

**Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
i
Institut Ruđer Bošković u Zagrebu**

**Poslijediplomski interdisciplinarni sveučilišni studij
Zaštita prirode i okoliša**

Slavica Mustač dr.med.vet.

**Istraživanje distribucije i kontrole manjeg brašnara,
Alphitobius diaperinus (Panzer) u peradarskim farmama**

Doktorska disertacija

Osijek, 2017.

Iskrena zahvala mentoru rada prof.dr.sc. Enrihu Merdiću na mnogobrojnim korisnim savjetima i svesrdnoj nesebičnoj pomoći pri izradi rada.

Veliku hvala i komentorici rada prof. dr.sc. Vlatki Rozman, kao i njezinom timu za tehničku pomoć pri laboratorijskom istraživanju te vrijednim i stručnim savjetima pri izradi ove disertacije.

Posebno hvala Jeleni Gusić i Darku Drvenkaru na pomoći kod statističke obrade podataka.

Najljepša hvala kolegama poslovnim suradnicima u Bioinstitutu d.o.o., Čakovec na tehničkoj podršci i nesebičnoj pomoći u svakom trenutku izrade disertacije.

Hvala i Silvi Lustig koja mi je pomogla pri protokolarnim radnjama vezanim uz obranu disertacije.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Institut Ruđer Bošković u Zagrebu

Doktorska disertacija

Poslijediplomski interdisciplinarni sveučilišni studij Zaštita prirode i okoliša

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Biologija

Istraživanje distribucije i kontrole manjeg brašnara, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) u peradarskim farmama

Slavica Mustać, dr.med.vet.

Doktorska disertacija je izrađena: na Odjelu za biologiju i Poljoprivrednom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Mentor: prof. dr. sc. Enrih Merdić, redoviti profesor Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Komentor: prof. dr. sc. Vlatka Rozman, redovita profesorica Poljoprivrednog fakulteta Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Sažetak doktorske disertacije:

Manji brašnar *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) infestira stelju u peradarskim objektima i ključni je štetnik u suvremenom uzgoju peradi. Kako bismo dobili temeljne spoznaje o ovom štetniku, kako o biologiji tako i mogućnosti kontrole u peradarskim objektima sa čvrstom podlogom pratili smo distribuciju i fluktuaciju populacije u tri objekta za uzgoj brojlera na području Međimurske županije (Hrvatska) kroz šest uzastopna uzgojna ciklusa peradi. Odrasle jedinke i ličinke manjeg brašnara uzorkovani su tjedno, Arends cjevastim klopama (n=24). Na kretanje brojnosti manjih brašnara tijekom godine utjecale su fluktuacije vanjske temperature između uzgojnih ciklusa što je pogodovalo visokim opetovanim reinfestacijama tijekom ljetnih uzgojnih ciklusa. Tijekom svih uzgojnih ciklusa utvrđena je heterogenost u distribuciji odraslih i ličinki između pozicija pored zida, ispod hranilica i ispod pojilica. Testirane odrasle jedinke manjeg brašnara pokazale su vrlo visoku osjetljivost na insekticid spinosad te smanjenu osjetljivost na sintetski piretroid ciflutrin. Prirodni organski spoj 1,8-cineol pokazao je dobar fumigantni učinak i mogao bi se koristiti u razvoju prirodnih formulacija biocida s insekticidnim učinkom te biti dio integriranog programa prevencije za manjeg brašnara.

Broj stranica: 135

Broj slika: 55

Broj tablica: 24

Broj literaturnih navoda: 200

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: peradarski objekti, manji brašnar *A. diaperinus*, mjere kontrole

Datum obrane: 30.01.2017.

Povjerenstvo za obranu:

1. prof.dr.sc. Stjepan Krčmar, redoviti profesor u trajnom zvanju Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
2. doc.dr.sc. Tvrtko Smital, znanstveni savjetnik Instituta Ruđer Bošković u Zagrebu, član
3. prof.dr.sc. Emilija Raspudić, redovita profesorica Poljoprivrednog fakulteta Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Rad je pohranjen u: Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici Zagreb, Ul. Hrvatske bratske zajednice 4, Zagreb; Gradskoj i sveučilišnoj knjižnici Osijek, Europska avenija 24, Osijek; Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Trg sv. Trojstva 3, Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Ruder Bošković Institute, Zagreb
University Postgraduate Interdisciplinary Study of
Environmental Protection and Nature Conservation

PhD thesis

Scientific Area: Natural Sciences

Scientific Field: Biology

The study of spatial distribution and control of lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) in poultry houses

Slavica Mustač

The thesis is performed at Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek and Faculty of Agriculture in Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer Osijek.

Supervisor: Enrih Merdić, PhD

Co-mentor: Vlatka Rozman, PhD

Summary:

The lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) infests chicken-house litter and is a key pest in the modern poultry raising. In order to obtain fundamental knowledge on this pest, regarding both biology and management in concrete floored poultry facilities, we monitored the population fluctuation and spatial distribution of the *A. diaperinus* in three poultry facilities in the area of the Međimurje County (Croatia) throughout six successive poultry breeding cycles. Lesser mealworm adults and larvae were sampled weekly using Arends tubular traps (n=24). The results of monitoring of the lesser mealworm population numbers signify that the lesser mealworm population numbers are affected by a different outer temperature between the breeding cycles, which favors high reinfestation during the summer breeding cycles. In all breeding cycles heterogeneity in the distribution of lesser mealworm adults and larvae positioned along the wall was identified, beneath drinking and feeding spots. The results of the laboratory research suggest that the tested insects, which were collected from the observed poultry facilities, show a high sensitivity to spinosad and a lower sensitivity to cyfluthrin. The natural compound 1,8-cineole could be used in the development of natural formulations of biocides with insecticidal effect and to be a part of an integrated prevention program for *A. diaperinus*.

Number of pages: 135

Number of figures: 55

Number of tables: 24

Number of references: 200

Original in: Croatian

Key words: poultry facilities, the lesser mealworm *A. diaperinus*, control measures

Date of the thesis defense: January 30st 2017

Reviewers:

1. Stjepan Krčmar, PhD
2. Tvrтко Smital, PhD
3. Emilija Raspudić, PhD
4. Nataša Turić, PhD

Thesis deposited in: National and University Library in Zagreb, Ul. Hrvatske bratske zajednice 4, Zagreb; City and University Library of Osijek, Europska avenija 24, Osijek; Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Trg sv. Trojstva 3, Osijek.

SADRŽAJ:

1	UVOD.....	1
2	BIOLOGIJA MANJEG BRAŠNARA I POZNATE MJERE KONTROLE.....	4
2.1	Klasifikacija manjeg brašnara.....	4
2.2	Razvojni ciklus manjeg brašnara.....	5
2.2.1	Stadij jaja.....	5
2.2.2	Stadij ličinke.....	6
2.2.3	Stadij kukuljice.....	7
2.2.4	Odrasli stadij.....	8
2.3	Preživljavanje manjih brašnara u nepovoljnim uvjetima.....	9
2.4	Distribucija manjih brašnara u peradarskim objektima.....	10
2.5	Rasprostranjenost manjih brašnara u svijetu.....	11
2.6	Štete uzrokovane manjim brašnara.....	12
2.6.1	Materijalne štete.....	12
2.6.2	Bolesti peradi.....	13
2.7	Suzbijanje manjih brašnara.....	15
2.7.1	Monitoring.....	15
2.7.2	Mehanička kontrola.....	15
2.7.3	Biološka kontrola.....	16
2.7.4	Kemijska kontrola.....	18
2.7.5	Alternativne metode suzbijanja manjeg brašnara.....	25
3	MATERIJAL I METODE.....	28
3.1	Kretanje brojnosti i prostorno vremenske distribucije manjih brašnara.....	28
3.1.1	Objekti.....	28
3.1.2	Uzorkovanja.....	29
3.1.3	Metode uzorkovanja.....	31
3.2	Laboratorijsko ispitivanje osjetljivosti odraslih manjih brašnara na insekticide.....	32
3.2.1	Test kukci.....	32
3.2.2	Testirani spojevi i metode testiranja.....	33
3.3	Statistička obrada podataka i prostorno-vremenska vizualizacija.....	34
4	REZULTATI.....	36
4.1	Brojnost manjih brašnara u objektima 1 – 3 tijekom uzgojnih ciklusa.....	36
4.1.1	Kretanje brojnosti odraslih manjih brašnara u objektima 1 – 3.....	39

4.1.2	Kretanje brojnosti ličinki manjeg brašnara u objektima.....	42
4.1.3	Kretanje brojnosti manjih brašnara u objektima tijekom tjedana uzorkovanja ...	45
4.2	Kretanje vrijednosti temperatura tijekom uzgojnih ciklusa.....	48
4.2.1	Kretanje vanjske temperature tijekom uzgojnih ciklusa.....	48
4.2.2	Kretanje vrijednosti unutrašnjih temperatura tijekom uzgojnih ciklusa.....	49
4.2.3	Usporedba vanjske temperature s temperaturom u objektu i temperaturom stelje	52
4.2.4	Kretanje temperature stelje u objektima tijekom uzgojnih ciklusa	55
4.2.5	Kretanje tjednih temperature tijekom uzgojnih ciklusa.....	62
4.3	Temperatura stelje i brojnost manjih brašnara.....	65
4.4	Distribucija manjih brašnara u objektima tijekom uzgojnih ciklusa	67
4.4.1	Distribucija manjih brašnara u objektima u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan.....	67
4.4.2	Distribucija manjih brašnara u objektima u uzgojnom ciklusu listopad-studenj..	71
4.4.3	Distribucija manjih brašnara u objektima u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača ..	75
4.4.4	Distribucija manjih brašnara u objektima u uzgojnom ciklusu ožujak-travanj	79
4.4.5	Distribucija manjih brašnara u objektima u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj	83
4.4.6	Distribucija manjih brašnara u objektima u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz ...	87
4.5	Toksičnost testiranih spojeva.....	91
5	RASPRAVA	94
6	ZAKLJUČCI.....	109
7	LITERATURA	111
8	POPIS SLIKA.....	125
9	POPIS TABLICA	127
10	ŽIVOTOPIS	128
11	PRILOZI	129

1 UVOD

U današnje doba raširene međunarodne trgovine velik je broj štetnika koji su uvezeni iz tropskih i suptropskih područja u krajeve s umjerenom klimom. Globalno širenje polifagnog štetnika, manjeg brašnara *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae), olakšano je dostupnošću objekata za uzgoj životinja gdje su se kukci prilagodili sredini bez utjecaja ekoloških faktora iz okoliša (Renault i sur., 2003). U područjima s umjerenom klimom manji brašnari najčešće nastanjuju peradarske objekte (Pfeiffer i Axtell, 1980), objekte za uzgoj svinja (O' Conor, 1987) te skladišta žitarica (Casteels i sur., 1996). Odrasle jedinke i ličinke manjeg brašnara u peradarskim objektima nalaze se ispod stelje, dok ličinke buše dodatne hodnike u izolaciji u zidu zbog prelaska u stadij kukuljice (Ichinose i sur., 1980; Safrit i Axtell, 1984; Vaughan i sur., 1984).

Manji brašnari dokazani su kao potencijalni vektori uzročnika mnogih bakterijskih, virusnih te gljivičnih bolesti peradi (Des Las Casas i sur., 1972, 1973; McAllister i sur., 1994, 1995, 1996; Strother i sur., 2005). Također, sudjeluju u prijenosu na perad nekih vrsta protozoa (Goodwin i Waltman, 1996), nematoda (Karunamoorthy i sur., 1994) i cestoda (Elowni i Elbihari, 1979). Nadalje, ekonomske štete nastaju zbog smanjene konverzije hrane peradi koja se hrani manjim brašnarima, a u slučaju konzumiranja velikog broja odraslih manjih brašnara može doći do oštećenja probavnog trakta peradi zbog čvrstoće oklopa kukaca (Despins i Axtell, 1995). Ličinke manjeg brašnara mogu ozlijediti kožu peradi, utječući tako na zdravlje peradi, kao i kakvoću peradskih trupova (Elowni i Elbihari, 1979). Velike štete nastaju oštećivanjem izolacije u peradarskim objektima što dovodi do velikih gubitaka topline, kao i značajnih troškova sanacije oštećenja (Ichinose i sur., 1980; Vaughan i sur., 1984.; Despinis i sur., 1987). Slijedeći problemi povezani s ovim štetnikom jesu zdravstvene smetnje kod ljudi. Kornjaši iz porodice Tenebrionidae za obranu od grabežljivaca proizvode visoko reaktivne benzokinone (Tschinkel, 1975). Benzokinoni mogu biti opasni za ljudsko zdravlje i mogu uzrokovati zdravstvene probleme kada su ljudi dulje vrijeme izloženi kukcima. Prijavljene bolesti kod ljudi uzrokovane manjim brašnarima uključuju simptome: astme, glavobolje, dermatitisa, alergijskog rinitisa, angioedema, eritema i formiranje papula (Tseng i sur., 1971; Schroeckenstein i sur., 1988).

U Republici Hrvatskoj manji brašnar je prvi put zabilježen 1990. godine, kao skladišni štetnik koji uzrokuje značajne štete u peradarskoj proizvodnji, a pogotovo u uzgoju brojlera (Korunić, 1990). U razdoblju od 2010. do 2011. godine utvrđen je velik broj infestiranih peradarskih objekata na području Međimurske županije (Mustać i sur., 2011).

Peradarsku proizvodnju u Republici Hrvatskoj odlikuje intenzivna proizvodnja i visok stupanj industrijalizacije (Kralik i sur., 2012). Ovakvi umjetni proizvodni sustavi iziskuju visoko strukturirane i sofisticirane programe upravljanja, a sastavni dio tih programa, kako bi se izbjeglo ekonomske gubitke je i integrirani program upravljanja artropodnim štetnicima. Mjere integrirane zaštite peradarskih objekta od manjih brašnara uključuju: utvrđivanje ciklusa populacije, utvrđivanje izbora staništa štetnika kroz kontinuirano istraživanje, razumijevanje važnosti ekoloških faktora iz okoliša te prikupljanje i analizu podataka o učinkovitosti kontrole, kao i uporabe odgovarajućih pesticida (Chernaki-Leffer i sur., 2007; Lambkin, 2011).

U svjetskoj komercijalnoj peradarskoj proizvodnji se za suzbijanje manjih brašnara najčešće koriste insekticidi: tetraklorvinfos, ciflutrin, karbaril, permetrin, spinosad, diklorovos, cipermetrin te regulator rasta triflumuron (Tomberlin i sur., 2008; Chernaki-Leffer i sur., 2011; Lambkin, 2011). Kod primjene insekticida u programu kontrole manjih brašnara potrebno je obratiti pozornost na identifikaciju zaraženih područja, odabir odgovarajućih vrsta insekticida i metode aplikacije, odrediti vrijeme i mjesto primjene insekticida, kao i nadzirati djelotvornost primijenjenih insekticida (Adams, 2003).

Među glavnim aktualnim problemima pri uporabi insekticida u kontroli štetnika u peradarskim objektima mogući su ostaci insekticida. Zbog toga je važno koristiti tehnike koje ne zagađuju okoliš, odnosno da ne utječu na produktivnost i zdravlje peradi. Trenutno, postoji velik interes za biljne ekstrakte, kao alternativu kemijskim insekticidima za suzbijanje manjeg brašnara zato što su prirodni, lako dostupni, brzo se razgrađuju, jeftiniji su od konvencionalnih insekticida i bez rizika rezidua u mesu (Prado i sur., 2013).

Za prirodni organski spoj 1,8-cineol dokazana je insekticidna aktivnost kod rižinog žiška (*Sitophilus oryzae*), žitnog kukuljičara (*Rhyzopertha dominica*), hrđastog brašnara (*Cryptolestes ferrugineus*) i kestenjastog brašnara (*Tribolium castaneum*) (Triphathi i sur., 2001; Korunić i Rozman, 2008). Također, spoj 1,8-cineol izoliran je iz eteričnih ulja aromatičnih biljaka našeg podneblja: lavande (*Lavandule angustifolia*), ružmarina (*Rosmarinus officinalis*), timijana (*Thymus vulgaris*) i lovorike (*Laurus nobilis*) (Rozman i sur., 2007).

Na temelju navedenog postavljena su dva glavna cilja ovog rada, a to su:

- a) Utvrditi dinamiku populacije manjeg brašnara u istraživanim objektima
- b) Utvrditi mogućnost kontrole brojnosti u peradarskim objektima i to osobito ekološki prihvatljivim metodama.

Posebni ciljevi ovog rada su:

- 1) Utvrditi kretanje brojnosti manjih brašnara u tri peradarska objekta kroz šest uzastopnih uzgojnih ciklusa peradi, tijekom godine dana
- 2) Utvrditi prostorno-vremensku distribuciju ličinki i odraslih jedinki manjeg brašnara u promatranim objektima kroz šest tjedana između pozicija uz zid, ispod hranilica i ispod pojilica, tijekom šest uzgojnih ciklusa peradi
- 3) Istražiti utjecaj temperature na kretanje brojnosti i na prostorno-vremensku distribuciju manjih brašnara u promatranim peradarskim objektima
- 4) Laboratorijski istražiti toksičnosti i dinamiku letalnog djelovanja na odrasle jedinke manjeg brašnara dvaju komercijalnih insekticida: sintetskog piretroida (ciflutrina) i naturalita (spinosada)
- 5) Laboratorijski istražiti toksičnost i dinamiku letalnog djelovanja na odrasle jedinke manjeg brašnara prirodnog organskog spoja 1,8-cineola (eukaliptol)

Na osnovi definiranih ciljeva istraživanja postavljene su slijedeće hipoteze:

1. Postoje značajne razlike u brojnosti i prostorno-vremenskoj distribuciji manjih brašnara između pojedinih objekata, kao i različitih uzgojnih ciklusa
2. Na brojnost i prostorno-vremensku distribuciju odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara utječu temperatura i način upravljanja peradarskom proizvodnjom
3. Odrasle jedinke manjeg brašnara su vrlo osjetljive na kemijske insekticide
4. Biološki pripravak, organski spoj 1,8-cineol može u adekvatnim dozama djelovati insekticidno

2 BIOLOGIJA MANJEG BRAŠNARA I POZNATE MJERE KONTROLE

2.1 Klasifikacija manjeg brašnara

Manji brašnar *Alphitobius diaperinus* član je porodice Tenebrionidae, roda *Alphitobius spp.* od kojeg u svijetu postoji oko jedanaest poznatih vrsta te dodatne vrste koje se sreću kao skladišni štetnici (Green, 1980). Za manjeg brašnara osim imena vrste *Alphitobius diaperinus* postoji više sinonima, kao što su: *Tenebrio diaperinus*, *Phaleria diaperinus*, *Uloma mauritanica*, *Alphitobius mauritanicus*, *Heterophaga opatroides*, *Heterophaga diaperina* (Dunford, 2000). Prema znanstvenoj klasifikaciji manjeg brašnara se svrstava:

Carstvo: Animalia

Koljeno: Arthropoda

Podkoljeno: Mandibulata

Razred: Insecta

Razred: Dicondylia

Red: Coleoptera

Podred: Polyphaga

Nadporodica: Tenebrionoidea

Porodica: Tenebrionidae

Podporodica: Tenebrioninae

Rod: *Alphitobius*

Vrsta: *Alphitobius diaperinus*

2.2 Razvojni ciklus manjeg brašnara

2.2.1 Stadij jaja

Ženka manjeg brašnara nakon parenja polaže jaja u pukotine u peradarskom objektu ili u stelju ispod hranilica i pojilica, zalijepljene u klastere posebnom tvari (Wilson i Miner, 1969). Uobičajeno je u klasteru 1 do 28 jaja (Barke i Davis, 1967). Ženke manjeg brašnara stare 0,5 – 9 mjeseci polažu 4 – 7 jaja dnevno, pri temperaturi od 25°C (Barke i Davis, 1967; Rueda i Axtell, 1996). Jaja manjeg brašnara su u početku kremasto-bijele boje, no s vremenom potamne (Slika 1). Prosječne su duljine 1,0-1,4 mm i prosječne širine 0,4-0,5 mm (Preiss i Davidson, 1971). Za razvoj jaja vrlo su važni uvjeti temperature i vlage, a medijan razvoja jaja iznosi od 2,6 do 13,4 dana na temperaturama od 20°C do 38°C (Rueda i Axtell, 1996). Preživljavanje jaja je veće na temperaturama od 28°C do 31°C, a manje na temperaturi od 25°C (Wilson i Miner, 1969). Za najveći postotak izlijeganja jaja potrebno je optimalno 70% vlage (Barke i Davis, 1967; Preiss i Davidson, 1971).



Slika 1. Jaje manjeg brašnara (Foto: Slavica Mustač)

2.2.2 Stadij ličinke

Ličinke manjeg brašnara su izdužene, cilindrične i bijele boje u ranom stadiju, a u kasnijim razvojnim stadijima smeđe boje (Slika 2). Duljina ličinke u zadnjem stadiju razvoja je između 10,33 – 13,83 mm, a širina 1,50 – 2,17 mm (Chernaki i Almeida, 2001). Broj stadija i duljina razvoja kroz koji će ličinke proći ovisi o temperaturi i vlazi, a na temperaturama nižim od 17°C nema razvoja (Rueda i Axtell, 1996). Na temelju preciznih mjerenja veličine čahure glave ličinki pri temperaturi uzgoja 27°C i 70% relativne vlažnosti, razvoj ličinki podijeljen je na osam stadija te je prosječna vrijednost širine čahure glave iznosila: 0.228, 0.228, 0.348, 0.478, 0.721, 1.061, 1.208 i 1.339 mm (Fransisco i Prado, 2001). Medijan razvoja ličinki na temperaturama od 20 do 38°C iznosi od 23.9 do 133.0 dana (Rueda i Axtell, 1996).

Ličinke se hrane raznim pohranjenim žitaricama, plodovima i rižom (Vaughan, 1982). Analizirajući asimilaciju hranjivih tvari od strane sedmog stadija ličinki manjeg brašnara hranjenih žitaricom (*Triticum*) utvrđeno je da one asimiliraju 81% proteina, 24,5% ugljikohidrata, 38% masnoća i 25,6% minerala (Sarin i Saxena, 1975). Kod nedostatka hrane ličinke se mogu hraniti gnojem, ostacima uginulih životinja, životinjama na umoru te mogu postati kanibali (Wilson i Miner, 1969). Ličinke manjeg brašnara sastoje se od 68% sirovih bjelančevina, 21% masti i sadrže više od 18% aminokiselina (Despins i Axtell, 1995).

Proučavanjem ponašanja ličinki manjeg brašnara u komorama s glinenim tlom, stieljom i bočnim poliestrenim stranicama utvrđeno je da se penju i tuneliraju samo kasniji stadiji ličinki, a aktivnost ličinki najintenzivnija je tijekom razdoblja 20 – 24 sata (Ichinose i sur., 1980; Geden i Axtell, 1987).



Slika 2. Ličinka manjeg brašnara (Foto: Slavica Mustač)

2.2.3 Stadij kukuljice

Kukuljice manjeg brašnara su bijele boje (Slika 3). Dužina kukuljica je od 2,67 mm do 6,4 mm, a širina od 2,2 mm do 2,55 mm (Chernaki i Almeida, 2001). Kukuljice ženki (20 mg) nešto su teže od kukuljica mužjaka (17 mg). Duljina razvoja kukuljica ovisi o temperaturi. Tako na temperaturama od 20°C do 38°C medijan razvoja kukuljica iznosi od 4,1 do 17 dana (Rueda i Axtell, 1996). Odnosno, razvoj kukuljica traje 9,7 dana na 22°C, 7,9 dana na 25°C, 5,3 dana na 28°C te 4 dana na 31°C, uz preživljavanje od 70% (Chernaki i Almeida, 2001). Opstanak kukuljica je veći na temperaturi od 25°C (94%) od opstanka (93%) na temperaturi od 30°C (Rueda i Axtell, 1996). Postotak opstanka kukuljica može biti povezan sa sadržajem vlage jer su kukuljice prilično osjetljive na visoku vlažnost okoline (Chernaki i Almeida, 2001). Kukuljice ženki manjeg brašnara razlikuju se od kukuljica mužjaka po većim spolnim papilama, smještenim odmah iznad abdominalnih nastavaka (Holger, 2011).

Kukuljice se u peradarskom objektu mogu naći u sučelju stelje i tla te ubušene u tlo, kao i u izolacijske materijale objekta (Salin i sur., 2000).



Slika 3. Kukuljica manjeg brašnara (Foto: Slavica Mustač)

2.2.4 Odrasli stadij

Odrasle jedinke manjeg brašnara su male, crne i sjajne (Slika 4). Odrasle jedinke su duljine 6,0 – 6,83 mm te širine 2,75 – 3,17 mm (Chernaki i Almeida, 2001). Odrasle ženke su nešto teže (16 mg) od mužjaka (13 mg). Medijan razvoja manjeg brašnara pri temperaturama od 20°C do 38°C od polaganja jaja do odraslog stadija iznosi od 30,8 do 164,4 dana (Rueda i Axtell, 1996). Odrasli manji brašnari u početku su bijele boje, a zatim im se boja postupno mijenja preko crveno-smeđe u tamno smeđu te konačno u crnu boju. Postupak orožnjenja oklopa odraslih manjih brašnara prosječno traje 7 dana (Wilson i Miner, 1969). Odrasli manji brašnari u prirodi žive duže od godinu dana, dok je u eksperimentalnim uvjetima zabilježeno preživljavanje dulje i od dvije godine (Falomo, 1986). Prehrana odraslih kukaca je raznolika i možemo reći da su pravi oportunisti (omnivori, granivori, karnivori) ali su i predatori, posebno ličinki kućne muhe (*Musca domestica*) i svih stadija tekuti (*Dermanyssus gallinae*) (Kozlov, 1970; Despins i sur., 1988). Iz probavnog sustava manjeg brašnara izolirani su enzimi za probavu: proteina, masnoća, škroba, saharoze, maltoze i celuloze (Sarin i Saxena, 1975). Na temelju izgleda mezotorakalne ili metatorakalne goljenične čekinje možemo razlikovati mužjake i ženke manjeg brašnara. Oba spola imaju par spina, u ženke su obje ravne, a kod mužjaka je jedna ravna i druga zakrivljena (Chernaki i Almeida, 2001). Reproductivnu fazu manji brašnari dosegnu 20-og dana nakon izlaska iz kukuljice, a reproduktivni ciklus traje oko 45 dana (Sallet i sur., 2013). Manji brašnari imaju spremnik feromona s pripadajućim žlijezdama u stražnjem dijelu trbušne šupljine, a on je u principu produžetak trbušne intersegmentalne membrane između sedmog i osmog trbušnog kolutića. Emisija feromona započinje od 1. do 2. tjedna starosti i može se nastaviti do jedne godine, a ovisi o dostupnosti i kvaliteti hrane (Bartlet i sur., 2009).



Slika 4. Odrasla jedinka manjeg brašnara (Foto: Slavica Mustač)

2.3 Preživljavanje manjih brašnara u nepovoljnim uvjetima

Manji brašnar je kornjaš tropskog porijekla čiji je životni ciklus u područjima s umjerenom klimom limitiran temperaturama i dostupnošću hrane (Salin i sur., 2000). Preživljavanje manjih brašnara tijekom zimskog čišćenja peradarskih objekata ključni je čimbenik koji regulira dinamiku brojnosti tijekom godine (Renault i sur., 1999). Manji brašnar nema dijapauzu i vrsta je koja ugiba iznad svoje točke smrzavanja (Salin i sur., 1998). Fiziološke adaptacije manjih brašnara da prežive razdoblja čišćenja peradarskih objekata tijekom zimskih uzgojnih ciklusa jesu: mirovanje, odnosno pothlađivanjem izazvana koma (chille coma) i migracije (Salin i sur., 2000). Pothlađivanjem izazvana koma je ireverzibilno stanje kukaca u kojem prestaju neuromuskulatorni pokreti i gibanje, a izaziva ga kritična minimalna temperatura. Posljedica je nesposobnosti održavanja ionske homeostaze kod ionski motivirane ATP-aze i izmjene kroz lipidne membrane koja dovodi do gubitka živčane i mišićne podražljivosti (Macmillan i Sinclair, 2011). Nastaje zbog hladnoćom izazvanog poremećaja preraspodjele Na^+ i vode iz hemolimfe u crijevima, a što podiže koncentraciju iona K^+ u hemolimfi, depolarizira u mišićima K^+ ravnotežu i smanjuje akcijski potencijal (Macmillan i sur., 2012).

Preživljavanje manjih brašnara Lt_{50} na niskim temperaturama varira u rasponu od 9,5 dana na 6°C do 47,6 dana na 10°C , dok preživljavanje na razini Lt_{99} varira od 20 dana na 6°C do 102,2 dana na 10°C (Renault i sur., 1999). Postoji razlika između spolova u duljini preživljavanja na temperaturi od 10°C . Svi mužjaci su mrtvi nakon 88 dana, a sve ženke nakon 107 dana. Na duljinu preživljavanja također utječe početna masa kukaca i to podjednako kod oba spola, a izdržljivije su jedinke veće početne tjelesne mase (Renault i sur., 2003). Prethodna aklimatizacija kukaca također utječe na duljinu preživljavanja. Kukci koji su bili aklimatizirani na 15°C imali su produženo preživljavanje Lt_{50} s 7,7 dana na 9,7 dana na izloženosti stalnoj temperaturi od 5°C u odnosu na neaklimatizirane kukce koji su bili uzgajani na temperaturi od 30°C (Renault i Coray, 2004).

Tijekom duljeg gladovanja u manjih brašnara događaju se razne kvalitativne i kvantitativne promjene metabolita, a koje znatno variraju ovisno o temperaturi. Razina proteina i ATP-a ne mijenja se značajno, razina glikogena mijenja se malo, a razina triglicerida se smanjuje i gotovo je iscrpljena na temperaturi od 12°C (Renault i sur., 2002). Djelovanju šoka na manje brašnare kod niskih temperatura prethodi smanjenje sadržaja svježe tvari 3,84% na 0% relativne vlage, odnosno 1,15% na 100% relativne vlage (Renault i Coray, 2004).

2.4 Distribucija manjih brašnara u peradarskim objektima

Broj manjih brašnara u peradarskim objektima može doseći enormne vrijednosti. Procjenjuje se da ako je prisutno više od 1 000 jedinki po m² znači da je u objektu prosječne veličine 12x152 m prisutno više od 2. 000 000 manjih brašnara (Rowland i sur., 2007). Stanište odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara u peradarskim objektima je ispod nakupljenog gnoja, a ličinke ulaze u pukotine u zidovima gdje prelaze u stadij kukuljice (Ichinose i sur., 1980; Vaughan i sur., 1984). Ograničavajući faktor broja manjih brašnara u peradarskim objektima je temperatura stelje, a koja je limitirana dubinama naslaga. Temperatura stelje u različitim dubinama naslaga gnoja može varirati i do 10°C (Armitrage, 1985). Manji brašnari se u peradarskim objektima nagomilavaju u područjima s višom temperaturom, pogodnom vlagom i mjestima s dostupnom hranom (Axtel i Arends, 1990). Općenito, najveća gustoća ličinki i odraslih jedinki manjeg brašnara (50%) zabilježena je ispod hranilica i uz rubove objekta (Lambkin, 2007). Tijekom zimskog perioda čišćenja peradarskih objekata temperatura stelje ima značajnu ulogu kod odabira mjesta gdje će se ličinke zakukuljiti (Salin i sur., 2000).

Usporedbom modela prostorno-vremenske distribucije manjih brašnara izrađenog na temelju ekoloških parametara u peradarskom objektu (temperature, pH i vlage) i stvarne distribucije kukaca utvrđeno je podudaranje u rasponu 20 – 86,7%. Kao razlog nepodudaranja stvarne distribucije s modelom smatra se odnos broja jedinki manjeg brašnara i veličine objekta (Strother i Steelman, 2001). Postoji i suprotno mišljenje prema kojem se i kod male brojnosti manji brašnari koncentriraju u područjima s povoljnijim uvjetima te je veća brojnost kukaca utvrđena u područjima s višom temperaturom stelje tj. u područjima gdje je bila koncentrirana perad (Vemura i sur., 2008). Utvrđeno je da ne postoji korelacija između brojnosti kukaca i vrijednosti temperature stelje u peradarskim objektima (Camargo-Neto i sur., 2006; Chernaki-Leffer i sur. , 2007).

Praćenjem distribucije manjih brašnara u peradarskom objektu tijekom sedam tjedana uzgojnog ciklusa utvrđeno je da su se manji brašnari zadržavali u prve dvije trećine objekta u razdoblju od 1. do 3. tjedna uzgojnog ciklusa, a zatim su se proširili po cijelom objektu u razdoblju od 4. do 7. tjedna uzgojnog ciklusa (Strother i Steelman, 2001). Ličinke manjeg brašnara ostaju u leglu s 30 – 40% vlage, a zatim se rasprše na 50 – 60% vlage. Odnosno, manji brašnari se počinju seliti prema zidovima kako bi izbjegli prekomjerno mokru stelju i visoku gustoću populacije na kraju uzgojnog ciklusa (Despins i sur., 1989; Geden i Axtell, 1987).

2.5 Rasprostranjenost manjih brašnara u svijetu

Porijeklo manjih brašnara je u Africi, u Obali bjekolosti žive u raspadnutim stablima palmi i gnijezdima ptica gdje se temperature kreću od 24°C do 30°C, a relativna vlaga zraka iznosi 70 – 80% u kišnim sezonama i 10 – 20% u suhim sezonama (Salin i sur., 2000). Usprkos tome što su tropska vrsta, manji brašnari rasprostranjeni su u cijelom svijetu u različitim vrstama staništa: golubarnicima u Sudanu (Yagi i Razig, 1972), gnijezdima ptica u Indiji i Pakistanu (Bhattacharyya, 1995; Mohammad i sur., 1985), špiljama šišmiša u Keniji (Reddell, 1966), objektima za uzgoj stoke u Rusiji (Mishchenko i Mashke, 1987), svinjcima u Irskoj (O'Connor, 1987), skladištima žitarica u Belgiji (Casteels i sur., 1996) i što je najvjerojatnije u skrotumu štakora gdje je pronađeno 4 odraslih i 16 ličinki manjeg brašnara (Crook i sur., 1980).

U područja s umjerenom klimom manji brašnari uneseni su putem zaraženih predmeta i hrane, a u tim područjima mogu se širiti samo tijekom ljetnog razdoblja kada se prazni infestirana stelja iz peradarskih objekata i odlaže na poljoprivredne površine (Salin i sur., 2000). Iako se smatra da manji brašnari u područjima s umjerenom klimom ne mogu opstati izvan objekata za uzgoj životinja, njihovo prisustvo zabilježeno je u prirodi na nekoliko lokacija u Francuskoj i Engleskoj (Renault i sur., 1999).

Ipak manji brašnari najčešće nastanjuju peradarske objekte te postoje mnogi radovi o njihovom prisustvu u objektima za uzgoj peradi u: Mađarskoj, Čileu, Novom Zelandu, Finskoj, SAD-u, Japanu, Poljskoj, Južnoj Africi, Brazilu, Iranu (Nemeseri i Gesztessy, 1973; Pena, 1973; Dale i sur., 1976; Silfverberg, 1979; Pfeiffer i Axtell, 1980; Ichinose i sur., 1980; Majchrowicz, 1985; Hulley i Pfeleiderer, 1988; Filho i sur., 1989; Tavassoli i sur., 2011).

U Hrvatskoj se manji brašnar ubraja u skladišne štetnike (Korunić, 1990). Naveden je među deset najčešće našdenih vrsta kukaca u sojinoj sačmi u Riječkoj luci tijekom istraživanja od devet godina (Hamel, 1993). Također, na području Međimurske županije utvrđen je velik broj infestiranih peradarskih objekata ovim štetnikom (Mustač i sur., 2011).

2.6 Štete uzrokovane manjim brašnarima

2.6.1 Materijalne štete

Ličinke manjeg brašnara buše rupe u izolacijskim materijalima peradarskih objekata kako bi se pripremile za stadij kukuljice te pri tome nanose velike štete zbog gubitka topline. Efikasnost izolacije u peradarskom objektu može se smanjiti 20 – 30% (Vaughan i sur., 1984). Postoje izvještaji o velikim štetama nastalih djelovanjem manjih brašnara i na izolaciji objekata za uzgoj svinja u Irskoj tijekom 1983. godine (O Conor, 1987). U objektima za uzgoj peradi u kaveznom sustavu na području Virginiae (SAD) ekstrudirani poliestren u kutovima objekta zbog djelovanja manjih brašnara izgubio je od početnog volumena od 9,1% do 30,8% tijekom razdoblja od 10 godina (Despinis i sur., 1987).

U suhim uvjetima u objektima za uzgoj peradi manji brašnari grizu kožu pilića te je zbog oštećene kože smanjena kvaliteta obrađenih peradskih trupova (Hamm i sur., 2006).

Zbog uznemiravanja kukacima perad se odmara vrlo kratko vrijeme, a to utječe na potrošnju energije, smanjenu konverziju hrane i smanjeni prirast peradi (Savage, 1992). Težina pilića starosti od 3 do 8 dana hranjenih manjim brašnarima znatno je manja nego težina pilića hranjenih smjesom za perad (84,0 g), a tu težinu pilići ne mogu nadoknaditi ni u slijedećih 6 tjedana hranjenja smjesom (Despins i Axtell, 1995). Osim smanjene konverzije hrane, perad hranjena manjim brašnarima imala je i zdravstveni problem. Pokazivala je znakove stresa i probleme s defekacijom, kao i vodenastu stolicu u kojoj su bili prisutni neprobavljeni dijelovi kožica ličinki manjeg brašnara.

Manji brašnari mogu u slučajevima nepravilnih deponiranja zaražene stelje iz peradarskih objekata na poljoprivrednim površinama privučeni svjetlom infestirati stambene objekte. Takve neželjene infestacije mogu dovesti do skupih sudskih sporova te zahtjevima za materijalnom odštetom (Axtell, 1999).

Zemlje s razvijenom komercijalnom peradarskom proizvodnjom (Australija, Brazil, SAD) troše znatna financijska sredstva za kontrolu manjih brašnara. Tijekom 2006. godine u državi Georgia (SAD) troškovi kontrole manjih brašnara iznosili su preko milijun dolara, a troškovi ukupno nastalih šteta oko 8,5 milijuna dolara (Hamm i sur., 2006).

2.6.2 Bolesti peradi

Prva utvrđena bolest peradi u čiji su prijenos uključeni manji brašnari je Marekova bolest. Tumori Marekove bolesti inducirani su inokulacijom suspenzije zaraženih homogeniziranih manjih brašnara u jednodnevne piliće, a bolest se razvila u razdoblju od četiri tjedna u 25 – 83% pilića (Eidson i sur., 1966).

Prijenos virusa zarazne burze peradi (IBDV) s manjih brašnara na perad dokazan je tako da je zdrava perad razvila simptome infektivne bolesti nakon hranjenja manjim brašnarima (Snedeker i sur., 1967). Virusi boginja peradi zadržavaju se do šest dana u manjim brašnarima, a zaraženi manji brašnari izlučuju znatne količine virusa u okolicu slijedeća dva dana (Des Las Casas i sur., 1976). Virus zarazne burze peradi iz odraslih manjih brašnara može se izolirati i do 14 dana nakon zaražavanja (McAllister i sur., 1995). Manji brašnari mehanički mogu prenijeti pureći koronavirus (TCV), a izravno se mogu zaraziti pureći zamci u koje je inokuliran homogenat zaraženih cijelih manjih brašnara (Watson i sur., 2000). Ličinke manjeg brašnara mogu mehanički prenijeti Rotavirus ali nisu dobre za prijenos Reovirusa 24 (Des Las Casas i sur., 1973; Despins i sur., 1994). Virus influenze peradi izoliran je iz manjih brašnara prikupljenih iz peradarskih objekata na području Pennsylvaniae (Wilson i sur., 1986). Manji brašnari se virusom Newcastle bolesti peradi mogu zaraziti (NDV) hranjenjem korioalantoisnom membranom inficiranom samo visokom dozom virusa (Des Las Casas i sur., 1976).

Najčešće izolirane bakterije iz sakupljenih uzoraka manjih brašnara su grampozitivne bakterije iz rodova: *Micrococcus*, *Streptococcus* i *Baccillus subtilis* grupe, a od gljivica *Aspergillus flavus* vrste, *Pencillium spp.* i *Candida spp.* (Des Las Casas i sur., 1972). Posebno značenje imaju gramnegativne bakterije iz skupine Enterobacteriaceae. Dokazano je da su manji brašnari rezervoari i vektori za patogene *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* i *Campylobacter jejuni*. Ukupno je iz manjih brašnara prikupljenih iz objekta za uzgoj purana izolirano četrdeset i osam serotipova *Escherichia coli*, a od toga je dvadeset i šest patogenih serotipova za ljude i životinje (Harein sur., 1970). *Escherichia coli* može se izolirati s vanjske površine tijela i iz fecesa manjih brašnara do 12 dana nakon izloženosti. Nije dokazan transstadijalni prijenos bakterija nakon prelaska ličinka manjeg brašnara u stadij kukuljice, a direktni prijenos *Escherichie coli* s manjih brašnara na jednodnevne piliće dokazan je nakon 24 sata pozitivnim kloakalnim brisevima (McAllister i sur., 1996). Kod *Salmonella typhimurium* moguć je i transstadijalni prijenos. Bakterije su izolirane s vanjske površine manjih brašnara do 16 dana nakon izloženosti, a iz fecesa do 28 dana (McAllister i sur., 1994). *Salmonella typhimurium* se u zaraženim odraslim jedinkama manjeg brašnara može identificirati do 64 dana, a u ličinkama do 49 dana nakon izloženosti (Roche, 2009).

Direktni prijenos *Salmonella typhimurium* na piliće dokazan je pozitivnim kloakalnim brisevima jednodnevnih pilića 24 sata nakon konzumiranja samo jedne zaražene ličinke, odnosno odrasle jedinice manjeg brašnara (McAllister i sur., 1994). Ličinke manjeg brašnara učinkovitije su od odraslih kukaca u prijenosu *Salmonella enteritidis* (Leffer i sur., 2010). Kampilobakter infekcija, najčešća je alimentarna infekcija ljudi u Australiji (Templeton i sur., 2006). Manji brašnari nositelji su bakterije *Campylobacter jejuni* u peradarskim objektima ali točno značenje manjih brašnara u epidemiologiji *Campylobacter jejuni* nije do kraja poznato (Strother i sur., 2005). U Australiji je izolirano nekoliko podtipova ove bakterije te je potvrđena vjerojatnost da kolonizacija peradi ovom bakterijom potječe od nekoliko različitih rezervoara (Bates i sur., 2004). Manji brašnari mogu prenijeti *Campylobacter jejuni* iz jednog uzgojnog ciklusa peradi u slijedeći uzgojni ciklus samo ako je razmak između punjenja objekata manji od 72 sata (Templeton i sur., 2006; Hazeleger i sur., 2008).

Iz homogenata manjih brašnara uz bakterije i gljivice izolirane su i Eimerie, uzročnici crijevne kokcidioze peradi (Goodwin i Waltman, 1996). Manji brašnari mogu oociste kokcidija prenijeti iz jednog uzgojnog ciklusa peradi u slijedeći uzgojni ciklus (Reyna i sur., 1983).

U peradi pasmine Plymouth Rock koja je bila hranjena terenski prikupljenim manjim brašnarima s područja Kube sekcijom je utvrđena, 75 dana nakon hranjena, infestacija trakavicama vrste *Raillientina cestitillus* i *Choanotaenia infundibulum* te oblicima vrste *Tropisurus confusus*, *Chelospirura hamulososai* i *Subulura suctori* (Moya i sur., 1977). *Subulura suctoria* široko je rasprostranjen oblič u Kubi kojim je zaraženo 77% pretražene peradi (Ovies i Birov, 1976). Prve infektivne ličinke L₂ izolirane su iz manjih brašnara 8. dana nakon eksperimentalnog zaražavanja, a invazivni L₃ stadij od 12. do 16. dana (Karunamoorthy i sur., 1994). Manji brašnari prikladni su prenosioci (vektori) za trakavice vrste *Choanotaenia infudibulum*. Ličinke (cisticerkoidi) trakavice *Choanotaenia infudibulum* izolirane su iz 78 odraslih manjih brašnara od ukupno 542 prikupljenih iz peradarskih farmi s područja Khartoumu (Sudan), a zaraženost ličinki bila je nešto manja (0,75%) (Elowni i Elbihari, 1979). Trakavica vrste *Hymenolepis minutissima* izolirana je u 1,1% manjih brašnara od ukupno 557 prikupljenih na području Indije (Gogoi i Chaudhuri, 1982). Infestacija ličinkama oblića *Hadjelia truncata* utvrđena je u 44% odnosno u 32,5% golubova koji su bili hranjeni odraslim manjim brašnarima zaraženima ličinkama oblića (Alborzi i Rahbar, 2012).

Iako se manji brašnari mogu inficirati s praživotinjom *Histomonas meleagridis* imaju nisku osjetljivost na infekciju te vrlo vjerojatno oni nisu glavni vektor prijenosa ovog infekta iz jednog uzgojnog ciklusa peradi u slijedeći uzgojni ciklus (Huber i sur., 2007).

2.7 Suzbijanje manjih brašnara

2.7.1 Monitoring

Prije poduzimanja mjera suzbijanja manjih brašnara važno je utvrditi stanje brojnosti u peradarskom objektu (Chernaki-Leffer i sur. , 2007). Za to postoje dvije vrste klopki: Pan trap klopka i Arends cjevasta klopka (Safrit i Axtel, 1984). Pan trap klopka sastoji se od malih panela izolacijskog materijala, kao što su stiropor ili folija poliizocianurata a prekrivenim metalnim pločama. Ova klopka smatra se efikasnom ali nepraktičnom za primjenu. Praktičnija klopka od pan trap klopke koja se koristi za praćenje manjih brašnara u peradarskim objektima je Arends cjevasta klopka. Klopka se sastoji od PVC cijevi duljine 23 cm i promjera 3,8 cm s umetnutim valjanim valovitim kartonom dimenzija 20x30 cm. Klopka se umeće u stelju i učvrsti na podlogu kako bi se spriječilo pomicanje (Safrit i Axtel, 1984). Moguće je dodati atraktant za poboljšanje djelovanja klopki. Kao atraktant moguće je koristiti kombinaciju svježeg peradskog izmeta i sintetske agregacije feromona koja uključuje R-(+)-limonen, E-p-ocimene, (S)-(+)-linalool, (R)-(+)-daucene i 2-nonanone (Singh i Johnson, 2012).

2.7.2 Mehanička kontrola

Građevinsko-strukturalni zahvati na peradarskim objektima mogu znatno pridonijeti smanjenju broja manjih brašnara. Daleko manji broj manjih brašnara uočen je u objektima sa čvrstom podlogom u odnosu na objekte s podlogom od gline (Vemura i sur., 2008).

Broj manjih brašnara u objektu može se smanjiti čišćenjem stelje, a pogotovo u zimsko vrijeme kada se veći dio kukaca može eliminirati izlaganjem niskim temperaturama (Hinton i Moon, 2003). Upravo je izlaganje temperaturama nižim od -5°C najbolji način kontrole manjih brašnara u peradarskim objektima (Geissler i Kösters, 1972). Međutim, u peradarskim objektima prilikom praznjenja stelje manji brašnari migriraju u pukotine i oštećenja unutar zidova i instalacije objekta i tako preživljavaju razdoblja čišćenja (Mustač i sur., 2012).

Nasuprot niskim temperaturama skupina autora predlaže visoke temperature ($>45^{\circ}\text{C}$), kao toplinske barijere koje bi spriječile migraciju ličinki u izolacijske materijale zidova peradarskih objekata (Schmitz i Wohlgemuth, 1988). Manji brašnari ne preživljavaju na temperaturama višim od 48°C (Salin i sur., 1998; Gazoni i sur., 2012).

Konstrukcije u peradarskim objektima trebale bi biti takve da se izbjegne nagomilavanje stelje jer temperatura stelje, a time i uvjeti za razvoj manjih brašnara ovise o debljini naslaga (Armitage, 1985).

Dobri rezultati mehaničke kontrole manjih brašnara u peradarskim objektima mogu se postići uporabom mehaničkih barijera koje se sastoje od PET (polietilena tereftalata) smole pričvršćene na drvene postove od lateksa. Mehaničke prepreke se postavljaju oko potpornih stupova kako bi se spriječilo kretanje odraslih i ličinki manjeg brašnara (Geden i Carlson, 2001; Kaufman i sur., 2005b). Također i otporni izolacijski materijali zabrtvljeni na spojevima mogu spriječiti infestaciju peradarskih objekata manjim brašnarima (Despins i sur., 1991).

Preporuka je da se izbjegavaju drveni materijali kod projektiranja objekta za uzgoj peradi zato jer je drvo prirodno stanište manjih brašnara (Armitage, 1985).

Vrlo važan dio u programu suzbijanja manjih brašnara je manipulacija gnojem na poljoprivrednim površinama nakon čišćenja peradarskih objekata zato jer iskorištena stelja može biti novi izvor infestacije (Rowland i sur., 2007). Kako bi se spriječio ovaj način reinfestacije manjim brašnarima preporuča se deponirati infestiranu stelju na udaljenost od najmanje 1,6 km od naseljenih mjesta, odnosno od drugih objekata za uzgoj životinja (Calibeo-Hays i sur., 2005). Kod inkorporacije iskorištene stelje na poljoprivrednim površinama, kako bi se spriječio izlazak kukaca na površinu, potrebno je oranje u dubine najmanje 30 cm (Kaufman i sur. 2005a). Broj manjih brašnara koji izlaze na površinu nakon inkorporiranja u tlo opada s vremenom i najmanji je nakon 28 dana. Također, uporaba mehaničkih naprava poput pluga ili diska kod distribucije gnoja na poljoprivredne površine smanjuje broj preživjelih manjih brašnara (Calibeo-Hays i sur., 2005).

2.7.3 Biološka kontrola

Iako je pronađeno nekoliko prirodnih neprijatelja manjih brašnara nema praktičnog rješenja za mogućnost biološkog suzbijanja. Patogene gljivice *Beauveria bassiana* i *Metarhizium anisopliae* trenutno su najprihvatljivija biološka metoda suzbijanja (Geden i sur., 1998). Uvjeti u objektima za uzgoj peradi, kao što su slab intenzitet svjetlosti, konstantna temperatura i visoka vlaga vrlo su povoljno okruženje za opstanak entomopatogenih gljivica te u znatnoj mjeri određuje prikladnost tih patogena za suzbijanje manjih brašnara (Gindin sur., 2009). Kod primjene patogenih gljivica utvrđena je viša stopa smrtnosti ličinki manjeg brašnara (60 – 98%) nakon izloženosti gljivicama *B. bassiana* u koncentraciji 5×10^7 konidija ml^{-1} formulacije suspenzije u odnosu na smrtnost manju od 25% nakon aplikacije $2,5 \times 10^8$ konidija g^{-1} u formulaciji praška (Geden i sur., 1998). Jednokratna primjena sojeva *B. bassiana* koncentracije $10^8 - 10^9$ konidija/ m^2 nije dovoljna za suzbijanje manjih brašnara u terenskim uvjetima već su potrebne višekratne aplikacije (Geden i Steinkraus, 2003). Usprkos korištenoj visokoj koncentraciji kondija $2,5 \times 10^7$ 250 cm^{-3} smanjio se postotak smrtnosti ličinki kada su se gljivice aplicirale na stelju (Geden i sur., 1998).

Praživotinje *Gregarina alphitobii* i *Farinocystis tribolii* izolirane su iz manjih brašnara prikupljenih u objektima za uzgoj brojlera s područja Sjeverne Karoline (SAD) te bi prirodne infekcije praživotinjama mogle biti važna biološka metoda za suzbijanje manjih brašnara (Apuya i sur., 1994). Za postizanje zadovoljavajuće smrtnosti ličinki manjeg brašnara laboratorijski uzgojenih kolonija praživotinja *Eugregarine gamonts* potrebna je koncentracija od 5×10^4 do $1,6 \times 10^6$ oocysta/ličinka (Steinkraus i sur., 1992).

