



Odjel za biologiju

Komarci Hrvatske

Urednik

prof. dr. sc. Enrih Merdić

Autori:

prof. dr. sc. Enrih Merdić, mr. sc. Ivana Vrućina,
dr. sc. Ana Klobučar, doc. dr. sc. Mirta Sudarić Bogojević,
doc. dr. sc. Goran Vignjević, doc. dr. sc. Nataša Turić,
dr. sc. Toni Žitko, Nataša Bušić mag. edu. biol. chem.

Osijek, 2020.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju



Komarci Hrvatske

Urednik

prof. dr. sc. Enrih Merdić

Autori:

prof. dr. sc. Enrih Merdić, mr. sc. Ivana Vrućina, dr. sc. Ana Klobučar,
doc. dr. sc. Mirta Sudarić Bogojević, doc. dr. sc. Goran Vignjević,
doc. dr. sc. Nataša Turić, dr. sc. Toni Žitko,
Nataša Bušić mag. edu. biol. chem.

Osijek, 2020.

Naslov:
Komarci Hrvatske

Izdavač:
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju

Odgovorna osoba:
izv. prof. dr. sc. Ljiljana Krstić

Urednik publikacije:
prof. dr. sc. Enrih Merdić

Suradnici:
prof. dr. sc. Enrih Merdić, mr. sc. Ivana Vrućina, dr. sc. Ana Klobučar,
doc. dr. sc. Mirta Sudarić Bogojević, doc. dr. sc. Goran Vignjević,
doc. dr. sc. Nataša Turić, dr. sc. Toni Žitko, Nataša Bušić mag. edu. biol.
chem.

Mjesec i godina objavljivanja publikacije:
Rujan, 2020.

Recenzenti:
prof. dr. sc. Stjepan Krčmar
prof. dr. sc. Emilija Raspudić

Grafičko oblikovanje: **Mario Dunić**

Lektor:
izv. prof. dr. sc. Emina Berbić Kolar

Naslovna fotografija: Kupljena fotografija od autora Gordon Zammit
(s portala 123RF.com)

Suglasnost za izdavanje znanstvene knjige pod brojem 14/20 izdaje Senat
Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

ISBN: 978-953-8154-12-6

CIP zapis je dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne
knjižnice u Zagrebu pod brojem 001075872.

Zahvaljujem mr. sc. Željku Zahiroviću koji je dugi niz godina sudjelovao u mnogim istraživanjima i obavio veliki broj terenskih istraživanja. Također zahvaljujem doc. dr. sc. Željki Jeličić Marinković, dr. sc. Mileni Romanović i Aniti Perković mag. sanit. na zajedničkom istraživanju i pisanju rada čiji se dijelovi također nalaze u ovoj knjizi. Zahvalu upućujem i svim suradnicima koji su na bilo koji način pomogli u istraživanju komaraca u Hrvatskoj.

prof. dr. sc. Enrih Merdić

1. Uvod	1
2. Biologija komaraca	5
2.1. Komarci pojma nemaju – zašto ljudi ne vole (ili vole?!?) komarce	5
2.2. Životni ciklus komaraca	8
2.3. Jaja komaraca	10
2.4. Ličinke i kukuljice.....	24
2.4.1. Studija slučaja - Burad kao leglo komaraca u Osijeku	39
2.5. Odrasli komarci	44
2.5.1. Studija slučaja - Let komaraca iz Kopačkog rita.....	49
2.6. Predatori komaraca	51
2.6.1. Studija slučaja: Predatorski potencijal kornjaša vrste <i>Laccophilus poecilus</i>	60
2.7. Komarci i mirisi	64
2.7.1. Studija slučaja - Atraktanti za komarce u Kopačkom ritu .	68
3. Metode uzorkovanja komaraca	78
3.1. Uzorkovanje jaja komaraca	78
3.1.1. Studija slučaja - Uzorkovanje jaja na nasipu	82
3.2. Uzorkovanje jaja ovipozicijskim klopkama	84
3.3. Uzorkovanje ličinki komaraca mrežicom	86
3.4. Uzorkovanje ličinki komaraca dipperom.....	91
3.5. Uzorkovanje ličinki na malim vodenim površinama	92
3.6. Uzorkovanje odraslih komaraca CDC klopkama	94
3.7. Uzorkovanje odraslih komaraca BG Sentinel klopkama	97
3.8. Uzorkovanje komaraca metodom čovjek aspirator 15 minuta...99	
3.8.1. Studija slučaja - Istraživanje u Vinkovcima i Osijeku.....	103

3.9. Monitoring komaraca	109
3.9.1. Studija slučaja - Prednosti dugogodišnjeg monitoringa komaraca.....	110
4. Fauna komaraca u Republici Hrvatskoj_____	114
4.1. Popis vrsta komaraca (Diptera, Culicidae) u Hrvatskoj	114
4.2. Funa i ekologija komaraca u Kopačkom ritu	120
4.3. Komarci u Osijeku	129
4.4. Brojnost i aktivnost komaraca u Slavonskom Brodu	139
4.5. Istraživanje komaraca u Vukovarsko-srijemskoj županiji	149
4.6. Istraživanje komaraca u sjeverozapadnoj Hrvatskoj	154
4.7. Komarci grada Zagreba.....	166
4.8. Komarci Istre	178
4.9. Komarci u priobalnom dijelu Dalmacije	189
4.10. Komarci priobalnog pojasa šireg područja Splita	194
4.11. Istraživanje komaraca u Lici	200
4.12. Fauna komaraca na nekim hrvatskim planinama	207
4.14. Barkodiranje faune komaraca u Republici Hrvatskoj.....	225
4.15. Komarci po regijama Republike Hrvatske	233
5. Invazivne vrste komaraca u Republici Hrvatskoj_____	234
5.1. Prvi nalaz tigrastog komarca <i>Aedes albopictus</i> u Republici Hrvatskoj.....	236
5.2. Povećanje brojnosti i prostorna dinamika širenja <i>Aedes albopictus</i> u Šibensko-kninskoj županiji u 2009. godini	243
5.3. <i>Aedes albopictus</i> u Splitu	251
5.4. Istraživanje brojnosti vrste <i>Aedes albopictus</i> u jadranskim županijama tijekom 2011.....	257

5.5. <i>Aedes albopictus</i> u Republici Hrvatskoj	262
5.6. <i>Aedes japonicus</i> nova prijetnja Evropi i Republici Hrvatskoj ...	265
5.7. Prvi nalaz <i>Aedes japonicus</i> i širenje u Republici Hrvatskoj	271
5.8. <i>Aedes japonicus</i> na višim nadmorskim visinama	273
6. Kontrola komaraca	278
6.1. Što je kontrola komaraca.....	278
6.2. Načini kontrole komaraca.....	279
6.2.1. Integrirani pristup kontroli komaraca	283
6.3. Mehanizam djelovanja <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> na ličinke komaraca.....	288
6.4. Način korištenja konvencionalnih preparata na bazi Bti	303
6.5. Genetička kontrola komaraca.....	306
6.6. Poslovi kontrole komaraca i javnost	311
7. Galerija fotografija	320
8. Literatura i bibliografija*	333

1. Uvod

Kada sam počeo s istraživanjima?

Oduvijek slušam pitanja: Zašto baš komarci? Nekako se sve dogodilo spontano. Kao dijete igrao sam se na obali Drave i u ljetnim mjesecima palio vatre, palio „kube“ (tako smo ih zvali, a radilo se o rogozu - *Typha latifolia*) kako bismo rastjerali komarce, a onda smo uskakali u dim ručnih prskalica kada bi radnici s ručnim prskalicama „špricali“ komarce. Priroda me oduvijek zanimala tako da je bilo logično što sam upisao Studij biologije (i kemije). Već na drugoj godini impresionirali su me kukci, mali organizmi toliko drukčiji od ostalih, a toliko snažni da zapravo dominiraju našim planetom. I onda se dogodilo! Moj profesor ekologije prof. dr. sc. Jozsef Mikuska, kasnije mentor, rekao mi je: „Kad već istražuješ kukce, istražuj komarce! To ljudi s ovoga područja najviše zanima.“ I tako je počelo, prvo seminarski rad, zatim diplomski, pa magisterij i doktorat - sve o komarcima. Kasnije su došla mnogobrojna istraživanja, znanstveni i stručni radovi te mnogobrojne izjave za različite medije zbog kojih su me prepoznavali na ulicama Osijeka, ali i u čitavoj Republici Hrvatskoj.

Uloga istraživanja komaraca u zajednici

Kada sam počeo istraživati komarce, reakcije u mome gradu Osijeku bile su jako dobre jer je interes za ovu temu bio iznimno velik, ali jednako tako i na znanstvenim je skupovima uvijek bilo mnogo pitanja o komarcima. Zanimanje je bilo veliko, ali je stav uglavnom prema komarcima bio negativan, kao da su državni neprijatelji broj 1! Reakcije su uglavnom bile ovakve: „Pobjijte ih SVE!“ Moj znanstveni interes bio je usmjeren proučavanju načina života tih kukaca. U mjestu kojem živim plaćali su me da dajem informacije gdje su komarci i u kojem broju (biološki – monitoring). To je mnogima bilo iznimno važno! Svatko je imao svoj interes: političari – da dobiju glasove, mediji - da imaju o čemu pisati, ekonomisti da se novac okreće, sanitarići i DDD tvrtke – da zarade)

Povećanje suradnika, poimenično

Uslijed sveopćeg povećanja interesa za komarce sve je teže bilo raditi sam pa se broj mojih suradnika s vremenom povećavao. Prvo su mi se priključili Mirta Sudarić Bogojević, Ivana Vrućina (rođ. Boca) i Tomislava Lovaković. Nakon nekog vremena pridružili su nam se Nataša Turić (rođ. Keža), Željko Zahirović, Goran Vignjević, Željka Jeličić Marinković i nešto kasnije Nataša Bušić (rođ. Graovac). Svi su oni činili i danas čine Laboratorij za entomologiju Odjela za biologiju. Osim ovih Osječana, javljali su se i suradnici iz cijele Republike Hrvatske s kojima sam odlično surađivao: Nediljko Landeka (Pula), Milena Romanović (Split), Toni Žitko (Split), Ana Klobučar (Zagreb), Anita Perković (Šibenik), Slavica Mustač (Čakovec), Jagoda Šarunić Gulan (Zadar). Sa svima sam i danas u odličnim odnosima, a mnogima od njih bio sam mentor za diplomske, magistarske i doktorske rade, što smatram velikom vrijednošću svoga rada.

