

# Usporedba brojnosti i raznolikosti strvinarskih vrsta muha na području gradova Splita i Omiša

---

**Kovačević, Anđela**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, University Department for Forensic Sciences / Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:227:915299>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)/[Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-02**

SVEUČILIŠTE  
U  
SPLITU



SVEUČILIŠNI  
ODJEL ZA  
FORENZIČNE  
ZNANOSTI

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of University Department for Forensic Sciences](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA  
FORENZIČNE ZNANOSTI**

**FORENZIČNA KEMIJA I MOLEKULARNA BIOLOGIJA**

**DIPLOMSKI RAD**

**USPOREDBA BROJNOSTI I RAZNOLIKOSTI STRVINARSKIH  
VRSTA MUHA NA PODRUČJU GRADOVA SPLITA I OMIŠA**

**ANĐELA KOVAČEVIĆ**

Split, rujan 2021.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA  
FORENZIČNE ZNANOSTI**

**FORENZIČNA KEMIJA I MOLEKULARNA BIOLOGIJA**

**DIPLOMSKI RAD**

**USPOREDBA BROJNOSTI I RAZNOLIKOSTI STRVINARSKIH  
VRSTA MUHA NA PODRUČJU GRADOVA SPLITA I OMIŠA**

Mentor: prof.dr.sc. Damir Marjanović

Komentor: Josip Crnjac, prof. biol.

Studentica: Anđela Kovačević

**ANĐELA KOVAČEVIĆ**

Matični broj: 451/2018

Split, rujan 2021.

Rad je izrađen u Laboratoriju za forenzičnu genetiku i biologiju

pod nadzorom Josipa Crnjca, prof. biol.

u vremenskom razdoblju od 1. svibanj do 1. srpanj 2020.

Datum predaje diplomskog rada: 31. kolovoz 2021.

Datum prihvaćanja rada: 07. rujan 2021.

Datum usmenog polaganja: 15. rujan 2021.

Povjerenstvo: 1. Izv.prof.dr.sc. Željana Bašić

2. Doc.dr.sc. Snježana Štambuk

3. Prof.dr.sc. Josip Kasum

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Kukci ( <i>Insecta</i> ).....	2
1.2. Životni ciklus strvinarskih vrsta muha .....	6
1.3. Najznačajniji kukci u forenzičnoj entomologiji.....	8
1.4. Post mortem interval (PMI) .....	11
2. CILJ.....	14
3. MATERIJALI I METODE .....	15
3.1. Materijali.....	15
3.2. Metode .....	17
3.3. Lokacija i vrijeme istraživanja.....	19
4. REZULTATI .....	20
4.1. Zastupljenost muha na području grada Splita .....	20
4.2. Zastupljenost muha na području grada Omiša .....	22
4.3. Temperatura zraka, relativna vlažnost zraka i oborine .....	24
4.4. Usporedba zastupljenosti i raznolikosti strvinarskih vrsta muha na području gradova Splita i Omiša.....	27
5. RASPRAVA.....	29
6. ZAKLJUČAK.....	34
7. LITERATURA .....	35
8. SAŽETAK.....	37
9. ŽIVOTOPIS.....	40
10. IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI.....	41

# 1. UVOD

Forenzična entomologija je grana forenzike koja koristi informacije o životnim ciklusima i bihevioralnim karakteristikama kukaca s ciljem tumačenja dokaza u istragama i sudskim procesima (1). Riječ *forenzičan* dolazi od latinske riječi *forensis* – koji pripada forumu, javan, riječ *entomologija* od grčke riječi *entomos* – kukac, insekt, odnosno *temnein* – rezati, i riječi *logos* – znanost (2). Forenzična entomologija primjenjuje se u području kriminalistike, najčešće u svrhu istraživanja smrtnih slučajeva.

Dokazi za postojanje kukaca na našem planetu datiraju još od najstarijih vremena te se oni mogu pronaći na najrazličitijim mjestima, spominju se čak i u Bibliji u kojoj je moguće saznati štošta o sukcesiji kukaca i posmrtnoj dekompoziciji tijela. Uspon i pad brojnih ljudskih civilizacija ovisio je o njihovoj uspješnoj koegzistenciji s kukcima koji nisu samo letjeli uokolo, već su bili i prijenosnici raznih zaraznih i opasnih bolesti. Sva istraživanja o ovoj grani forenzike, vraćaju se na prvi slučaj iz Kine, u trinaestom stoljeću, u kojem je znanje o kukcima, konkretno muhama, pridonijelo rasvjetljavanju jednog slučaja ubojstva. Forenzična entomologija se kao znanost jako sporo razvijala sve do polovice devetnaestog stoljeća kada doživljava svoj procvat, kada se po prvi put jedan entomološki dokaz iskoristio u svrhu dokaza. Ranije je, doduše, bilo pomaka i to u vidu razvoja binarne nomenklature biljaka i životinja čime se olakšala sama organizacija svih postojećih vrsta, ali i komunikacija među samim istraživačima. Ocem suvremene forenzične entomologije smatra se Jean Pierre Mégnin koji je promijenio način rada s insektima. Oni nisu više samo kukci na mjestu događaja, već postaju pravi fizički dokazi. Također, njegov rad usko je vezan i za ponašanje kukaca-strvinara na mrtvom tijelu. U dvadesetom stoljeću, fokus je bio stavljen na kukce-strvinare koji su odigrali ključnu ulogu pri određivanju tjelesnih oštećenja nastalih prije ili poslije smrti. To stoljeće obilježile su još dvije stvari: ratovi, zbog kojih se pojavljuju prve istrage koje uključuju potopljena tijela i vodene insekte, i razvoj insekticida. Posljednjih godina mnogo toga je, posebice u SAD-u, učinjeno za razvoj ove discipline, ali i za prihvaćanje entomoloških dokaza na sudu (3).

Danas brojni znanstvenici i istraživači ulažu velike napore kako bi doprinijeli razvoju ove iznimno vrijedne forenzične discipline čiji je doprinos u razrješavanju slučajeva ponekad od iznimne važnosti.

## 1.1. Kukci (*Insecta*)

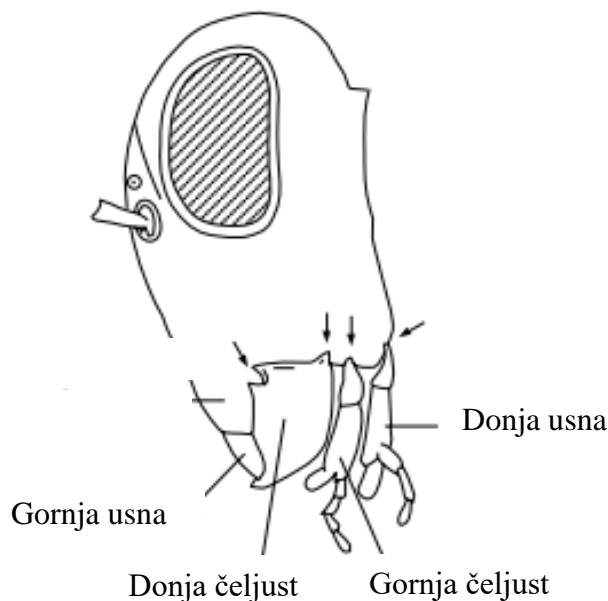
Kukci su najbrojnija životinjska vrsta s identificiranih 827 017 vrsta, što čini sedamdeset posto svih životinja (4). Insekti spadaju u carstvo životinja (*Animalia*), koljeno člankonožaca (*Arthropoda*), potkoljeno šestonožaca (*Hexapoda*) i u red kukaca (*Insecta*). Mogu biti različite veličine, od 0.2 mm (*Ptiliidae*) do 30 cm (*Phasmatodea*) (5).

Kukci se mogu prilagoditi svim uvjetima života i prve su životinje koje su razvile sposobnost letenja zbog čega ih možemo pronaći na najrazličitijim staništima na Zemlji (6). Imaju brojne uloge u prirodi pa tako sudjeluju u mijeni tvari u životnim zajednicama na kopnu, služe za prerađivanje otpadnih tvari, oprašuju biljke, neki od njih žive kao nametnici na biljkama, životinjama i čovjeku, a neki su uzročnici zaraznih bolesti. Kada je riječ o koristi koju čovjek ima od njih, važno je istaknuti dobivanje meda, matične mliječi, propolisa, voska, svile, karminske boje, šelaka itd. Osim toga, čovjek koristi grabežljive i nametničke kukce za suzbijanje štetnika u gospodarstvu (7).

Tijelo kukca je heteronomno, ima 20 kolutića između akrona i telzona. Oni su podijeljeni na sljedeći način: 6 kolutića i akron čine glavu, 3 kolutića prsa, 11 kolutića, zajedno s telzonom, sačinjava zadak. Kod nekih kukaca, zbog tagmatizacije, nije moguće odrediti točan broj kolutića (8).

Glava kukaca je cjelovita hitinska čahura koja može biti različite veličine i oblika što ovisi o veličini sastavljenih očiju. Građena je od 6 kolutića i akrona. Kod nekih su sastavljene oči toliko velike da zauzimaju najveći dio glave. Oči kod kukaca mogu biti jednostavne ili sastavljene. Jednostavne oči na čelu ili tjemenu imaju kukci koji su potpuno razvijeni, jedno do tri oka i ona služe za detekciju količine svjetla, dok složene oči, kukci imaju sa strane glave i one im služe za raspoznavanje objekata u svom okruženju. Tentorij je unutrašnji skelet u čahuri glave čija je uloga učvršćivanje očiju i ticala i za prihvaćanje mišića usnog organa. Ticala i usni organi također su sastavni dio glave kukca. Ticala su pomična i ona se sastoje od više članaka čiji broj može varirati od dva do četrdeset članaka. Članci na ticalima mogu biti jednoliki (četinasti, nitasti, čislasti, pilasti, češljasti i perasti) ili nejednoliki (kičasti, glavičasti, listasti). Na ticalima su smještene različita osjetila, od kojih su neka iznimno kemijski osjetljiva, a s pomoću njih neki se kukci i sporazumijevaju, npr. mravi. Razlike u obliku i veličini ticala se vide i među mužjacima i ženkama jer u pravilu mužjaci imaju veća i složenija ticala. Na glavi kukci imaju usne organe koji su prilagođeni različitim načinima hranjenja. Razlikuju se organi za grizenje, lizanje (opnokrilci), bodenje (polukrilci, dvokrilci), sisanje (polukrilci, leptiri) i

usisavanje (dvokrilci), iako neki kukci imaju zakržljale usne organe (vodencvjetovi, trstova ušenka). Usni organi se sastoje od parnih gornje i donje čeljusti te od neparnih dijelova odnosno gornje i donje usne (Slika 1.). Gornje čeljusti se nalaze s unutrašnje strane i oštro su nazubljene za griženje hrane. Donje čeljusti imaju vanjski i unutrašnji rezanj koji pridržavaju hranu i pomažu pri žvakanju. Gornja usna služi za zatvaranje usne s gornje strane, a donja je zatvara od dolje i pridržava hranu koju grizu čeljusti (7,8).



