

# Razvoj strvinarskih vrsta kukaca i njihova upotreba u forenzici

---

**Crnjac, Josip**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2009**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:213689>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-20**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

Josip Crnjac

RAZVOJ STRVINARSKIH VRSTA KUKACA I NJIHOVA  
UPOTREBA U FORENZICI

Diplomski rad

Zagreb, 2009. godina

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
BIOLOŠKI ODSJEK

Josip Crnjac

RAZVOJ STRVINARSKIH VRSTA KUKACA I NJIHOVA  
UPOTREBA U FORENZICI

Diplomski rad

Zagreb, 2009. godina

*Ovaj rad, izrađen u Zavodu za sudsku medicinu i kriminalistiku Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc.dr.sc Vedrane Petrovečki, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja prof. Biologije.*

*Želim se zahvaliti svojim mentorima, Doc.dr.sc. Vedrani Petrovečki i Doc.dr.sc. Mladenu Kučiniću, na ukazanoj podršci i potpori. Svojim savjetima i znanjem uvelike su doprinijeli izradi ovog diplomskog rada.*

*Hvala asistentici Vlatki na svoj pruženoj pomoći i savjetima. Veliko hvala. Hvala i Hrvoju i Sašku na prijedlozima i vozanju opreme i praščića.*

*Hvala mojim roditeljima, seki i mojoj dvojici braće, kao i baki i tetki, koji su mi omogućili studiranje i bili uz mene i pružali mi podršku sve ove godine mog studija. Bez vas ne bi bilo ni mene.*

*Hvala mojoj dragoj, koja se trudila i uvijek me gurala naprijed. Hvala Sandra.*

*Hvala mojim prijateljima i svima ostalima koji su pomogli i bili tu kad je trebalo. Imenjače tebi posebno hvala na svemu.*

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

## RAZVOJ STRVINARSKIH VRSTA KUKACA I NJIHOVA UPOTREBA U FORENZICI

JOSIP CRNJAC

Zavod za sudsku medicinu i kriminalistiku, Medicinski fakultet, Šalata 11, 10 000  
Zagreb

Ovo je prvo istraživanje iz forenzične entomologije u Hrvatskoj. Cilj istraživanja je bio utvrditi koje će vrste muha i kornjaša položiti jajašca na mrtvo tijelo odojka i definirati njihov životni ciklus kroz vrijeme. Terensko istraživanje je provedeno na području Žitnjaka u gradu Zagrebu, u trajanju od 30 dana. U navedenom razdoblju praćena je sukcesija kukaca na tijelu, te su bilježeni podaci o temperaturi i relativnoj vlažnosti zraka. Od četiri vrste kukaca koje su tijekom eksperimenta zabilježene na tijelu, samo su dvije vrste položile jajašca na tijelo. To su dvije vrste muha *Lucilla sericata* L. i *Sarcophaga carnaria* L. Druge dvije vrste su pčela *Vespula germanica* F. i kornjaš *Necrophorus vespillo* L. Od dviju muha samo je za vrstu *L. sericata* potvrđeno da je završila svoj životni ciklus, čemu su dokaz tek izvaljene jedinke. Usporedbom vremenskog trajanja životnog ciklusa *L. sericata* u laboratoriju i trajanja ciklusa iste vrste za vrijeme izvođenja eksperimenta, potvrđena je činjenica da viša temperatura pri kojoj se ličinke razvijaju rezultira kraćim životnim ciklusom.

(43 stranica, 26 slika, 3 tablica, 6 literaturnih navoda, jezik izvornika: Hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

**Ključne riječi:** FORENZIKA, ENTOMOLOGIJA, SUKCESIJA, MUHE

**Voditelj:** Dr.sc. Vedrana Petrovečki, doc., specijalist sudske medicine i patološke anatomije, Medicinski fakultet, Zagreb

**Ocjenitelji:** 1. Dr.sc. Vedrana Petrovečki, doc., specijalist sudske medicine i patološke anatomije, Medicinski fakultet, Zagreb  
2. Dr.sc. Mladen Kučinić, doc., PMF, Zagreb  
3. Dr.sc. Zdravko Dolenc, red. prof., PMF, Zagreb  
4. Dr.sc. Zlatko Liber, doc., PMF, Zagreb

**Zamjena:** Dr.sc. Goran Klobučar, red. prof., PMF, Zagreb

**Rad prihvaćen:** 03.06.2009.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Graduation Thesis

### DEVELOPMENT OF NECROPHAGUS SPECIES OF INSECTS AND THEIR USE IN FORENSICS

JOSIP CRNJAC

Department of Forensic Medicine and Criminology, School of Medicine, Šalata 11,  
10 000 Zagreb

This is the first research in forensic entomology in Croatia. The goal was to estimate which species of flies and beetles will invade the body of a dead sucking pig. Insects' life cycles were determined through time. Field research was conducted in the area of Žitnjak in city of Zagreb and lasted for 30 days. During 30 days succession of insects was monitored. Temperature and relative humidity data were recorded. Comparison of life cycle length in controlled conditions and conditions on the field was made. Four species of insects were estimated, two species of flies (*Lucilla sericata* L. and *Sarcophaga carnaria* L.), german bee (*Vespula germanica* L.) and silphid beetle (*Necrophorus vespillo* L.). Both fly species laid eggs on tested body, but complete life cycle was confirmed only for *L. sericata*. It was confirmed that a higher temperature shortens life cycle duration.

(43 pages, 26 figures, 3 tables, 6 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in Central biological library

**Key words:** FORENSICS, ENTOMOLOGY, SUCCESSION, FLIES

**Supervisor:** Vedrana Petrovečki, M.D., Ph.D., Asst. Prof., specialist in Forensic Medicine and Pathology, School of Medicine, Zagreb

**Reviewers:** 1. Vedrana Petrovečki, M.D., Ph.D., Asst. Prof., Specialist in Forensic Medicine and Pathology, School of Medicine, Zagreb  
2. Mladen Kučinić, Ph.D., Asst. Prof., Faculty of Science, Zagreb  
3. Zdravko Dolenc, Ph.D, Prof., Faculty of Science, Zagreb  
4. Zlatko Liber, Ph.D., Asst. Prof., Faculty of Science, Zagreb

**Substitute member:** Goran Klobučar, Ph.D., Prof., Faculty of Science, Zagreb

**Thesis accepted:** 03.06.2009.

# Sadržaj

1. Uvod.....	7
1.1. Kukci.....	8
1.2. Forenzična entomologija .....	14
1.3. Životni ciklus muha.....	16
2. Cilj istraživanja .....	18
3. Materijali i metode .....	19
3.1. Materijali .....	19
3.2. Metode .....	20
3.2.1. Terensko istraživanje.....	21
3.2.2. Laboratorijska analiza uzoraka .....	23
3.3. Karakteristike lokacije.....	24
4. Rezultati .....	25
4.1. Promatranje procesa raspadanja odojka .....	25
4.2. Temperatura i vlažnost zraka.....	33
4.3. Životinjske vrste utvrđene tijekom pokusa .....	35
5. Rasprava.....	37
6. Zaključak.....	44
7. Literatura.....	46



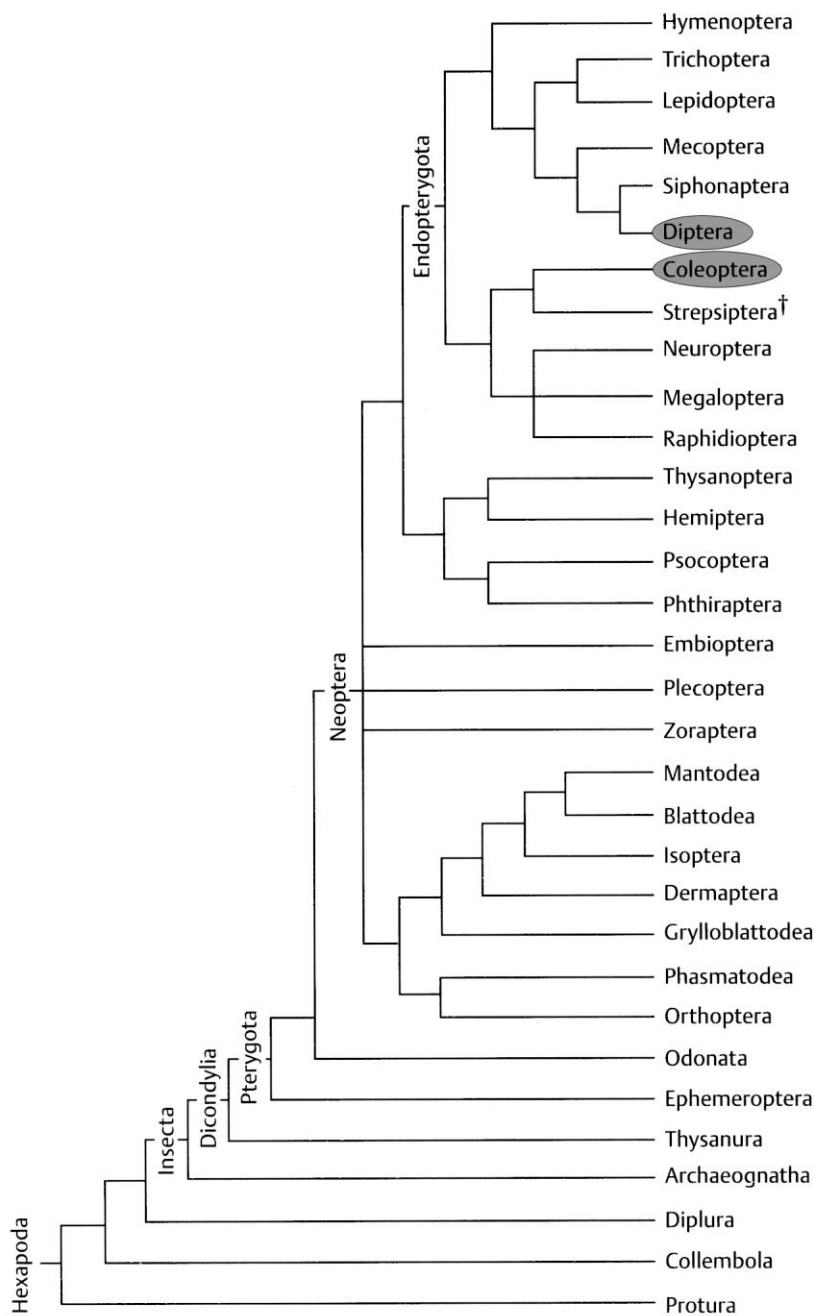
# 1. Uvod

Većina je ljudi na planetu uvjereni da je vrijeme u kojem živimo doba čovjeka, no istina je malo drugačija. Period Zemljine povijesti u kojem živi i čovjek, pripada zapravo kukcima. Oni su najbrojnija životinjska skupina na svijetu i dio su čovjekove svakodnevice. Čovjek odavno koristi pojedine vrste kukaca u svom životu za različite namjene, npr. pčele za dobijanje meda ili dudov svilac, od čijih se čahura izrađuje svila. U novije vrijeme forenzičari ih koriste pri istragama, kao instrument u određivanju vremena koje je proteklo od izlaganja mrtvog tijela njihovom djelovanju. I može se reći da to rade prilično uspješno.

