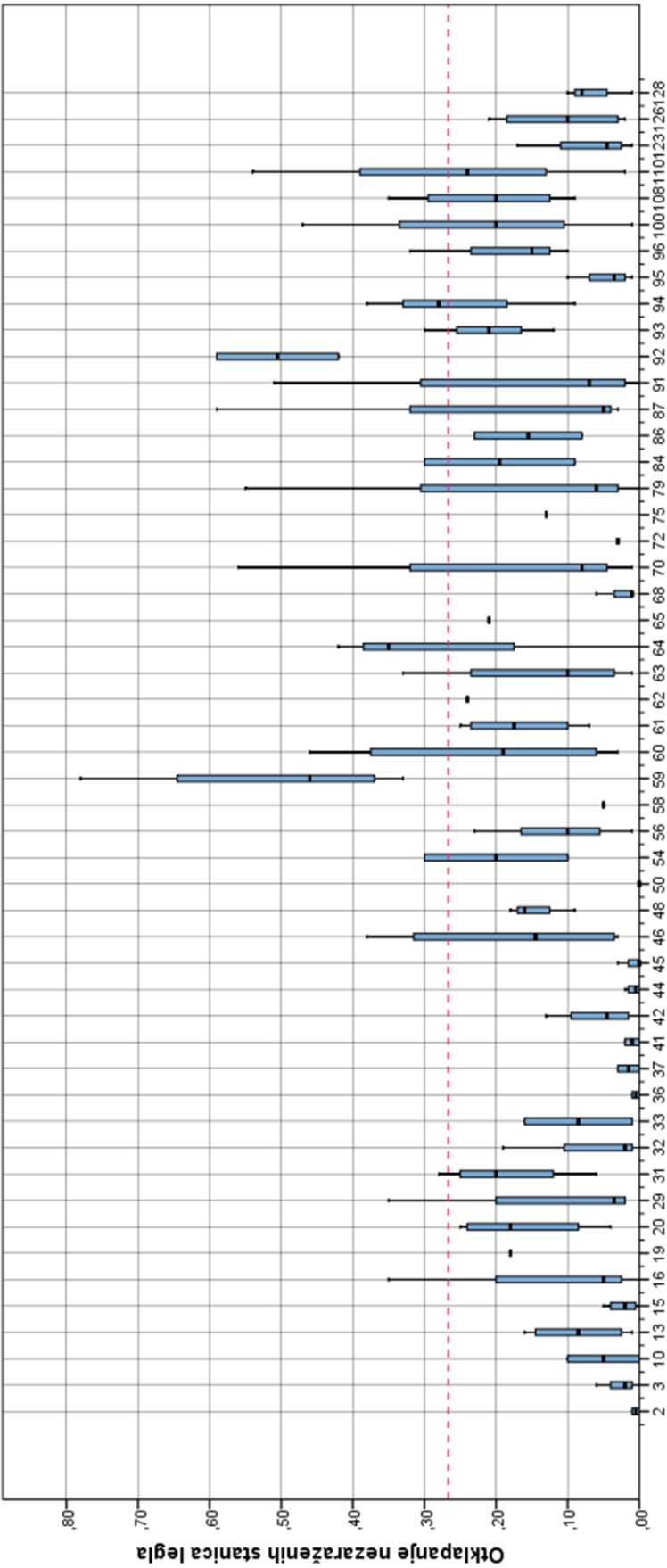
Udio neplodnih grinja u otklapanim i neotklapanim stanicama legla nije se razlikovao ($t(298) = -0,042$, $p = 0,967$, tablica 3.48., grafikon 3.24.).

Tablica 3.48. Rezultati t-testa neplodnosti grinja kod otklapanih i neotklapanih stanica legla

	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
Neplodnost grinja	2,381	0,124	-0,042	298	0,967



Grafikon 3.24. Udio neplodnih grinja u otklapanim i neotklapanim stanicama legla



Grafikon 3.25. Prosječna vrijednost i varijabilnost otklapanja nezaraženih stanica legla kod svih zajednica u istraživanju.

Crvena linija je ukupna prosječna vrijednost.

Tablica 3.49. Spearmanov koeficijent korelacije za svojstvo otklapanja/poklapanja legla

		OTK-Z	OTK-N	BP	BSL	ZP	ZL	DPV	PL	SMR
O	r	0,848	0,939	-0,064	-0,083	0,167	0,163	0,154	0,024	-0,008
T	p	0,000	0,000	0,273	0,158	0,004	0,005	0,008	0,761	0,920
K	N	158	158	292	292	291	292	293	158	158
O	r		0,828	0,168	0,310	-0,165	-0,231	-0,079	-0,025	0,002
T	p		0,000	0,035	0,000	0,039	0,004	0,322	0,756	0,981
K	N		158	158	158	157	157	158	158	158
-										
Z	r			0,019	0,134	-0,101	-0,153	0,002	0,007	-0,033
O	p			0,814	0,092	0,208	0,056	0,985	0,926	0,685
T	N			158	158	157	157	158	158	158
K										
-										
N										

OTK – otklapanje/poklapanje legla, OTK-Z – otklapanje/poklapanje zaraženog legla, OTK-N – otklapanje/poklapanje nezaraženog legla, BP – broj pčela, BSL – broj stanica legla, ZP – zaraženost pčela, ZL – zaraženost legla, DPV – prirodni dnevni pad varoe, PL – plodnost varoe, SMR – potisnuto razmnožavanje varoe

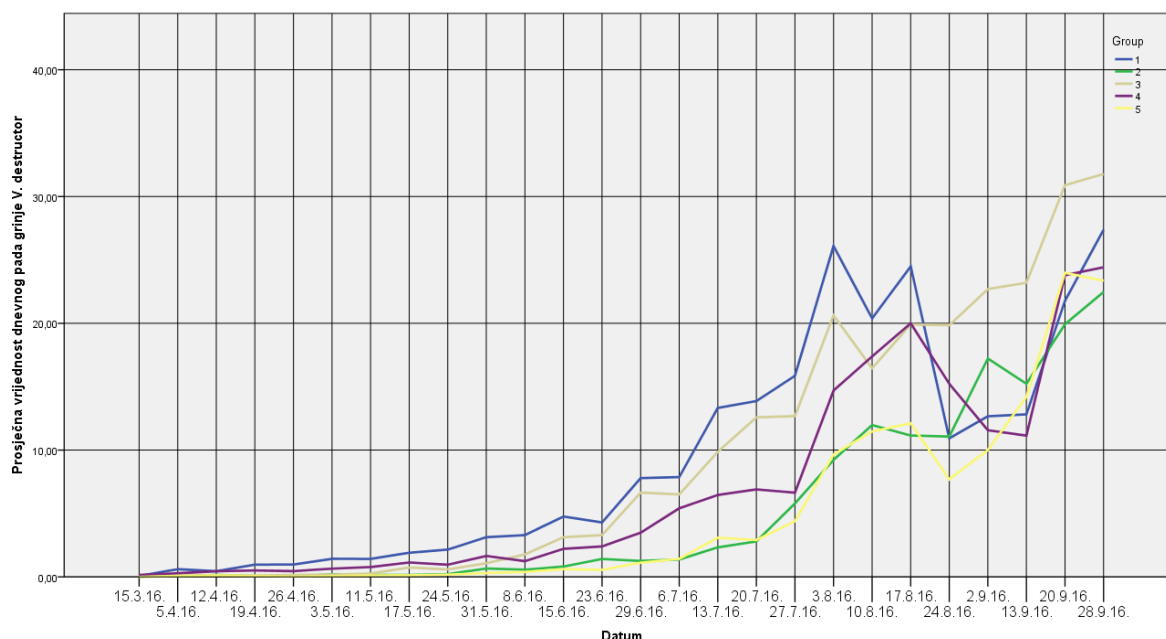
Utvrđena je pozitivna korelacija (tablica 3.49.) između ukupnog otklapanja i otklapanja zaraženog legla ($r(158) = 0,848$, $p < 0,001$) i otklapanja nezaraženog legla ($r(158) = 0,939$, $p < 0,001$). Osim toga, utvrđena je slaba pozitivna korelacija ukupnog otklapanja sa zaraženosti pčela ($r(291) = 0,167$, $p = 0,004$), zaraženosti legla ($r(292) = 0,163$, $p = 0,005$) i prirodnog dnevnog pada varoe ($r(293) = 0,154$, $p = 0,008$). Pozitivna korelacija utvrđena je između otklapanja zaraženog i nezaraženog legla ($r(158) = 0,828$, $p < 0,001$). Otklapanje zaraženog legla bilo je pozitivno korelirano s brojem pčela ($r(158) = 0,168$, $p = 0,035$) i brojem stanica legla ($r(158) = 0,310$, $p < 0,001$), dok ukupno otklapanje i otklapanje nezaraženog legla nije bilo značajno korelirano s brojem pčela i legla. Negativna korelacija otklapanja zaraženog legla utvrđena je sa zaraženosti pčela ($r(157) = -0,165$, $p = 0,039$) i sa zaraženosti legla ($r(157) = -0,231$, $p = 0,004$).

3.7. Bolesti

3.7.1. *Varroa destructor*

3.7.1.1. Prirodna smrtnost grinje *V. destructor*

Prirodna dnevna smrtnost varoe praćena je od travnja do listopada. Kao što je vidljivo iz grafikona 3.26., zabilježeni su podjednaki trendovi pada grinja kod svih skupina.



Grafikon 3.26. Cjelogodišnji prikaz prirodnog dnevnog pada varoe. Na grafikonu je prikazan prosjek po skupinama kod zajednica koje nisu tretirane. Prilikom tretiranja pojedine zajednice, ista je isključena iz grafičkog prikaza.

Tijekom praćenog razdoblja između pokusnih skupina utvrđene su statistički značajne razlike u prirodnoj smrtnosti varoe u mjerenjima tijekom travnja, svibnja, lipnja i kolovoza (tablica 3.50.). Tijekom travnja u skupinama 2 i 5 utvrđen je značajno manji pad varoe u odnosu na skupinu 1 ($\chi^2(4) = 10,805$, $p = 0,029$). U svibnju je također skupina 5 imala značajno manji pad od skupina 1 i 4 ($\chi^2(4) = 15,697$, $p = 0,003$), što je nastavljeno i tijekom lipnja kad je u skupinama 1, 3 i 4 utvrđen statistički značajno veći pad varoe nego u skupini 5 ($\chi^2(4) = 15,548$, $p = 0,004$). U kolovozu je utvrđena statistički značajna razlika ($\chi^2(4) = 9,681$, $p = 0,046$) između zajednica skupine 5 u kojima je zabilježen značajno manji pad nego u skupini 3. U srpnju i rujnu nisu utvrđene značajne razlike u dnevnom padu varoe između skupina.

Tablica 3.50. Rezultati Kruskal-Wallis testa za prirodni dnevni pad varoe po skupinama tijekom istraživanja. Zajednice nakon tretiranja su izlučene iz analize

Parametar	Mjesec						Ukupno
	4	5	6	7	8	9	
χ^2	10,805	15,697	15,548	6,457	9,681	8,832	6,720
N	224	280	221	208	189	120	1242
df	4	4	4	4	4	4	4
Sig.	0,029	0,003	0,004	0,168	0,046	0,065	0,151

Analiza ukupnog broja varoa (prirodnom smrtnošću i primjenom lijekova) nije pokazala značajnu razliku između skupina ($\chi^2(4) = 3,384$, $p = 0,496$, tablica 3.51.). Najveći zabilježeni ukupni pad grinja tijekom godine iznosio je 12 126, a najmanji 107.

Tablica 3.51. Prosječni, minimalni i maksimalni broj varoa, uključujući i varoe usmrćene primjenom lijekova, prikupljenih na podnicama tijekom istraživnog razdoblja po istraživanim skupinama

Skupina	Srednja vrijednost	N	SD	Min	Max
1	5611,10	10	3991,210	714	12126
2	3571,90	10	2269,724	521	8790
3	5302,27	11	3222,551	107	10084
4	3517,60	10	3517,913	138	10680
5	4497,09	11	2953,908	1181	11228
Total	4515,37	52	3223,371	107	12126

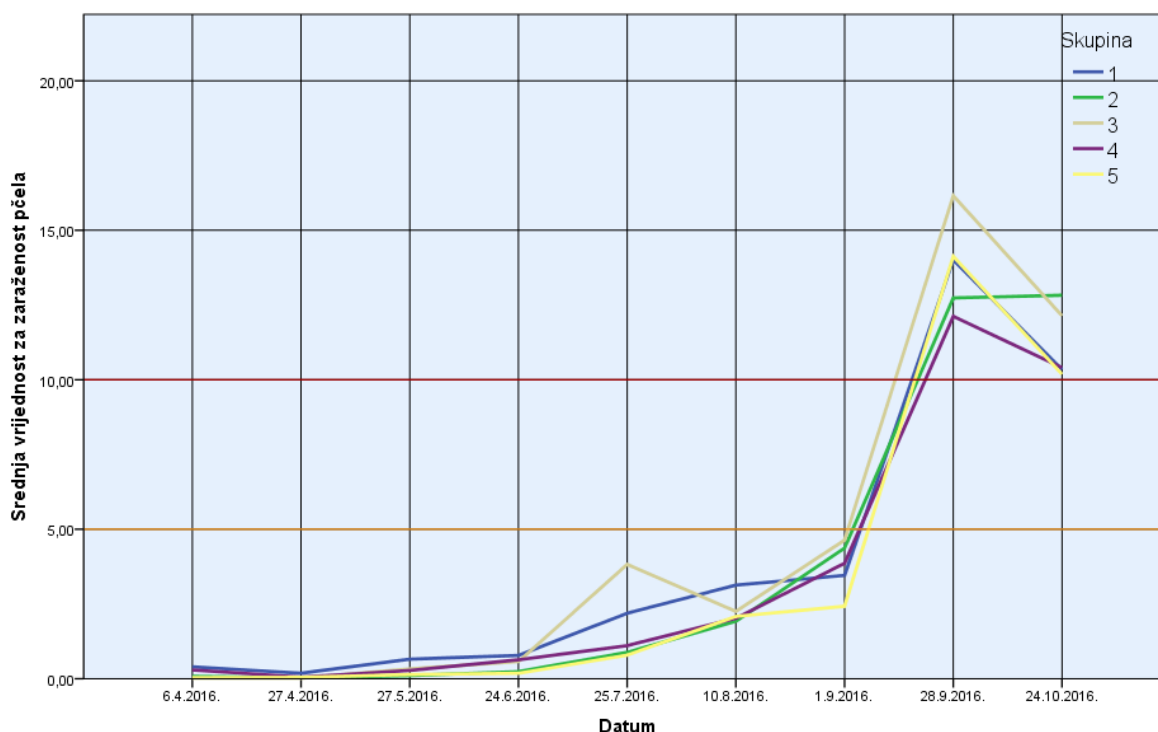
3.7.1.2. Zaraženost odraslih pčela grinjom *V. destructor*

Sve su zajednice prije početka istraživanja tretirane protiv grinje *V. destructor* na isti način. Unatoč tome, iz tablice 3.52. vidljivo je kako na početku istraživanja utvrđena razlika između zaraženosti odraslih pčela po skupinama ($\chi^2(4) = 12,241$, $p = 0,016$). Točnije, skupina 4 bila je značajno manje zaražena od skupine 1 ($p = 0,007$) dok između ostalih skupina nisu utvrđene značajne razlike.

Tablica 3.52. Rezultati Kruskal-Wallis testa za zaraženost odraslih pčela grinjom V. *destructor* po skupinama tijekom istraživanja do tretmana prvih zajednica

Parametar	Datum						
	6.10.15.	6.4.16.	27.4.16.	27.5.16.	24.6.16.	25.7.16.	10.8.16.
χ^2	12,241	9,162	1,493	5,476	4,128	4,891	0,684
df	4	4	4	4	4	4	4
Sig.	0,016	0,057	0,828	0,242	0,389	0,299	0,953

Međutim već prilikom kontrolnog pregleda početkom travnja iduće godine nije utvrđena značajna razlika između skupina u zaraženosti odraslih pčela ($\chi^2(4) = 9,162$, $p = 0,057$). Do kraja godine nije utvrđena značajna razlika između skupina (tablica 3.52.). Na grafikonu 3.27. prikazana je dinamika porasta zaraženosti odraslih pčela. U grafikonu su uključene zajednice koje nisu bile tretirane protiv varoe do trenutka kontrolnog pregleda. Najveći porast dogodio se između kontrolnog pregleda 1.9. i 28.9, nakon čega je uslijedio blagi pad u zaraženosti pčela. Tablica s vrijednostima zaraženosti odraslih pčela po datumima pregleda i skupinama prikazana je u prilogu.



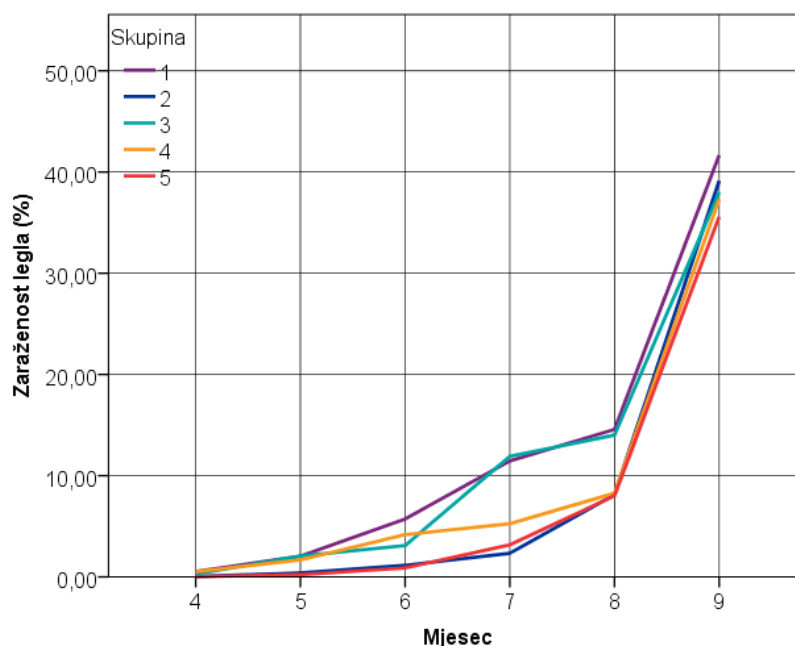
Grafikon 3.27. Zaraženost odraslih pčela radilica grinjom V. *destructor* prilikom kontrolnih pregleda u razdoblju od 06. travnja do 24. listopada 2016. godine

3.7.1.3. Zaraženost radiličkog legla grinjom *V. destructor*

Za utvrđivanje zaraženosti legla analizirana su ukupno 293 uzorka. Zaraženost legla kretala se u rasponu od 0% do 69,14%. Najveću prosječnu zaraženost legla imala je skupina 1, a najmanju skupina 5 (grafikon 3.28.), ali razlike između skupina nisu bile statistički značajne ($\chi^2(4) = 5,964$, $p = 0,202$, tablica 3.53.)

Tablica 3.53. Srednja vrijednost, standardna devijacija te broj analiziranih uzoraka (u zagradi) zaraženosti legla grinjom *V. destructor* po skupinama i mjesecima tijekom 2016 godine

Skupina	Srednja vrijednost za zaraženost legla $\pm$ SD (N) po mjesecima						Ukupno
	4	5	6	7	8	9	
1	0,53 $\pm$	2,04 $\pm$	5,73 $\pm$	11,46 $\pm$	14,57 $\pm$	41,67 $\pm$	11,49 $\pm$
	1,09 (9)	3,32 (9)	7,11 (10)	11,98 (10)	17,25 (10)	13,13 (7)	16,24 (55)
2	0,04 $\pm$	0,39 $\pm$	1,14 $\pm$	2,34 $\pm$	8,12 $\pm$	39,14 $\pm$	7,96 $\pm$
	0,11 (9)	0,90 (10)	1,61 (7)	1,85 (10)	6,74 (10)	20,10 (8)	15,57 (54)
3	0,28 $\pm$	2,06 $\pm$	3,09 $\pm$	11,91 $\pm$	14,00 $\pm$	37,99 $\pm$	10,21 $\pm$
	0,58 (11)	3,78 (11)	4,53 (11)	15,71 (10)	17,43 (10)	13,64 (8)	15,98 (61)
4	0,51 $\pm$	1,68 $\pm$	4,18 $\pm$	5,26 $\pm$	8,29 $\pm$	37,29 $\pm$	8,64 $\pm$
	1,49 (10)	2,88 (10)	8,15 (10)	5,63 (9)	9,09 (9)	18,15 (8)	14,73 (56)
5	0,02 $\pm$	0,22 $\pm$	0,88 $\pm$	3,17 $\pm$	8,01 $\pm$	35,58 $\pm$	7,86 $\pm$
	0,08 (12)	0,31 (11)	1,16 (11)	4,09 (11)	9,74 (11)	7,13 (11)	13,62 (67)
Ukupno	0,27 $\pm$	1,26 $\pm$	3,08 $\pm$	6,78 $\pm$	10,59 $\pm$	38,06 $\pm$	9,20 $\pm$
	0,84 (51)	2,64 (51)	5,49 (49)	9,91 (50)	12,69 (50)	14,10 (42)	15,17 (293)



Grafikon 3.28. Porast udjela (%) invadiriranosti legla grinjom *V. destructor* po mjesecima i skupinama

3.7.1.4. Broj potomaka grinje *V. destructor*

Prosječni broj muških i ženskih potomaka varoe iznosio je $3,151 \pm 0,365$ u radiličkom leglu (tablica 3.54.). Najmanja plodnost varoe zabilježena je u skupini 2 ($3,043 \pm 0,397$) a najveća u skupini 5 ($3,212 \pm 0,257$).

Tablica 3.54. Srednja vrijednost i standardna devijacija broja potomaka varoe u svim, te u otklapanim i neotklapanim stanicama radiličkog legla po skupinama.

Srednja vrijednost $\pm$ SD						
Skupina	Ukupno		Potomstvo u		Potomstvo u	
	potomstvo u	N	otklapanim	N	neotklapanim	N
	svim		stanicama legla		stanicama legla	
	stanicama					
1	$3,125 \pm 0,473$	34	$3,137 \pm 0,801$	33	$3,199 \pm 0,300$	27
2	$3,043 \pm 0,397$	26	$2,934 \pm 0,783$	24	$3,075 \pm 0,469$	26
3	$3,166 \pm 0,332$	36	$3,206 \pm 0,530$	34	$3,209 \pm 0,389$	33
4	$3,194 \pm 0,331$	31	$3,217 \pm 0,434$	29	$3,139 \pm 0,611$	27
5	$3,212 \pm 0,257$	31	$3,229 \pm 0,439$	25	$3,159 \pm 3,852$	30
Ukupno	$3,151 \pm 0,365$	158	$3,152 \pm 0,619$	145	$3,159 \pm 0,436$	143

Kruskal-Wallis test korišten za analizu plodnosti varoe nije pokazao statistički značajnu razliku između skupina ($\chi^2(4) = 4,069$, $p = 0,397$). Prosječan broj potomaka u otklapanim stanicama legla iznosio je $3,152 \pm 0,619$. Prosječno najmanji broj potomaka zabilježen je u skupini 2 ($2,934 \pm 0,783$) a najveći u skupini 5 ($3,229 \pm 0,439$). Međutim, između skupina nisu utvrđene razlike ($\chi^2(4) = 4,898$, $p = 0,298$). Prosječan broj potomaka u neotklapanim stanicama legla bio je neznatno veći nego u otklapanim stanicama ($3,159 \pm 0,436$). Najmanja plodnost opet je zabilježena u skupini 2 ($3,075 \pm 0,469$) a najveća u skupini 3 ($3,209 \pm 0,389$), dok između skupina nisu postojale značajne razlike ($\chi^2(4) = 2,989$, $p = 0,560$).

Tablica 3.55. Srednja vrijednost i standardna devijacija za broj potomaka varoe u svima te u otklapanim i neotklapanim stanicama radiličkog legla po mjesecima uzorkovanja legla

Mjesec	Srednja vrijednost $\pm$ SD					
	Ukupno		Potomstvo u		Potomstvo u	
	potomstvo u svim stanicama	N	otklapanim stanicama legla	N	neotklapanim stanicama legla	N
5	$2,608 \pm 1,081$	4	$2,875 \pm 1,301$	4	$2,750 \pm 0,354$	2
6	$3,331 \pm 0,374$	8	$3,486 \pm 0,439$	7	$3,220 \pm 0,425$	5
7	$3,142 \pm 0,339$	59	$3,217 \pm 0,576$	55	$3,123 \pm 0,499$	54
8	$3,121 \pm 0,347$	56	$3,059 \pm 0,577$	50	$3,168 \pm 0,446$	52
9	$3,247 \pm 0,215$	31	$3,145 \pm 0,684$	29	$3,228 \pm 0,281$	30
Ukupno	$3,151 \pm 0,365$	158	$3,152 \pm 0,619$	145	$3,159 \pm 0,436$	143

Najmanji broj potomaka utvrđen je u uzorcima legla iz svibnja ($2,608 \pm 1,081$), a najveći broj u uzorcima legla iz lipnja ($3,331 \pm 0,374$, tablica 3.55.). Prosječno najmanji broj potomaka u otklapanim odnosno neotklapanim stanicama legla zabilježen je u svibnju ($2,875 \pm 1,301$ i $2,750 \pm 0,354$). Najveći broj potomaka varoe u otklapanim stanicama zabilježen je u lipnju ($3,486 \pm 0,439$), a u neotklapanim stanicama u rujnu ($3,228 \pm 0,281$). Kruskal-Wallis test korišten za analizu potomaka varoe nije pokazao statistički značajnu razliku između mjeseca uzorkovanja ($\chi^2(4) = 5,838$, $p = 0,212$). Ista analiza nije pokazala razliku između skupina kod otklapanih stanica ($\chi^2(4) = 3,801$, $p = 0,434$) i neotklapanih stanica legla ($\chi^2(4) = 3,437$, $p = 0,487$).