Slika 1. Usni organi kukca

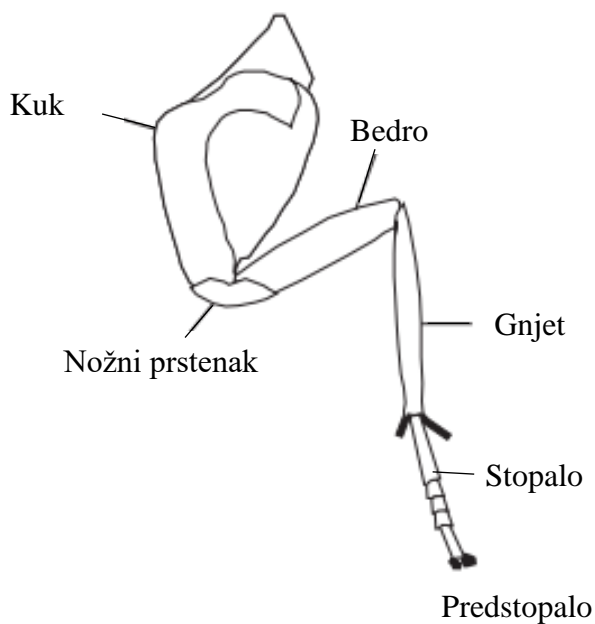
Izvor: Resh VH, Cardé RT. Encyclopedia of insects. San Diego: Academic Press; 2003.

Dostupno na:

[https://library.uniteddiversity.coop/More Books and Reports/Encyclopedia of Insects .pdf](https://library.uniteddiversity.coop/More_Books_and_Reports/Encyclopedia_of_Insects.pdf)

Prsa kukaca sastoje se od tri kolutića: prednji, srednji i stražnji. Oni se sastoje od ledne pločice (tergum), trbušne pločice (sternum) i dviju prostranih pločica (pleura). Svaki od kolutića ima jedan par nogu, a srednji i stražnji kolutić imaju po jedan par krila. Neki od kolutića mogu biti razvijeniji u odnosu na ostale. Primjerice, to se primjećuje kod rovca koji ruje prednjim nogama, muha koje lete prednjim krilima ili kornjaša koji lete stražnjim krilima. Noge kukaca čini šest članaka: kuk, nožni prstenak, bedro, gnjat, stopalo i predstopalo (Slika 2.). Zbog svoje prilagodbe na razne uvjete one mogu biti: hodalice, trčalice, plivalice, kopalice, skakalice, grabilice, sabiralice, čistilice itd. (7).





Slika 2. Građa noge kukca

Izvor: Resh VH, Cardé RT. Encyclopedia of insects. San Diego: Academic Press; 2003.

Dostupno na:

[https://library.uniteddiversity.coop/More\\_Books\\_and\\_Reports/Encyclopedia\\_of\\_Insects.pdf](https://library.uniteddiversity.coop/More_Books_and_Reports/Encyclopedia_of_Insects.pdf)

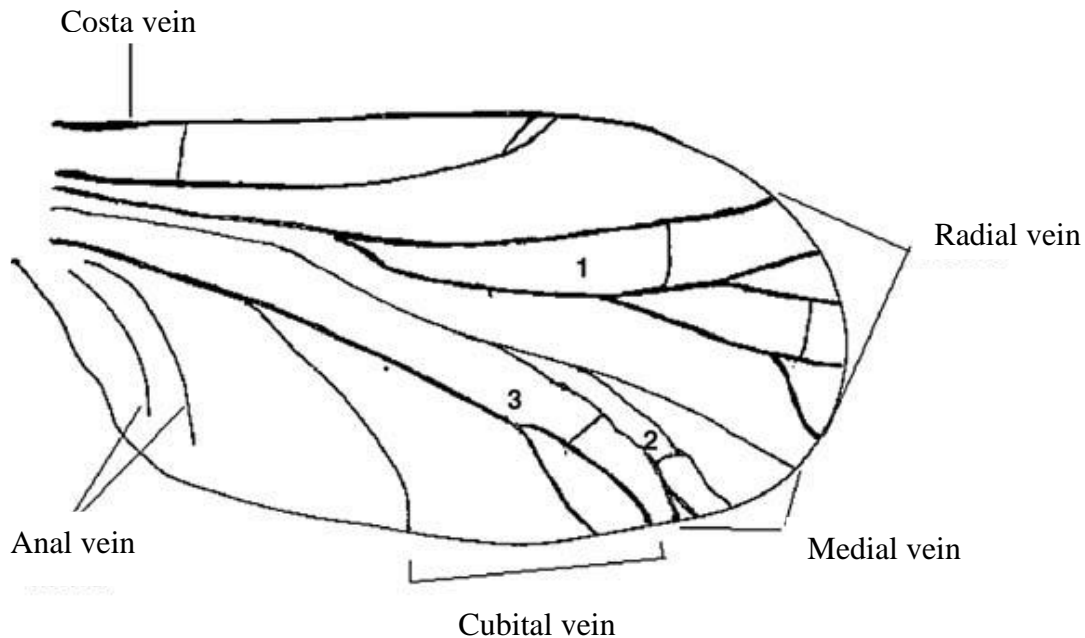
Krila kukaca nalaze se s gornje strane srednjeg i stražnjeg prsnog kolutića. Najčešće kukci imaju dva para krila, prednja i stražnja krila. Ona se isto tako mogu prilagođavati oblikom i veličinom, npr. stražnja krila dvokrilaca su znatno smanjena u tzv. maljice (haltere), dok neki kukci niti nemaju krila, npr. nametnici (8).

Oblik i veličina krila kukaca je raznolik te dobro pomažu u prepoznavanju velikog broja kukaca. Također, krilne vene su imenovane kako bi pomogle u identificiranju vrsta kukaca. Te vene nazvane su po Needham-Comstock sistemu koji su osmislili dvojica znanstvenika John Comstock i George Needham (7).

Krilne vene kukaca su:

- *Costa vein*- debela, otvrdnuta vena koja daje krilu čvrstoću za letenje
- *Subcosta vein* ili vena stabljika
- *Radial vein*- nalazi se na proksimalnoj (tjelesnoj) točki spajanja

- *Medial vein*- dugačka vena koja se može podijeliti na četiri vene koje prolazi do ruba krila i
- *Cubital vein*- kubitalna vena koja se nekih vrsta insekata razdvaja na manje vene (1).



Slika 3. Građa krila kukca

Izvor: Gennard D. Forensic Entomology: An introduction. Second edition. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd; 2012. p 1-60

Zadak je sastavljen od 11 kolutića i telzona. Njihov broj ovisi o različitim oblicima zatka te su stražnji kolutići utisnuti u prednje, npr, u muhe imamo samo 4 kolutića. Svaki od kolutića sastoji se od leđne pločice, trbušne pločice i prostranih pločica. U ovim posljednjim se najčešće nalaze odušci. U zatku je smješten glavni dio utrobe te zbog toga on može mijenjati svoj obujam. Zadak može biti duguljast, jednako širok, štapićast, jajast, raširen itd. Na zatku se nalaze i spolni otvori oko kojih su izrasli spolni privjesci. Kod ženke je to uređaj za odlaganje jajašaca, ovipositor, a kod mužjaka uređaj za parenje. Spolni privjesci imaju važnu ulogu kada je riječ o identifikaciji vrste kukca samo na primjeru mužjaka. Ženke je moguće razlikovati samo pri parenju ili ako su uzgajane iz istog legla (8).

Površina tijela kukaca je građena od hitinske prevlake koja može biti: glatka, naborana, zrnasta, mrežasta, rupičasta, trnovita itd. Na njoj se mogu nalaziti izrasline kao npr. dlačice i

ljuščice. Na površini tijela kukca nalaze se prave dlačice, macrotrichia, proizvedene od dlačne trichogene, stanice epiderme, i neprave dlačice, microtrichia što su izrasline na kutikuli. Dlakavost na tijelu kukca može biti slaba i ograničena na nekim mjestima ili gusta i bujna npr. kod bumbara. Ljuščica, squama, nema toliko kao dlačica, ali su zato česte kod leptira, kornjaša, dvokrilaca i beskrilaca. Mogu biti različitih oblika: pravokutne, trokutaste, jajolike, urezane, rasperjane itd. One mogu vrlo brzo otpasti za razliku od dlačica koje su čvrsto usađene, zbog što je ljuščica kutikularni privjesak (8).

Boja kukca ovisi o pigmentnoj i strukturnoj boji, isto tako i izraslinama i izlučinama na površini tijela kao što mužjaci vretenaca su modre boje zbog voštane prevlake, a crvci bijeli zbog gustih izlučina voska. Mnogi kukci imaju sposobnost promjene boje tijela, ovisno o okolini u kojoj se nalaze, s ciljem zaštite od napadača. Neki kukci se pak ističu upravo upadljivim bojama kako bi od sebe odvratili napadača, dok drugi imaju drugačiji način obrane, primjerice žalac (osa, pčela, bumbar) ili odvratni okus (tropski leptir) (7).