## 1.1. Kukci

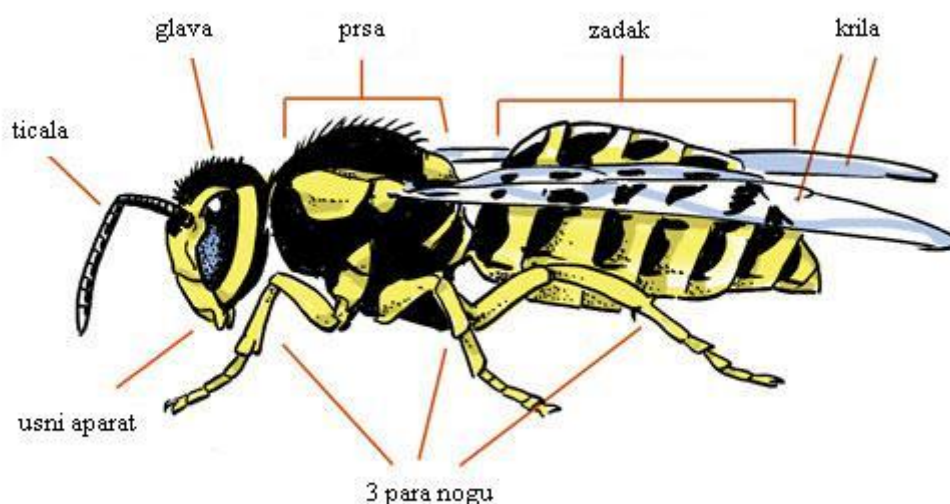
Kao što je već rečeno, kukci su najbrojnija životinjska skupina na Zemlji. Čine preko 70% svih poznatih životinjskih vrsta. Opisano je oko 950 000 vrsta kukaca, no smatra se da je taj broj puno veći, čak i do pet puta. Najbrojnija skupina su kornjaši (*Coleoptera*) kojih ima oko 370 000, zatim leptiri (*Lepidoptera*) sa 165 000 vrsta, dvokrilci (*Diptera*) sa 122 000 vrsta itd (McGavin 2001).

Kukci (*Insecta*) čine razred unutar koljena člankonožaca (*Arthropoda*), koji po tipu organizacije spada u mnogokolutićavce (*Polymeria*). Razred *Insecta* je podijeljen na dvije skupine *Apterygota* i *Pterygota*, odnosno na beskrilce i krilaše, koji zajedno broje 29 redova. Krilaši su dalje podijeljeni na osnovu životnog ciklusa na dvije skupine Holometabolija, kukci koji imaju potpuni životni ciklus i Hemimetabolija, kukci sa nepotpunim životnim ciklusom.



**Slika 1. Kladogram kukaca. Označena su dva reda koja su ključna u forezičnoj entomologiji. (preuzeto iz: McGavin 2001).**

Kukci su heteronomno kolutićave životinje čije je tijelo izgrađeno od 20 kolutića smještenih između akrona i telzona (pločice koje se nalaze na početku odnosno kraju tijela). Osnovni broj kolutića se kod odrasle jedinke ne može raspoznati jer je došlo do tagmatizacije i tijelo je podijeljeno na tri dijela ili tagme: glavu, prsa i zadak.



**Slika 2. Shema koja prikazuje glavne dijelove tijela kukca. (Preuzeto sa: [biokeys.berkeley.edu](http://biokeys.berkeley.edu)).**

Glava kukca je cjelovita hitinska čahura koja je građena od šest kolutića kojima se priključuje i akron. Veličina glave ovisi o veličini sastavljenih očiju i od veličine žvačnih mišića koji pokreću čeljusti. Kod nekih skupina kukaca kao što su vretenca i muhe, sastavljene oči čine veći dio glave. Na glavi kukca se još ističu ticala i usni organi. Na ticalima se nalaze važna osjetila kukaca, i ona su pomična i člankovita. Usni aparat je smješten dorzalno i građen je od tri para usnih organa, koja su zbog različite ishrane kukaca različito prilagođena za hranjenje.

Središnja tagma kukaca ili prsa su građena od tri kolutića, prothorax, mesothorax i metathorax, koji na sebi nose različite nastavke. Svaki je kolutić građen od četiri dijela: leđne pločice, sternuma, trbušne pločice, tergita i od dviju postranih pločica, pleura. S trbušne strane tijela se na svakom kolutiću nalazi po jedan par nogu, a s leđne strane se na drugom i trećem kolutiću nalazi po jedan par krila. Noge i krila mogu biti različito modificirani i prilagođeni načinu života određene skupine kukaca. Tako je npr. prednji par nogu kod rovca prilagođen kopanju, stražnji par nogu kod skakavca je prilagođen za skakanje, prednji par krila kod kornjaša (*Coleoptera*) je otvrdnuo i čini elitre koje pružaju dodatnu zaštitu i stražnji par krila je smotan ispod njih. Dvokrilci (*Diptera*) imaju promijenjen stražnji par krila, koji je reduciran u haltere koje pomažu ovim kukcima u kormilarenju i održavanju ravnoteže prilikom letenja (Zahradnik 1989).

Zadak je kod kukaca sastavljen od jedanaest kolutića koji su međusobno srasli i zajedno sa telzonom čine jednu cjelinu, u kojoj je smješten glavni dio utrobe te zbog toga ima promjenjiv obujam. Leđni kolutići su građeni na istom principu kao i prsni, od četiri pločice koje su međusobno povezane. Broj kolutića je često kod odraslih kukaca reduciran zbog

različitog oblika zatka i nastaje utiskivanjem jednog kolutića u drugi. Pa su tako kod muha prepoznatljiva samo četiri kolutića zatka. Na zatku kukci nemaju nogu, uz iznimku onih jednostavnijih koji na zadnjem kolutiću imaju zakržljale ostatke, cerke. Kod kukca je spolni otvor smješten na zatku i oko njega se nalaze spolni privjesci, koji kod ženki čine uređaj za polaganje jaja, ovipositor, a kod mužjaka aparat za parenje.

Vanjski skelet kukaca i svih člankonožaca čini kutikula. Ona oblaže i prednji i stražnji dio probavila i ima najvažniju ulogu u njihovom životu. Debljina kutikule je različita: od 1 μm do nekoliko μm, ovisno o vrsti člankonošca i dijelu tijela kojeg prekriva. Kod svi člankonožaca se kutikula pojavljuje u dva oblika: kao čvrst i elastičan oklop, i u obliku gipke i rastežljive kože koja se naziva artikularnom membranom i nalazi se između kolutića, članaka i na drugim mjestima gdje omogućuje kretanje tijela. Kutikula je izgrađena od dva sloja: vanjske tanke epikutikule i unutrašnje prokutikule koja je čvršća i deblja. Prokutikula je uglavnom izgrađena od hitina, polisaharida koji sadrži dušik i ima opću formulu  $(C_8H_{13}O_5N)_n$ .

Čvrsta kutikula nije važna samo kao egzoskelet, nego omogućuje i izvanredno kretanje kukaca. Kao što je kolutićavost bila prednost nad nekolutićavosti, tako je i ovakav egzoskelet označio napredak u evoluciji jer je omogućio još djelotvornije, preciznije i energetski povoljnije kretanje. Posljedica toga je da su člankonošci naselili najrazličitije ekosisteme, gdje čine i najveći dio biomase (Matonićkin i sur. 1996).

Po načinu prehrane kukci su uglavnom herbivori i hrane se biljkama, no mnogi od njih su predatori i hrane se drugim kukcima, neki su razvili parazitski način života. Među kukcima postoji i veliki broj strvinarskih vrsta, kod kojih se, za većinu vrsta, može odrediti vrijeme dolaska na strvinu. Upravo su ove vrste postavile temelje forenzičnoj entomologiji. Jedna od zanimljivosti je da su prvi kornjaši koji su se pojavili u permu bili detritivorni i fungivorni, dok je danas najveći broj herbivornih vrsta (McGavin 2001).

Za disanje i izmjenu plinova kukci imaju razvijen trahealni sustav cjevčica. Izmjena plinova se obavlja jednostavnom difuzijom, što je moguće zbog povoljnog omjera površine i volumena. Na površini kutikule nalaze se parovi odušaka koji su smješteni lateralno na različitim kolutićima i omogućuju ulazak kisika kroz općenito nepropusnu kutikulu. Postoji 10 pari odušaka na tijelu kukca, na srednjem i stražnjem prsnom te na prvih 8 kolutića zatka. Na oduške se nastavljaju zračne vrećice i veće cjevčice traheje. Traheje se dalje granaju na sve manje cjevčice i završavaju sa traheolama. Traheole čine vezu sa stanicama u tijelu i tu se odvija izmjena plinova. U tkivima koja zahtijevaju veću količinu kisika razvija se veći broj traheola radi učinkovitije izmjene plinova. Bez obzira na veličinu kukca najfinije traheole će

uvijek imati isti promjer od 2 $\mu$ m. Razlog tome je taj što bi manji promjer traheola onemogućio daljnju difuziju kisika do stanica (McGavin 2001).

Reproduktivni sustav kod kukaca se sastoji od para jajnika kod ženki i para testisa kod mužjaka. Iz svakog jajovoda izlazi po jedna cjevčica koja se spoji sa drugom u zajedničku cijev jajovoda koja vodi do vagine ili genitalne komore. Iz sjemenika također izlazi po jedna cjevčica, vas deferens, koje se opet spoje u zajedničku izvodnu cjevčicu, koja dovodi sjemene produkte do vanjskog genitalnog organa. Pri kopulaciji mužjak izbacuje sjemene produkte u vaginu i ženka ih pohranjuje u sjemeno spremište ili spermateku. Oplodnja je unutrašnja i pod kontrolom je ženke koja u povoljnim uvjetima polaže jaja iz kojih će se razviti nove jedinke. Kod nekih kukaca je dovoljna i jedna kopulacija da osigura ženki dovoljnu količinu sperme za cijeli životni vijek, dok se kod drugih sjemeni produkti ne mogu tako dugo očuvati i do kopulacije dolazi češće tijekom života.

Životni ciklus hemimetabolnih kukaca, odnosno onih sa nepotpunom preobrazbom se sastoji od tri faze: jaja, mlade jedinke koja izgledom nalikuje na imago ali je puno manja i spolno nezrela, i odraslog oblika - imago, koji predstavlja potpuno razvijenu jedinku koja je spolno aktivna. Ciklus kukaca sa holometabolijom, tj. s potpunom preobrazbom se sastoji od četiri faze: jaja, ličinke, kukuljice i odraslog oblika - imago. Među kukcima danas prevladava ciklus sa potpunom preobrazbom, čak 80% vrsta ima holometaboliju kao životni ciklus. Odgovor na pitanje zašto je to tako i koja je to prednost holometabolije nad hemimetabolijom je jednostavan: ličinka i imago zauzimaju različite ekološke niše. Zapravo, ova dva životna stadija ne dolaze u kompeticiju za hranu i životni prostor, što je velika prednost nad hemimetabolnim kukcima. To možemo objasniti na primjeru leptira: ličinka leptira - gusjenica, se hrani lišćem, dok se imago - leptir hrani sišući nektar iz cvijetova raznih biljaka.