Oblič *Steinernema feltiae* pokazao se najučinkovitijim obličem za suzbijanje različitih razvojnih stadija manjeg brašnara (Geden i sur., 1985). Međutim, pokušaj kontrole manjih brašnara obličem *Steinernema felatiae* aplikacijom 10^6 oblića/m² na zemljani pod objekata za uzgoj purana na području Sjeverne Karoline (SAD) nije imao dugoročne rezultate. Brojnost manjih brašnara u tretiranim objektima izjednačila se s brojnošću u kontrolnom objektu nakon razdoblja od 10 do 13 tjedana (Geden i sur., 1985). Kasnijim istraživanjem utvrđeno je da pri temperaturama višim od 24°C obliči ne opstaju u tlu duže od dva tjedna (Geden i sur., 1988). Laboratorijskim primjenom oblića vrste *Heterorhabditis bacteriophora* u dvije koncentraciji od 1000 IJs kukac⁻¹ i 2000 IJs kukac⁻¹ pri temperaturi od 30°C i 70% vlage, utvrđena je 100% učinkovitost na ličinke i imaga manjih brašnara (Raspudić i sur., 2013). Praktična primjena oblića za suzbijanje manjih brašnara u peradarskim objektima zapravo je neprovediva zbog temperatura iznad 30°C koje su uobičajene za peradarske objekte, kao i zbog kemijskih sastojaka peradskog gnoja (Alves i sur., 2012a).

Grinja *Acarophenax mahunkai* (Acari Tarsonemina: Acarophenacidae) biološki je neprijatelj manjeg brašnara i visoko specifični parazit, a parazitira na jajima manjeg brašnara te smanjuje stopu izlijeganja jaja od 72,7%. Parazitiraju samo ženke grinje, a razvojni ciklus puno im je kraći (3 – 5 dana) od razvojnog ciklusa jaja manjeg brašnara (Steinkraus i Cross, 1993).

Kornjaš *Carcinops troglodytes* opisan je kao predator ličinki manjeg brašnara, iako su laboratorijska istraživanja potvrdila suprotno tj. da ličinke manjeg brašnara značajno smanjuju opstanak jaja i ličinki kornjaša *Carcinops pumilio* ((Santoro i sur., 2010b; Watson i sur., 2001).

Pauci *Nesticodes rupifex* i *Latrodectus geometricus* (Araneaea: Theridiidae) prirodni su predatori manjih brašnara te bi se mogli iskoristiti u strategiji kontrole (Rossi i Godoy, 2005).

Osjetljivost ličinki manjeg brašnara na deset terenskih izolata *Bacillus thuringiensis* iz okolice Wroclawa (Poljska) te pripravka Biobit i Thuridan na bazi *Bacillus thuringiensis* u laboratorijskim uvjetima bila je vrlo mala, a mortalitet ličinki iznosio je 0 – 12,5% (Lonc i sur., 2001).

2.7.4 Kemijska kontrola

Zbog nedostatka alternativnih metoda, uzgajivači peradi se za suzbijanje manjih brašnara prvenstveno oslanjaju na primjenu insekticida u pauzi između dva uzgojna ciklusa i to nakon uklanjanja peradi iz objekta. Različiti insekticidi dostupni na tržištu ako se primjenjuju na pravilan način vrlo su učinkoviti u kontroli manjih brašnara (Rowland i sur., 2007). Međutim, potpuna eliminacija manjih brašnara iz peradarskih objekata gotovo je nemoguća (Schmitz i Wohlgemuth, 1988). Mnogi od nekada korišteni insekticidi za suzbijanje manjih brašnara: DDT, lindan, malation, klordan, propoxur, klorpirifos danas su zabranjeni zbog štetnog utjecaja na okoliš, kao i zbog mogućih rezidua koje zaostaju u mesu peradi (Saxena i Sarin 1972; Lohren, 1972).

Problem kod kemijskog suzbijanja manjih brašnara u peradarskim objektima je što lužnatost legla zbog razgradnje mokraćne kiseline u amonijak, deaktivira kemijske aktivne sastojke i tako smanjuje rezidualnost, kao i učinkovitost kontrole (Alves i sur., 2012b).

Slijedeći problem je što se većina manjih brašnara nalazi ispod naslage gnoja i što je velik dio ličinki na nedostupnim mjestima metamorfozom prešao u stadij kukuljice, a na koje većina insekticida nije djelotvorna (Axtell, 1994; Salin i sur., 2003).

Nadalje, prilikom čišćenja peradarskih objekata manji brašnari traže skloništa u okolici objekta i zatim reinfestiraju slijedeći uzgojni ciklus (Weaver i Kondo, 1987; Voris i sur., 1994). Kako bi se smanjio rizik ovakve reinfestacije preporuča se aplikacija insekticida u objektima nakon uklanjanja peradi i zatvaranje objekta na 24 sata (Rowland i sur., 2007).

Veliki problem kod primjene insekticida za suzbijanje manjih brašnara je i rezistencija (Hamm i sur., 2006; Rowland i sur., 2007; Tomberilin i sur., 2008; Boozer, 2008; Lambkin, 2012). Istraživanjem osjetljivosti manjih brašnara na γ -cihalatron i deltametrin uz dodavanje piperonil butoksida (PBO) uočeni su promjenjivi učinci na osjetljivost, a ova varijabilnost ukazala je na prisustvo i ostalih mehanizama otpornosti u manjih brašnara, osim otpornosti metabolizma (Lambkin i Furlong, 2011). Utvrđena je križna rezistencija manjih brašnara na ciflutrin povezana s prethodnom uporabom insekticida DDT-a i utvrđen je različit stupanj osjetljivosti koji je ovisio o duljini primjene insekticida (Steelman, 2008). Direktna veza povećanja stupnja otpornosti na ciflutrin s duljinom njegove primjene dokazana je u Australiji usporedbom LC_{50} vrijednosti ciflutrina nakon tretiranja manjih brašnara prikupljenih u razdoblju od 2000. do 2001. godine iz tri peradarska objekta s LC_{50} vrijednošću ciflutrina nakon tretiranja manjih brašnara prikupljenih iz istih objekata u razdoblju od 2001. do 2005. godine (Lambkin i Rice, 2006).

Da bi se izbjeglo stvaranje rezistencije manjih brašnara na insekticide predlaže se rotacija insekticida iz različitih insekticidnih skupina za svaka dva uzgojna ciklusa peradi, kao i da se ne koriste koncentracije niže od propisanih (Rowland i sur., 2007).

Profil toksičnosti insekticida na manje brašnare ovisi o različitim režimima prskanja u peradarskom objektu (Vaughan i Turner, 1984). Djelotvornost insekticida može ovisiti i o temperaturi pri kojoj se insekticid aplicira te o postotku relativne vlage (Arthur, 1999; Athanassiou i sur., 2008). Insekticid za suzbijanje manjih brašnara treba primijeniti sa čim manjom količinom vode tj. korištenjem sapnica manjeg promjera kako bi se stvorila fina magla. Poželjno je da se ne prekorači količina od 45 l/150 m² (Rowland i sur., 2007).

Također je važno da se insekticidi ne primjenjuju kao mješavine. Procjenom učinkovitosti 56 mješavina različitih insekticida i dezinficijensa za suzbijanje manjih brašnara u njih 24 utvrđena je smanjena aktivnost (Geden i sur., 1987). Učinkovitost organofosfornih i piretroidnih insekticida kod suzbijanja manjih brašnara može se poboljšati dodavanjem limunske kiseline ili piperonil butoksida (Rowland i sur., 2007).

Provedenim istraživanjem 54% proizvodnje brojlera u Danskoj utvrđena je infestacija manjim brašnarama u 60% objekata, a 76% objekata tretirano je insekticidima i to najčešće organofosfornim spojevima (Spencer i Brøchner-Jespersen, 1998).

Nakon tretiranja manjih brašnara organofosfornim spojevima (jodofenfosom, fenitrotionom, azametifosom) u peradarskim objektima na području Engleske zadovoljavajuće rezultate pokazao je samo azametifos. Manji brašnari pokazali su otpornost na fenitrotion i na jodofenfos (Cogan i sur., 1996). Laboratorijskim istraživanjem određena je provizorno diskriminatorna doza od 0,5% jodofenfosa za razlikovanje osjetljivih od rezistentnih populacija manjeg brašnara (Wakefield i Cogan, 1990).

Fenitrotion je do 1970. godine bio najčešće korišten insekticid u peradarskim objektima na području Australije za suzbijanje manjih brašnara. Podaci doza-smrtnost generirani za osjetljivu referentnu populaciju, preko raspona koncentracija za fenitrotion pokazali su da je 0,15% na LC₉₉ uobičajena koncentracija za razlikovanje osjetljivih i rezistentnih populacija (Lambkin, 2005). Korištenjem ovih koncentracija istraženo je 27 populacija manjih brašnara iz peradarskih objekata na području Australije i utvrđeno da 23 nisu pokazale potpunu smrtnost pri primjeni diskriminatornih koncentracija, a raspon smrtnosti manjih brašnara kretao se od 0% do 98,7%.

Diklorovos je organofosforni insekticid koji se najčešće koristi za suzbijanje manjih brašnara u peradarskim objektima na području Brazila uz sintetski piretroid cipermetrin i regulator rasta triflumuron. Toksičnost diklorovosa za manje brašnare na razini LC_{50} rangirana je od 10 do 1385 ng cm^{-2} , a na razini LC_{90} od 480 do 179,366 ng cm^{-2} i određena skrining doza od 2,916 ng cm^{-2} za monitoring rezistentnih populacija (Chernaki-Leffer i sur., 2011).

Tetraklorvinifos je za kontrolu manjih brašnara u peradarskim objektima na području SAD-a registriran 1966. godine. (Vaughan i sur., 1984). Primijenom tetraklorvinifosa u formulaciji prašiva pomoću elektrostatskog zapašivača u objektima za uzgoj peradi u Kanadi postignuta je rezidualna kontrola manjih brašnara u razdoblju od 5 tjedana (Khan i sur., 1998). Primijenom u obliku insekticidnih sprejeva tetraklorvinifosa 50 WP i pirimifos-metila na površine ekspaniranog polistirena postignuta je 90% smrtnost ličinki i odraslih jedinki manjeg brašnara (Despinis i sur., 1991). Dosadašnjim istraživanjima dokazana je otpornost na tetraklorvinifos kod dvije populacije manjeg brašnara iz peradarskih objekata u istočnom dijelu SAD-a. Oba soja manjih brašnara sadržavala su jedinke koje su preživjele koncentraciju na razini LC_{99} koja je bila približno 1000 puta veća od osjetljivih populacija (Hamm i sur., 2006). Iako tetraklorvinifos gubi svoju učinkovitost u suzbijanju manjih brašnara u peradarskim objektima na nekim područjima SAD-a gdje se intenzivno koristio dugi niz godina još uvijek se preporuča kao sredstvo za suzbijanje manjih brašnara (Kaufman i sur., 2008).

Aplikacijama insekticida Baythion E (a.t. foksim) u kombinaciji s regulatorom rasta Baycidal WP 25 (a.t. triflumuron) u objektima peradarskih matičnih jata u Južnom Jutlandu (Danska) postignuti su dobri rezultati kontrole manjih brašnara. Foksimom je tretirano područje zida 1m iznad razine tla i tlo 1m od zida, a regulatorom rasta stelja uz nosače gnijezda (Jespersen i Lauridsen, 1997).

Kod uporabe kalcijevog hidroksida za suzbijanje manjih brašnara u peradarskim objektima uz nizak postotak vlage potrebna je visoka koncentracija od 90,7 kg na 90 m^2 (Watson i sur., 2003). Ovakvim načinom primjene postignuta je smrtnost 59,1% ličinki i 24,6% odraslih jedinki manjeg brašnara.

Insekticidi bazirani na bornoj kiselini primjenjuju se na pod peradarskih objekata s namjerom ubijanja odraslih kukaca na tlu, ličinki ubušenih u tlo radi čahurenja, a i novih odraslih kukaca koji se razvijaju iz kukuljica i tako dolaze u kontakt s apliciranim insekticidom (Voris i sur., 1994).

Fosforovodik bi mogao biti jedna od mogućnosti izbora za suzbijanje manjih brašnara kod visoke infestacije u peradarskim objektima. Primjenom koncentracije 2 g m^{-3} u laboratorijskim i terenskim uvjetima postignuta je visoka smrtnost manjih brašnara (Gazoni i sur., 2011).

Toksičnost piretroidnih spojeva zasniva se na svojstvu da se lako otapaju u lipidnoj fazi membrana živčanih vlakna i vežu na receptorska mjesta alfa podjedinica natrijevih kanala, a dugotrajno otvaranje natrijevih kanala produžuje dotok natrija te sprječava depolarizaciju membrane (Söderlund i Bloomquist, 1989; Vijverberg i van den Bercken, 1982, 1990; Narahashi, 1996). To smanjuje prag senzoričkih živčanih vlakana za aktivaciju daljnjeg akcijskog potencijala i dovodi do ponavljanja razdražljivosti osjetilnih žičanih nastavka i razvoj hiperekscitacije cjelokupnog živčanog sustava (Vijverberg i van den Bercken, 1990). Sintetički piretroidi tipa I uzrokuju ponavljajuća pucanja (kraća od 5 s) senzornih živaca, a to se fiziološki očituje hiperaktivnošću i nekoordiniranim pokretima te kod kukaca dovode do brzog „knockdown“ učinka i poremećaja svih metaboličkih sustava (Söderlund i sur., 2002). Sintetski piretroidi tipa II (ciflutrin, bifetrin, cipermetrin) u kukaca čak i kod viših koncentracija uzrokuju manje vidljive aktivnosti, a glavni fiziološki simptomi su konvulzije i paralize (Söderlund i sur., 2002; Narahashi, 2007).

Permetrin je sintetski piretroid tipa I i najduže se koristi za suzbijanje manjih brašnara u peradarskim objektima. Dobra kontrola ličinki i odraslih manjih brašnara postignuta je aplikacijom 0,6% permetrina u dozi 3,78 L na 56 m² tijekom uzgojnog ciklusa peradi od 42 dana (Weaver, 1996). Međutim, zbog dugogodišnje primjene u peradarskim objektima na području SAD-a smanjila mu se efikasnost. Laboratorijskim istraživanjem utvrđena je slaba učinkovitost s manje od 10% smrtnosti primjenom 36,8% permetrina u dozi 49,7 ml/92,9 m², dok su se piretroidi novije generacije sintetskih piretroida bifetrin i beta ciflutrin pokazali puno učinkovitiji (Tomberlin i sur., 2008).

Insekticid cipermetrin se uz organosfosforni spoj diklorovos i regulator rasta triflumuron najviše koristi za suzbijanje manjih brašnara u objektima na području Brazila. Tijekom izloženosti od 15 dana različitih populacija manjeg brašnara cipermetrinu vrijednosti toksičnosti varirale su između populacija i kretale su se na razini LC₅₀ od 68 ng cm⁻² za najosjetljivije populacije do 6263 ng cm⁻² za najotpornije populacije (Chernaki-Leffer i sur., 2011).

Bifetrin je također insekticid iz četvrte generacije sintetskih piretroida koji je za suzbijanje manjih brašnara u peradarskim objektima na području SAD-a registriran 2008. godine (Boozer, 2008). Koncentracija od 10% i doza 23,3 ml na 92,9 m² pokazala se vrlo učinkovita (Tomberlin i sur., 2008). Utvrđen stupanj otpornosti manjih brašnara na bifetrin povezuje se s duljinom primjene ostalih insekticida iz skupine sintetskih piretroida, a za utvrđivanje rezistentnih populacija manjeg brašnara na bifetrin predložena je diskriminirajuća koncentracija od 0,08% (Boozer, 2008).

Ciflutrin se za suzbijanje manjih brašnara u peradarskim objektima na području SAD-a koristi dugi niz godina, a u Australiji od 1995. godine (Hamm i sur., 2006; Lambkin i Rice, 2006). Apliciran u peradarskim objektima tijekom uzgojnog ciklusa peradi od 42 dana reducirao je 100% ličinki i 96% odraslih jedinki manjeg brašnara (Weaver, 1996). Ciflutrin se često za kontrolu manjih brašnara u peradarskim objektima aplicira u kombinaciji s regulatorima rasta. Tako je za uspješno suzbijanje manjih brašnara u objektima peradskih matičnih jata u Južnom Jutlandu (Danska) ciflutrinom tretirano područje zida 1m iznad razine tla i tlo 1m od zida, a regulatorom rasta tretirana je stelja uz nosače gnijezda (Jespersen i Lauridsen, 1997). Također, dobre rezultate kontrole brojnosti populacije manjeg brašnara pokazao je apliciran u peradarskim objektima u Francuskoj tijekom šest uzgojnih ciklusa peradi, nakon svakog pražnjenja objekta i neposredno prije slijedećeg uzgojnog ciklusa. Ciflutrin je apliciran u dozi od 0,2 g/50 ml m⁻², a regulator rasta 25% triflumuron u dozi od 2 g/200 ml/m² (Salin i sur., 2003). Utvrđena toksičnost topikalnom metodom ciflutrina za manje brašnare na razini LC₅₀ kretala se u rasponu 0,07 – 0,173 µg/odrasla jedinka (Steelman, 2008). Toksičnost ciflutrina nakon izlaganja tretiranim površinama od 48 sati na razini LC₅₀ kretala 0,06 – 0,44 µg cm⁻² za odrasle jedinke te 0,006 – 0,22 µg cm⁻² za ličinke manjeg brašnara, odnosno na razini LC₉₅ 0,39 – 6,78 µg cm⁻² za odrasle i 0,0014 – 2,51 µg cm⁻² za ličinke manjeg brašnara (Hamm i sur., 2006).

Utvrđena otpornost na ciflutrin u populacija manjih brašnara prikupljenih u peradarskim objektima na području istočnog dijela SAD-u kretala se na razinini LD₅₀ 1,8 – 4,0 puta, odnosno 2,59 – 5 puta na razini LC₉₅ u odnosu na referentnu populaciju, a u populacija manjih brašnara prikupljenih iz peradarskih objekata na području Australije do 22 puta (Hamm i sur., 2006; Lambkin i Rice, 2006). Prema podacima doza-smrtnost generiranim od referentne populacije te preko raspona koncentracija ciflutrina pokazalo se da se koncentracija od 0.0007% ciflutrina na razini LC_{99,9} može koristiti, kao uobičajena doza razlikovanja osjetljivih i rezistentnih populacija (Lambkin i Rice, 2006).

Sintetski piretroid γ -cihalotrin je za suzbijanje manjih brašnara predložen u peradarskim objektima na području Australije nakon otkrivene rezistencije manjih brašnara na ciflutrin u razdoblju 2007. – 2009. godine. Utvrđen je određen stupanj otpornosti manjih brašnara na γ -cihalotrin, kao posljedica križne rezistencije uzrokovane aplikacijama ciflutrina. Omjeri otpornosti testiranih populacija u odnosu na referentnu populaciju su za ciflutrin na razini LC₅₀ i LC_{99,9} iznosili 56,6 puta, odnosno 83,6 puta, a omjeri otpornosti za γ -cihalotrin za iste populacije kretali su se 8,6 puta na LC₅₀ i 7,9 puta na razini LC_{99,9}. Određena je diskriminirajuća koncentracija od 0,005% (a.t.) γ -cihalotrina za razlikovanje rezistentnih od osjetljivih populacija manjeg brašnara (Lambkin i sur., 2010).

Istraživanjem učinkovitosti regulatora rasta triflumurona i Union Carabid spojeva (UC76724, UC75118, UC75150) za suzbijanje manjih brašnara postignuta je 100%-tna smrtnost prvog do šestog stadija ličinki, primjenom svih spojeva tijekom razdoblja od 2 do 4 tjedna (Weaver i Kondo, 1987). Primjena regulatora rasta (IGRS) heksaflurona, triflumurona i UC84572 u peradarskim objektima nakon uklanjanja legla te prije unošenja slijedećeg legla pokazala je 95 – 100%-tnu kontrolu ličinki manjeg brašnara tijekom uzgojnog ciklusa peradi od 42 dana (Weaver, 1996). Za ocijenu toksičnosti na ličinke manjeg brašnara regulatori rasta klorfluazurona, triflumurona, diflubenzurona, lufenurona i metoksifenoziida primjenjeni su u hrani. Najučinkovitiji se pokazao klorfluazuron ($LC_{50}=21,7 - 31,3$ ppm-a), a zatim lufenuron ($LC_{50}=21 - 164,4$ ppm-a) i triflumuron ($LC_{50}=111,2$ ppm-a). Regulatori rasta diflubenzuron i metoksifenozid pokazali su se manje učinkovitiji, metoksifenozid je u koncentraciji 160 ppm-a uzrokovao smrtnost ličinki manjeg brašnara od 9,9% do 33%, a difluobenzuron od 39,9% do 53,3% (Chernaki-Leffer i sur., 2006). Regulator rasta fenoksikarb primijenjen u hrani otrovniji je za sedmi stadij ličinki nego za prvi stadij ličinki ili za odrasle manje brašnare, dok je diflubenzuron više otrovan za prvi stadij ličinki nego za sedmi stadij ili za odrasle manje brašnare (Singh i Johnson, 2013). Utvrđeno je da metopren, analog juvenilnih hormona u koncentraciji 5,0 ppm-a u hrani u potpunosti spriječava stvaranje odraslih kukaca, a za isti učinak potrebno je samo 0,05 ppm-a fenoksikarba (Edwards i Abraham, 1985).

Iako su regulatori rasta pokazali visok potencijal za suzbijanje manjih brašnara potrebno je oprezno korištenje zbog mogućeg nastanka otpornosti. Jedna populacija ličinki manjeg brašnara od ukupno osam prikupljenih iz peradarskih objekata na području Brazila pokazala je povećanu otpornost na triflumuron $LC_{50}=272 \mu\text{g ml}^{-1}$ u odnosu na referentnu populaciju $LC_{50}=109,8 \mu\text{g ml}^{-1}$ (Chernaki-Leffer i sur., 2011).

Imidaklopid je za kontrolu manjih brašnara u peradarskim objektima na području SAD-a registriran 2008. godine (Boozer, 2008). Imidaklopid se može aplicirati unutar cijelog objekta ili ciljano na infestirana područja, a ovakvim tretmanom može se postići efikasna kontrola manjih brašnara i do šest tjedana nakon aplikacije (Stringham i Watson, 2008). Osjetljivost populacija manjeg brašnara prikupljenih iz peradarskih objekata na području SAD-a na imidaklopid pokazala se ekstremno varijabilna, a otpornost se kretala u rasponu od 5,7 do >3.000 puta u odnosu na referentne populacije (Boozer, 2008).

Antiparazitik ivermektin predložen je za suzbijanje manjih brašnara, kao dodatak peradarskoj hrani te u koncentraciji od 2 ppm-a. Rezidue ivermektina nisu pronađena u jetri peradi ali je tako hranjena perad imala manju tjelesnu težinu (Miller, 1990).

Spinosad se za suzbijanje manjih brašnara u peradarskim objektima na području SAD-u koristi od 2002. godine, a u Australiji je predložen za kontrolu manjih brašnara nakon otkrivanja jake otpornosti na ciflutrin (Boozer, 2008; Lambkin i Rice, 2007). Prednost spinosada u odnosu na ostale konvencionalne insekticide je to što se zbog svoje niske toksičnosti na kralježnjake može primijeniti i dok je perad prisutna u objektu (Stringham i Watson, 2007). Spinosad na biokemijskoj razini na kukce djeluje kao neurotoksin koji aktiviranjem nikotinsko-acetilkolinskih receptora (nAChRs) produžuje acetilkolin odgovor, a također ima učinak na funkcije receptora gama-amino maslačne kiseline (GABA) (Thompson i sur., 2000). Ipak točna priroda i način djelovanja spinosada još uvijek nije u potpunosti definirana (Salgado i sur., 1998). Spinosini očituju insekticidno djelovanje kroz novi mehanizam djelovanja, a to bi mogla biti interakcija s još neutvrđenim podtipom nikotinskih receptora (Orr i sur., 2009; Salgado i sur., 1998).

Efikasnost spinosada za suzbijanje manjih brašnara u peradarskim objektima ovisi o apliciranoj dozi i volumenu vode, a preporuka je da se koristi u koncentraciji 0,07 g a.t. u 86 ml vode na m² kada se prska cijela površina, odnosno 0,11 g a.t. u 100 ml vode na m² kada se prska pojas ispod hranilica širine 2 m te 0,18 g a.t. u 33 ml vode na m² kada se prska pojas ispod hranilica širine 1 m (Lambkin i sur., 2012). Praćenjem osjetljivosti ciflutrin/fenotrotion rezistentnih populacija manjeg brašnara utvrđena je zanimljiva činjenica, nakon aplikacije spinosada na zemljane podove tovnih objekata utvrđena je povećana osjetljivost manjih brašnara na ciflutrin (14,3 puta), γ -cihalotrin (do 51,5 puta) i fenitrotion (do 2,7 puta). Ovaj fenomen nije utvrđen za osjetljive populacije manjeg brašnara. Neposredno nakon prestanka tretmana spinosadom u tovnim objektima razina osjetljivosti kukaca na ciflutrin i γ -cihalotrin vratila se na razine slične onima zabilježenim prije početka tretmana spinosadom (Lambkin, 2011).

Istraživanjem osjetljivosti na spinosad kod 13 potvrđeno rezistentnih ciflutrin/fenotrotion populacija manjeg brašnara iz objekata za uzgoj peradi istočnog i južnog dijela Australije topikalnom primjenom insekticida te usporedbom doza-odgovor nisu utvrđene razlike u osjetljivosti u odnosu na referentne populacije manjeg brašnara (Lambkin i Rice, 2007). Ispitivanjem osjetljivosti manjih brašnara prikupljenih iz peradarskih objekata na području SAD-a, primjenom topikalne metode utvrđene su koncentracije od 0,03671% spinosada za najosjetljivije jedinke do koncentracije od 0,10566% spinosada za najotpornije kukce (Boozer, 2008). Niska razina otpornosti na spinosad kod najotpornijih kukaca smatra se prirodnom tolerancijom LC₅₀=21. Iako dosadašnjim istraživanjem kod manjih brašnara nije utvrđena otpornost na spinosad, ali je prijavljen unakrsni otpor različitih stupnjeva kod različitih vrsta kukaca te je vjerojatno za očekivati da bi se otpornost mogla pojaviti i kod manjih brašnara.

2.7.5 Alternativne metode suzbijanja manjeg brašnara

Zasad najprihvatljivije moguće alternativne metode suzbijanja manjih brašnara su stabilna, inertna i za sisavce potpuno neotrovna dijatomejska zemlja i biljni pripravci. Dijatomejska zemlja ima sposobnost da na sebe veže lipide iz zaštitnog voštanog sloja koji pokriva kutikulu kukaca te oni gube vlagu kroz oštećena mjesta u kutikuli i ugibaju nakon određenog vremena (Korunić, 1998). Dijatomejska zemlja ima i odbojna/repelentna svojstva na manje brašnare, gotovo 50% smanjena je brojnost manjih brašnara u zamkama s dijatomejskom zemljom u odnosu na zamke koje ne sadrže dijatomejsku zemlju. Efikasnost djelovanja dijatomejske zemlje na manje brašnare veća je na višim temperaturama (32°C), a također smrtnost je veća (53% i 84%) kod aplikacije viših koncentracija (86 i 172 g m⁻²) dijatomejske zemlje (Alves i sur., 2008). Insekticidna aktivnost dijatomejske zemlje sa smrtnošću od 60% manjih brašnara utvrđena je i nakon osam mjeseci primjene koncentracije od 172 g a.t na m² (Oliviera i sur., 2009). Na učinkovitost dijatomejske zemlje utječu okolišni čimbenici i način primjene te je tako utvrđena 95%-tna smrtnost manjih brašnara primjenom dijatomejske zemlje u hrani, a samo 4%-tna smrtnost primjenom u stelji. Smanjena smrtnost manjih brašnara kod primjene dijatomejske zemlje u stelji može se pripisati činjenicama da se dio čestica s tijela kukaca ukloni kretanjem kroz stelju (Alves i sur., 2008). Moguća, učinkovita metoda za suzbijanje manjih brašnara je kombinacija dijatomejske zemlje s gljivicom *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. Sredstva se apliciraju tako da se miješaju sa steljom. Koncentracija konidija gljivica *B. bassiana* iznosi 0,08% u odnosu na težinu supstrata, a dijatomejska zemlja primjenjuje se u koncentraciji 1,5% (Santoro i sur., 2010a). Korištenjem ove kombinacije verificirane su više vrijednosti smrtnosti manjih brašnara od 97,8% na 55% vlage u odnosu na smrtnost od 70% na 95% vlage (Oliveira i Alves, 2007). Sintetički amforni silicij, komercijalnog naziva INDISPRON[®]P406 poboljšana je verzija dijatomejske zemlje, a za uspješno suzbijanje manjih brašnara u terenskim uvjetima potrebne su koncentracije >3%, kao i suhi uvjeti u leglu (Holger, 2011).

Djelovanje eteričnih ulja na manje brašnare je prvenstveno fumigantano, ali imaju izraženu i kontaktnu insekticidnu toksičnost, repelentna svojstva, djeluju na samanjenu prehranu kukaca, kao i na smanjeno polaganje jaja (Szczeapanik i sur., 2005; Alves i sur., 2012b; Wang i sur., 2014). Ekstrakti eteričnih ulja mogu kroz svoje sinergijsko djelovanje poboljšati aktivnost pojedinih insekticida (Silva i sur., 2007). Također, mogu pomoći u osiguranju sanitarnih uvjeta u peradarskom objektu. Perad uzgajana na stelji koja je prskana timolom i cinamaldehydom imala je bolji zdravstveni status i manju smrtnost (Yildirim, 2011). Najbolji insekticidni učinci biljnih insekticida na manje brašnare postižu se direktnom aplikacijom na kukce (Marcomini i sur., 2009).

Kod tretiranja manjih brašnara biljnim ekstraktima zadovoljavajuće rezultate s najvećom smrtnošću utvrđeno je kod komercijalnog ulja nima (*Azadirachta indica* Juss) (Dalneem®) (97,5%), zatim rute (*Ruta graveolens* L.) (61,3%), pelina (*Artemisia absinthium* L.) (32,5%) te melije (*Melia azedarach* L.) (26,3%) (Marcommini, 2009). Djelovanje biljnog ekstrakta nima (*A. indica*) u sinergiji s piperonilbutoksidom (RB-a+PBO+Tx-100), a nakon primjene doze od 117,8 $\mu\text{g cm}^{-2}$ postignuta je smrtnost manjih brašnara od 70% (Tabason i sur., 1998).

Primjenom eteričnog ulja nima u dozi 100 g m⁻² u supstratu nije bilo smrtnosti odraslih manjih brašnara, ali je utvrđena redukcija ovipozicije oko 23%, repelentno djelovanje i smanjeno hranjenje kukaca oko 21% (Alves i sur., 2012b). Repelentno djelovanje na manje brašnare utvrđeno je i kod eteričnih ulja češnjaka (*Allium sativum* L.) i aromatične litse (*Litsea cubeba* (Lour.) Pers.), a utvrđen indeks odbijanja 12 sati nakon tretmana iznosio je 90,4% i 88,9% (Wang i sur., 2014).

Visoko fumigantno djelovanje na odrasle jedinke manjeg brašnara utvrđeno je za eterična ulja limuna (*Citrus limonum* Risso) i češnjaka (*A. sativum*), dok su eterična ulja kineskog cimeta (*Cinnamomum cassia* (L.) J. Presl) i aromatične litse (*Litsea cubeba*) pokazala dobar kontaktni toksičan učinak. Plinskom kromatografijom izolirani su glavni sastojci iz eteričnog ulja limuna i kineskog cimeta: limonen i (E)-cinamaldehyd, a iz ulja aromatične litse: D-limonen, (E)-3,7-dimetil-2,6-oktadienal, (Z)-3,7-dimetil-2,6-oktadienal i dialil disulfid (18,2%) te iz ulja češnjaka: di-2-propenil trisulfid i di-2-propenil tetrasulfid (Wang i sur., 2014).

Učinkovitost ekstrakta biljke *Cunila angustifolia* Benth koncentracija 5 i 10% kod jednokratne aplikacije na ličinke i odrasle jedinke manjeg brašnara bila je vrlo visoka u laboratorijskim istraživanjima, dok su u terenskim uvjetima bile potrebne dvije aplikacije 5% ulja u razmaku od 15 dana (Prado i sur., 2013).

Eterično ulje izolirano iz biljke timijana (*Thymus vulgaris* L.) te komponente eteričnog ulja timol i karvakrol mogu biti učinkoviti u kontroli manjih brašnara, a djelovanje ovih komponenti ovisi o dozi i starosti ličinki. Mlade ličinke manjeg brašnara su osjetljivije od starijih, a u dozi od 2% eteričnog ulja timijana te komponenta timola odnosno karvakrola smrtnost ličinki je iznosila 62,5%, 91,67% i 97,5% (Szczepanik i sur., 2012). Insekticidna aktivnost ekstrakta zvjezdastog anisa (*Illicium verum* Hook.f.) znatno je veća za ličinke manjeg brašnara starosti 7 dana u odnosu na ličinke starosti 14 dana, dok je gotovo nezatno djelovanje na ličinke starosti 30 dana (Szczepanik i Szumny, 2011).

Kod izlaganja odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara tretiranim površinama eteričnim uljima safrole (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer) i eukaliptusa (*Eucalyptus viminalis* Labill.) utvrđena doza na razini LD₅₀ za eterično ulje safrole iznosi za odrasle jedinke 0,26 ml L⁻¹ te 0,12 ml L⁻¹ za ličinke, a za eterično ulje eukaliptusa 1,37 ml L⁻¹ za odrasle, odnosno 1,72 ml L⁻¹ za ličinke (Pinto Jr. i sur., 2010).

Komponenta 1,8-cineol je sastavni dio esencijalnog ulja dobivenog iz lišća eukaliptusa (*Eucalyptus globulus* Labill.), a također je izolirana i iz eteričnih ulja aromatičnih biljaka našeg podneblja: lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.), ružmarina (*Rosmarinus officinalis* L.), timijana (*T. vulgaris*) te lovorike (*Laurus nobilis* L.) (Rozman i sur., 2007). Djelovanje 1,8-cineola na kukce je prvenstveno fumigantano, ali ima izraženo i kontaktnu insekticidnu toksičnost, repelentna svojstva, smanjuje polaganje jajašaca i hranjenje kukaca te kao regulator rasta može uzrokovati stvaranje adultoidnih jedinki (Tripathi i sur., 2001; Lee i sur., 2003; Papachristos i Stamopoulos, 2004; Korunić i Rozman, 2008; Palacios i sur., 2009; Phiillips i sur., 2010; Liška i sur., 2011). Djelovanje 1,8-cineola je vrlo brzo, prema istraživanjima isparivanja monoterpena pri 26±1 °C 1,8-cineol isparava već za 2,5 sata (Prates i sur., 1999). Na biokemijskoj razini 1,8-cineol na kukce djeluju kao inhibitor acetilkolinesteraze (nAChRs) (Abdelgaleil i sur., 2009).

Iako se organski spoj 1,8-cineol još uvijek ne koristi za suzbijanje štetnika dokazana je 1,9 i 2,2 puta veća tolerancija na 1,8-cineol kod populacija surinamskog brašnara (*Oryzaephilus surinamensis* L.), otpornih na klorpirmifos metil. Povećana tolerancija kukaca na eterična ulja može biti posljedica unakrsne rezistencije, a otpornost kukaca temelji se na povišenoj detoksikaciji enzimima poput citokroma P-450 i esterazama (Lee i sur., 2000).

3 MATERIJAL I METODE

3.1 Kretanje brojnosti i prostorno vremenske distribucije manjih brašnara

3.1.1 Objekti

Kretanje brojnosti i prostorno-vremenska distribucija manjih brašnara praćena je tijekom godine dana u tri peradarska objekta na području Međimurske županije. Peradarnici za uzgoj brojlera su tlocrtne veličine 105x15 m i visine vijenca 2,5 m. Brojleri se drže u podnom sustavu uzgoja. U istraživanim peradarskim objektima tijekom godine dana uzgojeno je šest ciklusa brojlera. Broj peradi u uzgojnom ciklusu je max 33 kg/m², odnosno oko 20 000 jedinki po objektu što je u skladu s „Pravilnikom o određivanju minimalnih pravila za zaštitu pilića koji se uzgajaju za proizvodnju mesa, (Narodne novine, br. 79/08).

Svaki objekt sadrži tri reda hranilica i četiri reda pojilica. Farma se opskrbljuje vodom iz javnog vodovodnog sustava. Električnom energijom opskrbljuje se preko niskonaponske elektroopskrbne mreže. Za potrebe grijanja na farmi je osiguran priključak na javnu mrežu opskrbe plinom, a osim standardnih grijača tijekom zimskog perioda dodaju se i pomoćni grijači. Ventilacija u peradarnicima je osigurana sistemom krovnih i tunelskih ventilatora, a regulira se prema izračunu iz kapaciteta pojedinih ventilatora u odnosu na postojeću biomasu peradi. Ventilacija se u peradarnicima koristi s ciljem uklanjanja otpadnih plinova, prekomjerne vlage te osiguranja dovoljne količine svježeg zraka za perad. Propisana minimalna ventilacija je 0,4 m³/h po svakom kilogramu tjelesne mase, a maksimalna 6 m³/h. Sustavom za ventilaciju upravlja klima računalo. Kao stelja koristi se pšenična slama na podlozi od betona. Stelja u peradarskoj proizvodnji ima ulogu termičke i hidroizolacije. Mogućnost apsorpcije vlage u znatnoj mjeri utječe na kvalitetu mikroklimatskih prilika u peradarniku. Debljina stelje u objektu ovisi o godišnjem dobu te ljeti iznosi 6 – 8 cm, a u zimskim uvjetima 8 – 10 cm. Stelja se iz objekta uklanja nakon svakog uzgojnog ciklusa peradi (42 dana). Nakon toga, objekt se pere vodom s visokotlačnim uređajem te dezinficira preparatom mješavine kalijeveg peroksi-monosulfata i površinski aktivnih tvari.

Krug farme ograđen je industrijskom ogradom tj. žičanom mrežom s betonskim stupovima visine 200 cm. Na kolnom ulazu postoje pomična vrata s dezbarijerom veličine 6x3x0,30 m. Dezbarijera za vozila i ljude ispunjena je dezinficijensom širokog spektra djelovanja. Putovi unutar farme su pošljunčani, a okolni prostor je hortikulturno uređen.

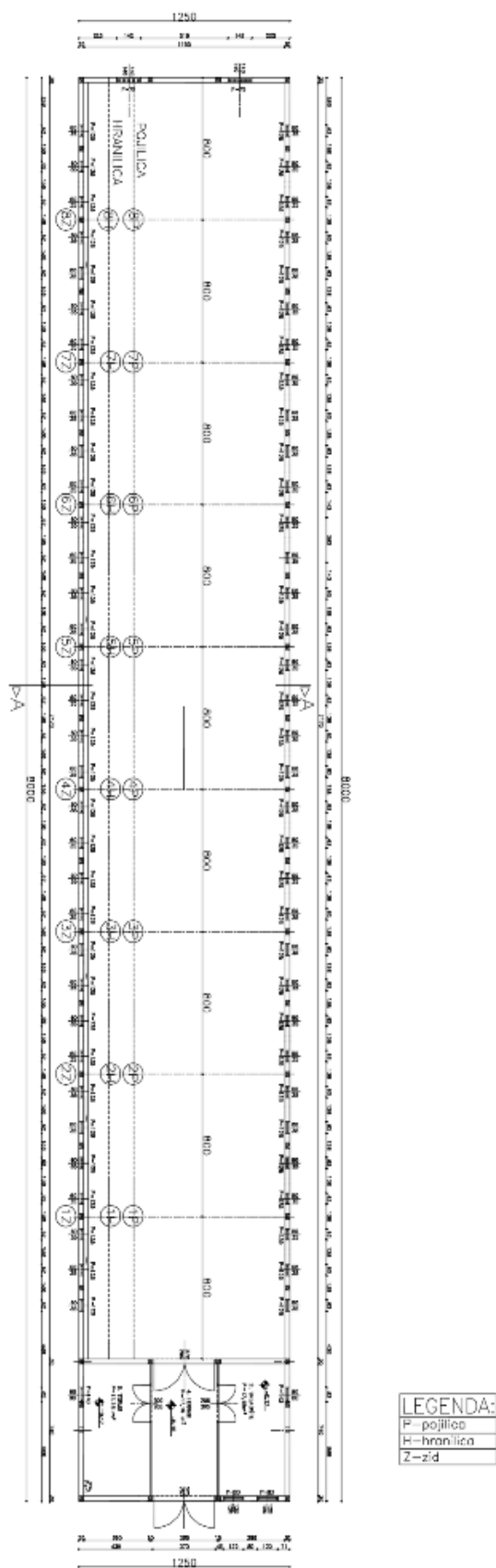
3.1.2 Uzorkovanja

Uzorkovanje je provedeno tijekom godine dana, kroz šest uzgojnih ciklusa peradi: kolovoz-rujan, listopad-studeni, siječanj-veljača, ožujak-travanj, svibanj-lipanj i srpanj-kolovoz. Periodi između dva uzgojna ciklusa nisu jednake duljine, pri čemu su duža vremenska razdoblja između uzgojnih ciklusa u zimskom periodu, a kraća vremenska razdoblja tijekom ljetnih uzgojnih ciklusa. Najdulje razdoblje (42 dana) bilo je između uzgojnih ciklusa listopad-studeni i siječanj-veljača te između uzgojnih ciklusa siječanj-veljača i ožujak-travanj (38 dana), a najkraće razdoblje između ciklusa ožujak-travanj i svibanj-lipanj (16 dana) te između ciklusa svibanj-lipanj i srpanj-kolovoz (12 dana).

Uzorkovanje je provedeno u razdoblju od 14 do 16 sati uz pratnju ovlaštene osobe posjednika za vrijeme redovnog obaveznog dnevnog pregleda peradi kako bi se perad što manje izlagala stresu. Uvjeti kojima moraju udovoljavati gospodarstva na kojima se uzgajaju pilići za proizvodnju mesa (brojleri) propisani su „Zakonom o zaštiti životinja,, (Narodne novine br. 135/06 i 37/13) i „Pravilnikom o određivanju minimalnih pravila za zaštitu pilića koji se uzgajaju za proizvodnju mesa,, (Narodne novine br. 79/08).

Odrasli kukci i ličinke manjeg brašnara uzorkovani su Arends cjevastim klopama (n=24). Klopke su postavljene unutar stelje dubine 6 – 8 cm te na jednakim udaljenostima, a prema slijedećem rasporedu: osam uz zid, osam ispod hranilica te osam ispod pojilica (Slika 5).

TLOCRT PRIZEMLJA



Slika 5. Shematski prikaz postavljenih Arends cjevastih klopki

3.1.3 Metode uzorkovanja

Arends cjevasta klopka sastoji se od PVC cijevi duljine 23 cm i promjera 3,8 cm u koji se umetne valjani valoviti karton dimenzija 20x30 cm (Safrit i Axtell, 1984) (Slika 6). Valoviti kartoni unutar Arends cijevastih klopki mijenjali su se tjedno: 7., 14., 21., 28., 35. i 42. dana uzgojnog ciklusa. Temperature stelje mjerene su na mjestima postavljenih klopki, na dubini od 4 cm, digitalnim termometrom Oregon Scientifics, model ETHG 913. Unutrašnje temperature u objektu i vanjske temperature zraka očitane su tijekom uzorkovanja s automatskih mjerača temperatura, instaliranih u peradarskim objektima. Sadržaj klopki sakupljao se u PVC vrećice i prije laboratorijske obrade termički obradio najmanje 24-sata na -17°C.



Slika 6. Klopka za uzorkovanje manjih brašnara (Foto: Slavica Mustač)

3.2 Laboratorijsko ispitivanje osjetljivosti odraslih manjih brašnara na insekticide

3.2.1 Test kukci

Odrasle jedinke manjeg brašnara prikupljene su iz istraživanih infestiranih objekata za uzgoj brojlera. Prema poznatim podacima prikupljeni kukci nisu nikada bili tretirani insekticidima. Za dobivanje prve generacije (F_1) kukci su uzgajani u laboratoriju u kontroliranim uvjetima na 30°C i 70% relativne vlage, na podlozi od kukuruznog brašna i hrane za piliće. Nakon ovipozicije, prikupljeni kukci bili su uklonjeni, a nakon 4 – 5 tjedna dobivena je (F_1) generacija odraslih jedinki manjeg brašnara. Za uporabu u biološkim testovima korišteni su kukci starosti 14 dana. Za pojedinu dozu insekticida korišteno je pedeset kukaca, podjednako zastupljenih spolova. Svaka doza insekticida i kontrola aplicirani su u četiri ponavljanja. Nakon aplikacije insekticida testirani kukci, kao i kontrolni kukci čuvani su u staklenim posudama u kontroliranim uvjetima na 30°C i 70% relativne vlage.



Slika 7. Čuvanje testiranih kukaca u kontroliranim uvjetima (Foto: Slavica Mustač)

3.2.2 Testirani spojevi i metode testiranja

Ispitana je osjetljivost odraslih jedinki manjeg brašnara na dva komercijalna insekticida ciflutrin i spinosad te organski spoj 1,8 cineol. Ciflutrin koji se koristio u pokusu je a.t. insekticida Solfaca 050 EW (Bayer) u koncentraciji 50 g L^{-1} , a spinosad a.t. insekticida Lasera SC (Chromos – agro) u koncentraciji 240 g L^{-1} . Prirodni organski spoj 1,8-cineol koji se koristio u pokusu kupljen je od „Sigma-Aldrich” Export Division Grnwalder Weg 30 D – 82041 Deisenhofen, Njemačka.

Insekticid Solfac 050 EC je u Republici Hrvatskoj registriran za suzbijanje mrava, stjenica, muha, buha, žohara, zrikavca, moljaca, komaraca, mjedjenih kornjaša na tekstilu, slatinara, srebrene ribice, pauka, krpelja i drugih štetnika. Koristi se kao 0,8% otopina u dozi od 50 ml m^{-2} za neporozne površine, odnosno u dozi od 100 ml m^{-2} za porozne površine (Bayer CropScience, 2012). Insekticid Laser SC je registriran za suzbijanje: krumpirove zlatice (krumpir), pepeljastog i žutog groždanog moljca (grožđe), minera i savijača kožice ploda (jabuke), kalifornijskog tripsa (paprika, rajčice, jagode, luk, češnjak), lisnog minera (rajčica), malinine mušice, ribizove staklokrilke, žute ogrozdove ose i ose listarice (borovnice, maline, ribizl, ogrozd), lukovog moljca, sovice (luk, češnjak), jabukovog savijača (orah, lješnjak, badem, kesten), šparogine zlatice (šparoga). Koristi se za suzbijanje krumpirove zlatice u dozi $0,1 - 0,15 \text{ L ha}^{-1}$, pepeljastog i žutog groždanog moljca u koncentraciji $0,01 - 0,02\%$, za minera okruglih mina i savijače loze u koncentraciji $0,06 - 0,08\%$, za suzbijanje kalifornijskog tripsa, lisnatog minera u koncentraciji od $0,04 - 0,05\%$, uz dva tretiranja u razmaku 3 – 4 dana (Chromos Agro, 2013).

Za testiranje djelovanja ciflutrina i spinosada na odrasle jedinke manjeg brašnara, insekticidi su razrijeđeni u acetonu i primijenjeni kartel digitalnom mikropipetom na površinu dna staklene posude. Kontrolni uzorci kukaca izloženi su površinama teretiranim acetonom. Nakon hlapljenja acetona dodane su odrasle jedinke te se staklene posude čvrsto zatvorile. Insekticid Solfac 050 EW primijenjen je u koncentraciji od 0,8% te u dozama od 0.6, 0.3 i 0.1 ml na 0.012 m^2 , odnosno $2 \mu\text{g}$, $1 \mu\text{g}$ i $0,3 \mu\text{g}$ a.t. ciflutrina na površinu od 1 cm^2 . Insekticid Laser SC primijenjen je u koncentraciji od 0,04% te u dozama od 0.6, 0.3 i 0.1 ml na $0,012 \text{ m}^2$, odnosno $0.48 \mu\text{g}$, $0.24 \mu\text{g}$ i $0.08 \mu\text{g}$ a.t. spinosada na površinu od 1 cm^2 . Organski spoj 1,8-cineol primijenjen je kartel digitalnom mikropipetom na filter papir u dozama od 120, 60 i 10 $\mu\text{L}/350 \text{ ml/vol}^{-1}$, odnosno $0,34 \mu\text{L}$ i $0,17 \mu\text{L}$ i $0,028 \mu\text{L}$ a.t. 1,8-cineola na volumen od 1 ml. Filter papir je zatim pričvršćen uz poklopac staklenke, a nakon toga posuda se hermetički zatvorila tijekom 10 dana. Uzorci za određivanje osjetljivosti promatrani su dnevno tijekom razdoblja izlaganja od 10 dana ili do 100% smrtnosti testiranih kukaca u odnosu na kontrolne uzorke. Dnevna smrtnost kukaca u uzorcima očitavana je pomoću svjetleće grijane površine, dok je kod 1,8-cineola očitavanje smrtnosti kukaca obavljeno bez otvaranja spremnika.

3.3 Statistička obrada podataka i prostorno-vremenska vizualizacija

Prvo je napravljena deskriptivna statistika za brojnost odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara, kao i vrijednosti vanjske temperature zraka, temperature u objektu te temperature stelje. U deskriptivnoj statistici prikazana je veličina uzorka, prosječna vrijednost, standardna devijacija, medijan te raspon podataka od najmanje do najveće vrijednosti. Vrijednosti su prikazane grafički pripadnim box-plotovima te u tablicama. Kolmogorov-Smirnovljevim testovima utvrdili smo da podaci nisu normalno distribuirani te za daljnju analizu nismo mogli koristiti pripadajuće parametarske testove. Za ispitivanje značajnosti razlika između brojnosti odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara između objekata, kao i razlika u temperaturi stelje skupine korišten je Kruskal Wallisov neparametarski test za više od dvije skupine. U svim analizama, dvostrana p vrijednost manja od 0,05 smatra se statistički značajnom. Nakon Kruskal Wallisova neparametarskog testa, statistički značajne razlike analizirane su post hoc testovima kako bi se utvrdilo koji parovi se statistički razlikuju. Rezultati p-vrijednosti prikazani su u tablicama. Povezanost utjecaja vanjske temperature i temperature u objektu te temperature stelje, odnosno temperature stelje i brojnosti manjih brašnara izračunata je statističkom metodom korelacije. Vrijednosti korelacija izražene su Pearsonovim koeficijentom koji pokazuje u kojoj su mjeri promjene vrijednosti jedne varijable povezane s promjenama vrijednosti druge varijable (Udovičić i sur., 2007). Međusoban odnos između varijabli vanjske temperature i temperature zraka u objektu te vanjske temperature i temperature stelje, odnosno temperature stelje i brojnosti manjih brašnara prikazane su grafički dijagramima raspršenja.

Za izračun LC vrijednosti kao mjere toksičnog učinka (LC_{10} , LC_{50} i LC_{90}) uzimane su prosječne vrijednosti mortaliteta u repetacijama svake koncentracije (Prilog 7). Zbog specifičnosti dobivenih rezultata LC vrijednosti su izračunavane pomoću četvero parametarske logističke funkcija sa zadanim donjim i gornjim asimptotama (0 i 100), prema izrazu:

$$f(x, (b, 0, 100, LC_{50})) = \frac{100}{1 + e^{(b(\log(x) - \log(LC_{50})))}}$$

Sva tri parametra letalnosti su izračunavana za svaki dan pokusa tijekom 10 dana ili do dana kada su sve jedinke u svim koncentracijama u pokusu uginule. Jačina učinka po danima je komparirana pomoću Mann Withney testa s Bonferronijevom korekcijom razine signifikantnosti nakon dvostranog određivanja razlikovnog raspona s razinom značajnosti ($p=0,05$). Dvostrano određivanje razlikovnog raspona načinjeno je kako bi se smanjila potrebna Bonferroni korekcija. Rezultati toksičnosti prikazani su grafički i u tablicama.