Istraživanje kroz projekte, ali i bez njih

Kako to obično biva prva su istraživanja bila usmjerena prema interesu istraživača pa su prvi radovi nastali gotovo spontano. Potom su uslijedila mnoga istraživanja koja su bila vezana uz projekte, kako znanstvene, tako i stručne. Bilo je mnogo projekata, a lokalne samouprave dobole su vrijedne podatke o komarcima s njihovih područja. Naravno, najviše sam radio u Osijeku, u uskoj suradnji sa svojim suradnicima, gdje se monitoring komaraca podigao na najvišu moguću razinu. Kroz projekte osiguran je novac i za (ponovo) istraživanja prema interesu. Kada istraživač slobodno bira teme, istraživanja su uvijek zanimljivija i korisnija.

Mediji i loš odjek

Velik dio moga rada bio je jako medijski eksponiran. Na početku moje karijere to mi je imponiralo. Međutim, kada su mediji počeli moje informacije tumačiti na svoj način i svatko (čitaj urednik) oblikovati informaciju onako kako mu odgovara, to više nije bilo primjерeno. Uslijed svih šumova u komunikaciji poželio sam maknuti se od svega (što sam opisao u jednom poglavlju u knjizi). Sada kada opet živim bez medijske eksponiranosti shvaćam vrijednost jednostavnosti i ljestvu mirnog anonimnog života.

Slika 1.1.

Razlog zašto istražujem komarce





2. Biologija komaraca

2.1. Komarci pojma nemaju – zašto ljudi ne vole (ili vole?!) komarce

Komarci izrazito brzo rastu dok su u stadiju ličinke, tada se hrane raspadnutom organskom tvari ili bakterijama koje se nalaze u vodi i to tako da filtriraju vodu. Jedna ličinka 4. stadija može za jedan dan profiltrirati jednu litru vode. Ta hrana im omogućuje brz rast. Odrasli komarci ne rastu, a hrana koju uzimaju usklađena je s njihovim aktivnostima. I mužjaci i ženke se hrane nektarom, ta im hrana omogućuje let. Kada ženke odluče položiti jaja, treba im znatno bolja hrana, a to je krv. Tijekom evolucije komarci su razvili posebnu i jedinstvenu usnu organizaciju – za bodenje i sisanje. U rilu se nalaze svi dijelovi usne organizacije kao i kod drugih kukaca, ali su drukčijeg, izduženog oblika: donja usna (labium), gornja usna (labroepipharynx), par donjih čeljusti (maxilla), par gornjih čeljusti (mandibula), hipofarinks (hipopharynx). Kada komarica sleti na domaćina, traži poru na koži i u poru gura sve dijelove usne organizacije osim donje usne koja se savija prema nazad. Par donjih čeljusti su nazubljene i polako se miču naprijed-nazad te tako mogu probiti tanku kožu i stjenku kapilare. Krv usisava kroz labroepipharynx, a kroz hipopharynx komarica izbacuje sadržaj pljuvačne žljezde koji sprječava zgrušavanje krvi. Tijelo domaćina reagira i na mjestu uboda stvara se mali edem.

Komarci pojma nemaju da nas to svrbi!

Da bi komarice uopće našle svoj obrok, one lete. Imaju jedan par krila koje moraju brzo pomicati da se mogu kretati zrakom. Krila su dužine oko 5 mm, vrlo su lagana i pomiču se oko 600 puta u sekundi. Neki komarci su slabi letači, a neki su jako dobri letači i mogu odletjeti od legla i do 30 km. Sam let komaraca može biti: (1) migratori - kada se značajno udaljuju od mjesta legla, (2) apetitivni – kada su se dosta udaljile od legla i počinju tražiti krvni obrok i (3) konzumatorni kada su pronašle domaćina i direktno lete prema gradijentu koncentracije mirisa koji domaćin pušta. Ovaj zadnji, konzumatorni let je onaj kada komarice lete oko nas i traže najbolje mjesto za slijetanje i ubod. Ukoliko se to događa noću, kad mi spavamo...

Komarci pojma nemaju da nas to živcira!

Kada komarice ipak slete i uspiju ubosti domaćina, usisavaju krv kroz vrlo tanku cjevčicu. Da ne ispuštaju antikoagulante, krv bi se u toj tankoj cjevčici brzo zgrušala. Da se to ne dogodi, kroz drugu cjevčicu, u kapilaru, ispuštaju sadržaj pljuvačnih žlijezda s tvarima koje sprječavaju koagulaciju. Budući da se ženka često hrani krvlju više domaćina, neki od domaćina mogu imati u krvi uzročnike nekih bolesti (patogene). Ti patogeni uzročnici ne uzrokuju bolest kod komaraca, nego ih prenosi na novog domaćina i tako njega zarazi.

Komarci pojma nemaju da su vektorskem ulogom životinje koje najviše ubijaju ljudi i da su samo 2012. godine bili odgovorni za milijun smrtnih slučajeva ljudi koji su umrli od malarije!

Ljudi jako vole putovati svijetom, pa i u zemlje u kojima je malarija još uvijek endemična. Da se ne bi zarazili, preventivno kupuju lijek na bazi hidroxychloroquina. Ukoliko su popili taj lijek prije uboda, uzročnik malarije (Plazmodij sp) se neće razviti i čovjek neće oboljeti. Komarci pojma nemaju da ljudi na taj lijek potroše gotovo 450 milijuna dolara godišnje!

Naravno da se čovjek želi braniti od komaraca. U tom smislu postoje mehaničke, fizičke, kemijske i biološke metode koje čovjek koristi da bi se zaštitio od komaraca. Kada govorimo o biološkim metodama zaštite, postoje dvije strategije, a to su inokulacija i inundacija. Inokulacija predstavlja uvođenje nekoliko jedinki (predatora, patogena ili GMO komaraca) koje će promijeniti brojnost komaraca, inundacija predstavlja unošenje ogromne količine (jedinki, toksina) u okoliš koji će imati trenutni utjecaj na brojnost komaraca. Godine 1976. Joel Magalit je našao u nekoj bari uginule ličinke komaraca. Nakon istraživanja utvrđeno je prisustvo bakterije *Bacillus thuringiensis israelensis* koja je bila uzrok smrti ličinki. Daljnjom analizom utvrđen je i toksin iz te bakterije koji je odgovoran za taj čin. Ljudi su to iskoristili i napravili biološki preparat. Taj biološki insekticid je zapravo protein bakterije koji se aplicira u vodu. Ličinke komaraca ga pojedu i kada ga pojedu, one uginu. Taj preparat koristi se u ogromnim količinama i baca se kao hrana ličinkama komaraca. Komarci pojma nemaju da će im hrana koju su im ljudi bacili naškoditi!

U okolini nekih gradova velike su površine koje komarcima mogu poslužiti za leglo. Takav je Osijek. U određenim hidrološkim prilikama u okolini Osijeka nastaju legla komaraca na oko 10.000 ha. To treba tretirati s ogromnom količinom biološkog preparata. Jedan kilogram preparata na bazi *Bti* trenutno košta oko 350 kn, za jedan ha potreban je količina od 300 do 500 g. Kada se dodaju ostali troškovi (aplikacija, oprema, radnici) i ostali oblici tretiranja komaraca, onda su to veliki troškovi.

Komarci pojma nemaju da samo građani Osijeka potroše prosječno godišnje na kontrolu komaraca 6 milijuna kuna!

Nije samo Osijek u pitanju. Kada uključimo sve programe kontrole komaraca u Republici Hrvatskoj, Europi i svijetu onda količina novaca vrtoglavu raste. Mnoge svjetske kompanije temelje svoj posao na proizvodnji različitih insekticida, mnoge organizacije diljem svijeta su osnovane za kontrolu komaraca, mnoge tvrtke proizvode opremu za tretiranje i monitoring komaraca. S druge strane, postoje svjetske udruge koje se, na ovaj ili onaj način, bave komarcima (AMCA – American Mosquito Control Association, EMCA – European Mosquito Control Association, SOVE – Society of Vector Ecology, ECDC – European Centere for Desease Control), mnogi istraživački projekti o komarcima financirani su iz različitih izvora itd.

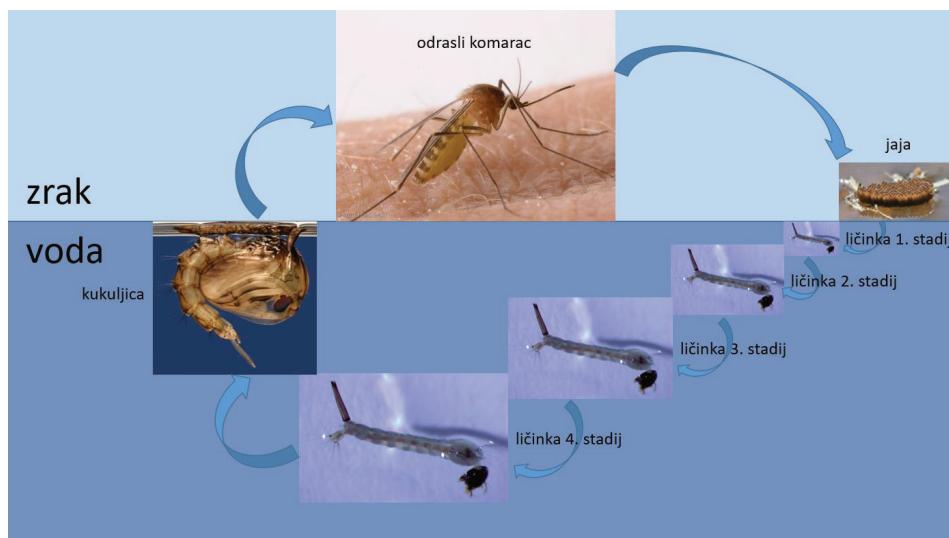
Komarci pojma nemaju da su osnovica jedne značajne svjetske gospodarske grane s prometom od oko 20 milijardi dolara godišnje!

I na kraju sami zaključite što to sve komarci pojma nemaju i odgovorite na pitanje ne vole li ljudi komarce ili ih ipak vole?

2.2. Životni ciklus komaraca

Komarci (Diptera, Culicidae) su jedna od najrasprostranjenijih taksonomskih skupina na Zemlji i mogu preživjeti u većini klimatskih uvjeta. Za razvoj im je neophodna stajača voda. Ovisno o vrsti, mogu se razvijati u različitim vodama, čistim i onečišćenim, prirodnim i umjetnim.