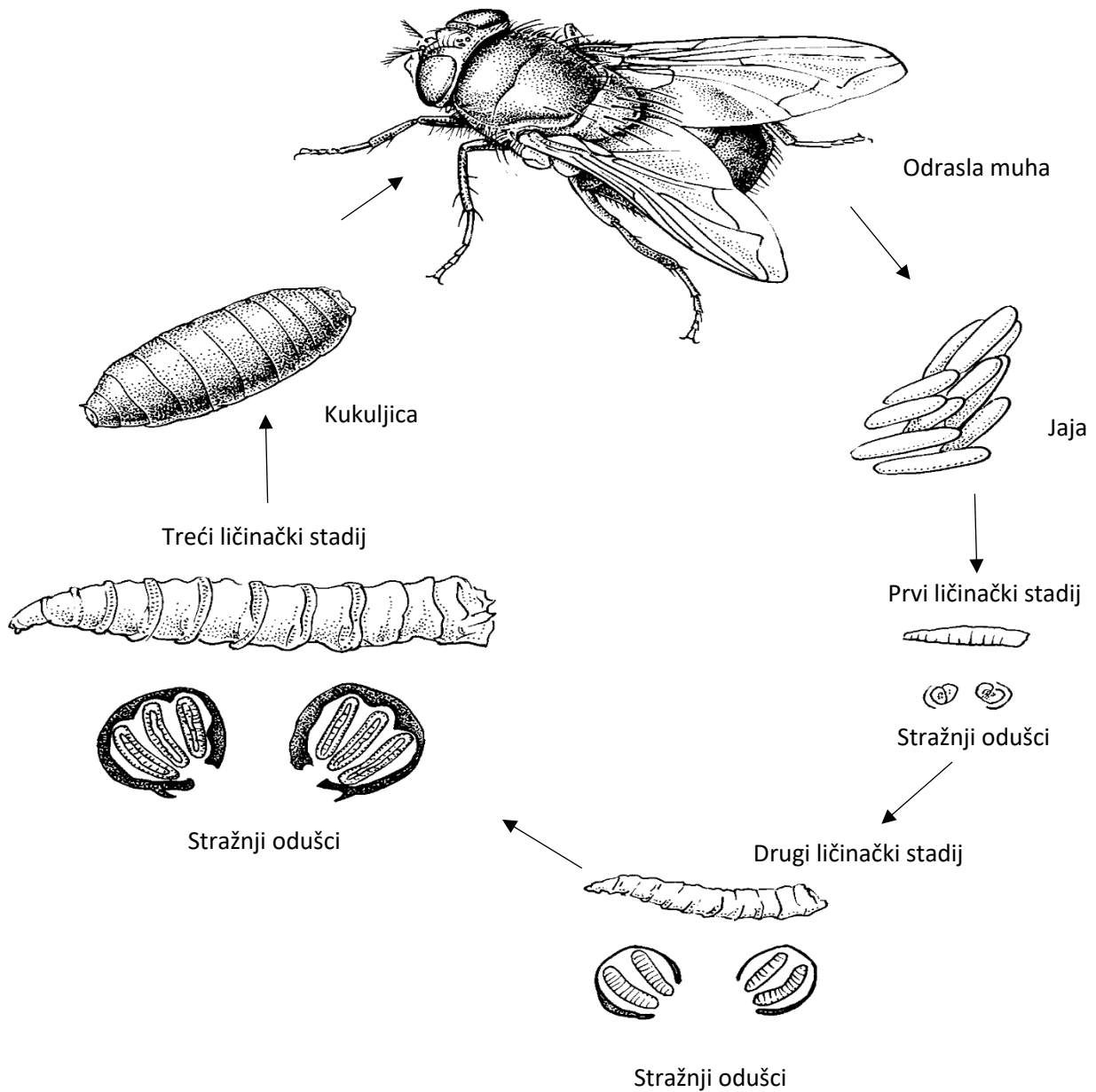
## **1.2. Životni ciklus strvinarskih vrsta muha**

Životni ciklus muhe odvija se u četiri stadija: jaja, ličinka, kukuljica i odrasla muha te ukazuje na potpunu metamorfozu, što se i vidi iz različitosti životnih stadija muhe. Ovo potonje poznato je pod nazivom holometabolija (1).

U prvom stadiju muha polaže oko otprilike 150-200 jaja na gomilu. Broj jaja ovisi o dostupnom izvoru hrane. Nakupine jaja polažu se na tijelu na onim mjestima koja pružaju zaštitu, vlažnost i hranu poput tjelesnih otvora, područja genitalija i rana na tijelu. Sve muhe ne polažu jaja, već postoje vrste koje odmah odlažu ličinke na tijelo (3).

Ličinački stadij sastoji se od tri stadija (L1, L2, L3). Određeni stadij ličinke može se odrediti uz pomoć broja otvora na odušku. Prvi stadij ima jedan, drugi dva, a treći tri otvora koji kod nekih vrsta mogu biti različite veličine. U trećem stadiju ličinka je najveća te ona, na pola puta razvoja, prestaje s hranjenjem i počinje se kretati u prostoru i odmicati od tijela, tražeći pogodno mjesto za razvijanje u kukuljicu (1). Ukoliko se ličinke nalaze na tijelu koje je u prirodi onda je najčešće mjesto gdje ličinke odlaze površinski sloj tla koji je rahao i pogodan za ukopavanje. Na prelasku između pojedinog ličinačkog stadija muha odbacuje hitinsku kutikulu koja se raspukne po sredini toraksa i ispod nje se počinje stvarati nova. U ovom periodu ličinka može

narasti jer nije ograničena tvrdom zaštitnom kutikulom. Prilikom presvlačenja hitinska prevlaka je mekana i blijeda a u procesu otvrdnjavanja mijenja boju u smeđu (7).



Slika 4. Životni ciklus muha

Izvor: Lee Goff M. A fly for the prosecution: How insect evidence helps solve crimes. Cambridge: Harvard University Press; 2000

Na prelasku u stadij kukuljice ličinka postaje ovalnog oblika i mijenja boju iz bijele u crveno-smeđu. Stadij kukuljice je ujedno najduži životni stadij izbijanje odrasle muhe događa

se guranjem operkuluma (otvora na vrhu kukuljice) i probijanjem kroz tlo (1). Nekoliko sati nakon izlaska iz kukuljice muhe su bez karakterističnog obojenja i krila su im još uvijek smežurana i mekana, dok se hitinska kutikula na zraku ne otvrdne i osuši (7).

Važno je naglasiti kako razvoj kukaca ovisi o temperaturi što uvelike pomaže prilikom određivanja post mortem intervala. Kako bismo odredili spomenuti interval, moramo prvotno identificirati stadij razvoja od svake vrste s kojom smo se susreli koji ovisi, ne samo o temperaturi, već i vrsti muhe (8).

### **1.3. Najznačajniji kukci u forenzičnoj entomologiji**

Dva reda kukaca koja igraju važnu ulogu u forenzičnoj entomologiji su dvokrilci (*Diptera*) i kornjaši (*Coleoptera*). Muhe se prve pojavljuju na mrtvom tijelu, dok se kornjaši mogu pronaći 5 do 11 dana nakon smrti, čime omogućavaju određivanje točnog post mortem intervala.

*Diptera*, poznata pod nazivom „dvokrilci“, predstavlja obitelj insekata s oko 86 000 poznatih vrsta koje se uvelike razlikuju po izgledu. U redu dvokrilaca se nalaze dvije forenzično najvažnije porodice, *Calliphoridae* (muhe zujare) i *Sarcophagidae* (muhe mesaruše). Za sve vrste unutar ovih porodica je karakterističan jedan par krila koji se koristi za letenje i drugi par „krila“, preoblikovan u haltere, koji pomaže u stabilizaciji tijekom letenja. Muhe imaju velike spojene oči s različitim vrstama usnih organa, iako većina njih, koje su povezane s raspadajućim tijelima ljudi, biljaka i životinja i njima se hrane, imaju spužvaste usne dijelove (9).

*Calliphoridae* su velika grupa, srednje velikih muha kojih ima više od 1 000 različitih vrsta širom svijeta. One prve otkrivaju i koloniziraju ljudske i životinjske ostatke. To se sve odvija unutar nekoliko prvih minuta i u samo dva koraka: kemijskom detekcijom uz pomoć receptora na njihovim ticalima i vizualnom potragom. Netom nakon toga, one traže prikladno mjesto za odlaganje jaja. Najčešća mjesta na kojima polažu jajašca su nos i usta te drugi otvori na tijelu i rane. Poznate su po svojoj metalno-plavoj ili metalno-zelenoj boji te ih privlači raspadajuće ljudsko tkivo, životinjski leševi, ekskrementi, neki biljni materijali, a neke vrste i otvorene rane na živim ljudima i životinjama. Iznimno su vrijedne kao reciklatori hranjivih tvari i za društvenu ekologiju, s obzirom na to da uklanjaju i uništavaju leševe iz okoliša. Veličina ličinke u trećem stadiju je između 8 i 23 mm te je ona bijelo do kremasto obojena, a po broju

otvora na odušku možemo odrediti o kojem se ličinačkom stadiju radi. Odrasle muhe oba spola velike su između 6 i 14 mm, iako to ovisi o vrsti i dostupnoj hrani tijekom ličinačkog stadija. Ticala im se sastoje od tri članka, smještena između i ispred njihovih spojenih očiju, od kojih je posljednji članak češljast (9).



Slika 5. *Calliphora vicina*

Izvor: Rivers DB, Dahlem GA. The Science of Forensic Entomology. Oxford: Wiley-Blackwell; 2014.