Holometabolija je samo jedan od razloga zašto su kukci tako uspješni u kolonizaciji našeg planeta. Jedan od razloga je i let. Kukci su uz ptice i šišmiše jedine životinje na planetu koje imaju sposobnost leta, što im omogućuje široko rasprostranjenje po cijelom planetu. Drugi, ništa manje važan razlog je relativno kratak životni ciklus i veliki broj potomaka. Tu su kukci u prednosti pred ostalim životinjama. Kratak ciklus i brojno potomstvo, ne samo da omogućuju opstanak vrste već u nepovoljnim uvjetima života povećavaju šansu da se pojavi jedinka sa pozitivnom mutacijom koja će osigurati opstanak vrste. I ako se pogleda povijesni razvoj života na Zemlji, i uzme u obzir činjenica da je većina kukaca po načinu prehrane herbivorna, može se zaključiti kako je evolucija biljaka i kukaca tekla i još uvijek teče usporedno. Kad bi biljka razvila određeni obrambeni mehanizam protiv kukaca, kao što je neki toksin, ubrzo bi se pojavio kukac koji u svom organizmu sadrži enzim koji taj otrov čini

bezopasnim. I naravno, tu je i zaštitna kutikula koja je kukcima pružila zaštitu od isušivanja i drugih štetnih utjecaja kao što su virusi, bakterije i gljivice (Heming 2003).

Ovi razlozi su glavni čimbenici koji su kukcima omogućili da postanu dominantna životinjska skupina na svijetu.

## 1.2. Forenzična entomologija

Forenzična entomologija je grana forenzike koja koristi kukce za dobijanje dokaza i korisnih informacija u sudskim procesima i u istrazi (Gennard 2007). Skupine kukaca koje su značajne i koriste se u forenzičnoj entomologiji su muhe iz skupina *Calliphoridae* i *Sarcophagidae* te kornjaši iz skupina *Silphidae*, *Staphylinidae*, *Histeridae*, *Carabidae*, *Dermestidae*, *Cleridae* i *Nitidilidae*.

Povijesno gledajući, ideja da bi kukci, točnije u početku su to samo bile muhe, mogli biti od velike koristi u istrazi potječe iz Kine. Postoje pisani dokazi da su se kukci koristili prilikom istraga o ubojstvima već sredinom desetog stoljeća. No najpoznatiji slučaj potječe iz 1235.god (Goff 2001). Kineski istražitelj Sung Ts'u je te iste godine napisao knjigu „Washing away with wrongs“ i u njoj opisuje slučaj ubojstva koji je riješen uz pomoć muha. Ubojica je žrtvu rasjekao sjekiricom, no kako je to bilo selo u kojem su živjeli drvosječe, većina muškaraca je imala sjekiru i istraga je došla do mrtve točke. Tada je kineski istražitelj naredio da se svi muškarci iz sela okupe i da svaki ponese svoju sjekiru. Na vrućem ljetnom suncu muhe je privlačila jedna sjekira, zbog ostataka krvi i tkiva na sjekiri koja nije bila dobro očišćena. Taj muškarac je kasnije i priznao ubojstvo i osuđen je na smrt. U nastavku knjige Sung Ts'u govori o muhama koje nedvojbeno pripadaju skupini zujara (eng. blowflies), i opisuje njihovu aktivnost na ranama i tjelesnim otvorima, uključujući i objašnjenje o odnosu ličinki i odraslih muha i govori o invaziji kukaca na tijelo kroz vrijeme. Veza između ličinki i odraslih muha se na Zapadu otkriva nekoliko stoljeća kasnije, točnije 1668.god. eksperimentima koje je provodio talijanski znanstvenik Francesco Redi. To je poznati pokus kojim je Redi srušio teoriju spontane generacije, odnosno da se muhe razvijaju iz pokvarenog mesa. No unatoč ovom otkriću, upotreba kukaca kao dokaza u istragama smrti nije ušla u praksu. Tek negdje 1850.god. je opisan prvi slučaj u kojem entomološki dokazi pomažu u istrazi. Te godine je u Parizu prilikom obnove jedne kuće u zidu pronađeno mumificirano tijelo novorođenčeta. Autopsijom tijela pronađene su ličinke vrste *Sarcophaga carnaria* (Linnaeus 1758), i njihovom analizom dr. Marcel Bergeret je zaključio da je tijelo novorođenčeta zazidano tijekom 1948.god. Tim dokazom vlasnici kuće iz 1850.god. su oslobođeni optužbi a optuženi su prijašnji vlasnici koji su tu živjeli 1848.god.

Logično bi bilo da se forenzična entomologija nastavila razvijati usporedno sa ostatkom znanosti, ali to nažalost nije bio slučaj. Napredak u ovom području forenzike je bio nejednolik i sporadičan. Uglavnom su istraživanja bila povezana uz neki slučaj ubojstva i prestajala bi nakon što je taj slučaj riješen. Tako je poznat slučaj prilično brutalnog dvostrukog ubojstva u

Škotskoj 1935.god. 29. rujna te godine žena je prelazeći preko mosta opazila teško ozlijeđenu ljudsku ruku uz obalu rijeke. U konačnici je pronađeno 70 dijelova tijela koji su identificirani i pripadaju dvjema ženama, koje su zadnji put viđene žive 14.rujna. Zajedno sa mnogim dokazima koji su sakupljeni, na mjestu zločina su bile i ličinke koje su poslane na analizu u Edinburgh, gdje je tamošnji stručnjak za kukce ustvrdio da su to ličinke vrste *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy 1830) i da su u trenutku sakupljanja bile stare između 12 i 14 dana. Budući da su dijelovi tijela bili stručno izrezani istražitelji su zaključili da je ubojica morao poznavati ljudsku anatomiju i sumnja je pala na muža jedne od žena, koji je ujedno bio i liječnik. Iako su svi dokazi upućivali na liječnika, ličinke kukaca su omogućile istražiteljima da odrede vrijeme smrti što je uvelike pomoglo u osudi. No unatoč ovoj pomoći koju su kukci pružili u istrazi, intenzivnija istraživanja na ovom području počinju tek od sredine 20. stoljeća u početku najvećim dijelom u SAD-u. Dr. Greenberg sa sveučilišta Illinois se smatra ocem forenzične entomologije. On je započeo svoja istraživanja na porodici *Calliphoridae* i danas je najveći stručnjak za ovu porodicu muha. Dugi niz godina bio je jedini entomolog koji se isključivo bavio istraživanjima koja su bila od koristi za forenzičnu entomologiju. Sredinom 60-tih godina 20.stoljeća Jerry Payne, tada još uvijek samo student sveučilišta North Carolina, uvodi u forenzičnu entomologiju jedan moderan pristup koji se zadržao i do danas, a to je sukcesija. Sukcesija je zapravo ideja da kako organizam ili skupina organizama koji se hrane na mrtvom tijelu, mijenjaju to tijelo. Ta promjena je važna jer učini tijelo „privlačnim“ drugoj skupini organizama što dovodi do daljnjih promjena na tijelu i dolaska treće skupine organizama na tijelo. Skupine se tako izmjenjuju dok ne ostane samo skelet tijela. Razvoj forenzične entomologije u Europi je započeo malo kasnije, 70-tih godina prošlog stoljeća.

Finac Pekka Nuorteva se uglavnom bavio slučajevima ubojstva i mnogo je doprinio razvoju forenzične entomologije u Europi ali i u svijetu. Iako su u Hrvatskoj poznate mnoge vrste kukaca koje su svojim životnim ciklusom vezane uz strvine i raspadajuća tijela, nikad se nisu ti ciklusi i strvinarske vrste kukaca proučavale sustavno, već su te vrste uglavnom pronađene slučajno kad bi neka divlja životinja uginula.

Budući da je ovo područje znanosti jako zanimljivo, i sa forenzičnog i sa entomološkog stajališta, a u Hrvatskoj mu još uvijek nitko nije posvetio pažnju, odlučio sam, zajedno u suradnji sa mojim mentorima, napraviti prvo istraživanje iz forenzične entomologije u Hrvatskoj.



### 1.3. Životni ciklus muha

Životni ciklus se kod kukaca sa potpunom preobrazbom, kojima pripadaju kornjaši i dvokrilci, sastoji od četiri stadija: jaja, ličinke, kukuljice i odraslog stadija ili imago. Za potrebe forenzike je ciklus muha modificiran i stadij ličinke je podijeljen na tri dijela. Potreba za ovakvom podjelom je bila nužna za što preciznije određivanje vremena proteklog od smrti. Ličinački stadiji se međusobno razlikuju po broju otvora na odušcima na zadnjem tjelesnom segmentu. Prvi ličinački stadij ima samo jedan jednostavni otvor koji se proteže uz donji rub, drugi stadij ima dva otvora na odušku, dok treći ima tri (Gennard 2007).



**Slika 3.** Treći stadij ličinke sa tri otvora na odušku (Preuzeto sa: [smlc.asso.fr](http://smlc.asso.fr)).

Veličina ličinki je u mnogim prijašnjim udžbenicima navedena kao relevantna mjera pri određivanju starosti ličinke, no to nije tako. Veličina ličinke ne mora nužno odražavati razvojni stadij u kojem se ona nalazi. Postoji mnogo čimbenika, od kojih je jedan i kiša koja će produljiti razvoj ličinke. Ona će se u tom slučaju nastaviti hraniti i povećavati svoju veličinu. Razlog također može biti i ubrzani razvoj pod utjecajem povišene temperature. U tom će slučaju ličinka doseći minimum veličine koji joj je potreban za nastavak, i uspješan završetak životnog ciklusa (Goff 2001).

Postojali su i pokušaji da se i stadij kukuljice na neki način podijeli na više stadija koji bi omogućili precizniju procjenu starosti ovog stadija ukoliko su prisutne kukuljice na mjestu zločina. Primjećeno je da kukuljica tijekom vremena mijenja boju od blijedo roze do tamno crveno - smeđe boje. Promjene koje se događaju omogućuju procjenu do 25 sati nakon što

ličinka pređe u stadij kukuljice. Do danas razne metode koje se koriste nisu pokazale dovoljnu preciznost u procjeni proteklog vremena nakon prva 24 sata od nastanka razvojnog stadija kukuljice (Gennard 2007).

## **2. Cilj istraživanja**

Da bi se entomološki uzorci mogli uopće koristiti u forenzici te da bi pomoću njih mogli doći do zadovoljavajućih rezultata potrebno je provesti opsežna istraživanja na području entomološke forenzike. Potrebno je skupljanje relevantnih podataka o vremenskom trajanju razvoja pojedinih vrsta kukaca pri određenim vremenskim uvjetima.