Sva statistička analiza izrađena je programskim paketima R i Statistika.

Za potrebe vizualizacije, upotrijebljena je interpolacija podataka Kriging metodom, paketom Golden software Surfer, verzija 11.

Interpolacija je definirana kao postupak određivanja nove nepoznate vrijednosti između dviju ili više poznatih vrijednosti neke funkcije. Funkcija u tom slučaju može biti poznata, ali u presloženoj formi za računanja ili može biti nepoznata ali su poznate neke informacije o njoj, kao na primjer vrijednosti funkcije na nekom skupu točaka. Upravo taj drugi slučaj, čest je u rješavanju mnogih inženjerskih i znanstvenih zadataka kada je mjerenjima dobiven samo određeni broj vrijednosti funkcije tzv. diskretni skup točaka, a potrebno je odrediti i približne vrijednosti te funkcije u drugim točkama (Cressie, 1992).

Kriging je geostatistička metoda interpolacije koja omogućuje izračunavanje vrijednosti atributa za svaku točku pravilnog rastera iz nepravilno raspoređenih ulaznih podataka. Kriging, kao metoda interpolacije zadržava trendove koji su izraženi u ulaznim podacima, tj. zadržava i ne mijenja njihove vrijednosti u postupku interpolacije već ih uzima kao fiksne (Malvić, 2008). Time predstavlja idealan izbor za interpolaciju ulaznih podataka koji su korišteni za tvorbu ovih prikaza. Princip rada te metode najjednostavnije se može prikazati nizom jednadžbi kojima je definiran. Neka je neko svojstvo Z , primjerice brojnost ličinki, kontinuirano prostorno distribuirano i izmjereno na mjestima x_1, x_2, \dots, x_n s vrijednostima $Z_{(x1)}$, $Z_{(x2)}$, ..., $Z_{(xn)}$. Svojstvo Z naziva se regionaliziranom varijablom jer je njezina vrijednost distribuirana u prostoru. Vrijednosti x_1, x_2, x_n , predstavljaju točke u kojima su očitane vrijednosti svojstva pa možemo zapisati $x_i = [x, y]$ za $i = 1, n$.

Vrijednost varijable procijenjena krigingom na temelju n kontrolnih točaka računa se prema formuli:

$$Z_k = \sum_{i=1}^n \lambda_i \times Z_i, \text{ gdje su:}$$

λ_i – težinski koeficijenti za svaku lokaciju

$Z_i = Z_{(x_i)}$ – poznate vrijednosti varijable u okolnom području tzv. kontrolne točke

Z_k – vrijednosti varijable dobivene procjenom.

Varijable broj odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara podijeljene su u 11 grupa u rasponu 0 – 1000, a varijable temperature stelje podijeljene su u 11 grupa u rasponu 24 – 34°C stupnjeva. Varijable istih vrijednosti u modelu prikazane su izolinijom, a grupe istih vrijednosti varijabli istom bojom prema podijeli u skali. Pozicije pored zida u grafičkom modelom označene su oznakom Z, pozicije ispod pojilica P te pozicije ispod hranilica oznakom H.

4 REZULTATI

4.1 Brojnost manjih brašnara u objektima 1 – 3 tijekom uzgojnih ciklusa

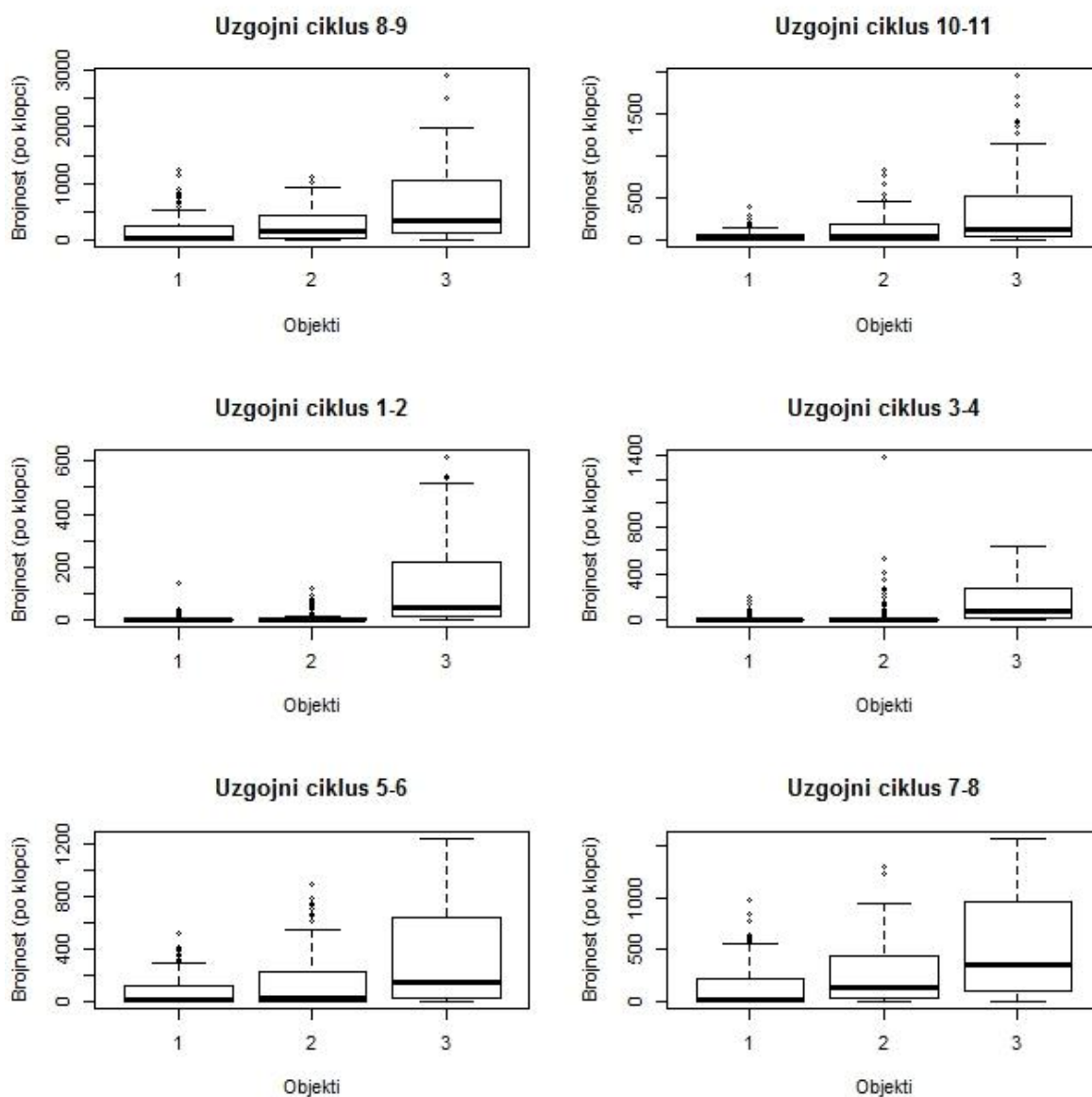
Brojnost manjih brašnara praćena je u tri peradarska objekta kroz šest uzastopnih uzgojnih ciklusa peradi. Tijekom jednog uzgojnog ciklusa provedeno je šest tjednih uzorkovanja i u svakom objektu je obrađeno 144 uzoraka. U trećem objektu ukupno je uzorkovano 297 372 odraslih jedinki i lićinki manjeg brašnara, u drugom objektu 116 630, a najmanji broj kukaca 62 975 uzorkovan je u prvom objektu (Tablica 1).

Kruskal-Wallis test pokazao je da postoji statistički značajna razlika između promatranih objekata u brojnosti manjih brašnara tijekom uzgojnih ciklusa kolovoz-rujan, listopad-studeni, svibanj-lipanj i srpanj-kolovoz, a i post hoc testovi pokazali su da postoji razlika kada su objekti uspoređeni u parovima (sve p -vrijednosti $< 0,05$). Za uzgojne cikluse sijećanj-veljača i ožujak-travanj Kruskal-Wallis test također je pokazao da postoji statistički značajna razlika po objektima, dok su post hoc testovi pokazali da razlika ne postoji jedino između prvog i drugog objekta u uzgojnim ciklusima sijećanj-veljača ($p=0,17$) i ožujak-travanj ($p=0,24$).

Raspon broja uzorkovanih kukaca u Arends cjevastoj klopci kretao se u prvom objektu 0 – 764 za odrasle jedinke i 0 – 826 za lićinke manjeg brašnara, u drugom objektu 0 – 958 za odrasle jedinke i 0 – 1289 za lićinke manjeg brašnara, a u trećem objektu utvrđen je najveći raspon podataka 0 – 1732 za odrasle jedinke i 0 – 1328 za lićinke manjeg brašnara (Slika 8).

Također, rezultati istraživanja pokazuju da je u trećem objektu tijekom svih ciklusa uzorkovanja utvrđena najveća prosječna brojnost manjih brašnara po Arends cjevastoj klopci, a vrijednosti medijana puno su više i bliže prosječnim vrijednostima u odnosu na ostala dva istraživana objekta.

Najmanja prosječna brojnost manjih brašnara po Arends cjevastoj klopci u istraživanim objektima utvrđena je u uzgojnom ciklusu sijećanj-veljača (objekt 1=5, objekt 2=9 i objekt 3=147), a zatim u uzgojnom ciklusu ožujak-travanj (objekt 1=5, objekt 2=9 i objekt 3=147). Najveća prosječna brojnost manjih brašnara utvrđena je u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan (objekt 1=167, objekt 2=251 i objekt 3=597), a zatim u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz (objekt 1=5, objekt 2=9 i objekt 3=147).



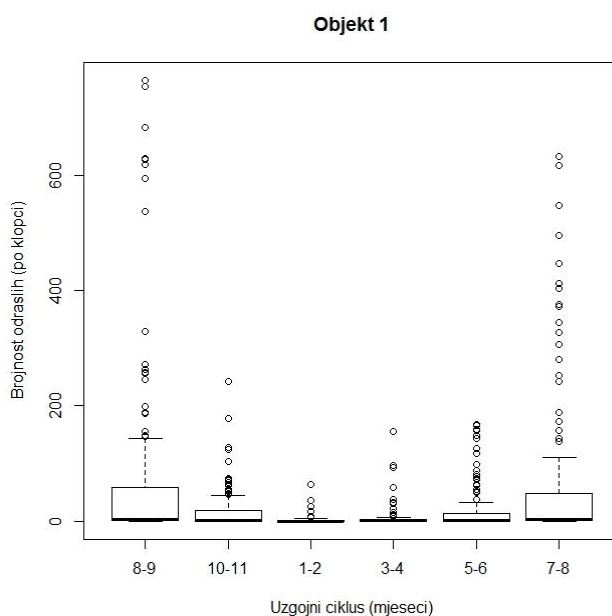
Slika 8. Brojnost manjih brašnara u objektima 1 – 3 tijekom uzgojnih ciklusa

Tablica 1. Deskriptivna statistička analiza brojnosti manjih brašnara u objektima 1 – 3 tijekom uzgojnih ciklusa

uzgojni ciklus kolovoz-rujan									
	n	mean	sd	median	min	max	range	se	summ
Objekt 1	144	166.52	262.93	20.5	0	1251	1251	21.91	23979
Objekt 2	144	251.4	275.75	159	0	1106	1106	22.98	36201
Objekt 3	144	597.03	620.33	328	1	2911	2910	51.69	85972
uzgojni ciklus listopad-studenj									
	n	mean	sd	median	min	max	range	se	summ
Objekt 1	144	39.9	9.7	6.5	0	391	391	5.83	5746
Objekt 2	144	119.33	162.57	38	0	820	820	13.55	17183
Objekt 3	144	329.94	427.79	114	2	1946	1944	35.65	47510
uzgojni ciklus siječanj-veljača									
	n	mean	sd	median	min	max	range	se	summ
Objekt 1	144	4.83	13.87	1	0	142	142	1.16	695
Objekt 2	144	8.62	18.8	2	0	123	123	1.57	1241
Objekt 3	144	123.98	146.48	46	0	615	615	12.21	17853
uzgojni ciklus ožujak-travanj									
	n	mean	sd	median	min	max	range	se	summ
Objekt 1	144	12.92	29.91	1	0	196	196	2.49	1861
Objekt 2	144	43.29	139.38	3	0	1390	1390	11.61	6234
Objekt 3	144	159.04	174.52	75.5	0	636	636	14.54	22902
uzgojni ciklus svibanj-lipanj									
	n	mean	sd	median	min	max	range	se	summ
Objekt 1	144	73.9	115.75	11.5	0	523	523	9.65	10641
Objekt 2	144	142.01	214.73	28	0	899	899	17.89	20449
Objekt 3	144	327.93	356.31	145	0	1248	1248	29.69	47222
uzgojni ciklus srpanj-kolovoz									
	n	mean	sd	median	min	max	range	se	summ
Objekt 1	144	139.26	214.01	16.5	0	968	968	17.83	20053
Objekt 2	144	245.29	269.92	130	0	1290	1290	22.49	35322
Objekt 3	144	527.17	483.76	353.5	1	1572	1571	40.31	75913

4.1.1 Kretanje brojnosti odraslih manjih brašnara u objektima 1 – 3

U prvom objektu je najveća brojnost odraslih kukaca utvrđena u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan, a zatim u ciklusu srpanj-kolovoz (Tablica 2). Uočava se nejednolika razdioba podataka u tim ciklusima uzorkovanja (Slika 9). Ne postoji statistički značajna razlika u brojnosti odraslih kukaca između uzgojnih ciklusa listopad-studeni i svibanj-lipanj, kao i u ciklusima siječanj-veljača i ožujak-travanj (Tablica 3). Također, podaci su slično distribuirani u ovim ciklusima uzorkovanja te je slična vrijednost medijana. Statistički značajna razlika u brojnosti još ne postoji između uzgojnih ciklusa svibanj-lipanj i srpanj-kolovoz, kao i između ciklusa listopad-studeni i srpanj-kolovoz.



Slika 9. Brojnost odraslih manjih brašnara u prvom objektu

Tablica 2. Deskriptivna statistička analiza brojnosti odraslih manjih brašnara za prvi objekt

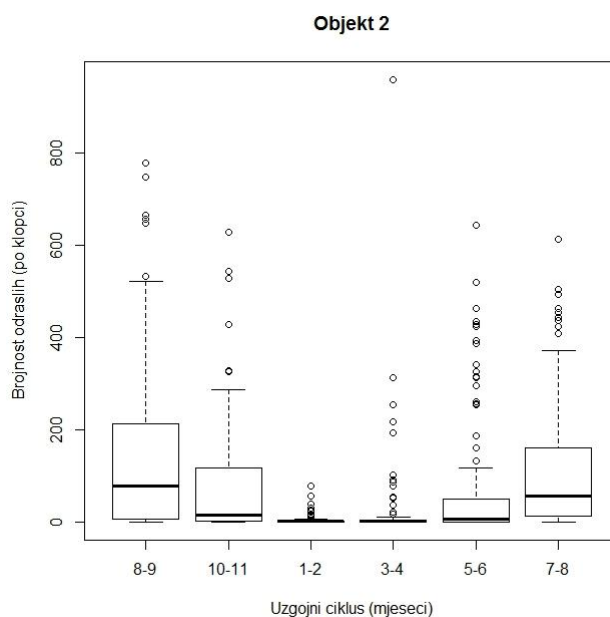
uzgojni ciklus	mean	sd	median	min	max	range	se	summ
8-9	73.33	156.23	4	0	764	764	13.02	10559
10-11	17.27	33.64	2	0	242	242	2.8	2487
1-2	2.08	6.64	0	0	64	64	0.55	300
3-4	5.35	18.15	1	0	156	156	1.51	770
5-6	20.21	40.42	2	0	168	168	3.37	2910
7-8	62.89	130.92	4	0	632	632	10.91	9056

Tablica 3. Rezultati post hoc testa za odrasle manje brašnare u prvom objektu.

Crveni brojevi označavaju statistički značajne razlike ($p < 0,05$)

uzgojni ciklus	8-9	10-11	1-2	3-4	5-6	7-8
8-9		0,024279	0,000000	0,000000	0,007389	1,000000
10-11			0,000003	0,001601	1,000000	0,944993
1-2				1,000000	0,000019	0,000000
3-4					0,005943	0,000000
5-6						0,426329
7-8						

U drugom objektu je najveća brojnost odraslih kukaca utvrđena u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan te zatim u ciklusu srpanj-kolovoz (Tablica 4). Također, ne postoji statistički značajna razlika između ta dva uzorkovanja, ali postoji razlika u distribuciji i medijanu (Tablica 5, Slika 10). Najmanja brojnost odraslih kukaca utvrđena je u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača te zatim u ciklusu ožujak-travanj u kojem je utvrđen i najveći raspon podataka. Također, ne postoji statistički značajna razlika između tih mjeseci uzorkovanja, ali postoji razlika u distribuciji podataka.



Slika 10. Brojnost odraslih manjih brašnara u drugom objektu

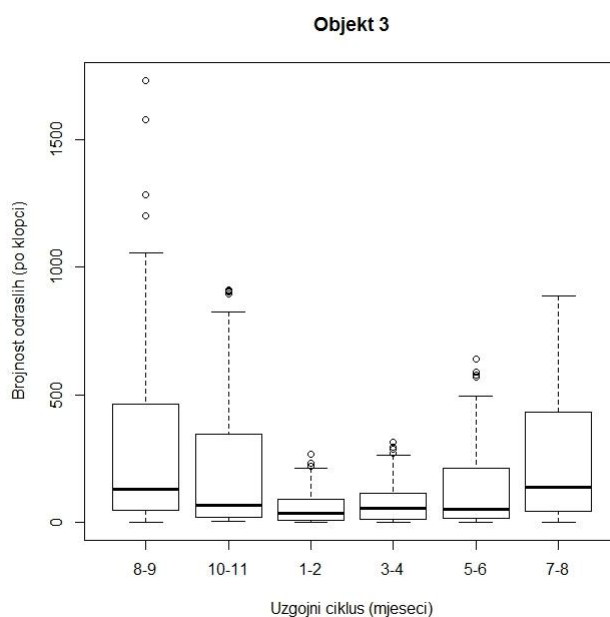
Tablica 4. Deskriptivna statistička analiza za odrasle manje brašnare u drugom objektu

uzgojni ciklus	mean	sd	median	min	max	range	se	summ
8-9	138.08	170.47	78	0	778	778	14.21	19884
10-11	75.67	114.39	15	0	628	628	9.53	10896
1-2	3.75	9.58	1	0	79	79	0.8	540
3-4	19.18	89.82	1	0	958	958	7.49	2762
5-6	67.74	130.48	7	0	643	643	10.87	9754
7-8	112.37	134.35	57	0	613	613	11.2	16181

Tablica 5. Rezultati post hoc testa za odrasle manje brašnare u drugom objektu. Crveni brojevi označavaju statistički značajne razlike ($p < 0,05$)

uzgojni ciklus	8-9	10-11	1-2	3-4	5-6	7-8
8-9		0,005996	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000
10-11			0,000000	0,000000	0,171783	0,008684
1-2				1,000000	0,000000	0,000000
3-4					0,000005	0,000000
5-6						0,000000
7-8						

U trećem objektu je najveća brojnost odraslih kukaca utvrđena u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan te je za taj ciklus ujedno utvrđen i najveći raspon podataka (Slika 11, Tablica 6). Statistički značajna razlika u brojnosti odraslih kukaca ne postoji između ovog ciklusa uzorkovanja te uzorkovanja u ciklusu srpanj-kolovoz (Tablica 7). I u trećem objektu najmanji broj odraslih manjih brašnara utvrđen je u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača te ne postoji statistički značajna razlika u brojnosti u odnosu na uzorkovanje u ciklusu ožujak-travanj. Statistički značajna razlika još ne postoji između ciklusa listopad-studeni i svibanj-lipanj te srpanj-kolovoz, kao i između ciklusa ožujak-travanj i svibanj-lipanj.



Slika 11. Brojnost odraslih manjih brašnara u trećem objektu

Tablica 6. Deskriptivna statistička analiza za odrasle manje brašnare u trećem objektu

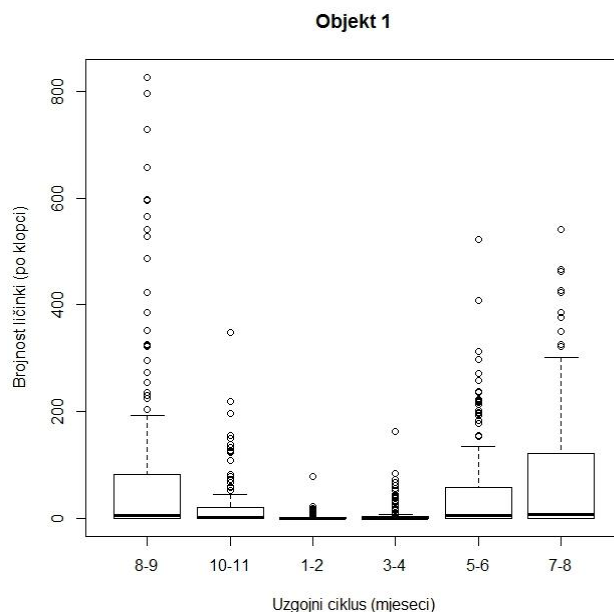
uzgojni ciklus	mean	sd	median	min	max	range	se	summ
8-9	292.74	337.87	131	1	1732	1731	28.16	42154
10-11	202.11	246.82	67	2	912	910	20.57	29104
1-2	56.12	61.69	33.5	0	267	267	5.14	8081
3-4	74.92	79.27	53.5	0	312	312	6.61	10789
5-6	124.89	153.65	49.5	0	638	638	12.8	17984
7-8	250.19	246.41	137.5	0	887	887	20.53	36027

Tablica 7. Rezultati post hoc testa za odrasle manje brašnare u trećem objektu
Crveni brojevi označavaju statistički značajne razlike ($p < 0,05$)

Uzgojni ciklus	8-9	10-11	1-2	3-4	5-6	7-8
8-9		0,021067	0,000000	0,000000	0,000005	1,000000
10-11			0,000003	0,003118	0,805584	0,081911
1-2				1,000000	0,015680	0,000000
3-4					1,000000	0,000000
5-6						0,000038
7-8						

4.1.2 Kretanje brojnosti ličinki manjeg brašnara u objektima

Najveća brojnost ličinki manjeg brašnara je u prvom objektu utvrđena u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan te zatim u ciklusu srpanj-kolovoz (Tablica 8). U ciklusu srpanj-kolovoz bio je veći medijan, ali manji raspon podataka nego u ciklusu kolovoz-rujan. Najmanja brojnost ličinki utvrđena je u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača, a zatim u ciklusu ožujak-travanj (Slika 12). Ovi ciklusi uzorkovanja statistički se značajno ne razlikuju u brojnosti ličinki, ali postoji razlika u distribuciji podataka, kao i statistički značajna razlika u brojnosti od ostalih ciklusa uzorkovanja (Tablica 9).



Slika 12. Brojnost ličinki manjeg brašnara u prvom objektu

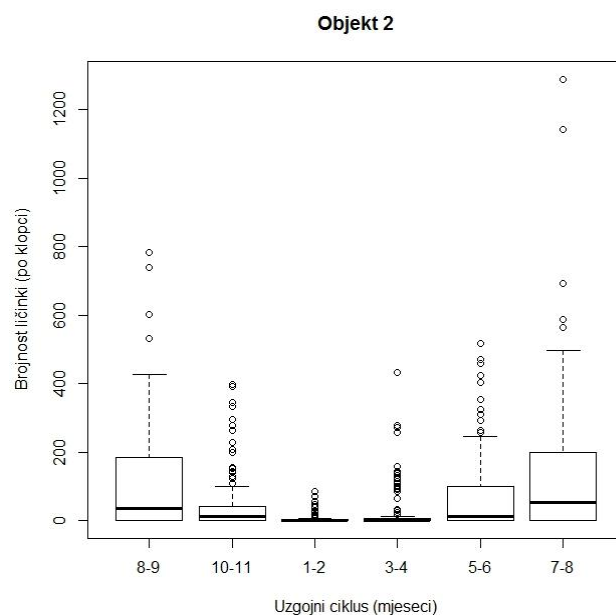
Tablica 8. Deskriptivna statistička analiza za ličinke manjeg brašnara u prvom objektu

uzgojni ciklus	mean	sd	median	min	max	range	se	summ
8-9	93.19	176.69	6	0	826	826	14.72	13420
10-11	22.63	48.74	1	0	348	348	4.06	3259
1-2	2.74	7.96	0	0	78	78	0.66	395
3-4	7.58	20.55	0	0	163	163	1.71	1091
5-6	53.69	92.97	6	0	523	523	7.75	7731
7-8	76.37	123.18	7	0	541	541	10.26	10997

Tablica 9. Rezultati post hoc testa za ličinke manjeg brašnara u prvom objektu. Crveni brojevi označavaju statistički značajne razlike ($p < 0,05$)

uzgojni ciklus	8-9	10-11	1-2	3-4	5-6	7-8
8-9		0,226034	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000
10-11			0,000299	0,015164	1,000000	0,119703
1-2				1,000000	0,000000	0,000000
3-4					0,000005	0,000000
5-6						1,000000
7-8						

U drugom objektu je za razliku od prvog objekta najveća brojnost ličinki manjeg brašnara utvrđena u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz te zatim u ciklusu kolovoz-rujan, dok je najmanja brojnost ličinki utvrđena, kao i u prvom objektu u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača te zatim u ciklusu ožujak-travanj (Tablica 10). Između tih mjeseci uzorkovanja ne postoji statistički značajna razlika u brojnosti te im je distribucija podataka slična (Slika 13, Tablica 11). Statistički značajna razlika u brojnosti ne postoji još između ciklusa uzorkovanja kolovoz-rujan i listopad-studeni te svibanj-lipanj, kao i između ciklusa svibanj-lipanj i srpanj-kolovoz.



Slika 13. Brojnost ličinki manjeg brašnara u drugom objektu

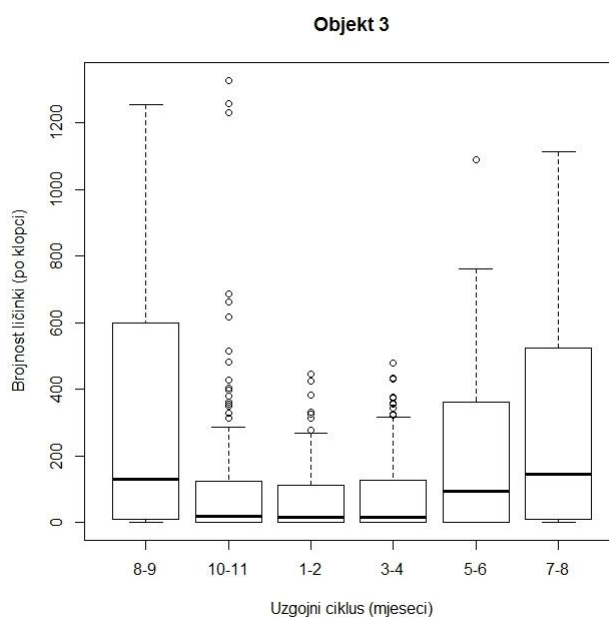
Tablica 10. Deskriptivna statistička analiza za ličinke manjeg brašnara u drugom objektu

uzgojni ciklus	mean	sd	median	min	max	range	se	summ
8-9	113.31	158.04	36	0	783	783	13.17	16317
10-11	43.66	82.72	12	0	398	398	6.89	6287
1-2	4.87	12.74	0	0	84	84	1.06	701
3-4	24.11	62.56	0	0	432	432	5.21	3472
5-6	74.27	122.97	10.5	0	518	518	10.25	10695
7-8	132.92	193.74	53.5	0	1289	1289	16.15	19141

Tablica 11. Rezultati post hoc testa za ličinke manjeg brašnara u drugom objektu. Crveni brojevi označavaju statistički značajne razlike ($p < 0,05$)

uzgojni ciklus	8-9	10-11	1-2	3-4	5-6	7-8
8-9		0,186901	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000
10-11			0,000002	0,000888	1,000000	0,041401
1-2				1,000000	0,000000	0,000000
3-4					0,000030	0,000000
5-6						0,360513
7-8						

U trećem objektu je najveća brojnost ličinki utvrđena u ciklusu kolovoz-rujan te zatim u ciklusu srpanj-kolovoz u kojem je vrijednost medijana viša nego u ciklusu kolovoz-rujan (Tablica 12). Uočavamo da je raspon podataka za uzgojni ciklus kolovoz-rujan niži od raspona podataka za cikluse listopad-studeni, srpanj-kolovoz te svibanj-lipanj (Slika 14). Najmanja brojnost ličinki utvrđena je u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača koja se statistički značajno ne razlikuje od brojnosti u ciklusa ožujak-travanj i listopad-studeni. Statistički značajna razlika u brojnosti ličinki ne postoji i između uzgojnih ciklusa kolovoz-rujan, svibanj-lipanj i srpanj-kolovoz, kao i ciklusa listopad-studeni i svibanj-lipanj (Tablica 13).



Slika 14. Brojnost ličinki manjeg brašnara u trećem objektu

Tablica 12. Deskriptivna statistička analiza za ličinke manjeg brašnara u trećem objektu

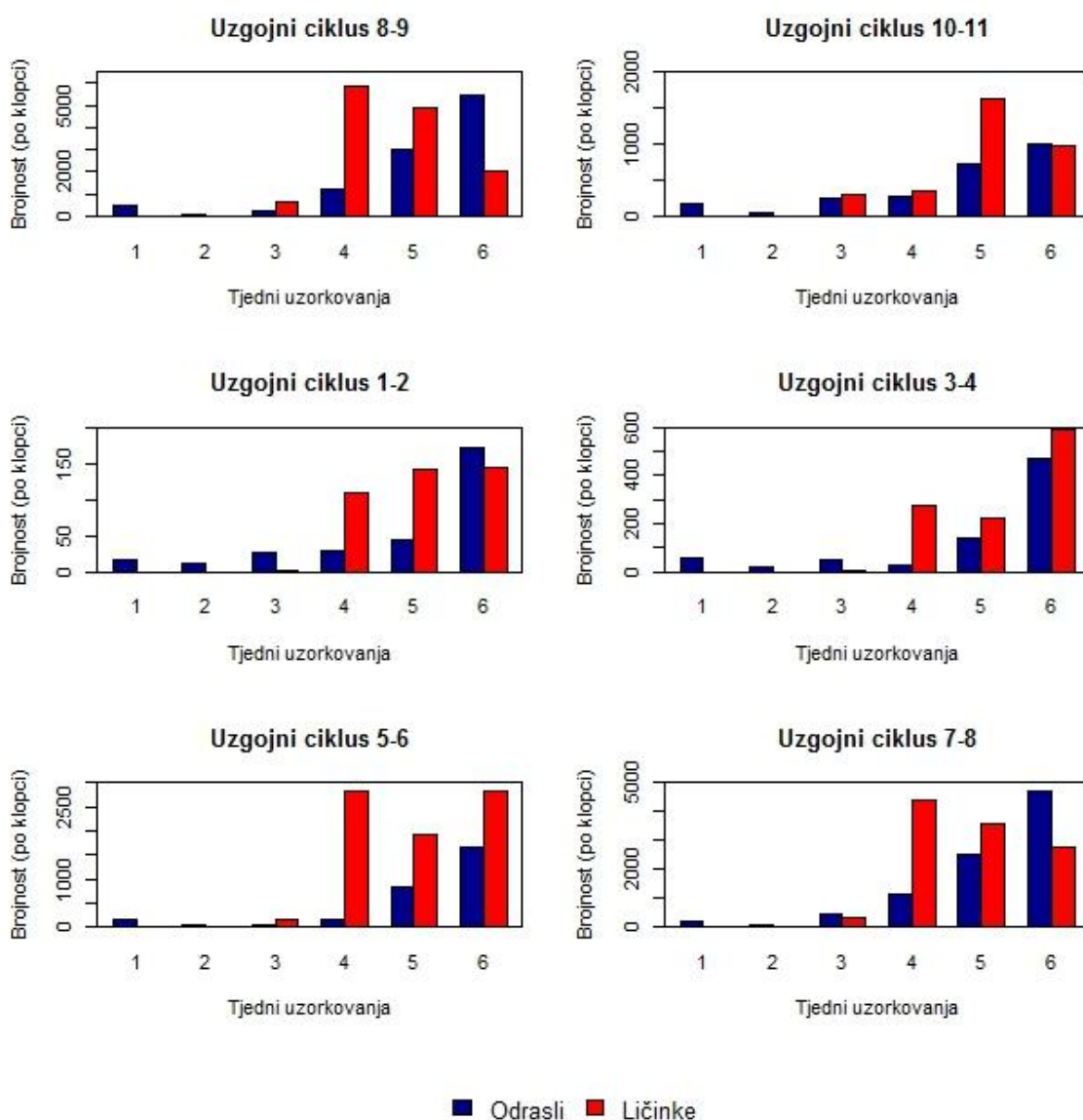
uzgojni ciklus	mean	sd	median	min	max	range	se	summ
8-9	304.29	355.83	128.5	0	1256	1256	29.65	43818
10-11	127.83	238.13	19	0	1328	1328	19.84	18406
1-2	67.86	103.98	13.5	0	446	446	8.66	9772
3-4	84.12	120.27	16	0	478	478	10.02	12113
5-6	203.04	240.76	93.5	0	1091	1091	20.06	29238
7-8	276.99	294.08	145.5	0	1114	1114	24.51	39886

Tablica 13. Rezultati post hoc testa za ličinke manjeg brašnara u trećem objektu. Crveni brojevi označavaju statistički značajne razlike ($p < 0,05$)

uzgojni ciklus	8-9	10-11	1-2	3-4	5-6	7-8
8-9		0,000078	0,000000	0,000002	0,470982	1,000000
10-11			1,000000	1,000000	0,243305	0,000062
1-2				1,000000	0,003955	0,000000
3-4					0,026765	0,000002
5-6						0,417196
7-8						

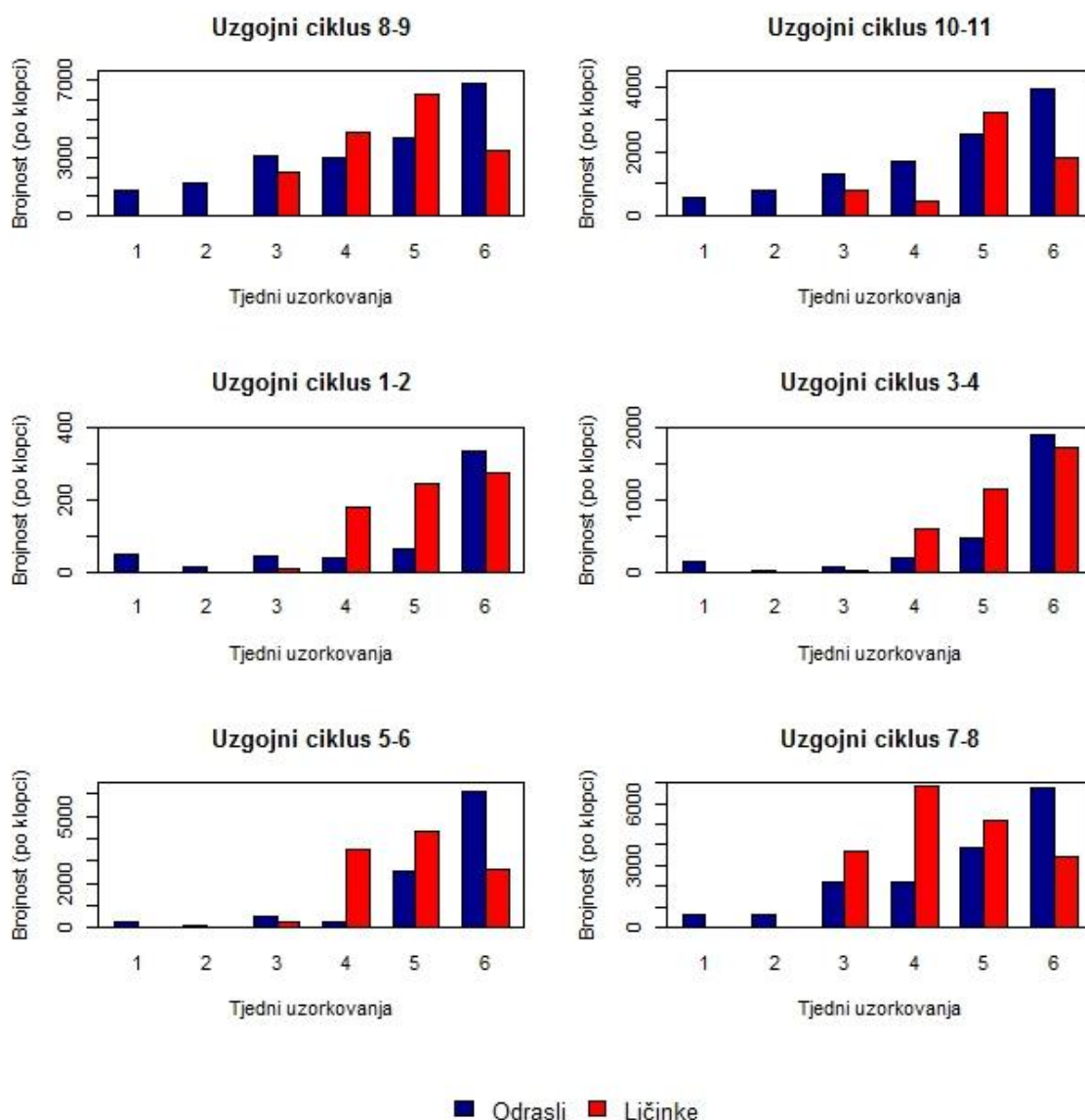
4.1.3 Kretanje brojnosti manjih brašnara u objektima tijekom tjedana uzorkovanja

Broj manjih brašnara se u prvom objektu povećavao od 1. do 6. tjedna uzorkovanja u svim uzgojnim ciklusima. Broj kukaca se povećao od 16 odraslih u 1. tjednu uzorkovanja uzgojnog ciklusa s najmanjom ukupnom brojnošću (siječanj-veljača) do 172 odraslih i 141 ličinki u 6. tjednu uzorkovanja te od 509 odraslih u 1. tjednu uzgojnog ciklusa s najvećom ukupnom brojnošću (kolovoz-rujan) do 5 414 odraslih i 2 039 ličinki 6. tjednu uzorkovanja (Prilog 1). Prve ličinke manjeg brašnara bile su uzorkovane u 2. ili 3. tjednu uzgojnih ciklusa, a brojnost im se povećavala do 4. tjedna uzorkovanja uzgojnih ciklusa kolovoz-rujan i srpanj-kolovoz, odnosno do 5. ili 6. tjedna uzorkovanja ostalih uzgojnih ciklusa (Slika 15).



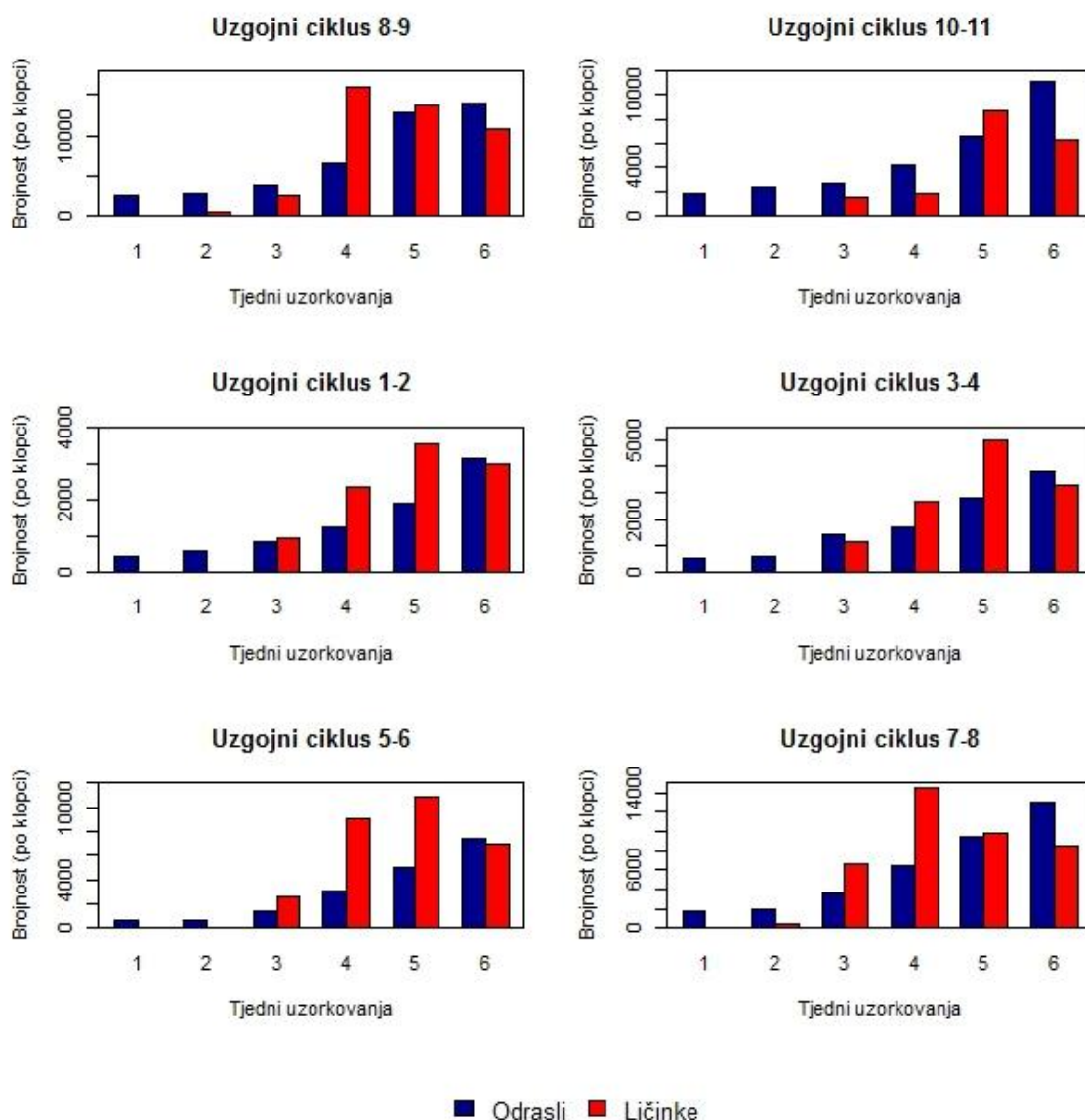
Slika 15. Kretanje brojnosti odraslih i ličinki manjeg brašnara u prvom objektu

I u drugom objektu se povećao broj manjih brašnara od 1. do 6. tjedna uzorkovanja u svim uzgojnim ciklusima. Broj kukaca se povećao od 50 odraslih u 1. tjednu uzorkovanja uzgojnog ciklusa s najmanjom ukupnom brojnošću (siječanj-veljača) do 333 odraslih i 245 ličinki u 6. tjednu uzorkovanja te od 1 304 odraslih u 1. tjednu uzgojnog ciklusa s najvećom ukupnom brojnošću (kolovoz-rujan) do 6 810 odraslih i 3 363 ličinki u 6. tjednu uzorkovanja (Prilog 2). Prve ličinke manjeg brašnara bile su uzorkovane u 2. ili 3. tjednu uzgojnih ciklusa, a brojnost im se povećavala do 4. tjedna uzorkovanja uzgojnog ciklusa srpanj-kolovoz, odnosno do 5. ili 6. tjedna uzorkovanja ostalih uzgojnih ciklusa (Slika 16).



Slika 16. Kretanje brojnosti odraslih i ličinki manjeg brašnara u drugom objektu

Također, i u trećem objektu broj manjih brašnara se povećavao od 1. do 6. tjedna uzorkovanja u svim uzgojnim ciklusima. Broj kukaca se povećao od 451 odraslih u 1. tjednu uzorkovanja uzgojnog ciklusa s najmanjom ukupnom brojnošću (siječanj-veljača) do 3 115 odraslih i 2961 ličinki u 6. tjednu uzorkovanja te od 2 548 odraslih u 1. tjednu uzgojnog ciklusa s najvećom ukupnom brojnošću (kolovoz-rujan) do 13 910 odraslih i 10 782 ličinki u 6. tjednu uzorkovanja (Prilog 3). Prve ličinke manjeg brašnara bile su uzorkovane u 2. ili 3. tjednu uzgojnih ciklusa, a brojnost im se povećavala do 4. tjedna uzokovanja uzgojnih ciklusa kolovoz-rujan i srpanj-kolovoz, odnosno do 5. tjedna uzorkovanja ostalih uzgojnih ciklusa (Slika 17).

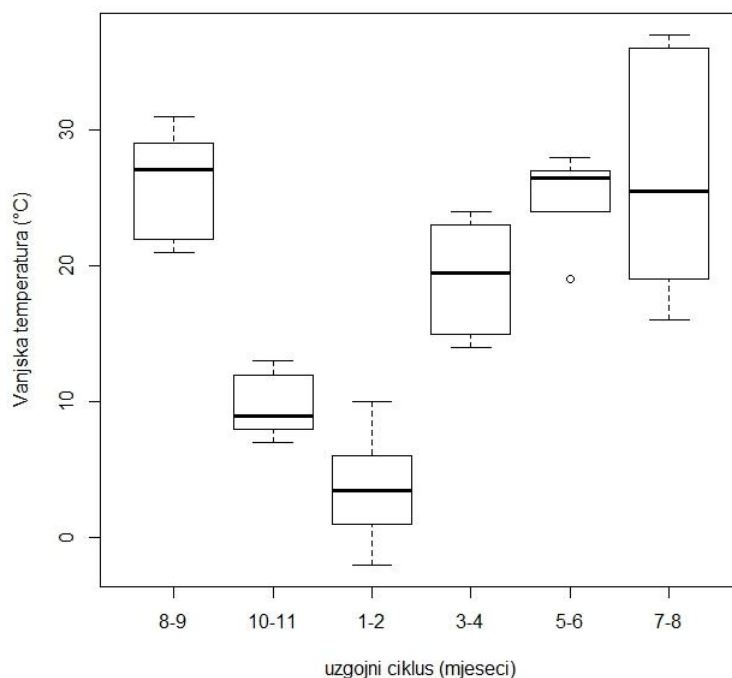


Slika 17. Kretanje brojnosti odraslih i ličinki manjeg brašnara u trećem objektu

4.2 Kretanje vrijednosti temperatura tijekom uzgojnih ciklusa

4.2.1 Kretanje vanjske temperature tijekom uzgojnih ciklusa

Tijekom ciklusa uzorkovanja su utvrđene visoke fluktuacije vanjskih temperatura, a vrijednosti su se kretale od -2°C u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača do 37°C u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz (Slika 18). Najveće fluktuacije vanjske temperature ($16 - 36^{\circ}\text{C}$) utvrđene su tijekom uzgojnog ciklusa srpanj-kolovoz, a ujedno su u tom uzgojnom ciklusu utvrđene i najviše prosječne vanjske temperature zraka od $26,5^{\circ}\text{C}$ (Slika 18). Najniže prosječne vanjske temperature zraka ($3,7^{\circ}\text{C}$) utvrđene su u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača (Tablica 14).



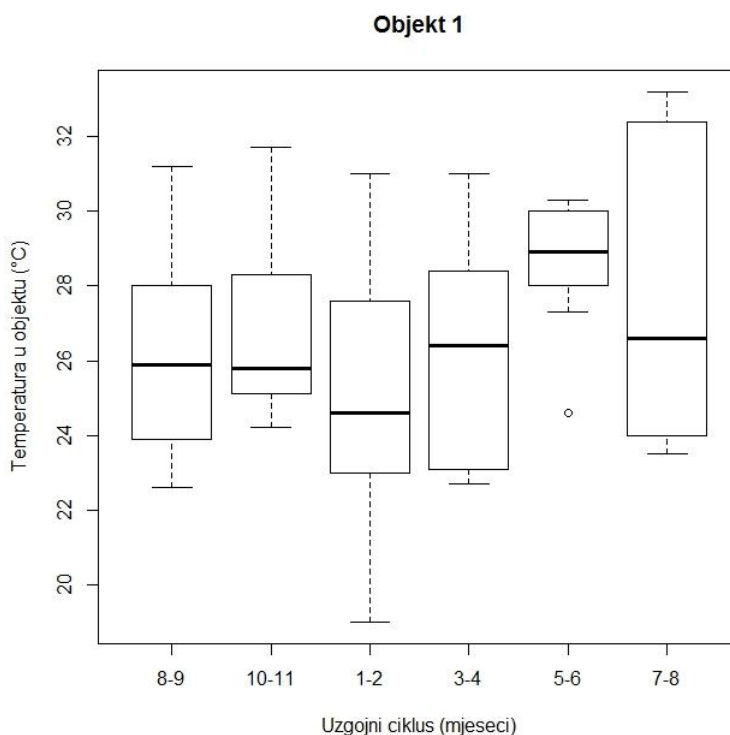
Slika 18. Kretanje vanjskih temperatura tijekom uzgojnih ciklusa

Tablica 14. Deskriptivna statistička analiza kretanja vanjskih temperatura tijekom uzgojnih ciklusa

uzgojni ciklus	n	mean	sd	median	min	max	range	se
8-9	144	26.2	3.66	27.1	21	31	10	0.3
10-11	144	9.67	2.14	9	7	13	6	0.18
1-2	144	3.67	3.78	3.5	-2	10	12	0.32
3-4	144	19.17	3.73	19.5	14	24	10	0.31
5-6	144	25.17	3.03	26.5	19	28	9	0.25
7-8	144	26.5	7.92	25.5	16	37	21	0.66

4.2.2 Kretanje vrijednosti unutrašnjih temperatura tijekom uzgojnih ciklusa

Uočavamo neznatne oscilacije vrijednosti unutrašnjih temperatura u prvom objektu kroz cikluse uzorkovanja (Slika 19). Najveći raspon vrijednosti unutrašnje temperature (19 – 32°C) vidljiv je u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača te se tada i postižu najniže prosječne unutrašnje temperature (25,1°C) u prvom objektu. Najmanji raspon vrijednosti unutrašnje temperature (24,6 – 30,3°C) je u ciklusu uzorkovanja svibanj-lipanj, a ujedno taj je ciklus uzorkovanja bio ciklus s najvišom prosječnom unutrašnjom temperaturom (28,8°C) u prvom objektu (Tablica 15).