*Sarcophagidae* su porodica dvokrilaca kojih ima preko 2 000 vrsta rasprostranjenih, uglavnom, na tropskim ili toplijim mjestima. Kako njihovo ime i govori, one se hrane raspadajućim ljudskim i životinjskim tkivom, ali i vegetacijom i izmetom. Najveći je broj odraslih mesaruša koje se često mogu pronaći na cvjetovima zbog njihova nektara. One su srednje veličine, negdje između 2 do 14 mm. Imaju sive ili crne longitudinalne pruge na toraksu i kockasti uzorak na abdomenu. Tijela su im čekinjasta, a oči širom razdvojene u oba spola. Ličinke mesaruša imaju stražnje oduške smještene u jami ili u udubljenju na vrhu trbuha, koji je obrubljenim mesnatim kvržicama. Ovo nam pomaže kako bismo mogli razlikovati ličinke mesaruša i muha zujara koje su jako slične u tom stadiju. Ono po čemu se one razlikuju od muha zujara jest i činjenica da ih strвина privlači u svim mogućim uvjetima, bilo da je sunce, kiša, suho ili vlažno vrijeme ili bilo da se radi o unutarnjem ili zatvorenom prostoru te da se

pojavljuju i u ranom i u kasnom stadiju raspadanja tijela. Ženke nikada ne polažu jaja, već samo ličinke u prvom stadiju (9).



Slika 6. *Sarcophaga bullata*

Izvor: Byrd JH, Castner JL. Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations. Second edition. Boca Raton: CRC Press Taylor and Francis Group; 2010. p 39-122

*Coleoptera* su najveći red kukaca koji broji oko 350 000 vrsta. Najvažnije porodice su: *Silphidae*, *Staphylinidae*, *Histeridae*, *Carabidae*, *Dermestidae*, *Cleridae* i *Nitidulidae*. Glava im je utisnuta u prvi prsni kolutić. Ističu se zbog svojih prednjih sklerotiziranih elitra, vodoravno smještenih na zatku, koje pokrivaju drugi par membranoznih krila koje služe za letenje. Imaju dobro razvijene sastavljene oči, iako ne svi kao, primjerice, kornjaši koji žive ispod kamenja i u špiljama. Ticala su najčešće sastavljena od 11 članaka. Odrasli kornjaši imaju usne organe za žvakanje. Zbog stapanja donjih dijelova usne, ona može postati jedinstvena. Različitim prilagodbama noge su im se preoblikovale za kopanje, skakanje i veslanje, premda im najčešće služe za hodanje. Kornjaši su često jarko obojeni s različitim pjegama i šarama na tijelu. Većina ih obitava na tlu, dok neki žive u vodi. Oni se hrane strvinama i biljkama, a neki se ponašaju kao grabežljivci ili paraziti (7, 9).



Slika 7. *Nicrophorus tomentosus*

Izvor: Byrd JH, Castner JL. Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations. Second edition. Boca Raton: CRC Press Taylor and Francis Group; 2010. p 39-122

#### **1.4. Post mortem interval (PMI)**

Prvo suvremeno izvješće forenzične entomologije koje uključuje procjenu post mortalnog intervala (PMI) objavio je Bergeret, francuski liječnik, 1855. godine. Slučaj se bavio kukuljicama muha i ličinkama moljaca. Iako je Bergeret po zanimanju bio bolnički liječnik (*Hospital Civil d'Arbois*), njegov interes za studij trupla je jasan budući da navodi da je mrtvo tijelo s kojim je radio sličilo onima koje je proučavao na drugim mjestima (tj. „na vrućoj i suhoj zemlji na groblju kapucina u Palermu“, ili „u Toulouseu“). Njegovo izvorno izvješće sudu datirano je 28. ožujka 1850. godine (10).

PMI je procjena vremena kada je smrt najvjerojatnije nastupila, a ovaj se izračun temelji na brojnim čimbenicima, uključujući temperaturu leša, temperaturu zraka na području pronalaska tijela, fizički izgled tijela i niz biokemijskih promjena koje se događaju u tekućinama i tkivima istog. Ključni pojam u ovoj definiciji je procjena, što znači da se ne može



dodijeliti točna vrijednost kada se dogodila smrt. No, postoje i određeni nedostaci kada je riječ o ovoj metodi. Primjerice, u trenutku kada smrt nastupi, na lešu se događa niz promjena koje su individualne za svakog, tako da će bilo koja izmjerena varijabla odražavati taj specifični scenarij smrti. To ne bi trebalo čuditi s obzirom na to da se, dok je osoba bila živa, mjerenje glukoze u krvi, tjelesne temperature ili brzine otkucaja srca definira u homeostatskom rasponu koji varira ovisno o fiziologiji svakog pojedinca. Isto tako, ekološka sukcesija započinje gotovo odmah, posebno u prirodnim okolišima, pa se stoga fizički i biološki uvjeti trupla modificiraju na jedinstven način na temelju okolnih uvjeta i sezonski specifične faune beskičmenjaka, kralježnjaka i mikroba koji koloniziraju, troše i koriste to mrtvo tijelo (3).

Strvinari koji se najučestalije pojavljuju na ljudskim ostatcima su insekti, mesožderi, glodavci i mikrobi. Insekti su najbolji strvinari i to ne samo zbog svoje stalne prisutnosti i proždrljivog uništavanja tkiva, već zbog i njihove paradoksalne korisnosti u dokazivanju premještaja ili pohrane tijela, prisutnosti droge, godišnjeg doba i mjesta smrti. Odnos između aktivnosti insekata i procjena vremena od nastupa smrti temelji se na fazama sazrijevanja muha i populacijskoj dinamici uzastopnih vrsta insekata povezanih s trupom. Kao što smo već spomenuli dva glavna reda insekata koji se pojavljuju na mrtvim tijelima su *Diptera* (muhe) i *Coleoptera* (kornjaši) (11).

Postoje dvije metode određivanja vremena od kada je smrt nastupila pomoću entomoloških dokaza. Prva metoda temelji se na predvidivom razvoju ličinki dvokrilaca, prvenstveno muha zujara, tijekom vremena. Prednost ove metode leži u činjenici da nam je poznat protok vremena od kada je prvo jaje položeno na ostatke, dok prve odrasle muhe ne izađu iz kukuljica i napuste tijelo, što je čini najvrjednijom u izračunavanju vremena od smrti, bilo to od nekoliko sati do nekoliko tjedana. Druga metoda temelji se na predvidljivoj, uzastopnoj kolonizaciji tijela nizom insekata-strvinara. To se može koristiti tijekom nekoliko tjedana nakon smrti, dok ne ostane ništa osim samih kostiju. Odabir ove metode ovisi o starosti ostataka i vrstama prikupljenih insekata (11).

Kukci su hladnokrvni, pa njihov razvoj ovisi o temperaturi. Kako se temperatura povećava, razvijaju se brže, a kako se smanjuje, sporije. Taj je odnos, pri temperaturnom optimumu, relativno linearan, što ga čini predvidljivim. Kako su stope razvoja predvidive, analiza najstarije faze insekta na tijelu, zajedno sa znanjem o meteorološkim i mikroklimatskim uvjetima na mjestu ponalaska tijela, može se koristiti za utvrđivanje koliko dugo su se insekti hranili tijelom, i posljedično, koliko je dugo žrtva mrtva (11).

Čitav životni ciklus muhe je predvidljiv. Na njega jako utječe temperatura te ovisi o vrsti, prehrani, vlazi itd. Međutim, glavna varijabla je temperatura. Prilikom određivanja post mortem intervala korištenjem načina razvoja muhe, trebamo uzeti u obzir nekoliko čimbenika:

1. Najstarija faza muhe povezana s tijelom. Razvoj muha najviše ovisi o temperaturi, stoga insekti koji su došli najdalje u svom životnom ciklusu su najstariji budući da su stigli prvi. Nema potrebe za određivanjem starosti ličinki drugog stadija kada su prisutne prazne kukuljice. Prazne kukuljice ukazuju na to da su neke muhe došle do zadnjeg stadija svog životnog ciklusa. To znači da bi pri sakupljanju insekata s ostataka istražitelj odmah trebao započeti potragu za sljedećim stadijima. Nakon što se sakupe ličinke trećeg stadija koje se hrane posmrtnim ostacima, istražitelj bi trebao pretražiti odjeću, kosu i okolinu kako bi utvrdio je li neka ušla u fazu nehranjenja. Ako se pronađu i sakupe, istražitelj bi trebao potražiti kukuljice. Ako se izvrši pretraga i ne pronađu kukuljice, tada istražitelj može biti siguran da je najstarija faza na ostacima treći stadij ličinke.

2. Vrste insekata. Entomolog mora biti u stanju identificirati vrste muha. Svaka se vrsta razvija različitom brzinom, stoga se ona mora jasno odrediti. Sva živa bića imaju dijagnostičke morfološke karakteristike koje se koriste za njihovu identifikaciju. Odrasle muhe imaju više dijagnostičkih značajki od ličinki, ali ličinke se i dalje mogu identificirati na temelju usnih dijelova i drugih morfoloških značajki. Nedavno, DNK se počeo koristiti za identifikaciju insekata što je od posebne vrijednosti kod starih i oštećenih primjeraka i kod ličinki prve dobi, koje je najteže mogu prepoznati.

3. Podaci o temperaturi okoliša. Budući da insekti ovise o temperaturi, od vitalne je važnosti biti u mogućnosti odrediti temperaturu mjesta pronalaska tijela. To se obično utvrđuje na temelju podataka najbliže meteorološke stanice. Nedostatak ovog pristupa je taj što se tijela rijetko bacaju blizu meteorološke postaje, tako da vremenski podaci mogu doći s određene udaljenosti od mjesta zločina, što znači da neće vrijediti za insekte.

4. Podaci o brzini razvoja insekta. Da bi odredila dob najstarijih insekata, entomolog mora znati brzinu razvoja dotične vrste, povezanu s temperaturom. Ovi podaci dobiveni su iz objavljene literature o stupnju razvoja insekata pri različitim temperaturama. Većina entomologa razvija takve podatke za svoje lokalne vrste, pa prema tome postoji velika količina literature o stopama razvoja insekata (11).

## **2. CILJ**

Glavni cilj ovog rada je:

1. Utvrditi brojnost i raznolikost strvinarskih vrsta kukaca na području gradova Splita i Omiša primjenom proteinskih zamki.

Sporedni cilj ovog rada je:

1. Utvrditi utjecaj ekoloških čimbenika, posebno temperature i vlažnosti, na razlike u brojnosti i raznolikosti vrsta.

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Materijali

Materijali uporabljeni u istraživanju:

- klopka za hvatanje muha,
- mamac,
- 70% -tni alkohol,
- entomološke pincete,
- entomološke iglice,
- čašice,
- stiropor i
- fotoaparata.