Tablica 3.56. Spearmanov koeficijent korelacije za zaraženost pčela

		Zaraženost legla	Dnevni pad varoe	Plodnost	Leglo zaraženo s više varoa u 1 stanici
Zaraženost pčela	Koef. korel.	0,874	0,868	0,155	0,736
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,052	0,000
	N	290	409	157	157
Zaraženost legla	Koef. korel.		0,891	0,169	0,859
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,034	0,000
	N		292	157	157
Dnevni pad varoe	Koef. korel.			0,048	0,719
	Sig. (2-tailed)			0,550	0,000
	N			158	158
Plodnost	Koef. korel.				0,141
	Sig. (2-tailed)				0,077
	N				158

Visoka pozitivna korelacija (tablica 3.56.) utvrđena je između zaraženosti pčela i legla ($r(290) = 0,874$, $p < 0,001$), zaraženosti pčela i dnevnog pada varoe ($r(409) = 0,868$, $p < 0,001$). Povećanjem zaraženosti pčela bitno se povećava i broj stanica legla zaraženih s više odraslih grinja ($r(157) = 0,736$, $p < 0,001$). Između zaraženosti legla i dnevnog pada varoe utvrđena je visoka pozitivna korelacija ($r(292) = 0,891$, $p < 0,001$) dok je slaba korelacija utvrđena između zaraženosti legla i broja potomaka varoe ($r(157) = 0,169$, $p = 0,034$).

3.7.2. Virusi

Prisutnost virusa akutne pčelinje paralize (ABPV) utvrđena je ukupno u 10 zajednica i u svim skupinama (tablica 3.57.). Virus izobličenih krila (DWV) utvrđen je u svim uzorcima izuzev zajednice M87 (skupina 4). Virus kronične pčelinje paralize (CBPV) i virus mješinastog legla (SBV) nisu utvrđeni niti u jednom uzorku.

Tablica 3.57. Analiza uzorka pčela na prisutnost 4 virusa po skupinama

Skupina	ABPV		CBPV		DWV		SBV	
	Ispitano	Pozitivno	Ispitano	Pozitivno	Ispitano	Pozitivno	Ispitano	Pozitivno
1	10	2	10	0	10	10	10	0
2	10	3	10	0	10	10	10	0
3	11	1	11	0	11	11	11	0
4	9	3	9	0	9	8	9	0
5	11	1	11	0	11	11	11	0
Ukupno	51	10	51	0	51	50	51	0

3.8. Uzgojna vrijednost

Najbolji prosječni selekcijski indeks imala je skupina 5 ($15,61 \pm 0,29$) a najmanji skupina 4 ($12,66 \pm 0,62$) (tablica 3.58.) te je između ovih skupina utvrđena statistički značajna razlika ($p = 0,001$) (tablica 3.59.). Između ostalih ispitivanih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Tablica 3.58. Srednje vrijednosti za uzgojne vrijednosti po skupinama.

	N (uzoraka)	Srednja vrijednost ± SE	95% CI		
			Donja granica	Gornja granica	
Skupina	1	12	14,22 ± 0,42 ^{ab}	13,29	15,16
	2	11	14,26 ± 0,49 ^{ab}	13,17	15,35
	3	11	14,61 ± 0,52 ^{ab}	13,46	15,76
	4	11	12,66 ± 0,62 ^b	11,28	14,04
	5	11	15,61 ± 0,29 ^{ac}	14,98	16,25
Ukupno		56	14,27 ± 0,24	13,79	14,76

Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike ($p < 0,05$)

Tablica 3.59. Analiza varijance za uzgojne vrijednosti

Izvori varijabilnosti	Suma kvadrata	df	Sredina kvadrata	F	Sig.
Između skupina	49,661	4	12,415	4,860	0,002
Unutar skupina	130,292	51	2,555		
Ukupno	179,953	55			

4. RASPRAVA

4.1. Razvoj pčelinje zajednice

Karakteristika sive pčele je brzi proljetni razvoj (Ruttner, 1988.). Potvrdilo je to i ovo istraživanje, gdje je osim niske potrošnje hrane ustanovljen i brzi proljetni razvoj. Najveći broj stanica legla (fenotipska vrijednost) tijekom istraživanja od 36 960 zabilježen je koncem travnja u zajednici skupine 1, dok je najveći broj pčela od 38 942 zabilježen u zajednici skupine 2 tijekom lipnja. Prosječni korigirani broj pčela kretao se od 11 786 (skupina 1) do 13 890 (skupina 2) što je u skladu s rezultatima istraživanja Hatjine i sur. (2014b) koji navode broj pčela od 13 401 za dvije godine mjerenja kod zajednica s maticama porijeklom iz Hrvatske smještenim na okolišno sličnim uvjetima kao područje ovog istraživanja. Prosječni korigirani broj stanica legla kretao se od 10 177 (skupina 2) do 12 243 (skupina 1) što je opet vrlo slično rezultatima Hatjina i sur. (2014b) koji navode dvogodišnji prosjek od 10 982 kod zajednicama s maticama porijeklom iz Hrvatske smještenim u okolišno i klimatski sličnim uvjetima. Iako je imala lošiji IP nakon obje zime, skupina 5 nije se razlikovala po broju stanica legla od ostalih skupina (korigirana srednja vrijednost) dok je imala značajno manje pčela od skupine 2. Prilikom uzimljanja, zajednice su imale blizu 8 000 pčela prije zime, što je dovoljno za uspješno zimovanje (Imdorf i sur., 2008.). Vidljivo je kako je tijekom listopada u pčelinjim zajednicama na našem području leglo prisutno još u maloj mjeri. Tijekom posljednjeg pregleda 2015. godine (tablica 3.7.) zabilježeno je više stanica legla u odnosu na posljednji pregled 2016. godine. Razlog ove razlike može biti što je kontrolni pregled u 2016. godini obavljen 24. listopada, a u 2015. godini 5. listopada. S druge strane srednje dnevne temperature u rujnu 2015. bile su više od rujna 2016., što je omogućilo uvjete za duži razvoj legla. Osim toga, prve godine su matice bile mlađe što utječe na kapacitet nesenja matice (Akyol i sur., 2007., Al-Lawati i sur., 2008.). Ukupan prosječan broj pčela po skupinama prilikom prvog proljetnog pregleda kretao se između 5 224 i 7 165, a prosječan broj stanica legla kretao se između 5 036 i 7 150. Hatjina i sur. (2014a.) za ožujak navode prosječan broj ulica pčela i legla od 7 i 4 za kontinentalnu Hrvatsku, a 4 i 2 za područje Jadrana. Rašić (2014.) za područje Srbije navodi slične rezultate za prosječan broj pčela (6 900 do 8 300) prilikom prvog proljetnog pregleda. Međutim, isti autor navodi značajno viši broj stanica legla (18 000 do 22 000), što se ne podudara s rezultatima ovog istraživanja. Uzunov (2013.) je za *A.m.macedonica* utvrdio prosječan broj pčela (8 200) i stanica legla (7 300) prilikom ispitivanja u ožujku što je slično našim rezultatima. Nakon prvog zimovanja u svim skupinama je utvrđen pad broja pčela u odnosu na jesenji pregled dok je najveći gubitak pčela

zabilježen u skupini 5 (s 8 400 na 5 200). Dosadašnja istraživanja su potvrdila značajan utjecaj interakcije genotipa i okoliša na razvoj i uspjeh prezimljavanja (Costa i sur., 2012., Büchler i sur., 2014., Dražić i sur., 2014., Hatjina i sur., 2014b.) i ovaj gubitak pčela tijekom zime mogao bi biti posljedica slabije prilagođenosti ispitivanog genotipa na okolišne uvjete kontinentalne Hrvatske. Tijekom proljetnog razvoja, siva pčela pokazala je svoje značajno svojstvo – eksplozivan proljetni razvoj. Tako je broj pčela i legla od 15. ožujka 2015. do 27. travnja, 2015. godine narastao s prosječnih 6 275 i 6 338 na 16 667 i 26 700. Seeley i Visscher (1985.) su zabilježili sličan porast s 5 000 u ožujku na 30 000 stanica legla u svibnju. Iako nije utvrđena statistički značajna razlika u brzini razvoja zajednica, primijećen je sporiji proljetni razvoj skupine 5, dok je najbolji razvoj prosječno zabilježen u skupini 3. Taj razvoj odrazio se i na snagu pčelinje zajednice tijekom cvatnje uljane repice i bagrema kada je skupina 3 imala najveći broj pčela i legla. Skupina 5 imala je najlošiji uspjeh prezimljavanja i u godinu je ušla s najmanjim brojem pčela i legla. Međutim, početkom ljeta stigla je u razvoju ostale skupine, da bi tijekom jeseni i pred zimovanje imala prosječno najveći broj pčela i legla, što može ukazati na drugačiju dinamiku razvoja zajednica u izvornom području. Slična dinamika razvoja zabilježena je u istraživanju Dražić i sur. (2014.) gdje su zajednice s maticama porijeklom iz Austrije uspoređivane s lokalnim maticama. Ovi rezultati ukazuju na važnost korištenja matica lokalnog porijekla, koje će imati najbolji uspjeh prezimljavanja i najbolji razvoj zajednica u proljeće. GLM analiza pokazala je značajan utjecaj skupine i mjeseca kao fiksnih utjecaja na broj pčela i legla, dok je mjesec pregleda imao različiti utjecaj na broj pčela, no ne i legla u pojedinoj skupini. Očekivano broj pčela kao kovarijabla imao je visoko značajan utjecaj na broj stanica legla i obrnuto, što je potvrdio i visoki koeficijent korelacije (0,79). Istraživanja Hatjine i sur. (2014b) pokazala su značajan utjecaj genotipa i sezone na broj pčela i legla. Razvoj populacije u pčelinjoj zajednici ovisi jednako o broju pčela izletnica koje unose pelud i nektar kao i o broju kućnih pčela koje ishranjuju leglo (Allen i Jeffree, 1956., Harbo, 1986.). U ovom istraživanju najveći broj stanica legla u svim skupinama utvrđen je prilikom mjerenja 27. travnja, a najviše pčela u mjerenju 24. lipnja. Gledajući ukupan broj pčela i legla u zajednici, u travnju je zabilježena prosječna populacija od 43 370 pčela i legla (38% pčele, 62% leglo), u svibnju 43 315 (46% pčele, 54% leglo) a u lipnju 48 386 (54% pčele, 46% leglo). Gledajući pojedinačno zajednice s najvećom populacijom, u travnju je najviše zabilježeno 57 852 pčela i legla (36% pčele, 64% leglo) kod zajednice iz skupine 1. U svibnju je najveća populacija utvrđena u zajednici skupine 3 od 60 710 (46% pčele, 54% leglo), dok je u lipnju najveći broj 69 620 (54% pčela, 46% legla) zabilježen u skupini 3. Prema modelu dinamike razvoja pčelinje zajednice autora Schmickl i Crailsheim (2007.) pčelinja zajednica u dobrim uvjetima može dostići

populaciju od 75 000 (63% pčela, 36% legla), dok model Russel i sur. (2013.) navodi 82 500 (63% pčela, 36% legla) kojem su bile najslićnije pčele iz skupine 3.

4.2. Indeks prezimljavanja i potrošnja hrane zimi

Ruttner (1975.) kao pozitivna svojstva kranjske pčele navodi dobro prezimljavanje zajednica i nisku potrošnjom hrane zimi. Zdrave pčelinje zajednice s dovoljnim brojem pčela u jesen će prije prestati s razvojem legla i ispravno smjestiti klupko u košnici. Zajednice s visokim indeksom prezimljavanja (IP) imaju i manji udio pčela zaraženih virusima (Lodesani i sur., 2014.). Ukoliko pčelinja zajednica uspješno prezimi i počne s pravovremenim proljetnim razvojem, spremna će dočekati glavne medonosne paše kontinentalne Hrvatske (paša uljane repice i bagrema). Zbog klimatskih promjena, pojedinih godina ove paše na području kontinentalne Hrvatske predstavljaju više od 60% godišnjeg unosa nektara u košnicu (Puškadija i sur., 2017.), zbog čega je IP jedan od najvažnijih elemenata u tehnologiji pčelarenja.

U ovom istraživanju genotip je imao statistički značajan utjecaj na IP (tablica 3.8.). Zajednice skupine 5 (čije porijeklo je iz Njemačke) imale su nakon obje zime statistički značajno manji IP od ostalih skupina. Godina međutim nije imala značajan utjecaj iako se to moglo očekivati s obzirom na puno hladniju zimu u drugoj godini istraživanja. Iako Hatjina i sur. (2014b.) u svom istraživanju nisu utvrdili utjecaj godine i genotipa na IP, naglašavaju kako je prezimljavanje ovisilo nalaze li se ispitivane zajednice na svojoj originalnoj lokaciji ili okolišno različitoj lokaciji. Broj pčela u listopadu imao je značajan utjecaj na IP što je u suglasnosti s rezultatima istraživanja na *A.m.macedonica* u Makedoniji (Uzunov, 2013.) koji navodi indekse prezimljavanja od 69,98%, 83,51% i 43,02% za tri godine istraživanja. Genersch i sur. (2010.) također navode značajan utjecaj broja pčela u jesen na uspjeh prezimljavanja zajednica. Očekivano, invadiranost odraslih pčela grinjom *V. destructor* imala je značajan utjecaj na IP. Fries i sur. (2006.) su utvrdili značajnu negativnu korelaciju između invadiranosti pčela u jesen i broja pčela sljedeće proljeće ($r = -0,33$, $p < 0,001$) za 6 godina praćenja populacije pčela na Gotlandu koja se održava bez tretiranja protiv varoe. Van Dooremalen i sur. (2012.) navode kako visoka invadiranost pčela u jesen dovodi do kraće dužine života zimskih pčela što bitno utječe na uspjeh prezimljavanja. Genersch i sur. (2010.) navode značajnu korelaciju između invadiranosti pčela u listopadu i preživljavanja pčelinjih zajednica ($r = 0,996$, $P < 0,00001$). Frey i Rosenkranz (2014.) utvrdili su kako su zajednice s većom invadiranosti pčela izgubile 3 puta više pčela tijekom zime. Tijekom 2016. godine kod skupine 2 i 5 zabilježen je značajno

manji prirodni dnevni pad varoe od ostalih skupina. Iako je skupina 2 imala najveći IP nakon obje zime, skupina 5 imala je najlošije prezimljavanje nakon obje zime, što sugerira kako uzrok lošeg prezimljavanja ove skupine nije invadiranost grinjom već lošija prilagodba na okoliš (Büchler i sur., 2014., Hatjina i sur., 2014b.). Godina je imala značajan utjecaj na potrošnju hrane zimi. Tijekom prve zime prosječno je potrošeno 3,9 kg meda, a tijekom druge 5,2 kg, što je posljedica puno hladnije druge zime. Bitno je naglasiti kako je između dva mjerenja tijekom prve zime prošlo 163 dana dok je između dva mjerenja tijekom druge zime prošlo 122 dana iz čega proizlazi kako je potrošnja hrane po danu tijekom druge zime bila duplo veća. Dražić i sur. (2014.) navode kako je prosječna potrošnja hrane zajednica s maticama iz Austrije smještenih u Hrvatskoj iznosila 3,4 kg dok su lokalne zajednice prosječno potrošile 4,8 kg meda. Isti autori sugeriraju mogućnost da zajednice porijeklom iz klimatski hladnijih područja ekonomičnije troše hranu. U ovom istraživanju najmanje hrane tijekom zime potrošile su zajednice skupine 5 (prosječno 4,2 kg za obje godine). Međutim, iako je imala najmanju ukupno potrošnju meda, skupina 5 je u obje godine imala najveću potrošnju hrane po pčeli. Free i Racey (1968.) navode kako zajednice s većim brojem pčela troše manje hrane po pčeli od slabijih zajednica. Tako je i u ovom istraživanju skupina s najmanje pčela u proljeće potrošila najviše hrane po pčeli tijekom zime. Nakon višegodišnjeg istraživanja, Zande i Weiss navode prosječnu potrošnju hrane od listopada do ožujka 5,2 kg za sivu pčelu u Njemačkoj, što je slično i našim rezultatima za sivu pčelu našeg područja. Seeley i Visscher (1985.) navode prosječnu potrošnju hrane zimi od 20 kg, no oni su potrošnju hrane mjerili od srpnja do travnja. Korpela i Ruottinen (2010.) za Finsku navode potrošnju hrane od 17,37 kg i 13,99 kg. Naglašavaju kako na tom području zbog vrlo duge zime veliki dio zajednica uquine od gladi. Severson i Erickson (1984.) za Madison (Wisconsin, SAD) navode potrošnju hrane od 20-25 kg od listopada do travnja, što je značajno više nego u ovom istraživanju. Mjereći broj stanica s medom prije i poslije zime, Rašić (2014.) navodi kako su ispitivane zajednice na području Srbije tijekom zime prosječno potrošile pola zaliha meda zabilježenih u košnici prilikom posljednjeg jesenjeg pregleda.

4.3. Obrambeno ponašanje

Ispoljavanje obrambenog ponašanja pčela uvjetovano je genetskim i okolišnim čimbenicima (Southwick i Moritz, 1987.). GLM analiza pokazala je kako su na ispoljavanje obrambenoga ponašanja značajan utjecaj imali faktori skupina i mjesec pregleda. Najbolju prosječnu ocjenu imala je skupina 5 (3,41) dok je najlošiju imala skupina 3 (2,99), neznatno lošiju od skupine 4

(3,06). Uzunov i sur. (2014.) navode vrijednosti obrambenog ponašanja za zajednice s maticama porijeklom iz Hrvatske od 2,78, što se podudara s vrijednostima lošijih skupina u ovom istraživanju. Hatjina i sur. (2014a) za razdoblje od 2004. do 2008. navode ocjene od 3,13 do 3,49 na području Hrvatske što je u skladu s našim istraživanjem. Nedić (2009.) za područje Srbije navodi prosječne vrijednosti obrambenog ponašanja od 3,85 do 3,89 za tri godine istraživanja. U istraživanju Uzunova i sur. (2014.) gdje je ispitivano 16 različitih genotipova, jedan od najbolje ocjenjenih genotipova bila je *A.m.carnica* s Pčelarskog instituta u Kirchhainu (Njemačka). Matice skupine 5 porijeklom su upravo s ovog Instituta što dokazuje značajan utjecaj selekcije na ovo svojstvo (Uzunov i sur., 2014.). Isti autori naglašavaju bitan utjecaj porijekla matice te objašnjavaju kako su zajednice s lokalnim maticama značajno manje agresivne od matica porijeklom iz drugog podneblja, što u ovom istraživanju nije uočeno. Upravo suprotno, zajednice skupine 5 pokazale su najmanju agresivnost, što pokazuje kako je u ovom slučaju genetski utjecaj u iskazivanju obrambenog ponašanja jači od utjecaja promjene okoline. Zbog visokih vrijednosti heritabiliteta ($h^2 = 0,3$ (Moritz i sur., 1987.), $h^2 = 0,37$ (Brascamp i sur. (2016.)), očekivalo se kako će skupina 4 imati najlošiju ocjenu obrambenog ponašanja. Međutim skupina 3 imala je nešto lošiju, dok su ostale skupine imale bolju ocjenu od skupine 4. Poklukar (2001.) je praćenjem svojstava pčela kod uzgajivača matica u Sloveniji od 1993. do 2001. godine uočio povećanje agresivnosti od 0,038 bodova godišnje što znači kako je moguće očekivati povremeni porast agresivnosti i kod ispitivanih linija koje su pod višegodišnjom selekcijom. Ipak, kod zajednica skupine 5, koje su pod selekcijom značajno duže od ostalih skupina, primjećuje se značajan pozitivan utjecaj selekcije na ispoljavanje obrambenog ponašanja. Tijekom veljače, ožujka i listopada agresivnost je bila najjače izražena, što može biti objašnjeno lošijim vremenskim prilikama (Southwick i Moritz, 1987.). Također, u to vrijeme nema toliko intenzivnog unosa nektara što isto tako može dovesti do povećane agresivnosti pčelinje zajednice (Southwick i Moritz, 1987.). Zanimljivo je kako je tijekom lipnja zabilježen pad u ocjeni obrambenog ponašanja kod svih skupina iako su tijekom kontrolnog pregleda meteorološke prilike bile dobre. Slično je zabilježio i Uzunov (2013.) u Makedoniji na *A.m.macedonica*. Ove se niže ocjene podudaraju s razdobljem bez unosa nektara i peludi koja se javlja na području istraživanja sredinom lipnja nakon kojeg slijedi razdoblje cvatnje lipe (*Tillia sp.*), suncokreta (*Helianthus annuus*) i zlatošibe (*Solidago sativa*).

Visoko značajna pozitivna korelacija između broja pčela i broja stanica legla s obrambenim ponašanjem, gledajući cjelokupno istraživanje, sugerira kako jače zajednice iskazuju manju agresivnost od slabijih zajednica. Međutim, GLM analiza pokazala je značajan utjecaj mjeseca

pregleda na obrambeno ponašanje i kada su iz analize izlučeni podaci za veljaču, ožujak i listopad, pokazalo se kako je korelacija između jačine zajednice i obrambenog ponašanja skoro jednaka nuli, što je u skladu s istraživanjem Uzunova (2013.). Negativna korelacija između frekvencije na letu i agresivnosti (tablica 9.4. u prilogu) utvrđena u ovom istraživanju sugerira kako prilikom veće vanjske aktivnosti pčela i posljedično većeg broja izletnica izvan košnice, zajednica iskazuje znatno manju agresivnost prema pčelaru. U GLM analizi broj pčela kao kovarijabla nije imao utjecaj na ispoljavanje obrambenog ponašanja, dok je broj stanica legla imao visoko značajan utjecaj ($p < 0,001$). Ovaj je posljedica malog broja stanica legla prilikom ranih jesenjih i kasnih zimskih pregleda kada je agresivnost zajednica bila najviše izražena.

4.4. Mirnoća na saću

Mirnoća na saću jedno je od svojstava na koja se provodi selekcija (vanEngelsdorp i Otis, 2000., Büchler i sur., 2013., Uzunov i sur., 2017.). Ovo je svojstvo važno za pčelare, jer ukoliko se pčele tijekom rada sa zajednicom mirno nalaze na okvirima, bilo koji planirani zahvat u košnici neće predstavljati problem. S druge strane, ukoliko pčele bježe na rubove okvira, stjenke košnice ili izlaze iz košnice, povećava se opasnost od gnječenja pčela (ili matice), što s druge strane može stimulirati zajednicu na povećanu obrambenu reakciju. U ovom istraživanju genotip i mjesec imali su značajan utjecaj na mirnoću na saću. Najbolju ukupnu ocjenu imala je skupina 1 (3,44) a najlošiju skupina 4 (2,81). Skupina 4 bila je statistički značajno lošija od svih ostalih skupina, što je jasan pokazatelj utjecaja selekcije. Veće utvrđene vrijednosti heritabiliteta za ovo svojstvo od vrijednosti utvrđene za obrambeno ponašanje (Bienefeld i Pirchner, 1990., Brascamp i sur., 2016.) mogu objasniti bolji uspjeh selekcije na mirnoću na saću. Hatjina i sur. (2014a) za Hrvatsku (2004. do 2008) navode prosječne ocjene od 3,04 do 3,33 što je u skladu s ovim istraživanjem. Nedić i sur. (2011.) za Srbiju navode veće prosječne vrijednosti mirnoće na saću: 3,91 prilikom jesenjeg pregleda te 3,73 i 3,96 prilikom proljetnih pregleda. Kao i kod obrambenog ponašanja, utvrđeno je različito ispoljavanje mirnoće s obzirom na mjesec kontrolnog pregleda. Ocjene tijekom veljače, ožujka i listopada bili su značajno niže u usporedbi s ocjenama tijekom svibnja, srpnja, kolovoza i rujna. U analizi korelacija (bez podataka iz veljače, ožujka i listopada) nije utvrđena korelacija između broja pčela, stanica legla i peludi s mirnoćom na saću, što govori kako doba godine ima, a jačina pčelinje zajednice nema utjecaj na manifestiranje ovog svojstva. Na isti način može biti objašnjen utjecaj broja pčela kao kovarijabla na mirnoću na saću u GLM analizi, gdje su

uključeni svi podaci iz istraživanja. Između obrambenog ponašanja i mirnoće na saću utvrđena je značajna pozitivna korelacija u oba načina korištenja podataka, što upućuje na genetsku povezanost ova dva svojstva. Brascamp i sur. (2016.) utvrdili su visoku genetsku korelaciju između obrambenog ponašanja i mirnoće na saću (0,91). Ovo je važan podatak jer značajno olakšava i ubrzava istovremenu selekciju na oba svojstva.