Komarci prolaze kroz potpunu preobrazbu (holometabolnu metamorfozu), što znači da se njihov životni ciklus sastoji od četiri životna stadija: jaje, ličinka (četiri stadija), kukuljica i imago (odrasla jedinka) (Slika 2.2.1.).



Slika 2.2.1. Životni ciklus komaraca

Jaje - ovisno o vrsti, ženka komarca polaže jaja pojedinačno ili u nakupinama. Svako mjesto gdje ima vode može poslužiti kao mjesto za razvoj (rupe u drveću, bare, lokve, jarnici, umjetni kontejneri - gume od automobilova, posude od cvijeća). Poplavne vrste komaraca polažu jaja na vlažno tlo. Takva jaja obično su otporna na isušivanje, a iz jaja se legu ličinke nakon što područje bude poplavljeno.

Ličinka - iz jaja se ispile ličinke koje prolaze kroz četiri stadija, u kojima se intenzivno hrane i rastu.

Kukuljica - nakon četvrtog stadija ličinke, počinje razvoj odraslog komarca. Taj se proces zove metamorfoza, on je vrlo složen, a uključuje razgradnju ličinačkih organa i njihovu zamjenu s odraslim (adultnim). Tijekom ovoga procesa, komarci se nalaze u stadiju kukuljice. Kukuljica se ne hrani, ali ni ne eliminira nusprodukte metabolizma, a zaštićena je čvrstom hitinskom ovojnicom. Nakon 2 - 4 dana, ovisno o vrsti, iz kukuljice se razvija odrasla jedinka. Iako kukuljice žive u vodi, otporne su na isušivanje, a u odrasle se jedinke mogu preobraziti iako se stanište isuši. Kukuljice su pokretne, što je rijedak slučaj kod holometabolnih kukaca.

Odrasla jedinka - prelaskom iz kukuljice u odrasle jedinke, prvo se izlegu mužjaci, koji ostaju u blizini te čekaju da se i ženke izlegu. Ženke komaraca u prosjeku žive 3 - 6 tjedana, ali mogu živjeti i do 9 mjeseci, ovisno o vrsti. Životni vijek mužjaka je puno kraći. I mužjaci i ženke hrane se nektarom i biljnim sokovima, ali samo ženke trebaju krvni obrok, koji je izuzetno kvalitetna hrana i omogućuje brzo sazrijevanje jaja. Ženke komaraca nekoliko puta tijekom života polažu jaja, odnosno prolaze kroz nekoliko gonotropnih ciklusa, a za svako polaganje jaja trebaju novi krvni obrok. Svaki gonotropni ciklus sastoji se od više faza: traženje krvnog obroka, uzimanje krvnog obroka i njegovo probavljanje, razvoj jaja te polijeganje jaja. Ženke imaju nekoliko gonotropnih ciklusa, a njihov broj ovisi o brojnim okolišnim uvjetima.

U tropskim područjima komarci su aktivni tijekom cijele godine, dok u drugim područjima postaju neaktivni kada temperatura padne ispod 15 °C i obično ulaze u hibernaciju kada dođe sezona hladnjeg vremena. Neke vrste mogu hibernirati kao ličinke. Većina vrsta roda *Aedes* prezimljuje u stadiju jaja, a treći oblik prezimljavanja je kao odrasle, gravidne ženke, koje zimu provode u zaštićenim mjestima (rupe u drveću, životinjske nastambe, podrumi, tavani i druga zaštićena mjesta, npr. vrste roda *Culex*).

2.3. Jaja komaraca

Ovipozicija

Ovisno o ponašanju prilikom polijeganja jaja, komarci se mogu podijeliti u dvije skupine (Barr i Azawi, 1958). Podjela ovisi o tome hoće li ili neće embrij ući u razdoblje mirovanja ili diapauze. Ukoliko je neaktivno razdoblje potaknuto izvana, to nazivamo stanjem mirovanja, dok je diapauza neaktivno razdoblje koje je genetski određeno. Nakon krvnog obroka ženke komaraca obično polažu između 50 i 500 jaja, ovisno o vrsti, u dva do četiri dana (ili čak i više u hladnoj umjerenoj klimi).

Prvoj skupini (koja ne ulazi u stanje mirovanja ili diapauze) pripadaju ženke koje polažu jaja na vodenu površinu pojedinačno (vrste iz roda *Anopheles*) ili u skupinama (vrste iz rodova *Culex*, *Uranotaenia*, *Coquillettidia*, *Orthopodomyia* i podrod *Culiseta* roda *Culiseta*). Naprimjer, ženke komaraca iz roda *Culex* legu jaja u skupini koja obuhvaća nekoliko stotina jaja spojenih zajedno u strukturu sličnu splavi. Tijekom ovipozicije ženke stoje na površini vode sa stražnjim nogama postavljenim u obliku slova V. Jaja se ispuštaju kroz genitalni otvor i grupiraju zajedno između stražnjih nogu, formirajući splav, pri čemu jaja stoje na okupu, okomito na njihovoj anteriornoj strani (Slika 2.3.1) (Clements, 1992a).



Slika 2.3.1. Polijeganje jaja komaraca ženke *Cx. pipiens*
(preuzeto s www.amdro.com)

Anteriorna strana svakog jajeta ima korolu u obliku čaše s hidrofilnom unutarnjom površinom koja se nalazi na površini vode. Vanjska površina je hidrofobna. Rezultat površinske napetosti je taj da održava sva jaja u istoj poziciji. Čak i kada se splav zanosi uslijed djelovanja vodenih struja jaja ostaju u istom položaju. Odmah nakon ovipozicije, jaja su meka i bijela, ali u roku od 1 do 2 sata sklerotiziraju i potamne (Slika 2.3.2).

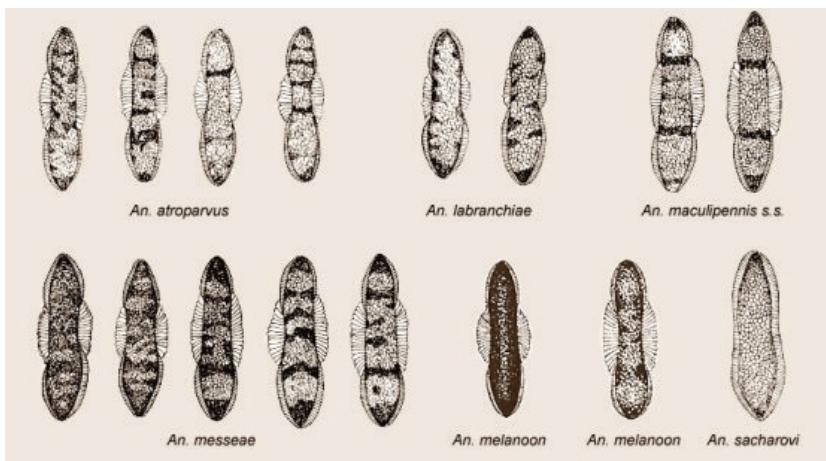


Slika 2.3.2. Jaja vrste *Cx. pipiens* grupirana u splav (foto Enrih Merdić)

Ženke vrsta iz potporodice Anophelinae legu jaja pojedinačno dok stoje ili lebde nad vodom. Ova jaja su prilagođena za plutanje na vodi i vrlo lako ostaju beživotna ukoliko dođe do isušivanja. Ženke malaričnih komaraca svoja jaja polažu izravno na površinu vode i postavljaju ih vodoravno. Često se zbog površinske napetosti vode i oblika jaja nekoliko jaja svojim krajevima spoji pritom stvarajući oblike poput trokutića, zvjezdica ili trakica (Slika 2.3.3). Jaja oblikom podsjećaju na čamac, a sa strana se nalaze plovci ispunjeni zrakom. Broj plovaka je različit kod različitih vrsta. Za vrste iz kompleksa *Anopheles maculipennis* obojenje gornje površine jaja i oblik površine zračnih plovaka je važan detalj za identifikaciju vrsta (Slika 2.3.4).



Slika 2.3.3. Jaja komaraca iz roda *Anopheles* plutaju pojedinačno na površini vode, no zbog površinske napetosti mogu se vršno spajati stvarajući pritom nove strukture
(foto Goran Vignjević)



Slika 2.3.4. Morfološke razlike u obojenosti i obliku bočnih zračnih plovaka kod jaja najčešćih vrsta komaraca iz kompleksa *Anophles maculipennis* (preuzeto iz: The Mosquitoes of Europe - Identification and training programme (Schaffner i sur., 2001a))

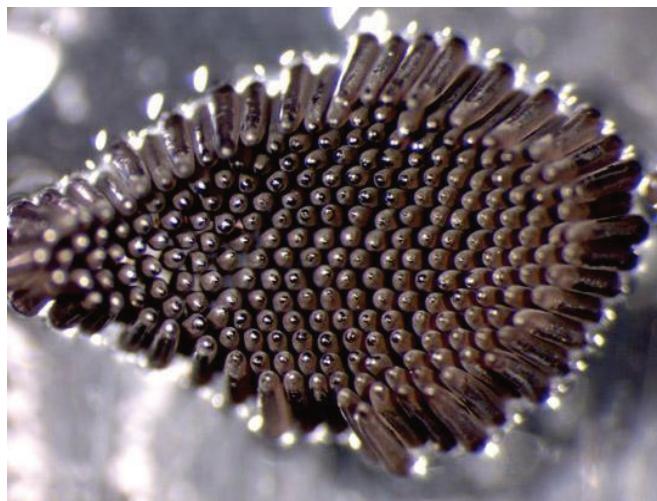
Prema novijim istraživanjima utvrđeni su i prijelazni oblici morfološke obojenosti jaja kod malaričnih komaraca tako da se ova metoda ne može u potpunosti uzeti kao determinacijsko svojstvo vrste, već ju je nužno kombinirati s drugim metodama determinacije.