Cilj istraživanja je bio provesti prvo sustavno istraživanje iz ovog područja u Hrvatskoj i pri tome vidjeti koje će vrste, prvenstveno muha, a zatim i kornjaša, položiti svoja jaja u tijelo životinje i definirati ciklus tih vrsta kroz vrijeme. Uz to pratiti dva najvažnija parametra koja utječu na razvoj kukaca - temperaturu i vlažnost.

Drugi cilj je bio usporediti vremensko trajanje ciklusa koje je dobiveno istraživanjem, sa vremenskim trajanjem ciklusa te vrste u kontroliranim uvjetima i objasniti razliku ako ona postoji.

## 3. Materijali i metode

### 3.1. Materijali

Zbog specifičnog eksperimenta koji se provodi na otvorenom, najvažnije je osigurati i zaštititi testnu životinju od velikih grabežljivaca, kao što su psi i mačke. To smo postigli postavljanjem kaveza, u koji se postavi životinja, na mjesto izvođenja eksperimenta. I dakako, potrebno je nabaviti pokusnu životinju, u ovom slučaju odojka.

Ostali materijali koji se koriste pri ovom eksperimentu, i koji spadaju pod obaveznu opremu jednog forenzičnog entomologa su:

- Mreža za hvatanje kukaca
- Entomološke iglice i pincete
- Entomološke posude
- Fiksativ (80% etanol)
- Zaštitne rukavice i maska
- Fotoapar

U laboratoriju je materijal obrađen pomoću mikroskopa ili lupe, potrebna je jedna ili više posuda u koju će se prebaciti uzorci, te stakalca, ukoliko se uzorci gledaju pod mikroskopom.

## 3.2. Metode

Prije nego što se jedan entomološki forenzičar upusti u rješavanje slučajeva i davanja svojih procjena o vremenu smrti, odnosno o vremenu koje je proteklo od dolaska kukaca na tijelo, potrebno je provesti opsežna istraživanja radi prikupljanja podataka koje će kasnije u svom radu koristiti. Podaci se prikupljaju iz dva izvora, prvi je praćenje razvoja kukaca u laboratoriju u kontroliranim uvjetima, a drugi je terensko istraživanje (Goff 2001). Za što precizniju procjenu o vremenu koje je proteklo od invazije kukaca na tijelo potrebno je imati podatke iz oba izvora.

Laboratorijska istraživanja se provode u ekološkim komorama (eng. environmental chamber) koje omogućuju da kontroliramo rast ličinki kukaca pri određenoj temperaturi i vrijeme izlaganja svjetlosti i tami. Obično se za eksperimente uzima temperatura od 26°C i interval od 12 sati svjetlosti i 12 sati mraka. Ova komora se koristi i za rast ličinki koje se sakupe na mjestu zločina da bi se dovele do odraslog stadija i time se omogućila determinacija kukca. Također se proučava koliko traje životni ciklus kukaca.



**Slika 4. Ekološka komora koja ima mogućnost kontrole temperature i relativne vlažnosti  
(Preuzeto sa: [www.emctech.com.au](http://www.emctech.com.au))**

Iako su obe metode bitne u forenzičnoj entomologiji, u ovom je istraživanju provedeno terensko istraživanje, jer omogućuje upoznavanje sa strvinarskim vrstama kukaca koji obitavaju na području kontinentalne Hrvatske. Istraživanje u laboratoriju nije provedeno zbog tehničke neizvedivosti.

### 3.2.1. Terensko istraživanje

Prije svakog istraživanja potrebno je izabrati pokusnu životinju koja će nam dati najtočnije rezultate koje ćemo kasnije moći koristiti prilikom analiza i koje ćemo moći usporediti sa rezultatima koje dobijaju drugi znanstvenici (Goff 2001). Konkretno u ovom slučaju, kad pratimo raspadanje tijela i sukcesiju kukaca na tijelo, potrebno je za istraživanje odabrati životinju čiji će proces raspadanja biti najsličniji ili čak i identičan onom kod čovjeka. U prošlosti su znanstvenici u svom radu koristili razne životinje kao što su gušteri, žabe, miševi, zečevi, svinje, mačke, psi a u nekim slučajevima i slonovi i ljudska trupla. Naravno, rezultati koji su dobiveni su se jako razlikovali, ali je i primjećeno da su rezultati dobiveni iz istraživanja sa svinjama, točnije na odojku, približno identični onima koje su znanstvenici dobili u istraživanjima sa ljudskim truplima. Koristi se odojak težine cca. 22-23 kilograma, jer je svojim stadijima dekompozicije najsličniji stadijima dekompozicije kod čovjeka. Upravo se iz tog razloga i zbog činjenice da je lako dostupna u dovoljnim količinama, danas se u svojim istraživanjima forenzični entomolozi koriste ovom životinjom (Goff 2001).

Prije samog pokusa bilo je potrebno razmisliti o mogućim problemima i čimbenicima koji bi mogli utjecati na rezultate eksperimenta. Ono što je bilo najteže u svemu je bio odabir lokacije na kojoj ćemo napraviti eksperiment. Važno je da je do lokacije lako doći i pristupiti joj, ali ujedno da je i dovoljno udaljena od naselja i da je mala vjerojatnost da će je netko otkriti. U protivnom bi se moglo dogoditi da pokusna životinja, tj. odojak, ili dio opreme nestane. Što se tiče samog eksperimenta, najbitnije je ograničiti pristup tijelu odojka, tj. spriječiti dolazak većih grabežljivaca, što smo postigli postavljanjem već spomenutog kaveza.

Odojak je za potrebe eksperimenta usmrćen u klaonici. Tijelo odojka je transportirano na lokaciju odabranu za eksperiment, i položeno u kavez. Bitno je paziti da bude što kraći vremenski rok od usmrćivanja životinje do njenog izlaganja u kavezu, jer se na taj način minimalizira hlađenje tijela i mogućnost negativnog utjecaja na eksperiment. Bilježi se vrijeme usmrćivanja životinje i vrijeme polaganja odojka u kavez, što se označava kao početak eksperimenta. Tijekom idućih 14 dana izlazilo se dva puta na lokaciju, kada su se promatrale i zapisivale promjene na tijelu životinje i sakupljali uzorci za obradu u laboratoriju. Također su napravljene fotografske snimke stadija raspadanja životinje. Uz praćenje samog razvojnog ciklusa kukaca tijekom eksperimenta se vodi evidencija o temperaturi i vlažnosti zraka, jer su to dva najvažnija parametra koja utječu na trajanje ciklusa

Intenzivnije praćenje raspadanja tijela i samih promjena na tijelu u prvih 14 dana je obavljeno iz razloga što su muhe, tj. njihov razvoj na tijelu, najvažniji i najtočniji u procjeni vremena koje je proteklo od njihove invazije i polaganja jajašaca u tjelesne otvore. Nakon 14 dana eksperimenta izlasci na lokaciju su rjeđi, jer se smanjila brzina promjena na tijelu životinje. Nakon razvoja muha očekuje se dolazak kornjaša na tijelo i daljnje promjene koje su sporije, pa je dovoljan i jedan izlazak na lokaciju za praćenje promjena (Goff 2001). Svi izlasci na teren moraju biti uvijek u isto vrijeme zbog statističke obrade podataka i njihove kasnije upotrebe.

### 3.2.2. Laboratorijska analiza uzoraka

Nakon sakupljanja uzoraka i njihovog dokumentiranja potrebna je obrada tih uzoraka u laboratoriju. U prvim danima je potrebno uhvatiti i sve odrasle stadije kukaca koji dolaze na tijelo, posebice muha, jer u pravilu muhe su jedine koje u početku polažu svoja jaja u raspadajuće tijelo. Kornjaši dolaze uglavnom radi hranjenja kada će i polagati jaja, ali nakon završetka razvojnog ciklusa muha (Goff 2001).

Uzorci koji se sakupljaju moraju biti propisno evidentirani i moraju sadržavati sljedeće informacije:

- a) točan datum i vrijeme sakupljanja uzoraka sa tijela;
- b) mjesto na tijelu odakle su uzorci uzeti;
- c) ime ili samo inicijali osobe koja je sakupila uzorke;

Tako sakupljeni uzorci se onda nose u laboratorij na daljnju obradu. Kukce koji su sakupljeni na eksperimentalnoj lokaciji potrebno je determinirati tj. odrediti o kojoj se vrsti muha i kornjaša radi. Sakupljene ličinke je, osim u nekim slučajevima, jako teško determinirati do vrste. Ono što se može odrediti i što je jako bitno u forenzičnoj entomologiji je stupanj razvoja ličinke. Zbog točnije projekcije post-mortem intervala forenzični entomolozi su ličinački stadij muha podijelili na tri dijela koji se međusobno razlikuju po broju otvora na odušcima smještenim na zadnjem posteriornom segmentu. Ovisno o stadiju razvoja ličinke postoje odušci sa 1, 2 ili 3 otvora (Gennard 2007).



### 3.3. Karakteristike lokacije eksperimenta

Lokacija na kojoj se izvodio eksperiment nalazi se uz obalu rijeke Save, na području Žitnjaka u gradu Zagrebu. Ta lokacija je odabrana zbog njene dostupnosti i blizine, te što je udaljena od naselja i kuća pa nema gotovo nikakve fluktuacije ljudi i prometa. Mjesto na koje je postavljen kavez nalazi su u mješovitoj vrbovo-topolovoj šumi - biljna zajednica *Salici-Populetum* (Tx.1931) Meijer-Drees 1936. Vegetacija je bitna za provedbu eksperimenta jer u određenoj mjeri ograničava i omogućuje život pojedinim vrstama kukaca čime utječe na rezultate eksperimenta.



**Slika 5. Izgled lokacije na kojoj je eksperiment rađen (Slika: J.Crnjac).**

## 4. Rezultati

### 4.1. Promatranje procesa raspadanja odojka

Pokus je započeo 18.07.2007.god. usmrćivanjem odojka u klaonici u 12:45 i njegovim polaganjem u kavez na mjesto eksperimenta u 13:30 od kada se bilježi početak eksperimenta. Već nakon par minuta od polaganja odojka u kavez primjećuje se dolazak većeg broja muha koje pripadaju dvama vrstama. Prva je *Lucilla sericata* L., koja pripada porodici *Calliphoridae* ili muhe zujare, te *Sarcophaga carnaria*, koja pripada porodici *Sarcophagidae* ili muhe mesaruše. Muhe lete oko tijela i hrane se tjelesnim tekućinama koje su im dostupne. Najčešće je to krv koja je istekla, ili još uvijek istječe iz rane na tijelu, i tjelesne sekrecije iz drugih prirodnih otvora na tijelu, kao što su usta, nosni i analni otvor.