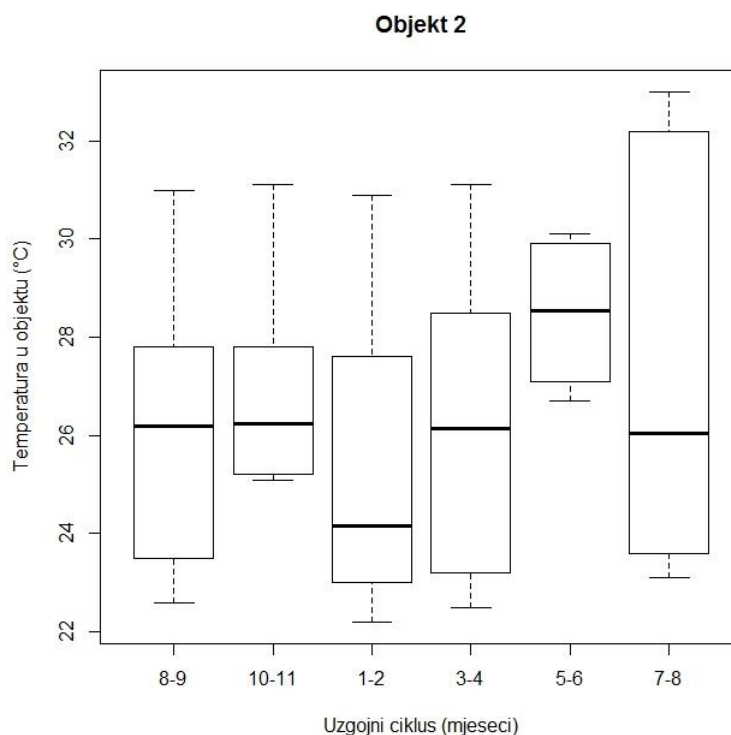


Slika 19. Kretanje unutrašnjih temperatura u prvom objektu

Tablica 15. Deskriptivna statistička analiza kretanja unutrašnjih temperatura u prvom objektu

uzgojni ciklus	mean	sd	median	min	max	range	se
8-9	26.25	2.8	25.9	22.6	31.2	8.6	0.23
10-11	26.82	2.55	25.8	24.2	31.7	7.5	0.21
1-2	25.06	4.06	24.6	19	32	13	0.34
3-4	26.27	2.95	26.15	22.5	31.1	8.6	0.25
5-6	28.8	1.32	28.9	24.6	30.3	5.7	0.11
7-8	27.4	3.58	26.3	23.5	32	8.5	0.3

Uočavamo da su vrijednosti unutrašnje temperature u drugom objektu neznatno odstupale kroz cikluse uzorkovanja, a najveći raspon vrijednosti unutrašnje temperature (23,1 – 33°C) u drugom objektu je za razliku od prvog objekta u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz (Slika 20). Najniže prosječne unutrašnje temperature (25,3°C) u drugom objektu postižu se u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača, a najmanji raspon vrijednosti unutrašnje temperature (26,7 –30,1°C) također je u ciklusu svibanj-lipanj te je taj ciklus uzorkovanja bio ciklus s najvišom prosječnom unutrašnjom temperaturom (28,5°C) u drugom objektu (Tablica 16).

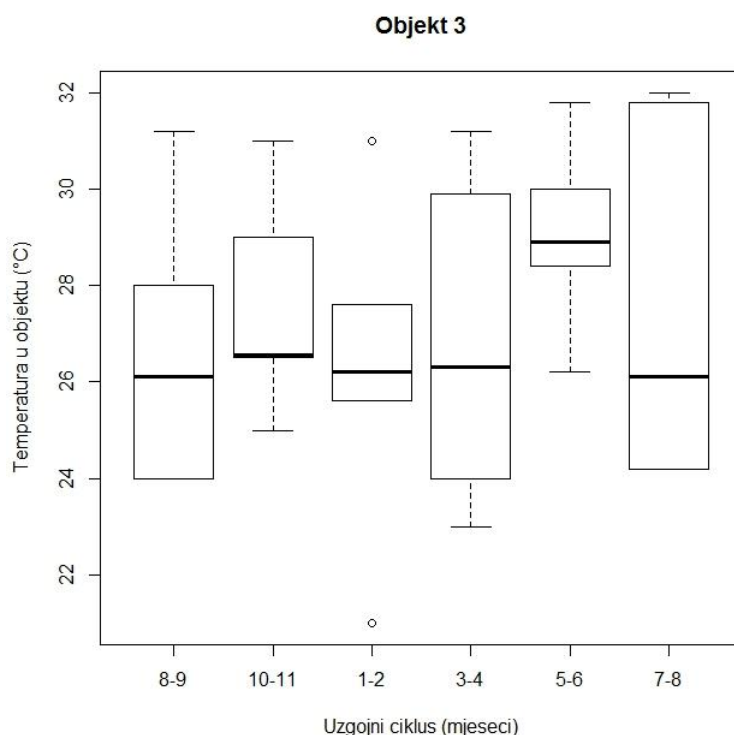


Slika 20. Kretanje unutrašnjih temperatura u drugom objektu

Tablica 16. Deskriptivna statistička analiza kretanja temperatura u drugom objektu

uzgojni ciklus	mean	sd	median	min	max	range	se
8-9	26.22	2.78	26.2	22.6	31	8.4	0.23
10-11	26.95	2.09	26.25	25.1	31.1	6	0.17
1-2	25.33	3.05	24.15	22.2	30.9	8.7	0.25
3-4	26.33	2.89	26.4	22.7	31	8.3	0.24
5-6	28.48	1.39	28.55	26.7	30.1	3.4	0.12
7-8	27.33	4.08	26.05	23.1	33	9.9	0.34

U trećem objektu su također utvrđene neznatne oscilacije unutrašnjih temperatura kroz uzgojne cikluse (Slika 21). Najveći raspon vrijednosti unutrašnjih temperatura (21 – 31°C) vidljiv je u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača, a minimalna unutrašnja temperatura zraka (21°C) u trećem objektu je također utvrđena u tom uzgojnom ciklusu. Najmanji raspon vrijednosti unutrašnje temperature (26,2 – 31,8°C) utvrđen je u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj, a taj uzgojni ciklus ima najviše prosječne unutrašnje temperature (29,0°C) u trećem objektu (Tablica 17).



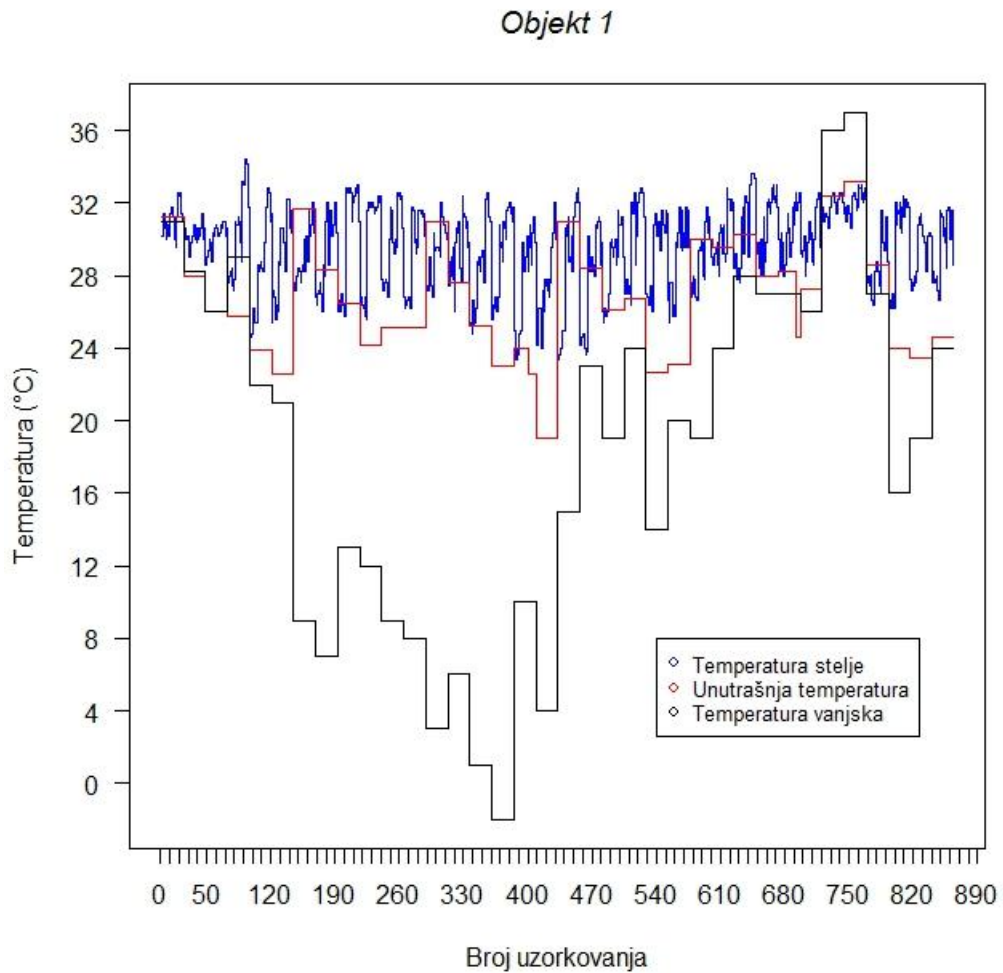
Slika 21. Kretanje unutrašnjih temperatura u trećem objektu

Tablica 17. Deskriptivna statistička analiza kretanja unutrašnjih temperatura u trećem objektu

uzgojni ciklus	mean	sd	median	min	max	range	se
8-9	26.57	2.53	26.1	24	31.2	7.2	0.21
10-11	27.43	1.99	26.55	25	31	6	0.17
1-2	26.27	2.99	26.2	21	31	10	0.25
3-4	26.78	2.95	26.3	23	31.2	8.2	0.25
5-6	29.03	1.7	28.9	26.2	31.8	5.6	0.14
7-8	27.49	3.49	26.1	24.2	32	7.8	0.29

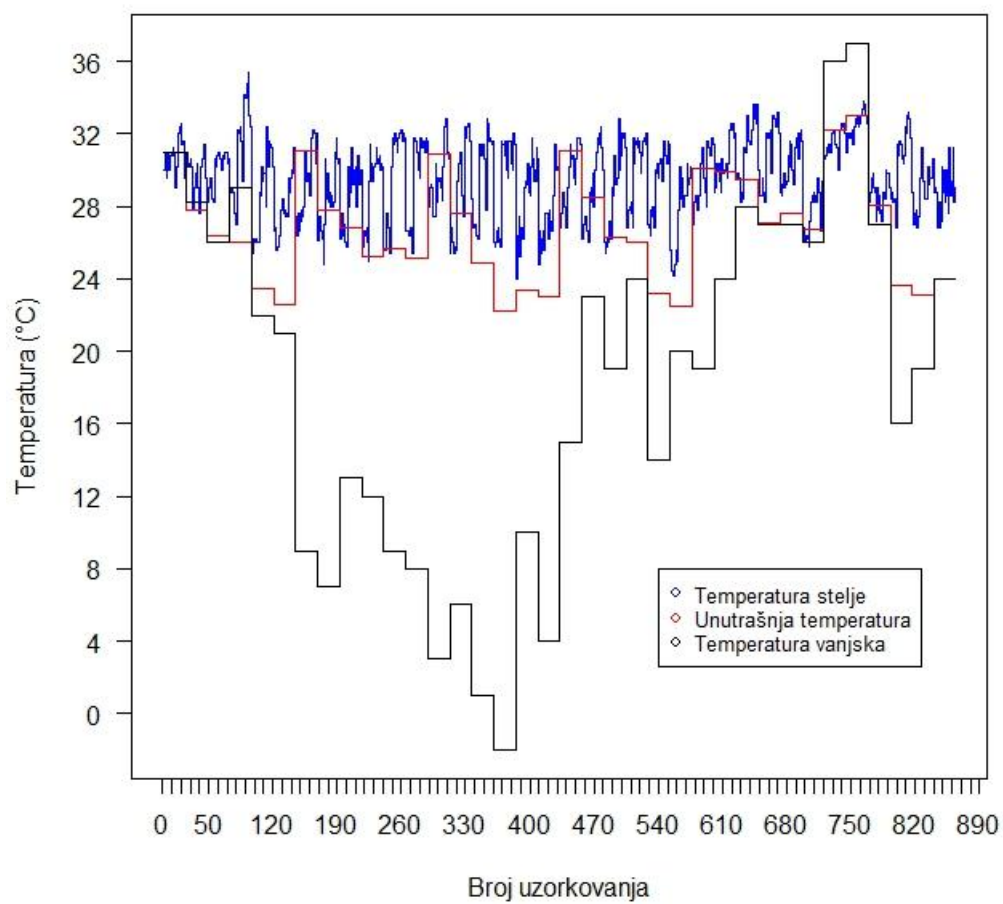
4.2.3 Usporedba vanjske temperature s temperaturom u objektu i temperaturom stelje

Utvrđena je slaba pozitivna veza između vanjske temperature i unutrašnje temperature u objektu (objekt 1 $r=0,4255$, objekt 2 $r=0,3884$, objekt 3 $r=0,2946$) te između vanjske temperature i temperature stelje (objekt 1 $r=0,275$, objekt 2 $r=0,265$, objekt 3 $r=0,249$). Usporedba vanjske temperature s unutrašnjom temperaturom i temperaturom stelje u istraživanim objektima prikazana je u slikama 22 – 24.



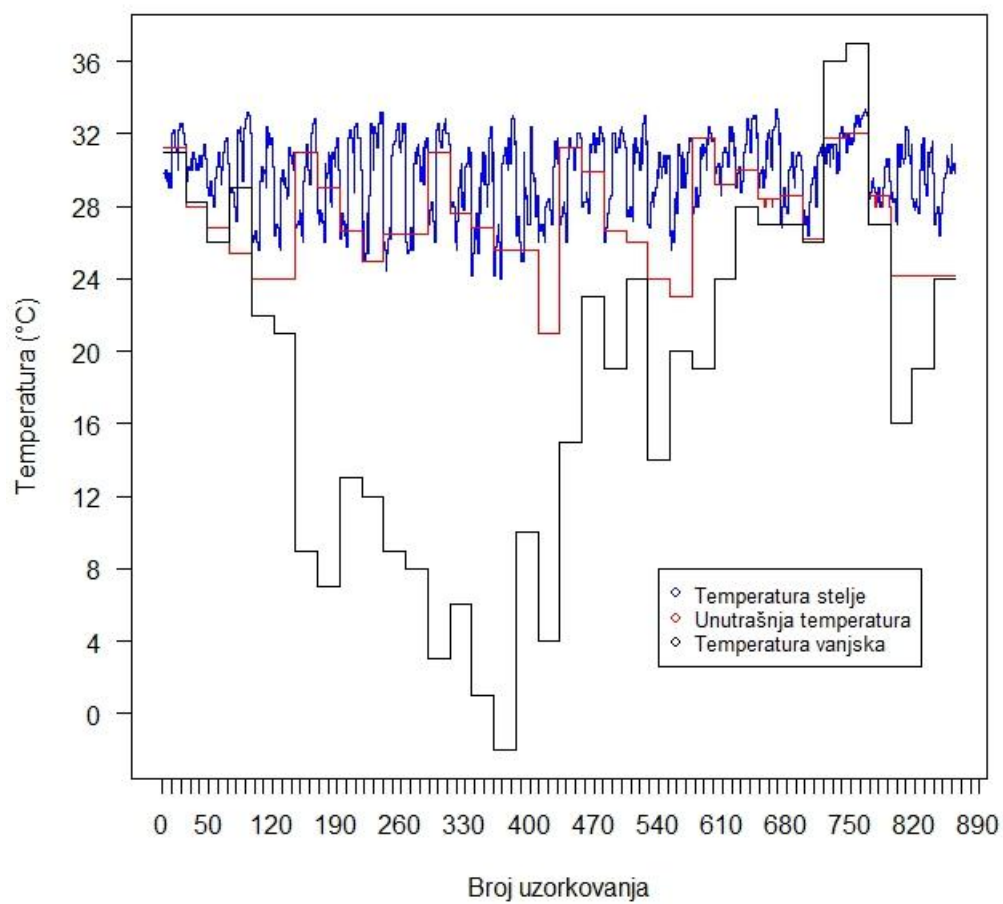
Slika 22. Usporedba vanjske temperature s unutrašnjom temperaturom i temperaturom stelje u prvom objektu

Objekt 2



Slika 23. Usporedba vanjske temperature s unutrašnjom temperaturom i temperaturom stelje u drugom objektu

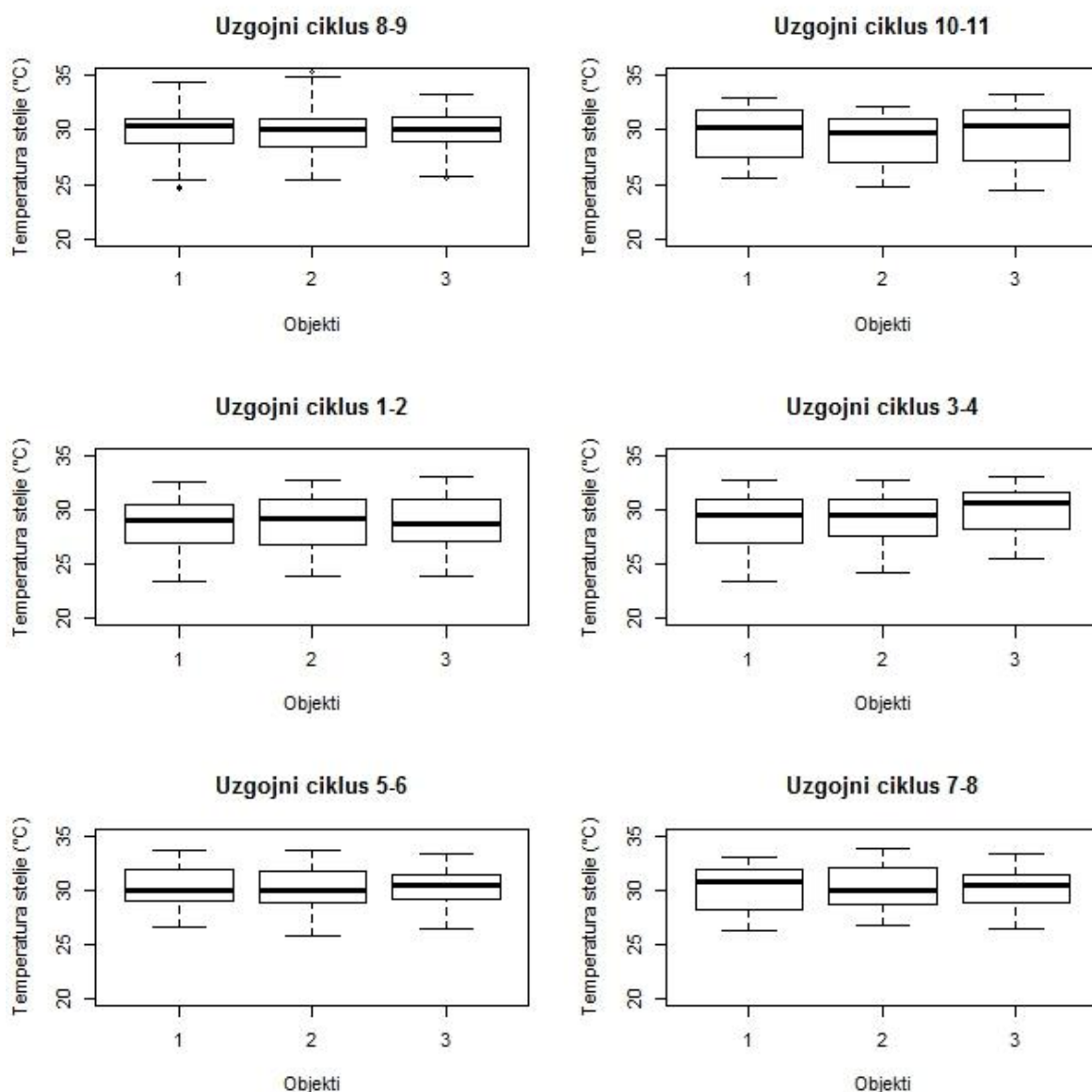
Objekt 3



Slika 24. Usporedba vanjske temperature s temperaturomu u objektu i temperaturom stelje u trećem objektu

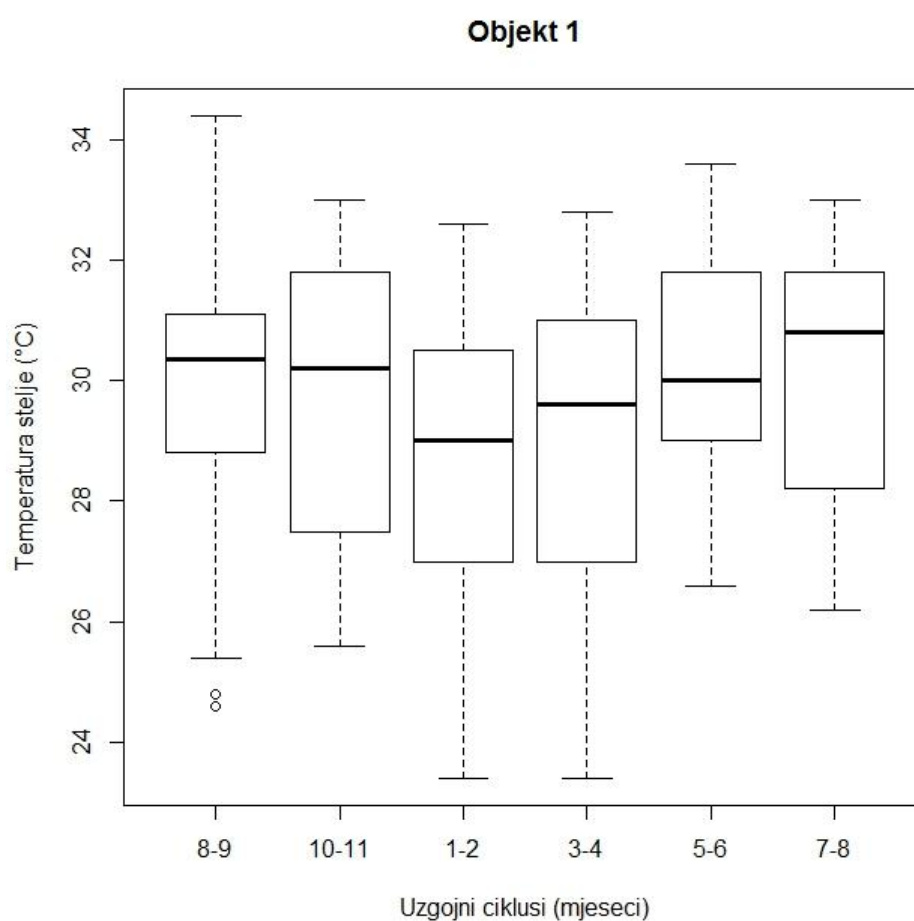
4.2.4 Kretanje temperature stelje u objektima tijekom uzgojnih ciklusa

Kruskal-Wallis test je pokazao da ne postoji statistički značajna razlika između objekata u temperaturi stelje tijekom uzgojnih ciklusa kolovoz-rujan ($p=0,36$), siječanj-veljača ($p=0,54$), svibanj-lipanj ($p=0,64$) te srpanj-kolovoz ($p=0,92$). Nadalje, Kruskal-Wallis test je pokazao da postoji statistički značajna razlika između objekata u temperaturi stelje tijekom uzgojnih ciklusa listopad-studenj ($p=0,02$), a post hoc testovi su pokazali da postoji razlika ako uspoređujemo prvi i drugi objekt ($p=0,04$). Također, Kruskal-Wallis test je pokazao da postoji statistički značajna razlika u temperaturi stelje između objekata tijekom uzgojnih ciklusa ožujak-travanj ($p=0,04$), a post hoc testovi su pokazali da postoji razlika između prvog i trećeg ($p=0$), odnosno drugog i trećeg objekta ($p=0$) (Slika 25).



Slika 25. Kretanje temperature stelje u objektima tijekom uzgojnih ciklusa

Najviša prosječna temperatura stelje ($30,3^{\circ}\text{C}$) u prvom objektu je utvrđena u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj, a najniža ($28,7^{\circ}\text{C}$) u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača (Tablica 18). Najveći raspon vrijednosti temperature stelje ($23,4 - 32,6^{\circ}\text{C}$) utvrđen je u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača te zatim tijekom uzgojnog ciklusa ožujak-travanj sa sličnim rasponom vrijednosti ($23,4 - 32,6^{\circ}\text{C}$) (Slika 26). Vrijednosti temperature stelje se u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača statistički značajno razlikuju od vrijednosti temperature stelje svih uzgojnih ciklusa osim od uzgojnog ciklusa ožujak-travanj (Tablica 19), dok se temperatura stelje u ciklusu ožujak-travanj statistički značajno ne razlikuje od temperature stelje u uzgojnim ciklusima kolovoz-rujan ($p=0,08$), kao i listopad-studeni ($p=0,27$).



Slika 26. Temperatura stelje u prvom objektu

Tablica 18. Deskriptivna statistička analiza temperatura stelje u prvom objektu

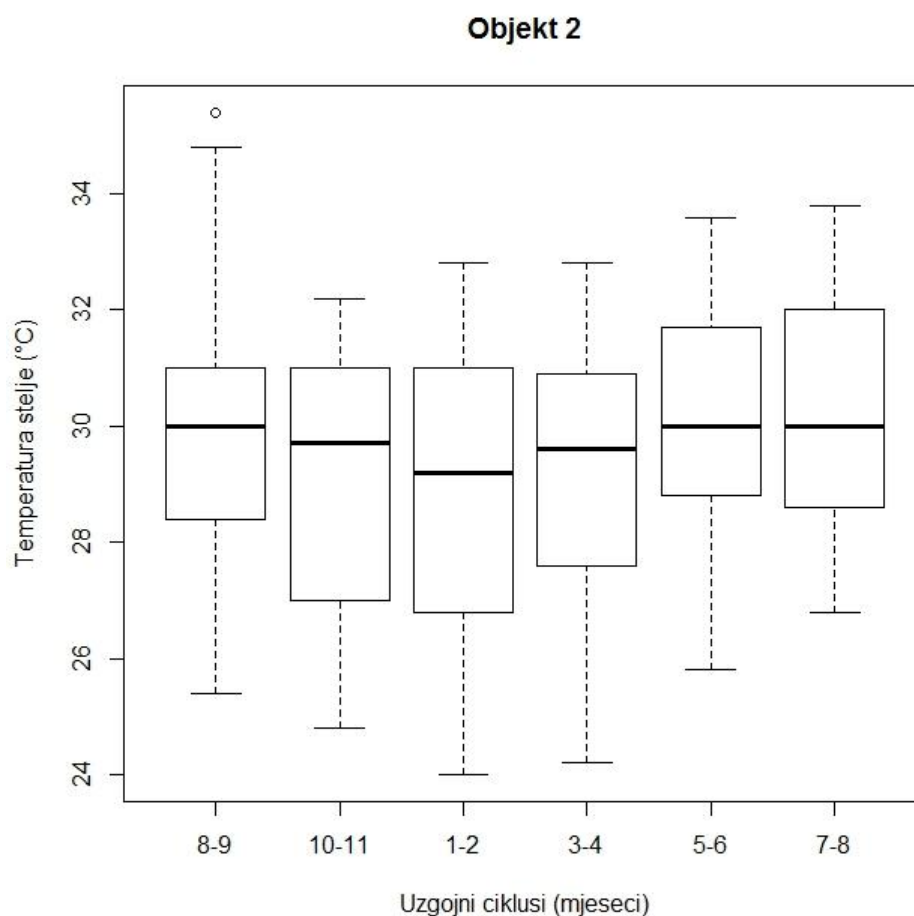
uzgojni ciklus	n	mean	sd	median	min	max	range	se
8-9	144	29.93	2.01	30.35	24.6	34.4	9.8	0.17
10-11	144	29.68	2.26	30.2	25.6	33	7.4	0.19
1-2	144	28.67	2.31	29	23.4	32.6	9.2	0.19
3-4	144	28.97	2.55	29.6	23.4	32.8	9.4	0.21
5-6	144	30.27	1.73	30	26.6	33.6	7	0.14
7-8	144	30.21	1.97	30.8	26.2	33	6.8	0.16

Tablica 19. Rezultati post hoc testa temperatura stelje u prvom objektu

Crveni brojevi označavaju statistički značajne razlike ($p < 0,05$)

uzgojni ciklus	8-9	10-11	1-2	3-4	5-6	7-8
8-9		1,000000	0,000252	0,081584	1,000000	1,000000
10-11			0,001520	0,271171	1,000000	0,704337
1-2				1,000000	0,000000	0,000000
3-4					0,000908	0,000204
5-6						1,000000
7-8						

Iz rezultata je vidljivo da su i u drugom objektu tijekom uzgojnog ciklusa srpanj-kolovoz (30,1°C) i svibanj-lipanj (30,2°C) zabilježene najviše prosječne temperature stelje. Također, vrijednosti temperature stelje u ta dva uzgojna ciklusa statistički se značajno razlikuju od svih ostalih uzgojnih ciklusa, (Slika 27, Tablice 20 – 21), osim od uzgojnog ciklusa kolovoz-rujan ($p=0,89$). Iako je uzgojni ciklus siječanj-veljača ciklus s najnižim temperaturama stelje (29°C), one su nešto više nego u prvom objektu. Temperatura stelje u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan statistički se značajno ne razlikuje od temperature stelje svih ostalih uzgojnih ciklusa.



Slika 27. Temperatura stelje u drugom objektu

Tablica 20. Deskriptivna statistička analiza temperatura stelje u drugom objektu

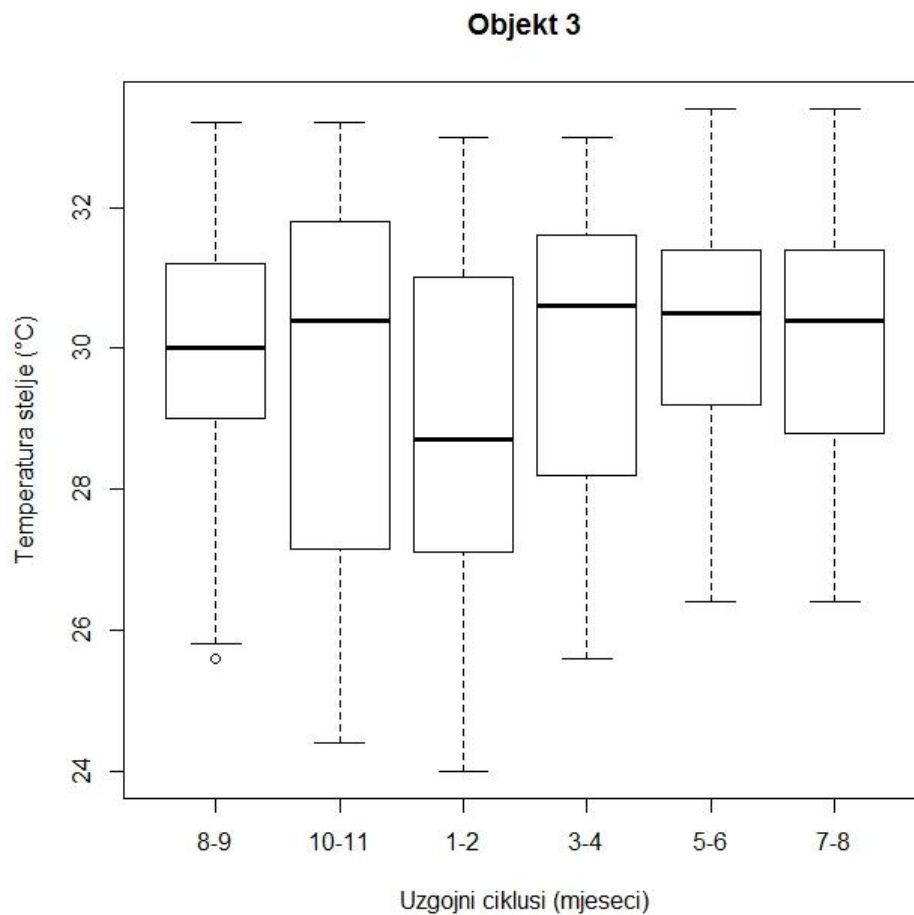
uzgojni ciklus	n	mean	sd	median	min	max	range	se
8-9	144	29.75	2	30	25.4	35.4	10	0.17
10-11	144	29.11	2.16	29.7	24.8	32.2	7.4	0.18
1-2	144	28.98	2.27	29.2	24	32.8	8.8	0.19
3-4	144	29.17	2.11	29.6	24.2	32.8	8.6	0.18
5-6	144	30.17	1.86	30	25.8	33.6	7.8	0.15
7-8	144	30.13	1.88	30	26.8	33.8	7	0.16

Tablica 21. Rezultati post hoc Kruskal-Wallis testa temperatura stelje u drugom objektu.

Crveni brojevi označavaju statistički značajne razlike ($p < 0,05$)

uzgojni ciklus	8-9	10-11	1-2	3-4	5-6	7-8
8-9		0,707288	0,203120	1,000000	1,000000	0,892543
10-11			1,000000	1,000000	0,003274	0,001637
1-2				1,000000	0,000435	0,000201
3-4					0,006600	0,003399
5-6						1,000000
7-8						

U trećem objektu su također zabilježene neznatne oscilacije temperatura stelje kroz cikluse uzorkovanja. Jedino se vrijednosti temperature stelje u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača statistički značajno razlikuju od vrijednosti temperatura stelje u ostalim uzgojnim ciklusima (Slika 28, Tablica 22). U ovom uzgojnom ciklusu uočavamo najveći raspon vrijednosti temperature stelje (24 – 33°C) te najnižu prosječnu vrijednost (28,96°C). Najviše prosječne vrijednosti temperature stelje (30,33°C) utvrđene su u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj (Tablica 23).



Slika 28. Temperatura stelje u trećem objektu

Tablica 22. Deskriptivna statistička analiza temperatura stelje u trećem objektu

uzgojni ciklus	n	mean	sd	median	min	max	range	se
8-9	144	30.01	1.79	30	25.6	33.2	7.6	0.15
10-11	144	29.62	2.51	30.4	24.4	33.2	8.8	0.21
1-2	144	28.96	2.3	28.7	24	33	9	0.19
3-4	144	29.96	1.88	30.6	25.6	33	7.4	0.16
5-6	144	30.33	1.6	30.5	26.4	33.4	7	0.13
7-8	144	30.28	1.68	30.4	26.4	33.4	7	0.14

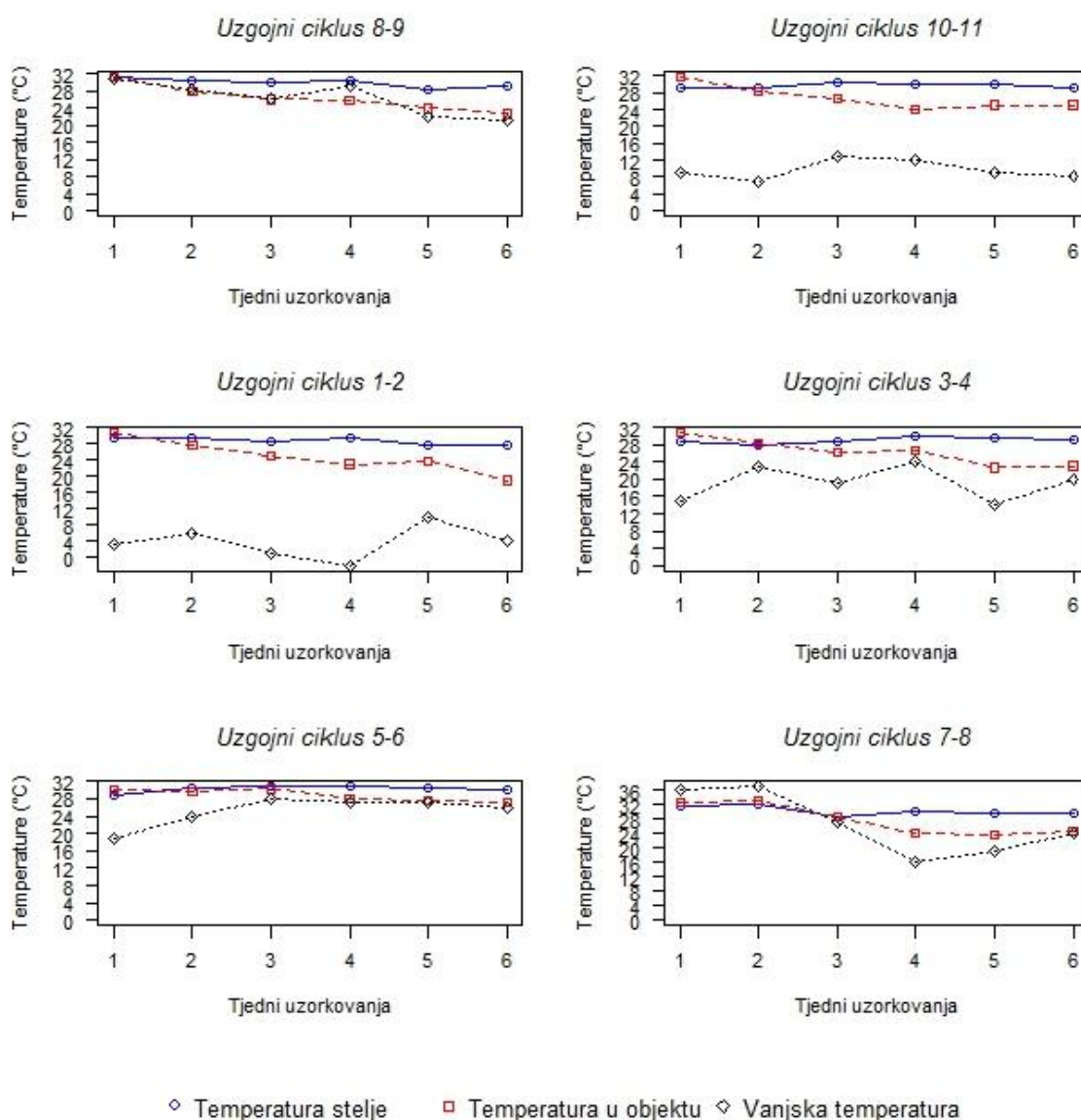
Tablica 23. Rezultati post hoc Kruskal-Wallis testa temperatura stelje u trećem objektu

Crveni brojevi označavaju statistički značajne razlike ($p < 0,05$)

uzgojni ciklus	8-9	10-11	1-2	3-4	5-6	7-8
8-9		1,000000	0,006440	1,000000	1,000000	1,000000
10-11			0,037045	1,000000	1,000000	1,000000
1-2				0,003484	0,000020	0,000059
3-4					1,000000	1,000000
5-6						1,000000
7-8						

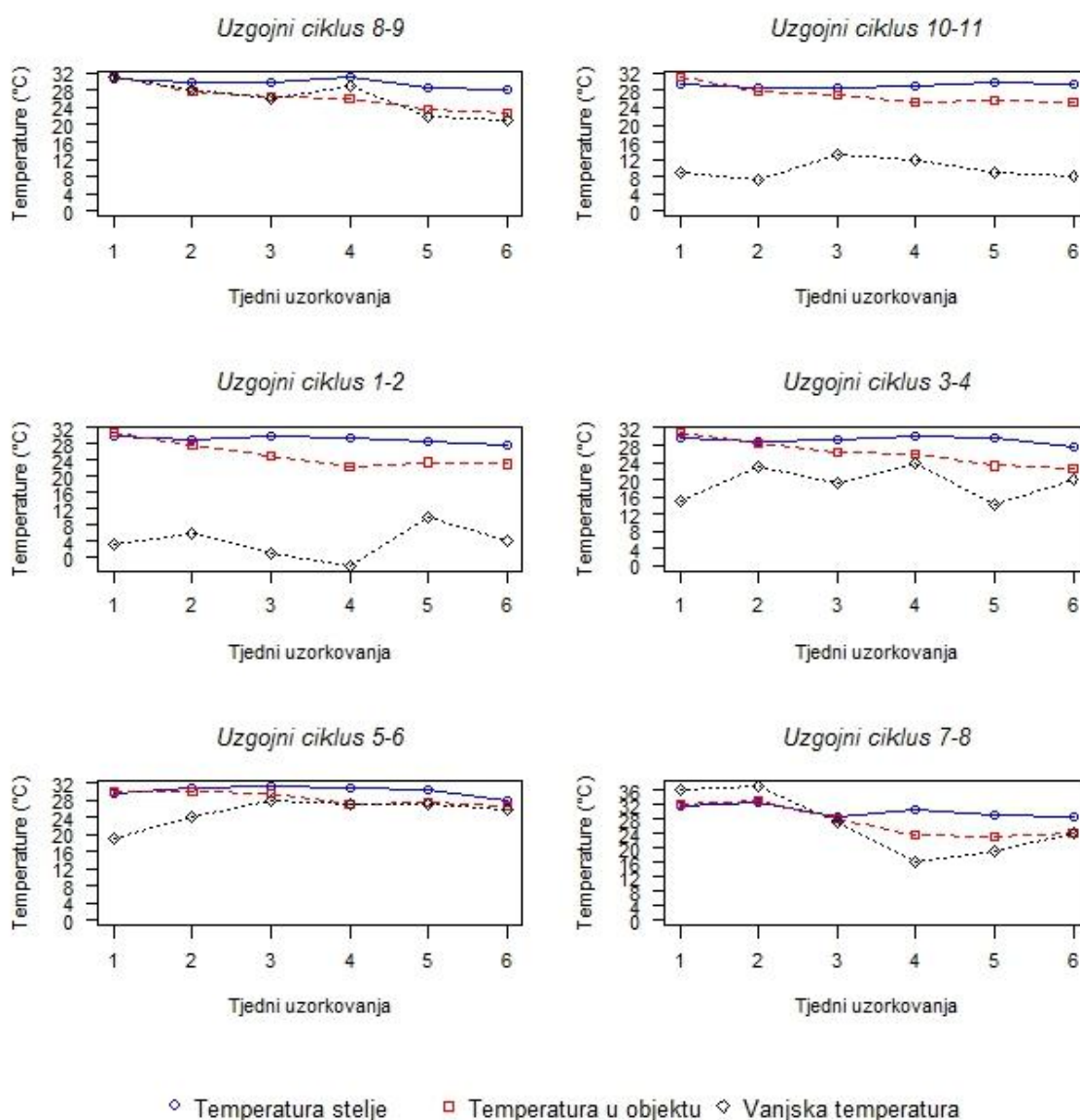
4.2.5 Kretanje tjednih temperatura tijekom uzgojnih ciklusa

Tijekom svih uzgojnih ciklusa utvrđene su visoke oscilacije vanjske temperature, niske oscilacije temperature stelje te konstantan pad unutrašnje temperature tijekom tjedana uzorkovanja (Slika 29, Prilog 4). Najveći raspon pada vrijednosti unutrašnje temperature (32 – 19°C) u prvom objektu utvrđen je u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača, a najmanji (30 – 27,3°C) u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj. Nešto više vrijednosti temperature stelje utvrđene su jedino u 1. tjednu uzorkovanja uzgojnih ciklusa kolovoz-rujan i srpanj-kolovoz



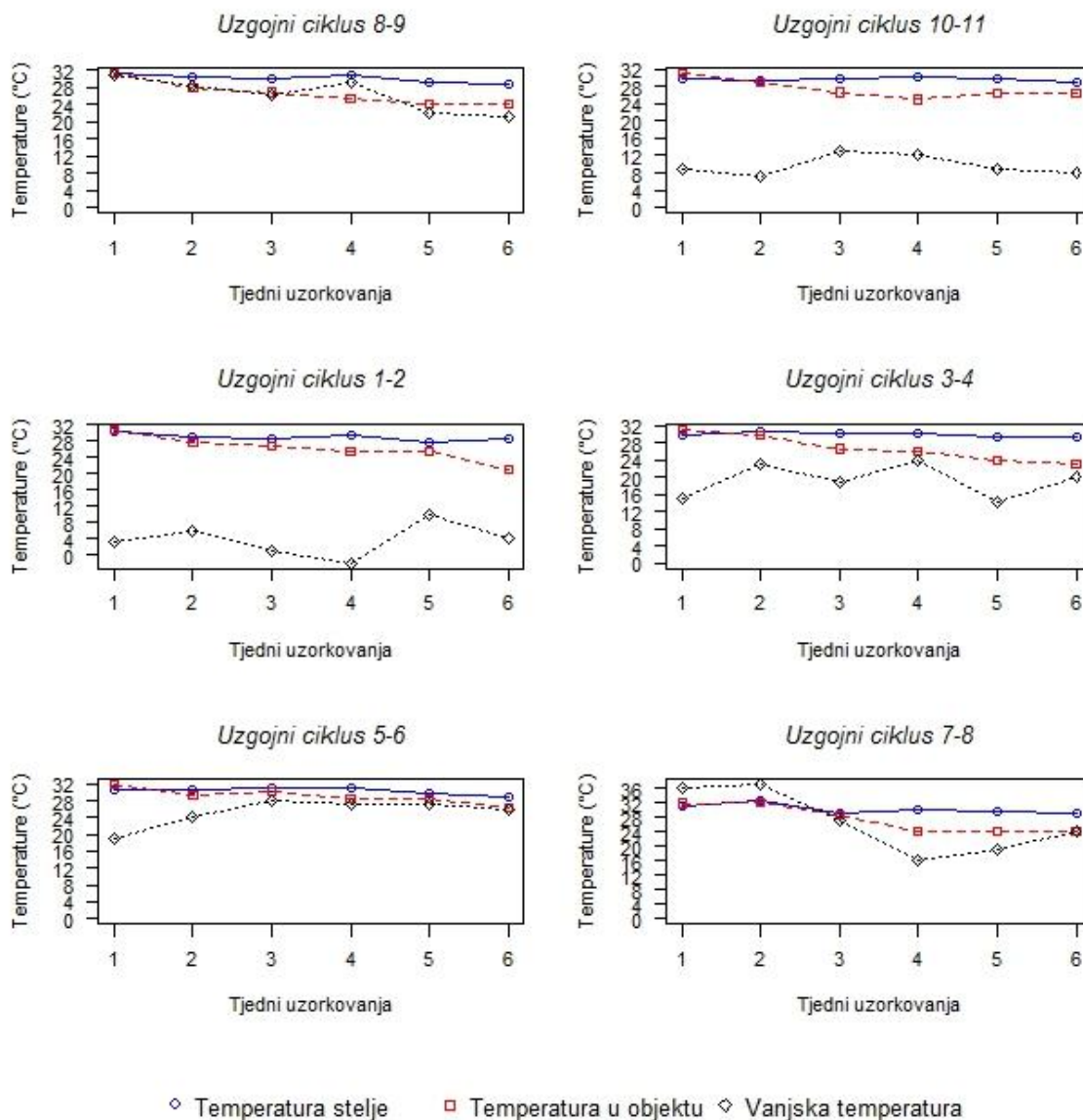
Slika 29. Prosječne temperature po tjednima za prvi objekt tijekom uzgojnih ciklusa

I u drugom objektu je utvrđen sličan pad unutrašnje temperature tijekom tjedana uzorkovanja u svim uzgojnim ciklusima te visoke oscilacije vanjske temperature, kao i niske oscilacije temperature stelje (Slika 30). Međutim, najveći pad unutrašnje temperature ($31,1 - 22,5^{\circ}\text{C}$) u drugom objektu tijekom tjedna uzorkovanja je utvrđen u uzgojnom ciklusu ožujak-travanj, a najmanji ($31,1 - 26,7^{\circ}\text{C}$) u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj (Prilog 5). Nešto više vrijednosti temperature stelje utvrđene su u 1. tjednu uzorkovanja uzgojnih ciklusa kolovoz-rujan i srpanj-kolovoz.



Slika 30. Prosječne temperature po tjednima za drugi objekt tijekom uzgojnih ciklusa

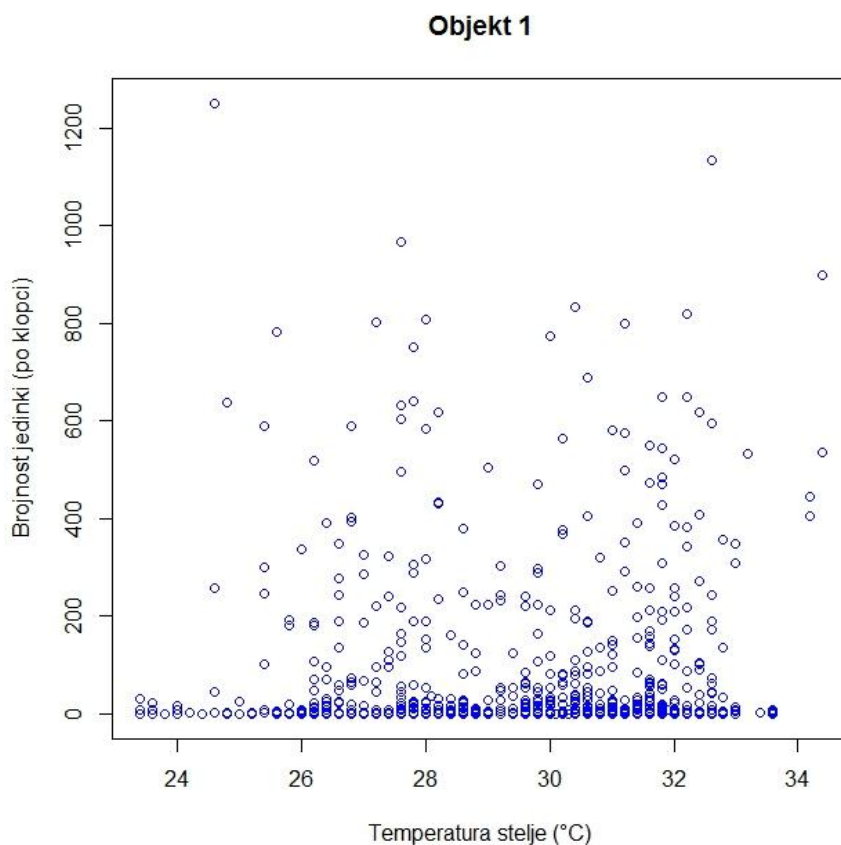
Također, i u trećem objektu utvrđena je visoka fluktuacija vanjske temperature te konstantan pad unutrašnje temperature tijekom tjedna uzorkovanja, kao i niske oscilacije temperature stelje s višim vrijednostima u 1. tjednu uzorkovanja uzgojnih ciklusa kolovoz-rujan i srpanj-kolovoz (Slika 31). Najveći pad unutrašnje temperature (31 – 21°C) u trećem objektu utvrđen je u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača, a najmanji (31,8 – 26,2°C) u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj (Prilog 6).



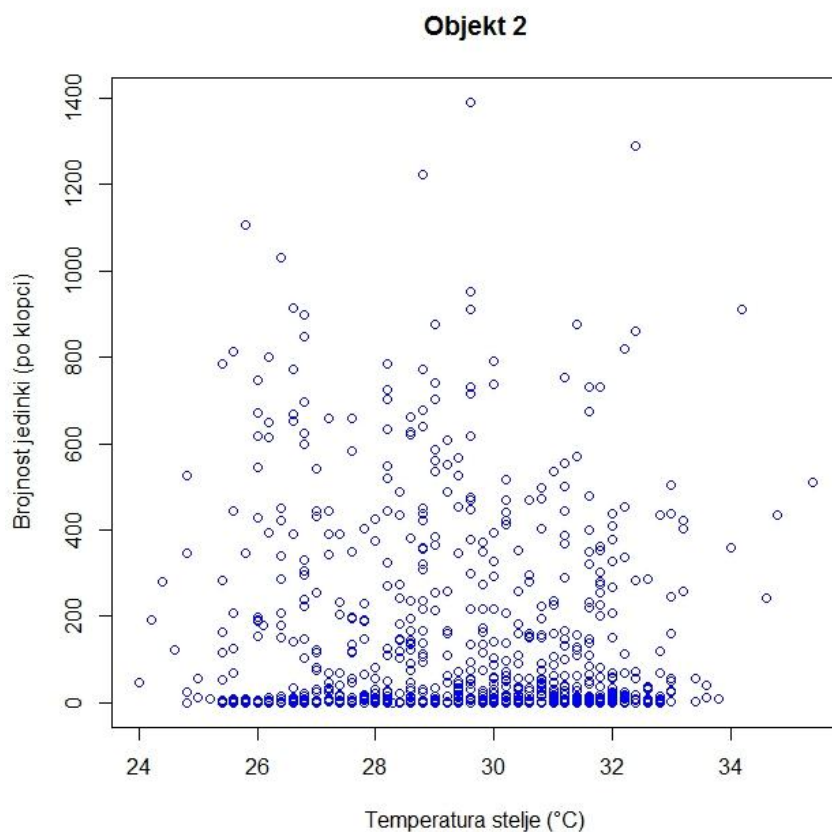
Slika 31. Prosječne temperature po tjednima za drugi objekt tijekom uzgojnih ciklusa

4.3 Temperatura stelje i brojnost manjih brašnara

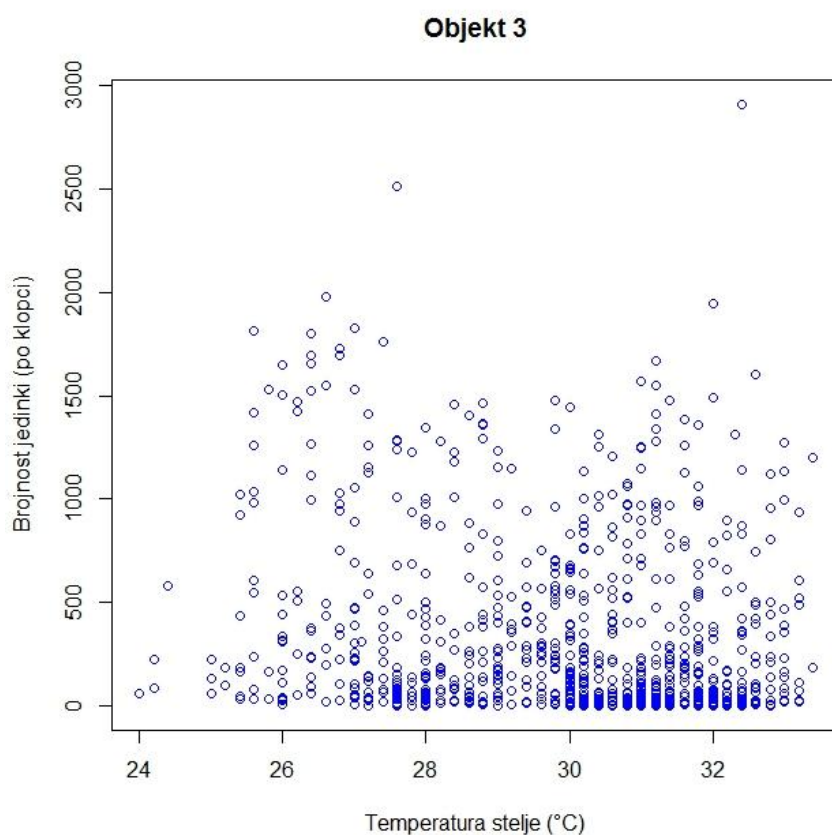
U prvom objektu utvrđena je slaba pozitivna, a u drugom i trećem objektu slaba negativna veza između temperature stelje i brojnosti kukaca. Vrijednosti koeficijenta korelacije iznosile su u prvom objektu $r=0,188$, drugom objektu $r=-0,095$ i trećem objektu $r=-0,149$ (Slike 32 – 34).