Embriji iz prve skupine ne ulaze u period mirovanja ni diapauze i legu se kada je završen embrionalni razvoj. Vrste čija jaja ne prolaze period mirovanja obično produciraju nekoliko generacija godišnje. Broj generacija ovisi o duljini sezone razmnožavanja, abiotičkim i biotičkim čimbenicima od kojih je najvažnija temperatura koja utječe na brzinu razvoja. Razlozi koji određuju izbor mjesta za polaganje jaja, još uvijek su djelomično nepoznato za mnoge vrste. Čimbenici kao što su kvaliteta vode, učestalost svjetlosti, postojeća jaja, dostupnost hrane i lokalne vegetacije odlučujući su u izboru mjesta. Za podvrstu *Cx. p. pipiens* poznato je da količina organskog materijala u vodi, igra važnu ulogu u izboru mjesta za polaganje jaja. Plinovite tvari kao što su amonijak, metan ili ugljik-dioksid, koje se oslobađaju kada se organski materijal razgrađuje, imaju učinak privlačenja ženki podvrste *Cx. p. pipiens* (Becker, 1989). Ženke to prepoznaju kao odgovarajuću količinu hrane i povoljne uvjete za razvoj novih jedinki. Postoji mnogo primjera koji pokazuju da je ponašanje ženki prilikom polaganja jaja genetski određeno i odražava ekološke uvjete na mjestima polaganja jaja. Kako bi se osigurao razvoj ličinki i kukuljica roda *Coquillettidia*, ženka mora prepoznaći odgovarajuće vodene biljke u vrijeme polaganja jaja (Becker i sur., 2003). Ličinkama i kukuljicama, koje se nalaze u vodi, za disanje je potreban kisik koji dobivaju umetanjem svojih aparata za disanje u tkiva pojedinih biljaka koja su ispunjena zrakom.

Drugoj skupini (koja ulazi u stanje mirovanja ili diapauze) pripadaju ženke čija se jaja ne izlegu odmah nakon ovipozicije. Najzanimljivije ponašanje prilikom polaganja jaja pokazuju komarci vrste *Ae. vexans* (Slika 2.3.5) i podroda *Culicella* roda *Culiseta* (Slika 2.3.6).



Slika 2.3.5. Jaja vrste *Ae. vexans* (preuzeto s media.gettyimages.com)



Slika 2.3.6. Jaja ženki iz roda *Culiseta* (preuzeto s entnemdept.ufl.edu)

Ženke ovih komaraca ne polažu jaja na vodu, nego na vlažno tlo koje će biti poplavljeno nakon nekog vremena. Jaja polažu u male depresije, ispod otpalog lišća ili između čestica mahovina s visokim stupnjem vlage u tlu, kako bi ih zaštitili od isušivanja tijekom embriogeneze (Barr i Azawi, 1958; Horsfall i sur., 1973). Kod vrsta *Ae. vexans* i *Oc. caspius*, koje polažu jaja na mjestima gdje voda često fluktuira, određeno ponašanje prilikom polaganja jaja je od velike je

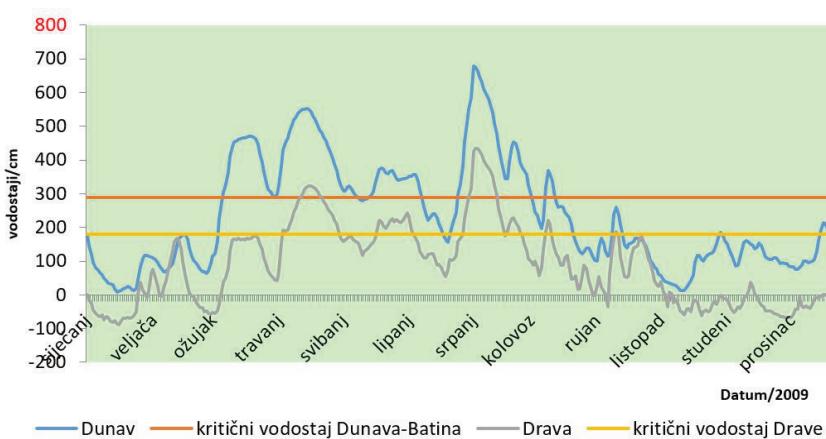
važnosti kako bi se osigurao uspješan razvoj njihovih potomaka. Pogodno mjesto za polaganje jaja za poplavne vrste mora zadovoljavati sljedeće preduvjete:

1. U trenutku polaganja jaja, područje mora biti dovoljno vlažno, kako bi se osiguralo da svježe položena jaja, koja su vrlo osjetljiva, ne izgube ni najmanju količinu vode tj. da ne dođe od isušivanja prije nego se formira nepropustan endohorion koji je prevučen voštanim slojem serozne kutikule (Horsfall i sur., 1973; Clements, 1992a).
2. Tlo gdje se jaja polažu, mora se nakon polaganja jaja ispuniti vodom u dovoljnoj količini, kako bi se nastavio razvojni ciklus komaraca.
3. Voda u kojoj se razvijaju ličinke komaraca treba imati što manje grabežljivaca kako bi se osiguralo što manje stradanje ličinki od prirodnih neprijatelja.

Sposobnost ženki komaraca da pronađu odgovarajuće mjesto za polaganje jaja još uvijek nije u potpunosti razjašnjeno. Ako ženka za polaganje jaja izabere depresije s gotovo stalnim pritokom vode, može se pojaviti problem jer takva mjesta mogu imati ključne nedostatke. Ukoliko su mjesta za polaganje jaja u depresijama, tj. ukoliko su one poplavljene duži period i uz to imaju vrlo nepovoljan slijed izmjene suhog i poplavljenog rezultat će biti gubitak većeg broja jaja poplavnih komaraca. Dodamo li k tome da područja sa stalnim protokom vode omogućuju dolazak većeg broja prirodnih neprijatelja (npr. ribe), što povećava rizik da ličinke komaraca budu pojedene.

Poplavna područja s vrlo kratkim periodom plavljenja su također nepovoljna kao mjesta za polaganje jaja jer postoji vrlo velika mogućnost za isušivanje. Ovakav tip terena kratko je plavljen i to samo u godinama kada je voda vrlo visoka. Dakle, omjer dužine trajanja mokrog i suhog, u ovom slučaju, nije povoljan za razvoj nekoliko uzastopnih generacija. Ta područja postaju suha vrlo brzo nakon povlačenja vode tako da su jaja ženki rodova *Aedes* ili *Ochlerotatus* izložena riziku od isušivanja, što je nepovoljno za razvoj embrija koji su vrlo osjetljivi na gubitak vode. Poplavni komarci za

polaganje jaja sklona su područjima s gustom vegetacijom (trska *Phragmites* i šaš *Carex*) i muljevitim tlima. Obično se zona trske i šaša nalazi u sredini fluktuirajuće razine vode riječnog sustava budući da te biljke trebaju mnogo vode (Becker, 1989., Becker i sur., 2003). Fluktuacija vodostaja rijeke Dunava i Drave pokazuju optimalan primjer za polaganje jaja i razvoj nekoliko generacija ovisno o vodostaju (Slika 2.3.7). Važno je da voda fluktuirat će i plavi poplavni prostor nekoliko puta godišnje, pri čemu vrste rodova *Aedes* ili *Ochlerotatus* „znaju“ koji prostor za polaganje jaja odabrati.



Slika 2.3.7. Fluktuacija vodostaja riječnih Dunava i Drave ukazuje na odlične uvjete za razvoj poplavnih vrsta komaraca u porječju tih nizinskih rijeka

Gravidna ženka prepoznaje mokro, muljevito i glineno priobalno tlo, koje je odgovarajuća podloga za polaganje jaja. Međutim ti kriteriji, sami po sebi, nisu dovoljni, jer bi tada tijekom kišnih razdoblja bilo mnogo mjesta koja bi se činila prihvatljivima zbog visokog stupnja vlage. Poplavni komarci u stanju su razlikovati različite vrste tala. Tla poput naplavnih ravnica u većini slučajeva se sastoje od visokog postotka gline i niskog postotka humusa i organske tvari, za razliku od mnogih drugih tala (Ikeshoji i Mulla, 1970; Strickman, 1980a, b; Becker, 1989). Također je moguće da poplavna područja duž nasipa proizvode feromone poput mirisa koji ih navode na polaganje jaja. Ti mirisi mogu dolaziti od jaja koja su već položena na tlo ili iz pojedinih asocijacija biljaka koje su indikatori specifične razine vlage u tlu koja je posljedica pojave redovitih poplava. U cjelini, ponašanje poplavnih

komaraca tijekom ovipozicije pokazuje specifičnu prilagodbu na određeno stanište i prilagodbu koja je razvijena tijekom evolucije (Becker i sur., 2003).

Embrionalni razvoj

Nakon što su jaja položena, gotovo odmah započinje embrionalni razvoj (Clements, 1992a). Odavno je poznato da se DNK molekule transkribiraju u RNK a one u proteine. Međutim postoji znatna količina DNK molekula koje ne služe za izgradnju proteina. Nazivaju se „Junk DNA“ koja se ponavlja desetak puta i poznata je kao "satelitska DNA", koja igra suštinsku ulogu u ranom razvoju embrija komaraca (Halbach i sur., 2020). U tropskim i suptropskim područjima te tijekom ljeta u umjerenim regijama, jaja obično završe embrionalni razvoj u roku od 2 do 3 dana nakon što su položena. Ukoliko se radi o područjima s hladnom klimom razvoj može trajati i do tjedan dana ili duže. Vrijeme potrebno za razvoj gotovo u cijelosti ovisi o temperaturi. Također je uočena i posebna prilagodba na različite abiotičke čimbenike staništa tijekom embrionalnog razvoja (Becker, 1989).

Jaja rodova *Culex*, *Coquillettidia*, *Uranotaenia*, *Orthopodomyia* i podrod *Culiseta* se obično izlegu nedugo nakon što je završen embrionalni razvoj. Na temperaturi od 30 °C, ličinke vrste *Cx. pipiens* izlegu se jedan dan nakon polaganja jaja, pri temperaturi od 20 °C za tri dana, pri temperaturi od 10 °C za deset dana, a na temperaturi od 4 °C embrionalni razvoj nije moguć (Becker i sur., 2003). Ličinke se izpile vrlo brzo kod vrsta koje legu svoja jaja direktno na vodu, uključujući sve vrste roda *Anopheles* i većinu vrsta roda *Culex*.