4.5. Rojevni nagon

Rojenje je prirodni način razmnožavanja pčelinje zajednice i predstavlja normalnu pojavu na svim pčelinjacima. Međutim, u tehnološkom smislu, rojenje predstavlja negativno svojstvo i u selekcijskim programima rojenje se nastoji smanjiti. Skupina 4 porijeklom je iz pletara gdje pčelinja zajednica ima ograničen prostor za razvoj, što dovodi do ranijeg izrojavljanja zajednica (Simpson i Riedel, 1963.). Osim toga, pčelarima koji drže pčele u pletarama cilj je dobiti što veći broj rojeva u godini i ovaj način pčelarenja u modernom selekcijskom smislu može dovesti do negativne selekcije na ovo svojstvo. U ovom istraživanju, prosječna ocjena svih zajednica u istraživanju iznosila je 3,58, a prema očekivanjima skupina 4 imala je najlošiju ocjenu rojevnog nagona (3,18), dok je kod skupine 5 pojava matičnjaka bila rijetka (3,92). Skupine 1, 3 i 5 bile su statistički značajno bolje od skupine 4. U sezoni rojenja skupina 5 imala je manje pčela i legla od skupine 4, međutim ta razlika nije bila značajna i ona nije mogla bitno utjecati na rezultat. Štoviše, prilikom druge pojave rojevnog nagona sredinom lipnja, skupina 5 imala je veći broj pčela i legla od skupine 4. Uzunov i sur. (2014.) navode vrijednosti rojevnog nagona za zajednice s maticama iz Hrvatske od 2,72 što je manje od vrijednosti dobivenih u ovom istraživanju. Hatjina i sur. (2014a) navode za područje Hrvatske ocjene rojevnog nagona od 2,59 u 2007. godini do 3,59 u 2005. godini, što se podudara s podacima iz ovog istraživanja. Nedić (2009.) za područje Srbije navodi prosječne vrijednosti od 3,62 do 4 za tri godine istraživanja. Za dvije godine istraživanja na različitim genotipovima i lokacijama, Uzunov i sur. (2014.) utvrdili su značajan utjecaj genotipa, lokacije i godine na rojevni nagon. Isti autori navode prosječne vrijednosti od 3,23 i 2,94 za dvije godine istraživanja. Vrijednosti prve godine njihovog istraživanja slični su podacima iz ovog istraživanja. Charistos (2013.) u istraživanju u Grčkoj navodi kako je populacija pčela koja nije bila pod sustavnom selekcijom imala značajno lošiju ocjenu rojevnog nagona od populacija koje su pod selekcijom. Iako su Brascamp i sur. (2016.) utvrdili vrlo niske vrijednosti heritabiliteta za rojevni nagon (0,06) zbog jake negativne

genetske korelacije između utjecaja radilica i matice (-0,92), u ovom istraživanju vidljiv je značajan utjecaj selekcije na ispoljavanje rojevnog nagona.

4.6. **Proizvodnost meda i zalihe peludi**

Tijekom cvatnje uljane repice i bagrema u 2016. godini zabilježene su izrazito loše vremenske prilike. Tako je od 15. travnja do 15. svibnja zabilježen 21 kišni dan. Najviše kiše palo je od 2. do 5. svibnja (ukupno 35,1 mm). Srednja dnevna temperatura od 15. travnja do 15. svibnja varirala je od 5,4 °C do 15,7 °C (min -1,4 °C 26. travnja., max 23,7 °C 9. svibnja). Uljana repica počela je mediti 11. travnja i u početku je unos bio dobar. Međutim česte oborine nisu omogućile kvalitetno iskorištavanje potencijala ove medonosne paše. Bagrem je na području istraživanja zamedio 5. svibnja, međutim idućih 6 dana skoro svakodnevno su zabilježene kiše da bi 11. svibnja palo 14,9 mm koje su okončali medenje. Ovakve loše vremenske prilike nisu omogućile vrcanje meda u proljetnom dijelu godine jer je porast na vagi tijekom uljane repice prosječno iznosio $0,27 \pm 1,41$ kg, a na bagremu $6,39 \pm 2,49$ kg. Kontrolna vaganja za vrijeme cvatnje repice i bagrema ipak su omogućila usporedbu skupina u promjeni težine košnica. Skupina 1 pokazala je najmanji, a skupina 5 najveći porast na vagi tijekom paše uljane repice i bagrema, a tijekom cvatnje repice skupina 1 bila je statistički značajno lošija od skupina 4 i 5. Skupina 4 bila je druga najbolja skupina tijekom obje paše. Isti trend zabilježen je gledajući ukupni porast mase košnica od ožujka do konca lipnja. Međutim, zanimljiv je podatak kako je 4. skupina prilikom vrcanja imala drugi najlošiji rezultat ($4,895 \pm 1,016$ kg) iako je bila među najboljima po porastu težine košnice u svim mjerenjima što može biti posljedica toga da su zajednice u ovoj skupini prikupljeni nektar više skladištile u plodišni dio košnice koji se nije vrcao. Najviše je prosječno vrcano iz skupine 5 ($6,336 \pm 1,104$ kg) a najmanje iz skupine 1 ($4,073 \pm 0,919$ kg).

Najviše peludi u košnicama bilo je u travnju i svibnju, što je i očekivano zbog velikog broja stanica legla i mladih pčela prisutnih u košnici u to doba godine. Najviše je utvrđeno 20 000 vidljivih stanica peludi u svibnju. Iako nije utvrđena značajna razlika između skupina gledajući ukupni prosjek, zajednice iz prve tri skupine s maticama lokalnog porijekla imale su općenito više peludi u usporedbi s 4. i 5. skupinom. Posebice je to vidljivo tijekom kontrolnih pregleda 16. ožujka 2016. i 6. travnja 2016., kada su zajednice lokalnog porijekla imale značajno više peludi u odnosu na skupinu 4 i 5 (tablica 3.35.). Neznačajno manji broj pčela u skupini 5 tijekom ranog proljeća mogao bi biti objašnjenje manje zalihe peludi kod ove skupine, međutim kod

skupine 4 nije zabilježeno manje pčela. Slabiji uspjeh u skupljanju peludi ove dvije skupine tijekom ranog proljeća mogao bi biti pripisan lošijoj prilagodbi ovih skupina na lokalne uvjete, što su pokazali i Dražić i sur. (2014.). Na grafikonu 3.8. prikazana je količina vidljivih stanica peludi tijekom sezone. Ono što je zanimljivo je veliki pad u količini peludi u svim skupinama zabilježen prilikom mjerenja 27. travnja 2016. godine. Ovaj pad u zaliham količine peludi bi mogao biti objašnjen lošim vremenskim prilikama koje su zabilježene 4 dana prije kontrolnog pregleda. Relativno niske srednje dnevne temperature za ovo doba godine (5-9 °C) i svakodnevna kiša od 24. do 27. travnja nisu omogućile izletnicama povoljne uvjete za sakupljanje peludi. Pčelinja zajednica nema tolike zalihe peludi u košnici poput meda već su one dostatne za nekoliko dana (Schmickl i Crailsheim, 2001., Schmickl i Crailsheim, 2002.). S druge strane u tom razdoblju, u košnici je prisutno puno legla i mladih pčela koje zahtijevaju veliku količinu proteina (Brodschneider i Crailsheim, 2010.). Kombinacija loših vremenskih prilika te velikog broja mladih pčela i legla moguće je objašnjenje ovako velikog pada peludnih rezervi u odnosu na kontrolni pregled prije i poslije. Pad zaliha rezerva peludi nije utjecao na smanjenje razvoja legla, što se može očekivati kod sive pčele prilikom dugoročnog nedostatka peludi (Ruttner, 1975.). Značajne količine peludi u košnici zabilježene tijekom kasnog ljeta omogućile su zajednicama povoljne uvjete za stvaranje dugoživićih (zimskih) pčela (Brodschneider i Crailsheim, 2010.).

4.7. Higijensko ponašanje

GLM analiza nije pokazala utjecaj genotipa i mjeseca provedbe testiranja na rezultat higijenskog ponašanja. Najbolju korigiranu srednju vrijednost kao prosjek tri mjerenja imala je skupina 5, a najlošija skupina 2, međutim, između skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike. Kod samo dvije zajednice je utvrđeno > 95% očišćenih stanica kao prosjek 3 mjerenja. Uzunov i sur. (2014.) utvrdili su značajan utjecaj sezone, lokacije i genotipa na higijensko ponašanje. Navode bolje rezultate higijenskog ponašanja tijekom ljetnih mjeseci u usporedbi s mjerenjima u svibnju i tijekom jeseni. U ovom istraživanju mjerenja tijekom travnja i srpnja su bila bolja od mjerenja provedenog u svibnju, što potvrđuje varijabilnost između mjeseca ispitivanja na higijensko ponašanje. Uzunov i sur. (2014.) navode prosječne vrijednosti higijenskog ponašanja za zajednice s maticama porijeklom iz Hrvatske od $40.99 \pm 3.91\%$ (8-10 sati nakon provedbe testiranja) što je u skladu s rezultatima ovog istraživanja. Hatjina i sur. (2014a.) navode za Hrvatsku prosječne vrijednosti higijenskog ponašanja od 2004. do 2008. od

74,46% do 85% očišćenih stanica 12 sati nakon provedbe testiranja, što je značajno više od rezultata iz ovog istraživanja. Međutim, ovi podaci nisu prikupljeni istraživanjem, nego su ih dostavili uzgajivači i pitanje je koliko su se precizno pridržavali protokola testiranja (Dražić, osobna komunikacija). Za područje Srbije, 24 sata nakon provedbe testiranja Nedić (2009.) navodi prosjek od 69,65%, a Rašić (2013.) od 91,2% do 97,6% očišćenih stanica legla. Dosadašnja istraživanja navode različite vrijednosti heritabiliteta, od $h^2=0.17$ (Pernal i sur., 2012.) do $h^2=0.65$ (Harbo i Harris, 1999.). Relativno mala razlika između skupina može biti posljedica slobodnog sparivanja matica i trutova, moguće niskog heritabiliteta i generacijskog intervala od tri godine (kod skupina 1, 2 i 3), što dovodi do sporog pomaka u selekciji (Pernal i sur., 2012.). Skupina 4 imala je za 2% bolji prosječni rezultat od skupine 2, međutim bila je lošija od skupina 1, 3 i 5 za 6%, 5% i 9%. Moguće postojanje negativne korelacije između higijenskog i obrambenog ponašanja (Uzunov i sur., 2014.) može utjecati na usporavanje selekcije na higijensko ponašanje. Provjeru postotka očišćenih stanica utvrđena je 18 sati nakon usmrćivanja legla, kada je prosjek pčelinjaka bio oko 50% očišćenih stanica. Možda bi provjera 8 sati nakon provedbe testa pokazala razlike između skupina (Büchler, 1996.) zbog činjenice da se higijenske zajednice razlikuju od nehigijenskih upravo u nagonu za čišćenjem usmrćenog legla tijekom prvih 8 sati (Palacio i sur., 2005., Morais, 2009.). U ovom istraživanju nije utvrđena korelacija između broja pčela i stanica legla s higijenskim ponašanjem, što znači da jačina pčelinje zajednice ne utječe na izražavanje higijenskog ponašanja. To je u suglasnosti s rezultatima drugih istraživanja (Mondragon i sur., 2005.; Bigio i sur., 2013.; Kovačić i Puškadija, 2015.) dok su Boecking i Drescher (1993.) i Spivak i Gilliam (1993.) utvrdili kako jače pčelinje zajednice bolje čiste usmrćeno leglo. Između higijenskog ponašanja i obrambenog ponašanja te mirnoće na saću također nije utvrđena korelacija što je u skladu s istraživanjima Kefuss i sur. (1996.) i Garcia i sur. (2013.). Međutim, Uzunov i sur. (2014.) utvrdili su nisku, ali značajnu negativnu korelaciju između obrambenog ponašanja i higijenskog ponašanja, sugerirajući bolje higijensko ponašanje kod agresivnijih pčelinjih zajednica.

Higijensko ponašanje nije bilo značajno korelirano s invadiranošću pčela i legla grinjom *V. destructor*. Niska razina invadiranošću pčela i legla prilikom provođenja pin testa u travnju i svibnju mogući je razlog nepostojanja korelacije. Međutim, utvrđena je značajna pozitivna korelacija s prirodnim dnevnim padom varoe u trenutku testiranja higijenskog ponašanja ($r = 0,198$, $p = 0,014$). Iako je korelacija slaba, ona se može protumačiti boljim čišćenjem invadiranih stanica legla kod zajednica s izraženijim higijenskim ponašanjem (de Guzman i sur., 2015.). U literaturi se mogu pronaći dosta kontradiktorni podaci o utjecaj higijenskog

ponašanja na invadiranost zajednice grinjom *V. destructor*. Muli i sur. (2014.) su utvrdili značajnu negativnu korelaciju ($r = -0,42$) između higijenskog ponašanja i invadiranosti pčela, dok Pinto i sur. (2012.) navode visoku korelaciju ($r = -0,96$) za afrikanizirane pčele u Brazilu. Prateći korelacije između higijenskog ponašanja i porasta populacije grinje u zajednici tijekom godine, Modragon i sur. (2005.) te Harbo i Hoopingarner (1997.) nisu utvrdili povezanost, dok su Al Toufalia i sur. (2014.) utvrdili negativnu povezanost ($r = -0,19$). Isti autori naglašavaju da je to rezultat 8 zajednica s visoko izraženim higijenskim ponašanjem ($> 95\%$ očišćenih stanica). Kovačić i sur. (2015.) navode kako su zajednice s najlošijim vrijednostima higijenskog ponašanja bile najviše invadirane grinjama.

4.8. Samočišćenje

Boecking i Spivak (1999.) navode kako pregledavanje otpalih grinja na umetku u podnici može dati pogrešnu informaciju o svojstvu samočišćenja pčela. Oštećenja na grinjama pronađenima na umetku u podnici mogu biti posljedica čišćenja invadiranih stanica legla (Rosenkranz i sur., 1997.) ili nekih predatora (poput mrava) (Bienefeld i sur., 1999.). U ovom istraživanju, umetci u podnici na koje su grinje otpadale bili su premazani slojem jestivog ulja što je spriječilo nastajanje oštećenja na tijelu grinja zbog mrava, a za analizu oštećenja korištene su samo tamno smeđe odrasle grinje (Bienefeld i sur., 1999.). Kako nije bilo puno zajednica koje su pokazale vrlo izraženo higijensko ponašanje (samo dvije košnice imale su prosjek 3 mjerenja $> 95\%$ očišćenih stanica) nije za očekivati veliki utjecaj oštećenja na grinjama zbog higijenskog ponašanja (Rosenkranz i sur., 1997.). S druge strane, postoji dosta dokaza da su oštećenja na grinjama posljedica aktivnosti pčela (Ruttner i Hänel, 1992.; Büchler i sur., 1992.; Guzman-Novoa i sur., 2012.). Samočišćenje *A. ceranae* pčela od grinja *V. destructor* je vrlo izraženo i jedno je od osnovnih mehanizama otpornosti ovih pčela na varou (Peng i sur., 1987.; Büchler i sur., 1992.; Fries i sur., 1996.). Na ovo svojstvo nije provedena selekcija niti u jednoj od ispitivanih skupina u ovom istraživanju. Prosjek oštećenih grinja pronađenih na umetku u podnici iznosio je $12,69 \pm 0,93$. Najmanje oštećenih grinja utvrđeno se u skupini 2 ($11,30 \pm 2,75$) a najviše u skupini 3 ($14,73 \pm 2,08$). Slični postotci oštećenja na grinjama utvrđeni su u drugim istraživanjima (Moosbeckhofer, 1992.; Fries i sur., 1996.; Guzman-Novoa i sur., 2012.; Invernizzi i sur., 2015.), dok su kod afrikaniziranih pčela u Americi utvrđena veća oštećenja grinja (Rosenkranz i sur., 1997.; Moretto i sur., 1991.). Locke i Fries (2011.) utvrdili su u Švedskoj kod zajednica otpornih na grinju *V. destructor* 31% oštećenih grinja 2008. i 36%

2009. godine. Kod kontrolnih zajednica utvrdili su 46% oštećenih grinja, međutim nisu utvrdili značajne razlike između skupina. Navode kako samočišćenje pčela i higijensko ponašanje nisu razlog zašto ova populacija preživljava samostalno bez tretmana. Kruitwagen i sur. (2017.) došli su do istih spoznaja u Nizozemskoj, utvrdivši kako nema razlike u postotku oštećenih grinja između populacije pčela koje preživljavaju varou bez tretmana i kontrolnih tretiranih zajednica. Oddie i sur. (2017.) navode kako nema razlike u postotku oštećenih grinja pronađenih na umetku u podnici između populacije koje preživljavaju bez tretmana i kontrolnih zajednica. Sva ova istraživanja dovode do zaključka kako samočišćenje nema značajnu ulogu u preživljavanju zajednica *A. mellifera* koje nisu tretirane protiv varoe. Najčešće ozljede na grinjama utvrđene su na prvom paru nogu, a najrjeđe na tijelu, što je u skladu s drugim istraživanjima (Ruttner i Hänel, 1992.; Lodesani i sur., 1996.; Rosenkranz i sur., 1997.; Bienefeld i sur., 1999.). Najčešće ozljede na prvom paru nogu se mogu i očekivati s obzirom na njihovu najveću izloženost.

U ovom istraživanju nisu utvrđene korelacije između samočišćenja i invadiranosti zajednice varoom, koju je utvrdio Moosbeckhofer (1992.). Arechavaleta-Velasco i Guzmán-Novoa (2001.) pronašli su visoku i značajnu negativnu korelaciju između svojstva samočišćenja i invadiranosti pčelinje zajednice ($r = -0,76$, $p < 0,001$) kod afrikaniziranih pčela.

4.9. Potisnuto razmnožavanje varoe (SMR)

Tijekom istraživanja mjeren je udio neplodnih grinja (SMR) kod ispitivanih zajednica. VSH svojstvo (Varroa sensitive hygiene) nije ocjenjivano jer ono predstavlja selektivno higijensko uklanjanje invadiranih stanica legla (Harbo i Harris, 2005.; Ibrahim i Spivak, 2006.). SMR svojstvo je širi pojam i obuhvaća više različitih utjecaja na uspjeh razmnožavanja varoe poput utjecaja legla (Ibrahim i Spivak, 2006.), plodnosti varoe (broj sparenih kćerki do izlijevanja pčele), smrtnosti potomaka varoe u leglu (Medina i Martin, 1999., Mondragon i sur., 2006.) ili otklapanja/poklapanja legla (Oddie i sur., 2018.). GLM analiza nije pokazala utjecaj genotipa, mjeseca ili njihove interakcije na SMR svojstvo. Između skupina nije utvrđena značajna razlika što je bilo i očekivano s obzirom da nije provedena selekcija na ovo svojstvo na ispitivanim linijama. Međutim, visoka varijabilnost (raspon 0-90% neplodnih grinja) znači kako u neselekcioniranim populacijama postoje zajednice s visokim udjelom neplodnih grinja koje se mogu koristiti u selekcijskom programu. Niska varijabilnost između mjeseca uzorkovanja može se protumačiti kako SMR nije pod velikim utjecajem okolišnih čimbenika. U ovom istraživanju

prosječno je utvrđeno 26,6% neplodnih grinja. Za područje bivše Jugoslavije Sulimanović i sur. (1982.) navode 21% neplodnih grinja, a Kulinčević i sur. (1988.) 9%. Arechavaleta-Velasco i Guzmán-Novoa (2001.) navode bolji uspjeh razmnožavanja grinja (21% neplodnih grinja) kod skupine zajednica s visokom razinom invadiranosti, a slabiji uspjeh (28,5% neplodnih grinja) kod skupine s niskom invadiranosti. De Guzman i sur. (2008.) utvrdili su relativno visok udio neplodnih grinja (39,84 %) kod talijanske pčele i još veći (51,06%) kod pčela porijeklom iz Rusije (Primorsky), poznatih po boljoj otpornosti na varou od europskih podvrsta medonose pčele. Strauss i sur. (2015.) za *A. m. scutellata*, koja može preživjeti bez tretmana protiv varoe, navode prosječno 30% neplodnih grinja. Rosenzkranz i Engels (1994.) navode 43,2 % kod afrikaniziranih i 19,4% neplodnih grinja kod sive pčele na području Brazila i ističu značajnu varijabilnost tijekom sezone. Isti autori navode prosječno 9% neplodnih grinja kod sive pčele na području Njemačke i značajno manju varijabilnost tijekom sezone (4,2-13,5%). Novija istraživanja navode porast broja potomaka varoe kod afrikaniziranih pčela (Carneiro i su., 2007.) i skoro podjednak postotak neplodnih grinja kod afrikaniziranih pčela i sive pčele (Garrido i sur., 2003.). Uzrok porasta plodnosti grinja kod afrikaniziranih pčela u Brazilu je zamjena manje virulentnog tajlandskog haplotipa varoe s korejskim haplotipom (Garrido i sur., 2003.). Unatoč značajnom porastu uspjeha razmnožavanja grinje, afrikanizirane pčele su i dalje zadržale svojstvo otpornosti. Razlog ove otpornosti je veća smrtnost potomaka varoe u leglu, a time i posljedično manji uspjeh razmnožavanje varoe (Medina i Martin, 1999., Mondragon i sur., 2006.). Büchler i sur. (2016.) navode prosjek od 35,9% neplodnih grinja kod različitih podvrsta medonosne pčele u 12 europskih zemalja. Locke i Fries (2011.) su utvrdili 52% neplodnih grinja kod populacije pčela na otoku Gotland koja samostalno preživljava bez tretmana protiv varoe više od 15 godina, dok su zabilježili 22% neplodnih grinja kod kontrolnih zajednica. Mjesec uzorkovanja nije imao utjecaj na neplodnost grinja. Primijećen je blagi trend povećanja postotka neplodnih grinja od srpnja do rujna. Otten i Fuchs (1990.) međutim navode značajne varijacije u postotku neplodnih grinja tijekom sezone. Oni su utvrdili najveći udio neplodnih grinja početkom godine (od siječnja do svibnja). U statističkoj analizi zbog malog broja uzoraka i velike varijabilnosti izlučeni su uzorci iz prva dva uzorkovanja (4 iz prvog uzorkovanja i 8 iz drugog). Iako nije utvrđena značajna razlika između mjeseca uzorkovanja uzevši u obzir sve uzorke, upravo je u prvim uzorcima prosječan udio neplodnih grinja bio najveći (u svibnju 33%, u lipnju 36%). Najbolji uspjeh razmnožavanja varoe zabilježen je tijekom srpnja i kolovoza da bi u rujnu bilo skoro 30% neplodnih grinja. U uzorcima u rujnu invadiranost legla bila je visoka i zabilježeno je puno stanica invadiranih s dvije ili više odraslih grinja. Međutim, u analizi višestruko invadirane stanice nisu korištene, te je isključena

moгуćnost utjecaja veće invadiranosti na smanjenu plodnost grinje (Fuchs i Langenbach, 1989.). Kulinčević i sur. (1988.) zabilježili su tijekom lipnja i srpnja vrlo visok postotak neplodnih grinja (50%), međutim u toj analizi korišten je vrlo mali broj pronađenih grinja (28 grinja u lipnju i 34 grinje u srpnju). Osnovni uzrok neplodnosti grinja u ovom istraživanju sa 63% je zakašnjeli razvoj potomstva grinje u odnosu na razvojni stadij pčelinjeg legla. Neplodnost grinje (varoa majka bez potomstva) utvrđena je u 23% slučajeva, a nedostatak mužjaka u 14% slučajeva. Büchler i sur. (2016.) kao osnovni uzrok neplodnosti navode zakašnjeli razvoj potomstva (48,7%), zatim nedostatak mužjaka (31,1%) i nedostatak potomstva (28,6%). Donze i sur. (1996.) navode kako je uzrok neplodnosti zbog nedostatka mužjaka zabilježen u 17% slučajeva. Martin i sur. (1997.) navode 8-21% slučajeva bez mužjaka ili je mužjak uginuo. Isti autori navode kako prerana smrt (ili nedostatak) mužjaka u stanici uzrokuje pojavu neoplođenih odraslih grinja koje ulaze u novi ciklus razmnožavanja gdje stvaraju samo muško potomstvo. U ovom istraživanju, od 1122 invadirane stanice s neplodnom grinjom, u 13 stanica legla uz odraslu grinju bio je prisutan jedan ili dva mužjaka bez ženskog potomstva. Locke i Fries (2011.) za zajednice koje preživljavaju bez tretmana protiv varoe navode zakašnjeli razvoj potomstva kao najčešći razlog neplodnosti (20%), zatim neplodnost varoe (8%) te nedostatak mužjaka (7%). Kako su radili na svježim uzorcima legla, utvrdili su kako je u 16% slučajeva razlog neplodnosti smrt potomstva. Nepostojanje korelacija između SMR svojstva i invadiranosti pčelinje zajednice varoom ukazuje kako ovo svojstvo nije dovoljno izraženo u istraživanoj populaciji pčela i ne utječe na razvoj populacije varoe u zajednicama. Kada je udio neplodnih grinja u leglu < 30%, tada SMR svojstvo nema značajan utjecaj na otpornost pčela na varou (Harbo i Hoopingarner, 1997.).