**Slika 6. Dolazak muha na tijelo i hranjenje. 1 sat od početka eksperimenta (Slika: J.Crnjac).**

Nakon kratkog hranjenja ženke muha polažu jaja u tjelesne otvore, koji će osigurati zaštitu, dovoljnu količinu vlage i hranu ličinkama kad se izlegnu. Taj trenutak se obilježava kao početak biološkog sata kojeg forenzični entomolozi koriste u određivanju post - mortem intervala (Goff 2001). Karakteristično je za muhe zujare (eng. blowflies) da svoja jajašca nesu u nepravilnim hrpicama koje mogu brojati od 150-200 jajašaca koje jedna ženka polaže (Gennard 2007). Jajašca se polažu tokom iduća 2-3 dana tako da se u konačnici broj položenih jaja mjeri u tisućama. Muhe mesaruše (eng. fleshflies) ne polažu jaja već su živorodne. One polažu ličinke prvog stadija. Ako se uzme u obzir činjenica da su ličinke veće od jajašaca, jasno je da će broj ličinki koje polažu mesaruše biti puno manji od broja ličinki koje će se razviti iz jajašaca muha zujara (Goff 2001).



**Slika 7. Položena jajačca unutar usne šupljine i nosnih otvora. 18 sati nakon početka eksperimenta (Slika: J.Crnjac).**

Izuzev prvog dana, izlasci na teren su bili ujutro u 8 sati i popodne u 18 sati. Drugog dana ujutro se primjećuje veliki broj položenih jajašaca koja više nisu samo unutar tjelesnih otvora već i oko njih, što se vidi na slici 7. Isto tako se može primjetiti daljnja aktivnost muha koje i dalje polažu jaja. Dolazi i do promjena na tijelu. Uočava se karakteristična nadutost tijela i plavo - zelenkasta boja u području prsa. Ovakva identična promjena se događa i kod čovjeka nakon smrti. Pri popodnevnom dolasku na teren primjećena je aktivnost većeg broja ličinki unutar usne šupljine, što ukazuje da su se prve ličinke pojavile ranije tog dana. Uzorak ličinki se uzima, propisno evidentira i pregledava u laboratoriju da se potvrdi stupanj razvoja ličinke.

U laboratoriju su se uzorci ličinki pregledali i utvrđeno je da su na tijelu prisutne samo ličinke prvog stadija razvoja.

20.07. u 8 ujutro, trećeg dana eksperimenta, uočen je veći broj ličinki u području glave. Ličinke izlaze iz nosnih otvora i usta, kao i iz ubodne rane, koja je nastala prilikom usmrćivanja životinje. Muhe koje su još uvijek prisutne oko tijela i dalje polažu jajašca, ali ne više u tjelesne otvore već po površini prednje polovice tijela. Istog tog dana prilikom popodnevnog izlaska na teren, primjećuje se još veći broj ličinki i oko ubodne rane i u području usta. Došlo je do prodiranja ličinki kroz očnu šupljinu i pojave ličinki oko analnog otvora i njihovog širenja po stražnjem dijelu tijela. U zraku oko životinje se osjeća neugodan miris raspadanja. Uzimaju se uzorci ličinki radi utvrđivanja razvojnog stadija.

Analizom sakupljenih uzoraka u laboratoriju utvrđeno je da su na tijelu bile prisutne ličinke prvog i drugog razvojnog stadija.

Najveće promjene prilikom izlaska na teren četvrtog dana ujutro se uočavaju na području glave. Glava je u potpunosti prekrivena ličinkama, koje se u potrazi za hranom

premještaju prema sredini tijela. Uočena su dva zuba koja su ispala van, što ukazuje na to da je većina tkiva unutar usne šupljine pojedena. Za razliku od dana prije, ličinki nema oko ubodne rane koja je zatvorena debljom membranom.



**Slika 8. Ličinke u prednjem dijelu tijela i zatvorena ubodna rana. 66 sati od početka eksperimenta (Slika: J.Crnjac).**

Između jutarnjeg i popodnevnog izlaska na teren dogodile su se velike promjene. Tisuće i tisuće ličinki je prekrilo prednju polovicu tijela odojka. Odvija se intenzivno hranjenje i na tijelu su prisutna sva tri ličinačka stadija. U zraku se osjetio jako neugodan i intenzivan miris raspadanja. Na tijelu se vidi da su ličinke iskoristile svu moguću hranu koja im je bila dostupna u području glave. Sakupljeni su primjerci ličinki zbog utvrđivanja njihovog stadija razvoja.

U laboratoriju su uzorci pregledani i utvrđeno je da su na tijelu životinje prisutna sva tri ličinačka stadija razvoja.



**Slika 9. Nagli razvoj ličinki kroz period od 10 sati. 76 sati od početka eksperimenta (Slika: J.Crnjac).**



Tokom noći ličinački razvoj se usporava, ali promjene koje su se dogodile vidljive su na prvi pogled. Područje glave i vrata je ogoljeno i nema ličinki, one su se premjestile na sredinu tijela i prema analnom otvoru. Manji dio je još ostao u području prednjih udova i hrani se potkožnim tkivom.

Ponovno su se između dva izlaska dogodile veće promjene na tijelu. Ličinke su u velikoj mjeri pojele sve što su mogle na prvoj polovici tijela i prešle su na stražnji dio tijela. Na prednjoj polovici tijela ostali su samo kost i koža, koja je na pojedinim dijelovima trupa pojedena pa se vide i unutrašnji organi i rebra. Ličinke su također aktivne i u unutrašnjosti tijela. Sakupljeni su uzorci ličinki, koji se pregledavaju u laboratoriju.

Pregledom uzoraka utvrđeno je prisustvo sva tri ličinačka stadija na tijelu.



**Slika 10. Izgled tijela odojka nakon 100 sati od izlaganja aktivnosti kukaca (Slika: J.Crnjac).**

Petog dana eksperimenta, 23.07., tijelo je skoro u potpunosti bilo pojedeno. Ličinke su sa stražnje polovice i sa stražnjih udova pojele svu njima dostupnu hranu i prešle su na središnji dio tijela. Hrane se unutrašnjim organima, ali je broj ličinki manji nego večer prije. Taj broj je bio još manji prilikom popodnevnog dolaska na mjesto eksperimenta. Tijekom dana i vrlo vjerojatno protekle noći, je došlo do migracije ličinki od tijela odojka i prelaska u treći stadij životnog ciklusa - kukuljicu. Prilikom pretraživanja okolnog područja pronađene su kukuljice. One su se nalazile ispod trave i lišća, u zemlji. Nađene su na tri lokacije koje su udaljene cca. 10-15 cm od tijela. Jedna je bila u blizini glave, druga je bila smještena ispred trupa tijela, a treća se nalazila iznad tijela, van kaveza u visini vratnih kralješaka odojka.

24.07. ujutro, šestog dana eksperimenta, broj ličinki je bio još manji. Nalazile su se unutar tijela, uglavnom ispod kože na mjestima gdje je ona ostala netaknuta. Veći broj ih je bio smješten unutar glave. Preostalo je par stotina ličinki koje još uvijek nisu prešle u stadij kukuljice. Tijelo odojka, posebice njegov središnji dio gdje su bili smješteni unutrašnji organi

je bilo pretvoreno u neprepoznatljivu tkivnu masu. Sakupljen je jedan kornjaš i u laboratoriju je određena vrsta *Nechrophorus vespillo*, L. iz porodice *Silphidae*.



**Slika 11. Izgled tijela nakon 6 dana eksperimenta. 138 sati od početka eksperimenta (Slika: J.Crnjac).**

Pri večernjem izlasku na teren opažen je još manji broj ličinki. Promjena na tijelu nema. Aktivnost drugih kukaca, kao što su kornjaši još uvijek izostaje. Broj ličinki se tokom dana još više smanjio i na tijelu je ostalo nekoliko desetaka ličinki.

U noći sa 24.07 na 25.07. padala je kiša. To za ličinke koje se još uvijek nalaze na tijelu znači produljenje životnog ciklusa za 2-3 dana jer ličinke neće preći u stadij kukuljice dok se tlo ne posuši. Ličinke se nalaze unutar tijela i skrivene su. Može ih se primjetiti samo ako se bolje pogleda unutar glave i ispod udova.

Tokom tog popodneva i sutrašnjeg dana nije bilo promjena na tijelu. Ličinke su još uvijek bile skrivene unutar tijela, najviše u području lubanje i kralješnice. To su mjesta gdje je koža velikim dijelom ostala netaknuta. Još uvijek nije bilo drugih kukaca koji bi nastanili tijelo.

U jutro 27.07. na tijelu je preostalo svega 10-15 ličinki. Sakupljene su tri ličinke radi pokušaja da se njihov ciklus nastavi u laboratoriju. Privremeno su stavljene u veliku staklenku sa slojem zemlje i komadićem telećeg mesa. Staklenka je zatvorena mrežom sa sitnim rupicama. Zbog tehničke pogreške pokušaj uzgoja nije uspio.

To jutro je, prilikom boravka na mjestu eksperimenta zapažena nova životinjska vrsta. Riječ je o malom sisavcu iz porodice glodavaca, *Apodemus agrarius* L., koji se slobodno kretao oko i unutar kaveza sa odojkom. Viđena su tri primjerka i oni su razlog zašto je tako veliki nesrazmjer između broja ličinki koje su bile u početku na tijelu i broja ličinki koje su prešle u stadij kukuljice.





**Slika 12. Poljski miš *Apodemus agrarius* L (Slika: J.Crnjac).**

Prilikom popodnevnog izlaska ništa neobično nije primjećeno. Oko tijela je u potrazi za hranom uvijek prisutno nekoliko muha. Ličinke nisu viđene na tijelu tokom boravka.

Desetog dana eksperimenta, 28.07., ujutro u 8 sati prve muhe su završile svoj razvojni ciklus. Po dolasku na mjesto eksperimenta uočeno je devet primjeraka muha kako šetaju po tijelu i kavezu. Neobično je što nisu mogle letjeti i bile su bezbojne. To upućuje na činjenicu da su se tek izvalile iz kukuljice, jer su potrebna 2-3 sata da im se krila posuše i budu spremna za let. Također izostaje i karakteristična obojenost tijela i jedinke su uglavnom sivkaste. Razlog je isti - potrebno je vremena od izvaljivanja iz kukuljice da se jedinka posuši i tek tad dobija prepoznatljivu boju tijela. Sakupljena su dva primjerka tek izvaljenih jedinki.



### **Slika 13. Tek izvaljena muha s nefunkcionalnim krilima. 234 sata od početka eksperimenta**

(Slika: J.Crnjac).

Tijekom popodnevnog izlaska novih muha nije bilo, kao ni druge aktivnosti kukaca. Sutradan ujutro, 29.07. na kavezu je bilo cca. 30-40 odraslih jedinki muha koje još uvijek nisu mogle letjeti i nisu dobile karakterističnu boju tijela. Izvaljivanje iz tijela se nastavlja, što je logično zbog činjenice da sva jajašca nisu položena u isto vrijeme. Sakupljeni su primjerci muha i u laboratoriju je potvrđeno da je riječ o vrsti *L. sericata*.