Proteinska klopka za hvatanje muha sastojala se od plastične boce od 1,5L ili 2L na kojoj je po sredini napravljen otvor za ulazak muha. Na vrh s unutarnje strane boce nalazio se mamac za muhe u mrežici pričvršćen konopcem. Kao mamac za muhe koristilo se svježe meso, pileća jetrica. Na dnu boce nalazio se 70%-tni alkohol te je boca konopcem obješena na granu bora. 70%-tni alkohol je korišten da bi sačuvali muhe do njihovog prepariranja. Klopka je bila postavljena na tri dana tijekom tri mjeseca (travanj, svibanj i lipanj) u razmaku od 5 tjedana na dvije različite lokacije, gradovi Split i Omiš.



Slika 8. Izgled klopke

Izvor: autor

Na terenu su mrtve muhe s pomoću entomoloških pinceta prebačene u označene čašice s 70%-tnim alkoholom do njihovog prepariranja. Na čašicama je bio napisan točan datum prikupljanja, lokacija te ime i prezime osobe koja je prikupila uzorke.

Muhe su preparirane pomoću entomoloških iglica različitih debljina (br. 0, 1 i 2), od kojih se samo jedna probija odozgo, između prvog i drugog prsnog kolutića te onda se pričvrstne na stiropor. Ticala, krila i noge se namještaju istim entomološkim iglicama u prirodni položaj kako bi svi dijelovi tijela bili što vidljiviji.

Nakon što se potpuno osuše, uklanjaju se iglice koje zadržavaju prirodni izgled muhe osim one kroz koju je muha probijena te slijedi identifikacija muha.



Slika 9. Namještanje tijela muha entomološkim iglicama

Izvor: autor



Slika 10. Muhe nakon što su potpuno osušene

Izvor: autor

## 3.2. Metode

Prilikom identifikacije vrste muha koristila se:

- mikroskopska lupa, Bresser Researcher ICD i
- dihotomski ključ, Key to families of the European Diptera of forensic importance, Krzysztof Szpila.

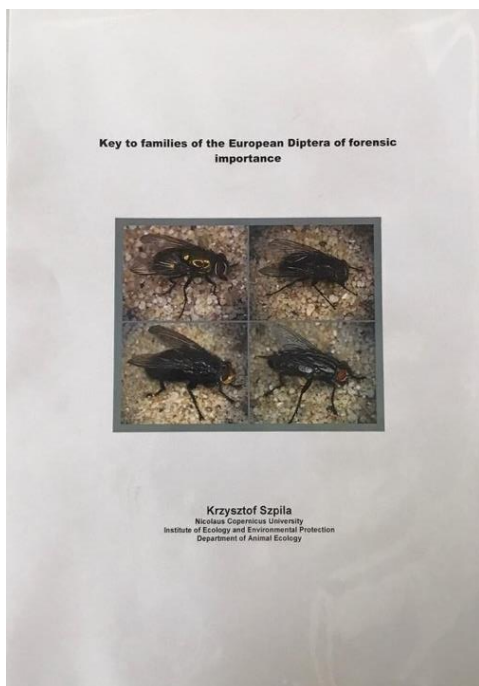


Slika 11. Mikroskopiranje muha u svrhu identifikacije

Izvor: autor

Kako bi se odredilo o kojoj se vrsti kukca ili u našem slučaju muhe radi, koriste se različiti ključevi za determinaciju vrsta. Dihotomski ključevi su dizajnirani na principu određivanja prisutnosti ili odsutnosti neke karakteristike na tijelu kukca koja se određuje i svaki od ponuđenih odgovora upućuje na idući korak i iduću karakteristiku sve dok ne dođemo do vrste ili roda kukca.

Zbog lakšeg snalaženja i pronalaženja specifičnih determinirajućih karakteristika ključevi sadržavaju brojne slike, crteže, informacije te objašnjenja koja pomaže u identifikaciji prvo porodice muhe te na kraju vrste muhe.



Slika 12. Dihotomski ključ za identifikaciju muha

Izvor: autor

Nakon identifikacije, uzorci moraju biti propisano označeni s podacima o:

- porodici i vrsti na latinskom jeziku,
- datumu i lokaciji prikupljanja i
- imenom i prezimenom osobe koja je odredila vrstu.



Slika 13. Prikaz propisano označene identificirane muhe

Izvor: autor

### 3.3. Lokacija i vrijeme istraživanja

Sakupljanje muha odvijalo se na području dviju lokacija, Splita i Omiša. Istraživanje se odvijalo u proljeće 2020. godine u mjesecu travnju, svibnju i lipnju tijekom tri dana, odnosno 72 sata. Razmak između postavljanja klopki bio je 5 tjedana. Klopke za hvatanje muha su na obje lokacije bile postavljene 2. travnja – 4. travnja, 7. svibnja – 11. svibnja te 11. lipnja – 14. lipnja 2020. godine. Kao mjesto za postavljanje klopki izabrana je borova šuma zbog očekivanog velikog broja strvinarskih vrsta muha, a vrijeme odnosno mjesec travanj, svibanj i lipanj zbog boljih vremenskih prilika nego što bi to bilo u hladnijim mjesecima kada je aktivnost kukaca smanjena.



Slika 14. Izgled lokacije na području grada Splita

Izvor: autor



Slika 15. Izgled lokacije na području grada Omiša

Izvor: autor



## 4. REZULTATI

### 4.1. Zastupljenost muha na području grada Splita

U mjesecu travnju najveći broj muha bio je iz porodice *Calliphoridae*, njih 170, dok je druga najbrojnija porodica *Sarcophagidae*. Najbrojnija strvinarska vrsta muha bila je na području grada Splita tijekom tri mjeseca *Calliphora vicina* sa 153 u travnju, 36 u svibnju i 1 u lipnju. Najmanje prikupljenih muha bilo je u mjesecu lipnju.

U tablicama 1.-3. prikazan je popis strvinarskih vrsta muha na području grada Splita u travnju, svibnju i lipnju.

Tablica 1. Popis muha na području grada Splita u travnju

<b>SPLIT – TRAVANJ</b>				
	<b>Porodica muha</b>	Broj muha	<b>Porodica muha</b>	Broj muha
1.	<i>Calliphoridae</i>	170	<i>Sarcophagidae</i>	3
	<b>Vrste muha</b>		<b>Vrste muha</b>	
1.	<i>Calliphora vicina</i>	153	<i>Sarcophila latifrons</i>	2
2.	<i>Calliphora vomitoria</i>	15	<i>Wohlfahrtia nuba</i>	1
3.	<i>Calliphora loewi</i>	2		
Ukupno	<b>173 muhe</b>			

Tablica 2. Popis muha na području grada Splita u svibnju

<b>SPLIT – SVIBANJ</b>				
	<b>Porodica muha</b>	Broj muha	<b>Porodica muha</b>	Broj muha
1.	<i>Calliphoridae</i>	40	<i>Sarcophagidae</i>	6
	<b>Vrste muha</b>		<b>Vrste muha</b>	
1.	<i>Calliphora vicina</i>	36	<i>Wohlfahrtia nuba</i>	5
2.	<i>Lucilia ampullacea</i>	3	<i>Sarcophila latifrons</i>	1
3.	<i>Calliphora loewi</i>	1		
Ukupno	<b>46 muha</b>			

Tablica 3. Popis muha na području grada Splita u lipnju

<b>SPLIT – LIPANJ</b>		
	<b>Porodica muha</b>	Broj muha
1.	<i>Calliphoridae</i>	2
	<b>Vrste muha</b>	
1.	<i>Calliphora vicina</i>	1
2.	<i>Lucilia ampullacea</i>	1
Ukupno	<b>2 muhe</b>	

## 4.2. Zastupljenost muha na području grada Omiša

U gradu Omišu među najbrojnijom porodicom muha je *Calliphoridae* s ukupno 107 muha tijekom tri mjeseca. Druga najbrojnija porodica je *Psychodidae* s 25 muha. Također, i u gradu Omišu imamo smanjen broj prikupljenih muha u mjesecu lipnju. Kod 28 muha nije identificirano kojoj vrsti muha pripadaju, već samo porodica.

U tablicama 4.-6. prikazan je popis strvinarskih vrsta muha na području grada Omiša u travnju, svibnju i lipnju.

Tablica 4. Popis muha na području grada Omiša u travnju

OMIŠ – TRAVANJ						
	Porodica muha	Broj muha	Porodica muha	Broj muha	Porodica muha	Broj muha
1.	<i>Calliphoridae</i>	97	<i>Sarcophagidae</i>	8	<i>Phoridae</i>	1
	Vrste muha		Vrste muha			
1.	<i>Calliphora vomitoria</i>	52	<i>Wohlfahrtia nuba</i>	5		
2.	<i>Calliphora vicina</i>	43	<i>Sarcophila latifrons</i>	2		
3.	<i>Calliphora subalpina</i>	2	<i>Sarcophaga carnaria</i>	1		
Ukupno	<b>106 muha</b>					

Tablica 5. Popis muha na području grada Omiša u svibnju

<b>OMIŠ – SVIBANJ</b>						
	<b>Porodica muha</b>	Broj muha	<b>Porodice muha</b>	Broj muha	<b>Porodica muha</b>	Broj muha
1.	<i>Calliphoridae</i>	3	<i>Psychodidae</i>	25	<i>Anthomyidae</i>	2
	<b>Vrste muha</b>					
1.	<i>Calliphora vicina</i>	1				
2.	<i>Lucilia ampullacea</i>	1				
3.	<i>Lucilia silvarum</i>	1				
Ukupno	<b>30 muha</b>					

Tablica 6. Popis muha na području grada Omiša u lipnju

<b>OMIŠ – LIPANJ</b>				
	<b>Porodica muha</b>	Broj muha	<b>Porodica muha</b>	Broj muha
1.	<i>Calliphoridae</i>	7	<i>Sarcophagidae</i>	2
	<b>Vrste muha</b>		<b>Vrste muha</b>	
1.	<i>Lucilia ampullacea</i>	6	<i>Wohlfahrtia nuba</i>	2
2.	<i>Calliphora subalpina</i>	1		
Ukupno	<b>9 muha</b>			

### 4.3. Temperatura zraka, relativna vlažnost zraka i oborine

Dobivene podatke za temperaturu zraka, relativnu vlažnost zraka i oborine za grad Split dobivene su od Državnog hidrometeorološkog zavoda s meteorološke postaje Split (12), dok za grad Omiš podatke smo dobili s web stranice Weather Underground (13) za mjesec travanj, svibanj i lipanj 2020. godine. U tablicama 7.-9. prikazani su podaci o srednjoj temperaturi i relativnoj vlažnosti zraka te oborinama za grad Split.