4.10. Otklapanje/poklapanje legla

Pčele ponekad stanicu legla koje je invadirano grinjom otklope i ponovno zaklope (Boecking i Spivak, 1999., Aumeier i Rosenkranz, 2001., Boecking i sur., 2000., Arathi i sur., 2006., Villegas i Villa, 2006.). U ovom istraživanju prosjek otklapanja/poklapanja legla svih istraživanih zajednica iznosio je 16%, prosjek otklapanja invadiranog legla 41%, a neinvadiranog 14 %. Za VSH liniju pčela Harris (2008.) navodi 34% otklopljenih/poklopljenih stanica legla, odnosno 21% otklopljenih/poklopljenih stanica legla invadiranih s grinjom. Villa i sur. (2009.) navode 38% otklopljenih/poklopljenih stanica legla, što je značajno više nego u ovom istraživanju. Kirrane i sur. (2015.) navode visoki postotak otklapanja/poklapanja

invadiranih stanica legla za talijansku pčelu (64,36%) i pčele porijeklom iz Rusije (77,81%). Oddie i sur. (2018.) su na 4 odvojene populacije pčela, koje samostalno preživljavaju više od 17 godine bez tretmana protiv varoe, utvrdili značajno veći broj otklopljenih/poklopljenih stanica u usporedbi s lokalnim, kontrolnim zajednicama. Isti autori navode kako upravo otklapanje/poklapanje legla ima značajan negativan utjecaj na uspjeh razmnožavanja varoe, a činjenica kako se ovo svojstvo neovisno razvilo kod 4 odvojene populacije pčela objašnjava kako prirodna selekcija preferira upravo razvoj ovog svojstva. U ovom je istraživanju najbolje rezultate imala skupina 4 s prosječno najvećim postotkom otklopljenih/poklopljenih stanica legla. Moguće je da se radi o sličnoj prilagodbi odnosno početku tolerantnosti na varou kod ovog genotipa. Zajednice iz skupine 4 porijeklom su iz područja gdje pčelari pčele drže uglavnom u pletarama. Na toj populaciji pčela, godinama se tretman protiv varoe obavlja jedino dimljenjem listića natopljenih amitrazom 2 do 3 puta godišnje. Moguće je da su zbog veće invadiranosti, zajednice razvile mehanizam otklapanja/poklapanja legla. Upravo je kod skupine 4 zabilježen najmanji ukupni pad varoe tijekom godine (tablica 3.51.), te među najmanjima invadiranost pčela i legla (grafikon 3.27. i 3.28.). Kod VSH linije, Harris i sur. (2012.) navode kako otklapanje/poklapanje legla nije osnovni uzrok neplodnosti varoe, dok Danko i sur. (2015.) objašnjavaju kako je jedina razlika između VSH i Pol-line genotipa (porijeklom od VSH linije) u frekvenciji otklapanja/poklapanja legla (76% prema 58%). Varoa majka može napustiti stanicu dok je otklopljena, međutim to se rijetko događa (Boecking i sur., 2000., Aumeier i Rosenkranz, 2001.). U ovom istraživanju, od ukupno 4960 pregledanih invadiranih stanica, pronađeno je ukupno 3 stanice legla gdje je bilo prisutno potomstvo bez odrasle grinje. Ličinka pčele izradi kukuljicu 33-36 sati nakon poklapanja, a varoa prvo jaje snese 70 sati nakon poklapanja stanice legla (Donze i Guerin, 1994.), stoga postoji mogućnost da varoa napusti stanicu ukoliko je ona otklopljena prije nego grinja počne s ciklusom razmnožavanja. Frey i sur. (2013.) umjetno su zarazili stanice legla različitih razvojnih stadija (od 0 do 60 sati nakon poklapanja) te su pokazali kako su grinje umetnute u leglo u starijem razvojnom stadiju bile u značajno većem udjelu neplodne. Kirrane i sur. (2011.) navode kako grinje koje su pčele higijenskim ponašanjem izbacile iz stanice, a koje potom ponovno uđu u stanicu legla, u većini slučajeva neće uspješno proizvesti potomstvo. Do sličnih rezultata došli su Büchler i Kovačić (2016.) koji su ustanovili kako varoe ulaze u umjetno otklopljeno leglo u starijem razvojnom stadiju nakon čega često budu neplodne. Iz svega proizlazi kako postoji mogućnost da će varoa ući u otklopljeno leglo, gdje neće uspjati razviti potomstvo sposobno za daljnje razmnožavanje. Pozitivna korelacija utvrđena između ukupnog otklapanja/poklapanja legla i invadiranosti legla upravo doprinosi ovoj teoriji.

Značajna negativna korelacija utvrđena je između otklapanja invadiranog legla i invadiranosti pčela i legla, dok otklapanje neinvadiranog legla nije bilo korelirano s invadiranosti pčela i legla, što ukazuje kako se povećanjem otklapanja/poklapanja invadiranih stanica legla smanjuje invadiranost pčelinje zajednice. Slične rezultate navode Villa i sur. (2009.) koji su utvrdili negativnu korelaciju između otklapanih/poklapanih stanica i plodnosti varoe. Povećanim otklapanjem legla povećava se mogućnost da će invadirana stanica legla biti uklonjena (Kirrane i sur., 2015.). Pčele pomoću ticala pronalaze stanice legla invadirane grinjom (Mondet i sur., 2015.) i češće uklanjaju stanice s grinjama koje su invadirane virusom deformiranih krila (Schöning i sur., 2012.). Međutim, kod niskih razina invadiranosti, radilice koje imaju izraženo higijensko ponašanje otklope leglo, dok radilice sa slabijim osjetom iste stanice poklope (Harris i sur., 2012.). Tek pri većim razinama invadiranosti, u otklapanju legla sudjeluju i radilice sa slabije izraženim higijenskim ponašanjem. Broj pčela i broj stanica legla bio je značajno koreliran s otklapanjem/poklapanjem invadiranog legla, što sugerira kako je kod većeg broja stanica legla u zajednici otklapanje invadiranog legla preciznije. S druge strane može sugerirati kako snaga pčelinje zajednice pozitivno utječe na aktivnost otklapanja/poklapanja invadiranog legla. Međutim, podatak kako ukupno otklapanje/poklapanje odnosno otklapanje/poklapanje invadiranog legla nije bilo korelirano s brojem pčela i legla isključuje utjecaj snage pčelinje zajednice na aktivnost otklapanja/poklapanja. Vrlo visoka i značajna korelacija između otklapanja invadiranog legla i ukupnog otklapanja/poklapanja legla daje mogućnost moguće selekcije na ovo svojstvo ukoliko se pronađe jednostavna i pouzdana metoda testiranja aktivnosti otklapanja/poklapanja legla.

4.11. Broj potomstva grinje *V. destructor*

Prosječan broj potomaka po grinji iznosio je $3,151 \pm 0,365$. Rezultati drugih istraživanja pokazali su slične rezultate. Tako De Guzman i sur. (2008.) navode prosječno 3,00 potomaka kod talijanske i 2,31 kod pčela porijeklom iz Rusije. Martin (1994.) za Englesku navodi prosječno 3,66, Medina i Martin (1999.) za afrikanizirane pčele u Meksiku 4,04 dok Correa-Marques (2000.) navodi prosječno 3,15 potomaka po odrasloj varoi. Rosenzkrantz i Engels (1994.) navode nešto veći broj potomstva, od 3,9 do 4,1 za sivu pčelu u Brazilu. Zanimljivo je kako je broj potomaka u otklapanim/poklapanim i neotklapanim stanicama bio gotovo identičan ($3,152 \pm 0,619$ i $3,159 \pm 0,436$). Vrlo slične rezultate navode Harris i sur. (2012.) koji su utvrdili 3,20 potomaka varoe u neotklapanim i 3,28 potomaka varoe u otklapanim/poklapanim

stanicama legla. Kirrane i sur. (2015.) navode neznatno veći prosječan broj potomaka varoe u otklapanim/poklapanim stanicama nego u neotklapanim stanicama legla. Ovi rezultati navode na zaključak kako otklapanje/poklapanje legla ne utječe na broj potomaka varoe, odnosno ne prekida varou u nesenju. Međutim, bilo bi zanimljivo istražiti postoji li razlika u broju potomstva koje će se uspješno razviti do izlijevanja pčele. Moguće je da otklapanje/poklapanje poklopca legla ne utječe na broj snesenih jaja, već da promjena temperature i vlage zraka dok je leglo otklopljeno negativno utječe na razvoj potomstva (Le Conte i sur., 1990.; Bruce i sur., 1997.; Kraus i Velthius, 1997.). Osim toga, jaje iz kojeg će se razviti muška grinja često bude sneseno pri vrhu stanice (ispod poklopca) te je relativno dostupno pčelama ukoliko dođe do otklapanja poklopca (Donzé i Guerin, 1994.), te posljedično može uvjetovati razvoj neoplođenih ženki. Harris i sur. (2012.) navode kako je smrtnost potomstva varoe u otklapanim/poklapanim stanicama bila značajno veća nego kod neotklapanih stanica, čime se umanjuje reproduktivni potencijal varoe.

4.12. Bolesti

4.12.1. *Varroa destructor*

Grinja *V. destructor* danas je jedan od osnovnih razloga gubitaka pčelinjih zajednica tijekom zime (Brodschneider i sur., 2010., Genersch i sur., 2010.). Zajednice su u ovom istraživanju tretirane na početku istraživanja, a tijekom 2016. tretman je obavljen kada bi invadiranost odraslih pčela dostigla razinu $\approx 10\%$. Tijekom godine vidljiv je nešto manji prirodni dnevni pad grinja kod 2. i 5. skupine u odnosu na 1. i 3. skupinu. Kod 1. i 3. skupine ukupno je palo najviše grinja tijekom godine, dok je najmanje palo u 2. i 4. skupini. Najveći ukupni broj otpalih grinja od 12 126 zabilježen je u jednoj zajednici iz skupine 1, dok je prosjek otpalih grinja (uključujući i grinje otpale nakon liječenja) iznosio 4 500, što je značajno manje od 20 000 koliko navode Martin i sur. (1998.). Na području umjerene klime dugoživuće pčele razvijaju se krajem ljeta. Njihova uloga u pčelinjoj zajednici nije samo preživljavanje zime već razvoj prvog legla krajem zime i prvi unos hrane u zajednicu. Stoga je od izuzetne važnosti smanjiti invadiranost odraslih pčela na $<5\%$ tijekom razvoja legla iz kojeg će se razviti zimske pčele (Genersch i sur., 2010.). Iako je postojao dio zajednica s visokom invadiranosti prije prve zime, ukupni prosjek je iznosio 1,64% odraslih pčela tako da su prvu zimu preživjele sve zajednice. Tijekom 2016. godine procijenjeni broj grinja u zajednicama prosječno se povećao 21,1 puta, što je značajno manje od 40,23 puta koliko su zabilježili Al Toufailia i sur. (2014.). Tijekom godine skupina 5 imala

je značajno manji pad varoe sve do rujna, dok je gledajući ukupni broj otpalih grinja ista skupina bila na trećem mjestu (iza 2 i 4). Invadiranost pčela bila je najmanja u skupinama 4 i 5, međutim te razlike nisu bile statistički značajne. Invadiranost legla bila je najmanja u skupinama 2 i 5, bez statistički značajnih razlika. Iako je tijekom ranog proljeća skupina 5 imala nešto manje pčela i legla, tijekom ljeta skupina je postala jedna od najjačih, tako da snaga zajednica nije mogla biti uzrok manjeg broja grinja u ovoj skupini. Krajem rujna 2016. prosječna invadiranost odraslih pčela kod 46 još netretiranih zajednica bila je 13,89 % bez značajnih razlika između skupina. Nakon ovog mjerenja samo 10 zajednica s invadiranosti odraslih pčela manjom od 10% nisu tretirane. Genersh i sur. (2010.) navode invadiranost pčela od 14,6-16,5 % u jesen kod zajednica koje su stradale tijekom zime. Deset netretiranih zajednica prilikom mjerenja u listopadu imale su prosječno invadirano 11,26 % pčela i samo 4 zajednice su uspješno prezimile. Invadiranost pčela kod tih 10 netretiranih zajednica u rujnu je iznosila 4 %, dok je u listopadu porasla na 11,26 %. Ovo povećanje može biti objašnjeno vrlo malim brojem stanica legla u zajednicama koncem listopada te je većina grinja bilo na pčelama. Također, mogući razlozi su reinvazija od drugih zajednica iz okoline (Renz and Rosenkranz, 2001., Nolan i Delaplane, 2016.). Istraživanje Frey i Rosenkranz (2014.). pokazalo je značajno veću invadiranost zajednica na području gdje je gustoća košnica velika, a u blizini eksperimentalnog pčelinjaka bilo je prisutno još oko 100 košnica. Iz ovoga proizlazi kako je za područje kontinentalne Hrvatske preporučeni prag invadiranosti pčela u jesen značajno manji od 10 %. Međutim, kako bi se dobio pouzdan podatak za područje Hrvatske, potrebno je na većem broju zajednica tijekom nekoliko godina i u različitim klimatskim područjima istražiti koliki je prag invadiranosti pčela u jesen koji utječe na uspjeh prezimljavanja. Istraživanja u SAD-u i Kanadi pokazala su dopušteni prag od 10% pa čak i više invadiranih pčela u jesen bez značajnog učinka na uspjeh prezimljavanja (Delaplane i Hood, 1999.; Currie i Gatien, 2006.), dok je za Njemačku preporučeni prag 5-7% (Liebig, 2001.; Genersch i sur., 2010.). Činjenica kako je samo jedna zajednica sa invadiranosti odraslih pčela većom od 4% u jesen dočekala proljeće s više od 8 000 pčela, može poslužiti kao smjernica za buduća istraživanja praga invadiranosti zajednica. Nagli pad u broju otpalih grinja kod pojedinih skupina tijekom kolovoza je posljedica isključivanja visoko invadiranih zajednica iz analize nakon tretmana. Najveći porast invadiranosti pčela i legla kod svih se skupina dogodio nakon kolovoza. Isto je zabilježeno kod drugih istraživanja (Martin, 1998., Branco i sur., 1999., DeGrandi-Hoffman i sur., 2016.). Nakon 28. rujna 2016. ostalo je samo 10 netretiranih zajednica koje su tijekom rujna imale najmanju invadiranost pčela i stoga je u listopadu invadiranost pčela bila niža nego u rujnu kada su sve zajednice bile uključene u analizu.

Utvrđene visoko značajne pozitivne korelacije između invadiranosti pčela, legla i dnevnog pada varoe ukazuju na pouzdanost metode praćenja prirodnog dnevnog pada varoe na umetku u mrežastoj podnici.

4.12.2. Virusi

Analiza prisutnosti virusa pokazala je prisutnost virusa izobličenih krila (DWV) kod svih zajednica osim zajednice M87. Ista zajednica prije druge zime nije tretirana, međutim unatoč tome što nije utvrđena prisutnost virusa u uzorku pčela, zajednica je tijekom zime stradala. Postoji mogućnost da se kod zajednice povećao broj grinja i virusa reinvazijom iz zajednica iz okoline. Kod 4 netretirane zajednice (od 10 netretiranih) koje su preživjele zimu zabilježena je prisutnost samo DWV. U svim skupinama utvrđena je prisutnost ABPV, što je bilo i očekivano s obzirom na činjenicu kako je prisutnost ovog virusa (u maloj količini) dokazana na skoro svim kontinentima (Ellis i Mun, 2005.) a Bailey i sur., (1963) navode kako nisu našli pčelinju zajednicu bez pčela inficiranih ovim virusom. Međutim, Tlak-Gajger i sur. (2014b) u svom istraživanju nisu utvrdili prisutnost ABPV na pčelinjacima u Osječko-baranjskoj županiji. Isti su autori utvrdili prisutnost SBV u svim uzorcima dok u ovom istraživanju nismo utvrdili SBV. Ovo može biti objašnjeno činjenicom kako su Tlak-Gajger i sur. (2014b) skupljali uzorke pčela u zajednicama koje su pokazivale jasne znakove bolesti (slabe zajednice u kojima pčele nestaju) čime je bila veća vjerojatnost pronalaska virusa. S druge strane, uzorci pčela u ovom istraživanju skupljani su tijekom kolovoza, a virus se u zajednicama najčešće pojavljuje u proljeće kada je u zajednicama prisutno najviše mladog legla. CBPV virus također nisu utvrdili u jednom uzorku. Tlak-Gajger i sur. (2014b) na pčelinjacima u Osječko-baranjskoj županiji utvrdili su prisutnost CBPV u 33% uzoraka. Prilikom pregleda pčelinjih zajednica, posebice tijekom jeseni, simptomi DWV mogli su se jasno vidjeti u pčelinjim zajednicama s velikom invadiranošću varoom (slika 27), dok pčele s CBPV virusom nisu primijećene.

4.13. Uzgojna vrijednost (seleksijski indeks)

Ocjena uzgojne vrijednosti pokazala je utjecaj selekcije na svojstva praćenih genotipova pčela. Tako je skupina 5 bila statistički značajno bolja od skupine 4. Prve tri skupine bile su bolje od skupine 4 i lošije od skupine 5, međutim te razlike nisu bile statistički značajne. Najlošija uzgojna vrijednost skupine 4 djelomično može biti objašnjena najlošijom ocjenom rojevnog

nagona, čija ocjena s najvećim dijelom ulazi u izračun indeksa. Bitno je ovdje naglasiti kako su matice skupine 4 porijeklom iz pletara gdje je u načinu držanja pčela rojenje poželjno svojstvo, te se na taj način provodila svojevrsna selekcija na povećano rojenje. Tako je skupina 4 bila statistički značajno lošija od skupina 1, 3 i 5. Kod svojstava obrambenog ponašanja, skupina 4 bila je statistički značajno lošija samo od skupine 5, dok kod higijenskog ponašanja nije utvrđena značajna razlika između skupina. Kod ocjene mirnoće na saću skupina 4 bila je statistički značajno lošija od svih ostalih skupina i kod ovog svojstva se najviše očitovao utjecaj selekcije. Kezić i sur. (2005.) navode kako je prinos meda kod zajednica sa selekcioniranim maticama bio 18,69% veći nego kod zajednica s neselekcioniranim maticama. Ukupni prosjek vrcanog meda skupina 1, 2 i 3 bio je neznačajno veći od prosjeka skupine 4, točnije bio je oko 6% veći.

5. ZAKLJUČCI

Na osnovu dobivenih rezultata i pregleda literature doneseni su slijedeći zaključci:

- Najveći broj stanica legla na istraživanom području zabilježen je krajem travnja, a najveći broj pčela tijekom lipnja. Skupina 2 imala je značajno više pčela od skupina 1, 4 i 5. Skupina 1 imala je značajno više legla od skupine 2.
- Nakon obje zime skupina 5 je imala najlošiji indeks prezimljavanja, statistički značajno lošiji od skupina 1 i 2.
- Na potrošnju hrane u zimskom razdoblju značajan utjecaj imala je godina, dok skupina nije imala utjecaj. Potrošnja hrane tijekom druge zime bila je značajno veća nego tijekom prve zime.
- Najmanju agresivnost pčele su iskazale tijekom srpnja, kolovoza i rujna. Tijekom veljače, ožujka i travnja, obrambeno ponašanje je bilo statistički značajno više izraženo nego u srpnju, kolovozu i rujnu, dok su svibanj i lipanj bili statistički značajno lošije ocijenjeni od srpnja i kolovoza. Tijekom listopada zabilježene su prosječno najniže vrijednosti obrambenog ponašanja. Skupina 5 imala je značajno bolji rezultat u ocjeni obrambenog ponašanja od skupina 2, 3 i 4, dok je skupina 3 imala značajno lošiji rezultat od skupina 1 i 2.
- Mirnoća na saću je tijekom veljače, ožujka, lipnja i listopada bila statistički značajno lošije ocijenjena u odnosu na travnja, svibnja, srpnja, kolovoza i rujna. Zajednice iz skupine 4 imale su značajno lošiju ocjenu od svih ostalih skupina, dok je skupina 1 imala statistički značajno bolju ocjenu od skupine 5.
- Najmanje izražen rojevni nagon zabilježen je u skupini 5 koja je bila značajno bolja od skupina 2 i 4, dok je najlošiji rezultat imala skupina 4 koja je bila statistički značajno lošija od skupina 1, 3 i 5.
- Između skupina nisu zabilježene značajne razlike u količini vrcanog meda i u porastu mase zajednica od ožujka do lipnja.
- Nisu utvrđene značajne razlike između skupina u količini vidljivih stanica peludi.
- Nisu utvrđene značajne razlike između skupina u testiranju higijenskog ponašanja pčela.
- Između skupina nisu utvrđene značajne razlike u svojstvu samočišćenja.
- Na svojstvo SMR mjesec i skupina nisu imale utjecaj. Najveći udio neplodnih grinja zabilježen je u skupini 4, a najmanji u skupini 2, bez značajnih razlika između skupina.

- Najveći udio otklapanih stanica legla zabilježen je u skupini 4, značajno više nego u skupini 5. U otklapanju invadiranih odnosno neinvadiranih stanica legla nije bilo značajnih razlika između skupina. Također, utvrđene je skoro jednak prosječni broj potomaka varoe u stanicama koje su otklapane i koje nisu otklapane.
- Zaraženost grinjom *V. destructor* bila je podjednaka u svim skupinama. U prosjeku je skupina 4 imala najmanju a skupina 1 najveću zaraženost.
- Skupina 5 imala je značajno veći selekcijski indeks od skupine 4, dok između ostalih skupina nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Istraživanje je pokazalo bolji uspjeh prezimljavanja i proljetnog razvoja zajednica s lokalnim maticama. Bolji uspjeh zajednica koje su u selekcijskom programu u svojstvima obrambenog ponašanja, mirnoće na saću, rojevnog nagona te izračunatog selekcijskog indeksa ukazuju na poboljšanje navedenih svojstava. S druge strane, nepostojanje značajne razlike između skupina u invadiranosti zajednica varoom ukazuju kako je u budućnosti potrebno veći naglasak staviti na poboljšanja svojstava otpornosti na bolesti, prvenstveno higijenskog ponašanja, SMR i otklapanje/poklapanje legla za koje je u radu dokazana značajna negativna korelacija s invadiranosti s varoom. Rezultati istraživanja jasno ukazuju na važnost uzgoja i selekcije lokalnih pčela koje su prilagođene na okolišne uvjete u kojima žive.

6. LITERATURA

1. Akyol, E., Yeninar, H., Karatepe, M., Karatepe, B., Özkök, D. (2007.): Effects of queen ages on *Varroa* (*Varroa destructor*) infestation level in honey bee (*Apis mellifera caucasica*) colonies and colony performance. Italian Journal of Animal Science, 6: 143–149.
2. Allen, M.D., Jeffree, E.P. (1956.): The influence of stored pollen and of colony size on the brood rearing of honeybees. Annals of Applied Biology, 44: 649–656.
3. Al-Lawati, H., Kamp, G., Bienefeld, K. (2009.): Characteristics of the spermathecal contents of old and young honeybee queens. Journal of Insect Physiology, 55(2): 116–21.
4. Al Toufailya, H. M., Amiri, E., Scandian, L., Kryger, P., Ratnieks, F. L. W. (2014.): Towards integrated control of varroa: Effect of variation in hygienic behaviour among honey bee colonies on mite population increase and symptoms of deformed wing virus incidence. Journal of Apicultural Research, 53(5): 555–562.
5. Anderson D.L., Trueman J.W.H. (2000): *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. Experimental and Applied Acarology, 24: 165–189.
6. Arathi, H.S., Burns, I., Spivak, M.S. (2000): Ethology of Hygienic Behaviour in the Honey Bee *Apis mellifera* L. Ethology, 106: 365–379.
7. Arathi, H.S., Spivak, M. (2001): Influence of colony genotypic composition on the performance of hygienic behaviour in the honeybee, *Apis mellifera* L. Animal Behaviour, 62(1): 57–66.
8. Arathi, H. S., Ho, G., Spivak, M. (2006): Inefficient task partitioning among nonhygienic honeybees, *Apis mellifera* L., and implications for disease transmission. Animal Behaviour 72: 431-438.
9. Arechavaleta-Velasco, M. E., Guzman-Novoa, E. (2001): Relative effect of four characteristics that restrain the population growth of the mite *Varroa destructor* in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. Apidologie, 32: 157–174.
10. Aumeier, P., P. Rosenkranz (2001): Scent or movement of *Varroa destructor* does not elicit hygienic behaviour by Africanized and Carniolan honey bees. Apidologie 32: 253-263.
11. Bailey, L., Gibbs, A.J., Woods, R.D. (1963): Two viruses from adult honey bees (*Apis mellifera* Linnaeus). Virology, 21, 390–395.
12. Bak, B., Wilde, J. (2016): Grooming behavior by worker bees of various subspecies of honey bees to remove *Varroa destructor* mites. Journal of Apicultural Research, 54(3): 207-2015.
13. Ball, B.V. (1983): The association of *Varroa jacobsoni* with virus diseases of honey bees. Experimental and Applied Acarology, 19: 607-613.
14. Barać, Z., Dražić, M.M., Solić, D., Fatović, Ž., Bulić, V., Ivkić, Z., Špehar, M., Mahnet, Ž., Mulc, D., Poljak, F. and Robić, E.L., (2013): 100 godina organiziranog uzgojno-seleksijskog rada u stočarstvu Hrvatske p 1-232. Hrvatska poljoprivredna agencija, Zagreb.

15. Berthoud, H., Imdorf, A., Haueter, M., Radloff, S., Neumann, P. (2010): Virus infections and winter losses of honey bee colonies (*Apis mellifera*). J. Apic. Res. 49: 60–65. doi: 10.3896/IBRA.1.49.1.08.
16. Bigio, G., Schürch, R., Ratnieks, F.L.W. (2013): Hygienic Behavior in Honey Bees (Hymenoptera: Apidae): Effects of Brood, Food, and Time of the Year. Journal of Economic Entomology, 106(6): 2280-2285.
17. Bienefeld, K., Pirchner, F. (1990): Heritabilities for several colony traits in the honeybee (*Apis mellifera carnica*). Apidologie, 21: 175-183.
18. Bienefeld, K., Pronin, D., Zautke, F., Mazeed, A. (1999): Recording the proportion of damaged *Varroa jacobsoni* Oud. in the debris of honey bee colonies. Apidologie, 30: 249–256.
19. Bienefeld, K., Ehrhardt, K., Reinhardt, F. (2007): Genetic evaluation in the honey bee considering queen and worker effects – A BLUP-Animal Model approach. Apidologie, 38: 77-85.
20. Bienefeld, K., Zautke, F., Gupta, P. (2016): A novel method for undisturbed long-term observation of honey bee (*Apis mellifera*) behavior – illustrated by hygienic behavior towards varroa infestation. Journal of Apicultural Research, 54(5): 541-547.
21. Boecking, O., Ritter, W., (1993): Grooming and removal behaviour of *Apis mellifera intermissa* in Tunisia against *Varroa jacobsoni*. Journal of Apicultural Research, 32(3/4): 127–134.
22. Boecking, O., Drescher, W. (1998): Research on Varroa resistant traits in European honey bee races. EUROBEE AIR3-CT94-1064, EU, Brussels, final report, 22 pp.
23. Boecking, O., Spivak, M. (1999): Behavioral defenses of honey bees against *Varroa jacobsoni* Oud. Apidologie, 30(2): 141–158.
24. Boecking, O., Bienefeld, K., Drescher, W. (2000): Heritability of the Varroa-specific hygienic behaviour in honey bees (Hymenoptera: Apidae). Journal of Animal Breeding and Genetics, 117: 417-424.
25. Boot, W.J., Calis, J.N.M., Beetsma, J. (1992): Differential periods of Varroa mite invasion into worker and drone cells of honey bees. Experimental and Applied Acarology, 16: 295– 301.
26. Bouga, M., Alaux, C., Bienkowska, M., Büchler, R., Carreck, N., Cauia, E., Chlebo, R., Dahle, B., Dall'Olio, R., De la Rúa, P., Gregorc, A., Ivanova, E., Kence, A., Kence, M., Kezic, N., Kiprijanovska, H., Kozmus, P., Kryger, P., Le Conte, Y., Lodesani, M., Murilhas, A.M., Siceanu, A., Soland, G., Uzunov, A., Wilde, J. (2011): A review of methods for discrimination of honey bee populations as applied to European beekeeping. Journal of Apicultural Research, 50(1): 51-84.
27. Bowen-Walker, P.L., Martin, S.J., Gunn, A. (1999): The transmission of deformed wing virus between honeybees (*Apis mellifera* L.) by the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud. Journal of Invertebrate Pathology, 73: 101-106.
28. Branco, M.R., Kidd, N.A.C., Pickard, R.S. (1999): Development of *Varroa jacobsoni* in colonies of *Apis mellifera iberica* in Mediterranean climate. Apidologie, 30: 491-503.
29. Branco, M.R., Kidd, N.A.C., Pickard, R.S. (2006): A comparative evaluation of sampling methods for *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) population estimation. Apidologie, 37: 452–461.