Embrionalni razvoj jedinki iz rodova *Aedes* i *Ochlerotatus* obično traje znatno duže. Ličinke vrste *Ae. vexans* spremne su za izlijeganje za četiri dana ako se čuvaju na temperaturi od 25 °C, ili za osam dana ako se čuvaju na temperaturi od 20 °C (Horsfall i sur., 1973; Becker, 1989). Istraživanja svježe položenih jaja vrste *Ae. vexans*, čuvanih na temperaturi od 20 °C, pokazuju da je čak 50 % jaja bilo spremno za izlijeganje osam dana nakon polaganja. To znači da je embrionalni

razvoj vrste *Cx. pipiens* obično za polovicu kraći od razvoja vrste *Ae. vexans* te osigurava brzu izmjenu generacija (Becker i sur., 2003). Poplavni komarci mogu preživjeti u embrionalnoj membrani do tri godine. Isušivanje i smrt embrija *Ae. vexans* događa se vrlo brzo pri niskoj relativnoj vlažnosti (20%) i visokoj temperaturi (21 °C), ali polako pri niskoj relativnoj vlažnosti i niskoj temperaturi (4 °C). Jaja koja izgube znatnu količinu vode i dalje se izliježu ali nešto kasnije. Vrijeme izlijeganja može biti dvostruko duže nego u jajima koja se drže u zasićenoj atmosferi na sličnim temperaturama, što ukazuje na to da embriji moraju povratiti dio izgubljene vode prije nego što se dogodi izlijeganje (Brust i Costello, 1969).

Embrionalni razvoj komaraca vrste *Ae. sticticus* proučavan je na vlažnim površinama pri konstantnim temperaturama između 5 °C i 34 °C. Vrijeme za potpunu embriogenezu bilo je 608 sati, 272 sata, 192 sata, 152 sata i 120 sati pri temperaturama od 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, i 30 °C. Gornji i donji temperturni pragovi su bili 33 °C, odnosno 6 °C do 8 °C. Embrionalni se razvoj odvijao normalno kada su jaja bila potopljena u vodu na 25 °C i 30 °C, a razlika u brzini razvoja jaja na vlažnom filter papiru i u vodi, nije zabilježena (Trpis i sur., 1973).

Relativno spor embrionalni razvoj jedinki rodova *Aedes* i *Ochlerotatus* može se objasniti činjenicom da ti komarci legu svoja jaja u poplavnim područjima gdje nekoliko ekoloških čimbenika određuju sporiji embrionalni razvoj. To obično traje više od jednog tjedna ili do sljedećeg plavljenja. Ekološka prednost, u brzom slijedu generacija koje rezultiraju iz brzog embrionalnog razvoja, vrlo je mala.

Izlijeganje iz jaja

Jedinke komaraca rodova *Aedes* i *Ochlerotatus* razvile su visoko sofisticirani mehanizam koji regulira proces izlijeganja iz jaja kao izravnu prilagodbu na veliku oscilaciju abiotičkih čimbenika u vodama gdje ti komarci obitavaju (Gillett, 1955; Telford, 1963; Horsfall i sur., 1973; Beach, 1978; Becker, 1989). Neki od najvažnijih

čimbenika koji utječu na izlijeganje iz jaja su kisik otopljen u vodi i temperatura vode.

Na području istočne Hrvatske prisutna su mnoga poplavna područja (fluktuacija vodostaja rijeka Save, Dunava i Drave) i u određenim uvjetima u velikom broju pojavljuju se poplavni komarci. Stoga ćemo pokazati i analizirati vrlo sofisticirano ponašanje poplavnih komaraca (*Ae. vexans*, *Oc. sticticus* i *Ae. cinereus*) tijekom polijeganja jaja. Područja za razvoj poplavnih komaraca karakterizira privremeni protok vode uzrokovani fluktuacijom vodostaja rijeka nakon topljenja snijega (u proljeće) ili jakih kiša (početkom i sredinom ljeta), dok su razdoblja kasnog ljeta i zime obično razdoblja niskog vodostaja. Obzirom na navedeno najbolji uvjeti za razvoj ličinki poplavnih komaraca javljaju se između travnja i rujna. Dakle, oni imaju diapauzu tijekom jeseni, zime i ranog proljeća (Telford, 1963). Prirodna promjena toka vode te oscilacije u njezinoj razini osnovni su preuvjet odgovoran za visoku stopu reprodukcije poplavnih vrsta. Gledajući s ekološkog stajališta, poplavni komarci se javljaju kroz nekoliko generacija tijekom sezone koje se uvijek podudaraju s oscilacijama razina vode i time pokazuju njihovu multidimenzionalnost (policikličnost).

Ukoliko bi se izlijeganje ličinki dogodilo u vrijeme visokog vodostaja postojala bi mogućnost otapljaljivanja ličinki ili smanjenja brojnosti ličinki uslijed napada predavata (ribe) koji također ulaze u poplavljena područja u potrazi za hranom. Da bi izbjegli ove opasnosti poplavni komarci razvili su vrlo specifično ponašanje. Tijekom visokog vodostaja voda je bogata velikom količinom otopljenog kisika koji nije pogodan za ravoj ličinki. Kada se količina kisika smanji obično se aktivira izlijeganje ličinki komaraca (Hearle, 1926; Gjullin i sur., 1941; Borg i Horsfall, 1953; Travis, 1953; Judson, 1960; Horsfall i sur., 1958, Horsfall i sur., 1973; Burgess, 1959, Becker, 1989). Sadržaj kisika počinje se vrlo brzo smanjivati već nakon prvog izlijeganja ličinki iz jaja (na primjer, zbog procesa bakterijske razgradnje ili u prisutnosti alga). Smanjenje razine kisika u vodi signalizira da će voda biti ustajala u vrijeme njihovog izlijeganja, dakle, da je rizik od otapljaljivanja prošao. Bakterijsko

djelovanje koje uzrokuje razgradnju organskog materijala, osigurava primjerenu opskrbu hranom za ličinke i neprikladne uvjete za glavne predatore ličinki - ribe. Već nakon samo jednog izlijeganja potopljena područja postaju ustajala (Becker i sur., 2003). Određivanjem koncentracije otopljenog kisika u mediju koji se koristi za izlijeganje nekih vrsta roda *Aedes*, utvrđeno je da učinak otopljenog kisika djeluje stimulirajuće, čak dvostruko više na izlijeganje iz jaja. Što znači da su neophodne vrlo niske razine kisika kako bi potaknule visok stupanj izlijeganja. Čak i lagano snižavanje razine kisika poplavljениh jaja pokazalo se kao snažan stimulans za izlijeganje. Ukoliko su jaja izložena relativnoj vlažnosti smanjenoj na 50 %, izlijeganje iz jaja se značajno smanjilo u usporedbi s jajima koja su izložena uvjetima visoke vlage (Judson, 1960). Nakon što sadržaj kisika u vodama za razvoj ličinki padne, ličinke su inicirane pritiskom na ljsku jaja koja puca. Taj dio se naziva Zub jaja. To puknuće ljske jaja smješteno je na posterodorzalnoj strani kapsule gdje se nalazi glava ličinke. Rezultat toga je dijeljenje ljske duž posebne linije na prednjem kraju jaja. Kapica (prednji dio ljske jaja) otpada i ličinke izlaze tako da gutaju vodu. Voda koja se nalazi u crijevima tjera tijelo iz ljske (Clements, 1992a). Čitav proces izlijeganja traje samo nekoliko minuta.

Osim razine kisika u vodi, temperatura igra važnu ulogu u procesu izlijeganja ličinki komaraca. Temperatura je vrlo važan abiotski čimbenik koji utječe na razvoj nezrelih stadija kukaca (Al-Saffar i sur., 1995), a posebno komaraca (Alto i Juliano, 2001). To je posebno važno jer je bazalna temperatura ovih organizama usko povezana s temperaturom okoline (Carrington i sur., 2013). Temperatura prvenstveno utječe na akumulaciju, distribuciju i raspodjelu ličinačkih metaboličkih resursa (Bochdanovits i De Jong, 2003).

Nakon diapauze (od jeseni do proljeća), temperatura utječe na način da se ličinke vrste *Ae. vexans* neće izleći prije nego temperatura vode ne bude dovoljno visoka za brz razvoj. Izlijeganje iz jaja tijekom niže temperature vode uvelike će odgoditi razvoj ličinki. Takvo ponašanje omogućuje bolje uvjete za leglo jer se tako leglo neće isušiti uslijed brzih promjena u vodostaju. Poplavni komarci mogu se izleći kada

visoka temperatura vode omogućuje njihov brz razvoj. Na primjer, na poplavnom području oko Osijeka ličinke vrste *Ae. vexans* legu se u proljeće kada temperatura vode dostigne više od 10 °C. Na temperaturama oko 20 °C do 25 °C, vrsti *Ae. vexans* treba oko 9 do 11 dana do razvoja u odraslu jedinku a najbrži razvoj ličinki *Ae.vexans* je na temp. od 25 °C sa izlijeganjem nakon 7 dana (Read i Moon, 1996; Trpis i Shemanchuk 1970). Zanimljiv fenomen je i izlijeganje ličinki vezano uz sezonu. Nakon hladne zimske faze i kasnijeg porasta temperature pri temperaturi od 4 °C, vrlo mali postotak ličinki vrste *Ae. vexans* spremno je na izlijeganje. U proljeće, kada se razina vode obično diže zbog proljetnih oborina, stvaraju se povoljni uvjeti za razvoj poplavnih komaraca te stopa izlijeganja dostiže svoj vrhunac pri temperaturi od 15 °C. U ožujku i travnju, dolazi do postupnog povećanja temperature vode. S druge strane, ista temperatura vode uzrokuje smanjeno izlijeganje tijekom kasnog ljeta i jeseni. Razvoj ličinki se ne završava ukoliko se ličinke izlegu na temperaturi od 15 °C u listopadu ili studenom jer u ovo doba godine pad temperature produžava razvoj ličinki dok je razina vode u opadanju. Značajno je da postoje i razlike u ponašanju prilikom izlijeganja jedinki u različitim sustavima rijeka. Čini se da su jedinke vrsta iz rođova *Aedes* i *Ochlerotatus* prilagođene hidrološkim karakteristikama svakog riječnog sustava. U riječnim sustavima s nižom razinom vode, periodi plavljenja obično su kraći, što znači da razvoj komaraca mora biti brži. Jedinke rođova *Aedes* i *Ochlerotatus* koje se izlegu na takvim područjima imaju produženu diapauzu do ljeta, kako bi se omogućio brži razvoj pri visokim temperaturama (Becker i sur., 2003).