Tablica 7. Prikaz srednje temperature zraka, srednje relativne vlažnosti zraka i oborina na području grada Splita u travnju za četiri dana (12)

<b>SPLIT – TRAVANJ</b>				
<b>Datum</b>	2.4.	3.4.	4.4.	5.4.
<b>Srednja temperatura zraka</b>	8,6 °C	10,6 °C	15,6 °C	17,8 °C
<b>Srednja relativna vlažnost zraka</b>	43 %	50 %	26 %	23 %
<b>Oborine</b>	-	-	-	-

Tablica 8. Prikaz srednje temperature zraka, srednje relativne vlažnosti zraka i oborina na području grada Splita u svibnju za četiri dana (12)

<b>SPLIT – SVIBANJ</b>				
<b>Datum</b>	7.5.	8.5.	9.5.	10.5.
<b>Srednja temperatura zraka</b>	17,6 °C	18,7 °C	19,8 °C	18,8 °C
<b>Srednja relativna vlažnost zraka</b>	39 %	45 %	45 %	45 %
<b>Oborine</b>	0,9 mm	-	-	-

Tablica 9. Prikaz srednje temperature zraka, srednje relativne vlažnosti zraka i oborina na području grada Splita u lipnju za četiri dana (12)

<b>SPLIT – LIPANJ</b>				
<b>Datum</b>	11.6.	12.6.	13.6.	14.6.
<b>Srednja temperatura zraka</b>	20,2 °C	21 °C	22,3 °C	22,6 °C
<b>Srednja relativna vlažnost zraka</b>	65 %	58 %	62 %	58 %
<b>Oborine</b>	-	3.9 mm	-	-

U tablicama 10. - 12. prikazani su podaci o srednjoj temperaturi i relativnoj vlažnosti zraka te oborinama na području grada Omiša.

Tablica 10. Prikaz srednje temperature zraka, srednje relativne vlažnosti zraka i oborina na području grada Omiša u travnju za četiri dana (13)

<b>OMIŠ – TRAVANJ</b>				
<b>Datum</b>	2.4.	3.4.	4.4.	5.4.
<b>Srednja temperatura zraka</b>	9,3 °C	10,1 °C	16,5 °C	18,5 °C
<b>Srednja relativna vlažnost zraka</b>	48 %	56 %	29 %	26 %
<b>Oborine</b>	-	-	-	-

Tablica 11. Prikaz srednje temperature zraka, srednje relativne vlažnosti zraka i oborina na području grada Omiša u svibnju za četiri dana (13)

<b>OMIŠ – SVIBANJ</b>				
<b>Datum</b>	7.5.	8.5.	9.5.	10.5.
<b>Srednja temperatura zraka</b>	16,5 °C	17,9 °C	17,8 °C	18,2 °C
<b>Srednja relativna vlažnost zraka</b>	46 %	47 %	57 %	48 %
<b>Oborine</b>	0,2 mm	-	-	-

Tablica 12. Prikaz srednje temperature zraka, srednje relativne vlažnosti zraka i oborina na području grada Omiša u lipnju za četiri dana (13)

<b>OMIŠ – LIPANJ</b>				
<b>Datum</b>	11.6.	12.6.	13.6.	14.6.
<b>Srednja temperatura zraka</b>	19,6 °C	19,7 °C	21 °C	22,6 °C
<b>Srednja relativna vlažnost zraka</b>	70 %	71 %	70 %	64 %
<b>Oborine</b>	-	0,3 mm	-	-

#### 4.4. Usporedba zastupljenosti i raznolikosti strvinarskih vrsta muha na području gradova Splita i Omiša

Tablica 13. Usporedba zastupljenosti i raznolikosti strvinarskih porodica muha na području gradova Splita i Omiša tijekom tri mjeseca

	<b>PORODICE MUHA</b>	<b>SPLIT</b>	<b>OMIŠ</b>	<b>Ukupno</b>
1.	<i>Calliphoridae</i>	212	107	319
2.	<i>Sarcophagidae</i>	9	10	19
3.	<i>Psychodidae</i>	-	25	25
4.	<i>Anthomyidae</i>	-	2	2
5.	<i>Phoridae</i>	-	1	1
	<b>Ukupno</b>	<b>221 muha</b>	<b>145 muha</b>	<b>366 muha</b>



Zbog nemogućnosti identifikacije 28 vrsta muha, one su izostavljene u tablici 14.

Tablica 14. Usporedba zastupljenosti i raznolikosti strvinarskih vrsta muha na području gradova Splita i Omiša tijekom tri mjeseca

	<b>VRSTE MUHA</b>	<b>SPLIT</b>	<b>OMIŠ</b>	<b>Ukupno</b>
1.	<i>Calliphora vicina</i>	190	44	234
2.	<i>Calliphora vomitoria</i>	15	52	67
3.	<i>Calliphora loewi</i>	3	-	3
4.	<i>Lucilia ampullacea</i>	4	7	11
5.	<i>Calliphora subalpina</i>	-	3	3
6.	<i>Lucilia silvarum</i>	-	1	1
7.	<i>Sarcophila latifrons</i>	3	2	5
8.	<i>Wohlfahrtia nuba</i>	6	7	13
9.	<i>Sarcophaga carnaria</i>	-	1	1
	<b>Ukupno</b>	<b>221 muha</b>	<b>117 muha</b>	<b>338 muha</b>

## 5. RASPRAVA

Ovo istraživanje je bilo zamišljeno tako da se u dva grada, u ovom slučaju Splitu i Omišu, izradi proteinska klopka za hvatanje muha postavljena u razmaku od 5 tjedana tijekom tri mjeseca kako bi se moglo usporediti brojnost i raznolikost strvinarskih vrsta muha na tim područjima u određenom vremenskom razdoblju. U toj usporedbi su nam pomogli dobiveni podaci za temperaturu zraka, relativnu vlažnost zraka i oborine za navedene gradove. Odabrano vrijeme za postavljanje klopki uključivalo je mjesec travanj, svibanj i lipanj zbog većih temperatura i vlažnosti zraka. Jedini uvjet mjesta postavljanja proteinske klopke je taj da to bude u borovoj šumi zbog predviđenog većeg broja strvinarskih vrsta muha. Navedena dva grada izabrana su zbog lakšeg nadzora klopki koje su bile postavljene na tri dana. Zračna udaljenost između gradova Splita i Omiša je 25.16 km.

Ovakav tip istraživanja u svijetu pa tako i u Hrvatskoj je slabo istraženo, no svakako je potrebno provesti opširnija istraživanja na području čitave države zbog različitih klimatskih uvjeta u priobalnom i kontinentalnom dijelu (14 -16). Svaki insekt može biti od pomoći kada je riječ o forenzičnoj entomologiji, međutim dva određena reda kukaca igraju važnu ulogu – dvokrilci (*Diptera*) i kornjaši (*Coleoptera*). Dvokrilci obitelji *Calliphoridae* i *Sarcophagidae* su nekrofagi, široko rasprostranjeni i pojavljuju se u velikom rasponu okruženja. Mnoge od ovih muha su forenzični korisne zbog činjenice da se njihove ličinke hrane mrtvom organskom tvari, djelujući kao razlagači i pružajući potencijalnu procjenu postmortalnog intervala (17). Također, porodica *Calliphoridae* nalazi se u ranim fazama razgradnje tijela pa su itekako korisni u procjeni minimalnog postmortalnog intervala (PMI min). Kolonizacija insekata i razdoblje kolonizacije ovise o mnogim čimbenicima kao što su uvjeti okoliša i stanje leša (položaj, sunce ili hlad, odjeća), stoga bi prikupljanje i identifikacija insekata u takvim okolnostima mogli biti važni pri procjeni vremena smrti (18).

Ciljevi ovog diplomskog rada su prikupiti i utvrditi brojnost i raznolikost strvinarskih vrsta muha na području dva grada primjenom proteinskih zamki te utvrditi utjecaj temperature, vlažnosti zraka i oborina na razlike u brojnosti i raznolikosti vrsta.

Tijekom istraživanja koje je trajalo od 02. travanj 2020. do 14. lipanj 2020. godine na dva različita područja ukupno je prikupljeno 366 odraslih jedinki. Muhe su identificirane i razvrstane u pet porodica i devet različitih vrsta. Od njih 366, 28 jedinki nisu identificirane o kojoj se točno vrsti radi, no svrstali smo ih u porodice.

Proteinska klopka sastojala se od mamca, svježeg mesa – pileća jetrica koji je korišten s ciljem da privučemo strvinarske vrste muha koje bi kasnije upale na dno boce u 70%-tni alkohol. Prva klopka postavljena je u gradu Splitu na području uz brzu cestu, na stablo bora pored kojeg se nalazi još samo nekoliko (drugih vrsta) stabala. Zbog ranije navedenog pretpostavka je bila da će na toj lokaciji imati manju brojnost i raznolikost strvinarskih vrsta muha. Druga klopka postavljena je u borovoj šumi u gradu Omišu, na udaljenom mjestu, kako od ljudi, tako i od ceste zbog čega je očekivana veća brojnost i raznolikost.



Slika 16. Proteinska klopka

Izvor: autor

Međutim, dobiveni rezultati pokazali su sasvim suprotno. Najveća brojnost muha sakupljena je na prvoj lokaciji, ali je raznolikost porodica bila manja te je većina prikupljenih jedinki pripadala dominantnoj vrsti *Calliphora vicina*. Na drugoj lokaciji prikupljen je manji broj, ali je raznolikost porodica muha bila veća.