30.07. ujutro nisu zabilježene nikakve promjene na tijelu. Novih vrsta kukaca još uvijek nema. Tog dana je popodne padala kiša. Ona ima usporavajući učinak na ciklus muha, jer produžava vrijeme određenog stadija. Ličinke će se u tom slučaju duže hraniti, dok se tijelo i tlo ne osuše u dovoljnoj mjeri. Isti je slučaj i sa kukuljicama, neće biti izvaljivanja dok se ne posuše (Goff 2001).

Kiša je padala i 31.07. ujutro, i izlazak na teren je bio tek u 18 sati. Osim što su tijelo i tlo bili vlažni, nije bilo promjena na tijelu.

Četnaestog dana eksperimenta, 01.08. ujutro se nastavilo izvaljivanje odraslih muha iz kukuljice. Na kavezu je uočeno desetak jedinki, a isto toliko ih je bilo i na tijelu odojka, posebice u području oko kralješnice. Područja u zemlji gdje su bile kukuljice su fotografirana i procjena je da je bilo nekoliko stotina jedinki na tri lokaliteta.



**Slika 14. Prazne kukuljice iz jednog od tri nalazišta (Slika: J.Crnjac).**

Popodne tog dana i prilikom oba izlaska na teren 02.08. na tijelu ili kavezu je svaki put primjećeno 7-8 primjeraka muha koje su izašle iz kukuljica. Aktivnosti drugih kukaca još uvijek nije bilo.



Od 03.08. na teren se izlazilo samo jedanput dnevno, u 18 sati. Od tog dana promjena na tijelu usljed aktivnosti kukaca nije bilo. Jedine promjene na tijelu koje su se događale su bile usljed kiše koja je padala 3., 9. i 10. kolovoza.

14.08. su svakodnevni izlasci na teren prekinuti. Izlasci su u idućih mjesec dana bili jedanput tjedno. Kornjaša još uvijek nije bilo na tijelu. Postavljene su tri čašice sa alkoholom. Jedna u kavez pored glave i po jedna sa bočnih strana kaveza.

Četrdeset i petog dana, 14.09. je eksperiment završio. Aktivnost kornjaša na tijelu je izostala. U postavljenim čašicama je ulovljeno nekoliko puževa i dvije gujavice. Tijelo je već jako raspadnuto. Primjećuju se glava, kosti udova i kralješnica koja je prekrivena ostacima kože. Od utrobnih organa je ostala samo neprepoznatljiva masa tamnosmeđe do crne boje.



**Slika 15. Ostaci od odojka nakon završetka eksperimenta. 57 dana i 18 sati od početka eksperimenta (Slika: J.Crnjac).**

Ostaci tijela su po završetku eksperimenta uklonjeni i tijelo je zbrinuto na propisani način.

## 4.2. Temperatura i vlažnost zraka

Službeni podaci za temperaturu i vlažnost zraka dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda za srpanj i kolovoz 2007. sa mjerne stanice Maksimir. Iz dobivenih se podataka uzimaju oni koji su važni za eksperiment, relativna vlažnost zraka i središnja dnevna temperatura. Rezultati se prikazuju tablično i u obliku grafa.

Vrijeme (dani)	Središnja dnevna temperatura (°C)	Relativna vlažnost (%)
1	28,4	47
2	28,7	56
3	28,7	51
4	29	43
5	28,8	43
6	26,7	45
7	23	56
8	20,6	60
9	22,7	44
10	24,9	47
11	26,4	52
12	23,7	63
13	15,6	84
14	16,5	59
15	18,2	55
16	21,1	51
17	18,6	79
18	18,9	55
19	22,4	52
20	25,8	56
21	23,8	49
22	21,4	57
23	18,7	78
24	17,9	83
25	20,4	86
26	20,7	81
27	22,6	85
28	23,5	71

**Tablica 1. Prikaz središnje dnevne temperature i relativne vlažnosti za vrijeme trajanja eksperimenta.**

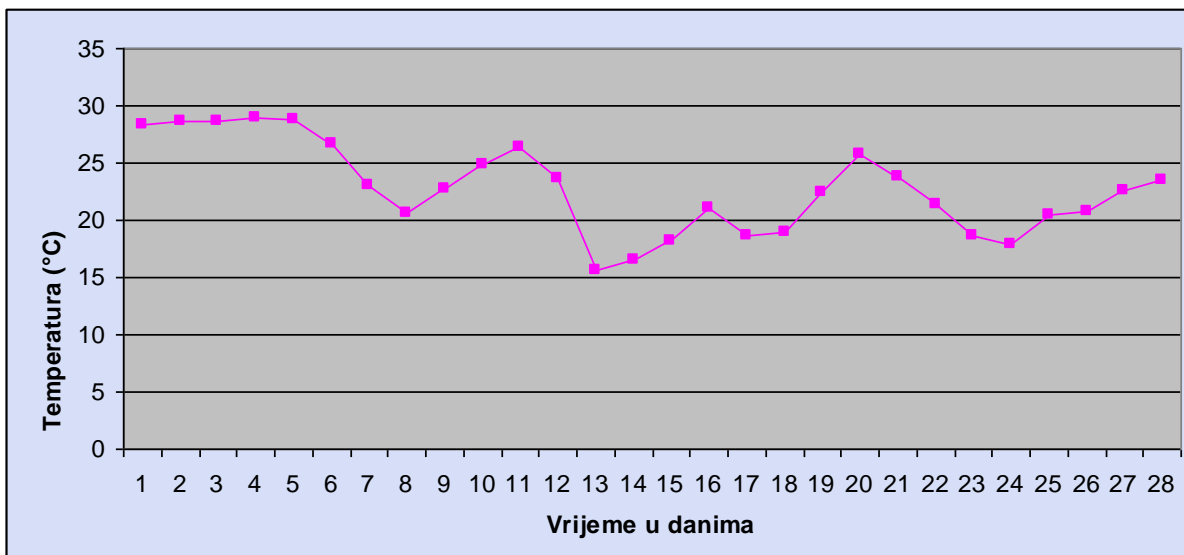
(°C)  
28,4  
28,7  
28,7  
29  
28,8  
26,7  
23  
20,6  
22,7  
24,9

**Tablica 2. Središnje dnevne temperature u prvih deset dana eksperimenta.**

Temperatura (°C)
30,2
30,5
30,8
31,6
31,2
28,7
24,8
22,3
24,5
26,8

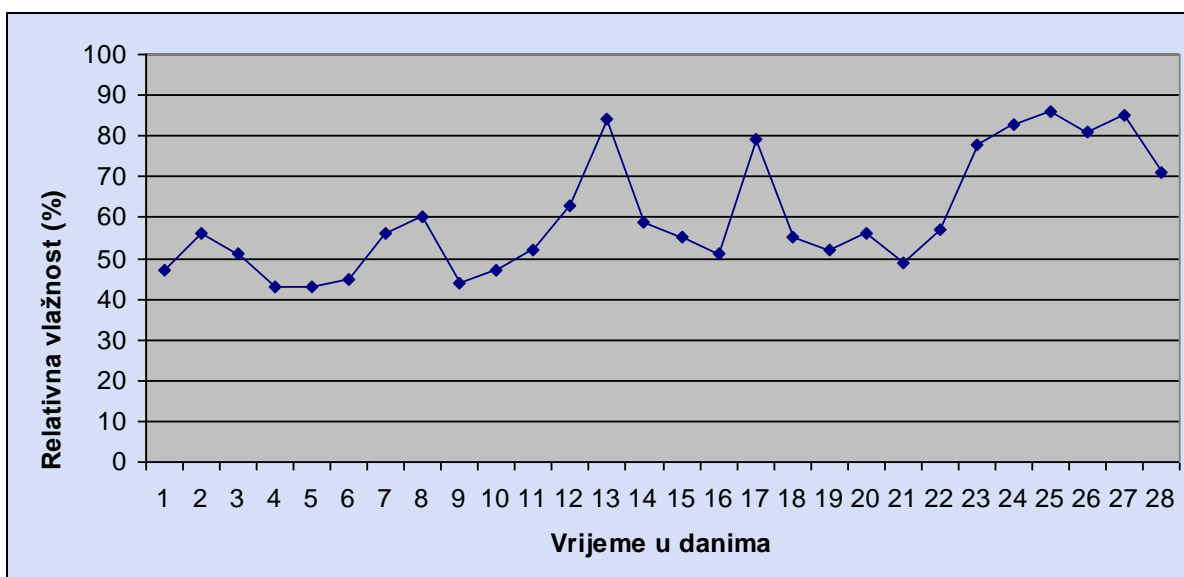
**Tablica 3. Prosječna temperatura u razdoblju od 7- 21 sata u prvih deset dana eksperimenta.**

Uzevši u obzir da je aktivnost kukaca smanjena tijekom noći, podaci za središnju dnevnu temperaturu iz tablice 2. se mogu prilagoditi. Tablica 3. prikazuje te modificirane vrijednosti, koje su dobivene računanjem prosječne temperature u intervalu od 7 do 21 sata.



**Slika 16. Temperaturne fluktuacije za vrijeme eksperimenta.**

Slika 16. prikazuje kretanje grafički kretanje temperature za vrijeme eksperimenta. Može se primjetiti da ja temperatura u prvih pet dana bila gotovo jednaka.



**Slika 17. Relativna vlažnost zraka tijekom trajanja eksperimenta.**

Na slici 17. su prikazane vrijednosti relativne vlažnosti zraka za vrijeme trajanja eksperimenta, koja je varirala od 43 do 86%.

#### 4.3. Životinjske vrste utvrđene tijekom pokusa

Uz već spomenute vrste, *L. sericata*, *S. carnaria* i *N. vespillo*, tokom eksperimenta su na tijelu zabilježene i neke druge vrste životinja čiji životni ciklus nije vezan za strvine i proces raspadanja. Jedna od njih je *Vespula germanica* F., njemačka pčela. Ova vrsta je na tijelu zabilježena u prvih nekoliko dana eksperimenta i kasnije nije dokumentirana.



**Slika 18. *Vespula germanica* F.- njemačka pčela (Slika: J.Crnjac).**

Druga vrsta je već spomenuti glodavac *A. agrarius*, poljski miš. Ova vrsta je na tijelo dolazila isključivo zbog hranjenja ličinkama muha i razlog je puno manjeg broja odraslih muha nego što je bio broj ličinki.



**Slika 19. *Apodemus agrarius* L.(Preuzeto sa: [www.bvo.zadweb.biz.hr](http://www.bvo.zadweb.biz.hr)).**

## 5. Rasprava

Do ovog istraživanja u Hrvatskoj nije napravljeno nijedno istraživanje koje bi sustavno pratilo sukcesiju kukaca na mrtvo tijelo životinje. O vrstama koje u Hrvatskoj dolaze na strvinu, zna se iz njihovog pronalaska na tijelu već uginule životinje. Čak i podaci o tim vrstama nisu nužno potpuni, jer često do pronalaska strvine dođe već u kasnijem stadiju raspadanja tijela kad su neke vrste kukaca već završile svoj razvojni ciklus, odnosno to tijelo se ukloni iz okoliša prije dolaska određene vrste koja na strvinu dolazi tek u kasnijim stadijima raspadanja. Budući da istraživanja ovakvog tipa nisu rađena dosad, ona su zanimljiva i s forenzične strane i sa entomološke strane, odnosno zoološke strane.