Spremnost za izlijeganje je proces koji se zove kondicioniranje, dok je inhibicija izlijeganja proces koji se zove dekondicioniranje (Horsfall, 1956; Horsfall i Fowler, 1961; Clements, 1963; Horsfall i sur., 1973). Čimbenici koji najvjerojatnije imaju utjecaj na diapauzu, inhibiciju izlijeganja te spremnosti izlijeganja su temperatura, vlažnost zraka i tla i promjene u dužini dana (Brust i Costello, 1969). Ličinke vrste *Ae. vexans* u stanju su se izleći u istoj godini u kojoj je dovršena embriogeneza, pod uvjetom da je temperatura vode i dalje iznad 20 °C. Smanjenjem temperature ispod 15 °C dolazi do

inhibicije izlijeganja najčešće u jesen. Zanimljivo je spomenuti da nakon perioda hladnog vremena, spremnost na izlijeganje je pozitivno korelirana s porastom temperature. Pri višoj temperaturi u vrijeme polaganja jaja i nižoj temperaturi zimi, veća je mogućnost za polaganje jaja sljedećeg ljeta. Ponašanje jedinki tijekom diapauze omogućava ličinkama vrste *Ae. vexans* razlikovati povoljne razvojne uvjete u proljeće i nepovoljne u kasno ljetu. Značajno je da tijekom zime čak i ekstremno niske temperature, neće ubiti ličinke u diapauzi (Becker i sur., 2003).

Vrijeme izlijeganja ličinki poklapa se s idealnim uvjetima okoliša što je preduvjet za uspješan razvoj jedinki u privremenim vodama. Razlika u ponašanju prilikom polijeganja jaja između šumskih komaraca (u literaturi se spominje termin snow-melt mosquitoes, u prijevodu bi bili komarci koji se pojavljuju u vodama nakon topljenja snijega, budući da se to u Republici Hrvatskoj uglavnom odnosi na šumske komarce, u dalnjem tekstu koristit će se izraz šumski komarci), npr. vrsta *Oc. cantans*, *Oc. communis*, i *Oc. rusticus* i poplavnih komaraca, npr. vrste *Ae. vexans* jasno pokazuje u kojoj je mjeri takvo ponašanje prilagođeno abiotičkim čimbenicima koji dolaze u vodama gdje se komarci legu.

Vode u kojima se razvijaju šumski komarci su vode u depresijama i jarcima. Ta područja su obično duži period poplavljena s relativno hladnom vodom. Mjesta za razvoj šumskih komaraca obično su potopljena od kasne jeseni pa sve dok se snijeg ne otopi. Razina vode obično doseže svoj vrhunac u rano proljeće. Pod normalnim uvjetima razina vode se polako i stalno smanjuje sve dok bazeni ponovno ne budu suhi. Ovi komarci odlično su prilagođeni na ovakve uvjete i njihova je diapauza odgovarajuća s obzirom na izlijeganje iz jaja. Nakon polaganja jaja, obično u rano ljetu, embriji većine ovih komaraca automatski ulaze u diapauzu. Oni su u potpunosti nesposobni za izlijeganje u ljetnim mjesecima. Tako izbjegavaju rizik za prerano izlijeganje tijekom suhog perioda ljeta. U središnjoj Europi, neke vrste komaraca poput *Oc. rusticus* i *Cs. morsitans*, spremne su za izlijeganje na početku zime tj. nakon kontinuiranog pada temperature tijekom jeseni. Diapauza većine ovih komaraca

(npr. *Oc. catans* i *Oc. communis*) biva prekinuta kada temperatura pada u jesen i kada nastupa hladni zimski period. S obzirom na to, ovi komarci su spremni za izlijeganje tijekom topljenja snijega i u proljeće sljedeće godine. Uz njihovu sposobnost da se izlegu u vrlo hladnoj i kisikom bogatoj vodi, ovaj čimbenik omogućava komarcima da budu spremni na izlijeganje u vrijeme kada su prisutni povoljni uvjeti vodostaja. Nakon izlijeganja, povremene vode u šumskim bazenima pružaju idealne uvjete za spori razvoj. U središnjoj Europi to se obično događa između kraja travnja i početka svibnja (Becker i sur., 2003).

Drugi oblik ponašanja koji također predstavlja sofisticirani oblik prilagodbe naziva se izlijeganje u ratama. Ovaj oblik ponašanja ovisi o oscilacijama vodostaja i protoku vode na mjestima za izlijeganje. Ovisno o vrsti i staništu komarci se mogu izlijegati tijekom zime, u rano proljeće, ljeto ili jesen. Iz velikog broja jaja, koja izleže jedna ženka pod određenim mikroklimatskim uvjetima, ne izlegu se sve ličinke u isto vrijeme, neka jaja se mogu izleći tek nakon nekoliko godina. To je neka vrsta osiguranja od poplavnih voda koje mogu vrlo brzo presušiti tj. prije nego ličinke završe svoj razvojni ciklus. Ukoliko se jedna serija ličinki ne uspije izleći u potpunosti i propadne, uvijek postoji određeni dio jaja koji čeka novu polavu. Stoga izlijeganje u ratama omogućuje poplavnim komarcima preživljavanje. Samo nekoliko jedinki iz svježe položenih jaja jedne ženke, spremno se izleći bez hladne faze, dok je nakon hladne faze spremnost na izlijeganje daleko veća. Ličinke koje se ne izlegu, imaju mogućnost opstanka najmanje 4 godine. Ukoliko se ne izlegu tijekom toga perioda, propadaju (Horsfall i sur., 1973). Osim njihove naslijedene varijabilnosti, uvjeti koje svako jaje proživi (na primjer, lokaciju jaja u ovariolama tijekom sazrijevanja, vrijeme ovipozicije, kao i različite mikroklimatske čimbenike na mjestima za polijeganje jaja) određuju da li će se ličinka izleći pod određenim uvjetima ili ne. Rezultat toga je izlijeganje ličinki „u ratama“ (Wilson i Horsfall, 1970; Becker, 1989). Ukoliko je uzorak tla koji sadrži jaja vrste *Ae. vexans* zadržao temperaturu od 25 °C nakon nekoliko plavljenja te uz suhe faze od četiri tjedna između svake poplave događa se slijedeće: nakon prve poplave 57 % od ukupnog broja ličinki se izleže, nakon druge

poplave 10 %, nakon treće 25 % i nakon četvrte 8 % ličinki (Becker, 1989). Ovakav obrazac ponašanja osigurava opstanak svih vrsta komaraca koje za razvoj koriste privremene vode.

2.4. Ličinke i kukuljice

Staništa ličinki i kukuljica komaraca

Početak životnog ciklusa svih vrsta komaraca odvija se u vodi. Kada se razviju, ličinke kao i kukuljice, nisu ravnomjerno raspoređene po površini vode. One se koncentriraju u područjima gdje im najviše odgovaraju ekološki uvjeti: temperatura, svjetlost, kvaliteta vode ili biraju mesta gdje će biti najzaštićenije od predatora. Ličinke se kroz vodu pokreću snažnim pokretima svoga zatka lijevo-desno. Na zadnjem, devetom kolutiću zatka, nalaze se peraje koje igraju značajnu ulogu prilikom plivanja.

Stanište i klima uvjetuju koje će vrste komaraca biti prisutne na određenom području. Zahtjevi ličinki mogu biti prilično specifični i uvelike variraju. Svako stanište ima specifične uvjete i svaka vrsta skloni je određenim uvjetima što znači da, ako znamo o kojem staništu se točno radi, možemo prepostaviti i koje su vrste u njima prisutne.

Staništa općenito možemo podijeliti na prirodna i umjetna. Pod pojmom prirodna staništa podrazumijevamo prolazne i stalne vode, dok pod pojmom umjetna staništa podrazumijevamo različite tipove staništa uglavnom nastale čovjekovom djelatnošću.

Prirodna staništa

Povremene vode – su one koje se određeno vremensko razdoblje zadržavaju na nekom području. Različita potopljena područja (od kiše ili izljevanja rijeka), maleni bazeni koji se stvaraju nakon topljenja snijega i depresije s vodom (bare) su staništa za razvoj različitih vrsta komaraca, čija jaja mogu izdržati sušni period, kao što su većina vrsta rodova *Aedes* i *Ochlerotatus*. Njihov životni ciklus je reguliran izmjenom mokrog i suhog razdoblja. Povremene vode tijekom vremena pokazuju promjenu kvalitete što rezultira pojavom

različitih vrsta komaraca tijekom tog perioda. Povremene vode su: inundacije (Slika 2.4.1), kanali (Slika 2.4.1), vode nakontopljenja snijega (Slika 2.4.3).



Slika 2.4.1. Inundacija povremena voda, leglo komaraca
(foto Goran Vignjević)



Slika 2.4.2. Kanali koji presušuju, povremena voda, leglo komaraca
(foto Enrich Merdić)



Slika 2.4.3. Povremene vode nakontopljenja snijega, leglo komaraca
(foto Mirta Sudarić Bogojević)

Stalne vode – prisutne su kontinuirano uz potporu karakteristične vodene vegetacije, kao što su trska, rogoz i šaš. Ove biljke su tipične vrste močvarne vegetacije. Većina vrsta rodova *Anopheles*, *Culex*, *Culiseta*, *Coquillettidia* i *Uranotaenia* razvijaju se u stalnim vodama. Jaja tih vrsta nisu otporna na isušivanje i moraju biti postavljena izravno na vodu. Kao i kod prolaznih voda, mijenja se kvaliteta vode, sezonska promjena vegetacije kao i prisutnih vrsta komaraca. Stalne vode su: močvare, kanali koji ne presušuju, bajeri i delte rijeka s bočatom vodom.



Slika 2.4.4. Močvara, stalna voda, leglo komaraca
(foto Goran Vignjević)



Slika 2.4.5. Bajer, stalna voda, rubni dio leglo komaraca
(foto Enrih Merdić)



Slika 2.4.6. Naplavina bočate vode, stalna voda, leglo komaraca
(foto Goran Vignjević)

Umjetna staništa

Umjetna staništa podrazumijevaju različite oblike i veličine posuda napravljenih ljudskom djelatnošću. Najčešća mala umjetna staništa su: bačve (Slika 2.4.7), gume i kade (Slika 2.4.8), vase, kameni bazeni (Slika 2.4.9), posude za cvijeće, limenke, te manji spremnici za vodu od različitih materijala. Umjetna staništa su i veći bazeni, podrumi i septičke jame. Ovakve tipove posuda možemo pronaći u svim gradskim, ali i prirodnim područjima. Osim za razvoj određenih vrsta komaraca, ovakvi tipovi staništa (npr. gume), omogućuju i transport određenih vrsta.