Slika 32. Temperature stelje i brojnost manjih brašnara u prvom objektu



Slika 33. Temperature stelje i brojnost manjih brašnara u drugom objektu



Slika 34. Temperature stelje i brojnost manjih brašnara u trećem objektu

4.4 Distribucija manjih brašnara u objektima tijekom uzgojnih ciklusa

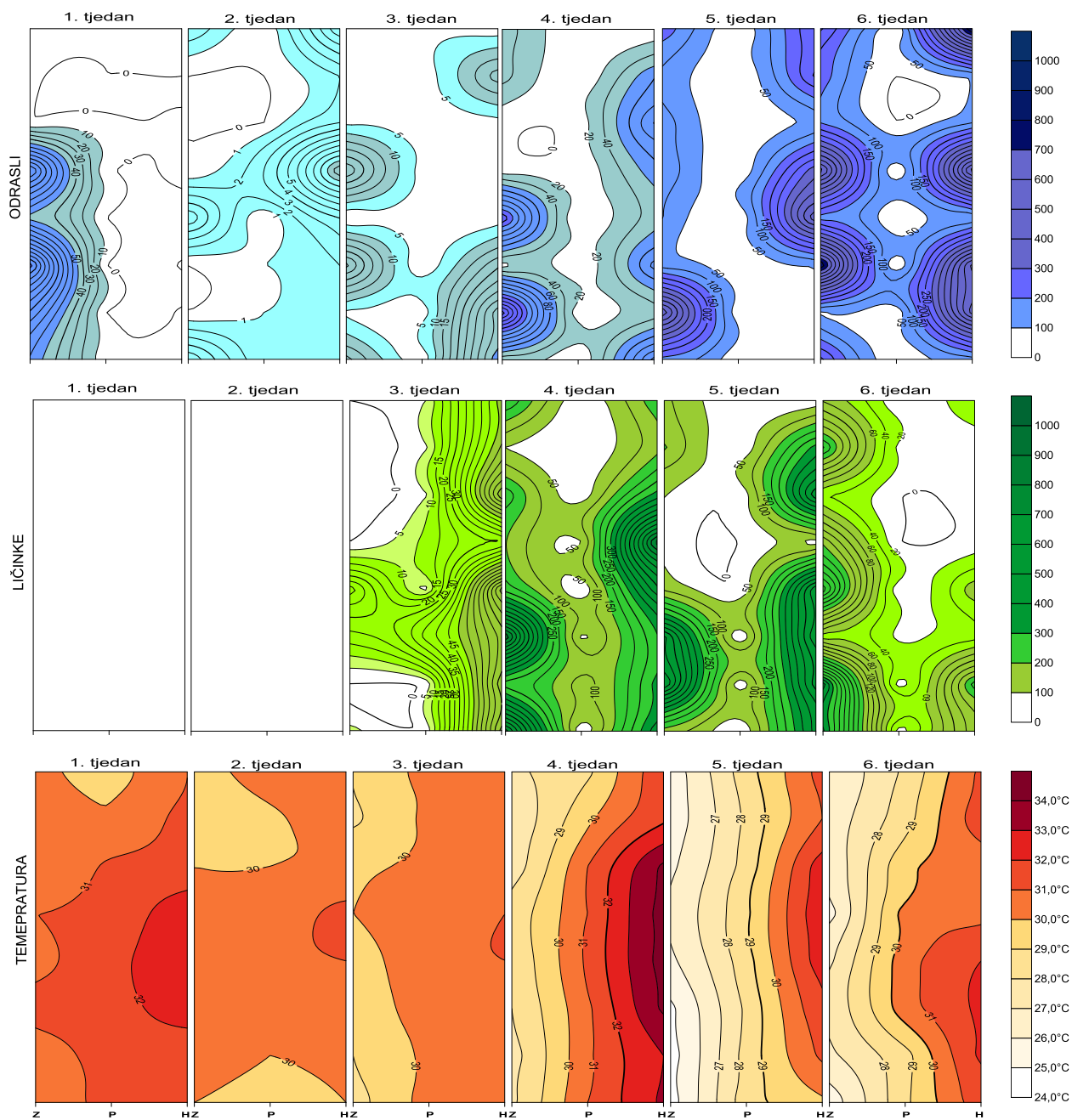
4.4.1 Distribucija manjih brašnara u objektima u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan

U prostorno-vremenskim kartama distribucije ličinki i odraslih jedinki manjeg brašnara uzgojnog ciklusa kolovoz-rujan uočava se razlika u načinu distribucije između istraživanih objekata te slična raspodjela temperature stelje u objektu (Slike 35 – 37).

U 1. tjednu uzgojnog ciklusa odrasli kukci bili su koncentrirani na pozicijama uz zid, a zatim su tijekom slijedećih tjedana uzorkovanja bili u prvom objektu brojniji na pozicijama ispod hranilica te u drugom i trećem objektu na pozicijama uz zid. Tijekom cijelog razdoblja uzorkovanja na pozicijama ispod pojilica utvrđena je najmanja brojnost kukaca.

Prve ličinke manjeg brašnara uzorkovane su u prvom objektu u 3. tjednu uzgojnog ciklusa na pozicijama ispod hranilica te u drugom i trećem objektu u 2. tjednu uzgojnog ciklusa na pozicijama uz zid. U razdoblju od 4. do 5. tjedna uzgojnog ciklusa ličinke manjeg brašnara bile su homogeno distribuirane između pozicija uz zid, ispod hranilica i ispod pojilica, a na kraju uzgojnog ciklusa koncentrirane na pozicijama uz zid.

U razdoblju od 1. do 2. tjedna uzgojnog ciklusa utvrđene su ujednačene vrijednosti temperature stelje na pozicijama uz zid, ispod hranilica i ispod pojilica, a zatim u razdoblju od 3. do 6. tjedna uzgojnog ciklusa nešto više na pozicijama ispod hranilica u odnosu na pozicije ispod pojilica i pozicije uz zid. Utvrđene vrijednosti temperature stelje iznosile su na pozicijama ispod hranilica: u prvom (29,8 – 34,4°C), drugom (28,8 – 35,4°C) i trećem objektu (29,8 – 33,2°C), na pozicijama ispod pojilica: u prvom (28,2 – 31,8°C), drugom (27,4 – 32,4°C) i trećem objektu (28,4 – 32,4°C) te na pozicijama uz zid: u prvom (24,6 – 31,4°C), drugom (25,4 – 31°C) i trećem objektu (25,6 – 30,6°C).

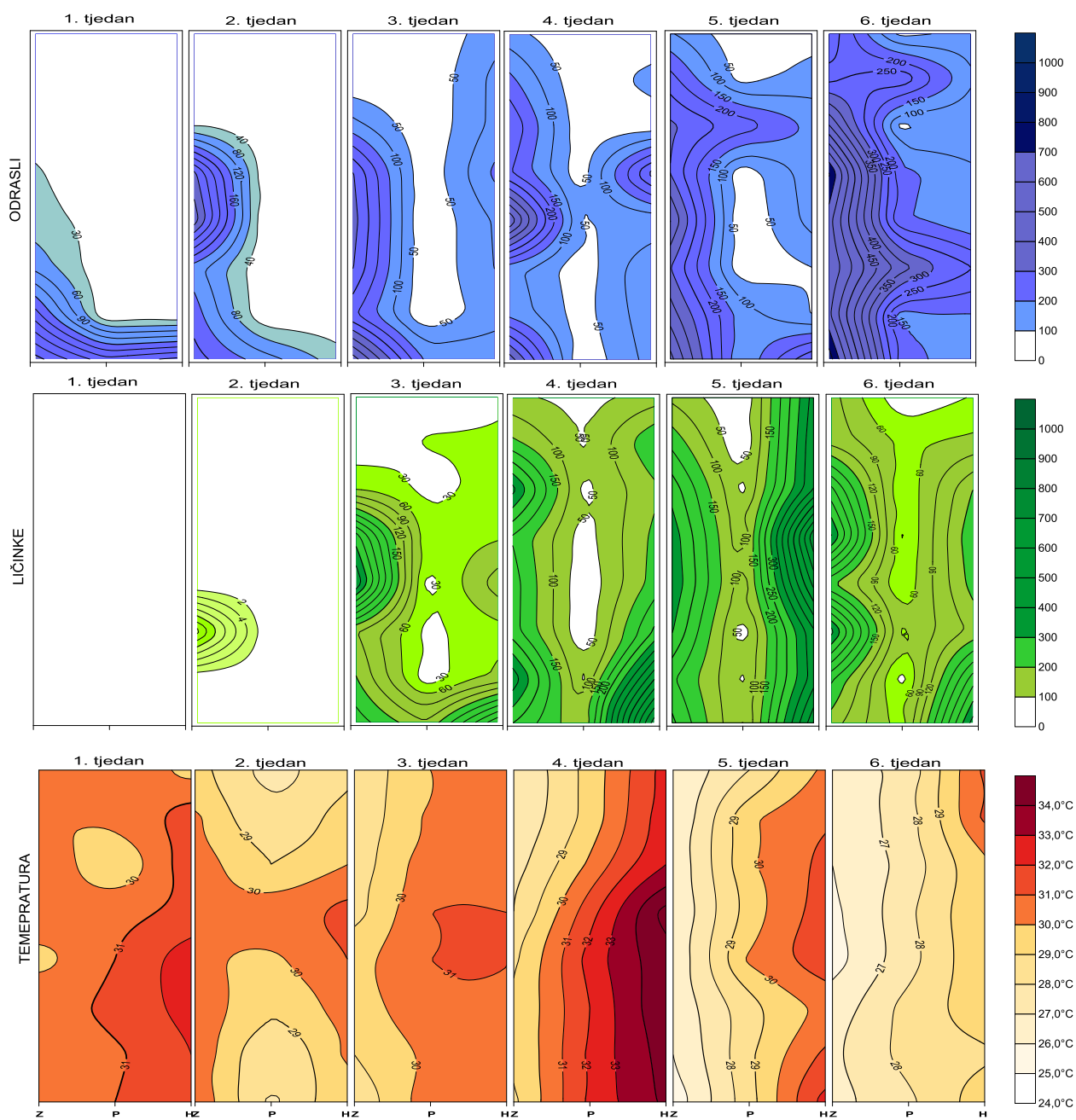


Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 35. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u prvom objektu u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan

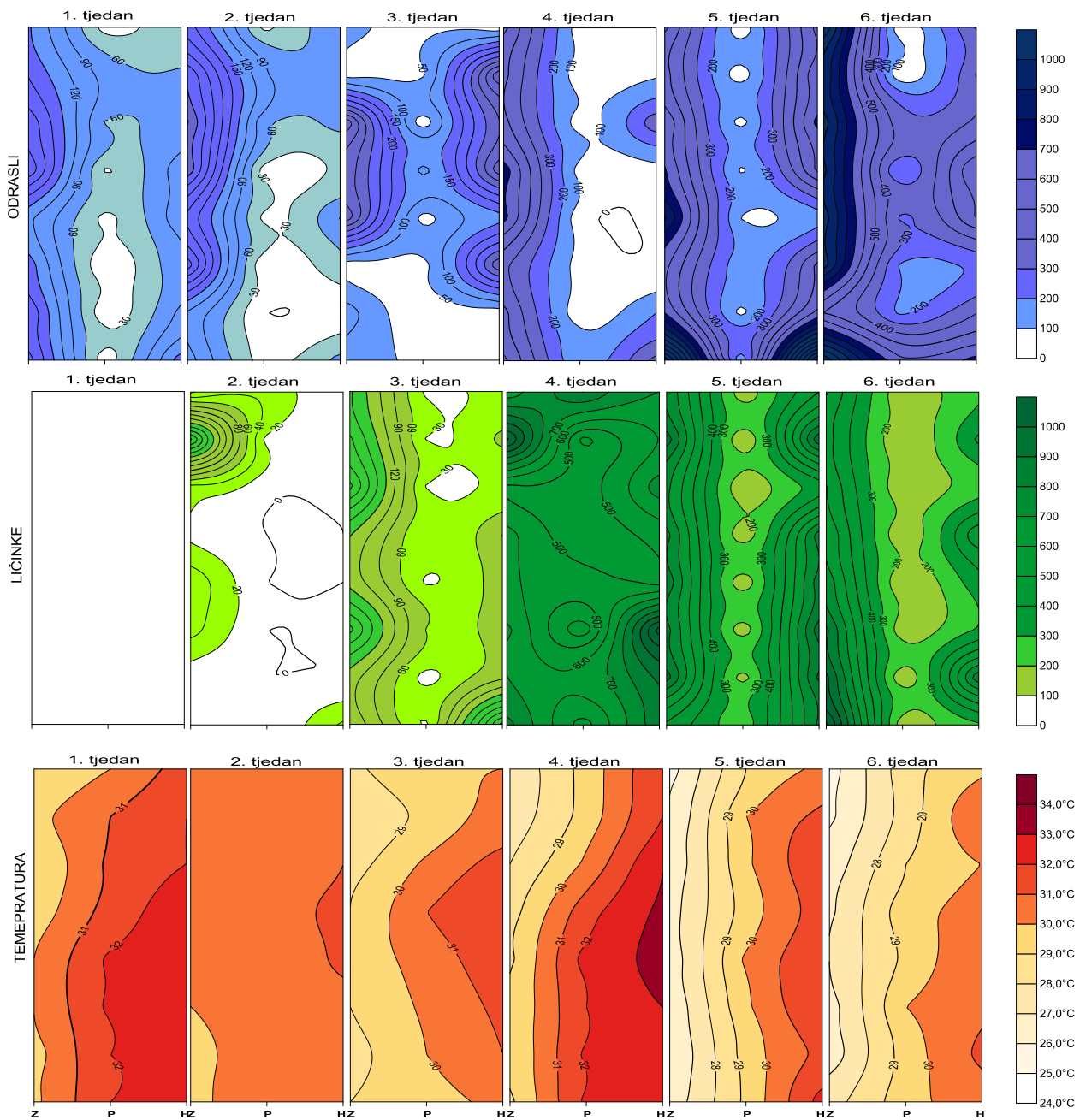


Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 36. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u drugom objektu u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan



Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 37. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u trećem objektu u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan

4.4.2 Distribucija manjih brašnara u objektima u uzgojnom ciklusu listopad-studeni

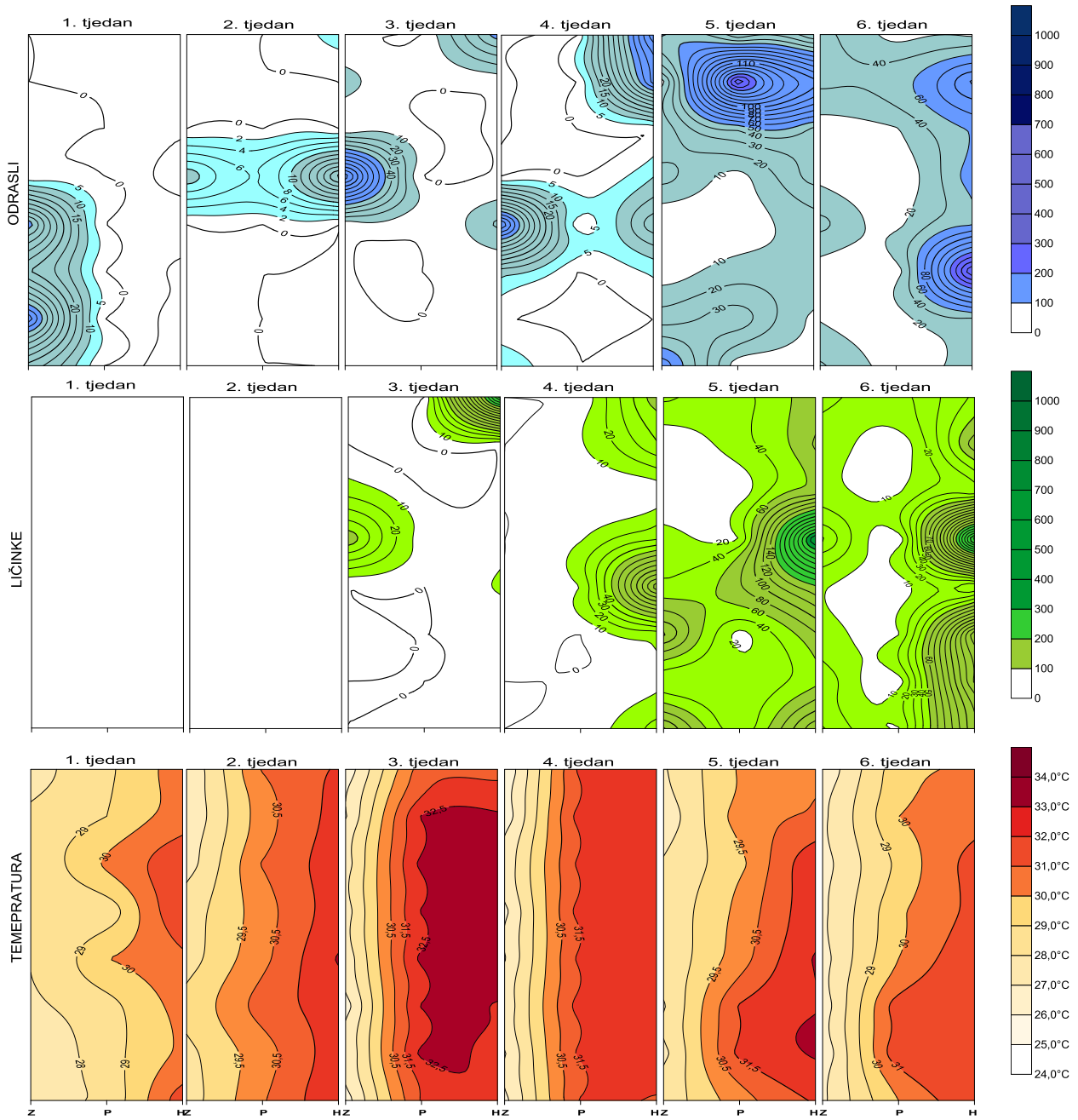
U prostorno-vremenskim kartama distribucije ličinki i odraslih jedinki manjeg brašnara uzgojnog ciklusa listopad-studeni uočava se razlika između objekata u načinu distribucije te slična raspodjela temperature stelje u objektu (Slike 38 – 40).

U 1. tjednu uzgojnog ciklusa odrasli kukci bili su koncentrirani na pozicijama uz zid, a zatim im se tijekom slijedećih tjedana uzorkovanja povećala brojnost na svim pozicijama. Na kraju uzgojnog ciklusa odrasli kukci bili su u prvom objektu brojniji na pozicijama ispod hranilica te u drugom i trećem objektu na pozicijama uz zid.

Prve ličinke manjeg brašnara utvrđene su u prvom i drugom objektu u 3. tjednu uzorkovanja te su tijekom cijelog uzgojnog ciklusa bile brojnije na pozicijama ispod hranilica, dok su u trećem objektu prve ličinke bile uzorkovane u 3. tjednu uzgojnog ciklusa te su bile homogeno distribuirane između pozicija ispod hranilica i pozicija uz zid.

Tijekom cijelog razdoblja uzorkovanja na pozicijama ispod pojilica utvrđen je najmanji broj ličinki manjeg brašnara, kao i odraslih jedinki.

Vrijednosti temperature stelje bile su tijekom cijelog uzgojnog ciklusa na pozicijama uz zid (prvi objekt 25,6 – 27,8°C, drugi objekt 24,8 – 27,8°C i treći objekt 24,2 – 28°C) niže od vrijednosti temperature stelje na pozicijama ispod pojilica (prvi objekt 28 – 32,8°C, drugi objekt 28 – 32°C i treći objekt 28 – 32,6°C), kao i od vrijednosti temperature stelje pozicijama ispod hranilica (prvi objekt 30,2 – 33°C, drugi objekt 28 – 32,2°C i treći objekt 29,2 – 33,2°C).

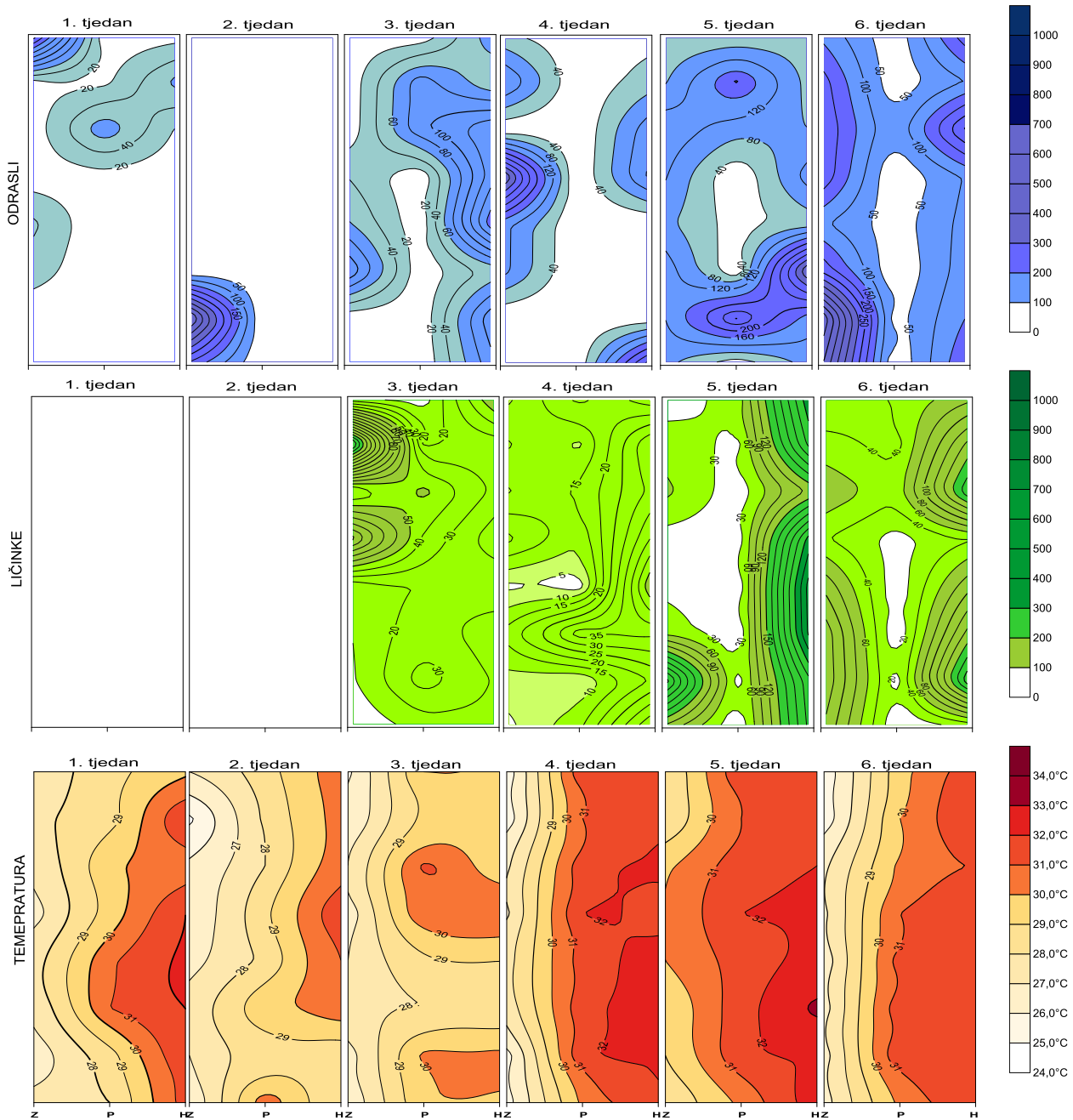


Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 38. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u prvom objektu u uzgojnom ciklusu listopad-studeni

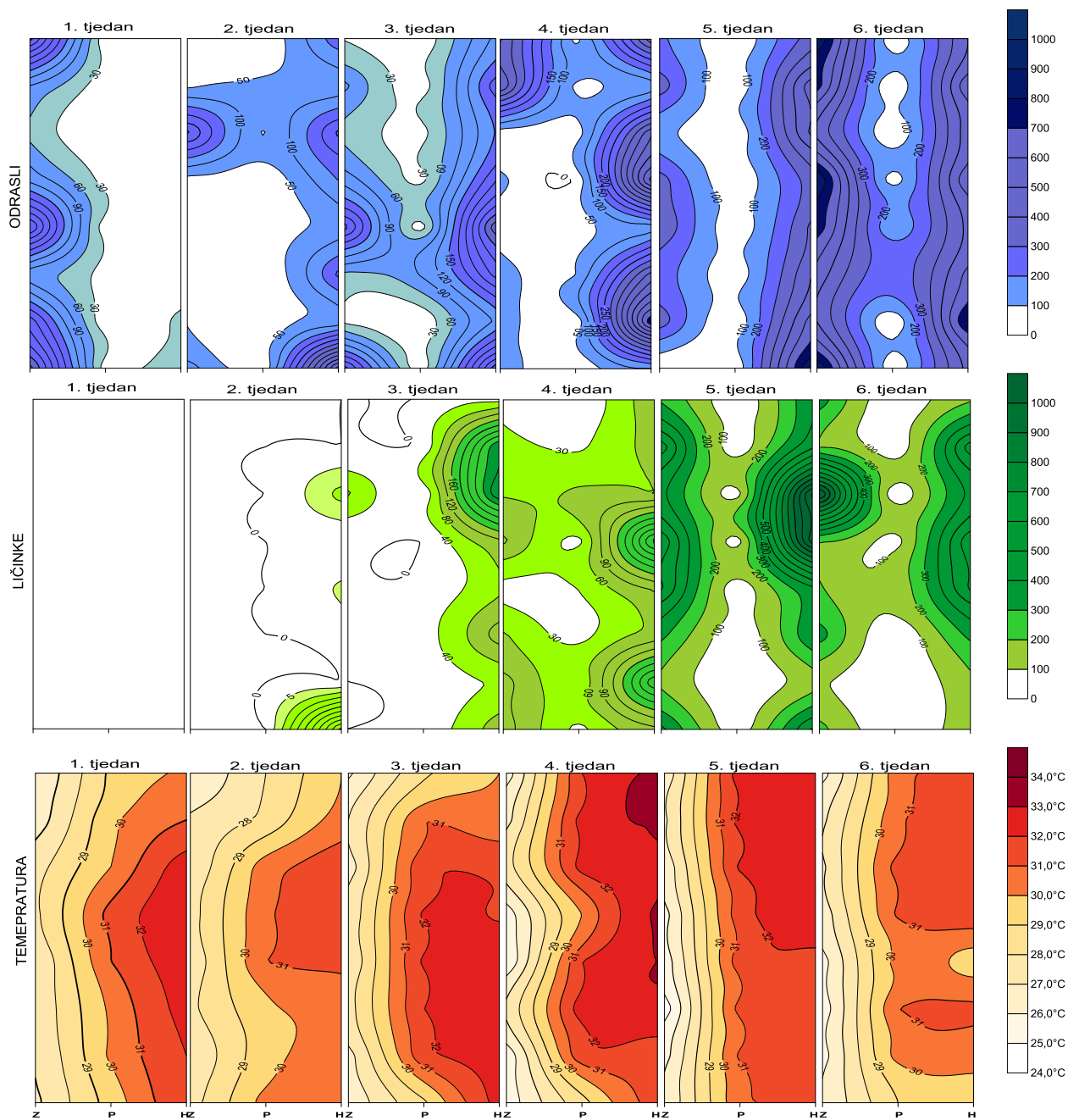


Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 39. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u drugom objektu u uzgojnom ciklusu listopad-studen



Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 40. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u trećem objektu u uzgojnom ciklusu listopad-studen

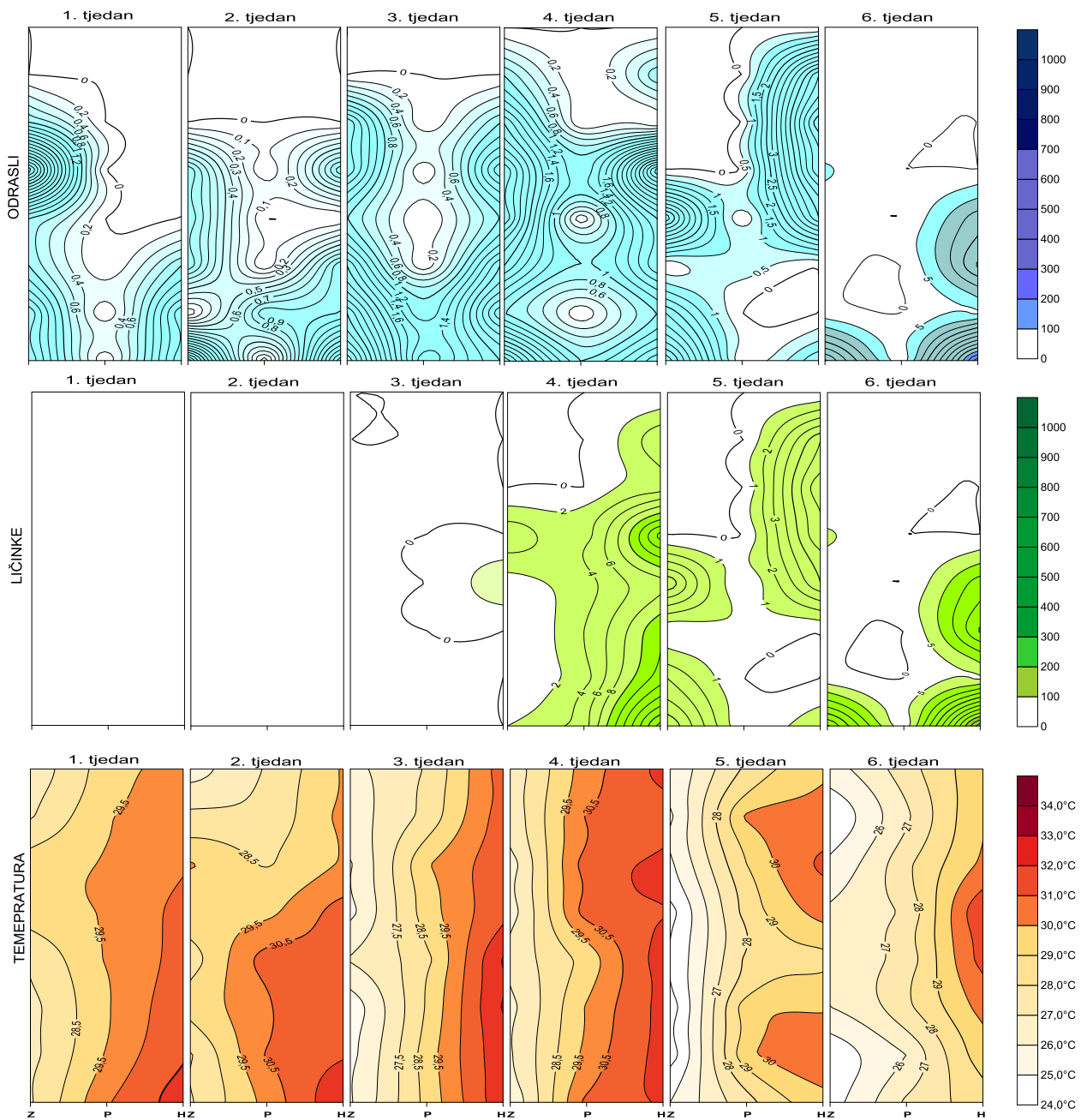
4.4.3 Distribucija manjih brašnara u objektima u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača

U prostorno-vremenskim kartama distribucije ličinki i odraslih jedinki manjeg brašnara uzgojnog ciklusa siječanj-veljača uočava se sličan način distribucije i slična raspodjela temperature stelje u objektu (Slike 41 – 43).

U 1. tjednu uzorkovanja odrasli kukci bili su koncentrirani na pozicijama uz zid, a u razdoblju od 2. do 6. tjedna homogeno distribuirani između pozicija uz zid, ispod pojilica i ispod hranilica i to koncentrirani u prve dvije trećine objekta.

Ličinke manjeg brašnara su također bile koncentrirane u prve dvije trećine objekta ali je veća brojnost ličinki bila utvrđena na pozicijama ispod hranilica u odnosu na pozicije ispod pojilica i pozicijama uz zid.

Također, više vrijednosti temperature stelje utvrđene su u prve dvije trećine objekta na pozicijama ispod hranilica u odnosu na pozicije ispod pojilica i uz zid. Vrijednosti temperature stelje kretale su se na pozicijama ispod hranilica: u prvom (28,6 – 32,6°C), drugom (28,6 – 32,8°C) i trećem objektu (27 – 32,6°C), na pozicijama ispod pojilica: u prvom (26 – 31°C), drugom (26,2 – 31,6°C) i trećem objektu (27– 32,6°C) te na pozicijama uz zid: u prvom (23,4– 29,6°C), drugom (24 – 29,2°C) i trećem objektu (24 – 28,2°C).

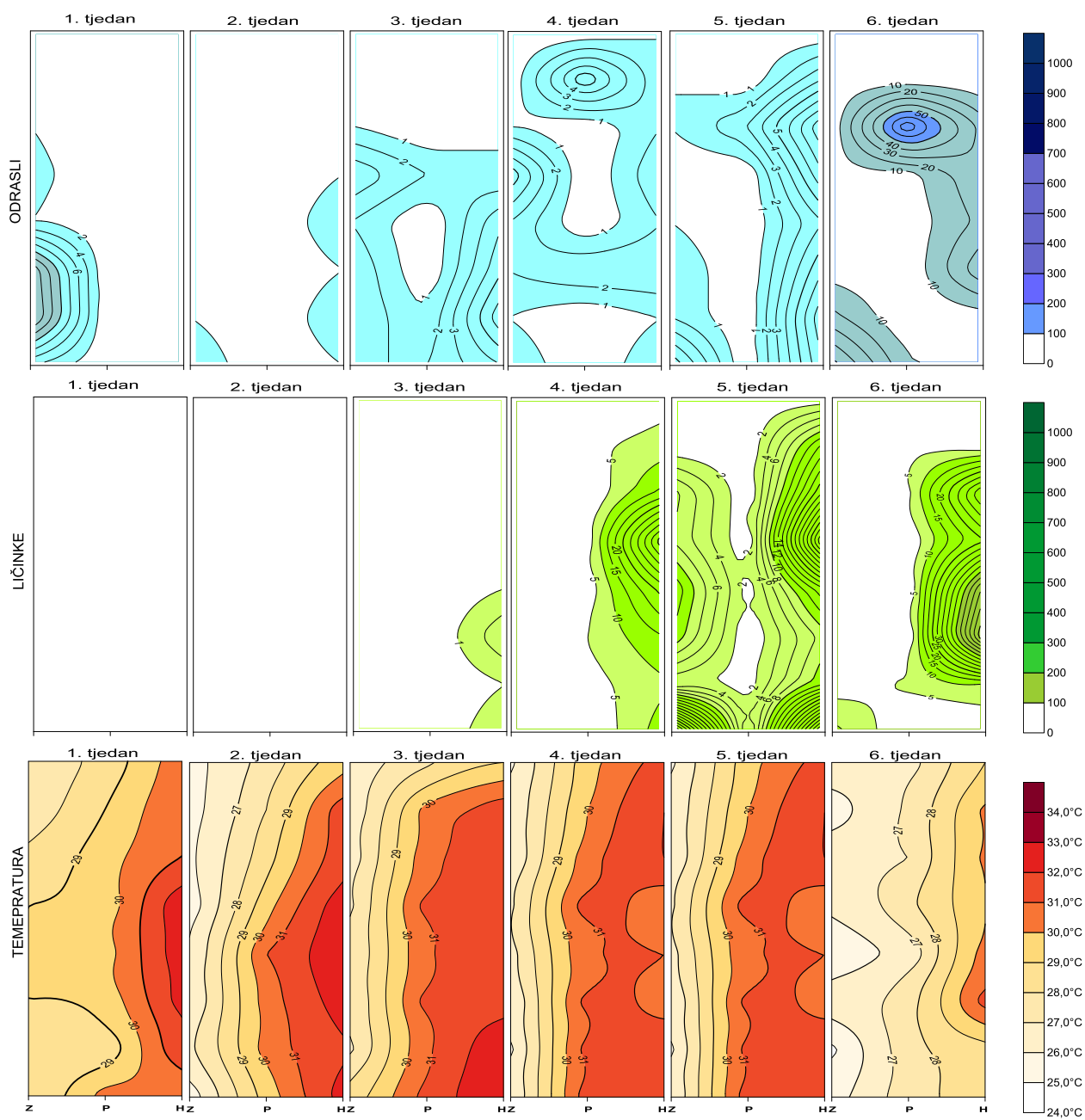


Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 41. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u prvom objektu u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača

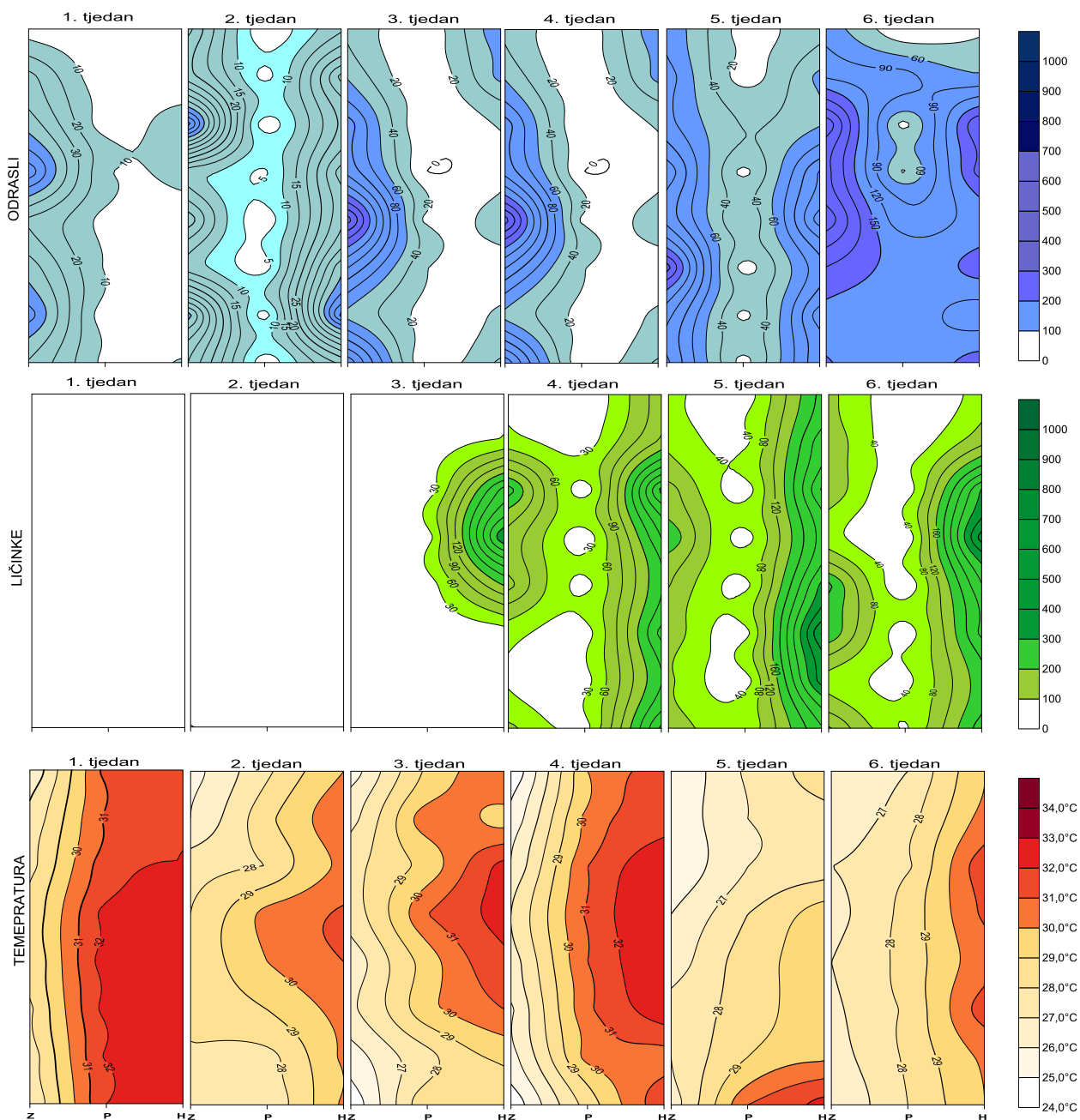


Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 42. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u drugom objektu u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača



Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 43. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u trećem objektu u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača

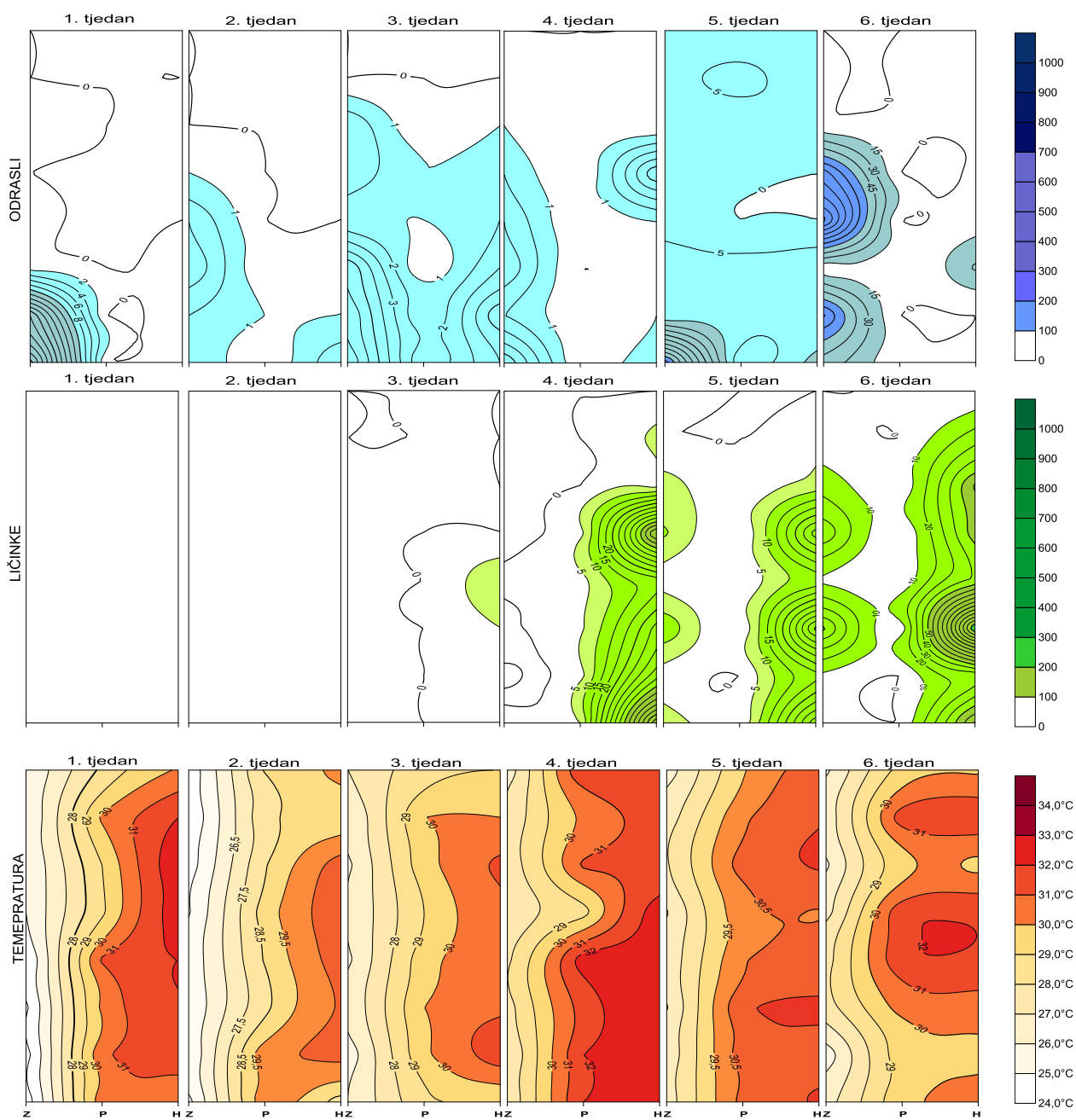
4.4.4 Distribucija manjih brašnara u objektima u uzgojnom ciklusu ožujak-travanj

U prostorno-vremenskim kartama distribucije ličinki i odraslih jedinki manjeg brašnara uzgojnog ciklusa ožujak-travanj uočava se razlika između objekta u načinu distribucije odraslih jedinki te sličan način distribucije ličinki, kao i slična raspodjela temperature stelje u objektu (Slike 44 – 46).

Tijekom cijelog uzgojnog ciklusa odrasli kukci bili su u prvom i trećem objektu homogeno distribuirani između pozicija ispod hranilica i uz zid ili brojniji na pozicijama uz zid, a u drugom objektu koncentrirani na pozicijama ispod hranilica.

Prve ličinke manjeg brašnara su u prvom i drugom objektu uzorkovane u 3. tjednu uzgojnog ciklusa, a u trećem objektu u 2. tjednu uzgojnog ciklusa te su tijekom čitavog uzgojnog ciklusa u sva tri istraživana objekta bile brojnije na pozicijama ispod hranilica.

Vrijednosti temperature stelje bile su već u 1. tjednu uzgojnog ciklusa na pozicijama uz zid (prvi objekt 23,4 – 32,6°C, drugi objekt 24,2 – 28,8°C i treći objekt 25,6 – 28,8°C) znatno niže od vrijednosti temperature stelje na pozicijama ispod pojilica (prvi objekt 28,2 – 32,6°C, drugi objekt 27,8 – 31,8°C i treći objekt 29 – 32°C), kao i od vrijednosti temperature stelje na pozicijama ispod hranilica (prvi objekt 28 – 32,8°C, drugi objekt 28,6 – 32,8°C i treći objekt 29 – 33°C).