Odlukom da se napravi prvo istraživanje iz nekog područja znanosti koja je nova u svijetu i ne proučava je veliki broj znanstvenika, mora se prihvatiti i činjenica da će se pojaviti problemi i komplikacije. To ni u ovom slučaju nije bila iznimka.

Prvi problem se javlja već pri pokušaju da se nešto više sazna o temi i o tome što se želi raditi. Naime, iako je zanimanje da se ovakvo istraživanje napravi u Hrvatskoj od samog početka veliko, informacije o tome što i kako napraviti su bile ograničene. Prvi korak je bio nabaviti stručnu literaturu iz ovog područja koja će pružiti osnovne informacije o tome što i kako treba napraviti. Nakon proučavanja literature i dogovaranja sa mentorima što i kako bi trebalo napraviti potrebno je odabrati najbolju lokaciju za eksperiment. Ideja je bila da se tijelo odojka postavi negdje u šumu na Medvednici, dalje od staza za planinare. To bi bilo idealno mjesto za eksperiment jer je priroda manje više netaknuta i tu bi trebao biti prisutan najveći broj strvinarskih vrsta koje obitavaju na području kontinentalne Hrvatske. No i ovdje se javio problem iz više razloga. Prvi je razlog sama činjenica koja kod većine ljudi izaziva čuđenje i zgražanje a to je da vi želite usmrtiti životinju, postaviti je u prirodu i promatrati kako se ona raspada te pratiti razvoj kukaca na njenom tijelu. Drugi je razlog bio to što je ta životinja trebala biti postavljena u park prirode. Jasno je da vam treba odobrenje za napraviti nešto takvo. Dobiti odobrenje u tom trenutku, za jedan ovakav eksperiment, u Hrvatskoj je bilo nemoguće. Već pri samom dolasku u Veterinarsko - higijenski servis, službu koja je zadužena za uklanjanje strvina iz prirode, nailazi se ne negodovanje i upućivanje na razna ministarstva. Pravi razlog nisu ni zakoni ni propisi ni bilo što drugo. Razlog je činjenica da je ovakvo istraživanje veoma neobično i zbog toga što dosad u Hrvatskoj nije rađeno, nailazi se na neodobravanje zbog neupućenosti u ovo područje znanosti.

Stoga je bilo potrebno odabrati alternativnu lokaciju koja neće biti predaleko, a opet postojat će minimalna ili gotovo nikakva mogućnost da netko otkrije mjesto eksperimenta. Usljed mijenjenja lokacije eksperimenta bilo je potrebno prilagoditi i sam eksperiment. Pri ovom eksperimentu korišten je jedan odojak, na kojem su se promatrale promjene na tijelu i sa kojeg se vršilo sakupljanje uzoraka. U praksi je eksperiment zamišljen i izvodi se bitno drugačije. Kao prvo, koriste se tri odojka i svaki od njih ima različitu ulogu u eksperimentu. Jedan odojak se postavlja na tlo, i u njegov analni otvor, trbušnu šupljinu i glavu se umeću temperaturne sonde. Ovaj odojak se ne pomiče i ne dira za vrijeme trajanja eksperimenta, već se fotografira i na njemu se opisuju promjene kroz koje tijelo prolazi tokom eksperimenta. Temperaturne sonde služe za praćenje promjena temperature unutar tijela, jer usljed aktivnosti bakterija i metaboličkih procesa ličinki kukaca dolazi do velikih promjena u unutrašnjoj temperaturi odojka.

Drugi odojak služi za praćenje stope uklanjanja tkiva, odnosno za praćenje gubitka biomase tijekom eksperimenta. Gubitak biomase se mjeri gubitkom težine odojka, i radi lakšeg praćenja se izražava u postocima kao omjer trenutne i početne težine odojka. Odojak je u svrhu vaganja postavljen u poseban kavez (eng. wire mesh) i tek onda položen na tlo. Za vaganje se koristi vaga s kukom postavljena na tronožac koja se nalazi iznad tijela životinje. Mreža u kojoj je smješten odojak se podiže i vješa na kuku te se na vagi očita težina. Bitno je da se nakon vaganja tijelo životinje vrati uvijek u isti položaj na tlu, radi točnosti podataka. To se može postići postavljanjem drvenih štapova u svaki kut kaveza.

Treći odojak se također postavlja u kavez i on služi za uzorkovanje kukaca i drugih člankonožaca. Kao i kod drugog odojka, tijelo životinje je nakon pomicanja potrebno vratiti u isti položaj na tlu.

Sva tri odojka su zaštićena kavezom koji sprečava dolazak većih životinja, kao što su psi i vukovi, na tijelo.

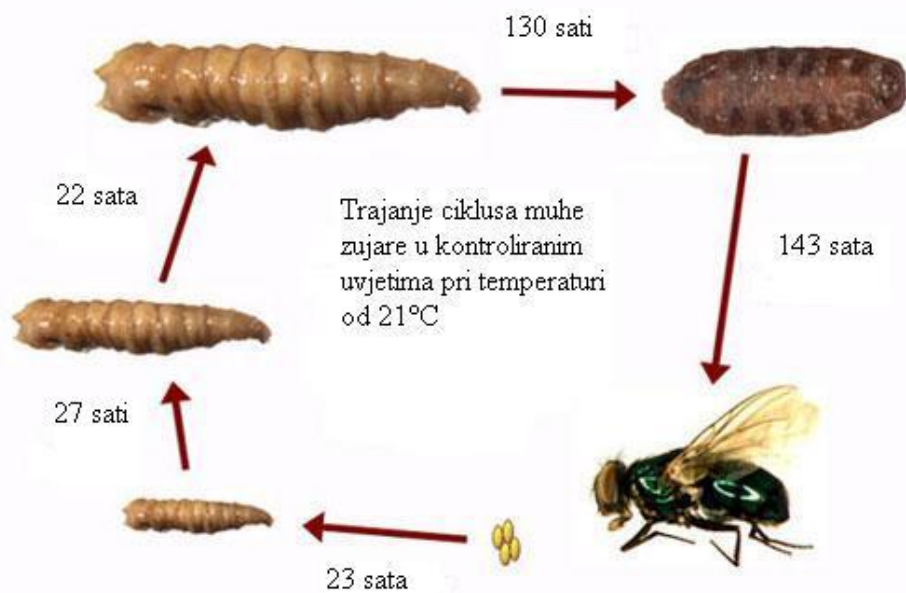
Odojci se postavljaju na međusobnu udaljenost od minimalno 50 metara jer je u istraživanjima primjećeno da ako su životinje postavljene bliže dolazi do nejednolike invazije kukaca na tijela. Primjerice, na jednoj životinji može biti ogroman broj kukaca i njihovih ličinki, dok će druge dvije imati jako mali broj kukaca na svom tijelu (Goff 2001).

Pokus koji je izveden prilikom ovog istraživanja je modificiran iz više razloga. Jedan od njih je limitirajuće područje za izvođenje pokusa. Na lokaciji na kojoj je eksperiment napravljen fizički nije bilo moguće smjestiti tri odojka koja bi bila međusobno udaljena bar pedeset metara. Drugi su razlog financijska sredstva za eksperiment koja su također bila ograničena. Mjerni instrumenti također nisu postavljeni na mjesto izvođenja eksperimenta jer

je postojala velika vjerojatnost da će nestati ako netko slučajno pronađe lokaciju. Još jedan razlog je već prije spomenuti problem sa traženjem lokacije i zakonima u Hrvatskoj.

Zbog tih je razloga odlučeno da se jedan odojak izloži aktivnosti kukaca i da on služi za praćenje promjena na tijelu i za sakupljanje uzoraka.

Vrijeme trajanja životnog ciklusa kod muha ovisi o temperaturi i o relativnoj vlažnosti. Usljed velikih promjena temperature dolazi i do velikih varijacija u vremenskom trajanju ciklusa. Zbog tog razloga je potrebno prilikom procjenjivanja proteklog vremena imati i podatke o vremenskom trajanju ciklusa određene vrste pri kontroliranim uvjetima u laboratoriju. Podaci o vremenskom trajanju ciklusa za vrstu *L. sericata* nisu bili dostupni pa će za usporedbu koristiti podaci o vremenskom trajanju ciklusa porodice muha zujara, koji vrijedi za većinu vrsta iz ove porodice. Laboratorijski podaci su dobiveni pri temperaturi od cca 21°C (70 F). Vremensko trajanje ciklusa i pojedinog stadija je prikazano na slici 20.



Slika 20. Trajanje ciklusa zujare u laboratorijskim uvjetima (Preuzeto sa: [www.nlm.nih.gov](http://www.nlm.nih.gov)).

Ako se vrijednosti za trajanje pojedinog stadija zbroje dobijemo ukupno vrijeme trajanja ciklusa od 345 sati, odnosno 14 dana i 9 sati. Vremensko trajanje ciklusa koje je zabilježeno tokom eksperimenta za vrstu *L. sericata* je znatno kraće. Ciklus je započeo onog trenutka kad su muhe položile svoja jajašca na tijelo odojka. To je bilo 18.07 u 13:30, a prve muhe koje su se izvalile iz kukuljice i završile svoj razvoj su pronađene 28.07. u 8 sati ujutro. Ciklus je trajao 234 sata, odnosno 9 dana i 18 sati. Budući da su izlasci na teren bili samo dva



puta dnevno, nije moguće precizno odrediti trajanje svakog pojedinog stadija. Ono što se može odrediti je kad je koji stadij na tijelu bio prisutan i ti podaci su navedeni u rezultatima.

Postavlja se pitanje odkud i što je uzrok tolikoj razlici u trajanju ciklusa dobijenog u laboratoriju i onog koji je dobijen iz eksperimenta. Odgovor je u temperaturi. Naime, ako se pogledaju podaci u tablici 2. za središnju dnevnu temperaturu koja je zabilježena u prvih deset dana trajanja eksperimenta, uočava se da je ona viša od 21 °C, pri kojoj je rađeno ispitivanje u laboratoriju.

U analizi podataka se može ići i još dublje. Ako se u obzir uzme činjenica da je tokom noći aktivnost muha i njihovih ličinki smanjena, podaci o temperaturi se mogu prilagoditi na način da se u izračunu središnje temperature izbace podaci o temperaturi tijekom noći. Koriste se podaci o temperaturi izmjerenoj u intervalu od sedam sati ujutro do devet sati popodne. Vrijednosti iz tablice 2. će se promijeniti i porasti će za vrijednost od cca. 2 stupnja, što je prikazano u tablici 3.

Moje je mišljenje da bi temperaturne vrijednosti bile još i više zbog specifičnosti okoliša, no nažalost zbog već navedenih razloga nisu postavljeni instrumenti na lokaciju na kojoj je eksperiment napravljen.