30. Brascamp, E.W., William, A., Boigenzahn, C., Bijma, P., Veerkamp, R.F. (2016): Heritabilities and genetic correlations for honey yield, gentleness, calmness and swarming behaviour in Austrian honey bees. *Apidologie*, 47(6): 739-748.
31. Brodschneider, R., Crailsheim, K. (2010): Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41(3): 278–294.
32. Brodschneider, R., Moosbeckhofer, R., Crailsheim, K. (2010): Surveys as a tool to record winter losses of honeybee colonies: A two year case study in Austria and South Tyrol. *Journal of Apicultural Research*, 49: 23-30.
33. Brodschneider, R., Gray, A., van der Zee, R. et al. (2016): Preliminary analysis of loss rates of honey bee colonies during winter 2015/16 from the COLOSS survey, *Journal of Apicultural Research*, 55:5, 375-378, DOI: 10.1080/00218839.2016.1260240.
34. Brodschneider, R., Alison Gray, Nouredine Adjlane, Alexis Ballis, Valters Brusbardis, Jean-Daniel Charrière, Robert Chlebo, Mary F Coffey, Bjørn Dahle, Dirk C de Graaf, Marica Maja Dražić, Garth Evans, Mariia Fedoriak, Ivan Forsythe, Aleš Gregorc, Urszula Grzęda, Amots Hetzroni, Lassi Kauko, Preben Kristiansen, Maritta Martikkala, Raquel Martín-Hernández, Carlos Aurelio Medina-Flores, Franco Mutinelli, Aivar Raudmets, Vladimir A Ryzhikov, Noa Simon-Delso, Jevrosima Stevanovic, Aleksandar Uzunov, Flemming Vejsnæs, Saskia Wöhl, Marion Zammit-Mangion & Jiří Daníhlík (2018) Multi-country loss rates of honey bee colonies during winter 2016/2017 from the COLOSS survey, *Journal of Apicultural Research*, 57:3, 452-457, DOI: 10.1080/00218839.2018.1460911
35. Bruce, W. A., Needham, G. R., Potts, W.J.E. (1997): The effects of temperature and water vapor activity on water loss by *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae). *American Bee Journal*, 137: 461-463.
36. Büchler, R. (1992): Die auswirkung einer brutunterbrechung auf reproduktion und überleben zugegebener Varroa-milben. *Ann. Universitatis Mariae Curie-Sklodowska* 47: 13–18.
37. Büchler R., Drescher W., Tournier I. (1992): Grooming behaviour of *Apis cerana*, *Apis mellifera* and *Apis dorsata*, reacting to *Varroa jacobsoni* and *Tropilaelaps clareae*. *Experimental and Applied Acarology*, 16: 313-319.
38. Büchler, R. (1996): Selektion auf Bruthygiene in der Kirchhainer Population. *Apidologie*, 24 (4): 280-281.
39. Büchler, R. (2000). Design and success of a German breeding program for varroa tolerance. *American Bee Journal*, 140: 662–665.
40. Büchler, R., Berg, S., Le Conte, Y. (2010): Breeding for resistance to *Varroa destructor* in Europe. *Apidologie*, 41(3): 393-408.
41. Büchler, R., Andonov, S., Bienefeld, K., Costa, C., Hatjina, F., Kezić, N., Kryger, P., Spivak, M., Uzunov, A., Wilde, J. (2013): Standard methods for rearing and selection of *Apis mellifera* queens. In V Dietemann; J D Ellis; P Neumann (Eds) *The COLOSS BEEBOOK, Volume I: standard methods for Apis mellifera research*. *Journal of Apicultural Research* 51(5): <http://dx.doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.07>.

42. Büchler, R., Costa, C., Hatjina, F., Andonov, S., Meixner, M.D., Le Conte, Y., Uzunov, A., Berg, S., Bienkowska, M., Bouga, M., Drazic, M., Dyrba, W., Kryger, P., Panasiuk, B., Pechhacker, H., Petrov, P., Kezić, N., Korpela, S., Wilde, J. (2014): The influence of genetic origin and its interaction with environmental effects on the survival of *Apis mellifera* L. colonies in Europe. *Journal of Apicultural Research*, 53(2): 205-214.
43. Büchler, R., Costa, C., Mondet, F., Kezić, N. (2015): Screening for low Varroa mite reproduction (SMR/VSH) in European honey bees. Research Network for Sustainable Bee Breeding (<http://www.beebreeding.net/archive.php>).
44. Büchler, R., Bienkowska, M., Cauia, E., Costa, C., Dahle, B., Kretavicius, J., Kovačić, M., Kryger, P., Lima, A.S., Mondet, F., Panasiuk, B., Parejo, M., Pinto, A., Wilde, J. (2016): Low Varroa mite reproduction in European honey bees. The 7th European Conference of Apidology, 7-9 September 2016., Cluj-Napoca, Romania.
45. Büchler, R., Kovačić, M. (2016): Artificial uncapping of brood cells affects the infestation and reproduction of *Varroa destructor*. Program und Abstracts 63. Jahrestagung der AG der Institute für Bienenforschung e.V., 22.-24. März 2016., Julius Kühn-Institut, Braunschweig, Njemačka.
46. Carneiro, F.E., Torres, R.R., Strapazzon, R., Ramirez, S.A., Guerra, J.C.V.Jr., Koling, D.F., Moretto, G. (2007): Changes in the Reproductive Ability of the Mite *Varroa destructor* (Anderson e Trueman) in Africanized Honey Bees (*Apis mellifera* L.) (Hymenoptera: Apidae) Colonies in Southern Brazil. *Neotropical Entomology*, 36(6): 949-952.
47. Carreck, N.L. (2008): Are honey bees (*Apis mellifera* L.) native to the British Isles? *Journal of Apicultural Research*, 47: 318–322.
48. Carreck, N.L., Vall, B.V., Martin, S. (2010): Honey bee colony collapse and changes in viral prevalence associated with *Varroa destructor*. *Journal of Apicultural Research*, 49: 93-94
49. Charistos, L.G. (2013): Morfološke, genetske i proizvodne karakteristike populacija medonosnih pčela (*Apis mellifera* L.) u zavisnosti od sastava fitocenoza severne i centralne Grčke. PhD thesis, University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade.
50. Chen, Y., Evans, J.D., Smith, I.B., Pettis, J.S. (2008): *Nosema ceranae* is a long-present and wide-spread microsporidian infection of the European honey bee (*Apis mellifera*) in the United States. *Journal of Invertebrate Pathology*, 97: 186–188.
51. Chen, Y.P., Pettis, J.S., Evans, J.D., Kramer, M., Feldlaufer, M.F. (2004): Transmission of Kashmir bee virus by the ectoparasitic mite *Varroa destructor*. *Apidologie*, 35: 441-448.
52. Collins, A.M. (1979): Genetics of the response of the honeybee to an alarm chemical, isopentyl acetate. *J. Apic. Res.*, 18: 285-291.
53. Collins, A.M. (1980): Effects of Temperature and Humidity on Honeybee Response to Alarm Pheromones, *Journal of Apicultural Research*, 20 (1): 13-18, DOI: 10.1080/00218839.1981.11100465.
54. Collins A. M., Rinderer T. E. (1985): Effect of empty comb on defensive behavior of honeybees. *Journal of Chemical Ecology*, 11(3): 333-338.
55. Collins A. M., Rinderer T. E., Tucker K. W. (1988): Colony defense of two honeybee types and their hybrid 1. naturally mated queens. *Journal of Apicultural Research* 27: 137–140.

56. Corrêa-Marques, M. H., De Jong, D. (1998): Uncapping of worker bee brood, a component of the hygienic behavior of Africanized honey bees against the mite *Varroa jacobsoni* Oudemans. *Apidologie*, 29: 283-290.
57. Corrêa-Marques, M. H. (2000): Sucesso reprodutivo do acaro *Varroa jacobsoni* em abelhas Africanizadas (*Apis mellifera*). IV Encontro de Abelhas, Ribeirao Preto, SP, Brazil, pp: 228-232.
58. Costa, C., Lodesani, M., Bienefeld, K. (2012): Differences in colony phenotypes across different origins and locations: evidence for genotype by environment interactions in the Italian honeybee (*Apis mellifera ligustica*)? *Apidologie*, 43(6): 634-642.
59. Currie R.W., Gatién P. (2006): Timing acaricide treatments to prevent *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) from causing economic damage to honey bee colonies, *The Canadian Entomologist*, 138: 238–252.
60. Danka, R.G., Harris, J.W., Dodds, G.E. (2015): Selection of VSH-derived „Pol-line“ honey bees and evaluation of their *Varroa* -resistance characteristics. *Apidologie*, 47(3): 483-490.
61. DeGrandi-Hoffman, G., Ahumada, F., Zazueta, V., Chambers, M., Hidalgo, G., & deJong, E. W. (2016): Population growth of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in honey bee colonies is affected by the number of foragers with mites. *Experimental and Applied Acarology*, 69(1), 21–34.
62. de Guzman, L. I., Rinderer, T. E., Frake, A. M. (2008): Comparative reproduction of *Varroa destructor* in different types of Russian and Italian honey bee combs. *Experimental and Applied Acarology*, 44(3): 227–238.
63. de Guzman, L. I., Rinderer, T. E., Frake, A. M., Kirrane, M. J. (2015): Brood removal influences fall of *Varroa destructor* in honey bee colonies. *Journal of Apicultural Research*, 54(3): 216-225.
64. Delaplane K.S., Hood W.M. (1999): Economic threshold for *Varroa jacobsoni* Oud. in the southeastern USA. *Apidologie*, 30: 383–395.
65. Delaplane, K. S., Steen, J. Van Der, Guzman-Novoa, E. (2013): Standard methods for estimating strength parameters of *Apis mellifera* colonies. *Journal of Apicultural Research*, 52(1): 1–12.
66. Dietemann, V., Nazzi, F., Martin, S. J., Anderson, D. L., Locke, B., Delaplane, K. S., ... Ellis, J. D. (2013). Standard methods for varroa research. *Journal of Apicultural Research*, 52(1): 1–54.
67. Di Prisco, G., Pennacchio, F., Caprio, E., Boncristiani, H.F., Evans, J.D., Chen, Y. (2011): *Varroa destructor* is an effective vector of Israeli acute paralysis virus in the honeybee, *Apis mellifera*. *Journal of General Virology*, 92: 151-155.
68. Donzé, G., Guérin, P.M. (1994): Behavioral attributes and parental care of *Varroa* mites parasitizing honeybee brood. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 34: 305–319.
69. Döke, M.A., Frazier, M. & Grozinger, C.M., (2015): Overwintering honey bees: biology and management. *Current Opinion in Insect Science*, 10, pp.185–193. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.014>.
70. Dominiković Z., Brence-Lazarus T., Bubalo D., Dražić M., Kezić N. (1997): Program gojidbenog stvaranja pčela u Republici Hrvatskoj. 1-36. Zagreb, Hrvatska: Hrvatski stočarsko selekcijski centar.

71. Dražić, M. M., Filipi, J., Prđun, S., Bubalo, D., Špehar, M., Cvitković, D., Kezić, D., Pechhacker, H., Kezić, N. (2014): Colony development of two Carniolan genotypes (*Apis mellifera carnica*) in relation to environment. *Journal of Apicultural Research*, 53(2): 261-268.
72. Drescher W., Schneider, P. (1987): The effect of the Varroa mite upon the fat body of worker bees and their tolerance of pesticides. *Africanized Honey Bees and Bee Mites*, Needham G.R. et al. (Eds.), Ellis Horwood Ltd, Chichester, England, UK, pp. 452–456.
73. Ehrhardt, K., Reinach, N., Büchler, R., Gavido, C., Bienefeld, K. (2007): Genetic parameters for varroa resistance in the honey bee. *Abstracts of the 40th Apimondia International Apicultural Congress 9: 14.09. Melbourne, Australia* (pp. 145–146).
74. Ellis, J.D., Munn, P.A. (2005): The worldwide health status of honey bees. *Bee World*, 86, 88–101.
75. Falconer, D.S., Mackay, T.F.C. (1996): *Introduction to quantitative genetics* (4th Ed.). Longman; New York, USA.
76. Free, J.B., Racey, P.A. (1968): The effect of the size of honeybee colonies on food consumption, brood rearing and the longevity of the bees during winter. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 11(2): 241 – 249.
77. Frey, E., Odemer, R., Blum, T., Rosenkranz, P. (2013): Activation and interruption of the reproduction of *Varroa destructor* is triggered by host signals (*Apis mellifera*). *Journal of Invertebrate Pathology*, 113(1): 56–62.
78. Frey, E. V. A., Rosenkranz, P. (2014): Autumn Invasion Rates of *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) Into Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colonies and the Resulting Increase in Mite Populations. *Apiculture and Social Insect*, 4: 508–515.
79. Fries, I., Aarhus, A., Hansen, H., Korpela, S. (1991): Comparison of diagnostic methods for detection of low infestation levels of *Varroa jacobsoni* in honey-bee (*Apis mellifera*) colonies. *Experimental and Applied Acarology*, 10: 279–287.
80. Fries, I., Huazhen, W., Wei, S., Jin, C.S. (1996): Grooming behavior and damaged mites (*Varroa jacobsoni*) in *Apis cerana cerana* and *Apis mellifera ligustica*. *Apidologie*, 27: 3-11.
81. Fries, I., Hansen, H., Imdorf, A., Rosenkranz, P. (2003): Swarming in honey bees (*Apis mellifera*) and *Varroa destructor* population development in Sweden. *Apidologie*, 34: 389–397.
82. Fries, I., Imdorf, A., Rosenkranz, P. (2006): Survival of mite infested (*Varroa destructor*) honey bee (*Apis mellifera*) colonies in a Nordic climate. *Apidologie*, 37(5): 564–570.
83. Fries, I., Bommarco, R. (2007): Possible host-parasite adaptations in honey bees infested by *Varroa destructor* mites. *Apidologie*, 38: 525–533.
84. Fries, I., Chauzat, M.-P., Chen, Y.-P., Doublet, V., Genersch, E., Gisder, S., Higes, M., McMahon, D.P., Martin-Hernandez, R., Natsopoulou, M., Paxton, R.J., Tanner, G., Webster, T.C., Williams, G. R. (2013): Standard methods for Nosema research. *Journal of Apicultural Research*, 52(1): 1–28.
85. Fuchs, S., Langenbach, K. (1989): Multiple infestation of *Apis mellifera* L. brood cells and reproduction in *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie*, 20(3): 257-266.

86. Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J., Vaissière, B.E., (2009): Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68: 810–821.
87. Garcia, R.C., Oliveira, N.T.E., Camargo, S.C., Pires, B.G., Oliveira, C.A.L., Teixeira, R.A., Pickler, M.A. (2013): Honey and propolis production, hygiene and defense behaviour of two generations of Africanized honey bees. *Scientia Agricola*, 70(2): 74-81.
88. Garrido, C., Rosenkranz, P., Stürmer, M., Rübsam, R., Büning, J. (2000): Toluidine blue staining as a rapid measure for initiation of oocyte growth and fertility in *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie*, 31: 559–566.
89. Garrido, C., Rosenkranz, P., Paxton, R.J., Goncalves, L.S. (2003): Temporal changes in *Varroa destructor* fertility and haplotype in Brazil. *Apidologie*, 34: 535-541.
90. Genersch, E. von der Ohe, W., Kaatz, H., Schroeder, A., Otten, C., Büchler, R., Berg, S., Ritter, W., Mühlen, W., Gisder, S., Meixner, M., Liebig, G., Rosenkranz, P. (2010): The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie*, 41(3): 332–352.
91. Gervan, N. L., Winston, M. L., Higo, H. A., Hoover, S. E. R. (2005): The effects of honey bee (*Apis mellifera*) queen mandibular pheromone on colony defensive behaviour. *Journal of Apicultural Research*, 44(4), 175–179.
92. Gilliam M., Taber S. III, Richardson G.V. (1983): Hygienic behavior of honey bees in relation to chalkbrood disease. *Apidologie*, 14: 29-39.
93. Gilliam M., Taber S. III, Lorenz, B.J., Prest D.B. (1988): Factors affecting development of chalkbrood disease in colonies of honey bees, *Apis mellifera*, fed pollen contaminated with *Ascosphaera apis*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 52: 314-325.
94. Gramacho, K.P., Goncalves, L.S., Rosenkranz, P., De Jong, D. (1999): Influence of body fluid from pin-killed pupae on hygienic behavior. *Apidologie*, 30: 367–374.
95. Gramacho, K.P., Goncalves, L.S. (2009): Sequential hygienic behavior in Carniolan honey bees (*Apis mellifera carnica*). *Genetics and Molecular Research*, 8(2): 655-663.
96. Gregorc, A., Poklukar, J., Mihelič, J. (2003). The carniolan bee (*Apis mellifera carnica*) in Slovenia. *Beekeepers Association of Slovenia*: 1-48.
97. Gregorc, A., Lokar, V. (2010): Selection criteria in an apiary of carniolan honey bee (*Apis mellifera carnica*) colonies for queen rearing. *Journal of Central European Agriculture*, 11(4): 401-408.
98. Guzman-Novoa, E., Hunt, G.J., Uribe-Rubio, J.L., Prieto-Merlos, D. (2004): Genotypic effects of honey bee (*Apis mellifera*) defensive behaviour at the individual and colony levels: the relationship of guarding, pursuing and stinging. *Apidologie*, 35: 15-24. DOI: 10.1051/apido:2003061.
99. Guzman-Novoa, E., Emsen, B., Unger, P., Espinosa-Montaño, L.G., Petukhova, T. (2012): Genotypic variability and relationships between mite infestation levels, mite damage, grooming intensity, and removal of *Varroa destructor* mites in selected strains of worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Invertebrate Pathology*, 110: 314-320.
100. Harbo, J.R. (1986): Effect of population size on brood production, worker survival and honey gain in colonies of honeybees. *Journal of Apicultural Research*, 25: 22–29.

101. Harbo, J.R., Harris, J.W. (1999a): Heritability in Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) of Characteristics Associated with Resistance to *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae). *Journal of Economic Entomology*, 92(2): 261–265.
102. Harbo, J.R., Harris, J.W. (1999b): Selecting honey bees for resistance to *Varroa jacobsoni*. *Apidologie*, 30(2–3): 183–196.
103. Harbo, J.R., Harris, J.W. (2005): Suppressed mite reproduction explained by the behaviour of adult bees. *Journal of Apicultural Research*, 44(1): 21–23.
104. Harbo, J.R., Hoopingarner, R.A. (1997): Honey bees (Hymenoptera: Apidae) in the United States that express resistance to *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae). *Journal of Economic Entomology*, 90: 893–898.
105. Harris J.W. (2007) Bees with Varroa sensitive hygiene preferentially remove mite infested pupae aged $\leq$ five days post capping. *Journal of Apicultural Research*, 46: 134–139.
106. Harris, J. W. (2008): Effect of Brood Type on Varroa-Sensitive Hygiene by Worker Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 101(6): 1137–1144.
107. Harris, J. W., Danka, R. G., Villa, J. D. (2010): Honey bees (Hymenoptera: Apidae) with the trait of Varroa sensitive hygiene remove brood with all reproductive stages of Varroa mites (Mesostigmata: Varroidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 103(2): 146–152.
108. Harris, J. W., Danka, R. G., Villa, J. D. (2012): Changes in Infestation, Cell Cap Condition, and Reproductive Status of *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) in Brood Exposed to Honey Bees with Varroa Sensitive Hygiene. *Annals of the Entomological Society of America*, 105(3): 512–518.
109. Hatjina, F., Bienkowska, M., Charistos, L., ... Wilde, J. (2014a): A review of methods used in some European countries for assessing the quality of honey bee queens through their physical characters and the performance of their colonies. *Journal of Apicultural Research*, 53(3): 337–363.
110. Hatjina, F., Costa, C., Büchler, R., Uzunov, A., Drazic, M., Filipi, J., Charistos, L., Ruottinen, L., Andonov, S., Meixner, M.D., Bienkowska, M., Dariusz, G., Panasiuk, B., Le Conte, Y., Wilde1, J., Berg, S., Bouga, M., Dyrba, W., Kiprijanovska, H., Korpela, S., Kryger, P., Lodesani, M., Pechhacker, H., Petrov, P., Kezic, N. (2014b): Population dynamics of European honey bee genotypes under different environmental conditions. *Journal of Apicultural Research*, 53(2): 233–247.
111. Higes, M., García-Palencia, P., Martín-Hernández, R., Meana, A. (2007): Experimental infection of *Apis mellifera* honeybees with *Nosema ceranae* (Microsporidia). *Journal of Invertebrate Pathology*, 94: 211–217.
112. Hoffmann, S. (1996): Untersuchungsmethoden und Analyse der quantitativ genetischen Basis unterschiedlicher Varroatose-Anfälligkeit von Bienenvölkern der Carnica-Rasse (*Apis mellifera carnica* Pollmann). Inaugural-Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.
113. Human, H., Brodschneider, R., Dietemann, V., Dively, G., Ellis, J. D., Forsgren, E., ... Zheng, H.-Q. (2013): Miscellaneous standard methods for *Apis mellifera* research. *Journal of Apicultural Research*, 52(4): 1–56.

114. Hunt, G.J., Guzmán-Novoa, E., Uribe-Rubio, J.L., Prieto-Merlos, D. (2003): Genotype–environment interactions in honeybee guarding behaviour. *Animal behaviour*, 66 (3): 459–467.
115. IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.
116. Ibrahim, A., Spivak, M. (2006): The relationship between hygienic behavior and suppression of mite reproduction as honey bee (*Apis mellifera*) mechanisms of resistance to *Varroa destructor*. *Apidologie*, 37: 31–40.
117. Ifantidis, M. D. (1984): Parameters of the population dynamics of the Varroa mite on honeybees. *Journal of Apicultural Research*, 23: 227–233.
118. Ifantidis, M.D., Thrasyvoulou, A., Pappas, M. (1988): Some aspects of the process of *Varroa jacobsoni* mite entrance into honey bee (*Apis mellifera*) brood cells. *Apidologie*, 19: 387–396.
119. Ifantidis, M.D. (1990): Re-examination of some parameters concerning reproduction of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. In: *Proceedings of the International Symposium on Recent Research on Bee Pathology*, Gent, Belgium, pp. 20–26.
120. Imdorf, A., Buehlmann, G., Gerig, L., Kilchenmann, V., Wille, H. (1987): Überprüfung der Schätzmethode zur Ermittlung der Brutfläche und der Anzahl Arbeiterinnen in freifliegenden Bienenvölkern. *Apidologie*, 18(2): 137–146.
121. Imdorf, A., Ruoff, K., Fluri, P. (2008): Volksentwicklung bei der Honigbiene. *ALP Forum* 68: 1–88.
122. Invernizzi, C., Zefferino, I., Santos, E., Sánchez, L., & Mendoza, Y. (2015): Multilevel assessment of grooming behavior against *Varroa destructor* in Italian and Africanized honey bees. *Journal of Apicultural Research*, 54(4): 321–327.
123. Jacques, A., Laurent, M., EPILOBEE Consortium, Ribière-Chabert, M., Saussac, M., Bougeard, S., Budge, G.E., Hendrikx, P., Chauzat, M-P. (2017): A pan-European epidemiological study reveals honey bee colony survival depends on beekeeper education and disease control. *PLoS ONE* 12(3): e0172591.
124. Kefuss, J., Taber, S., Vanpoucke, J., Rey, F. (1996): A practical method to test for disease resistance in honey bees. *American Bee Journal*, 136(1): 31–32.
125. Kefuss, J., Vanpoucke, J., Bolt, M., Kefuss, C. (2015): Selection for resistance to *Varroa destructor* under commercial beekeeping conditions. *Journal of Apicultural Research*, 54(5): 563–576.
126. Kezić, N., Dražić, M., Bubalo, D., Mustapić, Z. (2001): Breeding and selection of carniolan bees (*A. m. carnica*) in Croatia. Abstracts of the 37th International Apicultural Congress - Apimondia 2001 / Apimondia Press (ur.). - Durban: Apimondia Press.
127. Kezić, N., Bubalo, D., Capan, N., Šver, Z., Domaćinović, V., Ivanković, M., Svečnjak, L., Dražić, M.M. (2005): Gospodarske i biološke odlike sive pčele u Hrvatskoj // proceedings, XL Croatian Symposium on Agriculture / Kovačević, Vlado; Jovanovac, Sonja (ur.). Opatija: Poljoprivredni fakultet, Osijek, 2005. 293–294.
128. Kirrane, M. J., De Guzman, L. I., Rinderer, T. E., Frake, A. M., Wagnitz, J., Whelan, P. M. (2011): Asynchronous development of honey bee host and *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) influences reproductive potential of mites. *Journal of Economic Entomology*, 104: 1146–1152.