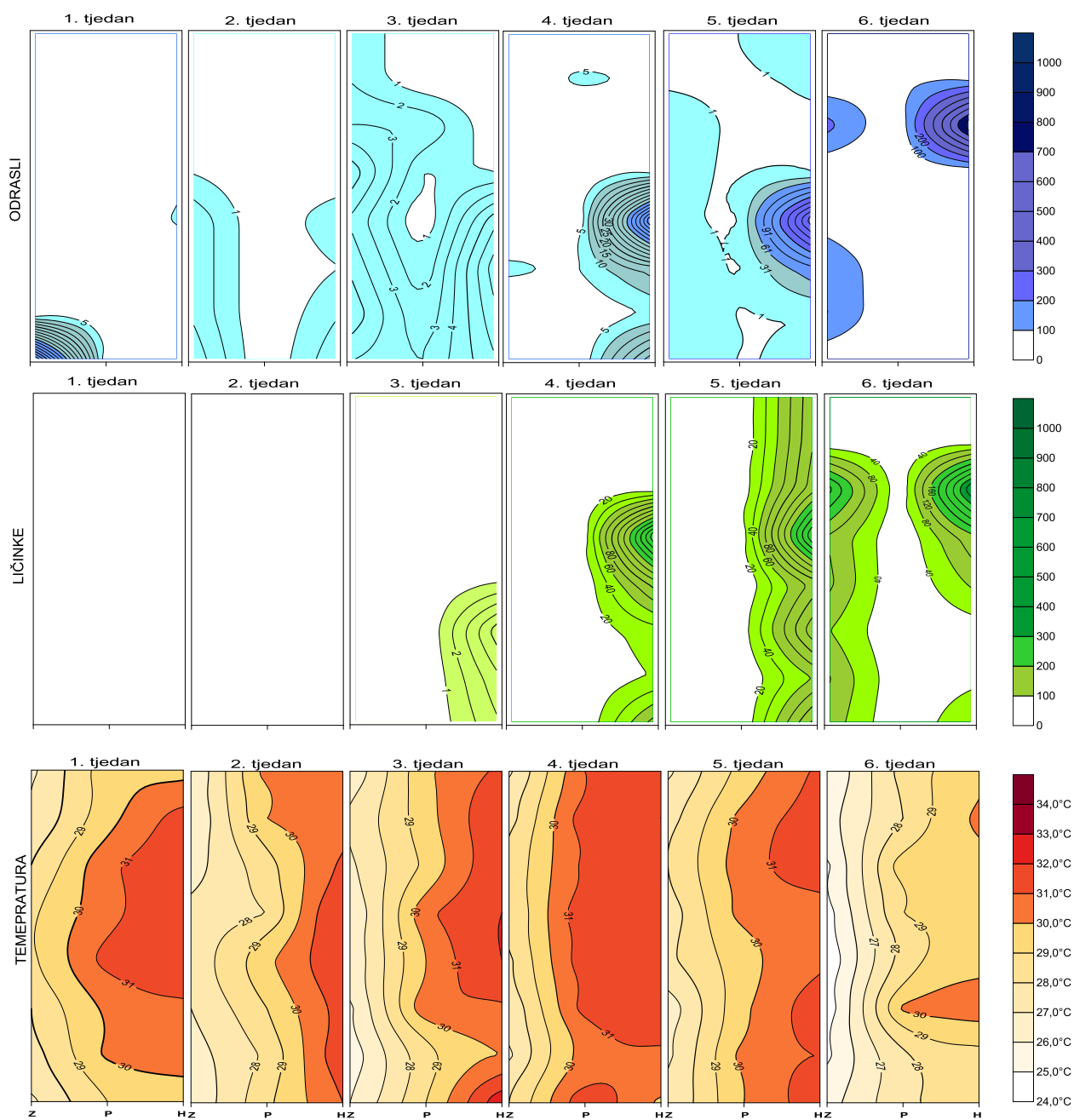


Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 44. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u prvom objektu u uzgojnom ciklusu ožujak-travanj

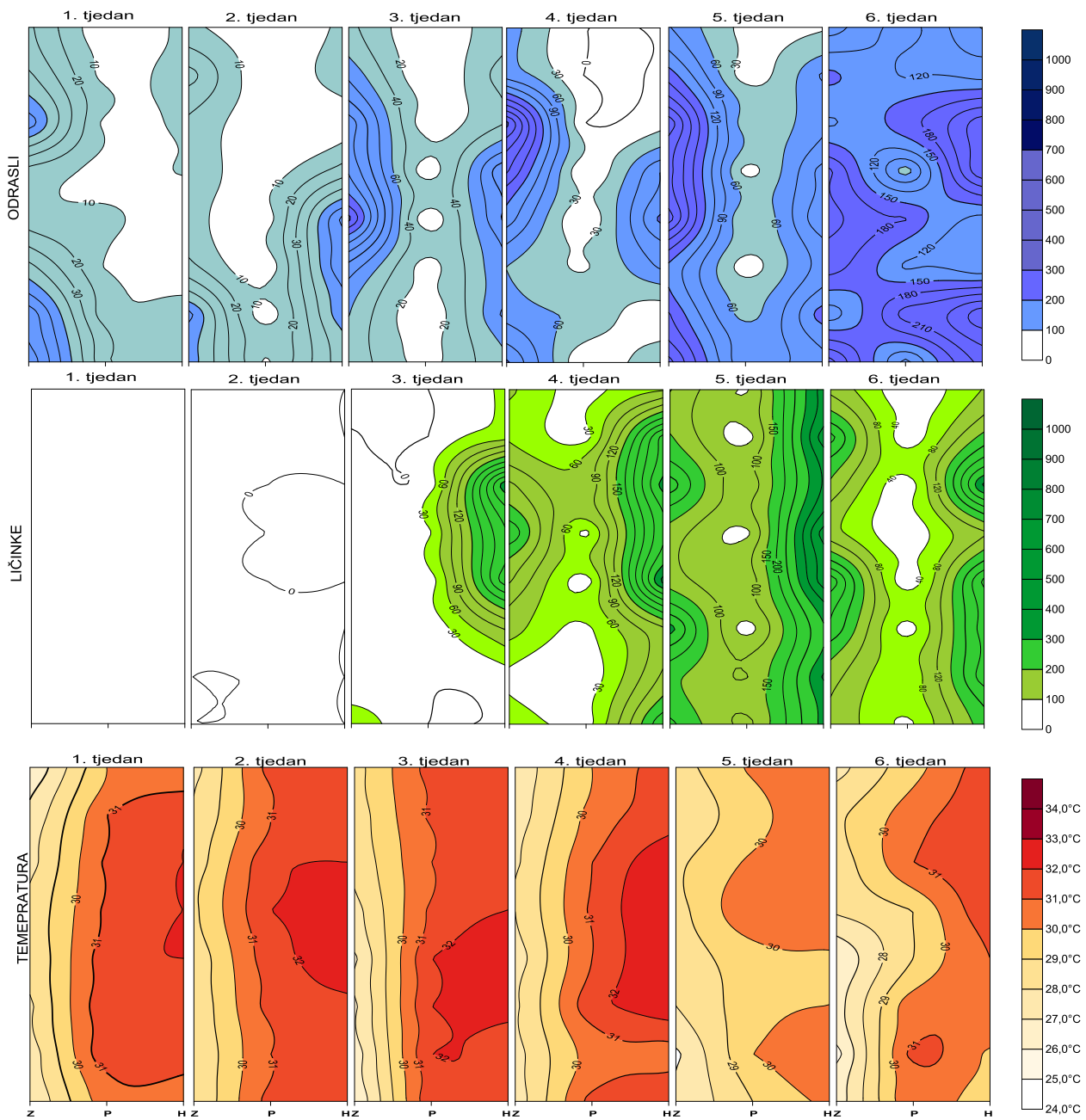


Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 45. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u drugom objektu u uzgojnom ciklusu ožujak-travanj



Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 46. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperatura stelje u trećem objektu u uzgojnom ciklusu ožujak-travanj

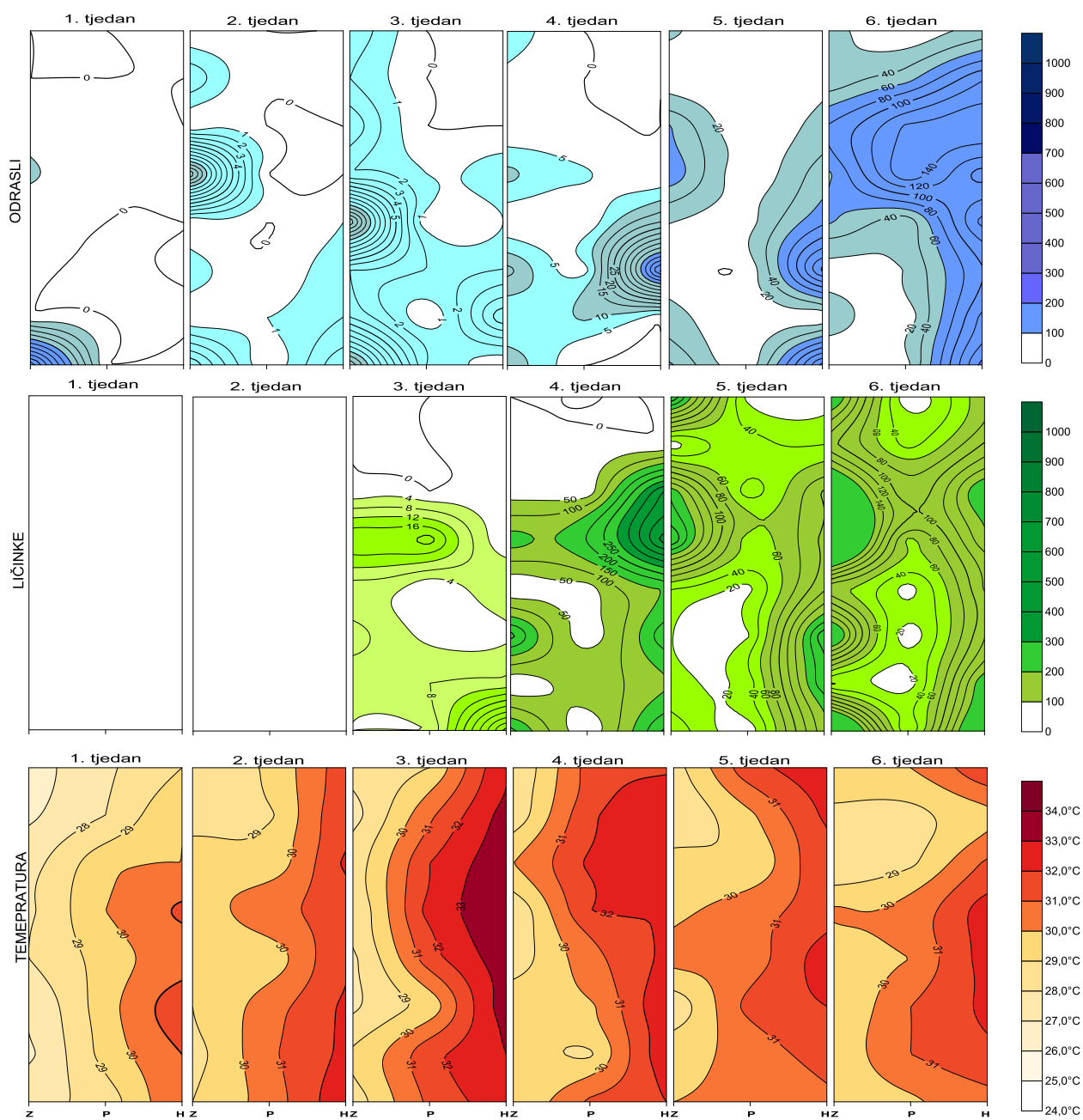
4.4.5 Distribucija manjih brašnara u objektima u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj

U prostorno-vremenskim kartama distribucije ličinki i odraslih jedinki manjeg brašnara uzgojnog ciklusa svibanj-lipanj uočava se razlika između objekta u načinu distribucije odraslih jedinki te slična distribucija ličinki, kao i slična raspodjela temperature stelje u objektu (Slike 47 – 49).

U razdoblju od 1. do 3. tjedna uzgojnog ciklusa odrasli kukci bili su koncentrirani na pozicijama pored zida, a zatim u razdoblju od 4. do 5. tjedna na pozicijama ispod hranilica. Na kraju uzgojnog ciklusa odrasli kukci bili su u prvom objektu brojniji na pozicijama ispod hranilica, a u drugom i trećem objektu homogeno distribuirani između pozicija ispod hranilica i pozicija uz zid.

Tijekom cijelog razdoblja uzorkovanja ličinke manjeg brašnara bile su homogeno distribuirane između pozicija ispod hranilica i uz zid, a na pozicijama ispod pojilica utvrđena je najmanja brojnost.

Vrijednosti temperature stelje bile su tijekom cijelog uzgojnog ciklusa na pozicijama uz zid (prvi objekt 26,6 – 30,4°C, drugi objekt 25,8 – 30,43°C i treći objekt 26,4 – 30,4°C) niže od vrijednosti temperature stelje na pozicijama ispod pojilica (prvi objekt 27,8 – 33,4°C, drugi objekt 27,2 – 33°C i treći objekt 28 – 32,8°C) te na pozicijama ispod hranilica (prvi objekt 29 – 33,6°C, drugi objekt 28,6 – 33,6°C i treći objekt 30 – 32,4°C).

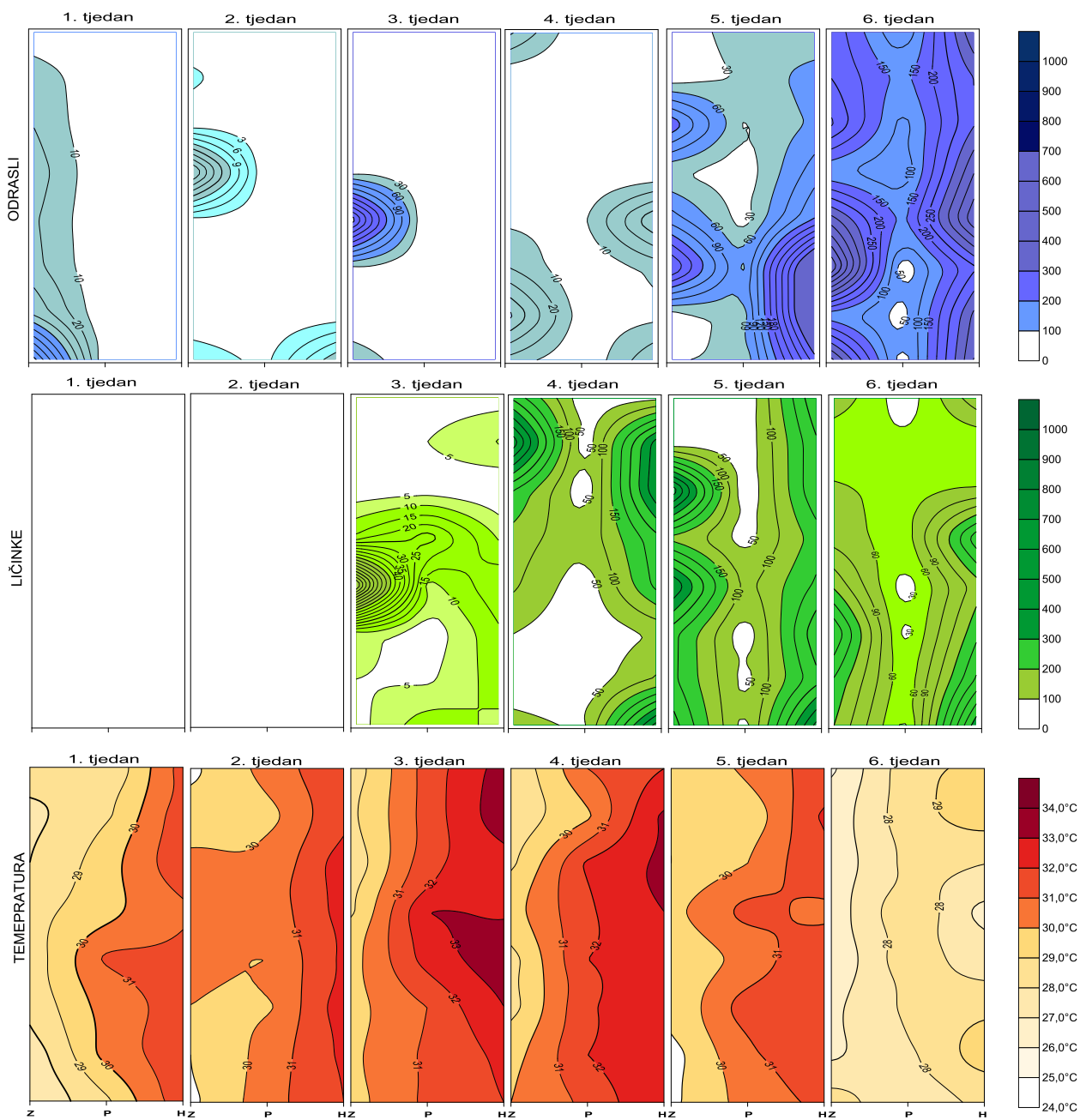


Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 47. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u prvom objektu u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj

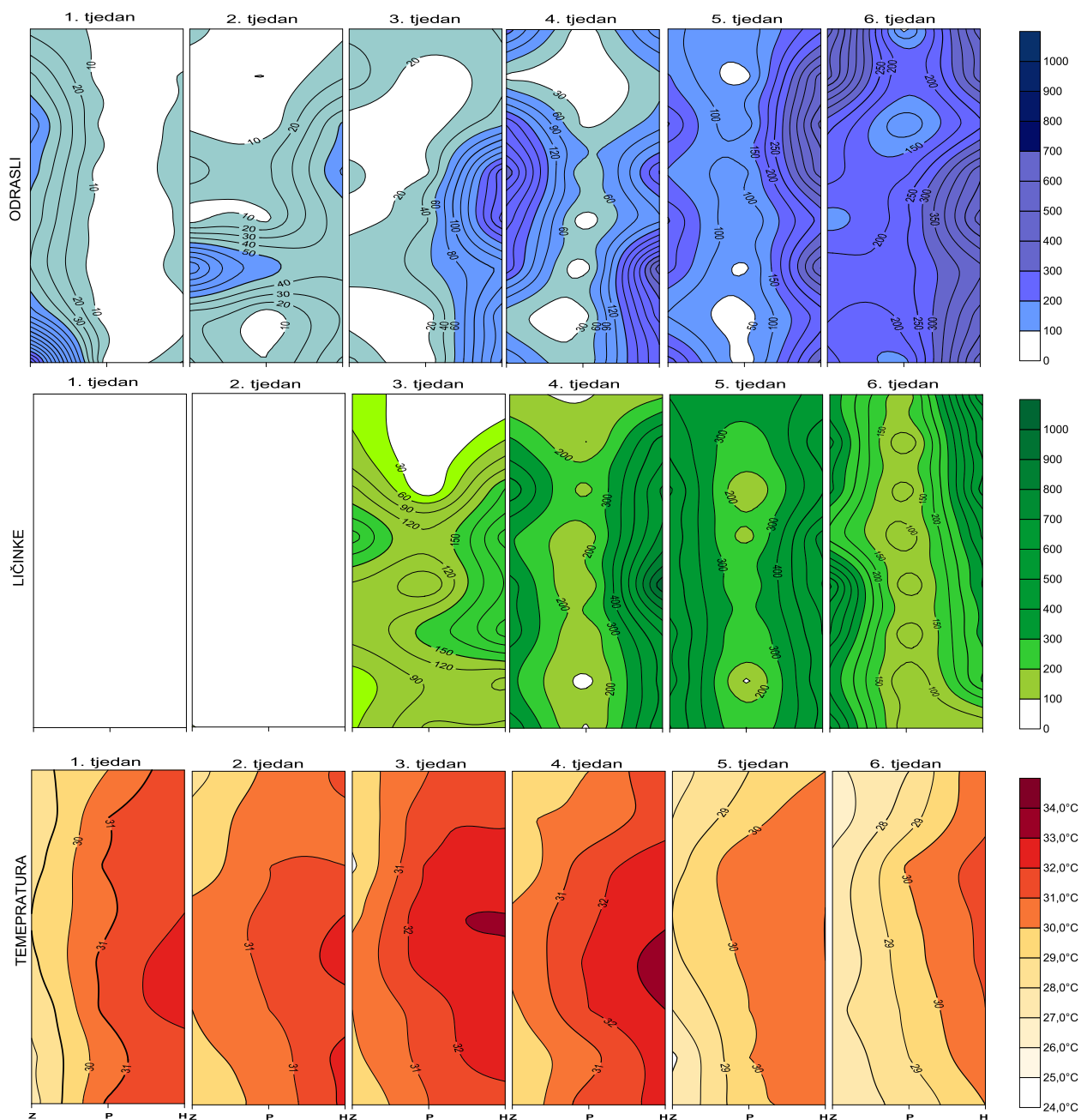


Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 48. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u drugom objektu u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj



Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 49. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u trećem objektu u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj

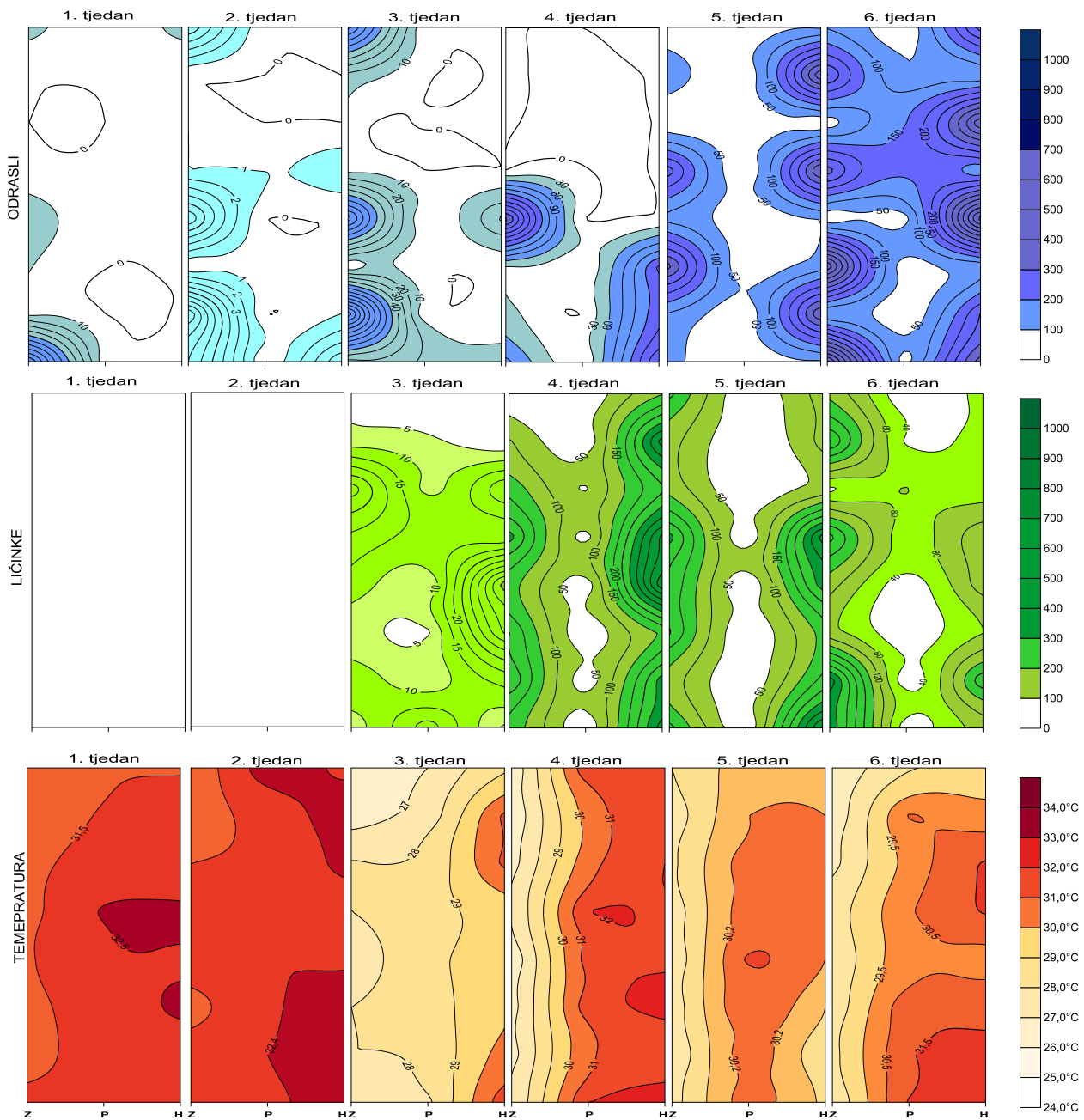
4.4.6 Distribucija manjih brašnara u objektima u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz

U prostorno-vremenskim kartama distribucije ličinki i odraslih jedinki manjeg brašnara uzgojnog ciklusa svibanj-lipanj uočava se sličan način distribucije, kao i slična raspodjela temperature stelje u objektu (Slike 50 – 52).

Odrasli kukci bili su brojniji na pozicijama uz zid sve do 4. tjedna uzgojnog ciklusa, a zatim u 5. tjednu uzgojnog ciklusa na pozicijama ispod hranilica. Na kraju uzgojnog ciklusa odrasli kukci bili su homogeno distribuirani između pozicija uz zid, ispod hranilica i ispod pojilica ili brojniji na pozicijama uz zid.

Tijekom cijelog uzgojnog ciklusa ličinke manjeg brašnara bile su homogeno distribuirane između pozicija uz zid i ispod hranilica, a na pozicijama ispod pojilica utvrđena je najmanja brojnost.

U razdoblju od 1. do 2. tjedna uzgojnog ciklusa vrijednosti temperature stelja bile su ujednačene između pozicija uz zid, ispod hranilica i ispod pojilica, a u slijedećim tjednima uzgojnog ciklusa nešto više na pozicijama ispod hranilica u odnosu na pozicije ispod pojilica i uz zid. Utvrđene vrijednosti temperature stelje iznosile su na pozicijama ispod hranilica: u prvom (28,2 – 33°C), drugom (28,2 – 33,8°C) i trećem (29 – 33,4°C) objektu, na pozicijama ispod pojilica: u prvom (27 – 33°C), drugom (27,2 – 33°C) i trećem (28 – 33°C) objektu te na pozicijama uz zid: u prvom (26,2 – 31,9°C), drugom (26,8 – 32,2°C) i trećem objektu (26,4 – 32°C).

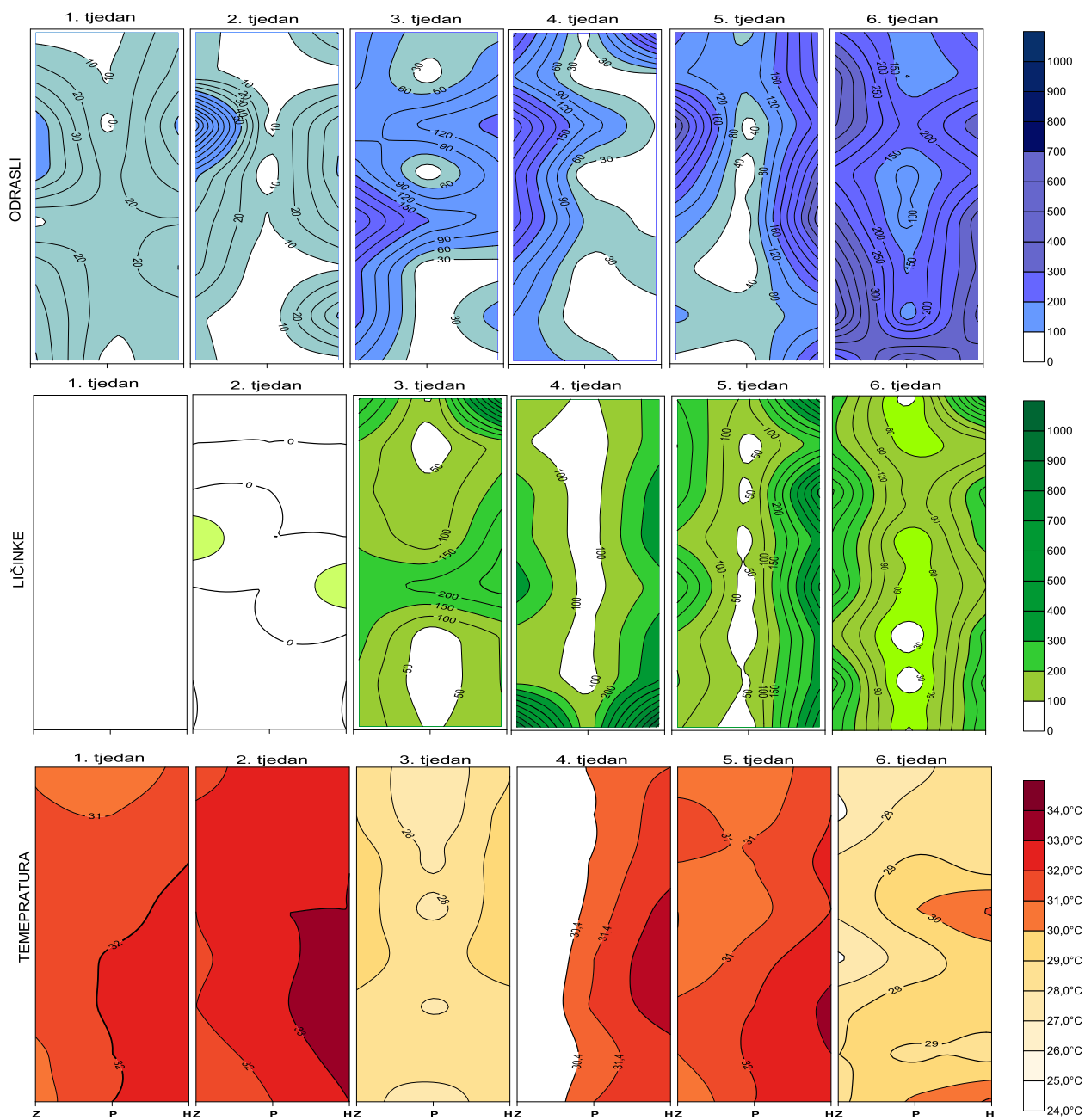


Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 50. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnjara te temperature stelje u prvom objektu u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz

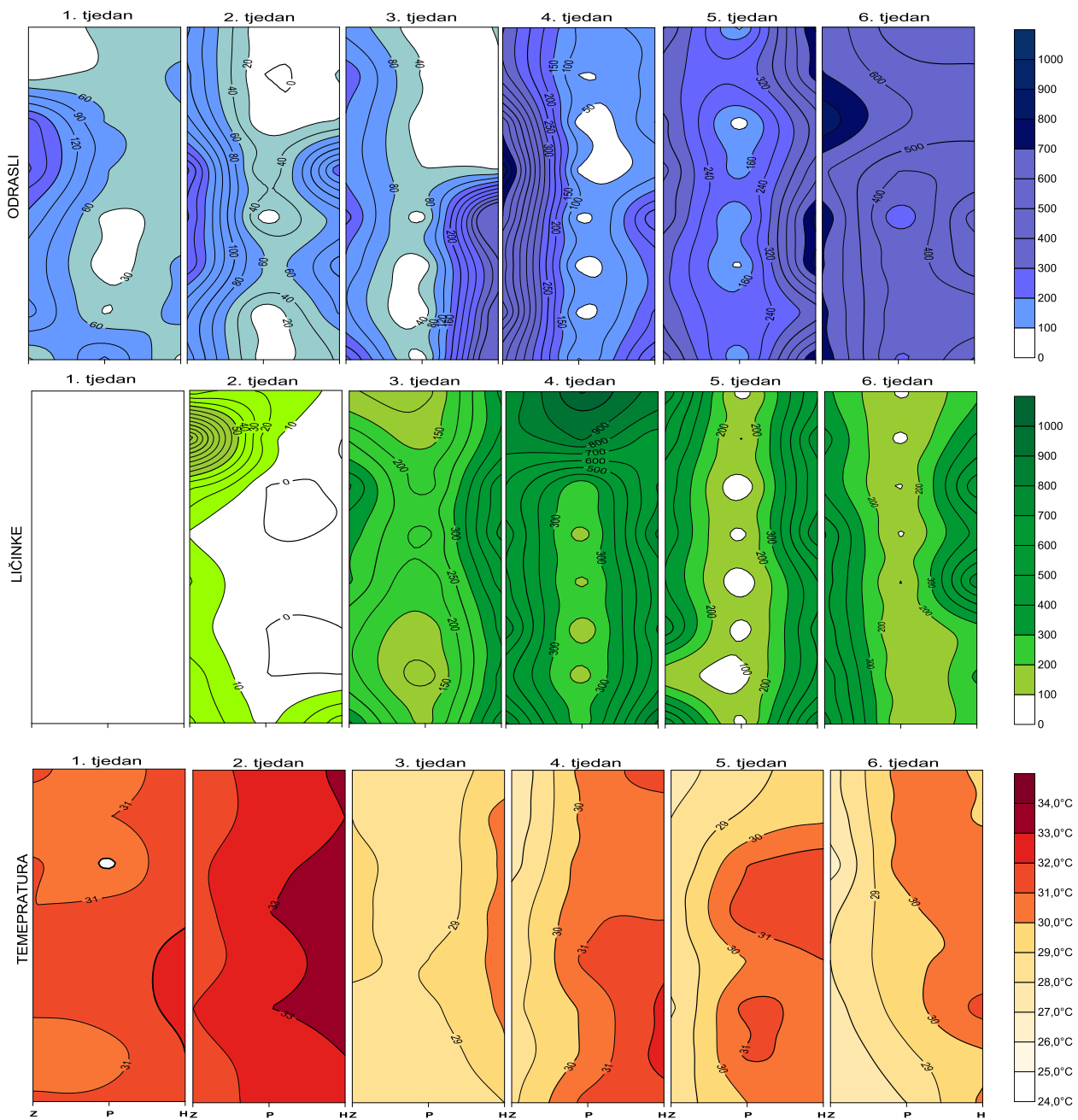


Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

Slika 51. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u drugom objektu u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz



Z – pozicije uz zid

P – pozicije ispod pojilica

H - pozicije ispod hranilica

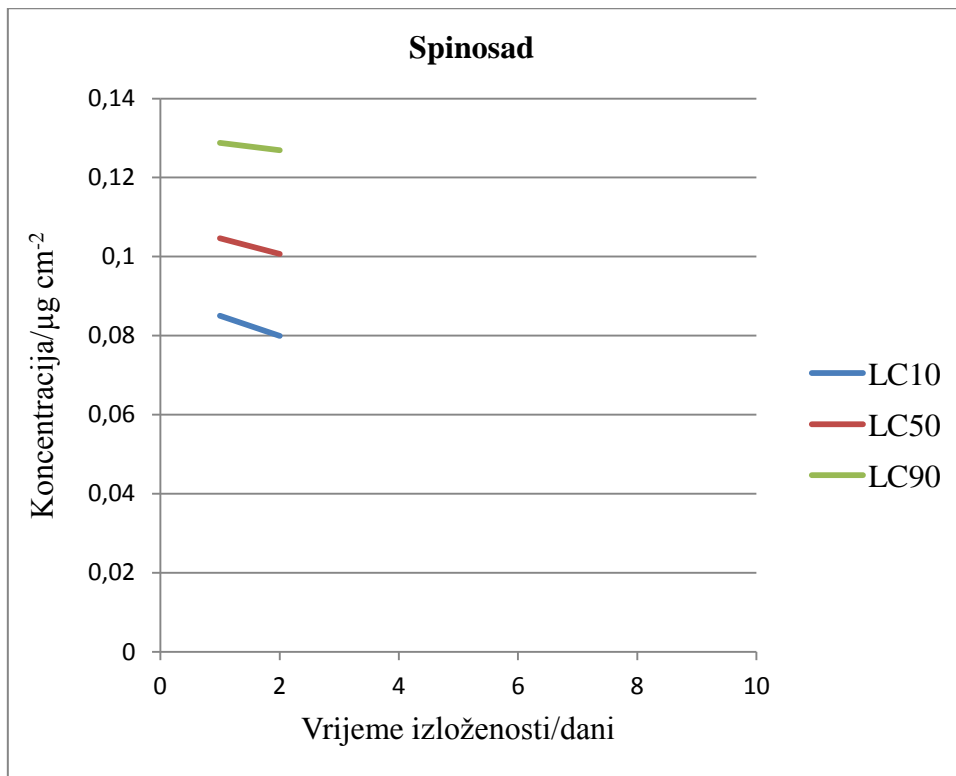
Slika 52. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u trećem objektu u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz

4.5 Toksičnost testiranih spojeva na odrasle jedinke manjeg brašnara

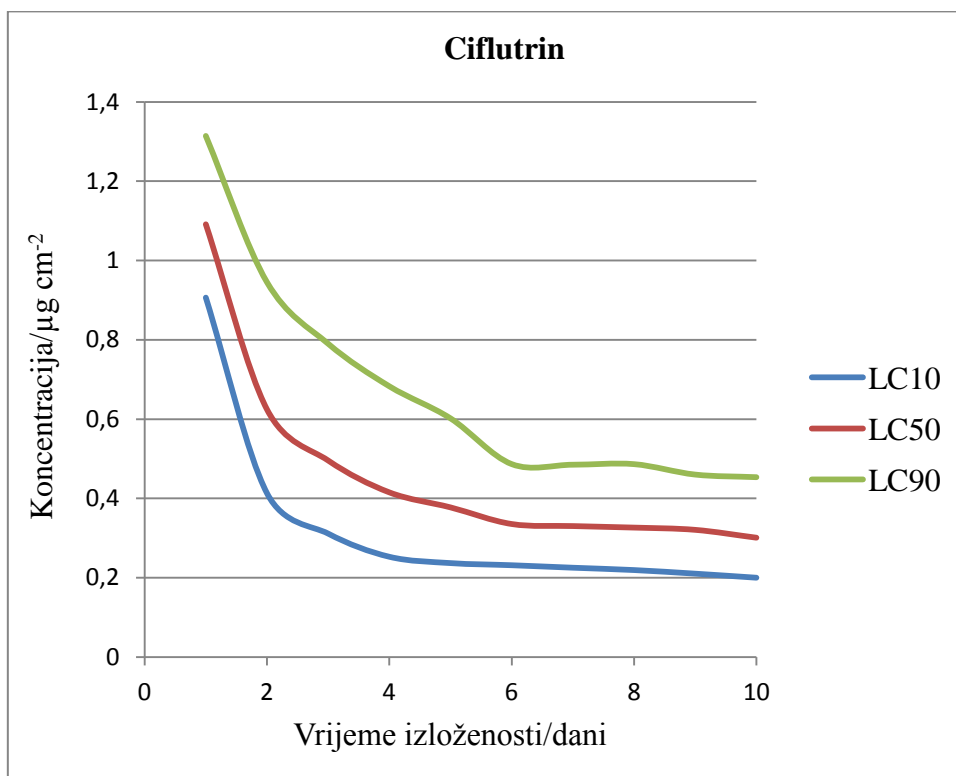
Naturalit spinosad pokazao se toksičnijim insekticidom za testirane odrasle jedinke manjeg brašnara ($LC_{10}=0,08 \mu\text{g cm}^{-2}$; $LC_{50}=0,1 \mu\text{g cm}^{-2}$; $LC_{90}=0,13 \mu\text{g cm}^{-2}$) od piretroida ciflutrina ($LC_{10}=0,41 \mu\text{g cm}^{-2}$; $LC_{50}=0,62 \mu\text{g cm}^{-2}$; $LC_{90}=0,95 \mu\text{g cm}^{-2}$) nakon izloženosti od 48 sati tretiranim površinama (Tablica 24, Slike 53 – 54). Organski spoj 1,8-cineol pokazao je dobru fumigantnu toksičnost za testirane odrasle jedinke manjeg brašnara tijekom ekspozicije od 72 sata ($LC_{10}=0,03 \mu\text{L ml}^{-1}$; $LC_{50}=0,04 \mu\text{L ml}^{-1}$; $LC_{90}=0,06 \mu\text{L ml}^{-1}$) (Tablica 24, Slika 55). Vrijednosti toksičnosti ciflutrina statistički su se značajno mijenjale do 6. dana izlaganja, spinosada do 2. dana izlaganja, a toksičnost 1,8-cineola do 7. dana izlaganja koncentracijama upotrijebljenim u eksperimentu.

Tablica 24. Toksičnost spinosada, ciflutrina i 1,8-cineola na odrasle manje brašnare tijekom 10 dana izlaganja

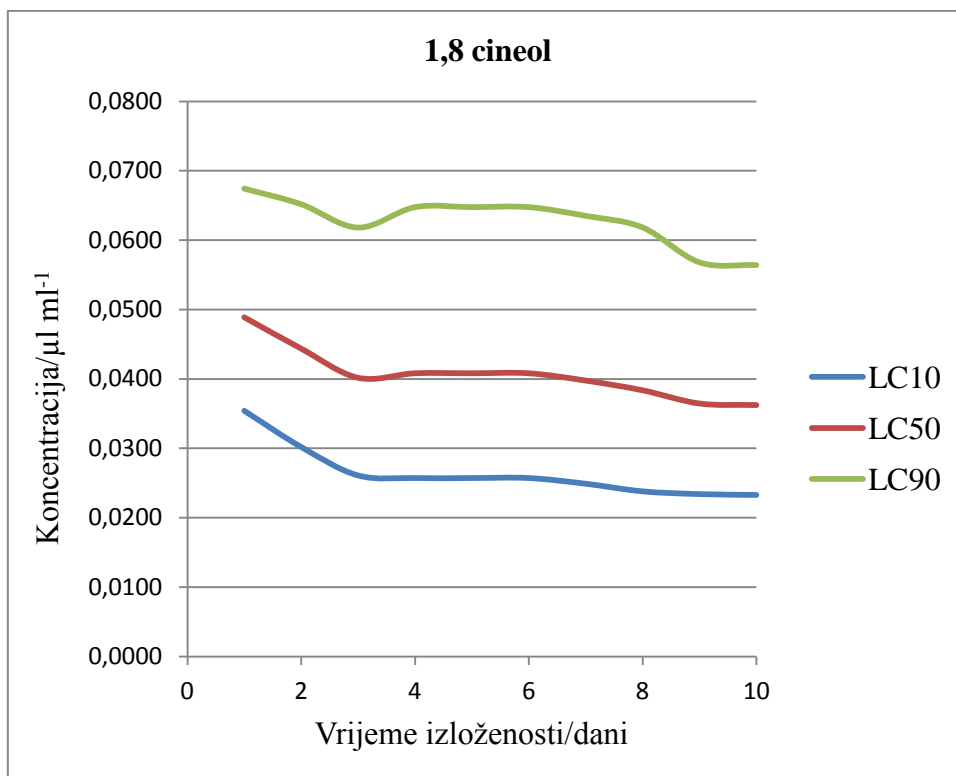
LC	Vrijeme izloženosti (dani)									
	1 dan	2 dan	3 dan	4 dan	5 dan	6 dan	7 dan	8 dan	9 dan	10 dan
	spinosad ($\mu\text{g cm}^{-2}$)									
LC ₁₀	0,085	0,0799								
LC ₅₀	0,1046	0,1007								
LC ₉₀	0,1288	0,1269								
	ciflutrin ($\mu\text{g cm}^{-2}$)									
LC ₁₀	0,9063	0,4128	0,311	0,2526	0,2367	0,2313	0,225	0,2191	0,21	0,2
LC ₅₀	1,0912	0,6243	0,4956	0,4153	0,3774	0,3355	0,33	0,3265	0,3208	0,301
LC ₉₀	1,3138	0,945	0,7899	0,6826	0,6018	0,4865	0,485	0,4864	0,4601	0,454
	1,8- cineol ($\mu\text{L ml}^{-1}$)									
LC ₁₀	0,0354	0,0302	0,0261	0,0257	0,0257	0,0257	0,0249	0,0238	0,0234	0,0233
LC ₅₀	0,0489	0,0444	0,0402	0,0408	0,0408	0,0408	0,0398	0,0384	0,0365	0,0362
LC ₉₀	0,0674	0,0652	0,0618	0,0648	0,0648	0,0648	0,0635	0,0618	0,0568	0,0564



Slika 53. Toksičnost spinosada na odrasle manje brašnare tijekom 10 dana izlaganja



Slika 54. Toksičnost ciflutrina na odrasle manje brašnare tijekom 10 dana izlaganja



Slika 55. Toksičnost 1,8-cineola na odrasle manje brašnare tijekom 10 dana izlaganja

5 RASPRAVA

Upravljanje peradarskim objektima (sukcesija razdoblja uzgoja i razdoblja čišćenja) i prostorni raspored hranilica i pojilica utjecali su na prostornu i vremensku strukturu populacije manjeg brašnara u peradarskim objektima sa zemljanom podlogom (Salin i sur., 2000). Usporedbom objekata sa čvrstim podlogama i objekata sa zbijenom zemljom, objekti sa čvrstom podlogom zapravo se smatraju nepovoljniji za opstanak manjih brašnara (Vemura i sur., 2008). Kontrolirana temperatura, trajna akumulacija gnoja te adekvatna vlaga u peradarskom objektu osiguravaju povoljne uvjete za razvoj manjih brašnara tijekom cijele godine (Stafford i Collison, 1987). Međutim, kod različitih autora postoje oprečna mišljenja o dinamici manjih brašnara tijekom godine. Jedna grupa autora smatra da je kretanje brojnosti manjih brašnara pod utjecajem sezonskih varijacija te da je brojnost najveća tijekom ljetnih mjeseci, a najmanja tijekom zimskih mjeseci (Voris i sur., 1994). S ovim mišljenjem se ne slažu autori koji smatraju da godišnja doba nemaju utjecaj na brojnost manjih brašnara (Strother i Steelman, 2001).

Rezultati istraživanja manjih brašnara tijekom godine dana u promatranim peradarskim objektima pridonijeli su osnovnim spoznajama o načinu distribucije i fluktuacije ovog štetnika u objektima sa čvrstim podlogama. Kako bi se dobila spoznaja o dinamici manjih brašnara tijekom godine dana istraživanje je provedeno u tri peradarska objekta kroz šest uzastopnih uzgojnih ciklusa peradi: kolovoz-rujan, listopad-studení, siječanj-veljača, ožujak-travanj, svibanj-lipanj i srpanj-kolovoz.

Kruskal-Wallis test pokazao je da se istraživani objekti statistički značajno razlikuju u brojnosti manjih brašnara u svim uzgojnim ciklusima (sve vrijednosti $p < 0,05$), dok su post hoc testovi pokazali da statistički značajna razlika ne postoji samo između prvog i drugog objekta u uzgojnim ciklusima siječanj-veljača ($p=0,17$) i ožujak-travanj ($p=0,24$). Iako se istraživani objekti statistički značajno razlikuju u brojnosti kukaca utvrđena je slična fluktuacija tijekom godine. Najveća brojnost (prosječna brojnost kukaca po klopci u uzgojnom ciklusu) utvrđena je u prvom uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan i to u prvom (167), drugom (251) te u trećem objektu (587). U slijedećem uzgojnom ciklusu listopad-studení brojnost pada te je utvrđeno u prvom (40), drugom (119) te u trećem objektu (30). Najmanja brojnost tijekom ciklusa uzorkovanja utvrđen je u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača u prvom (5), drugom (9) te u trećem objektu (124). Tijekom uzgojnih ciklusa ožujak-travanj (objekt 1=13, objekt 2=44; objekt 3=159) i svibanj-lipanj (objekt 1=74; objekt 2=142; objekt 3=328) brojnost postupno raste te je u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz (objekt 1=139, objekt 2=245; objekt 3=527) dostigla brojnost koja se statistički značajno ne razlikuje od brojnosti na početku uzorkovanja u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan.

Rezultati ovog istraživanja podudaraju se s rezultatima istraživanja provedenim u objektima za uzgoj peradi na području Kalifornije (SAD) gdje je najveći broj manjih brašnara utvrđen tijekom ljeta, a najmanji tijekom zime (Voris i sur., 1994). Dobiveni rezultati djelomično se podudaraju s rezultatima istraživanja u peradarskim objektima na području Descalvada u središnjem dijelu sjeverne regije države Sao Paulo (Brazil), gdje je najveća prosječna brojnost manjih brašnara utvrđena tijekom ljeta, a najmanja tijekom jeseni (Camargo-Neto i sur., 2006).

U navedenom peradarskom objektu u Brazilu najveća brojnost odraslih kukaca utvrđena tijekom ljeta nije se razlikovala od prosjeka brojnosti tijekom proljeća, a najmanja brojnost tijekom jeseni nije se razlikovala od proljetnih i zimskih prosjeka (Camargo-Neto i sur., 2006). U ovom istraživanju najveća prosječna brojnost odraslih kukaca utvrđena je u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan (objekt 1=73, objekt 2=138; objekt 3=293) te zatim u ciklusu srpanj-kolovoz (objekt 1=63; objekt 2=112; objekt 3=250), a najmanja prosječna brojnost odraslih kukaca utvrđena je u uzgojnim ciklusima siječanj-veljača (objekt 1=2, objekt 2=38; objekt 3=56) te zatim u uzgojnom ciklusu ožujak-travanj (objekt 1=5; objekt 2=68; objekt 3=75).

Statistički značajna razlika u brojnosti odraslih kukaca ne postoji u sva tri istraživana objekta između uzgojnih ciklusa kolovoz-rujan i srpanj-kolovoz (objekt 1 $p=1$; objekt 2 $p=1$; objekt 3 $p=1$), siječanj-veljača i ožujak-travanj (objekt 1 $p=1$; objekt 2 $p=1$; objekt 3 $p=1$) te listopad-studeni i svibanj-lipanj (objekt 1 $p=1$; objekt 2 $p=0,17$; objekt 3 $p=0,80$). Statistički značajna razlika u brojnosti odraslih kukaca još ne postoji u prvom ($p=0,94$) i trećem objektu ($p=0,08$) između uzgojnih ciklusa listopad-studeni i srpanj-kolovoz te u prvom objektu ($p=0,04$) između uzgojnih ciklusa svibanj-lipanj i srpanj-kolovoz, kao i trećem objektu ($p=1$) između uzgojnih ciklusa ožujak-travanj i svibanj-lipanj.

Najveća prosječna brojnost ličinki manjeg brašnara tijekom ciklusa uzorkovanja utvrđena je u prvom i trećem objektu u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan (objekt 1=93; objekt 3=304) te u drugom objektu u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz (objekt 2=133). Ovi rezultati istraživanja podudaraju se s rezultatima istraživanja u peradarskom objektu u Brazilu gdje je također najveća prosječna brojnost ličinki manjeg brašnara utvrđen tijekom ljeta (Camargo-Neto i sur., 2006). Međutim, u navedenom istraživanju je najniža prosječna brojnost ličinki manjeg brašnara utvrđena tijekom jeseni, a u ovom istraživanju je najmanja prosječna brojnost ličinki manjeg brašnara utvrđena u zimskom uzgojnom ciklusu siječanj-veljača (objekt 1=3; objekt 2=5; objekt 3=68) te zatim u uzgojnom ciklusu ožujak-travanj (objekt 1=8; objekt 2=24; objekt 3=84).

Nadalje, u ovom istraživanju statistički značajne razlike u brojnosti ličinki manjeg brašnara nema u sva tri promatrana objekta između uzgojnih ciklusa siječanj-veljača i ožujak-travanj (objekt 1 $p=1$; objekt 2 $p=1$; objekt 3 $p=1$) te između uzgojnih ciklusa kolovoz-rujan i srpanj-kolovoz (objekt 1 $p=1$; objekt 2 $p=1$; objekt 3 $p=1$) i svibanj-lipanj (objekt 1 $p=1$; objekt 2 $p=0,17$; objekt 3 $p=4,7$), kao i između uzgojnih ciklusa listopad-studeni i svibanj-lipanj (objekt 1 $p=1$; objekt 2 $p=1$; objekt 3 $p=2,4$). Statistički značajnih razlika u brojnosti ličinki manjeg brašnara također nema u prvom ($p=0,23$) i drugom objektu ($p=0,19$) između uzgojnih ciklusa listopad-studeni i kolovoz-rujan te u trećem objektu između uzgojnih ciklusa listopad-studeni i siječanj-veljača ($p=1$) i ožujak-travanj ($p=1$). Istraživanjem u peradarskom objektu u Brazilu utvrđeno je da nema razlike u između proljetnih i zimskih prosjeka brojnosti ličinki manjeg brašnara (Camargo-Neto i sur., 2006).

Tijekom ciklusa uzorkovanja utvrđene su velike fluktuacije vanjske temperature zraka. Temperatura zraka kretala se od -2°C u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača do 37°C u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz. Također, najveće fluktuacije tjedne vanjske temperature zraka ($16 - 36^{\circ}\text{C}$) utvrđene su u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz koji je ujedno bio ciklus s najvišom prosječnom vanjskom temperaturom ($26,2^{\circ}\text{C}$) te tijekom ciklusa siječanj-veljača ($-2 - 10^{\circ}\text{C}$) koji je bio ciklus s najnižom prosječnom vanjskom temperaturom ($3,7^{\circ}\text{C}$). Najmanje fluktuacije vanjske temperature utvrđene su tijekom uzgojnog ciklusa listopad-studeni ($7 - 13^{\circ}\text{C}$) u kojem je prosječna vrijednost temperature iznosila $9,7^{\circ}\text{C}$. Velike oscilacije vanjske temperature s minimalnim vrijednostima u zimi te maksimalnim u ljetu utvrđene su i tijekom istraživanja distribucije manjih brašnara u peradarskim objektima u pokrajini Lancaster, Pennsylvania u SAD-u (Stafford i Collinson, 1987).

Za razliku od vanjske temperature zraka tijekom svih uzgojnih ciklusa utvrđena je slična fluktuacija unutrašnje temperature u objektu. Maksimalne vrijednosti utvrđene su u 1. tjednu uzgojnog ciklusa, a minimalne u 6. tjednu. Najveći raspon pada vrijednosti unutrašnje temperature tijekom tjedana uzorkovanja utvrđen je u prvom ($32 - 19^{\circ}\text{C}$) i trećem objektu ($31 - 21^{\circ}\text{C}$) u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača te u drugom objektu u uzgojnom ciklusu ožujak-travanj ($31,1 - 22,5^{\circ}\text{C}$), a najmanji u sva tri istraživana objekta u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj prvom ($30 - 27,3^{\circ}\text{C}$), drugom ($31,1 - 26,7^{\circ}\text{C}$) i trećem objektu ($31,8 - 26,2^{\circ}\text{C}$). Ove vrijednosti temperatura djelomično prate propisane uvjete unutrašnje temperature u objektu za uzgoj brojlera jer u prva dva tjedna uzgojnog ciklusa optimalna unutrašnja temperatura u objektu je od 32°C do 33°C , a od 3. do 7. tjedna uzgojnog ciklusa 21°C (Lindley i Whitaker, 1996).

Najniže prosječne unutrašnje temperature u istraživanim peradarskim objektima utvrđene su u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača u prvom ($25,6^{\circ}\text{C}$), drugom ($25,3^{\circ}\text{C}$) i trećem objektu ($26,3^{\circ}\text{C}$), a najviše tijekom uzgojnog ciklusa svibanj-lipanj u prvom ($28,8^{\circ}\text{C}$), drugom ($28,5^{\circ}\text{C}$) i trećem objektu ($29,3^{\circ}\text{C}$).

Ove vrijednosti unutrašnje temperature u objektu podudaraju se s rezultatima istraživanja u peradarskom objektu u Brazilu gdje je najniža prosječna unutrašnja temperatura u objektu ($23,4^{\circ}\text{C}$) utvrđena u zimskom ciklusu uzorkovanja, a najviša ($27,1^{\circ}\text{C}$) u proljetnom uzorkovanju (Camargo-Neto i sur., 2006).