Još jedan čimbenik može utjecati na temperaturu pri kojoj se ličinke razvijaju, a to su one same. U ovom slučaju nije riječ o temperaturi zraka već o temperaturi koja je proizvod metabolizma ličinki tokom hranjenja. Primjećeno je da temperatura u unutrašnjosti tijela gdje se ličinke hrane, može biti čak 22°C iznad temperature zraka (Goff 2001). Važno je napomenuti da se ova toplina ne stvara odmah u početku. Potrebno je nekoliko dana da se ona razvije i ovisi i o broju ličinki koje su prisutne na tijelu. Ako je broj ličinki manji, odnosno može se reći ako je manja skupina ličinki prisutna na tijelu, onda će i toplina koja nastaje biti manja i neće bitno utjecati na ciklus. No u slučaju kad je veća skupina ličinki prisutna na tijelu, kao što je bio slučaj u ovom eksperimentu, temperatura unutar tijela može biti i preko 45°C, pa čak i 50°C (ako se npr. temperaturi zraka od 30°C pribroji temperatura od 20°C koju stvaraju ličinke), i kao takva je pogubna za ličinke jer uzrokuje njihovu smrt. No to se ipak ne događa. Ličinke imaju razvijeno posebno ponašanje tokom hranjenja koje im omogućava hlađenje i sprječava pregrijavanje i smrt. One se na tijelu nalaze u slojevima i neprestano se kreću iz unutrašnjosti tijela prema van i obrnuto. Ovakvo ponašanje im omogućava da uđu u unutrašnjost tijela gdje se kratko zadržavaju radi hranjenja, i zatim kad im se temperatura unutar tijela povisi, one izlaze na površinu i hlade se (Goff 2001). Isto takvo ponašanje ličinki je uočeno i u ovom eksperimentu.



**Slika 21. Ličinke koje se na tijelu nalaze u slojevima. 78 sati od početka eksperimenta (Slika: J.Crnjac).**

Za vrijeme eksperimenta na tijelu su sakupljene samo tri vrste kukaca čiji je ciklus vezan uz strvinu. I to je zapravo mali broj vrsta. Posebice je zanimljiva činjenica da je izostala invazija kornjaša na tijelo odojka. Pronađen je samo jedan primjerak kornjaša i to je *N. vespillo*, koji je sakupljen šestog dana eksperimenta. Postoji mogućnost da sam sakupljanjem ove vrste odmah pri njenom dolasku na tijelo utjecao na rezultate, ali ona je minimalna. Budući da su kornjaši najveća životinjska skupina na planetu, vjerojatnost da je samo jedan primjerak ove vrste bio prisutan na cijelom tom području je puno manja od mogućeg mog utjecaja na pokus.

No i da je nekim slučajem to bio jedini primjerak te vrste, i dalje ostaje pitanje zašto na tijelu nisu pronađeni kornjaši. Razlog je specifični okoliš, točnije specifični florni sastav područja na kojem je eksperiment rađen.



**Slika 22. i 23. Prikaz na floru područja na kojem je napravljen eksperiment (Slika: J.Crnjac).**

Kao što se vidi na slikama 5., 22. i 23., riječ je o gustoj šumi vrbe i topole. Ova lokacija je u početku odabrana zbog toga što je bila van naselja i jer je zbog svoje gustoće ograničavala pogled u unutrašnjost gdje je bio postavljen odojak. No upravo je ta prednost u određenoj mjeri postala i ograničenje. Zbog velike gustoće raslinja bilo je onemogućeno

strujanje zraka kroz šumu. To se najbolje moglo osjetiti na izostanku karakterističnog mirisa raspadanja na širom području. Općenito govoreći, kad neka životinja uginu nakon nekoliko dana miris raspadanja se može osjetiti u velikom krugu oko uginule životinje. No to u ovom eksperimentu nije bio slučaj. Miris se osjetio samo u krugu od 3 metra od životinje, i to je utjecalo i na sukcesiju i na izostanak kornjaša sa tijela.

Na još je jedan važan čimbenik ovakav okoliš utjecao, a to je temperatura. Već je prije spomenuto da je strujanje zraka u šumi bilo minimalno, gotovo pa da ga i nije bilo. To je uzrokovalo dosta višu temperaturu unutar šume od one koju je zabilježila meteorološka postaja Maksimir. Zrak je usljed toga bio ustajao i dosta je bilo teško disati unutar šume. Temperatura u šumi nije mjerena ali se razlika u temperaturi prilikom ulaska u šumu osjećala. Ta razlika u osjetu temperature je nastala zbog velike vlage koja se zadržavala u šumi. Rezultat takvih uvjeta je bilo obilno i nekontrolirano znojenje koje bi prestalo onog trenutka kad bi se izašlo iz šume.

Kao što je već rečeno u rezultatima, tijekom eksperimenta su na tijelu primjećene dvije vrste životinja čiji životni ciklus nije povezan sa procesom raspadanja tijela.

Poljski miš, *A. agrarius* je na tijelo dolazio isključivo zbog hranjenja ličinkama. Utjecaj ove vrste na eksperiment se najbolje može vidjeti ako se usporede slika 24. i slika 25. koje su nastale u razmaku od deset sati.



**Slika 24. i 25. Razlika u broju ličinki u intervalu od 10 sati. Interval od 90 do 100 sati od početka eksperimenta (Slika: J. Crnjac).**

Razlog ovom smanjenju broja ličinki nije isključivo hranjenje ovog glodavca, već i određeni broj ličinki koji je prešao u stadij kukuljice, ali je taj broj daleko manji od broja ličinki koji je pojeden. Zanimljivo je da tih miševa nije bilo strah čovjeka. Dolazili su i šetali se po tijelu dok sam ja bio prisutan i fotografirao tijelo.

Aktivnost njemačke pčele, *V. germanica*, na mrtvom tijelu odojka je u najmanju ruku neobična, i koliko mi je poznato, to je dosad nezabilježeno ponašanje ove vrste u Hrvatskoj.

Iako ime sugerira drugačije ova vrsta pripada porodici *Vespidae* - ose (Matoničkin i sur. 1996). Već sa prvim muhama došle su i ose na tijelo odojka. U početku nije primjećeno nikakvo neobično ponašanje ovih životinja i prvotni zaključak je bio da su se tu zatekle sasvim slučajno. No već drugog dana postalo je jasno da ose nisu tu prisutne zbog puke slučajnosti već da su uključene u određenu aktivnost. Nakon pomnijeg promatranja primjećeno je da ose, isto kao i muhe, ulaze u tjelesne otvore i ubodnu ranu. Razlika je u tome što su muhe tamo polagale jajašca, a ose su ih odnosile.



**Slika 26. Pčela skuplja jajašca u loptice dok muhe polažu nova. 18 sati od početka eksperimenta (Slika: J.Crnjac).**

Ose su zapravo radile loptice od jajašaca koje su muhe polagale i odnosile su ih, najvjerojatnije do osinjaka jer su *Vespidae*, kao i pčele, zadružne životinje. Jajašca su sakupljale zbog prehrane svojih ličinki. Naime ličinke osa za svoj razvoj trebaju životinjsku komponentu, odnosno potrebne su im bjelančevine. Ličinke obično hrane bjelančevinama sažvakanog ulovljenog plijena: gusjenice, pauzi, pčele ili drugi kukci koje uspiju uloviti (Matoničkin i sur. 1996). U ovom slučaju ta životinjska komponenta, odnosno izvor bjelančevina su bila jajašca muha.

## 6. Zaključak

Prvo istraživanje iz područja forenzične entomologije u Hrvatskoj je napravljeno. Unatoč ograničenju (samo jedna eksperimentalna životinja), istraživanje je bilo uspješno. Podaci i informacije koji su dobiveni iz istraživanja će biti od velike koristi u daljnjem radu na ovom području znanosti.

Ne samo zbog utvrđivanja vrsta koje će svoj životni ciklus imati na mrtvom tijelu odojka, već i zbog samog eksperimenta. Naime, kada se nešto radi po prvi put, ne samo u znanosti već i u svakodnevnom životu, dogodit će se pogreške i problemi koje se nisu mogli predvidjeti bez obzira na do sada poznate činjenice iz literature. Znanje bez primjene jako malo vrijedi. I u tome je dodatna vrijednost ovog istraživanja. Ukazalo je i na moguće probleme sa administracijom. Pokazalo je na koji način i u kolikoj mjeri odabir mjesta za izvođenje eksperimenta ima utjecaj na rezultate i sukcesiju. Također je pružilo uvid u interspecijske odnose koji dosada nisu opisani i primjećeni i koje treba pratiti i pokušati detaljnije opisati u nekim budućim istraživanjima, uz uvjet da se ovakvo ponašanje pčela ponovi.

Iako se broj od tri vrste, dvije vrste muha: *L. sericata* i *S. carnaria*, te jednog kornjaša *N. Vespillo*, koji su se našli na tijelu može učiniti malim, on to zapravo nije. Rezultat je specifičnog florog sastava područja u kojem je eksperiment rađen i kao takav može već sutra poslužiti u procjeni vremena proteklog od invazije kukaca na tijelo. Uvjet je naravno da je to tijelo pronađeno u sličnim okolišnim uvjetima u kojima je rađen eksperiment.

U usporedbi vremena trajanja ciklusa u kontroliranim uvjetima u laboratoriju i vremena trajanja ciklusa koje je dobiveno ovim istraživanjem, uočava se razlika u njihovom trajanju. Razlika u duljini trajanja ciklusa je nastala zbog razlika u temperaturi pri kojoj su se ličinke razvijale. Time je potvrđeno da viša temperatura ubrzava životni ciklus ovih vrsta kukaca.

Forenzična entomologija u Hrvatskoj ima svoju budućnost. Dio životinjskog svijeta za koji je ova grana znanosti vezana, u Hrvatskoj nije sustavno proučavan. Uvjeren sam da će buduća istraživanja na ovom području pridonijeti mnogim zanimljivim otkrićima, kao što je i ovo istraživanje to napravilo. U mnogim slučajevima će istražiteljima pružiti dodatne informacije o vremenskom intervalu koji je protekao od invazije kukaca do pronalaska tijela. S druge strane postoji velika vjerojatnost da će tijekom budućih istraživanja na ovom

području biti opisano i novih vrsta kukaca, tako da će i sa zoološke strane doprinos ovih istraživanja biti značajan.

## 7. Literatura

1. Gennard D. E. (2007): Forensic entomology. John Wiley & Sons Ltd., West Sussex. str. 1-90.
2. Goff M. L. (2001): A fly for the prosecution. Harvard University Press, Cambridge. str. 1-89.
3. Heming B. S. (2003): Insect development and evolution. Cornell University Press, Ithaca New York. str. 352-375
4. Matoničkin I. i sur. (1996): Beskralješnjaci, biologija viših avvertebrata. Školska knjiga, Zagreb. str. 330-505.
5. McGavin G. C. (2001): Essential entomology. Oxford University Press, Oxford. str. 1- 57, 189- 200, 219-233.
6. Zahradnik J., Chvala M., edited by Whalley P. (1989): Insects. Hamlyn Publishing Group Ltd., London. str. 459-500.