Parametri okoliša kao što su promjene temperature zraka i relativne vlažnosti zraka mogu utjecati na prisutnost i broj muha te na njihov životni ciklus. Treba imati na umu da je cijeli ciklus ovisan o vanjskim uvjetima, a pogotovo o temperaturi. Za većinu vrsta, kako temperatura pada, tako se i razvoj usporava, a ako temperatura padne ispod 10°C, ličinka se prestane razvijati i uđe u stadij mirovanja dok temperatura ponovno ne dosegne svoj optimum (8).

Postavljanjem prve klopke na lokaciji u Splitu u mjesecu travanj nismo očekivali toliki broj uhvaćenih muha zbog niske prosječne temperature mjeseca koja je iznosila 15,9 °C. Prvi i drugi dan istraživanja srednja temperatura bila je 8,6 °C i 10,6 °C. No, uhvaćeno je 173 jedinke, od toga 170 pripada porodici *Calliphoridae* (*Calliphora vicina*-153, *Calliphora vomitoria*-15 i *Calliphora loewi*-2) te ostale 3 pripadaju *Sarcophagidae* (*Sarcophila latifrons*-2 i *Wohlfahrtia nuba*-1). Ovim rezultatima pogodovao je nagli rast temperature zadnja dva dana od postavljanja klopke koje su iznosile 15,6 °C i 17,8 °C, vrlo mala prosječna vlažnost zraka za isti mjesec tijekom provedbe istraživanja (35,5 %) te potpuni izostanak oborina. Također, za veliki broj uhvaćenih muha zaslužna je i povoljna pozicija u civilizaciji i to pored livade za pse na kojoj se nalazi pseći feces koji navedenom rodu muha odgovara za razmnožavanje i polaganje ličinki (19). Potrebno je napomenuti da je u mjesecu travnju uhvaćen najveći broj strvinarskih vrsta muha. U svibnju na istoj lokaciji uhvatili smo skoro četverostruko manje muha, 46 jedinki, od toga 40 pripada porodici *Calliphoridae* (*Calliphora vicina*-36, *Lucilia ampullacea*-3 i *Calliphora loewi*-1) te ostalih 6 pripadaju *Sarcophagidae* (*Wohlfahrtia nuba*-5 i *Sarcophila latifrons*-1), dok smo u lipnju ulovili samo dvije jedinke muha koje pripadaju porodici *Calliphoridae* (*Calliphora vicina*-1 i *Lucilia ampullacea*-1). Unatoč vrlo pogodnim prosječnim temperaturama za mjesec svibanj (19,8 °C) i lipanj (23 °C) zabilježen je manji broj muha čemu je uzrok porast srednje prosječne vlažnosti mjeseca svibnja (48 %) i lipnja (55 %) te oborine u mjesecu svibnju tijekom prvog dana, a u mjesecu lipnju tijekom drugog dana istraživanja.

Paralelno s postavljanjem klopke u Splitu postavili smo i onu u Omišu. Isto tako, u travnju smo zabilježili najveći broj strvinarskih vrsta muha zbog naglog porasta srednje dnevne temperature zadnja dva dana istraživanja i izostanka oborina. Uhvaćeno je čak 106 jedinki, od toga 97 pripada porodici *Calliphoridae* (*Calliphora vomitoria*-52, *Calliphora vicina*-43 i *Calliphora subalpina*-2), 8 *Sarcophagidae* (*Wohlfahrtia nuba*-5, *Sarcophila latifrons*-2 i *Sarcophaga carnaria*-1) i 1 *Phoridae* čiju vrstu nismo uspjeli identificirati. Sljedeća dva mjeseca zabilježavamo pad uhvaćenih muha. Tijekom mjeseca svibnja 30 jedinke, od kojih 3 pripadaju porodici *Calliphoridae* (*Calliphora vicina*-1, *Lucilia ampullacea*-1 i *Lucilia silvarum*-1), 25 *Psychodidae* i 2 *Anthomyidae* kojima nismo uspjeli identificirati točnu vrstu, a tijekom lipnja 9 jedinki, od kojih 7 pripada porodici *Calliphoridae* (*Lucilia ampullacea*-6 i *Calliphora subalpina*-1) i 2 *Sarcophagidae* (*Wohlfahrtia nuba*-2). Također, slično kao i u Splitu zadnja dva mjeseca, prosječne temperature mjeseca bile su nešto pogodnije (20,4 °C-svibanj, 23,3 °C-lipanj). Zabilježene oborine u mjesecu svibnju tijekom prvog dana istraživanja i u mjesecu lipnju tijekom drugog dana te povećanje prosječne vlažnosti tijekom oba mjeseca (53,8

%-svibanj, 58,8 %-lipanj) odgovorne su za manji broj prikupljenih jedinki. Raznolikosti strvinarskih vrsta muha u Omišu pogodovala je pozicija u borovoj šumi, netaknuta priroda, veća florna raznolikost te poprilična udaljenost od civilizacije, što je isto tako razlog zbog kojeg u Splitu imamo količinski veći broj uhvaćenih jedinki.

U ovom istraživanju najveći broj uhvaćenih muha pripada porodici *Calliphoridae* s 319 jedinki od kojih smo 212 prikupili u gradu Splitu, a ostalih 107 u gradu Omišu. Druga najbrojnija porodica je *Psychodidae* (pješčane muhe), s 25 jedinki pronađenih samo u gradu Omišu tijekom mjeseca svibnja, koje uglavnom žive na vlažnim mjestima kao što je kanalizacija, a često ih možemo pronaći i u kupaonicama. One mogu biti veoma značajne u forenzici, iako se ne nalaze na suhim staništima, također mogu eksploatirati leš (8). Treća najbogatija porodica bila je *Sarcophagidae* s 19 jedinki, najveći broj zabilježen je u gradu Omišu – 10 jedinki, a u gradu Splitu – 9 jedinki. Porodice *Calliphoridae* i *Sarcophagidae* uključuju vrste povezane sa šumskim okruženjem i otvorenijim vrstama vegetacije, kao i s urbanim i ruralnim okruženjima (17). Bitno je naglasiti da smo u Splitu evidentirali samo dvije porodice strvinarskih muha: *Calliphoridae* i *Sarcophagidae*, a u Omišu pet porodica: *Calliphoridae*, *Sarcophagidae*, *Psychodidae*, *Anthomyidae* i *Phoridae*. Ovi podaci nam govore o prednosti zabačenog mjesta, poput ovog u Omišu, kada je riječ o raznolikosti porodica uhvaćenih muha.



Slika 17. *Psychodidae*

Izvor: Rivers DB, Dahlem GA. The Science of Forensic Entomology. Oxford: Wiley-Blackwell; 2014.

U ovom istraživanju dvije vrste *Calliphoridae* bile su dominantne u smislu brojnosti. *Calliphora vicina* bila je najbrojnija u usporedbi s drugim vrstama na oba istraživana područja. Ukupno je prikupljeno 234 jedinke (63,93 %), od čega 190 u gradu Splitu, a 44 u gradu Omišu. *Calliphora vomitoria* bila je druga vrsta po redu po brojnosti, njih 67 jedinki (18,3 %), od kojih 52 zabilježene u gradu Omišu, a ostalih 15 u gradu Splitu. Treća najbrojnija vrsta zabilježena je *Wohlfahrtia nuba* s ukupno 13 jedinki, od toga 7 prikupljeno u gradu Omišu, a ostalih 6 u gradu Splitu.



Slika 18. *Calliphora vomitoria*

Izvor: Rivers DB, Dahlem GA. The Science of Forensic Entomology. Oxford: Wiley-Blackwell; 2014.

## 6. ZAKLJUČAK

1. Tijekom istraživanja primjenom proteinske klopke prikupljeno je ukupno 366 jedinki koje pripadaju redu *Diptera*, kasnije identificirane u pet porodica i devet vrsta. Na prvoj lokaciji, u gradu Splitu, prikupljeno je ukupno 221 muha, a na drugoj lokaciji, u gradu Omišu, 145 muha.
2. Uspješno je identificirano 338 jedinki koje pripadaju porodicama *Calliphoridae* (319) i *Sarcophagidae* (19), a ostalih 28 jedinki pripada porodicama *Psychodidae* (25), *Anthomyidae* (2) i *Phoridae* (1) kojima nismo uspjeli identificirati točnu vrstu.
3. Po brojnosti i raznolikosti isticale su se dvije porodice strvinarskih muha: *Calliphoridae* i *Sarcophagidae*. Najveća brojnost muha sakupljena je u gradu Splitu, no raznolikost porodica bila je manja te je većina prikupljenih jedinki pripadala dominantnoj vrsti *Calliphora vicina*. U gradu Omišu prikupljen je manji broj, ali je raznolikost porodica muha bila veća te dominira vrsta *Calliphora vomitoria*.
4. Najbrojnija je porodica *Calliphoridae* s ukupno pet identificiranih vrsta, a to su: *Calliphora vicina* (234), *Calliphora vomitoria* (67), *Lucilia ampullacea* (11), *Calliphora loewi* (3), *Calliphora subalpina* (3) i *Lucilia silvarum* (1). Porodica *Sarcophagidae* broji tri različite vrste: *Wohlfahrtia nuba* (13), *Sarcophila latifrons* (5) i *Sarcophaga carnaria* (1).
5. Promjene temperature zraka i relativne vlažnosti zraka mogu utjecati na prisutnost i broj muha. Srednja temperatura zraka tijekom tromjesečnog istraživanja u gradu Splitu iznosila je 19,6 °C, a u gradu Omišu 19,8 °C. Dok je srednja relativna vlažnost zraka iznosila 50 % za grad Split, a 57 % za grad Omiš.
6. Točna identifikacija forenzični važnih muha, poput porodice *Calliphoridae* i *Sarcophagidae*, ključan je korak za njihovu upotrebu kao dokaz u pravnim istragama.