U peradarskoj industriji je zbog specifičnosti držanja velikog broja životinja smještenih na relativno malom prostoru nužno kondicioniranje uvjeta mikroklimе koje se postiže putem termoregulacije izloženih ploha i uređaja za zagrijavanje, odnosno prozračivanje prostora (Matković i sur., 2013). U područjima s umjerenom klimom ne mogu se izbjeći utjecaji vanjske temperature na unutrašnju temperaturu u objektu. Utvrđivanjem uvjeta mikroklimе u peradarskim objektima u Zapadnoj Europi (Nizozemska, Engleska, Danska, Njemačka) utvrđena je umjerena veza ($r=0,51$) između vanjske temperature i unutrašnje temperature (Seedorf i sur., 1997). U ovom istraživanju je usprkos visokim oscilacijama vanjske temperature tijekom uzgojnih ciklusa utvrđena slaba pozitivna veza između vanjske temperature i unutrašnje temperature (objekt 1 $r=0,4255$, objekt 2 $r=0,3884$ i objekt 3 $r=0,2946$). Također, utvrđena je slaba pozitivna veza između vanjske temperature i temperature stelje (objekt 1 $r=0,275$; objekt 2 $r=0,265$; objekt 3 $r=0,249$). Ovi utjecaji vanjske temperature na temperature u objektu nešto su manji od dobivenih istraživanjem uvjeta mikroklimе u peradarskim objektima u Zapadnoj Europi. Moguće je da su razlike nastale jer je njihovo istraživanje provedeno tijekom zimskog i ljetnog razdoblja kada su najveće fluktuacije vanjske temperature zraka.

Razvojni ciklus manjeg brašnara limitiran je temperaturom i vlagom (Rueda i Axtell, 1996). Međutim, manji brašnar je vrsta koja podnosi široke raspone vlage i vrlo dobro se aklimatizira u relativno suhim staništima, tako da je temperatura puno važnija od vlage u određivanju postotka razvoja i opstanka (Axtell, 1994). Utvrđene vrijednosti temperature stelje u istraživanim objektima bile su vrlo ujednačene. Postojala je razlika samo između prvog i drugog objekta ($p=0,04$) u uzgojnom ciklusu listopad-studenj te između prvog i trećeg objekta ($p=0$), kao i drugog i trećeg objekta ($p=0$) u uzgojnom ciklusu ožujak-travanj. Također, tijekom ciklusa uzorkovanja u promatranim peradarskim objektima utvrđene su niske oscilacije temperature stelje. U prvom objektu najniže temperature stelje u uzgojnim ciklusu siječanj-veljača statistički su se značajno razlikovale od temperature stelje ostalih uzgojnih ciklusa, osim od uzgojnog ciklusa ožujak-travanj. U drugom objektu su se od ostalih temperatura stelje izdvajale više temperature stelje u uzgojnim ciklusima svibanj-lipanj i srpanj-kolovoz, a u trećem objektu najniže temperature stelje u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača statistički su se značajno razlikovale od vrijednosti temperatura stelje ostalih uzgojnih ciklusa. Rezultati ovog istraživanja potvrđuju da su uvjeti temperature stelje u peradarskim objektima ujednačeni tijekom cijele godine (Strother i Steelman, 2001).

Najniže prosječne vrijednosti temperature stelje u istraživanim peradarskim objektima uočene su u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača (objekt 1=28,7; objekt 2=29; objekt 3=29), a najviše u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj (objekt 1=30,3; objekt 2=30,2; objekt 3=30,3). Potpuno oprečni rezultati dobivenim rezultatima s najvišim temperaturama stelje u objektu tijekom uzgojnog ciklusa u mjesecu veljači utvrđeni su u peradarskom objektu u Brazilu (Chernaki-Leffer i sur., 2007).

Djelovanje klimatskih uvjeta na manje brašnare je ublaženo zato jer kornjaši žive u zaštićenom okolišu peradarskog objekta (Pfeiffer i Axtell, 1987). Međutim, brojnost manjih brašnara u objektima za uzgoj purana na području Kalifornije pratila je fluktuaciju vanjske temperature (Voris i sur., 1994). Nasuprot tome varijacije unutrašnje temperature od 3,7°C tijekom godine u peradarskom objektu u Brazilu nisu imale utjecaj na brojnost manjih brašnara (Camargo-Neto i sur., 2006). U istraživanim peradarskim objektima najviša brojnost manjih brašnara utvrđena u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan nije se podudarala s najvišim temperaturama u objektima koje su utvrđene u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj, kao ni s najvišom vanjskom temperaturom utvrđenom u ciklusu srpanj-kolovoz. Međutim, najniža brojnost manjih brašnara u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača podudarala se s najnižim temperaturama u objektima i najnižom vanjskom temperaturom, utvrđenom također u tom uzgojnom ciklusu.

Nadalje, u istraživanim peradarskim objektima utvrđene su ujednačene vrijednosti temperature stelje tijekom uzgojnih ciklusa. U prvom objektu utvrđene su najniže temperature stelje u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača te se statistički značajno razlikuju od temperature stelje svih uzgojnih ciklusa, osim od temperature stelje uzgojnog ciklusa ožujak-travanj. U drugom objektu se izdvajaju najviše temperature stelje u uzgojnim ciklusima svibanj-lipanj i srpanj-kolovoz te se statistički značajno ne razlikuju samo od temperature stelje uzgojnog ciklusa kolovoz-rujan. U trećem objektu najniže temperature stelje tijekom ciklusa siječanj-veljača statistički se značajno razlikuju od temperature stelje ostalih uzgojnih ciklusa. Dok statistički značajne razlike u brojnosti odraslih kukaca u sva tri promatrana objekta nema između uzgojnih ciklusa kolovoz-rujan i srpanj-kolovoz, siječanj-veljača i ožujak-travanj, svibanj-lipanj i listopad-studeni. Također, statistički značajna razlika u brojnosti ličinki manjeg brašnara za sva tri objekta nije utvrđena između uzgojnih ciklusa siječanj-veljača i ožujak-travanj, kolovoz-rujan i srpanj-kolovoz te svibanj-lipanj, kao i između uzgojnih ciklusa listopad-studeni i svibanj-lipanj. Istraživanjem u peradarskom objektu u Brazilu također nije utvrđena veza između brojnosti kukaca i temperature stelje. Postojala je razlika u temperaturama stelje između uzgojnih ciklusa ali nije bilo razlike u brojnosti manjih brašnara (Chernaki-Leffer i sur., 2007).

Također, istraživanjem je utvrđeno da između promatranih peradarskih objekata ne postoji statistički značajna razlika u temperaturi stelje između prvog i drugog objekta u svim uzgojnim ciklusima, osim u uzgojnom ciklusu listopad-studeni te između prvog i trećeg objekta, kao i drugog i trećeg objekta u uzgojnom ciklusu ožujak-travanj. Dok je statistički značajna razlika u brojnosti manjih brašnara utvrđena između objekta u svim uzgojnim ciklusima, osim između prvog i drugog objekta u uzgojnim ciklusima siječanj-veljača i ožujak-travanj. Osim toga, utvrđena je slaba pozitivna veza između brojnosti uzorkovanih kukaca u klopama i temperature stelje u prvom objektu ($r=0,188$) te slaba negativna veza u drugom ($r=-0,0095$) i trećem objektu ($r=-0,149$). Istraživanjima u peradarskim objektima u Brazilu također nije utvrđena korelacija između temperature stelje i brojnosti kukaca u klopama (Camargo-Neto i sur., 2006; Chernaki-Leffer i sur., 2007).

Razlogom izostanka opadanja broja manjih brašnara tijekom zimskog razdoblja u peradarskim objektima u Brazilu smatraju se male oscilacije unutrašnje temperature u objektima ($20,5 - 28,3^{\circ}\text{C}$), kao i temperature stelje ($25,1 - 35,1^{\circ}\text{C}$) (Chernaki-Leffer i sur., 2007). U ovom istraživanju je usprkos niskim oscilacijama unutrašnje temperature u prvom ($19 - 32^{\circ}\text{C}$), drugom ($22,2 - 30,9^{\circ}\text{C}$) i trećem objektu ($21^{\circ}\text{C} - 31^{\circ}\text{C}$), kao i temperature stelje u prvom ($23,4 - 32,8^{\circ}\text{C}$), drugom ($24 - 32,8^{\circ}\text{C}$) i trećem objektu ($24,3 - 33^{\circ}\text{C}$) najmanji broj kukaca utvrđen u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača. Niska brojnost manjih brašnara utvrđena u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača može se povezati s početnim brojem kukaca u 1. tjednu uzorkovanja, odnosno s brojem kukaca koji su pokretač infestacije novog uzgojnog ciklusa. Poznato je da broj manjih brašnara koji prežive razdoblja čišćenja objekta ovisi o vanjskoj temperaturi i vremenu izloženosti vanjskoj temperaturi te da u području umjerene klime stopa smrtnosti manjih brašnara u razdoblju čišćenja tijekom zime određuje razvoj populacije tijekom godine (Renault i sur., 1999).

U istraživanim peradarskim objektima su zbog prilagodbe proizvodnje zahtjevima tržišta dulja razdoblja između dva uzgojna ciklusa tijekom zime. Između uzgojnih ciklusa listopad-studeni i siječanj-veljača to je iznosilo 42 dana. Duga vremenska razdoblja između dva uzgojna ciklusa i niske vanjske temperature utječu na pad temperature u peradarskom objektu. Manji brašnari, kao i mnogi na niske temperature netolerantni insekti, mogu uginuti tijekom dulje ili čak kratke izloženosti temperaturama iznad njihove točke smrzavanja. Iako je kritična točka smrtnosti (SCP) za manje brašnare $-12,3 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$, temperatura od 6°C progresivno je smrtonosna (Salin i sur., 1998). Na temperaturama nižim od 6°C utjecaji pothlađivanjem izazvane kome na manje brašnare su prejak da bi se povratile normalne fiziološke funkcije. Utvrđeno je da kod izloženosti manjih brašnara temperaturi od 6°C u prvoj fazi 1. do 6. dana uginu mali broj kukaca, zatim u drugoj fazi 6. do 12. dana uginu ih 50% , a u trećoj fazi 12. do 22. dana uginu svi kukci (Renault i sur., 1999).

Slično je utvrđeno u uzgojnom ciklusu listopad-studeni kada su zabilježene prosječne vanjske temperature od 9,6°C, a razdoblje mirovanja između uzgojnih ciklusa kolovoz-rujan i listopad-studeni iznosilo je 38 dana. Za preživljavanje manjih brašnara zapravo su kobne sve temperature niže od 16°C, a na stopu preživljavanja manjih brašnara na niskim temperaturama utječe osim intenziteta i duljina izloženosti (Renault i sur., 1999). Na temperaturama ispod 16°C odrasli manji brašnari postupno smanjuju aktivnost, a na temperaturama ispod 12°C ulaze u pothlađivanjem izazvanu komu. U tom stanju kukci miruju te ne mogu doći do izvora hrane, a što posljedično dovodi do smrti (Renault i sur., 2002). Tijekom izloženosti manjih brašnara temperaturi od 10°C smrtnost 1. do 36. dana iznosi 28%, od 36. do 62. dana 50%, a u zadnjoj fazi izloženosti od 62. do 107. dana ugine preostalih 18% kukaca (Renault i sur., 1999).

Nasuprot zimskim uzgojnim ciklusima najviša brojnost manjih brašnara u 1. tjednu uzorkovanja utvrđena je u uzgojnim ciklusima kolovoz-rujan i srpanj-kolovoz. Zapravo je reinfestacija glavni uzrok nemogućnosti potpunog uklanjanja manjih brašnara iz peradarskih objekata (Voris i sur., 1994). Glavni izvor reinfestacije u promatranim peradarskim objektima su manji brašnari sklonjeni u pukotinama u zidovima i električnim instalacijama objekta u kojima su preživjeli razdoblja čišćenja. Također, visokoj reinfestaciji su uz visoke vanjske temperature, a vrijednosti su se u ljetnom razdoblju kretale čak i do 37°C pogodovali i kratki razmaci između uzgojnih ciklusa. Razdoblje mirovanja objekta između uzgojnih ciklusa svibanj-lipanj i srpanj-kolovoz iznosilo je svega 10 dana.

Slijedeći registrirani izvor reinfestacije za istraživane peradarske objekte bili su manji brašnari sklonjeni u slami koja se koristi kao stelja u tehnološkom procesu uzgoja peradi. Slama se skladištila u neposrednoj blizini objekata te su u nju migrirali kukci iz uklonjene iskorištene infestirane stelje koja se sakupljala kod izlaza iz objekta, neposredno prije odvoza na poljoprivredne površine. Kako bi se izbjegao ovaj način reinfestacije preporuka je da se infestirana stelja deponira na udaljenost najmanje 1,6 km od peradarskih objekata, odnosno naseljenih mjesta ili da se ukloni u najkraćem roku, inkorporacijom na poljoprivrednim površinama na dubinu od 30 cm i to uz uporabu mehaničkih rasipača (Calibeo-Hayes i sur., 2005; Kaufman i sur. 2005a).

Učestalost intenziteta temperature s istodobnom nestašicom hrane može imati različite učinke na kvantitativne i kvalitativne promjene metabolita u organizmu manjih brašnara. Pogotovo proteina, ATP-a, triglicerida i glikogena, a značajno je da je na nižim temperaturama (12°C i 16°C) opstanak manjih brašnara za vrijeme gladovanja duži u odnosu na temperature od 20°C i 24°C (Renault i sur., 2002).

U grafičkim prikazima tjednih kretanja temperatura tijekom uzgojnih ciklusa uočava se da je unutrašnja temperatura u objektima padala tijekom tjedana uzorkovanja u svim uzgojnim ciklusima. Usprkos tome utvrđene su male oscilacije vrijednosti temperature stelje. Rast temperature stelje u peradarskim objektima posljedica je izlučivanja velike količine izmeta tijekom rasta peradi koji uz rasutu hranu fermentira djelovanjem bakterija (Vemura i sur., 2008). Kako bi se spriječio rast unutrašnje temperature u peradarskim objektima i smanjio postotak relativne vlage u zraku, koncentracija amonijaka te sadržaj ugljičnog dioksida važno je strujanje zraka, a koje se postiže putem ventilacije (Matković i sur., 2013). Za održavanje unutrašnje temperature u istraživanim peradarskim objektima u propisanim vrijednostima tijekom ljeta, osim standardne ventilacije podtlaka uključivala se i tunnelska ventilacija, kao i sustav za hlađenje. Uz ove poduzete radnje na uspješnu kontrolu unutrašnje temperature u promatranim peradarskim objektima tijekom kritičnog ljetnog perioda utjecalo je i to što su bile relativno niske vanjske temperature u 5. i 6. tjednu uzgojnih ciklusa kolovoz-rujan (22°C i 21°C) i srpanj-kolovoz (22°C i 21°C). Zabilježene vrijednosti vanjske temperature zraka tijekom ljetnog perioda na području Međimurske županije kretale su se i do 37°C . Velike poteškoće u regulaciji temperature u peradarskim objektima nastaju kada se visoke vanjske temperature podudaraju sa završnim razdobljem uzgojnog ciklusa.

Nasuprot ljetnim uzgojnim ciklusima u zimskim uzgojnim ciklusima za održavanje unutrašnje temperature u istraživanim peradarskim objektima bili su uz standardne grijače na ulazu u objekt instalirani i dodatni grijači u središnjem dijelu objekta.

Iako su tijekom uzorkovanja utvrđene ujednačene prosječne vrijednosti temperature stelje u istraživanim peradarskim objektima u prostorno-vremenskim kartama uočava se razlika u načinu raspodjele temperature u objektu. U uzgojnim ciklusima kolovoz-rujan i srpanj-kolovoz utvrđene su ujednačene vrijednosti temperature stelje između pozicija, dok su u ostalim uzgojnim ciklusima vrijednosti temperature stelje na pozicijama ispod hranilica i ispod pojilica bile viša u odnosu na vrijednosti temperatura stelje na pozicijama uz zid. Razlike u temperaturi stelje između pozicija nastaju zbog toga što se perad prilikom hranjenja i pojenja koncentrira uz pojilice i hranilice. Također, neizbježni su utjecaji vanjske temperature na temperaturu stelje. Najizraženije raslojavanje temperature stelje između pozicija uz zid, ispod hranilica i ispod pojilica utvrđeno je u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača kada su prosječne vrijednosti temperature stelje na pozicijama ispod hranilica iznosile u prvom ($30,87^{\circ}\text{C}$), drugom ($31,06^{\circ}\text{C}$) i trećem objektu ($30,9^{\circ}\text{C}$), na pozicijama ispod pojilica u prvom ($26 - 31^{\circ}\text{C}$), drugom ($26,2 - 31,6^{\circ}\text{C}$) i trećem objektu ($27 - 32,6^{\circ}\text{C}$) te na pozicijama uz zid u prvom ($26,19^{\circ}\text{C}$), drugom ($26,49^{\circ}\text{C}$) i trećem objektu ($26,53^{\circ}\text{C}$).

Zabilježene vrijednosti temperature stelje u istraživanim peradarskim objektima izmjerene na 4 cm dubine na pozicijama uz zid nisu bile niže od 23°C. Temperatura stelje može varirati kod različitih debljina naslaga stelje i do 10°C (Armitrage, 1985). Također, u peradarskom objektu sa zemljanom podlogom vrijednosti temperature stelje uz zid izmjerene u zimskom periodu na dubini od 2 cm nisu se razlikovale od vrijednosti temperature stelje izmjerene ispod hranilica i u središnjem dijelu objekta. Za razliku od vrijednosti temperature tla i temperature između tla i stelje uz zida koje su tijekom zimskog perioda iznosile svega 9 – 16°C, odnosno 11 – 20°C (Salin i sur., 2000).

U uzgojnom ciklusu siječanj-veljača utvrđene su znatno više temperature stelje na pozicijama smještenim u prve dvije trećine objekta. Više temperature stelje na ovim pozicijama zabilježene su zbog toga što na ulazu i u središnjem dijelu istraživanih peradarskih objekta bili instalirani grijači. Više vrijednosti temperature stelje u prvoj trećini objekta u odnosu na druge dvije trećine utvrđene su i u objektima za uzgoj peradi gdje postoji praksa da se perad u prvim uzgojnim tjednima ne distribuira po cijelom prostoru, već se drži u prvoj trećini objekta (Chernaki-Leffer i sur., 2007; Vemura i sur., 2008).

Također, niže vrijednosti temperature stelje u istraživanim peradarskim objektima na pozicijama smještenim u zadnjoj trećini objekta zabilježene su i u razdoblju od 5. do 6. tjedna uzgojnih ciklusa kolovoz-rujan i srpanj-kolovoz, a posljedica su hlađenja objekata tunelskom ventilacijom.

Osnovni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi prostorno-vremensku distribuciju manjih brašnara u istraživanim peradarskim objektima. Za određivanje metoda adekvatne kontrole manjih brašnara, kao i pomoć pri taktičkom upravljanju te određivanju optimalnih područja tretiranja najveće gustoće kukaca, a smanjujući tako količinu insekticida neophodno je poznavati njihovu distribuciju u peradarskim objektima (Lambkin i sur., 2012). U objektima za uzgoj brojlera u jugoistočnom Queenslandu (Australija) u leglima od zbijene zemlje utvrđeno je da su područja ispod hranilica i uz rubove objekta iznosila 5% od ukupne površine objekta ali se oko pola procijenjenog broja manjih brašnara nalazilo na tim mjestima (Lambkin i sur., 2007). Također, utvrđeno je da je prostorni raspored hranilica i pojilica u peradarskom objektu, gdje su manji brašnari stresna razdoblja tijekom zimskih razdoblja čišćenja objekta preživjeli ubušeni u tlo imao utjecaj na distribuciju kukaca (Salin i sur., 2000).

Zbog navedenih razloga u istraživanim peradarskim objektima prostorno-vremenska distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara praćena je na pozicijama uz zid, ispod hranilica i ispod pojilica.

Tijekom svih uzgojnih ciklusa utvrđeno je kontinuirano povećanje broja uzorkovanih kukaca od 1. do 6. tjedna uzgojnog ciklusa. Broj kukaca se u uzgojnom ciklusu s najmanjom brojnošću (siječanj-veljača) povećao od 16 odraslih kukaca u prvom objektu, 50 u drugom i 451 u trećem objektu do broja od 172 odraslih i 141 ličinki manjeg brašnara u prvom, 333 odraslih i 245 ličinki manjeg brašnara u drugom te 3115 odraslih i 2961 ličinki manjeg brašnara u trećem objektu. Dok se broj kukaca u uzgojnom ciklusu s najvećom brojnošću (kolovoz-rujan) povećao od broja 509 odraslih kukaca u prvom objektu, 1304 u drugom te 2548 u trećem objektu do broja od 5414 odraslih i 2039 ličinki manjeg brašnara u prvom, 6810 odraslih i 3363 ličinki manjeg brašnara u drugom te 13 910 odraslih i 10 782 ličinki manjeg brašnara u trećem objektu. Sličan rast brojnosti kukaca tijekom svih tjedna uzorkovanja utvrđen je i u peradarskom objektu u blizini Fayettevilla (Arkansas) gdje je u 1. tjednu ciklusa s najmanjom brojnošću utvrđeno prosječno po klopci 5 odraslih i 6 ličinki manjeg brašnara, a u 6. tjednu 142 odraslih i 456 ličinki manjeg brašnara, odnosno tijekom ciklusa s najvećom brojnošću u 1. tjednu prosječno 86 odraslih i 8 ličinki manjeg brašnara, a na kraju ciklusa prosječna brojnost iznosila je 339 odraslih i 808 ličinki manjeg brašnara (Strother i Stellman, 2001).

U prostorno-vremenskim kartama distribucije odraslih jedinki manjeg brašnara istraživanih objekata uočava se da su odrasli kukci u 1. tjednu uzorkovanja svih uzgojnih ciklusa bili koncentrirani na pozicijama uz zid. Fiziološka adaptacija manjih brašnara da prežive razdoblja čišćenja peradarskih objekata su vertikalne migracije odraslih i ličinki, odnosno kukci se ubuše u tlo peradarskog objekta ili pak horizontalne migracije u instalacije i građevinska oštećenja zidova objekta (Salin i sur., 2000). U istraživanim peradarskim objektima gdje su podovi izgrađeni od čvrstih materijala, a stelja se obavezno čisti nakon svakog uzgojnog ciklusa nema vertikalnih migracija kukaca već postoje samo horizontalne migracije u instalacije i u građevinska oštećenja zidova objekta. To su potpuno oprečni uvjeti za manje brašnare u odnosu na uvjete u peradarskim objektima gdje nisu utvrđena građevinska oštećenja zidova, a kukci su nepovoljna razdoblja čišćenja objekta preživjeli ubušeni u tlo (Salin i sur. 2000).

U istraživanim peradarskim objektima primijetili smo da manji brašnari tijekom razdoblja čišćenja u skloništima ispod instalacija te u građevinskim oštećenjima zidova objekta stvaraju agregacije. Ova pojava zamijećena je i kada su se manji brašnari ubušili u tlo peradarskih objekata te se može tumačiti tigmotaksom, čestom pojavom kod prezimljavanja kukaca, a proizlazi iz različitih uzroka promjene abiotičkih ekoloških uvjeta (Salin i sur., 2000).

U razdoblju od 2. do 6. tjedna uzgojnih ciklusa u prostorno-vremenskim kartama distribucije odraslih jedinki manjeg brašnara uočava se heterogenost u distribuciji kukaca između pozicija uz zid, ispod hranilica i ispod pojilica. Općenito, odrasli kukci bili su brojniji na pozicijama uz zid ili na pozicijama ispod hranilica, dok su pozicije ispod pojilica tijekom svih uzorkovanja bile pozicije s najmanjim brojem uzorkovanih kukaca. Smatra se da kukci preferiraju područja gdje perad nema potpun pristup, kao što su rubovi objekata i ispod hranilica, a manje su koncentrirani u područjima potpunog pristupa peradi, kao što su pojilice i središnji dio objekata (Lambkin i sur., 2008).

Brojnost odraslih jedinki manjeg brašnara znatno se povećala u razdoblju od 4. do 6. tjedna uzgojnih ciklusa na svim pozicijama, a što je u skladu s duljinom razvojnog ciklusa manjeg brašnara. Prosječan razvoj ličinki manjeg brašnara na 28°C traje 32 dana, odnosno 18,6 dana na 31°C, a razvoj kukuljice manjeg brašnara na temperaturi od 31°C traje 4 dana, odnosno 9,7 dana na temperaturi od 22°C (Chernaki i Almeida., 2001).

Na kraju uzgojnog ciklusa u drugom i trećem objektu odrasli kukci bili su homogeno distribuirani između pozicija ili brojniji na pozicijama uz zid u svim uzgojnim ciklusima, osim u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača. Međutim, u prvom objektu bili su brojniji na pozicijama ispod hranilica u svim uzgojnim ciklusima, osim u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz. Manji brašnari se na kraju uzgojnog ciklusa počinju seliti prema zidovima objekata kako bi izbjegli prekomjerno mokru stelju i visoku gustoću populacije (Despins i sur., 1989; Geden i Axtell, 1987).

Uz ovaj razlog povećanje brojnosti odraslih jedinki manjeg brašnara na pozicijama uz zid u uzgojnim ciklusima kolovoz-rujan i srpanj-kolovoz dodatno je potaknuto ljudskim radnjama prorjeđivanja peradi nekoliko dana prije samog završetka uzgojnog ciklusa. Slično kretanje kukaca prema tlu (silazno kretanje) ili prema zidovima objekata (bočno kretanje) zabilježeno je u peradarskim objektima sa zemljanim tlom, nakon što su bile uklonjene hranilice (Salin i sur., 2000).

U uzgojnom ciklusu siječanj-veljača ovo kretanje je izostalo te su odrasli kukci u sva tri promatrana peradarska objekta i u 6. tjednu uzorkovanja bili brojniji na pozicijama ispod hranilica, koncentrirani u prve dvije trećine objekta. Ovakav način distribucije odraslih jedinki manjeg brašnara može se povezati s temperaturama stelje koja je zbog izvedbe sustava za grijanje u objektima i dodatnih grijača u središnjem dijelu objekata bila viša u tim područjima. Slično koncentriranje manjih brašnara ispod grijača utvrđeno je u peradarskim objektima za uzgoj purana (Voris i sur., 1994).

Prve ličinke manjeg brašnara u promatranim peradarskim objektima uzorkovane su u razdoblju od 2. do 3. tjedna uzgojnih ciklusa, a što je u skladu sa činjenicama da vrijeme preovipozicije kod manjih brašnara traje 3 dana i razdoblje inkubacije jaja od 3,0 do 8,9 dana u temperaturnom području između 22°C i 31°C (Da Silva i sur., 2005; Chernaki i Almeida, 2001). Također, poznato je da se penju i tuneliraju samo kasniji stadiji ličinki manjeg brašnara (Geden i Axtell, 1987).

U prostorno-vremenskim kartama distribucije ličinki manjeg brašnara uočava se da su ličinke bile brojnije na pozicijama ispod hranilica u odnosu na pozicije uz zid i ispod pojilica sve do 4. tjedna uzorkovanja. Prisutnost hrane u stelji ispod hranilica i odsustvo kore na površini stelje doprinosi objašnjenju ovakve prostorne raspodjele (Salin i sur., 2000). Vrlo vjerojatno, ličinke manjeg brašnara područje ispod hranilica koriste i kao skloništa. Zabilježena su znatna horizontalna kretanja i grupiranja ličinki karakterističnih za područja hranilica i ispod postavljenih lokaliziranih te o pilećoj hrani neovisnih posuda, zato što na otvorenom prostoru ličinke manjeg brašnara stradavaju djelovanjem peradi, kao predatora (Lambkin i sur., 2008). U tim skloništim ličinke se nalaze do najveće brojnosti u uzgojnom ciklusu, a zatim napuštaju ovo okruženje kako bi se učahurile radi prelaska u stadij kukuljice (Lambkin i sur., 2007). U peradarskim objektima sa zbijenom zemljom gdje nije bilo građevinskih oštećenja pupacija se odvijala na sučelju stelje i tla ili su se ličinke preselile u tlo da bi se učahurile (Salin i sur., 2000). U promatranim peradarskim objektima sa čvrstim podlogama nema pupacije u tlu, već je ona moguća samo na sučelju stelje i tla ili u građevinskim oštećenjima objekta.

Na postotak preživljavanja ličinki manjeg brašnara utječe temperatura, a u laboratorijskim uvjetima preživljavanje ličinki rangirano je u rasponu 32 – 73%, s najmanjim preživljavanjem na temperaturi od 20°C (Rueda i Axtell., 1996). U terenskim uvjetima na preživljavanje ličinki manjeg brašnara osim djelovanja okoliša i visoke gustoća ličinki kod koje je izražen kanibalizam utječe i djelovanje peradi, kao predatora (Rueda i Axtell, 1996; Wilson i Miner, 1969).

Ličinke manjeg brašnara bile su u promatranim peradarskim objektima tijekom razdoblja od 4. do 6. tjedna uzgojnih ciklusa kolovoz-rujan, srpanj-kolovoz i svibanj-lipanj homogeno distribuirane između pozicija uz zid i ispod hranilica ili brojnije na pozicijama uz zid. Međutim, u uzgojnim ciklusima listopad-studeni, siječanj-veljača i ožujak-travanj u prvom i drugom objektu ličinke manjeg brašnara bile su brojnije na pozicijama ispod hranilica. Ovakav način distribucije ličinki manjeg brašnara pratio je raspodjelu temperature stelje između pozicija. I u objektima sa zemljanom podlogom pri izboru mjesta za pupaciju temperatura tla i temperatura na sučelju tla i stelje imale su važnu ulogu. Tijekom zimskog perioda nije bilo pupacije uz zid, dok u ljetnom period nije bilo razlike u izboru mjesta za pupaciju između pozicija uz zid i ispod hranilica (Salin i sur., 2000).

Međutim, ovim istraživanjem utvrđeno je da su u trećem objektu, u kojem je utvrđen najveći broj ličinki manjeg brašnara, na kraju uzgojnih ciklusa listopad-studeni i ožujak-travanj ličinke bile homogeno distribuirane između pozicija ispod hranilica i uz zid. Ličinke manjeg brašnara ostaju u leglu s 30 – 40% vlage, a zatim se rasprše na 50 – 60% vlage. Odnosno, ličinke manjeg brašnara, kao i odrasli kukci kako bi izbjegle visoku gustoću populacije i vlagu na kraju uzgojnog ciklusa migriraju prema rubovima objekta (Despins i sur., 1989; Geden i Axtell, 1987).

Usporedbom modela distribucije manjih brašnara u peradarskom objektu izrađenog na temelju ekoloških parametara (temperature, vlage stelje, ph) i stvarne distribucije kukca utvrđeno je podudaranje u rasponu 20,0 – 86,7% (Strother i Steelman, 2001). Razlogom nepodudaranja stvarne distribucije s modelom smatra se odnos broja jedinki i veličine objekta. Nasuprot tome postoje rezultati istraživanja disitribucije manjih brašnara u peradarskom objektu gdje su se i kod male brojnosti manji brašnari koncentrirali u područjima s povoljnijim uvjetima. Veća brojnost kukaca utvrđena u područjima s višom temperaturom stelje, odnosno u područjima gdje je bila koncentrirana perad (Vemura i sur., 2008).

U prostorno-vremenskim kartama distribucije odraslih i ličinki manjeg brašnara promatranih objekata tijekom cijelog razdoblja uzorkovanja uočava se heterogenost u brojnosti kukaca između pozicija uz zid, ispod hranilica i ispod pojilica. Kod male brojnosti manji brašnari su se u promatranim peradarskim objektima koncentrirali u područjima s višom temperaturom stelje, dok kod veće brojnosti ovaj ekološki parametar nije imao utjecaj na način distribucije.

S obzirom na činjenice da je utvrđena razlika u načinu distribucije manjih brašnara između promatranih objekata, kao i uzgojnih ciklusa za određivanje adekvatnih metoda kontrole nužno je kontinuirano uzorkovanje.

U Republici Hrvatskoj nema strategije upravljanja manjim brašnarima. Uzgajivači peradi se u komercijalnoj peradarskoj proizvodnji za njegovo suzbijanje prvenstveno oslanjaju na primjenu insekticida nakon uklanjanja peradi iz jednog uzgojnog ciklusa, odnosno prije početka slijedećeg uzgojnog ciklusa. Smrtnost manjih brašnara postiže kroz izravnu primjenu insekticida ili pak kroz njihov kontakt sa zaostalim insekticidom na tretiranim površinama (Tomberilin i sur., 2008). Za pravilni odabir insekticida za suzbijanje manjih brašnara u peradraskim objektima važno je poznavati osjetljivost manjih brašnara na insekticide u laboratorijskim uvjetima, kao i rezultate učinkovitosti insekticida pri terenskim aplikacijama (Lambkin, 2012).

Na temelju dobivenih rezultata laboratorijskog istraživanja osjetljivosti odraslih manjih brašnara prikupljenih iz istraživanih peradarskih objekata na komercijalne insekticide: ciflutrin i spinosad te organski spoj 1,8-cineol možemo diferencirati upotrijebljena sredstva kako prema toksičnosti, tako i prema dinamici nastupanja letalnog toksičnog učinka. Naturalit spinosad ($LC_{10}=0,08 \mu\text{g cm}^2$; $LC_{50}=0,1 \mu\text{g cm}^2$; $LC_{90}=0,13 \mu\text{g cm}^2$) pokazao se toksičnijim insekticidom za testirane odrasle jedinke manjeg brašnara nakon izlaganja tretiranim površinama od 48 sati od sintetskog piretroida ciflutrina ($LC_{10}=0,41 \mu\text{g cm}^2$; $LC_{50}=0,62 \mu\text{g cm}^2$; $LC_{90}=0,95 \mu\text{g cm}^2$). U terenskim istraživanjima u peradarskim objektima na području Australije preporučena doza ciflutrina od $0,02 \text{ g m}^{-2}$ nije bila učinkovita za uspješnu kontrolu manjih brašnara za razliku od spinosada koji je bio učinkovit u svim preporučenim primjenjenim dozama od $0,07 \text{ g m}^{-2}$ do $0,18 \text{ g m}^{-2}$ (Lambkin i sur., 2012).

Prednost spinosada je i to što dosadašnjim istraživanjima osjetljivosti populacija manjeg brašnara prikupljenih iz peradarskih objekata na područjima gdje se koristi u strategiji suzbijanja (SAD, Australija) nije dokazana otpornost (Lambkin i Rice, 2007; Boozer, 2008). Dok je utvrđena razina otpornosti manjih brašnara na ciflutrin u populacija manjih brašnara prikupljenih iz peradarskih objekata na području istočnog dijela SAD-a na razini LC_{50} iznosila 1,8 do 4 puta u odnosu na referentne populacije, a u populacija manjih brašnara prikupljenih iz peradarskih objekata na području Australije i do 22 puta (Hamm i sur., 2006; Lambkin i Rice, 2006).

Ovim istraživanjem laboratorijski utvrđena toksičnost ciflutrina za testirane manje brašnare na razini LC_{50} niža je od toksičnosti ciflutrina ($0,06 - 0,44 \mu\text{g cm}^2$) utvrđene za otporne populacije manjih brašnara prikupljene na području istočnog dijela SAD-a (Hamm i sur., 2006). Iako testirani kukci nisu bili tretirani ciflutrinom moguće je da su došli u kontakt s insekticidima koji su se u istraživanim peradarskim objektima koristili za suzbijanje muha. Rezistencije manjih brašnara na insekticide posljedica je neodgovarajućeg gospodarenja njihovim populacijama, a posebno zbog pretjerane upotrebe insekticida (Chernaki-Leffer i sur., 2011). Dok je razina otpornosti manjih brašnara na ciflutrin u korelaciji s duljinom vremena aplikacija insekticida u peradarskim objektima (Lambkin i Rice, 2006).

Kako bi se dobile točne razine otpornosti populacija manjih brašnara u Republici Hrvatskoj na ciflutrin potrebna su dodatna istraživanja usporedbom osjetljivosti u odnosu na referentne populacije. Taktika koja se predlaže za upravljanje otpornosti populacija manjeg brašnara prakticanje je očuvanja osjetljivih genotipova izbjegavanjem nepotrebnih insekticidnih aplikacija, rotirajući insekticide s različitim načinima djelovanja za svaku generaciju kukaca te korištenje preporučenih koncentracija insekticida (Chernaki-Leffer i sur., 2011; Rowland i sur., 2007).

Fumigantna toksičnost 1,8-cineola ($LC_{50}=0,04 \mu\text{L ml}^{-1}$) za testirane odrasle jedinke manjeg brašnara nakon ekspozicije od 48 sati viša je od utvrđene toksičnosti eteričnog ulja eukaliptusa ($LC_{50}=1,37 \text{ mL l}^{-1}$) nakon izlaganja kukaca tretiranim površinama (Pinto Jr. i sur., 2010). Poznato je da pojedine komponente eteričnih ulja imaju viši insekticidni učinak od cjelovitih ulja (Papachristos i sur., 2004). Rezultati ovog istraživanja pokazuju da se toksičnost 1,8-cineola na testirane kukce statistički značajno mijenjala sve do 7. dana izloženosti tj. da se toksičnost 1,8-cineola na manje brašnare može relativno pojačati duljim izlaganjem. Iako biljni pripravci, kao inhibitori acetilkolinesteraze, vrlo brzo djeluju na kukce i kod eteričnih ulja češnjaka (*A. sativum*) i limuna (*C. limonum*) utvrđena je bolja učinkovitost na smrtnost manjih brašnara nakon ekspozicije od 96 sati u odnosu na ekspoziciju od 48 sati (Wang i sur., 2014). Dosadašnjim istraživanjima utvrđeno je da su nedostaci biljnih pripravaka za suzbijanje manjih brašnara u terenskim uvjetima slaba prodornost i brza razgradnja tako da su potrebne visoke koncentracije, kao i višekratne aplikacije u razmaku od 15 dana (Prado i sur., 2013).

Rezultati istraživanja nastupanja letalnog toksičnog učinka spinosada na testirane odrasle jedinke manjeg brašnara pokazuju da su se vrijednosti toksičnosti statistički značajno mijenjale do 2. dana ekspozicije. Spinosad je neurotoksin koji brzo djeluje na kukce jer aktivira nikotinsko-acetilkolinске receptore (nAChRs) i produžuje acetilkolin odgovor, a fiziološki simptomi u otrovanih kukaca se nakon razdoblja hiperekscitacija očituju kao kontrakcije mišića i tremor. (Thompson i sur., 2000; Salgado, 2010). Kukci postanu paralizirani zbog neuromuskularnog umora te uginu od iscrpljenosti. Prednost spinosada u odnosu na ostale konvencionalne insekticide je što je visoko toksičan za kukce, a niske je toksičnosti za kralježnjake pa se može aplicirati i kada je perad prisutna u objektu (Stringham i Watson, 2007).

Ciflutrin se u peradarskim objektima za suzbijanje manjih brašnara koristi aplikacijama nakon uklanjanja peradi iz objekta, odnosno na stelju prije početka slijedećeg uzgojnog ciklusa, i najbolje u kombinaciji s regulatorima rasta (Salin i sur., 2003). Biokemijski mehanizam toksičnog djelovanja sintetskih piretroida na kukce jest poremećaj u prometu natrija na membranama živčanog vlakna, tj. usporavanje protoka natrija kroz membranu, a to usporava repolarizaciju membrane, što je u korelaciji s dužinom živčanog podražaja (Söderlund i Bloomquist, 1989). Rezultati istraživanja dinamike nastupanja letalnog toksičnog učinka ciflutrina na manje brašnare pokazuju da su se vrijednosti toksičnosti ciflutrina statistički značajno mijenjale sve do 6. dana izlaganja, što ukazuje na to da se učinak ciflutrina na smrtnost manjih brašnara može povećati duljim izlaganjem. Međutim, poznato je da kod aplikacija insekticida u peradarskim objektima lužnatost legala, zbog razgradnje mokraćne kiseline u amonijak deaktivira kemijske aktivne sastojke te tako smanjuje rezidualnost, kao i učinkovitost kontrole (Alves i sur., 2012).

6 ZAKLJUČCI

Na temelju rezultata praćenja načina distribucije i fluktuacije populacije manjeg brašnara u tri peradarska objekta na području Međimurske županije i laboratorijskog istraživanja osjetljivosti odraslih jedinki manjeg brašnara na testirane spojeve možemo donijeti slijedeće zaključke:

1. Promatrani objekti razlikuju se u brojnosti manjih brašnara u svim uzgojnim ciklusima osim prvi i drugi objekt u uzgojnim ciklusima siječanj-veljača ($p=0,17$) i ožujak-travanj ($p=0,24$). Najmanji broj manjih brašnara utvrđen je u prvom, a najveći broj u trećem peradarskom objektu.
2. Utvrđena je slična dinamika populacije manjih brašnara tijekom godine dana. Najveća brojnost manjih brašnara (broj odraslih i ličinka po klopci u uzgojnom ciklusu) utvrđena je u prvom uzgojnom ciklusu (kolovoz-rujan). Zatim im brojnost pada u uzgojnom ciklusu listopad-studeni, a u slijedećem uzgojnom ciklusu siječanj-veljača utvrđena je najmanja brojnost kukaca tijekom ciklusa uzorkovanja. U uzgojnim ciklusima ožujak-travanj i svibanj-lipanj brojnost kukaca postupno raste te je slijedećem uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz dostigla brojnost koja se statistički značajno ne razlikuje od brojnosti u prvom uzgojnom ciklusu.
3. Tijekom razdoblja uzorkovanja utvrđena je heterogenost u distribuciji odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara između pozicija uz zid, ispod hranilica i ispod pojilica. Odrasle jedinke su u prvim tjednima uzgojnog ciklusa bile koncentrirane na pozicijama uz zid te u kasnijim tjednima, kao i ličinke kod manje brojnosti koncentrirani na pozicijama ispod hranilica, a kod veće na pozicijama uz zid.
4. U promatranim objektima su tijekom svih uzgojnih ciklusa utvrđene visoke oscilacije vanjske temperature, niske oscilacije temperature stelje te konstantan pad temperature u objektu tijekom tjedana uzorkovanja.
5. Istraživanjem je utvrđena slaba pozitivna veza između brojnosti uzorkovanih kukaca i temperature stelje u prvom objektu ($r=0,188$) te slaba negativna veza u drugom ($r=-0,0095$) i trećem objektu ($r=-0,149$).
6. Na kretanje brojnosti manjih brašnara tijekom godine utjecale su fluktuacije vanjske temperature između uzgojnih ciklusa što je pogodovalo visokim opetovanim reinfestacijama tijekom ljetnih uzgojnih ciklusa.
7. Kod male brojnosti manji brašnari su se u promatranim peradarskim objektima koncentrirali u područjima s višom temperaturom, dok kod velike brojnosti ovaj ekološki parametar nije imao utjecaj na distribuciju.

8. Laboratorijskim testiranjem osjetljivosti odraslih manjih brašnara izlaganjem tretiranim površinama nakon 48 sati ekspozicije insekticid naturalit spinosad ($LC_{50}=0,1 \mu\text{g cm}^{-2}$) pokazao se toksičnijim od sintetskog piretroida ciflutrina ($LC_{50}=0,62 \mu\text{g cm}^{-2}$).
9. Prirodni organski spoj 1,8-cineol pokazao je dobru fumigantnu učinkovitost na testiranim kukcima ($LC_{50}=0,04 \mu\text{L ml}^{-1}$) i mogao bi se koristiti u razvoju prirodnih formulacija biocida s insekticidnim učinkom te biti sastavni dio integrirane kontrole manjih brašnara u peradarskim objektima.
10. Učinkovitost testiranih spojeva na testirane kukce može se relativno pojačati s povećanjem vremena izloženosti. Vrijednosti toksičnosti ciflutrina statistički su se značajno mijenjale do 6. dana izlaganja, spinosada do 2. dana izlaganja, a toksičnost 1,8-cineola do 7. dana izlaganja koncentracijama upotrijebljenim u eksperimentu.

7 LITERATURA

1. Abdelgaleil SA, Mohamed MI, Badawy ME, EL-arami SA. 2009. Fumigant and contact toxicities of monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on acetylcholinesterase activity. *Jurnal of Chemistry and Ecology*. 35 (5): 275-284.
1. Adams J. 2003. Vector abatement plan-darkling beetles, pp. 1-12. In CAMM Poultry. Clemson University Cooperative Extension Service, Clemson, South Carolina.
2. Alborzi AR, Rahbar A. 2012. Introducing *Alphitobius diaperinus* (Insecta: Tenebrionidae) as a New Intermediate Host of *Hadjelia truncata* (Nematoda). *Iranian Jurnal of Parasitology*. 7 (2): 92-98.
3. Alves LFA, Neves PMOJ. 2008. Factors affecting Diatomaceous Earth effectiveness in the control of *Alphitobius diaperinus* (Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae) adults. *Neotropical Entomology*. 37 (6):716-722.
4. Alves VS, Neves PMOJ, Alves LFA, Moino A, Holz N. 2012a. Entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae and Steinernematidae) screening for lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) control. *Revista Colombiana Entomologia*. 38(1).
5. Alves VS, Alves LFA, Vemura-Lima DH. 2012b. Activity of neem cake on adults of the lesser mealworm in laboratory. *Cientificos Rural*. 42 (5): 888-893.
6. Anon. Pravilnik o određivanju minimalnih pravila za zaštitu pilića koji se uzgajaju za proizvodnju mesa (Narodne novine br. 79/08).
7. Anon. Zakon o zaštiti životinja (Narodne novine br. 135/06 i 37/13).
8. Apuya LC, Stringham SM, Arends JJ, Brooks WM. 1994. Prevalence of protozoan infections in darkling beetles from poultry houses in North Carolina. *Journal of Invertebrate Pathology*. 63: 255-259.
9. Armitage DM. 1985. Environment of deep-pit poultry houses: survey of air and manure temperatures in British houses. *Poultry Science*. 26: 275-280.
10. Arthur FH. 1999. Effect of Temperature on Residual Toxicity of Cyfluthrin Wettable Powder. *Journal of Economic Entomology*. 92 (3): 695-699.
11. Athanassiou CG, Kavallierratos NG, Yiatilis AE, Vayias BJ, Mavrotas CS, Tomanović Ž. 2008. Influence of Temperature and Humidity on the Efficacy of Spinosad Against Four Stored-Grain Beetle Species. *Journal of Insect Science*. 8 (60): 1-9.
12. Axtell RC, Arends JJ. 1990. Ecology and management of arthropod pests of poultry. *Annual Review of Entomology*. 35: 101-125.
13. Axtell, RC. 1994. Biology and economic importance of the darkling beetle in poultry houses. *Proc. North Carolina State Univ. Poultry Supervisors' Short Course*. p. 8-17.
14. Axtell, RC. 1999. Poultry integrated pest management: Status and future. *Integrated Pest Management Reviews*. 4: 53-73.
15. Barké HE, Davis R. 1967. Sexual dimorphism in the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panz.) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of the Georgia Entomological Society*. 2: 120-121.

16. Bartlet R, Zilkowski BW, Cossé AA, Dayton C, Steelman C, Singh N. 2009. Male-Produced Aggregation Pheromone of the Lesser Mealworm Beetle, *Alphitobius diaperinus*. *Journal of Chemical Ecology*. 35 (4): 422-434.
17. Bates C, Hiatt KL, Stern NJ. 2004. Relationship of *Campylobacter* isolated from poultry and from darkling beetles in New Zealand. *Avian Diseases*. 48 (1): 138-47.
18. Bayer CropScience. 2012. Tehnički list. Solfac EW.
19. Bhattacharyya S. 1995. Coleopteran insects in the nests of birds in West Bengal. *Environment and Ecology*. 13 (3): 629-632.
20. Boozer WE. 2008. Insecticide susceptibility of the adult darkling beetle *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae): topical treatment with bifenthrin, imidacloprid and spinosad. Thesis. Auburn University.
21. Calibeo-Hayes D, Denning SS, Stringham SM, Watson DW. 2005. Lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) emergence after mechanical incorporation of poultry litter into field soils. *Journal of Economic Entomology*. 98: 229-235.
22. Camargo-Neto AF, Tallarico E, Caprioglio MA, Soares VE, Meireles MS, Silva GS. 2006. Seasonal variation of *Alphitobius diaperinus* population in broiler facilities in the center-north region of the state of São Paulo. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 8: 183-185.
23. Casteels H, Moerman R, Muduturi JS, De Clercq R. 1996. Occurrence of insect pests in imported stored products in Belgium during the period 1991-1995. *Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen*. 61 (3A): 637-701.
24. Chernaki AM, Almeida LM. 2001. Morphology of the immature stages and of the adult of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Revista Brasileira de Zoologia*. 18 (2): 351-363.
25. Chernaki-Leffer AM, Sosa-Gomez DR, Almeida LM. 2006. Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera, Tenebrionidae) to insect growth regulator (IGR). *Arquivos do Instituto Biológico*. 73 (1): 51-55.
26. Chernaki-Leffer AM, Almeida LM, Sosa-Gomez DR, Anjos A, Vogado KM. 2007. Populational fluctuation and spatial distribution of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Brazilian Journal of Biology*. 67 (2): 209-213.
27. Chernaki-Leffer AM, Sosa-Gomez DR, Almeida LM, Negrão Lopes O. 2011. Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera, Tenebrionidae) to cypermethrin, dichlorvos and triflumuron in southern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*. 55 (1): 125-128.
28. Chromos agro. 2013. Laser SC. Tehnički list.
29. Cogan P, Webb D, Wakefield M. 1996. A comparison of four residual insecticides for the control of the lesser mealworm beetle (*Alphitobius diaperinus* Panzer) in turkey broiler houses in the UK. *International Pest Control*. March/April, 52-55.
30. Cressie N. 1992. *Statistics for Spatial Data*. John Wiley & Sons, New York.
31. Crook PG, Novak JA, Spilman TJ. 1980. The lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*, in the scrotum of *Rattus norvegicus*, with notes on other vertebrate associations (Coleoptera, Tenebrionidae; Rodentia, Muridae). *Coleopterists Bulletin*. 34: 393-396.
32. Dale PS, Hays JC, Johannesson J. 1976. New plant pests. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 19: 265-269.

33. De Las Casas E. 1972. Bacteria and fungi within the lesser mealworm collected from poultry brooder houses. *Environmental Entomology*. 1 (1): 27-30.
34. De Las Casas E, Harein PK, Deshmukh DR, Pomeroy BS. 1973. The relationship between the lesser mealworm and avian viruses Reovirus. *Environmental Entomology*. 2 (6): 1043-1047.
35. De Las Casas E, Harein PK, Deshmukh DR, Pomeroy BS. 1976. Relationship between the lesser mealworm, fowl pox and Newcastle disease virus in poultry. *Journal of Economic Entomology*. 69: 775-779.
36. Despins JL, Turner EC, Ruzsler PL. 1987. Construction profiles of high rise caged layer houses in association with insulation damage caused by the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) in Virginia. *Poultry Science*. 66: 243-250.
37. Despins JL, Vaughn JA, Turner EC. 1988. Role of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) as a predator of the house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae), in poultry houses. *The Coleopterists Bulletin*. 42 (3): 211-216.
38. Despins J, Turner E, Ruzsler P. 1989. Effects of poultry manure moisture and poultry house construction materials on the movements of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae), a structural insect pest in high rise caged layer houses. *Poultry Science*. 68: 1326-1331.
39. Despins JL, Turner EC, Pfeiffer DG. 1991. Evaluation of methods to protect poultry house insulation from infestations by lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Agricultural Entomology*. 8 (3): 209-21.
40. Despins JL, Axtell RC, Rives DV, Guy JS, Ficken MD. 1994. Transmission of enteric pathogens of turkeys by darkling beetle larva (*Alphitobius diaperinus*). *Journal of Applied Poultry Research*. 3: 61-65.
41. Despins JL, Axtell RC. 1995. Feeding behavior and growth of broiler chicks fed larvae of the darkling beetle, *Alphitobius diaperinus*. *Poultry Science*. 74: 331-336.
42. Dunford JC. 2000. The darkling beetles of Wisconsin (Coleoptera: Tenebrionidae): taxonomy, natural history, and distributions. Thesis, University of Wisconsin-Madison. 291 pp.
43. Edwards JP, Abraham L. 1985. Laboratory evaluation of two insect juvenile hormone analogues against *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Product Research*. 21 (4): 189-194.
44. Eidson CS, Schmittle SC, Goode CB, Lal JB. 1966. Induction of leukosis tumors with the beetle *Alphitobius diaperinus*. *American Journal of Veterinary Research*. 27 (119): 1053-1057.
45. Elowni EE, Elbihari S. 1979. Natural and experimental infection of the beetle, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) with *Choanotaenia infundibulum* and other chicken tapeworms. *Veterinary Science Communications*. 3: 171-173.
46. Falomo AA. 1986. The Pheromone Biology of the Lesser Mealworm *Alphitobius diaperinus* (Panzer), (Coleoptera: Tenebrionidae). Thesis. University of Wisconsin-Madison.
47. Filho EB, Costa VA, Aageesen TL. 1989. Occurrence of natural enemies of *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) in poultry areas of Bastos, State of Sao Paulo, Brazil. *Revista de Agricultura*. 64 (1): 8-9.