129. Kirrane, M.J., de Guzman L.I., Holloway, B., Frake A.M., Rinderer, T.E., Whelan, P. M. (2015): Phenotypic and Genetic Analyses of the Varroa Sensitive Hygienic Trait in Russian Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colonies. PLoS One 10(4): e0116672.
130. Klee, J., Besana, A.M., Genersch, E., Gisder, S., Nanetti, A., Tam, D.Q., Chinh, T.X., Puerta, F., Ruz, J.M., Kryger, P., Message, D., Hatjina, F., Korpela, S., Fries, I., Paxton, R. (2007): Widespread dispersal of the microsporidian *Nosema ceranae*, an emergent pathogen of the western honey bee, *Apis mellifera*. Journal of Invertebrate Pathology, 96: 1–10.
131. Klein, A.M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tscharntke, T. (2007): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society of London B, 274: 303–313.
132. Kovačić, M., Puškadija, Z. (2015): Utjecaj količine legla i broja pčela na higijensko ponašanje radilica tri linije medonosne pčele (*Apis mellifera* L.). In Book of Abstracts, 51st Croatian and 11th International Symposium on Agriculture, Opatija, 15-18.2.2015.
133. Kovačić, M., Puškadija, Z., Jelkić, D., Kranjac, D. (2015): Utjecaj higijenskog ponašanja pčela na populaciju grinja (*Varroa destructor*) u pčelinjoj zajednici. In proceedings & abstracts of “8th International scientific/professional conference Agriculture in nature and environment protection”. Vukovar, 1-3 June 2015.
134. Korpela S., Ruottinen, L. (2010): Winter food usage economy: a key factor for reducing winter losses of bee colonies in long winter conditions. In “Proceedings of 6th COLOSS Conference, Prevention of Honey Bee COLony LOSSes”, Ankara, Turkey, 5.-6.09.2010.
135. Kraus, B., Velthuis. H.H.W. (1997): High humidity in the honey bee (*Apis mellifera* L.) brood nest limits reproduction of the parasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud. Naturwissenschaften 84: 217-218.
136. Kruitwagen, A., van Langevelde, F., van Dooremalen, C., & Blacqui re, T. (2017): Naturally selected honey bee (*Apis mellifera*) colonies resistant to *Varroa destructor* do not groom more intensively. Journal of Apicultural Research, 56(4): 354–365.
137. Kulin evi , J. M., Rinderer, T. E., Uro evi , D. J. (1988): Seasonality and colony variation of reproducing and non-reproducing *Varroa jacobsoni* females in the western honey bee (*Apis mellifera*) worker brood. Apidologie, 20: 173–180.
138. Land, B.B., Seeley, T.D. (2004): The grooming invitation dance of the honey bee. Ethology, 110: 1-10.
139. Lapidge, K.L., Oldroyd, B.P., Spivak, M. (2002): Seven suggestive quantitative trait loci influence hygienic behavior of honey bees. Naturwissenschaften, 89: 565–568.
140. Lattorff, H.M.G., Buchholz, J., Fries, I., Moritz, R.F.A. (2015): A selective sweep in a *Varroa destructor* resistant honeybee (*Apis mellifera*) population. Infection, Genetics and Evolution, 31:169-176.
141. Le Conte, Y., Arnold, G., Desenfant, P. H. (1990): Influence of brood temperature and hygrometry variation on the development of the honey bee ectoparasite *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae). Environmental Entomology, 19: 1780-1785.
142. Le Conte, Y., De Vaublanc, G., Crauser, D., Jeanne, F., Rousselle, J.-C., Becard, J.-L. (2007): Honey bee colonies that have survived *Varroa destructor*. Apidologie, 38(6): 566–572.

143. Le Conte Y., Navajas M. (2008): Climate change: impact on bee populations and their illnesses. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot*, 27: 485–497.
144. Le Conte, Y., Ellis, M., Ritter, W. (2010): Varroa mites and honey bee health: can Varroa explain part of the colony losses? *Apidologie*, 41: 353–363.
145. Lee, K. V., Moon, R.D., Burkness, E.C., Hutchinson, W.D., Spivak, M. (2010): Practical Sampling Plans for *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) Colonies and Apiaries. *Journal of Economic Entomology*, 103(4): 1039–1050.
146. Lee K. V., Steinhauer, N., Rennich, K., Wilson, M.E., Tarpy, D.R., Caron, D.M., Rose, R., Delaplane, K.S., Baylis, K., Lengerich, E.J., Pettis, J., Skinner, J. A., Wilkes, J. T., Sagili, R., vanEngelsdorp, D. (2015): A national survey of managed honey bee 2013–2014 annual colony losses in the USA. *Apidologie*, 46 (3): 292–305.
147. Liebig, G. (1994): Entwicklung von Bienenvölkern – Ergebnisse des Forschungsprogrammes “Volksentwicklung”. Gesellschaft der Freunde der Landesanstalt für Bienenkunde der Universität Hohenheim. Festschrift Hohenheim aktuell.
148. Liebig G. (2001): How many varroa mites can be tolerated by a honey bee colony? *Apidologie* 32, 482– 484.
149. Locke, B., Fries, I. (2011): Characteristics of honey bee colonies (*Apis mellifera*) in Sweden surviving *Varroa destructor* infestation. *Apidologie*, 42: 533–542.
150. Locke, B. (2016): Natural Varroa mite-surviving *Apis mellifera* honeybee populations. *Apidologie*, 47(3): 467-482.
151. Loftus, J.C., Smith, M.L., Seeley, T.D. (2016): How Honey Bee Colonies Survive in the Wild: Testing the Importance of Small Nests and Frequent Swarming. *PLoS ONE*, 11(3): e0150362.
152. Lodesani M., Vecchi M.A., Tommasini S., Bigliardi M. (1996): A study on different kinds of damage to *Varroa jacobsoni* in *Apis mellifera ligustica* colonies, *Journal of Apicultural Research*, 35: 49-56.
153. Martin, S. (1994): Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in worker brood of the honeybee *Apis mellifera* L. under natural conditions. *Experimental and Applied Acarology*, 18: 87–100.
154. Martin, S. (1995): Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in drone brood of the honeybee *Apis mellifera* L. under natural conditions. *Experimental and Applied Acarology*, 19: 199–210.
155. Martin, S., Holland, K., Murray, M. (1997): Non-reproduction in the honeybee mite *Varroa jacobsoni*. *Experimental and Applied Acarology*, 21: 539–549.
156. Martin, S. (1998): A population model for the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Ecological Modelling*, 109(3): 267–281.
157. Martin, S., Hogarth, A., van Breda, J., Perrett, J. (1998): A scientific note on *Varroa jacobsoni* Oudemans and the collapse of *Apis mellifera* L. colonies in the United Kingdom. *Apidologie*, 29: 369-370.
158. Martin, S. Highfield, A.C., Brettell, L., Villalobos, E.M., Budge, C.E., Powell, M., Nikaido, S., Schroeder, D.C. (2012): Global honey bee viral landscape altered by a parasitic mite. *Science*, 336: 1304-1306.

159. McMenamin, A.J., Genersch, E. (2015): Honey bee colony losses and associated viruses. *Current Opinion in Insect Science*, 8: 121-129.
160. Medina, L.M., Martin, S.J. (1999): A comparative study of *Varroa jacobsoni* reproduction in worker cells of honey bees (*Apis mellifera*) in England and Africanized bees in Yucatan, Mexico. *Experimental and Applied Acarology*, 23: 659-667.
161. Meixner, M.D., Worobik, M., Wilde, J., Fuchs, S., Koeniger, N. (2007): *Apis mellifera mellifera* in Eastern Europe - morphometric variation and determination of its range limits. *Apidologie*, 38: 191-197.
162. Meixner, M.D., Pinto, M.A., Bouga, M., Kryger, P., Ivanova, E., Fuchs, S. (2013): Standard methods for characterising subspecies and ecotypes of *Apis mellifera*. In V Dietemann; J D Ellis; P Neumann (Eds) *The COLOSS BEEBOOK, Volume I: standard methods for Apis mellifera research*. *Journal of Apicultural Research*, 52(4): 2013.
163. Milani, N. (1999): The resistance of *Varroa jacobsoni* Oud. to acaricides. *Apidologie* 30: 229-234.
164. Milani, N., Della, V.G., Nazzi, F. (2004): (Z)-8-Heptadecene reduces the reproduction of *Varroa destructor* in brood cells. *Apidologie*, 35: 265-274.
165. Momot J.P., Rothenbuhler, W.C. (1971): Behaviour genetics of nest cleaning in honeybees. VI. Interactions of age and genotype of bees, and nectar flow. *Journal of Apicultural Research*, 10(1): 11-21.
166. Mondet, F., Alaux, C., Severac, D., Rohmer, M., Mercer, A. R., & Le Conte, Y. (2015): Antennae hold a key to *Varroa*-sensitive hygiene behaviour in honey bees. *Scientific Reports*, 5: 10454.
167. Mondet, F., Kim, Seo Hyun, K., de Miranda, J.R., Beslay, D., Le Conte, Y., Mercer, A.R. (2016): Specific Cues Associated with Honey Bee Social Defense against *Varroa destructor* Infested Brood. *Scientific reports*, 6(May), p.25444.
168. Mondragon, L., Spivak, M., Vandame, R. (2005): A multifactorial study of the resistance of honeybees *Apis mellifera* to the mite *Varroa destructor* over one year in Mexico. *Apidologie*, 36: 345-358.
169. Mondragon, L., Martin, S., Vandame, R. (2006): Mortality of mite offspring: a major component of *Varroa destructor* resistance in a population of Africanized bees. *Apidologie*, 37: 67-74.
170. Moosbeckhoffer, R., Fabsicz, M., Kohlich, A. (1988): Investigations on the correlation between rate of reproduction of *Varroa jacobsoni* and infestation rate of honeybee colonies. *Apidologie*, 19: 181-208.
171. Moosbeckhofer, R. (1992). Beobachtungen zum Auftreten beschädigter Varroamilben im natürlichen Totenfall bei Völkern von *Apis mellifera carnica*. *Apidologie*, 23: 523-531.
172. Morais, M.M., Franco, T.M., Pereira, R.A., De Jong, D., Goncalves, L.S. (2009): Africanized honey bees are efficient at detecting, uncapping and removing dead brood. *Genetics and Molecular Research* 8(2): 718-724.
173. Moretto, G., Goncalves, L. S., De Jong, D. (1991): Africanized bees are more efficient at removing *Varroa jacobsoni* – preliminary report. *American Bee Journal*, 131: 434.
174. Moritz, R.F.A., Southwick, E.E., Harbo, J.B. (1987): Genetic analysis of defensive behaviour of honeybee colonies (*Apis mellifera* L.) in a field test. *Apidologie*, 18(1): 27-42.

175. Moritz, R.F.A. (1988): A re-evaluation of the two locus model for hygienic behaviour in honeybees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Heredity*, 79: 257–262.
176. Möbus, B. (1983): Bee breeding in Germany. In B Möbus, B; J van Praagh (Eds). *Pedigree bee breeding in western Europe*. British Isles Bee Breeders Association; Derby, UK. pp. 6-12
177. Muli, E., Patch, H., Frazier, M., Frazier, J., Torto, B., Baumgarten, T., Kilonzo, J., Ng'ang'a Kimani, J., Mumoki, F., Masiga, D., Tumlinson, J., Grozinger, C. (2014): Evaluation of the Distribution and Impacts of Parasites, Pathogens, and Pesticides on Honey Bee (*Apis mellifera*) Populations in East Africa. *PLOS ONE* 9(4): e94459.
178. Muñoz, I., Dall'Olio, R., Lodesani, M., De la Rua, P. (2009): Population genetic structure of coastal Croatian honeybees (*Apis mellifera carnica*). *Apidologie*, 40(6): 617–626.
179. Nazzi, F., Milani, N., Della Vedova, G. (2002): (Z)-8- Heptadecene from infested cells reduces the reproduction of *Varroa destructor* under laboratory conditions, *Journal of Chemical Ecology*, 28: 2181–2190.
180. Nazzi, F., Le Conte, Y. (2016): Ecology of *Varroa destructor*, the Major Ectoparasite of the Western Honey Bee, *Apis mellifera*. *Annual Review of Entomology*, 61: 417-432.
181. Nedić, N. (2009): Biološko – proizvodne osobine medonosne pčele (*Apis mellifera carnica* poll.) na teritoriji Srbije. PhD thesis, University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade.
182. Nedić, N., Stojanović, Z., Jevtić, G., Plavša, N., Matović, K. (2011): Variability of production characteristics of distinguished lines of bees in western Serbia. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27(3): 1379-1386.
183. Nelson, D.L., Gary, N.E. (1983): Honey productivity of honeybee colonies in relation to body weight, attractiveness and fecundity of the queen. *Journal of Apicultural Research*, 22(4): 209-213.
184. Neumann, P., Carreck, N.L. (2010): Honey bee colony losses. *Journal of Apicultural Research*, 49(1): 1.
185. Neumann, P., Blacquière, T. (2017): The Darwin cure for apiculture? Natural selection and managed honey bee health. *Evolutionary Applications*, 10(3): 226–230.
186. Newton, D.C., Ostasiewski, N.J. (1986): A simplified bioassay for behavioral resistance to American foulbrood in honey bees (*Apis mellifera* L.). *American Bee Journal*, 126: 278-281.
187. Nicodemo, D., De Jong, D., Couto, R.H.N., Malheiros, E.B. (2013): Honey bee lines selected for high propolis production also have superior hygienic behavior and increased honey and pollen stores. *Genetics and Molecular Research*, 12 (4): 6931-6938.
188. Nolan, M. P., Delaplane, K. S. (2016): Distance between honey bee *Apis mellifera* colonies regulates populations of *Varroa destructor* at a landscape scale. *Apidologie*, 48 (1): 8-16.
189. Oddie, M.A.Y., Dahle, B. Neumann, P. (2017): Norwegian honey bees surviving *Varroa destructor* mite infestations by means of natural selection. *PeerJ*, 5(October), p.e3956.
190. Oddie, M., Büchler, R., Dahle, B., Kovačić, M., Le Conte, Y., Locke, B., de Miranda, J.R., Mondet, F., Neumann, P. (2018): Rapid parallel evolution overcomes global honey bee parasite. *Scientific Reports* 8: 7704. DOI:10.1038/s41598-018-26001-7

191. Otten, C. and Fuchs, S. 1990. Seasonal variations in the reproductive behaviour of *Varroa jacobsoni* in colonies of *A. mellifera carnica*, *A.m. ligustica* and *A.m. mellifera*. *Apidologie*, 21: 367–368.
192. Palacio M. A., Figini E., E., Ruffinengo S. R., Rodriguez E. M., Del Hoyo M. L., Bedascarrasbure E. L. (2000): Changes in a population of *Apis mellifera* L. selected for hygienic behaviour and its relation to brood disease tolerance. *Apidologie*, 31: 471–478.
193. Palácio MA, Flores JM, Figini E, Ruffinengo S, et al. (2005). Evaluation of the time of uncapping and removing dead brood from cells by hygienic and non-hygienic honey bees. *Genet. Mol. Res.* 4: 105-114.
194. Palacio, M.A., Rodriguez, E., Goncalves, L., Bedascarrasbure, E., Spivak, M. (2010): Hygienic behaviors of honey bees in response to brood experimentally pin-killed or infected with *Ascosphaera apis*. *Apidologie*, 41(6): 602–612.
195. Panasiuk, B., Skowronek, W., Gerula, D. (2009): Effect of period of the season and environmental conditions on rate of cleaning cells with dead brood. *Journal of Apicultural Science*, 53(1): 95–103.
196. Peng, Y., Fang, Y., Xu, S., Ge, L., (1987): The resistance mechanism of the Asian honey bee, *Apis cerana* Fabr. to an ectoparasitic mite, *Varroa jacobsoni* Oudemans. *Journal of Invertebrate Pathology*, 49: 54-60.
197. Pérez-Sato, J.A., Chaline, N., Martin, S.J., Hughes, W.O.H., Ratnieks, F.L.W. (2009): Multi-level selection for hygienic behaviour in honeybees. *Heredity*, 102(6): 609–615.
198. Pernal, S.F., Sewalem, A., Melathopoulos, A.P. (2012): Breeding for hygienic behaviour in honeybees (*Apis mellifera*) using free-mated nucleus colonies. *Apidologie*, 43(4): 403-416.
199. Pinto, F.d.A., Puker, A., Barreto, L. (2012): The ectoparasite mite *Varroa destructor* Anderson and Trueman in south- eastern Brazil apiaries: Effects of the hygienic behavior of Africanized honey bees on infestation rates. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 64: 1194–1199.
200. Poklucar, J. (1999): Izboljšanje odbire čebel na proizvodne lastnosti z uporabo selekcijskega indeksa. *Zbornik Biotehniške fakultete Univerze u Ljubljani, Kmetijstvo, Zootehnika*, 74: 47-55.
201. Poklucar, J. (2001): Influence of honeybee queens origin to the production characteristics of carniolan bees (*Apis mellifera carnica*) in Slovenia. *Journal of Central European Agriculture*, 2 (3-4): 165-172.
202. Potts, S.G., Roberts, S.P.M., Dean, R., Marris, G., Brown, M., Jones, R., Neumann, P., Settele, J. (2010): Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of Apicultural Research*, 49: 15–22.
203. Pritchard, D.J. (2016): Grooming by honey bees as a component of varroa resistant behavior. *Journal of Apicultural Research*, 55(1): 38-48.
204. Puškadija, Z., Štefanić, E., Mijić, E., Zdunić, Z., Paradžiković, N., Florijančić, T., Opačak, A. (2007): Influence of weather conditions on honey bee visits (*Apis mellifera carnica*) during sunflower (*Helianthus annuus* L.) flowering period. *Poljoprivreda* 13(1).

205. Puškadija, Z., Spiljak, L., Kovačić, M. (2017): Late winter feeding stimulates rapid spring development of carniolan honey bee colonies (*Apis mellifera carnica*). Poljoprivreda, 23(2): 73-77.
206. Rašić, S. (2013): Morfološke, genetske i proizvodne karakteristike selekcionisanih linija medonosne pčele (*Apis mellifera carnica*). PhD thesis, University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade.
207. Renz M., Rosenkranz P. (2001): Infestation dynamics and reinvasion of *Varroa destructor* mites in honey bee colonies kept isolated and in groups. Apidologie, 32: 492–494.
208. Ritter, W., De Jong, D. (1984): Reproduction of *Varroa jacobsoni* in Europe, the Middle East and tropical South America. Z. Angew. Entomol., 98: 55–57.
209. Roberts, J.M.K., Anderson, D.L., Durr, P.A. (2017): Absence of deformed wing virus and *Varroa destructor* in Australia provides unique perspectives on honeybee viral landscapes and colony losses. Scientific reports, 7: 6925. DOI:10.1038/s41598-017-07290-w.
210. Rosenkranz, O., Engels, W. (1994): Infertility of *Varroa jacobsoni* females after invasion into *Apis mellifera* worker brood as a tolerance factor against varroatosis. Apidologie, 25(4): 402–411.
211. Rosenkranz, P., Fries, I., Boecking, O., Stürmer, M. (1997): Damaged Varroa mites in the debris of honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies with and without hatching brood. Apidologie, 28 (6): 427-437.
212. Rosenkranz, P., Aumeier, P., Ziegelmann, B. (2010): Biology and control of *Varroa destructor*. Journal of invertebrate pathology, 103: 96-119.
213. Rothenbuhler, W.C. (1964a): Behaviour genetics of nest cleaning in honey bees. I. Responses of four inbred lines to disease-killed brood. Animal behaviour, 12: 578-583.
214. Rothenbuhler, W.C. (1964b): Behaviour genetics of nest cleaning in honey bees. IV. Responses of F1 and backcross generations to disease-killed brood. American Zoologist, 4: 111-123.
215. Ruttner, H. (1972): Technical recommendations for methods of evaluating performance of bee colonies. In F. Ruttner, Controlled mating and selection of the honey bee. Bucharest, Apimondia, Bucharest, Romania. pp. 87-92.
216. Ruttner F. (1975): *Races of bees*. U “The Hive and the Honey Bee”. Dadant and Sons, 19-38.
Dadant and Sons, Hamilton, Illinois.
217. Ruttner, F. (1988): Biogeography and Taxonomy of Honeybees. Springer Verlag, Berlin.
218. Ruttner, F., Hänel, H. (1992): Active defense against Varroa mites in a Carniolan strain of honeybee (*Apis mellifera carnica* Pollmann). Apidologie, 23: 173-187.
219. Seeley T.D., Visscher P.K. (1985): Survival of honeybees in cold climates: the critical timing of colony growth and reproduction. Ecological Entomology, 10: 81–88.
220. Severson D.W., Erickson E.H. (1984): Honey bee (Hymenoptera: Apidae) colony performance in relation to supplemental carbohydrates. Journal of Economic Entomology 77: 1473–1478.

221. Shen, M., Cui, L., Ostiguy, N., Cox-Foster, D. (2005): Intricate transmission routes and interactions between picorna-like viruses (Kashmir bee virus and Sacbrood virus) with the honeybee host and the parasitic varroa mite. *Journal of General Virology*, 86: 2281–2289.
222. Sheppard, W.S., Arias, M.C., Greech, A., Meixner, M.D. (1997): *Apis mellifera ruttneri*, a new honey bee sub-species from Malta. *Apidologie*, 28: 287-293.
223. Sheppard, W.S., Meixner, M.D. (2003): *Apis mellifera pomonella*, a new honey bee sub-species from Central Asia. *Apidologie*, 34: 367-375.
224. Simpson, J., Riedel, I.B.M. (1963): The factor that causes swarming in honeybee colonies in small hives. *Journal of Apicultural Research*, 2: 50–54.
225. Singh, R., Levitt, A.L., Rajotte, E.G., Holmes, E.C., Ostiguy, N., vanEngelsdorp, D., et al. (2010): RNA Viruses in Hymenopteran Pollinators: Evidence of Inter-Taxa Virus Transmission via Pollen and Potential Impact on Non-Apis Hymenopteran Species. *PLoS ONE*, 5(12): e14357.
226. Schmickl T., Crailsheim K. (2001): Cannibalism and early capping: strategies of honeybee colonies in times of experimental pollen shortages. *Journal of Comparative Physiology A*, 187: 541–547.
227. Schmickl T., Crailsheim K. (2002): How honeybees (*Apis mellifera* L.) change their broodcare behavior in response to non-foraging conditions and poor pollen conditions. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 51: 415–425.
228. Schöning, C., Gisder, S., Geiselhardt, S., Kretschmann, I., Bienefeld, K., Hilker, M., Genersch, E. (2012): Evidence for damage-dependent hygienic behaviour towards Varroa destructor-parasitised brood in the western honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Experimental Biology*, 215(2): 264–271.
229. Southwick, E.E., Moritz, R.F.A. (1987): Effects of Meteorological Factors on Defensive Behaviour of Honey Bees. *International Journal of Biometeorology*, 31(3): 259-265.
230. Spivak, M., Downey, D.L. (1998): Field assays for hygienic behavior in honey bees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, 91: 64-70.
231. Spivak, M., Gilliam, M. (1993): Facultative expression of hygienic behaviour of honey bees in relation to disease resistance. *Journal of Apicultural Research*, 32(3/4): 147-157.
232. Spivak, M., Reuter, G.S. (1998): Performance of hygienic honey bee colonies in a commercial apiary. *Apidologie*, 29: 291–302.
233. Spivak, M., Reuter, G.S. (2001a): *Varroa jacobsoni* infestation in untreated honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies selected for hygienic behavior, *Journal of Economic Entomology*, 94: 326–331.
234. Spivak, M., Reuter, G.S. (2001b): Resistance to American foulbrood disease by honey bee colonies, *Apis mellifera*, bred for hygienic behavior, *Apidologie*, 32: 555–565.
235. Spivak, M., Reuter, G.S., Lee, K., Ranum B. (2009): The future of the MN Hygienic stock of bees is in good hands. *American Bee Journal*, 149: 965–967.
236. Stanimirović, Z., Stevanović, J., Mirilović, M., Stojić, V. (2008): Heritability of hygienic behaviour in grey honey bees (*Apis mellifera carnica*). *Acta Veterinaria*, 58(5-6): 593-601.