## 7. LITERATURA

1. Gennard D. Forensic Entomology: An introduction. Second edition. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd; 2012. p 1-60
2. Hrvatski jezični portal. Dostupno na: <http://hjp.znanje.hr/>
3. Rivers DB, Dahlem GA. The Science of Forensic Entomology. Oxford: Wiley-Blackwell; 2014.
4. Stork NE. How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth? Annual Review of Entomology. 2017; 63:31–45 Dostupno na: <http://ecologylabs.org/wp-content/uploads/2018/03/Estimate-of-insect-species.pdf>
5. Resh VH, Cardé RT. Encyclopedia of insects. San Diego: Academic Press; 2003. Dostupno na: [https://library.uniteddiversity.coop/More\\_Books\\_and\\_Reports/Encyclopedia\\_of\\_Insects.pdf](https://library.uniteddiversity.coop/More_Books_and_Reports/Encyclopedia_of_Insects.pdf)
6. Eggleton P. The state of the world's insects. Annual Review of Environment and Resources. 2020; 45(1):61-82 Dostupno na: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-environ-012420-050035>
7. Matoničkin I, Habdija I, Primc-Habdija B. Beskralješnjaci: Biologija viših avvertebrata. Zagreb: Školska knjiga; 1999. p 309-471
8. Lee Goff M. A fly for the prosecution: How insect evidence helps solve crimes. Cambridge: Harvard University Press; 2000.
9. Byrd JH, Castner JL. Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations. Second edition. Boca Raton: CRC Press Taylor and Francis Group; 2010. p 39-122
10. Benecke M. A brief history of forensic entomology. Forensic Science International. 2001; 120 (1-2):2-14 Dostupno na: <https://www.speziellezoologie.uni-jena.de/izelsmedia/lehre+gesch%C3%BCtzt/beneckehistory.pdf>
11. James SH, Nordby JJ. Forensic Science: An Introduction to Scientific and Investigative Techniques. Third Edition. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group; 2009. p 137-160 Dostupno na: [https://books.google.com.na/books?id=dH\\_RBQAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.na/books?id=dH_RBQAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false)
12. Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ)
13. Weather Underground. Dostupno na: <https://www.wunderground.com/>



14. Samaluk S. Izrada referentne forenzično-entomološke zbirke (Diplomski rad). Split: Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanost; 2012.
15. Knežić R. Raznolikost strvinarskih vrsta kukaca prikupljenih na području grada Splita upotrebom proteinskih zamki (Diplomski rad). Split: Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanost; 2018.
16. Kuštera M. Usporedba strvinarskih vrsta muha na području grada Splita i otoka Visa (Diplomski rad). Split: Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanost; 2020.
17. Pereira de Sousa JR, Carvalho-Filho F. Evaluating the Effects of Different Vegetation Types on Necrophagous Fly Communities (Diptera: Calliphoridae; Sarcophagidae): Implications for Conservation. Brazil: PLOS ONE; 2016; 11 (10) Dostupno na: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0164826>
18. Keshavarzi D, Fereidooni M, Assareh M, Nasiri Z. A Checklist of Forensic Important Flies (Insecta: Diptera) Associated with Indoor Rat Carrion in Iran. Iran: JEZS; 2015; 3 (3): 140-142 Dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/299423852\\_A\\_Checklist\\_of\\_Forensic\\_Important\\_Flies\\_Insecta\\_Diptera\\_Associated\\_with\\_Indoor\\_Rat\\_Carrion\\_in\\_Iran](https://www.researchgate.net/publication/299423852_A_Checklist_of_Forensic_Important_Flies_Insecta_Diptera_Associated_with_Indoor_Rat_Carrion_in_Iran)
19. Saari S, Näreaho A, Nikander S. Canine Parasites and Parasitic Diseases. Chapter 8 – Insecta. London; Academic Press; 2019, p 159-185 Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128141120000088>

## 8. SAŽETAK

### Usporedba brojnosti i raznolikosti strvinarskih vrsta muha na području gradova Splita i Omiša

Entomologija je znanost koja proučava insekte, a forenzična entomologija insekte pronađene na mrtvim tijelima. Točna identifikacija vrste muha iznimno je važan korak u forenzičnoj entomologiji, s obzirom na činjenicu da insekt prikupljen na truplu može omogućiti korisne informacije za procjenu postmortalnog intervala (PMI) tj. procjenu vremena kada je smrt najvjerojatnije nastupila.

Ciljevi ovog diplomskog rada su prikupiti, identificirati i utvrditi brojnost i raznolikost strvinarskih vrsta muha te ih usporediti između dva grada, u ovom slučaju Splita i Omiša. Osim navedenog, namjera nam je bila i ustanoviti utjecaj temperature, vlažnosti zraka i oborina na razlike u brojnosti i raznolikosti vrsta.

Proteinska klopka za hvatanje muha napravljena je od plastične boce na kojoj je po sredini izrezan otvor kroz koje bi muhe ulazile, a u bocu smo još ulijeli 70%-tni alkohol. Na vrh čepa s unutarnje strane boce smo objesili mamac, svježe meso (pileća jetrica) i kao takvu objesili konopom za granu stabla. Istraživanje je trajalo tri mjeseca (travanj, svibanj i lipanj), klopka je bila postavljena tijekom tri dana u razmaku od pet tjedana. Primjenom proteinske klopke ukupno je prikupljeno 366 jedinki koje pripadaju redu *Diptera*, kasnije identificirane u pet porodica i devet vrsta. Najbrojnija porodica bila je *Calliphoridae* (muhe zujare) sa 6 identificiranih različitih vrsta, dok je druga najbrojnija bila *Psychodidae* kojoj nismo uspjeli identificirati točnu vrstu, a treća je *Sarcophagidae* (muhe mesaruše) s 3 različite vrste, zatim *Anthomyidae* s 2 i *Phoridae* s 1 jedinkom koju također nismo uspjeli identificirati.

Na kraju istraživanja ustanovili smo da se porodice i vrste razlikuju i po brojnosti i po raznolikosti vrsta kako između oba proučavana područja tako i između samih mjeseci na istom području. Razlike su nastale zbog utjecaja temperature zraka, vlažnosti zraka i oborina na navedenim lokacijama te zbog različitosti okoliša. Dodatni faktor koji je utjecao na njihovu međusobnu brojnost i raznolikost krije se u činjenici da su ta dva područja sama po sebi različita. Lokacija u gradu Splitu nalazi se u blizini brze ceste s malim brojem stabala, dok s druge strane područje omiške lokacije bogato je borovom šumom te ga karakterizira netaknuta priroda i poprilična udaljenost od civilizacije.

Ključne riječi: forenzična entomologija, postmortem interval (PMI), proteinska klopka, *Diptera*, strvinarske vrste muha

## **ABSTRACT**

### **Comparison of abundance and diversity of carnivorous fly species in the area of the cities of Split and Omiš**

Entomology is the science that studies insects and forensic entomology examines insects found on dead bodies. Accurate identification of fly species is an important step in forensic entomology, given the fact that an insect collected on a carcass can provide useful information for estimating postmortem interval (PMI) i.e. estimating the time when death most likely occurred.

The objectives of this master thesis are to collect, identify and determine the number and diversity of carnivorous species of flies and compare them between two cities – Split and Omiš. Also, the goal was to establish the influence of temperature, humidity and precipitation on the differences in the number and diversity of species.

The protein trap for catching flies was made out of a plastic bottle with a hole cut in the middle through which the flies would enter, and at the bottom of the bottle we poured 70% alcohol. At the top of the cap on the inside of the bottle we hung the bait, fresh meat (chicken liver), and as such we hung it with a rope for a tree branch. The survey lasted three months (April, May and June), during three days and five weeks apart. Using the protein trap, a total of 366 individuals belonging to the order *Diptera* were collected, later identified in five families and nine species. The most numerous family was *Calliphoridae* (buzzard flies) with 6 identified different species, while the second most numerous was *Psychodidae*, whose species could not be identified, the third was *Sarcophagidae* (butcher flies) with 3 different species, followed by *Anthomyidae* with 2 and *Phoridae* with 1 unit that we also failed to identify.

At the end of the research, we found that families and species differ in both number and diversity of species, including between the two studied areas and between the months in the same area. The differences are due to the influence of air temperature, humidity and precipitation in these locations and due to the diversity of the environment. Moreover, an additional factor that influenced their mutual number and diversity lies in the fact that the two areas are different per se. The location in the city of Split is located near the highway with a small number of trees,

while on the other hand the area of location in Omiš is rich in pine forests and is characterized by untouched nature and considerable distance from civilization.

Keywords: forensic entomology, postmortem interval (PMI), protein trap, *Diptera*, carnivorous fly species

## 9. ŽIVOTOPIS

### OSOBNI PODACI

**Ime i prezime:** Anđela Kovačević

**Datum i mjesto rođenja:** 13.03.1997., Split

**Adresa:** Rovinjska 6, 21 000 Split

**E-mail:** [andelakovacevic97@gmail.com](mailto:andelakovacevic97@gmail.com)

### OBRAZOVANJE

2018. – Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti, modul II. Forenzična kemija i molekularna biologija

2015. – 2018. Sveučilište u Splitu, Odjel zdravstvenih studija; smjer: primaljstvo

2011. – 2015. Srednja škola „Braća Radić“, Kaštel Štafilić; smjer: veterinarski tehničar

2003. – 2011. Osnovna škola „Split 3“, Split

### VJEŠTINE

**Rad na računalu:** aktivno korištenje

**Strani jezici:** Engleski jezik

**Vozačka dozvola:** B kategorija

# 10. IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

## SVEUČILIŠTE U SPLITU

### Sveučilišni odjel za forenzične znanosti

#### Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, Anđela Kovačević, izjavljujem da je moj diplomski rad pod naslovom Usporedba brojnosti i raznolikosti strvinarskih vrsta muha na području gradova Splita i Omiša rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Nijedan dio ovoga rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan bez citiranja i ne krši ičija autorska prava.

Izjavljujem da nijedan dio ovoga rada nije iskorišten u ijednom drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Split, 30. kolovoz 2021.

Potpis studenta/studentice: \_\_\_\_\_