Slika 2.4.7. Bačve, umjetno stanište, leglo komaraca
(foto Enrih Merdić)



Slika 2.4.8. Kada i gume, umjetno stanište, leglo komaraca
(foto Nataša Turić)



Slika 2.4.9. Kameni bazen, umjetno stanište, leglo komaraca
(foto Enrih Merdić)

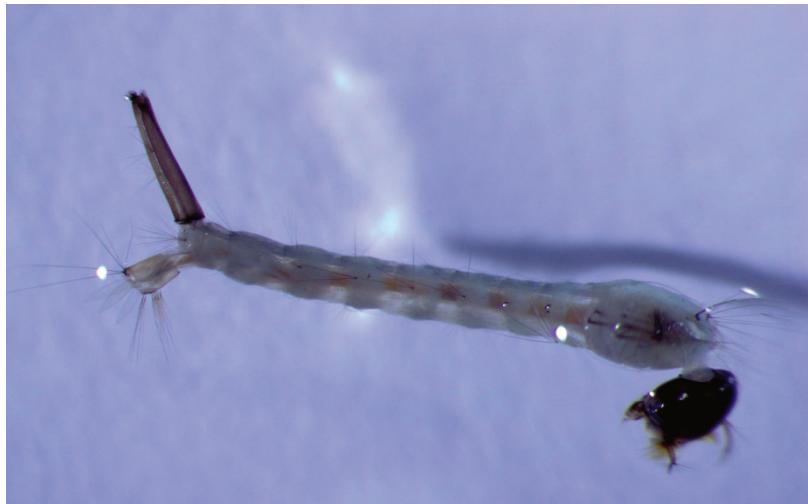
Ukupna dužina vremena koje komarac provodi u stadiju ličinke ovisi o vrsti komaraca i temperaturi vode. U većini slučajeva to je od 4 do 14 dana, a može biti i do 30 dana. Tijekom ljetnih mjeseci, svaki stadij razvoja ličinki traje oko jedan dan. Tijekom hladnijeg vremena period razvoja ličinki se produžuje, a niske temperature djelovati će vrlo nepovoljno na ličinke koje su se tek izlegle. Postoje velike razlike u optimalnim temperaturama za razvoj različitih vrsta komaraca. Na primjer, komarci koji obitavaju u vodama otopljenog snijega mogu dovršiti svoj razvoj na temperaturama nižim od 10 °C, dok su nesposobni uspješno se razvijati na temperaturama od oko 25 °C. U južnoj i srednjoj Europi takve vrste obično se izlegu tijekom veljače ili ožujka, a odrasli se pojavljuju dva do tri mjeseca kasnije. Ličinke onih vrsta koje prezimaju u stadiju ličinke, kao što su *Oc. rusticus* ili *Cs. morsitans* preživjet će u vodi koja je blizu smrzavanja, ali i u vodama koje su redovito obložene ledom (Becker i sur., 2003.). One se izlegu u jesen te hiberniraju u drugom i trećem stadiju ličinke. Tijekom zime njihov metabolizam se reducira i razvoj ličinki staje. Visok sadržaj otopljenog kisika u hladnoj vodi ili mjehurići kisika pod ledom omogućavaju ličinkama dovoljnu količinu kisika za opstanak. Međutim, tijekom jake zime stopa smrtnosti se može povećati.

Ličinke najznačajnijih vrsta u Republici Hrvatskoj

Ličinke i kukuljice vrste *Cx. pipiens* (rasprostranjene u svim područjima Republike Hrvatske) mogu se naći u svim vrstama prirodne ili umjetne, privremene ili trajne vode (Slika 2.4.10). Voda može biti svježa ili slankasta, čista ili kontaminirana, s ili bez vegetacije. Za ovu vrstu možemo reći da je u pogledu izbora vodenog staništa eurivalentna. Vrsta *Cx. pipiens* zabilježena je u Hrvatskoj u dvije forme: *C. pipiens pipiens* i *C. pipiens molestus*.

Većinu vremena ličinke provode nepomično na površini vode. Ličinke svih vrsta potporodice Culicinae imaju sifon, hitiniziranu cjevcicu na 8. kolutiću, kojom udišu atmosferski zrak. Na vrhu sifona nalaze se listićave strukture (spiraculum) kojima se ličinka zakvači za površinu vode i koristi površinsku napetost kako bi „visila“ na površini okrenuta glavom prema dolje. U tom položaju ličinka se hrani i diše. Ličinke forme *molestus* tolerantne su na veliko onečišćenje vode i uglavnom se nalaze u umjetnim staništima u

urbanom području. S druge strane ličinke forme *pipiens* žive u nezagaćenim staništima. One su dominantnije na velikim visinama i na otvorenim nezagaćenim leglima (Schaffner i sur., 2001a).



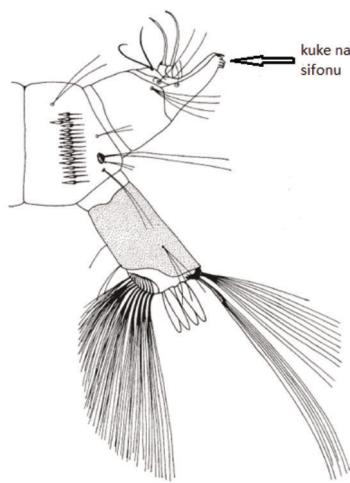
Slika 2.4.10. Ličinka vrste *Cx. pipiens* (foto Nataša Bušić)

Na našem području ličinke vrste *Cx. pipiens* se pojavljuju početkom travnja. Razvoj ličinki je spor i ovisan o temperaturi vode. Ličinke se uspješno razvijaju pri širokim rasponima temperature (10 °C do 30 °C), ali prve kukuljice ne možemo pronaći sve do kraja svibnja. Porast temperature stvara povoljnije uvjete za ovipoziciju i razvoj ličinki postaje obilniji, pri čemu svoj maksimum doseže u ljeto. Brojnost ličinki je nešto manja od listopada do studenog. *Cx. p. pipiens* ima obaveznu zimsku diapauzu, dok se biotip *molestus* reproducira tijekom cijele godine. Svi razvojni stadiji ovog biotipa mogu se naći u različitim staništima i zimi, obično u podrumima.

Kod roda *Coquillettidia* ličinke i kukuljice, trajno žive ispod površine vode. Ove jedinke kisik dobivaju probijajući korijenje ili stabljike potopljene biljke sa svojim promijenjenim sifonom (kod ličinki) ili respiratornim tvorbama (kod kukuljice). Kod ličinki sifon na svom kraju sadrži kuke (Slika 2.4.11) i tvorevinu poput pile sa zubićima pomoću koje se probija biljno tkivo. Ove ličinke imaju sesilni način života, s glavom okrenutom prema dolje. Ovakav način života ličinki

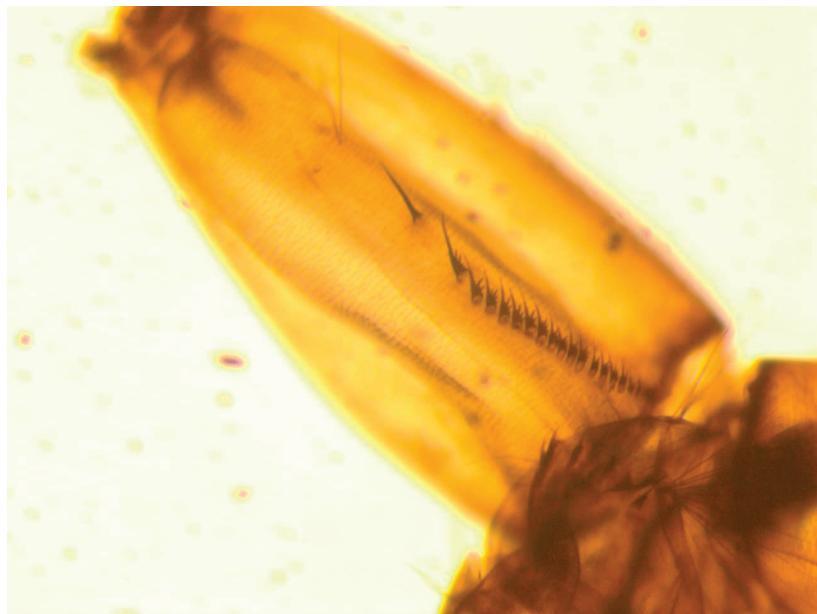
ima svoje prednosti, ali i nedostatke. Prednost ovakvog života je smanjen rizik od grabežljivaca (ribe ih teško uočavaju), a nedostatak je dostatnost hrane što nadoknađuju životom u vodi bogatoj organskom tvari i suspendiranim mikroorganizama (Schaffner i sur., 2001a). Ličinke ponekad mogu promijeniti položaj dok kukuljice uvijek ostaju na istom mjestu, fiksirane za biljku. Kukuljice se odvajaju od biljke samo nekoliko sati prije pojave odrasle jedinice.

Vrsta *Cq. richiardii* može imati 2 - 3 generacije u južnim područjima (Schaffner i sur., 2001a). Ličinke se razvijaju vrlo sporo. Između ovipozicije i izljetanja odraslih jedinki prolazi oko godinu dana. Hibernacija se odvija isključivo u fazi ličinke. Kukuljice se mogu pronaći u kratkom periodu između svibnja i srpnja. Ličinke i kukuljice ove vrste uglavnom se razvijaju u stalnim stajaćim vodama što podrazumijeva jezera i bare, močvare, treset ili jezerca obrasla submerznim makrofitama ili helofitama vrste iz rodova *Acorus*, *Carex*, *Glyceria*, *Nymphaea*, *Phragmites*, *Ranunculus*, *Sparganium* i *Typha*. Ličinke i kukuljice žive prikačene na vegetaciju na dubini od 30 cm do 1 m i više (Slika 2.4.11). Ličinke vrste *Cq. richiardii*, koje obično prezimljuju u trećem ili četvrtom stadiju, nisu osjetljive na duge periode zamrzavanja jer žive konstantno uronjene u vodu.