237. Steiner, J., Diehl, P.A., Vlimant, M. (1995): Vitellogenesis in *Varroa jacobsoni*, a parasite of honey bees. *Experimental and Applied Acarology*, 19 (7): 411–422.
238. Stevanovic, J., Stanimirovic, Z., Genersch, E., Kovacevic, R.S., Ljubenkov, J., Radakovic, M., Aleksic, N. (2011): Dominance of *Nosema ceranae* in honey bees in the Balkan countries in the absence of symptoms of colony collapse disorder. *Apidologie*, 41: 49–58.
239. Stevanovic, J., Simeunovic, P., Gajic, B., Lakic, N., Radovic, D., Fries, I., Stanimirovic, Z. (2013): Characteristics of *Nosema ceranae* infection in Serbian honey bee colonies. *Apidologie*, 44: 522–536.
240. Strauss, U., Dietmann, V., Human, H., Crewe, R. M., Pirk, C. W. W. (2016): Resistance rather than tolerance explains survival of savannah honeybees (*Apis mellifera scutellata*) to infestation by the parasitic mite *Varroa destructor*. *Parasitology*, 143(3): 374–87.
241. Sulimanović, Đ., Ruttner, F., Pechhacker, H. (1982): Studies on the biology of reproduction in *Varroa jacobsoni*. *Honeybee Science*, 3: 109–112.
242. Sulimanović, Đ. (1985): Varooza. Pčelarski savez Hrvatske.
243. Szabo, T.I., Lefkovitch, P. (1988): Fourth generation of closed population honeybee breeding. *Apidologie*, 19(3): 259–274.
244. Szabo, T.I., Lefkovitch, P. (1989): Effect of brood production and population size on honey production of honeybee colonies in Alberta, Canada. *Apidologie*, 20: 157–163.
245. Tiesler, F.K., Bienefeld, K., Büchler, R. (2016): Selektion bei der Honigbiene. Herten: Buschhausen Druck-und Verlagshaus.
246. Tlak-Gajger, I., Tomljanović, Z., Petrinc, Z. (2010a). Monitoring health status of Croatian honey bee colonies and possible reasons for winter losses. *Journal of Apicultural Research*, 49(1): 107–108.
247. Tlak-Gajger, I., Vugrek, O., Grilec, D., Petrinc, Z. (2010b): Prevalence and distribution of *Nosema ceranae* in Croatian honeybee colonies. *Veterinarni Medicina*, 55(9): 457–462.
248. Tlak-Gajger, I., Bičak, J., Belužić, R. (2014a): The occurrence of honeybee viruses in apiaries in the Koprivnica- Križevci district in Croatia. *Veterinarski arhiv*, 84(4): 421–428.
249. Tlak-Gajger, I., Kolodziejek, J., Bakonyi, T., Nowotny, N. (2014b): Prevalence and distribution patterns of seven different honeybee viruses in diseased colonies: a case study from Croatia. *Apidologie*, 45: 701–706.
250. Udruga uzgajivača selekcioniranih matice pčela Hrvatske (2005): Uzgojni program sive pčele *Apis mellifera carnica*. Zagreb.
251. Uzunov, A. (2013): Biological and Productive Characteristics of Native Honey Bee (*Apis Mellifera Macedonica*) on the Territory of Republic of Macedonia. PhD thesis, Faculty for Agricultural Sciences and Food, Skopje, Macedonia. 52 str.
252. Uzunov, A., Costa, C., Panasiuk, B., Meixner, M., Kryger, P., Hatjina, F., Bouga, M., Andonov, S., Bienkowska, M., Le Conte, Y., Wilde, J., Gerula, D., Kiprijanovska, H., Filipi, J., Petrov, P., Ruottinen, L., Pechhacker, H., Berg, S., Dyrba, W., Ivanova, E., Büchler, R. (2014): Swarming, defensive and hygienic behaviour in honey bee colonies of different genetic origin in a pan-European experiment. *Journal of Apicultural Research*, 53(2): 248–260.

-
253. Uzunov, A., Brascamp, E.W., Büchler, R. (2017): The Basic Concept of Honey Bee Breeding Programs. *Bee World*, 94(3): 84-87.
254. van Dooremalen, C., Gerritsen, L., Cornelissen, B., van der Steen, J. J. M., van Langevelde, F., & Blacqui re, T. (2012): Winter survival of individual honey bees and honey bee colonies depends on level of *Varroa destructor* infestation. *PloS One*, 7(4): e36285.
255. van der Zee., Brodschneider, R., Brusbardis, V., Charriere, J-D. et al. (2014): Results of international standardized beekeeper surveys of colony losses for winter 2012-2013: analysis of winter loss rates and mixed effects modelling of risk factors for winter loss. *Journal of Apicultural Research*, 53(1): 19–34.
256. van Engelsdorp, D., Otis, G.W. (2000): Application of a Modified Selection Index for Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). *Apiculture and social insect*, 93(6): 1606–1612.
257. van Engelsdorp, D., Meixner, M. D. (2010): A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103: S80–S95.
258. Wilde, J., Fuchs, S., Bratkowski, J., Siuda, M. (2005): Distribution of *Varroa destructor* between swarms and colonies. *Journal of Apicultural Research*, 44(4): 190–194.
259. Villa, J. D., Danka, R. G., Harris, J. W. (2009): Simplified methods of evaluating colonies for levels of Varroa Sensitive Hygiene (VSH). *Journal of Apicultural Research*, 48(3): 162–167.
260. Villegas, A. J., Villa, J.D. (2006): Uncapping of pupal cells by European bees in the United States as responses to *Varroa destructor* and *Galleria mellonella*. *Journal of Apicultural Research*, 45: 203-206.
261. Waite, R., Brown, M., Thompson, H. (2003): Hygienic behaviour in honey bees in the UK: a preliminary study. *Bee World*, 84: 19–26.
262. Webster, T.C., Thacker, E.M., Vorisek, F.E. (2000): Live *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae) Fallen from Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colonies. *Journal of Economic Entomology*, 93(6): 1596-1601.
263. Zander, E., 1909. Tierische Parasiten als Krankheitserreger bei der Biene. *Münchener Bienenzeitung* 31, 196-204.
264. Zander, E., Weiss, K. (1964): *Das Leben der Biene*. Ulmer, Stuttgart

7. SAŽETAK

Siva pčela (*Apis mellifera carnica*) je autohtona i jedina podvrsta medonosne pčele u Hrvatskoj, a karakteriziraju ju uspješno prezimljavanje s malim brojem pčela, eksplozivan proljetni razvoj, marljivost i dobra sakupljačka aktivnost, niska agresivnost i izraženi rojevni nagon. Uzgoj selekcioniranih matica pčela u Hrvatskoj počeo je 1990-ih godina, a 1997. je donesen prvi Program gojidbenog stvaranja pčela. Danas, 20 godina kasnije, članovi Udruge uzgajivača matica na tržište plasiraju oko 35 000 pčelinjih matica, što znači kako samo oko 5 % pčelinjih zajednica u Hrvatskoj ima maticu iz Uzgojnog programa.

Selekcija je dugotrajan proces, posebice ukoliko se selekcija provodi na nekoliko svojstava istovremeno. U ovom istraživanju uspoređene su razlike u svojstvima prezimljavanja, razvoja zajednica, obrambenog ponašanje, mirnoće na saću, rojevnog nagona, proizvodnosti i svojstvima otpornosti na bolesti (higijensko ponašanje, samočišćenje, SMR, otklapanje i poklapanje legla, razvoj populacije grinje varoe) kod 5 različitih linija sive pčele. Skupine 1 do 3 su lokalnog porijekla koje su pod selekcijom 15 godina. Skupina 4 je lokalnog porijekla i nikada nije bila pod utjecajem selekcije. Skupina 5 je porijeklom iz Njemačke i pod selekcijom je 60 godina.

Rezultati istraživanja pokazala su značajne razlike između skupina po broju pčela i stanica legla, te je zabilježen kasniji razvoj skupine 5 u odnosu na ostale skupine. Najmanji indeks prezimljavanja nakon obje zime zabilježen je u skupini 5, kao i potrošnja hrane tijekom zime. Najlošiju ocjenu za obrambeno ponašanje imale su skupine 4 i 3 koje su bile značajno lošije od skupine 5. Najlošiju ocjenu za mirnoću na saću imala je skupina 4, značajno lošiju od svih ostalih skupina. Rojevni nagon najviše je bio izražen u skupini 4, koja je bila značajno lošije ocjenjena od skupina 1, 3 i 5. Kod proizvodnosti meda i skupljanja peludi nisu zabilježene značajne razlike između skupina, kao ni kod higijenskog ponašanja, svojstva samočišćenja i potisnutog razmnožavanja varoe. Zajednice skupine 4 su najviše, a zajednice skupine 5 najmanje oklapale/poklapale leglo. Kod svih skupina zabilježen je ujednačen razvoj populacije varoe, a kod skupina 4 i 5 zabilježena je nešto manja krajnja populacija u odnosu na prve tri skupine. Na kraju, skupina 4 imala je značajno lošiji selekcijski indeks od skupine 5 dok između ostalih skupina nisu utvrđene značajne razlike.

8. SUMMARY

The carniolan bee (*Apis mellifera carnica*) is the indigenous and only sub-species of honey bee in Croatia, characterized by its successful overwintering with a small number of bees, explosive spring development, diligence and good gathering activity, low aggressiveness and pronounced swarming behaviour. The selective breeding in Croatia began in the 1990s, and in 1997 the first Program for queen selection of was established. Today, 20 years later, members of the Breeders Association sell about 35 000 queen bees annually, which means that only about 5% of colonies in Croatia have a queen from the Breeding program.

Selection is a long lasting process, especially if the selection is performed on several traits simultaneously. In our study, we compared the differences in the characteristics of overwintering success, colonies development, defensive behaviour, calmness on the comb, swarming behaviour, productivity and disease resistance traits (hygienic behaviorr, grooming, SMR, recapping of brood, mite population development) in 5 different lines of carniolan bees. Groups 1 to 3 were of a local origin selected for 15 years. Group 4 is of local origin and has never been under artificial selection. Queens from Group 5 were from Germany and under selection for 60 years.

The results of the study showed significant differences between the groups for number of bees and brood cells, and later spring development of group 5 comparing to other groups. The lowest overwintering index after both winter was recorded in group 5 as well as consumption of food during winter. The worst score for defensive behavior had groups 4 and 3 and were significantly worse than group 5. The lowest score for the calmness on the comb had group 4, significantly worse than all other groups. Swarming behaviour was most pronounced in group 4, which was significantly worse rated by groups 1, 3 and 5. In honey production and pollen collection there were no significant differences between groups, as well as with hygienic behavior, grooming and suppressed mite reproduction (SMR). Colonies from group 4 had the highest, and group 5 lowest recorded recapping of brood cells. In all groups there was a uniform development of varoe population, and in groups 4 and 5 there was a slightly lower population of mites comparing to the first three groups. Finally, group 4 had a significantly worse selection index than group 5, while no significant differences were found among other groups.

9. PRILOG

Popis slika

Slika 1.	Pčelinjak u Čemincu na kojem je provedeno istraživanje (Izvor: Kovačić, M.)	21
Slika 2.	Tradicionalan način držanja pčela u pletarama, Velike Sesvete, 2015 (Izvor: Kovačić, M.)	22
Slika 3.	Paviljon s pletarama, Poveljč, 2015 (Izvor: Kovačić, M.).....	22
Slika 4.	Priprema oplodnjaka za punjenje s pčelama i nesparenom maticom (Izvor: Kovačić, M.)	22
Slika 5.	Trodnevno čuvanje oplodnjaka na 13 °C nakon punjenja (Izvor: Kovačić, M.)	22
Slika 6.	Oplodnjaci s nesparenim maticama kontrolne grupe dovezeni na sparivanje u Trnovac Sokolovački (Izvor: Kovačić, M.)	23
Slika 7.	Zajednice u istraživanju imale su plodište na dva nastavka (Izvor: Kovačić, M.)	24
Slika 8.	Okvir sa zatvorenim rojevnim matičnjacima (Izvor: Kovačić, M.).....	30
Slika 9.	Peludni okvir (Izvor: Kovačić, M.).....	31
Slika 10.	Odabir okvira s leglom određene starosti (kukuljice bijelih do ljubičastih očiju) (Izvor: Kovačić, M.)	32
Slika 11.	Označavanje područja usmrćenog legla (Izvor: Kovačić, M.)	32
Slika 12.	Ova zajednica je otklopila većinu usmrćenih stanice, ali do kontrole ih nije u potpunosti očistila (Izvor: Kovačić, M.).....	33
Slika 13.	Ova zajednica je otklopila i očistila svo usmrćeno leglo (Izvor: Kovačić, M.)	33
Slika 14.	Pčela prednjim nogama pokušava skinuti grinju <i>V. destructor</i> koja se nalazi na prsištu (Izvor: Kovačić, M.)	34
Slika 15.	Prikaz ventralne strane grinje <i>V. destructor</i> s različitim tipovima oštećenja: A – izgled grinje bez ikakvih oštećenja; B - vidljivo oštećenje desne noge prvog para; C – oštećenja na svim parovima nogu; D – oštećenja prva dva para nogu (Izvor: Kovačić, M.)	34
Slika 16.	Analiza uzoraka legla u Laboratoriju za lovstvo, ribarstvo i pčelarstvo (Izvor: Lužaić, R.).....	35

Slika 17. Prikupljeni uzorci legla za procjenu udjela neplodnih grinja <i>V. destructor</i> (Izvor: Kovačić, M.)	36
Slika 18. Odrasla grinja s potomstvom normalnog razvoja (Izvor: Kovačić, M.).....	36
Slika 19. Odrasla grinja bez potomstva (Izvor: Kovačić, M.)	36
Slika 20. Grinje iz stanice legla pred izlijeganje. U gornjem redu su varoa majka (desno) i mužjak (lijevo), a u donjem odrasle kćerke različite starosti (Izvor: Kovačić, M.)	37
Slika 21. Slika prikazuje donje (unutarnje) strane voštanog poklopca. Na slici lijevo u gornjem redu su neotvarani poklopci, a u donjem su otklapani/poklapani poklopci. Na desnoj slici uvećani prikaz donje (unutarnje) strane otklapanog/poklapanog poklopca. Na sredini se vidi nedostatak dijela sjajne košuljice, a tamni (matirani) vosak je novi vosak kojim su pčele ponovo poklopile otklopljeno leglo (Izvor: Kovačić, M.).....	39
Slika 24. Ispiranjem pčela (lijevo) grinje otpadnu s tijela pčela te se na situ prebroje (desno) (Izvor: Kovačić, M.)	40
Slika 25. Okvir poklopljenog legla iz zajednice s visokom razinom zaraženosti (Izvor: Kovačić, M.)	41
Slika 26. Pogled u stanicu legla zaraženu s tri odrasle grinje i njihovim potomstvom (Izvor: Kovačić, M.)	41
Slika 27. Pčela s dvije grinje na prsištu i jasno vidljivim simptomima zaraženosti virusom deformiranih krila (Izvor: Kovačić, M.).....	43
Slika 28. Odstupanje srednje temperature zraka (lijevo) i količina oborina (desno) u 2016. godini	46

Popis grafikona

Grafikon 2.1.	Slijed odlučivanja prilikom analize udjela neplodnih grinja. Narančaste kućice predstavljaju glavne korake tijekom rada, a plave krajnji rezultat koji se upisuje.....	38
Grafikon 3.1.	Prikaz prosječne, minimalne i maksimalne temperature zraka suhog barometra tijekom istraživanja na mjernoj postaji Beli Manastir u °C. Crna linija je višegodišnji prosjek (1899-2016.) zabilježen na mjernoj postaji u Osijeku.....	48
Grafikon 3.2.	Prikaz prosječne mjesečne i maksimalne dnevne količine oborina (mm) tijekom trajanja istraživanja za mjernu postaju Beli Manastir. Crna linija je višegodišnji prosjek (1899-2016.) zabilježen na mjernoj postaji u Osijeku.	48
Grafikon 3.3.	Prikaz promjene u broju pčela i stanica legla tijekom godine. Prikazan je prosjek svih zajednica u istraživanju.....	49
Grafikon 3.4.	Grafički prikaz indeksa prezimljavanja zajednica u 2016. godini	56
Grafikon 3.5.	Grafički prikaz indeksa prezimljavanja zajednica u 2017. godini	57
Grafikon 3.6.	Potrošnja hrane zimi (u gramima) po pčeli za dvije zime po skupinama	60
Grafikon 3.7.	Prosječna ocjena rojevnog nagona po mjesecima. Crvena linija predstavlja prosječnu ocjenu svih istraživanih zajednica.....	68
Grafikon 3.8.	Grafički prikaz u promjeni broja vidljivih stanica s peludom tijekom godine po skupinama.....	73
Grafikon 3.9.	Prosjek higijenskog ponašanja po skupinama i mjesecima. Crvena linija predstavlja ukupni prosjek.	75
Grafikon 3.10.	Prosječna vrijednost udjela neplodnih grinja po skupinama.....	79
Grafikon 3.11.	Prosječna vrijednost udjela neplodnih grinja po mjesecima	79
Grafikon 3.12.	Prosječna vrijednost i varijabilnost SMR svojstva kod svih zajednica u istraživanju. Crvena linija je ukupna prosječna vrijednost.	80
Grafikon 3.13.	Udio pojedinih čimbenika na neplodnost grinje <i>V. destructor</i>	81
Grafikon 3.14.	Prikaz uzroka neplodnosti grinja po skupinama	81
Grafikon 3.15.	Prikaz uzroka neplodnosti grinja po mjesecima.....	81
Grafikon 3.16.	Prosječna vrijednost otklapanja legla po skupinama.....	84
Grafikon 3.17.	Prosječna vrijednost otklapanja legla po mjesecima.....	84

Grafikon 3.18. Prosječna vrijednost i varijabilnost ukupnog otklapanja legla kod svih zajednica u istraživanju. Crvena linija je ukupna prosječna vrijednost.	85
Grafikon 3.19. Prosječna vrijednost otklapanja zaraženih stanica legla po skupinama	87
Grafikon 3.20. Prosječna vrijednost otklapanja zaraženih stanica legla po mjesecima	87
Grafikon 3.21. Prosječna vrijednost i varijabilnost otklapanja zaraženih stanica legla kod svih zajednica u istraživanju. Crvena linija je ukupna prosječna vrijednost.....	88
Grafikon 3.22. Prosječna vrijednost otklapanja nezaraženog legla po skupinama.....	90
Grafikon 3.23. Prosječna vrijednost otklapanja nezaraženog legla po mjesecima.....	90
Grafikon 3.24. Udio neplodnih grinja u otklapanim i neotklapanim stanicama legla	91
Grafikon 3.25. Prosječna vrijednost i varijabilnost otklapanja nezaraženih stanica legla kod svih zajednica u istraživanju. Crvena linija je ukupna prosječna vrijednost.....	92
Grafikon 3.26. Cjelogodišnji prikaz prirodnog dnevnog pada varoe. Na grafikonu je prikazan prosjek po skupinama kod zajednica koje nisu tretirane. Prilikom tretiranja pojedine zajednice, ista je isključena iz grafičkog prikaza.	94
Grafikon 3.27. Zaraženost odraslih pčela radilica grinjom <i>V. destructor</i> prilikom kontrolnih pregleda u razdoblju od 06. travnja do 24. listopada 2016. godine	96
Grafikon 3.28. Porast udjela (%) invadiranosti legla grinjom <i>V. destructor</i> po mjesecima i skupinama	98
Grafikon 9.1. Prosječna vrijednost i varijabilnost zaraženosti odraslih pčela prilikom redovitih kontrolnih mjerenja	156

Popis tablica

Tablica 1.1.	Vrijednosti heritabiliteta za različita svojstva sive pčele na koje se provodi selekcija.....	3
Tablica 1.2.	Prosječna ocjena obrambenog ponašanja, mirnoće na saću i rojevnog nagona praćenih tijekom 5 godina na području RH	4
Tablica 1.3.	Prosječna proizvodnja meda po košnici od 2004. do 2009. godine u Hrvatskoj.	5
Tablica 1.4.	Nazivi najčešćih virusa na hrvatskom i engleskom jeziku i njihove kratice	15
Tablica 2.1.	Prikaz porijekla matice po skupinama, dugoročnost selekcije i svojstva na koje je selekcija provedena.	20
Tablica 2.2.	Parametri koji su mjereni tijekom istraživanja i broj obavljenih mjerenja.....	25
Tablica 2.3.	Međunarodna standardna metoda za ocjenu agresivnosti pčela	28
Tablica 2.4.	Međunarodna standardna metoda za ocjenu mirnoće na saću.....	29
Tablica 2.5.	Međunarodna standardna metoda za ocjenu rojevnog nagona	30
Tablica 3.1.	Mjesečni podaci za temperaturu zraka (suhi barometar) i količine oborine za postaju Beli Manastir	47
Tablica 3.2.	Rezultati GLM analize za broj pčela. Skupina i mjesec su u modelu korišteni kao fiksni utjecj, a broj stanica s leglom kao kovarijabla.....	49
Tablica 3.3.	Rezultati GLM analize za broj stanica legla. Skupina i mjesec su u modelu korišteni kao fiksni utjecaj, a broj pčela kao kovarijabla	50
Tablica 3.4.	Korigirane srednje vrijednosti broja pčela i broja stanica legla prema skupinama	50
Tablica 3.5.	Spearmanov koeficijent korelacije za broj pčela, legla i peludi	51
Tablica 3.6.	Prosječni broj pčela po skupinama prema kontrolnim pregledima. Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike (Bonferroni, $p < 0,05$).....	52
Tablica 3.7.	Prosječni broj stanica legla po skupinama prema kontrolnim pregledima. Različita slova unutar iste kolone predstavljaju statistički značajne razlike (Bonferroni, $p < 0,05$).....	52

Tablica 3.8.	Rezultati GLM analize indeksa prezimljavanja za obje godine. Genotip, godina i interakcija genotip*godina korišteni su kao fiksni utjecaji, dok su broj pčela, broj stanica peludi i zaraženost pčela grinjom <i>V. destructor</i> korišteni kao kovarijable	53
Tablica 3.9.	Korigirane srednje vrijednosti indeksa prezimljavanja (%)	54
Tablica 3.10.	Korigirana srednja vrijednost indeksa prezimljavanja po godini	55
Tablica 3.11.	Rezultati GLM analize utjecaja godine i skupine kao fiksnog utjecaja, a broj pčela, stanica legla, stanica peludi i zaraženosti pčela u listopadu kao kovarijable na potrošnju hrane u zimskom periodu.....	58
Tablica 3.12.	Korigirana srednja vrijednost potrošnje hrane zimi (u kg) prema skupinama i godini.....	59
Tablica 3.13.	Korigirana srednja vrijednost potrošnje hrane zimi (u kg) po godini.....	59
Tablica 3.14.	Spearmanov koeficijent korelacije za potrošnju hrane zimi. Broj pčela i broj stanica legla prije i nakon zime, broj stanica peludi i zaraženost odraslih pčela varoom prije zimovanja korišteni su u analizi.	60
Tablica 3.15.	GLM analiza obrambenog ponašanja pčela.....	61
Tablica 3.16.	Prosječne korigirane srednje vrijednosti obrambenog ponašanja u ispitivanim skupinama	62
Tablica 3.17.	Prosječne fenotipske srednje vrijednosti za ocjenu svojstva obrambenog ponašanja po kontrolnim pregledima.	63
Tablica 3.18.	Prosječne fenotipske srednje vrijednosti za ocjenu svojstva mirnoće na saću po kontrolnim pregledima.	63
Tablica 3.19.	Spearmanov koeficijent korelacije za obrambeno ponašanje (svi podaci).....	64
Tablica 3.20.	Spearmanov koeficijent korelacije za obrambeno ponašanje (isključujući mjesec veljača, ožujak i listopad)	64
Tablica 3.21.	GLM analiza mirnoće na saću	65
Tablica 3.22.	Korigirane srednje vrijednosti mirnoće na saću u ispitivanim skupinama	65
Tablica 3.23.	Spearmanov koeficijent korelacije za mirnoću na saću (svi podaci).....	66
Tablica 3.24.	Spearmanov koeficijent korelacije za mirnoću na saću (isključujući mjesec veljaču, ožujak i listopad)	67
Tablica 3.25.	Analiza varijance za svojstvo rojevni nagon	67
Tablica 3.26.	Prosječne srednje vrijednosti rojevnog nagona po skupinama	67
Tablica 3.27.	Analize varijance za vrcanje meda	69

Tablica 3.28. Količina vrcanog meda (u kg) po skupinama i promjena u masi košnica (u kg) od 16. ožujka 2016. do 25. lipnja 2016.....	69
Tablica 3.29. Analize varijance za porast na vagi tijekom cvatnje uljane repice (<i>Brassica napus</i>) i bagrema (<i>Robinia pseudoacacia</i>).....	70
Tablica 3.30. Porast na vagi za vrijeme cvatnje uljane repice (<i>Brassica napus</i>) i bagrema (<i>Robinia pseudoacacia</i>).	70
Tablica 3.31. Analiza varijance za promjenu u masi zajednice od ožujka do kraja lipnja.....	71
Tablica 3.32. Promjena u masi zajednica od ožujka do kraja lipnja.	71
Tablica 3.33. GLM analiza za broj vidljivih stanica peludi	72
Tablica 3.34. Korigirana srednja vrijednost za broj vidljivih stanica peludi.....	72
Tablica 3.35. Prosječni broj vidljivih stanica peludi	73
Tablica 3.36. GLM analiza za higijensko ponašanje.....	74
Tablica 3.37. Korigirana srednja vrijednost za higijensko ponašanje po skupinama.....	74
Tablica 3.38. Spearmanov koeficijent korelacije za higijensko ponašanje	76
Tablica 3.39. Prosječne vrijednosti i standardna pogreška za postotak ozlijeđenih grinja.....	76
Tablica 3.40. Analiza varijance za postotak ozlijeđenih grinja i tip ozlijede.....	77
Tablica 3.41. Spearmanov koeficijent korelacije za svojstvo samočišćenja	77
Tablica 3.42. GLM analiza za potisnuto razmnožavanje varoe (SMR)	78
Tablica 3.43. Srednja vrijednost, standardna pogreška i 95%-tni interval pouzdanosti za udio neplodnih grinja <i>V. destructor</i> po skupinama i mjesecu (prikazano u postotcima)	79
Tablica 3.44. Spearmanov koeficijent korelacije za SMR svojstvo	82
Tablica 3.45. Deskriptivna statistika za otklapanje legla (%) prema skupinama i mjesecima	83
Tablica 3.46. Deskriptivna statistika za otklapanje/poklapanje zaraženih stanica legla (%) prema skupinama i mjesecima.....	86
Tablica 3.47. Deskriptivna statistika za otklapanje/poklapanje nezaraženih stanica legla (%) prema skupinama i mjesecima.....	89
Tablica 3.48. Rezultati t-testa neplodnosti grinja kod otklapanih i neotklapanih stanica legla	91
Tablica 3.49. Spearmanov koeficijent korelacije za svojstvo otklapanja/poklapanja legla	93