48. Fransisco O, Prado AP. 2001. Characterization of larval stages of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) using head capsule width. *Brazilian Journal of Biology*. 61 (1): 125-131.
49. Gazoni FL, Wilsmann CG, Flores F, Silveira F, Bampi RA, Bouffleur R, Lovato M. 2011. Efficacy of Phosphine Gas against the Darkling Beetle (*Alphitobius diaperinus*). *Acta Scientiae Veterinariae*. 39 (2): 965.
50. Gazoni FL, Bampi RA, Silveira F, Bouffleur R, Lovato M. 2012. Evaluation of the resistance of mealworms *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) at the different temperatures. *Arquivos do Instituto Biologico*. 79 (1): 9-74.
51. Geden CJ, Axtell RC, Brooks WM. 1985. Susceptibility of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) to the entomogenous nematodes *Steinernema feltiae*, *S glaseri* (Steinernematidae) and *Heterorhabditis heliothidis* (Heterorhabditidae). *Journal of Entomological Science*. 20 (3): 331-339.
52. Geden CJ, Edwards TD, Arends JJ, Axtell RC. 1987. Efficacies of Mixtures of Disinfectants and Insecticides. *Poultry Science*. 66: 659-665.
53. Geden CJ, Axtell RC. 1987. Factors affecting climbing and tunneling behavior of the lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*. 80: 1197-204.
54. Geden CJ, Axtell RC. 1988. Effect of temperature on nematode (*Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae) Treatment of soil for control of lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) in turkey houses. *Journal of Economic Entomology*. 8: 800-3.
55. Geden CJ, Arends JJ, Rutz DA, Steinkraus DC. 1998. Laboratory evaluation of *Beauveria bassiana* (Moniliales: Moniliaceae) against the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) in poultry litter and soil. *Biological Control*. 13: 71-77.
56. Geden CJ, Carlson DA. 2001. Mechanical Barrier for preventing climbing by lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) and hide beetle (Coleoptera: Dermestidae) larvae in poultry houses. *Journal of Economic Entomology*. 94: 1610-1616.
57. Geden CJ, Steinkraus DC. 2003. Evaluation of three formulations of *Beauveria bassiana* for control of lesser mealworm and hide beetle in Georgia poultry houses. *Journal of Economic Entomology*. 96: 1602-7.
58. Geissler H, Kösters J. 1972. Die hygienische Bedeutung des Getreideschimmelkäfers (*Alphitobius diasperinus* Panz.) in der Geflügelmast. *Deut Tierarztl Woch*. 79: 179-81.
59. Gindin G, Glazer I, Mishoutchenko A, Samish M. 2009. Entomopathogenic fungi as a potential control agent against the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* in broiler houses. *Biocontrol*. 54: 549-58.
60. Gogoi AR, Chaudhuri RP. 1982. Contribution to the fowl cestodes *Raillietina tetragona*, *Raillietina echinobothrida* and *Raillietina cesticillus*. *Indian Journal of Animal Sciences*. 52: 2462-53.
61. Goodwin MA, Waltman WD. 1996. Transmission of Eimeria, viruses, and bacteria to chicks: darkling beetles (*Alphitobius diaperinus*) as vectors of pathogens. *Jurnal of Applied Poultry Research*. 5: 51-55.
62. Green M. 1980. *Alphitobius viator* Mulsant & Godart in stored products and its identification (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*. 16: 67-70.

63. Hamel D. 1993. Problem skladišnih štetnika na uskladištenim sastojcima u tvornicama stočne hrane. *Krmiva*. 35: 27-32.
64. Hamm RL, Kaufman PE, Reasor CA, Rutz DA, Scott JG. 2006. Resistance to cyfluthrin and tetrachlorvinphos in the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*, collected from the eastern United States. *Pest Management Science*. 62: 673-677.
65. Harein PK, De Las Casas E, Pomeroy BS, York MD. 1970. *Salmonella* spp. and serotypes of *Escherichia coli* isolated from the lesser mealworm collected in poultry brooder houses. *Journal of Economic Entomology*. 63: 80-82.
66. Hazeleger WC, Bolder NM, Beumer RR, Jacobs-Reitsma WF. 2008. Beetles and larve of *Alphitobius diaperinus* (darkling beetle) as potential vectors for the transfer *Campylobacter jejuni* and *Salmonella Java* between successive broiler flocks. *Applied and Environmental Microbiology*. 72 (22): 6887-6891.
67. Hinton JL, Moon RD. 2003. Arthropod populations in high-rise, caged layer houses after three manure cleanout treatments. *Journal of Economic Entomology*. 96: 1352-1361.
68. Holger J. 2011. Investigations on the efficacy of synthetic amorphous silica against the darkling beetle (*Alphitobius diaperinus*). Thesis. University of Leipzig.
69. Huber K, Gouilloud L, Zenner L. 2007. A preliminary study of natural and experimental infection of the lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) with *Histomonas meleagridis* (Protozoa: Sarcocystidae). *Avian Pathology*. 36 (4): 279-82.
70. Hulley P, Pfeleiderer M. 1988. The coleoptera in poultry manure-potential predators of house flies, *Musca domestica* Linnaeus (Diptera: Muscidae). *Journal of the Entomological Society of South Africa*. 51 (1): 17-29.
71. Ichinose T, Shibasaki S, Ohta M. 1980. Studies on the biology and mode of infestation of the Tenebrionid beetle *Alphitobius diaperinus* (Panzer) harmful to broiler chicken houses. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*. 24: 167-174.
72. Jespersen JB, Lauridsen MK. 1997. Chemical control of litter beetles in a paren flock farm. *Danish Pest Infestation Laboratory. Annual Report*. 74-75.
73. Karunamoorthy G, Chellappa DJ, Anandari R. 1994. The life history of *Subulura brumpti* in the beetle *Alphitobius diaperinus*. *Indian Veterinary Journal*. 71: 12-15.
74. Kaufman PE, Reasor C, Waldron JK, Rutz DA. 2005a. Suppression of Adult Lesser Mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) Using Soil Incorporation of Poultry Manure. *Journal of Economic Entomology*. 98 (5): 1739-1743.
75. Kaufman PE, Reasor C, Murray KD, Waldron JK, Rutz DA. 2005b. Evaluation of a barrier to inhibit lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) and Dermestidae movement in high-rise, caged-layer poultry facilities. *Journal of Economic Entomology*. 98: 1744-1749.
76. Kaufman PE, Strong C, Rutz YES. 2008. Sensitivity lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) adults and larvae exposed to two commercial insecticides unpainted plywood boards. *Pest Management Science*. 64 (2): 108-111.
77. Khan BA, Day PA, Goonewardene LA, Zuidhof MJ, Hawkins G. 1998. Efficacy of tetrachlorvinphos insecticide dust against darkling beetles in commercial broiler chicken barns. *Canadian Journal of Animal Science*. 78: 723-725.
78. Korunić Z. 1990. Šetnici uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Izdavač Gospodarski List Zagreb. str: 67

79. Korunić Z. 1998. Diatomaceous earth, a group of natural insecticides. *Jurnal of Stored Product Research*. 34: 87-97.
80. Korunić Z, Rozman V. 2008. Fumigacija eteričnim uljem cineol in vitro. *Zbornik radova DDD i ZUP 2008*. str: 193-205.
81. Kozlov VI. 1970. The Tenebrionid *Alphitobius diaperinus*, a predator of *Dermanyssus gallinae*. *Parazitologiya*. 4: 363-364.
82. Kralik G, Kralik I, Kralik Z, Janječić Z. 2012. Peradarstvo Republike Hrvatske-Stanje i perspektiva. *Krmiva*. 54: 47-58.
83. Lambkin, TA. 2005. Baseline response of adult *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) to fenitrothion and susceptibility status of populations in Queensland and New South Wales, Australia. *Journal of Economic Entomology*. 98: 938-942.
84. Lambkin TA, Rice SJ. 2006. Baseline Responses of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Cyfluthrin and Detection of Strong Resistance in Field Populations in Eastern Australia. *Journal of Economic Entomology*. 99 (3): 908-913.
85. Lambkin TA. 2007. Distributions of lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) in litter of a compacted earth floor broiler house in subtropical Queensland, Australia, *Journal of Economic Entomology*. 100: 1136-46.
86. Lambkin TA, Rice SJ. 2007. Baseline Responses of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Spinosad and Susceptibility of Broiler Populations in Eastern and Southern Australia. *Journal of Economic Entomology*. 100: 1423-7.
87. Lambkin TA, Kopittke RA, Rice SJ, Bartlett JS, Zalucki MP. 2008. Factors affecting localized abundance and distribution of lesser mealworm in earth-floor broiler houses in subtropical Australia. *Journal of Economic Entomology*. 101: 61-65.
88. Lambkin TA, Rice SJ, Furlong M. 2010. Responses of susceptible and cyfluthrin-resistant broiler house populations of lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) to gamma-cyhalothrin. *Journal of Economic Entomology*. 103: 2155-63.
89. Lambkin TA. 2011. The ecology and management of lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) in eastern Australian broiler houses PhD Thesis, School of Biological Sciences, The University of Queensland.
90. Lambkin TA, Furlong MJ. 2011. Metabolic mechanisms only partially explain resistance to pyrethroids in Australian broiler house populations of lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*. 104: 629-635.
91. Lambkin TA, Swain AJ, Rice SJ, Bartlett JS, Zalucki MP. 2012. Field assessments of control agents for lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) using litter sampling. *Journal of Economic Entomology*. 105: 979-987.
92. Lee S, Choi W, Lee H, Park B. 2000. Cross-resistance of a chlorpyrifos-methyl resistant strain of *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Cucujidae) to fumigant toxicity of essential oil extracted from *Eucalyptus globulus* and its major monoterpene, 1,8-cineole. *Journal of Stored Products Research*. 36 (4): 383-389.
93. Lee BH, Annis PC, Tumaalii F. 2003. The potential of 1,8-cineole as a fumigant for stored wheat. *Stored grain in Australia 2003*. Proceedings of the Australian Postharvest Technical Conference, Canberra. 25-27, June 2003.

94. Leffer AM, Martinis LM, Pedroso AC, Astolfi-Ferreira CS, Feirreira AJ. 2010. Vectorial competence of larvae and adults of *Alphitobius diaperinus* in the transmission of *Salmonella enteritidis* in poultry. *Vector Borne Zoonotic-Disaise*. 10 (5): 481-487.
95. Lindley JA, Whitaker JH. 1996. *Agricultural building and structures*. ASAE. USA.
96. Liška A, Rozman V, Kalinović I, Eđed A, Mustač S, Perhoč B. 2011. Bioactivity of 1,8-cineole against red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) pupae. *Poljoprivreda*. 17 (1): 58-63.
97. Lohren U. 1972. The effect of different insecticides on the corn mould beetle (*Alphitobius diaperinus*). *Deutsche Tieraerztliche Wochenschrift*. 79: 504–506.
98. Lonc E, Mazurkiewicz, Doroszkiewicz W, Kolpa A, Manka M. 2001. Microbial control of coleopteran larvae of *Alphitobius diaperinus* and *Tenebrio molitor*-grain pests. *Medycyna Weterynaryjna*. 57 (4): 258-26.
99. Macmillan HA, Sinclair BJ, 2011. Mechanisms underlying insect chill-coma. *Journal of Insect Physiology*. 57 (1): 12-20.
100. Macmillan AH, Williams CM, Staples JF, Sinclair BJ. 2012. Reestablishment of ion homeostasis during chill-coma recovery in the cricket *Gryllus pennsylvanicus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 109 (50): 20750-20755.
101. Majchrowicz I. 1985. Occurrence of *Alphitobius diaperinus* in poultry farms. *Wiadomosci Entomologiczne*. 6 (1-2): 77-78.
102. Malvić T. 2008. *Kriging geostatistička interpolacijska metoda*, Hrvatsko geološko društvo, Zagreb.
103. Marcomini AM., Alves LFA, Bonini AK, Mertz NR, Santos JC. 2009. Insecticidal activity of plant extracts and neem oil on *Alphitobius diaperinus* Panzer adults (Coleoptera, Tenebrionidae). *Arquivos do Instituto Biológico*. 76 (3): 409-416.
104. Matković K, Vučemilo M, Matković S, Pavičić Ž, Ostrović M. 2013. Utjecaj mjera biosigurnosti na ponašanje i dobrobit tovnih pilića. *Krmiva* 55: 115-121.
105. McAllister JC, Steelman DO, Skeeles LK. 1994. Reservoir competence of the lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) for *Salmonella typhimurium* (Eubacteriales: Enterobacteriaceae). *Journal of Medical Entomology*. 31: 369-372.
106. McAllister JC, Steelman CD, Newberry LA, Skeeles JK. 1995. Isolation of infectious bursal disease Virus from the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer). *Poultry Science*. 74: 45-49.
107. McAllister JC, Steelman CD, Skeeles JK, Newberry LA, Gbur EE. 1996. Reservoir competence of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) for *Escherichia coli* (Eubacteriales: Enterobacteriaceae). *Journal of Medical Entomology*. 33 (6): 983-987.
108. Miller RW. 1990. Use of ivermectin to control the lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) in a simulated poultry broiler house. *Poultry Science*. 69 (8): 1281-84.
109. Mishchenko AA, Mashke IA. 1987. Harmful beetles (Coleoptera) – inhabitants of livestock premises. *Veterynaria-KYIV*. 62: 68.
110. Mohammad A, Jan GA, Asmatullah K. 1985. Insect fauna of birds nests in N.W.F.P. *Bulletin of Zoology, Pakistan*. 2: 1-7.

111. Moya A, Flores R, Ovies D. 1977. On the epizootiology of heteroxenous helminths of the (*Gallus gallus* forma domestica) in Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Veterinarias*. 8: 25-29.
112. Mustač S, Rozman V, Liška A. 2011. Manji brašnar *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) – ekonomski značajan štetnik peradarske proizvodnje. *Zbornik radova DDD i ZUP 2011*. 237-247.
113. Mustač S, Merdić E. 2012. Kretanje brojnosti manjeg brašnara *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera Tenebrionidae) u peradarskim objektima tijekom godine. *Zbornik radova DDD i ZUP 2012*. 231-242.
114. Narahashi T. 1996. Neuronal ion channels as the target sites of insecticides. *Pharmacology and Toxicology*. 78: 1-14.
115. Narahashi T, Zhao X, Ikeda T, Nagata K, Yeh JZ. 2007. Differential actions of insecticides on target sites: basis for selective toxicity. *Human and Experimental Toxicology* 26 (4): 361-6.
116. Nemeseri L, Gesztessy T. 1973. Mass incidence of *Alphitobius diaperinus* on poultry farms. *Magyar Aallatorvosok Lapja*. 28 (6): 335-338.
117. O'Connor JP. 1987. *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) damaging polystyrene insulation on an Irish piggery. *Entomologist's Monthly Magazine*. 123: 1472-1475.
118. Oliveira DG, Alves LFA. 2007. Interação do fungo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. com terra diatomácea para o controle de *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae), o cascudinho dos aviários. *BioAssay*. 2 (6): 201-208.
119. Oliveira DGP, Alves LFA, Marchese LPC, Thomazoni D. 2009. Persistence of insecticidal activity and repellency of the diatomaceous earth against the lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Ciencias Agrarias*. 30 (1): 201-210.
120. Orr N, Shaffner AJ, Richey K, Crouse GD. 2009. Novel mode of action of spinosad: Receptor binding studies demonstrating lack of interaction with known insecticidal target sites. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 95 (1): 1-5.
121. Ovies D, Birov V. 1976. Epizootiology of *Subulura suctoria* in Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Veterinarias*. 3: 71-79.
122. Palacios SM, Bertoni A, Rossi Y, Santander R, Urzua A. 2009. Efficacy of Essential Oils from Edible Plants as Insecticides against the House Fly, *Musca Domestica* L. *Molecules*. 14 (5): 1938-1947.
123. Papachristos DP, Stamopoulos DC. 2004. Fumigant toxicity of three essential oils on the eggs os *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Brichidae). *Journal of Stored Products Research*. 40: 517-525.
124. Pena GLE. 1973. Nuevos insectos introducidos accidentalmente en Chile. *Revista Chilena de Entomologia*. 7: 251.
125. Pfeiffer DG, Axtell RC, 1980. Coleoptera of poultry manure in caged-layer houses in North Carolina. *Environmental Entomology*. 9: 21-28.
126. Phillips AK, Appel AG. 2010. Fumigant Toxicity of Essential Oils to the *German Cockroach* (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology*. 103 (3): 781-790.

127. Pinto JAR, de Carvalho RIN, Netto SP, Webe, SH, de Souza E, Furiatti RS. 2010. Bioactivity of essential oils of Brazilian sassafras and eucalyptus against lesser mealworm. *Ciencia Rural*. 40: 637-643.
128. Prado GP, Stefani LM, Da Silva LS, Smaniotto LF, Mello Garcia FR, De Moura NF. 2013. *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) Susceptibility to *Cunila angustifolia* Essential Oil. *Jurnal of Medical Entomology*. 50 (5): 1040-1045.
129. Prates HT, Santos JP, Waquil JM, Fabris JD, Oliveira AB. 1999. The potential use of plant substances extracted from Brazilian flora to control stored grain pest. In: Zuxun J, Quan L, Yongcheng I, Xiangchang T, Lianghua G. *Stored Product Protection, Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-product Protection, 14-19 October 1998, Beijing, China*, pp. 820-825.
130. Preiss FJ, Davidson JA. 1971. Adult longevity, pre-oviposition period and fecundity of *Alphitobius diaperinus* in the laboratory (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of the Georgia Entomological Society*. 6: 105-109.
131. Raspudić E, Majić I, Brmež M, Ivezić M, Liška A, Trdan S, Pribetić Đ. 2013. Mogućnost primjene entomopatogenih nematoda u kontroli manjeg brašnara *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae) 6. Međunarodni znanstveno-stručni skup: Poljoprivreda u zaštiti prirode i okoliša. Vukovar. 27-29. svibanj. 2013.
132. Reddell, J. R. 1966. A checklist of the cave fauna of Texas. II. Insecta. *Texas Journal of Science*. 18: 25-56.
133. Renault D, Salin C, Vannier G, Vernon P. 1999. Survival and chill-coma in the adult lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae), exposed to low temperatures. *Journal of Thermal Biology*. 24: 229-236.
134. Renault D, Hervant F, Vernon P. 2002. Comparative study of the metabolic responses during food shortage and subsequent recovery at different temperatures in the adult lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Physiological Entomology*. 27: 291-301.
135. Renault D, Hance T, Vannier G, Vernon P. 2003. Is body size an influential parameter in determining the duration of survival at low temperatures in *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae). *Jurnal of Zoology*. 259 (4): 381-388.
136. Renault D, Coray Y. 2004. Water loss of male and female *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) maintained under dry conditions. *European Journal Entomology*. 101: 491-494.
137. Reyna PS, Mcdougald LR, Mathis GF. 1983. Survival of coccidia in poultry litter and reservoirs of infection. *Avian Diseases*. 27: 464-473.
138. Roche AJ, Cox NA, Richardson LJ, Buhr RJ, Cason JA, Fairchild BD. 2009. Transmission of Salmonella to broilers by contaminated larval and adult lesser mealworms, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Poultry Sciencs*. 88 (1): 44-8.
139. Rossi MN, Godoy WAC. 2005. Web contents of *Nestiocodes rufipes* and *Latrodectus geometricus* (Araneaea: Theridiidae) poultry house. *Journal of Entomological Science*. 40: 347-351.
140. Rowland R, Macklin K, Simpson G, Donald J, Campbell J. 2007. Understanding andcontrolling litter beetles. *Poultry Engineering, Economics and Management Newsletter*. Issue No. 50.

141. Rozman V, Kalinović I, Korunić Z, 2007. Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*. 43: 349.
142. Rueda LM, Axtell RC, 1996. Temperature-dependent development and survival of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*. *Medical and Veterinary Entomology*. 10: 80-86.
143. Safrit RD, Axtell RC. 1984. Evaluation of sampling methods for darkling beetles (*Alphitobius diaperinus*) in the litter of turkey and broiler houses. *Poultry Science*. 63: 2368-2375.
144. Sallet LAP, Araujo M, Monnerat R. 2013. Settlement *Alphitobius diaperinus* Panzer, 1779 (Coleoptera: Tenebrionidae) on Different Diets in the Laboratory. *Bioscience Methods* 4 (6): doi: 10.5376.
145. Salgado VL, Sheets JJ, Watson GB, Schmidt AL. 1998. Studies on the mode of action of spinosad: insect symptoms and physiological correlates. *Pesticide Biochemistry Physiology*. 60 (2): 103-110.
146. Salin C, Vernon P, Vannier G, 1998. The supercooling and high temperature stupor points of adult lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae). *Jurnal Stored Product Reserch*. 34: 384-394.
147. Salin C, Delettre YR, Cannavacciuolo M, Vernon P. 2000. Spatial distribution of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) in the soil of a poultry house along a breeding cycle. *European Journal of Soil Biology*. 36: 107-115.
148. Salin C, Delettre YR, Vernon P. 2003. Controlling the Mealworm *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) in Broiler and Turkey Houses: Field Trials with a Combined Insecticide Treatment: Insect Growth Regulator and Pyrethroid. *Journal of Economic Entomology*. 96 (1): 126-130.
149. Sarin K, Saxena SC. 1975. Food preference and site of damage to preferred products by *Alphitobius diaperinus* Panz. *Bulletin of Grain Technology*. 13: 50-51.
150. Santoro PH, Neves PMOJ, Amaro JT, Constan K. 2010a. Association of inert powders with the entomopathogenic *fungi* for darkling beetle (*Alphitobius diaperinus*) control. *Ciencia Rural* vol. 40 (6.): <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010005000087>.
151. Santoro PH, Neves PMOJ, Alexandre TM, Gavaguchi SA, Alves LFA. 2010b. *Carcinops troglodytes* (Erichson) (Coleoptera: Histeridae) predando larvas de *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) em aviaries. *Neotropical Entomology*. 39 (5): <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2010000500026>.
152. Savage S. 1992. Reducing darkling beetles. *Poultry Digest*. 51: 34-36.
153. Saxena SC, Sarin K. 1972. Relative toxicity of some common insecticides to the adults of *Alphitobius diaperinus* (Panz.). *Indian Journal of Entomology*. 34: 349-351.
154. Schmitz VM, Wohlgemuth R. 1988. Untersuchungen zum massenaufreten und verhalten von *Alphitobius diaperinus* Panz. (Coleoptera: Tenebrionidae) in Huhnermastbetrieben als Grundlage zur praxiisgerechten bekämpfung. *Anzeiger Fuer Schaedlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz*. 61: 108-114.
155. Schroeckenstein DC, Meier-Davis S, Graziano FM, Adejoju F, Bush RK. 1988. Occupational sensitivity to *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (lesser mealworm). *Journal of allergy and clinical immunology*. 82 (6): 1081-1088.

156. Seedorf J, Hartung J; Schroder M, Linkert KH; Pedersen S, Takai SH; Johnsen JO, Metz JHM, Groot Koerkamp PWG, Uenk GH; Phillips VR, Holden MR, Sneath RW, Short JL, White RP, Wathes CM. 1998. Temperature and Moisture Conditions in Livestock Buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 70: 49-57.
157. Sigma-Aldrich. 2011. 1,8-Cineol primary pharmaceutical reference standard.
158. Singh N, Johnson DT. 2012. Attractiveness of an aggregation pheromone lure and chicken droppings to adults and larvae of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) *Journal of Economic Entomology*. 105 (6): 2196-206.
159. Singh N, Johnson DT. 2013. Basic Answers *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) to an insect growth regulator. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*. 29 (1): 35-54.
160. Silfverberg H. 1979. *Alphitobius diaperinus* (Panz) (Tenebrionidae) etablerad in Finland. *Notulae Entomologicae*. 59 (4): 171.
161. Silva GS, Michels MG, Toma SB, Terra FE, Soares VE, Costa AJ. 2007. Effectiveness of the compound chlorpyrifos + cypermethrin + citronellal against *Alphitobius diaperinus*. Laboratory analysis and residue determination in carcasses. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 9: 157-160.
162. Snedeker CF, Wills K, Moulthrop IM. 1967. Some studies on the infectious bursal agent. *Avian Diseases*. 11: 519-528.
163. Söderlund DM, Bloomquist JR. 1989. Neurotoxic actions of pyrethroid insecticides. *Annual Review of Entomology*. 34: 77-96.
164. Söderlund DM, Clark JM, Sheets LP, Mullin LS, Piccirillo JV, Sargent D, Stevens JT, Weiner ML. 2002. Mechanisms of pyrethroid neurotoxicity: implications for cumulative risk assessment. *Toxicology* 171: 3–59.
165. Spencer A, Brøchner-Jespersen J. 1998. Insecticide use and resistance in beetles infesting broiler houses in Denmark. *Danish Pest Infestation Laboratory Annual Report, DPIL, Website*.
166. Stafford KC III, Collison CH, Burg JG, Cloud JA. 1988. Distribution and monitoring lesser mealworms, hide beetles, and other fauna in high-rise caged-layer poultry houses. *Journal of Agricultural Entomology*. 5: 89-101.
167. Steelman CD. 2008. Comparative Susceptibility of Adult and Larval Lesser Mealworms, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae), Collected from Broiler Houses in Arkansas to Selected Insecticides. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*. 25 (2): 111-125.
168. Steinkraus DC, Geden CG, Brooks WM. 1992. Discovery of the neogregarine *Farinocystis tribolii* and eugregarine in lesser mealworm. *Journal of Invertebrate Pathology*. 59: 203-205.
169. Steinkraus DC, Cross EA. 1993. Description of life history of *Acarophenax mahunkai*, n. sp. (Acari, Tarsonemina: Acarophenacidae), an egg parasite of the lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 86: 239–249.
170. Strother KO, Steelman CD. 2001. Spatial analysis of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) in broiler production facilities. *Environmental Entomology*. 30 (3): 556-561.

171. Strother KO, Steelman CD, Gbur EE. 2005. Reservoir Competence of Lesser Mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) for *Camphylobacter jejuni* (Camphylobacterales: Camphylobacteraceae). *Journal of Medical Entomology*. 42 (1): 42-47.
172. Stringham SM, Watson DW. 2008. News and notes on insect control. North Carolina State University. Research and Extension. Internet site at: [http://www.ces.ncsu.edu/depts/poulsoci/conferenc proceedings/turkey days/2008/stringham 2008. pdf](http://www.ces.ncsu.edu/depts/poulsoci/conferenc%20proceedings/turkey%20days/2008/stringham2008.pdf).
173. Szczepanik, M. Szumny A. 2011. Insecticidal activity of star anise (*Illicium verum* Hook. F.) fruits extract against lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae). *Allelopathy Journal*. 27: 277-288.
174. Szczepanik M, Zawitowska B, Szumny A. 2012. Insecticidal activities of *Thymus vulgaris* essential oil and its components (thymol and carvacrol) against larvae of lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae). *Allelopathy Journal*. 30 (1): 129-142.
175. Tabassum R, Hassan SM, Jahan M, Nurulain SM, Khan MF, Azmi MA. 1998. Determination of the toxicities of Fenpropathrin (Pyrethroid) and Neem Formulation (RB -a+PBO+TX-100) against *Alphitobius diaperinus* adults and their effects on transaminases. *Turkish Journal of Zoology*. 22 (4): 319-322.
176. Tavassoli M, Allymehr M, Oftad H. 2011. Prevalence of coleopteran species in the litter of commercially reared birds. *International Journal of Veterinary Research*. 5 (4): 232-238.
177. Templeton JM, De Jong AJ, Blackall PJ, Mifflin JK. 2006. Survival of *Campylobacter* spp. in Darkling Beetles (*Alphitobius diaperinus*) and Their Larvae in Australia. *Environmental Microbiology*. 72 (12): 7909.
178. Thompson GD, Dutton R, Sparks TC. 2000. Spinosad-a case study: an example from a natural products discovery programme. *Pest Management Science*. 56: 696-702.
179. Tomberlin JK, Richman T, Myers HM. 2008. Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) from Broiler Facilities in Texas to Four Insecticides. *Journal of Economic Entomology*. 101 (2): 480-483.
180. Tripathi AK, Prajapati V, Aggarwal KK, Kumar S. 2001. Toxicity, feeding deterrence, and effect of activity of 1,8-cineole from *Artemisia annua* on progeny production of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*. 94 (4): 973-83.
181. Tschinkel WR. 1975. A comparative study of the chemical defensive system of tenebrionid beetles: chemistry of the secretions. *Journal of Insect Physiology*. 21: 753-783.
182. Tseng YL, Davidson JA, Menzer RE. 1971. Morphology and chemistry of the odoriferous gland of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 64: 425-430.
183. Udovičić M, Baždarić K, Bilić-Zulle L, Petrovečki M. 2007. Što treba znati kada izračunavamo koeficijent korelacije? *Biochemia Medica* 17(1): 10-5.
184. Vaughan JA, 1982. Biology and control of the lesser mealworm: *Alphitobius diaperinus* a structural pest in poultry houses. Masters Thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University.

185. Vaughan JA, Turner EC, Ruszler PL. 1984. Infestation and damage of poultry house insulation by the lesser mealworm. *Alphitobius diaperinus* (Panzer). Poultry Science. 63: 1094-1100.
186. Uemura DH, Alves LFA, Opazo MAU, Alexandre TM, Oliveira DGP1, Ventura MU. 2008. Spatial distribution and population dynamics of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*, (Coleoptera: Tenebrionidae) in a broiler houses. Arquivos do Instituto Biológico. 75 (4): 429-435.
187. Vijverberg HPM, van den Bercken J. 1982. Action of pyrethroid insecticides on the vertebrate nervous system. Neuropathology and Applied Neurobiology. 8: 421-40.
188. Vijverberg HPM, van den Bercken J. 1990. Neurotoxicological effects and the mode of action of pyrethroid insecticides. Critical Reviews in Toxicology. 21: 105-26.
189. Voris JC, Meyer JA, Pfost R, Woodbury R. 1994. Temperature affects lesser mealworm populations in turkey brooder houses. California Agriculture. 48 (2): 18-21.
190. Wakefield ME, Cogan PM 1990. Resistance to iodofenphos and malathion in the lesser mealworm *Alphitobius diaperinus*. In Proceedings 5th International Working Conference of Stored Protection, Bordeaux. 1065-1074.
191. Wang X, Li Q, Shen L, Yang J, Cheng H, Jiang S, Jiang C, Wang H. 2014. Fumigant, contact, and repellent activities of essential oils against the darkling beetle, *Alphitobius diaperinus*. Journal of Insect Science. 14: članak 151.
192. Watson DW, Guy JS, Stringham SM. 2000. Limited transmission of turkey coronavirus in young turkeys by adult *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Medical Entomology. 37 (3): 480-3.
193. Watson DW, Kaufman PE, Rutz DA, Glenister CS. 2001. Impact of the Darkling Beetle *Alphitobius diaperinus* (Panzer) on Establishment of the Predaceous Beetle *Carcinops pumilio* (Erichson) for *Musca domestica* Control in Caged-Layer Poultry Houses. Biological Control. 20: 8-15.
194. Watson DW, Denning SS, Zurek L, Stringham SM, Elliott J. 2003. Effects of lime hydrate on the growth and development of darkling beetle, *Alphitobius diaperinus*. International Journal of Poultry Science. 2: 91-96.
195. Weaver JE. 1996. The Lesser Mealworm, *Alphitobius diaperinus*: Field Trials for Control in a Broiler House with Insect Growth Regulators and Pyrethroids. Journal of Agricultural Entomology. 13: 93-97.
196. Weaver JE, Kondo VA. 1987. Laboratory evaluation of insect growth regulators in producing lesser mealworm mortality and egg infertility. Journal of Agricultural Entomology. 4: 233-245.
197. Wilson TH, Miner FD. 1969. Influence of temperature on development of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of the Kansas Entomological Society. 42: 294-303.
198. Wilson DD, Schmidtman ET, Richard RD, Lehman RD, George TD, Blok J. 1986. Isolation of avian influenza from insects. Arbovirus research in Australia. 221-226.
199. Yagi A, Razig MTA. 1972. *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera, Tenebrionidae) in pigeon houses in the Sudan. Current Science. 5: 64.

200. Yildirim I. 2011. The effects of various essential oils (carvacrol, cinamaldehyde, thymol) having antimicrobial properties that are applied to broiler litter on litter hygiene and broiler performance. Ankara Universitesi Veteriner Faculteri Degrisi. 58: 123-127.

8 POPIS SLIKA

Slika 1. Jaje manjeg brašnara (Foto: Slavica Mustač)	5
Slika 2. Ličinka manjeg brašnara (Foto: Slavica Mustač)	6
Slika 3. Kukuljica manjeg brašnara (Foto: Slavica Mustač).....	7
Slika 4. Odrasla jedinka manjeg brašnara (Foto: Slavica Mustač)	8
Slika 5. Shematski prikaz postavljenih Arends cjevastih klopki	30
Slika 6. Klopka za uzorkovanje manjih brašnara (Foto: Slavica Mustač)	31
Slika 7. Čuvanje testiranih kukaca u kontroliranim uvjetima (Foto: Slavica Mustač)	32
Slika 8. Brojnost manjih brašnara u objektima 1 – 3 tijekom uzgojnih ciklusa	37
Slika 9. Brojnost odraslih manjih brašnara u prvom objektu.....	39
Slika 10. Brojnost odraslih manjih brašnara u drugom objektu.....	40
Slika 11. Brojnost odraslih manjih brašnara u trećem objektu	41
Slika 12. Brojnost ličinki manjeg brašnara u prvom objektu.....	42
Slika 13. Brojnost ličinki manjeg brašnara u drugom objektu.....	43
Slika 14. Brojnost ličinki manjeg brašnara u trećem objektu	44
Slika 15. Kretanje brojnosti odraslih i ličinki manjeg brašnara u prvom objektu	45
Slika 16. Kretanje brojnosti odraslih i ličinki manjeg brašnara u drugom objektu	46
Slika 17. Kretanje brojnosti odraslih i ličinki manjeg brašnara u trećem objektu	47
Slika 18. Kretanje vanjskih temperatura tijekom uzgojnih ciklusa	48
Slika 19. Kretanje unutrašnjih temperatura u prvom objektu	49
Slika 20. Kretanje unutrašnjih temperatura u drugom objektu	50
Slika 21. Kretanje unutrašnjih temperatura u trećem objektu.....	51
Slika 22. Usporedba vanjske temperature s unutrašnjom temperaturom i temperaturom stelje u prvom objektu	52
Slika 23. Usporedba vanjske temperature s unutrašnjom temperaturom i temperaturom stelje u drugom objektu	53
Slika 24. Usporedba vanjske temperature s temperaturom u objektu i temperaturom stelje u trećem objektu.....	54
Slika 25. Kretanje temperature stelje u objektima tijekom uzgojnih ciklusa.....	55
Slika 26. Temperatura stelje u prvom objektu	56
Slika 27. Temperatura stelje u drugom objektu	58
Slika 28. Temperatura stelje u trećem objektu.....	60
Slika 29. Prosječne temperature po tjednima za prvi objekt tijekom uzgojnih ciklusa	62
Slika 30. Prosječne temperature po tjednima za drugi objekt tijekom uzgojnih ciklusa	63
Slika 31. Prosječne temperature po tjednima za drugi objekt tijekom uzgojnih ciklusa	64
Slika 32. Temperature stelje i brojnost manjih brašnara u prvom objektu	65
Slika 33. Temperature stelje i brojnost manjih brašnara u drugom objektu	66
Slika 34. Temperature stelje i brojnost manjih brašnara u trećem objektu.....	66
Slika 35. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u prvom objektu u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan.....	68
Slika 36. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u drugom objektu u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan.....	69
Slika 37. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u trećem objektu u uzgojnom ciklusu kolovoz-rujan.....	70

Slika 38. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u prvom objektu u uzgojnom ciklusu listopad-studeni.....	72
Slika 39. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u drugom objektu u uzgojnom ciklusu listopad-studeni.....	73
Slika 40. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u trećem objektu u uzgojnom ciklusu listopad-studeni.....	74
Slika 41. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u prvom objektu u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača	76
Slika 42. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u drugom objektu u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača	77
Slika 43. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u trećem objektu u uzgojnom ciklusu siječanj-veljača	78
Slika 44. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u prvom objektu u uzgojnom ciklusu ožujak-travanj	80
Slika 45. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u drugom objektu u uzgojnom ciklusu ožujak-travanj	81
Slika 46. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u trećem objektu u uzgojnom ciklusu ožujak-travanj	82
Slika 47. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u prvom objektu u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj	84
Slika 48. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara te temperature stelje u drugom objektu u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj	85
Slika 49. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u trećem objektu u uzgojnom ciklusu svibanj-lipanj	86
Slika 50. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u prvom objektu u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz	88
Slika 51. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u drugom objektu u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz	89
Slika 52. Distribucija odraslih jedinki i ličinki manjeg brašnara i temperatura stelje u trećem objektu u uzgojnom ciklusu srpanj-kolovoz	90
Slika 53. Toksičnost spinosada na odrasle manje brašnare tijekom 10 dana izlaganja	92
Slika 54. Toksičnost ciflutrina na odrasle manje brašnare tijekom 10 dana izlaganja	92
Slika 55. Toksičnost 1,8-cineola na odrasle manje brašnare tijekom 10 dana izlaganja	93

9 POPIS TABLICA

Tablica 1. Deskriptivna statistička analiza brojnosti manjih brašnara u objektima 1 – 3 tijekom uzgojnih ciklusa	38
Tablica 2. Deskriptivna statistička analiza brojnosti odraslih manjih brašnara za prvi objekt.....	39
Tablica 3. Rezultati post hoch testa za odrasle manje brašnare u prvom objektu.....	39
Tablica 4. Deskriptivna statistička analiza za odrasle manje brašnare u drugom objektu.....	40
Tablica 5. Rezultati post hoch testa za odrasle manje brašnare u drugom objektu.....	40
Tablica 6. Deskriptivna statistička analiza za odrasle manje brašnare u trećem objektu	41
Tablica 7. Rezultati post hoch testa za odrasle manje brašnare u trećem objektu	41
Tablica 8. Deskriptivna statistička analiza za ličinke manjeg brašnara u prvom objektu	42
Tablica 9. Rezultati post hoch testa za ličinke manjeg brašnara u prvom objektu.	42
Tablica 10. Deskriptivna statistička analiza za ličinke manjeg brašnara u drugom objektu	43
Tablica 11. Rezultati post hoch testa za ličinke manjeg brašnara u drugom objektu.	43
Tablica 12. Deskriptivna statistička analiza za ličinke manjeg brašnara u trećem objektu	44
Tablica 13. Rezultati post hoch testa za ličinke manjeg brašnara u trećem objektu.	44
Tablica 14. Deskriptivna statistička analiza kretanja vanjskih temperatura tijekom uzgojnih ciklusa	48
Tablica 15. Deskriptivna statistička analiza kretanja unutrašnjih temperatura u prvom objektu	49
Tablica 16. Deskriptivna statistička analiza kretanja temperatura u drugom objektu	50
Tablica 17. Deskriptivna statistička analiza kretanja unutrašnjih temperatura u trećem objektu	51
Tablica 18. Deskriptivna statistička analiza temperatura stelje u prvom objektu.....	57
Tablica 19. Rezultati post hoch testa temperatura stelje u prvom objektu	57
Tablica 20. Deskriptivna statistička analiza temperatura stelje u drugom objektu.....	59
Tablica 21. Rezultati post hoch Kruskal-Wallis testa temperatura stelje u drugom objektu.	59
Tablica 22. Deskriptivna statistička analiza temperatura stelje u trećem objektu	61
Tablica 23. Rezultati post hoch Kruskal-Wallis testa temperatura stelje u trećem objektu.....	61
Tablica 24. Toksičnost spinosada, ciflutrina i 1,8-cineola na odrasle manje brašnare tijekom 10 dana izlaganja	91

10 ŽIVOTOPIS

Rođena sam 19. svibnja 1967. godine u Prelogu (Međimurska županija). Nakon završenog srednjoškolskog obrazovanja u Srednjoškolskom centru Čakovec 1986. godine upisala sam studij Veterinarske medicine na Veterinarskom fakultetu u Zagrebu. Na istom sam diplomirala 1993. godine te stekla zvanje doktora veterinarske medicine. Od 1994. godine zaposlena sam u Bioinstitutu d.o.o u Čakovcu na Odjelu za dezinfekciju, dezinsekciju i deratizaciju, kao voditelj službe. Poslijediplomski sveučilišni studij Sanitacije na Veterinarskom fakultetu u Zagrebu upisala sam akademskoj 1997. godini te magistrirala 2000. godine. Poslijediplomski interdisciplinarni sveučilišni studij Zaštita prirode i okoliša upisala sam 2009. godine. Kao članica HUDDD niz godina sudjelovala sam na seminarima DDD i ZUP, a na seminarima DDD i ZUP 2011. godine i 2012. godine aktivno kao voditelj sekcije, odnosno seminara. Autor sam tri rada te koautor jednog rada u zborniku radova DDD i ZUPP seminara koji se indeksiraju kao cjelovito izdanje u CABI Full Text databasis:

1. Mustać S., Rozman V., Liška A. 2011. Manji brašnar *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) – ekonomski značajan štetnik peradarske proizvodnje. Zbornik radova DDD i ZUP 2011, str: 237-247.
2. Mustać S., Merdić E. 2012. Kretanje brojnosti populacije manjeg brašnara, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) u peradarskim objektima tijekom godine. Zbornik radova DDD i ZUP 2012, str: 231-242.
3. Merdić E., Mustać S., Vignjević G., Zahirović Ž., Vručina I., Turić N., Sudrić-Bogojević M., Bistović M. 2014. Istraživanje komaraca u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Zbornik radova DDD i ZUP 2014, str: 61-73.
4. Mustać S., Merdić E., Drvenkar D. 2016. Distribucija manjeg brašnara *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) u peradarskom objektu tijekom tri uzastopna uzgojna ciklusa. Zbornik radova DDD i ZUP 2016, str: 191-201.

Također sam autor znanstvenog rada objavljenog u Veterinarskom arhivu (Zagreb) te koautor znanstvenog rada objavljenog u časopisu Poljoprivreda (Osijek):

1. Mustać S., Rozman V., Škvorc V. 2013. Laboratory evaluation of efficacy of several formulations to control the lesser mealworm – *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797.) (Coleoptera: Tenebrionidae). Veterinarski arhiv Zagreb.
2. Liška A., Rozman V., Kalinović I., Eđed A., Mustać S., Perhoč B. 2011. Bioactivity of 1,8-cineole against red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) pupae Poljoprivreda (Osijek). 17 (1) str: 58-63.

11 PRILOZI

Prilog 1. Kretanje brojnosti odraslih i ličinki manjeg brašnara u prvom objektu

uzgojni ciklus 8-9	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	509	55	280	1253	3048	5414
ličinke	0	0	669	5822	4890	2039
uzgojni ciklus 10-11	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	177	46	254	280	725	1005
ličinke	0	0	309	345	1617	988
uzgojni ciklus 1-2	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	16	11	27	30	44	172
ličinke	0	0	1	109	141	144
uzgojni ciklus 3-4	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	61	18	50	31	141	469
ličinke	0	0	4	276	224	587
uzgojni ciklus 5-6	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	156	36	62	173	833	1650
ličinke	0	0	150	2810	1932	2839
uzgojni ciklus 7-8	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	212	43	457	1144	2507	4693
ličinke	0	0	321	4361	3554	2761

Prilog 2. Kretanje brojnosti odraslih i ličinki manjeg brašnara u drugom objektu

uzgojni ciklus 8-9	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	1304	1666	3057	2976	4071	6810
ličinke	0	16	2247	4361	6330	3363
uzgojni ciklus 10-11	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	580	813	1298	1709	2556	3940
ličinke	0	0	774	481	3212	1820
uzgojni ciklus 1-2	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	50	14	43	39	61	333
ličinke	0	0	8	177	271	245
uzgojni ciklus 3-4	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	130	23	70	180	478	1881
ličinke	0	0	14	594	1727	1137
uzgojni ciklus 5-6	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	289	68	516	269	2497	6115
ličinke	0	0	278	3480	4323	2614
uzgojni ciklus 7-8	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	629	610	2169	2181	3828	6764
ličinke	0	6	3695	6845	5174	3421

Prilog 3. Kretanje brojnosti odraslih i ličinki manjeg brašnara u trećem objektu

uzgojni ciklus 8-9	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	2548	2632	3817	6483	12764	13910
ličinke	0	556	2533	16093	13854	10782
uzgojni ciklus 10-11	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	1822	2435	2771	4245	6660	11171
ličinke	0	73	1454	1772	8745	6364
uzgojni ciklus 1-2	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	451	567	842	1235	1871	3115
ličinke	0	0	955	2324	3532	2961
uzgojni ciklus 3-4	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	544	568	1418	1661	2777	3821
ličinke	0	1	1168	2631	5013	3300
uzgojni ciklus 5-6	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	654	617	1385	2975	4977	7376
ličinke	0	0	2549	8991	10823	6875
uzgojni ciklus 7-8	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
odrasli	1667	1862	3668	6329	9433	13068
ličinke	0	380	6558	14568	9879	8501

Prilog 4. Prosječne temperature po tjednima za prvi objekt tijekom uzgojnih ciklusa

uzgojni ciklus 8-9	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	31.12	30.24	30.11	30.58	28.48	29.08
Temp u objektu	31.2	28	26	25.8	23.9	22.6
Temp.vanjska	31	28.2	26	29	22	21
uzgojni ciklus 1-2	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	29.28	29.25	30.38	30.03	29.84	29.33
Temp u objektu	31.7	28.3	26.5	24.2	25.1	25.1
Temp.vanjska	9	7	13	12	9	8
uzgojni ciklus 1-2	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	29.38	29.35	28.63	29.38	27.73	27.58
Temp u objektu	31	27.6	25.2	23	23.53	19
Temp.vanjska	3	6	1	-2	10	4
uzgojni ciklus 3-4	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	28.60	27.77	28.62	30.16	29.50	29.20
Temp u objektu	31	28.4	26.1	26.7	22.7	23.1
Temp.vanjska	15	23	19	24	14	20
uzgojni ciklus 5-6	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	28.96	30.31	30.83	30.74	30.54	30.24
Temp u objektu	30	29.6	30.3	28	27.6	27.3
Temp.vanjska	19	24	28	27	27	26
uzgojni ciklus 7-8	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	31.79	32.07	28.61	29.88	29.35	29.56
Temp u objektu	32.4	33.2	28.6	24	23.5	24.6
Temp.vanjska	36	37	27	16	19	24

Prilog 5. Prosječne temperature po tjednima za drugi objekt tijekom uzgojnih ciklusa

uzgojni ciklus 8-9	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	30.89	29.78	29.98	31.08	28.76	28.02
Temp u objektu	31	27.8	26.4	26	23.5	22.6
Temp.vanjska	31	28.2	26	29	22	21
uzgojni ciklus 1-2	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	29.33	28.46	28.62	28.85	29.88	29.51
Temp u objektu	31.1	27.8	26.8	25.2	25.7	25.1
Temp.vanjska	9	7	13	12	9	8
uzgojni ciklus 1-2	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	29.33	28.46	28.62	28.85	29.88	29.51
Temp u objektu	31.1	27.8	26.8	25.2	25.7	25.1
Temp.vanjska	9	7	13	12	9	8
uzgojni ciklus 3-4	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	29.58	29.02	29.17	30.08	29.5	27.68
Temp u objektu	31.1	28.5	26.3	26	23.2	22.5
Temp.vanjska	15	23	19	24	14	20
uzgojni ciklus 5-6	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	29.67	30.67	31.22	31.08	30.41	27.75
Temp u objektu	30.1	29.9	29.5	27.1	27.6	26.7
Temp.vanjska	19	24	28	27	27	26
uzgojni ciklus 7-8	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	31.58	32.49	28.69	30.43	28.99	28.84
Temp u objektu	32.2	33	28.1	23.6	23.1	24
Temp.vanjska	36	37	27	16	19	24

Prilog 6. Prosječne temperature po tjednima za treći objekt tijekom uzgojnih ciklusa

uzgojni ciklus 8-9	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6 . tjedan
Temp.stelje	31.08	30.43	29.94	30.74	29.09	28.76
Temp u objektu	31.2	28	26.8	25.4	24	24
Temp.vanjska	31	28.2	26	29	22	21
uzgojni ciklus 1-2	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	29.69	29.29	29.83	30	29.79	29.14
Temp u objektu	31	29	26.6	25	26.5	26.5
Temp.vanjska	9	7	13	12	9	8
uzgojni ciklus 1-2	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	30.51	28.86	28.78	29.33	27.89	28.41
Temp u objektu	31	27.6	26.8	25.6	25.6	21
Temp.vanjska	3	6	1	-2	10	4
uzgojni ciklus 3-4	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	29.97	30.49	30.22	30.18	29.46	29.47
Temp u objektu	31.2	29.9	26.6	26	24	23
Temp.vanjska	15	23	19	24	14	20
uzgojni ciklus 5-6	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	30.38	30.69	31.22	31.12	29.54	29.06
Temp u objektu	31.8	29.2	30	28.37	28.6	26.2
Temp.vanjska	19	24	28	27	27	27
uzgojni ciklus 7-8	1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan
Temp.stelje	31.29	32.44	29.12	30.05	29.69	29.1
Temp u objektu	31.8	32	28.53	24.2	24.2	24.2
Temp.vanjska	36	37	27	16	19	24

Prilog 7. Smrtnost manjih brašnara *A. diaperinus* (%) tijekom 10 dana izloženosti

Treatment	Doza	Prosječna dnevna smrtnost (%) manjih brašnara ± S.E									
		1 dan	2 dan	3 dan	4 dan	5 dan	6 dan	7 dan	8 dan	9 dan	10 dan
ciflutrin	2 µg cm ⁻²	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0 ^a	100.0±0.0
	1 µg cm ⁻²	27.0± 8.6	92.5±6.8	96.5±3.5	98.0±2.0	99.0±1.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0
	0,3 µg cm ⁻²	2.0 ± 0.8	3.0 ± 1.2	9.5 ± 1.7	20.0±10.0	26.0±14.0	34.0±22.0	36.5±26.0	38.5±20.6	45.0±18.4	49.5±16.8
spinosad	0,48 µg cm ⁻²	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0
	0,24 µg cm ⁻²	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0
	0.08 µg cm ⁻²	5.5±1.5	11.0±1.7	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0
1,8 cineol	0,34 µl ml ⁻¹	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0
	0,17 µl ml ⁻¹	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0
	0,028 µl ml ⁻¹	2.5±0.9	7.5±2.5	15.0±4.4	15.5±4.1	15.5±4.1	15.5±4.1	17.0±3.0	20.5±2.5	23.0±3.0	23.3±3.3
kontrola	-	0.0 ± 0.0	1.0 ± 1.0	1.0 ± 1.0	1.0 ± 1.0	1.0 ± 1.0	1.5 ± 0.9	1.5 ± 0.9	1.5 ± 0.9	1.5 ± 0.9	1.5 ± 0.9