Tablica 3.50. Rezultati Kruskal-Wallis testa za prirodni dnevni pad varoe po skupinama tijekom istraživanja. Zajednice nakon tretiranja su izlučene iz analize	95
Tablica 3.51. Prosječni, minimalni i maksimalni broj varoa, uključujući i varoe usmrćene primjenom lijekova, prikupljenih na podnicama tijekom istraživanog razdoblja po istraživanim skupinama.....	95
Tablica 3.52. Rezultati Kruskal-Wallis testa za zaraženost odraslih pčela grinjom <i>V. destructor</i> po skupinama tijekom istraživanja do tretmana prvih zajednica	96
Tablica 3.53. Srednja vrijednost, standardna devijacija te broj analiziranih uzoraka (u zagradi) zaraženosti legla grinjom <i>V. destructor</i> po skupinama i mjesecima tijekom 2016 godine	97
Tablica 3.54. Srednja vrijednost i standardna devijacija broja potomaka varoe u svim, te u otklapanim i neotklapanim stanicama radiličkog legla po skupinama.	98
Tablica 3.55. Srednja vrijednost i standardna devijacija za broj potomaka varoe u svima te u otklapanim i neotklapanim stanicama radiličkog legla po mjesecima uzorkovanja legla.....	99
Tablica 3.56. Spearmanov koeficijent korelacije za zaraženost pčela	100
Tablica 3.57. Analiza uzorka pčela na prisutnost 4 virusa po skupinama.....	101
Tablica 3.58. Srednje vrijednosti za uzgojne vrijednosti po skupinama.	102
Tablica 3.59. Analiza varijance za uzgojne vrijednosti.....	102
Tablica 9.1. Uzgojne vrijednosti svih matica ocjenjenih u istraživanju	153
Tablica 9.2. Datum i razlog stradanja (ili izlučivanja) zajednica tijekom istraživanja.....	155
Tablica 9.3. Zaraženost legla grinjom <i>V. destructor</i> po mjesecima i skupinama.....	157
Tablica 9.4. Spearmanov koeficijent korelacije (vrijednost, značajnost i broj mjerenja) ..	159
Tablica 9.5. Datumi redovitih kontrolnih pregleda	160
Tablica 9.6. Datumi dodatnih mjerenja i uzorkovanja	161

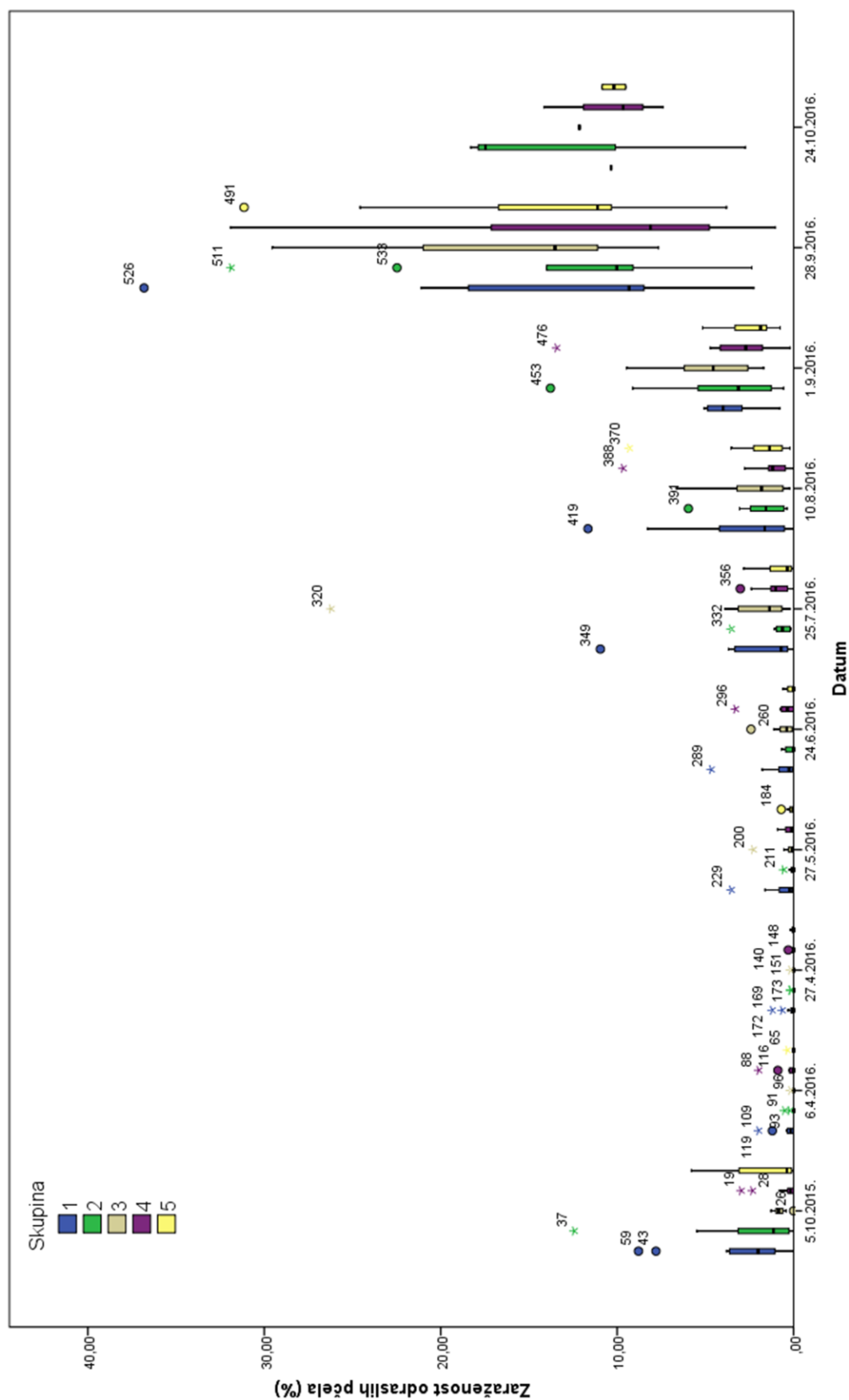
Tablica 9.1. Uzgojne vrijednosti svih matrica ocjenjenih u istraživanju

Košnica	Skupina	Broj pčela	Broj stanica legla	Agresivnost	Mirnoća na saću	Rojivost	Relativni prinos meda	UV
2	2	14.850	10.698	3,41	3,73	2,21	147,45	13,28
3	2	14.911	12.349	3,41	3,73	2,86	224,95	16,25
10	5	11.559	9.763	3,42	3,42	4,00	87,90	15,18
13	5	10.440	10.223	3,33	3,21	4,00	81,29	14,80
15	5	13.519	12.747	3,25	2,96	3,50	185,26	15,87
16	5	12.125	11.013	3,21	3,17	4,00	74,67	14,52
19	5	8.972	8.862	3,45	3,23	4,00	79,40	14,87
20	4	11.628	12.587	3,04	2,50	3,14	113,42	13,05
29	5	10.537	9.313	3,25	3,21	4,00	85,07	14,82
31	5	10.360	10.637	3,46	3,13	3,79	127,60	15,45
32	5	11.334	10.563	3,50	3,17	4,00	169,19	16,85
33	5	11.457	9.757	3,46	3,58	4,00	119,09	16,04
36	5	12.890	12.107	3,38	3,33	4,00	118,15	15,75
37	5	16.051	13.840	3,36	3,64	4,00	189,98	17,58
41	3	12.590	10.820	3,29	3,46	4,00	150,28	16,50
42	3	13.917	12.327	3,09	3,09	3,00	258,03	16,50
44	4	11.429	11.267	2,92	3,21	3,71	99,24	14,31
45	3	11.369	11.864	2,50	2,70	3,21	61,44	11,76
46	3	12.207	12.570	2,83	3,21	3,79	115,31	14,74
48	3	14.357	13.120	3,08	3,33	3,36	159,74	15,20
50	3	13.694	13.870	3,14	3,43	3,43	25,52	12,48
54	3	13.998	13.000	3,08	3,46	4,00	58,60	14,30
56	3	14.364	15.349	3,05	3,40	3,86	194,71	16,97
58	4	12.830	13.473	3,08	3,08	3,14	138,00	14,10
59	4	8.637	9.750	3,00	2,58	4,00	15,12	12,56
60	3	11.365	10.503	2,96	3,29	4,00	21,74	13,24
61	2	12.882	10.797	2,92	3,42	4,00	87,90	14,78
62	2	8.792	10.848	3,00	3,30	3,43	0,00	11,69
63	2	14.963	15.407	2,91	3,32	3,71	155,01	15,63
64	2	13.855	11.803	3,29	3,63	3,93	140,83	16,28
65	2	14.730	11.673	3,25	3,58	3,79	148,39	16,11
68	3	13.106	13.171	2,95	3,45	3,93	120,98	15,44
70	3	12.394	12.473	2,88	3,42	3,57	73,72	13,60
72	2	8.574	7.720	3,21	3,38	4,00	0,00	13,03
75	4	10.104	10.425	3,21	3,07	3,64	59,55	13,42
79	4	13.379	14.270	2,71	2,83	2,57	156,90	12,91
84	4	8.192	6.949	3,14	2,95	2,83	0,00	10,37
86	4	11.780	9.567	3,13	2,58	3,07	135,16	13,53

87	4	12.793	12.331	3,32	2,73	2,86	85,07	12,27
90	1	7.975	7.924	3,41	3,55	4,00	0,00	13,32
91	1	13.001	11.260	3,41	3,63	3,71	0,00	12,83
93	1	13.841	13.967	2,82	3,33	3,79	94,52	14,37
94	1	15.186	15.515	3,08	3,57	3,71	97,35	14,69
95	1	12.751	12.997	3,14	3,29	3,71	187,15	16,51
96	1	12.548	15.157	3,41	3,58	3,93	72,78	14,83
97	2	10.574	13.984	2,88	3,20	4,00		12,62
98	1	9.949	16.291	3,42	3,29	4,00	0,00	13,12
99	1	5.098	8.914	3,25	3,25	4,00	0,00	12,96
100	2	13.652	11.110	3,25	3,50	3,64	51,98	13,62
105	4	14.298	15.115	2,38	3,00	1,75		7,70
108	4	13.540	13.291	3,14	2,95	3,57	145,56	15,04
110	1	15.903	13.827	3,33	3,58	3,79	131,38	15,80
123	1	11.659	13.069	3,36	3,32	2,79	39,70	11,63
126	1	11.233	13.330	3,04	3,42	3,86	94,52	14,75
128	2	14.812	12.977	3,13	3,38	3,21	94,52	13,54
Prosjek		12.253	11.992	3,15	3,27	3,58	100	14,27

Tablica 9.2. Datum i razlog stradanja (ili izlučivanja) zajednica tijekom istraživanja

Datum smrti	Skupina i broj košnice					Razlog
	1	2	3	4	5	
16.3.2016.			57			Bezmatlak, puno izmeta, nozemoza
20.3.2016.					34	Vapneno leglo
6.4.2016.				106		Loša matica, trutuša
6.4.2016.				43		Vapneno leglo
27.4.2016.				105		Izrojila se
27.5.2016.	97					Vapneno leglo
25.7.2016.	99					Vapneno leglo
25.7.2016.	98					Vapneno leglo
25.7.2016.				58		Bezmatlak
10.8.2016.			50			Bezmatlak
10.8.2016.	94					Bezmatlak
10.8.2016.				75		Bezmatlak
24.10.2016.			42			Bezmatlak
24.10.2016.			45			Slaba zajednica, varoa
24.10.2016.			56			Slaba zajednica, varoa
2.1.2017.		62				Varoa
2.1.2017.	123					Varoa
3.2.2017.	2					Varoa
3.2.2017.	3					Varoa
3.2.2017.					19	Varoa
3.2.2017.					37	Varoa
3.2.2017.		63				Varoa
3.2.2017.				108		Varoa
3.2.2017.				87		Varoa
23.2.2017.			68			Varoa
23.2.2017.	90					Varoa
Ukupni gubici	8	2	6	7	3	26



Grafikon 9.1. Prosječna vrijednost i varijabilnost zaraženosti odraslih pčela prilikom redovitih kontrolnih mjerenja

Tablica 9.3. Zaraženost legla grinjom *V. destructor* po mjesecima i skupinama.

Mjesec	Skupina	Srednja vrijednost	N	SD	Min.	Max.
4	1	0,5289	9	1,09253	0,00	3,32
	2	0,0367	9	0,11000	0,00	0,33
	3	0,2800	11	0,57524	0,00	1,75
	4	0,5090	10	1,49725	0,00	4,76
	5	0,0242	12	0,08372	0,00	0,29
	Ukupno	0,2657	51	0,84377	0,00	4,76
5	1	2,0433	9	3,32082	0,00	9,23
	2	0,3890	10	0,90363	0,00	2,75
	3	2,0600	11	3,78377	0,00	12,54
	4	1,6820	10	2,88030	0,00	7,52
	5	0,2173	11	0,31103	0,00	1,00
	Ukupno	1,2578	51	2,63918	0,00	12,54
6	1	5,7250	10	7,10531	0,00	22,40
	2	1,1400	7	1,61249	0,00	4,54
	3	3,0955	11	4,52880	0,00	15,44
	4	4,1780	10	8,14789	0,00	26,35
	5	0,8864	11	1,16497	0,00	3,51
	Ukupno	3,0778	49	5,49134	0,00	26,35
7	1	11,4580	10	11,98501	0,00	34,62
	2	2,3370	10	1,85221	0,00	6,18
	3	11,9130	10	15,70854	1,20	52,00
	4	5,2556	9	5,62751	0,00	17,12
	5	3,1673	11	4,08845	0,00	12,66
	Ukupno	6,7844	50	9,90688	0,00	52,00
8	1	14,5730	10	17,25196	0,00	48,54
	2	8,1230	10	6,74302	0,00	21,69
	3	14,0040	10	17,43094	1,12	55,70
	4	8,2789	9	9,09589	0,33	28,99
	5	8,0118	11	9,73680	0,87	31,01

	Ukupno	10,5928	50	12,68906	0,00	55,70
9	1	41,6700	7	13,12798	22,35	61,61
	2	39,1413	8	20,10282	10,76	69,14
	3	37,9950	8	13,64207	20,83	56,63
	4	37,2988	8	18,15358	11,11	64,41
	5	35,5827	11	7,12581	26,15	46,73
	Ukupno	38,0614	42	14,10160	10,76	69,14
Ukupno	1	11,4982	55	16,24200	0,00	61,61
	2	7,9617	54	15,57115	0,00	69,14
	3	10,2118	61	15,98477	0,00	56,63
	4	8,6409	56	14,73009	0,00	64,41
	5	7,8628	67	13,62285	0,00	46,73
	Ukupno	9,2012	293	15,16819	0,00	69,14

Tablica 9.4. Spearmanov koeficijent korelacije (vrijednost, značajnost i broj mjerenja)

	BL	BVP	F	OP	MS	HP	S	SMR	ZP	ZL	DPV	VP	VZ	O	OZ	ON	PP	PO	PN
BP	,789 ,000 363	,427 ,000 363	,744 ,000 313	-,089 ,092 359	-,035 ,505 359	-,087 ,281 154	-,147 ,303 51	-,073 ,361 158	-,553 ,000 357	-,479 ,000 291	-,544 ,000 361	-,363 ,000 261	-,581 ,000 158	-,064 ,273 292	,168 ,035 158	,019 ,814 158	-,154 ,054 158	-,058 ,486 145	-,156 ,064 143
BL		,214 ,000 363	,572 ,000 313	,058 ,274 359	-,044 ,401 359	-,150 ,063 154	-,193 ,174 51	-,079 ,322 158	-,708 ,000 357	-,657 ,000 291	-,703 ,000 361	-,591 ,000 261	-,571 ,000 158	-,083 ,158 292	,310 ,000 158	,134 ,092 158	-,158 ,048 158	-,083 ,321 145	-,143 ,088 143
BVP			,404 ,000 313	-,121 ,021 359	,088 ,095 359	-,001 ,987 154	-,097 ,498 51	-,008 ,922 158	,002 ,973 357	-,100 ,089 291	-,022 ,683 361	,025 ,691 261	-,025 ,757 158	-,043 ,466 292	,038 ,632 158	-,090 ,263 158	-,024 ,769 158	,051 ,539 145	-,059 ,484 143
F				-,214 ,000 310	-,125 ,028 310	-,088 ,278 154	-,191 ,183 50	-,057 ,517 131	-,326 ,000 309	-,256 ,000 264	-,346 ,000 311	-,251 ,000 260	-,338 ,000 131	,057 ,354 265	,157 ,072 131	,017 ,844 131	-,065 ,461 131	-,019 ,840 120	-,089 ,343 116
OP					,300 ,000 359	-,058 ,477 154	-,118 ,423 48	-,064 ,426 155	-,134 ,012 354	-,090 ,127 288	-,096 ,069 358	,120 ,053 259	-,214 ,008 155	-,147 ,013 289	-,096 ,237 155	,049 ,548 155	-,105 ,193 155	-,097 ,251 142	-,033 ,699 140
MS						,000 ,997 154	-,048 ,746 48	-,095 ,241 155	,113 ,034 354	,046 ,434 288	,099 ,061 358	,115 ,065 259	,027 ,743 155	-,108 ,068 289	-,161 ,046 155	-,064 ,427 155	-,057 ,479 155	-,036 ,669 142	-,029 ,735 140
HP								-,168 ,266 46	,144 ,075 154	-,002 ,980 148	,198 ,014 154	-,150 ,064 153	-,250 ,093 46	,007 ,932 149	-,111 ,462 46	-,177 ,239 46	,108 ,475 46	,027 ,866 43	,286 ,081 38
S								,053 ,729 45	,014 ,925 50	-,003 ,982 50	-,075 ,602 51	-,193 ,188 48	,263 ,081 45	,024 ,871 50	,139 ,362 45	-,073 ,634 45	,241 ,111 45	,196 ,220 41	,307 ,051 41
SMR									-,053 ,513 157	,015 ,855 157	-,035 ,662 158	-,074 ,436 113	-,156 ,051 158	-,008 ,920 158	,002 ,981 158	-,033 ,685 158	-,004 ,958 158	-,042 ,617 145	,001 ,990 143
ZP										,874 ,000 290	,877 ,000 357	,704 ,000 261	,736 ,000 157	,167 ,004 291	-,165 ,039 157	-,101 ,208 157	,155 ,052 157	,017 ,841 144	,126 ,135 142
ZL											,891 ,000 292	,736 ,000 247	,859 ,000 157	,163 ,005 292	-,231 ,056 157	-,153 ,034 157	,169 ,110 144	,110 ,189 144	,047 ,580 142
DPV												,890 ,000 263	,719 ,000 158	,154 ,008 293	-,079 ,322 158	,002 ,985 158	,048 ,550 158	-,072 ,393 145	,034 ,687 143
VP														,447 ,000 113	,174 ,035 248	,072 ,788 113	-,026 ,167 113	-,167 ,922 104	-,010 ,922 100
VZ														,124 ,121 158	-,143 ,073 158	-,082 ,305 158	,141 ,077 158	,095 ,254 145	,044 ,604 143
O															,848 ,000 158	,939 ,761 158	,024 ,744 145	-,027 ,969 143	-,003 ,969 143
OZ																,828 ,000 158	-,025 ,756 158	-,091 ,278 145	-,006 ,943 143
ON																	,007 ,926 158	-,015 ,934 143	,007 ,934 143
PP																		,716 ,000 145	,810 ,000 143
PO																			,305 ,000 130

BP - broj pčela, **BL** - broj stanica legla, **BVP** - broj vidljivih stanica peludi, **F** - frekvencija na letu, **OP** - obrambeno ponašanje, **MS** - mirnoća na saću, **HP** - higijensko ponašanje, **S** - samočišćenje, **SMR** - smr, **ZP** - zaraženost pčela varoom, **ZL** - zaraženost legla varoom, **DPV** - prirodni dnevni pad varoe, **VP** - broj varoa na 1000 pčela, **VZ** - višestruko zaražene stanice legla, **O** - otklapanje ukupno, **OZ** - otklapanje zaraženih stanica legla, **ON** - otklapanje nezaraženih stanica legla, **PP** - broj potomstva (kod plodnih grinja), **PO** - broj potomaka u otklapanim stanicama, **PN** - broj potomaka u neotklapanim stanicama

Tablica 9.5. Datumi redovitih kontrolnih pregleda

	Broj pčela, legla i vidljivih stanica peludi	Vaganje košnica	Zaraženost odraslih pčela varoom
5.10.2015.	+	+	+
16.3.2016.	+	+	
6.4.2016.	+	+	+
27.4.2016.	+	+	+
27.5.2016.	+	+	+
24.6.2016.	+	+	+
25.7.2016.	+		+
10.8.2016.	+	+	+
1.9.2016.	+	+	+
28.9.2016.	+	+	+
24.10.2016.	+	+	+
23.2.2017.	+	+	

Tablica 9.6. Datumi dodatnih mjerenja i uzorkovanja

Prirodna smrtnost varoe	Uzorci legla	Rojevni nagon	Vaganje košnica	Pin test	Vrcanje meda	Uzorci grinja za provjeru ozljeda	Uzorci pčela za virusnu analizu
15.3.2016.	16.5.2016.	27.4.2016.	5.10.2015.	5.5.2016.	23.7.2016.	10.7.2016.	10.8.2016.
5.4.2016.	9.6.2016.	3.5.2016.	29.2.2016.	2.6.2016.	5.8.2016.	15.7.2016.	
12.4.2016.	1.7.2016.	5.5.2016.	16.3.2016.	30.7.2016.		20.7.2016.	
19.4.2016.	19.7.2016.	9.5.2016.	5.4.2016.				
26.4.2016.	8.-24.8.16.	14.5.2016.	12.4.2016.				
3.5.2016.	28.9.2016.	19.5.2016.	17.4.2016.				
11.5.2016.		26.5.2016.	5.5.2016.				
17.5.2016.		8.6.2016.	17.5.2016.				
24.5.2016.		24.6.2016.	1.6.2016.				
31.5.2016.			25.6.2016.				
8.6.2016.			1.8.2016.				
15.6.2016.			23.8.2016.				
23.6.2016.			5.10.2016.				
29.6.2016.			7.11.2016.				
6.7.2016.			9.12.2016.				
13.7.2016.			23.2.2017.				
20.7.2016.							
27.7.2016.							
3.8.2016.							
10.8.2016.							
17.8.2016.							
24.8.2016.							
2.9.2016.							
13.9.2016.							
20.9.2016.							
28.9.2016.							
5.10.2016.							
9.10.2016.							
10.10.2016.							
17.10.2016.							
19.10.2016.							
24.10.2016.							
31.10.2016.							
7.11.2016.							
14.11.2016.							
22.11.2016.							
28.11.2016.							
7.12.2016.							
19.12.2016.							
27.12.2016.							
2.1.2017.							
3.2.2017.							

10. ŽIVOTOPIS

Marin Kovačić rođen je 22. lipnja 1984 godine u Osijeku. Opću gimnaziju završava u Osijeku 2002. godine te upisuje Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Diplomirao je na temi „Usporedba oplodnjaka za proizvodnju matica medonosne pčele (*Apis mellifera carnica*)“ 2012. godine te stječe zvanje diplomirani inženjer poljoprivrede smjer zootehnika. Na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku zapošljava se 1. lipnja 2013. kao asistent na Katedri za pčelarstvo i zoologiju Zavoda za lovstvo, ribarstvo i pčelarstvo. Iste godine upisuje poslijediplomski doktorski studij „Poljoprivredne znanosti“ smjer „Stočarstvo“ na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku. Tijekom studija u četiri navrata boravio je na pčelarskom institutu „Bieneninstitut Kirchhain“ (Njemačka) radi usvajanja i usavršavanja metoda korištenih tijekom izrade doktorata. Tijekom 2014. godine završava „Pedagoško-psihološku i didaktičko-metodičnu naobrazbu“ na Učiteljskom fakultetu u Osijeku te program usavršavanja „Upravljanje projektima u ruralnom razvoju“ na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku. Tijekom 2015. sudjeluje na seminaru „Contemporary breeding concept for improvement of local honey bee population“ na Bieneninstitut Kirchhain, Njemačka, a 2017. završava tečaj za umjetnu oplodnju matica u Pulawy, Poljska. Aktivno je sudjelovao i sudjeluje u provedbi IPA projekta „Panonian bee“, međunarodnog FP7 projekta „SmartBees“, međunarodnog projekta „EurBeST“, dva projekta APPRRR mjera „Primijenjena istraživanja u pčelarstvu“ te znanstveno-istraživačkog Sveučilišnog projekta. Do danas je održao 5 stručnih predavanja i izlagao na 18 međunarodnih skupova. Kao autor ili suautor sudjelovao je u objavi 4 rada kategorije A1, 2 rada kategorije A2, 9 radova kategorije A3 i oko 20 stručnih radova. Član je uredništva stručnog časopisa „Hrvatska pčela“, međunarodnih znanstvenih organizacija „Coloss“ i „Research Network for Sustainable Bee Breeding“. Član je nacionalnog povjerenstva za ocjenu kvalitete meda. Dobitnik je nagrade „Research Excellence Award“ tijekom 5-og međunarodnog znanstvenog skupa „Valis Aurea“ u Požegi te priznanja za objavljeni znanstveni rad u časopisu s najvećim faktorom odjeka u akademskoj godini 2017./2018. na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek.

Od 2008. godine nositelj je Obiteljskog poljoprivrednog gospodarstva Marin Kovačić koje se bavi uzgojem i selekcijom matica pčela. Iste godine dobio je nagradu za najbolje ocjenjeni med od bagrema u Hrvatskoj, a u 2017. godini imao je najbolje ocjenjenu maticu u Hrvatskoj.

Oženjen je i otac jednog djeteta.