Slika 2.4.11. Stražnji dio ličinke vrste *Cq. richiardii* s označenom kukom za pričvršćivanje za podvodnu stabljiku biljke (preuzeto iz Gutsevich i sur. 1974)

Ličinke roda *Aedes*, kao i ličinke roda *Culex*, također imaju sifon koji probija površinski sloj vode i otvara se u zrak, tako da je ličinka okrenuta glavom prema dolje. Ličinke vrste *Ae. vexans* izliježu se iz jaja u proljeće (Slika 2.4.12). Ova je vrsta kozmopolit tj. rasprostranjena gotovo u cijelom svijetu. Ličinke se mogu razvijati u gotovo svim prolaznim vodama, ali ipak najveća legla susrećemo nakon plavljenja inundacija. To su područja uz rijeke između nasipa i korita rijeke koja se pune vodom kada vodostaj raste i voda je prisutna od nekoliko dana do nekoliko tjedana nakon poplave. Broj generacija ovisi o broju poplava u sezoni. Vrsta se najčešće javlja u svježe poplavljеним prostorima tj. travnatim bazenima koje graniče sa šumovitim područjima, u manjim baricama u šumi, u jarcima na cesti, ali i proljetnim bazenima na otvorenom polju.



Slika 2.4.12. Zubići pektena kod ličinki vrste *Ae. vexans*
(foto Goran Vignjević)

Ae. vexans je ljetna vrsta. Kada temperatura vode prijeđe 9 °C, ličinke se počinju razvijati. Ipak, optimalna temperatura vode za razvoj je 30 °C. Na toj temperaturi od izlijeganja ličinki do pojave odraslih jedinki potrebno je oko tjedan dana, dok je na temperaturi od 15 °C

potrebno oko tri tjedna. Nakon završetka embriogeneze, koja može trajati od 4 do 8 dana tj. oko 1 tjedan na 20 °C, ne izlegu se sve ličinke nakon plavljenja (izlijeganje u ratama). Stopa izlijeganja je posebno visoka kod visokih temperatura vode i nakon završetka diapauze, koja traje od rujna do početka ožujka iduće godine (Becker i sur., 2003). Ukoliko dođe do izostanka plavljenja tijekom ljeta jedne ili više godina, položena jaja će preživjeti i nekoliko godina. Ovo je eudominatna vrsta i po brojnosti na području istočne Hrvatske se jako izdvaja.



Slika 2.4.13. Osmi abdominalni kolutić ličinke *Ae. albopictus*, zubići češlja morfološka oznaka za lako prepoznavanje vrste (foto Goran Vignjević)

Jedna od najistraživanijih vrsta roda *Aedes* uopće, je *Ae. albopictus* (Slika 2.4.13). Jedinke ove vrste koriste razna umjetna legla kao što su korištene automobiliške gume, vase, limenke, staklene boce, kanalizacijski šahtovi ili drugi mali kontejneri, što omogućava lakšu kolonizaciju novih područja. U prirodi na Mediteranu je zabilježeno izlijeganje najviše pet generacija godišnje. Generacije se međusobno preklapaju zbog kašnjenja pri leženju jaja i heterogenosti površina za

izlijeganje (Schaffner i sur., 2001a). Jaja su otporna na hladnoću i isušivanje te su položena iznad površine vode na tamne i grube podlove. Porast razine vode potaknut će izlijeganje ličinki. Razvoj ličinki ovisan je o temperaturi i količini hranjivih tvari u vodi. U laboratorijskim uvjetima pri temperaturi od 25 °C, s optimalnim količinama hrane, stadij ličinke traje od 5 do 10 dana, a stadij kukuljice traje obično 2 dana. Niske temperature usporavaju vrijeme razvoja (Schaffner i sur., 2001a).

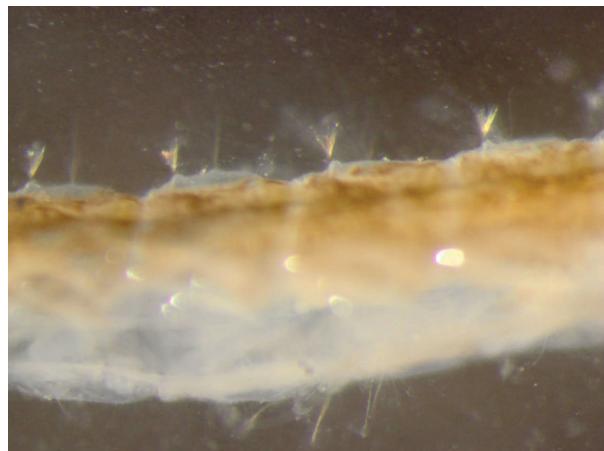
Ličinke roda *Ochlerotatus* također su orijentirane s glavom prema dolje, dok sifon probija površinski sloj vode i zakači se za površinu. Ličinke su na prvi pogled vrlo slične ličinkama roda *Aedes*.

Oc. caspius je policiklična, halofilna vrsta (Slika 2.4.14). Ova vrsta prezimljuje u stadiju jaja i čeka najpovoljnije uvjete za izlijeganje. Prvo izlijeganje iz jaja ovisi o geografskoj širini i obično se odvija od ožujka do svibnja. Budući da su jaja položena iznad razine vode, mogu se izleći samo ako ih voda potopi. Ličinke se obično razviju u močvarama, lagunama, bazenima, odvodnim kanalima i vrlo su tolerantne na različite stupnjeve saliniteta vode u rasponu od svježe do brakičaste. Budući da se ličinke mogu razvijati u vrlo maloj količini vode (privremene vode), stopa razvoja je vrlo brza. Od stadija ličinke do stadija odraslog komarca najčešće prolazi manje od tjedan dana, pod uvjetom da su hrana i temperatura optimalni. Vrsta *Oc. caspius* se može naći zajedno s ličinkama vrsta *Cx. pipiens*, *An. maculipennis* i *Cs. annulata*. Ovisno o uvjetima koje bilježimo na staništu, ova vrsta može imati i samo jednu generaciju godišnje. Najčešća slatkvodna staništa su doline rijeka, gdje se ličinke mogu razvijati u velikom broju na poplavljениm područjima (Becker i sur., 2003).



Slika 2.4.14. Ličinke vrste *Oc. caspius* (preuzeto s streamline.imgix.net)

Jedino ličinke vrsta iz roda *Anopheles* nemaju respiratori sifon, nego im se otvor za disanje (stigmalni otvor) nalazi na leđnoj strani osmog kolutića zatka. Ličinke ovoga roda imaju specijalizirane čekinje tzv. palmaste čekinje koje se nalaze na kolutićima zatka. Ovim čekinjama ličinke ze zakače na površinu vode tijekom hranjenja (Slika 2.4.15), te je položaj tijela paralelan s površinom vode ledjima okrenutim prema gore, a glavom okrenutom prema dolje. Ličinka ima mogućnost rotacije glave u jednu i u drugu stranu za 180° , što joj omogućuje pristup ustima prema površini i filtriranje hranjivih tvari.



Slika 2.4.15. Palmaste čekinje kod ličinki roda *Anopheles* (foto Goran Vignjević)

Ličinke se javljaju na različitim staništima, ali većina vrsta radije obitava u čistim vodama. Ličinke vrsta iz roda *Anopheles* pronađene su u svježim ili slanim vodama, močvarama, travnatim terenima, uz rubove potoka i rijeka te u umjetnim bazenima. Određene vrste biraju staništa s vegetacijom na osvijetljenim mjestima, dok druge vrste pronalazimo u staništima sa ili bez vegetacije u zasjenjenim šumskim leglima. Neke vrste imaju leglo u rupama u stablima (dendrotele). Ličinke se često mogu naći u vodama s visokim sadržajem organske tvari zajedno s ličinkama vrste *Cx. pipiens*.

U Europi je zabilježeno 14 vrsta roda *Anopheles*. Neke vrste kao što su *An. claviger* i *An. plumbeus* hiberniraju kao ličinke u bazenima ili rupama u stablima. Hibernacija se obično odvija u trećem ili četvrtom stadiju ličinke u vodama koje se ne zamrzavaju. Od polaganja jaja do pojave odraslih jedinki, uz optimalnu temperaturu, potrebno je minimalno 7 dana. Četvrti stadij ličinke veličine je od 5 do 8 mm.

Ličinke vrste *An. messeae* obično se nalaze u hladnim svježim stajaćim vodama s velikom količinom potopljene vegetacije. Mogu se pronaći na većim površinama uz rubove rijeka i jezera, u močvarama, naplavnim ravnicama i jezerima.

Ishrana ličinki

Stadij ličinke podrazumijeva fazu aktivnog hrانjenja, tj. stalnog hrانjenja budуći da rast zahtijeva veliku količinu energije i hrane. Ličinke se hrane raspadnutom organskom tvari u vodi, algama, planktonom, gljivicama, bakterijama i drugim mikroorganizmima.

Ličinke komaraca mogu uzimati hanu na tri načina: filtriranjem, usitnjavanjem i predatorstvom.

Filtriranje - podrazumijeva skupljanje čestica hrane koje su suspendirane u vodi (uglavnom ličinke rodova *Culex*, *Coquillettidia*, *Culiseta*, ali do neke mjere *Aedes* i *Ochlerotatus*). Ličinke koje se hrane na ovakav način obično filtriraju vodu ispod same površine udarajući svojim četkama koje se nalaze na glavi (bočne četke nepca) prema peroralnoj šupljini. To stvara struju vode koja nosi čestice hrane prema ustima. Ličinke se mogu pokretati vrlo polako (gore dolje) u vodenom stupcu ili biti potpuno mirne prilikom hrانjenja filtriranjem. Ličinke komaraca obično nisu selektivne, a veličina pojedenih čestica obično je manja od 50 µm (Silver, 2008.).

Usitnjavanje - većina ličinki rodova *Aedes* i *Ochlerotatus* prikupljaju hrani resuspenzijom, struganjem ili usitnjavanjem čestica, alga, protozoa s površine vode ili potopljenih podloga pomoću usnog aparata. Ličinke roda *Anopheles* hrane se usitnjavanjem biofilma

mikroorganizama s površine vode. Prilikom hranjenja, ličinka okreće glavu za 180° i stvara struju vode vrtnjom četaka na glavi kako bi prikupila što više hrane s površine. Sitni dijelovi mrtvih beskralježnjaka i biljaka (lišće) također mogu biti usitnjeni pomoću usnog aparata.

Predatorstvo - pojedine ličinke komaraca hrane se ličinkama drugih komaraca s kojima dijele svoje stanište. Ovaj oblik ishrane zabilježen je samo kod ličinki roda *Toxorhynchites*, koje ne žive u Europi.

Kukuljice

Kukuljice komarca također žive u vodi i za razliku od kukuljica drugih skupina vrlo su pokretljive. Determinaciju kukuljica do vrste nije moguće utvrditi na osnovi vanjskog izgleda jer su kukuljice komaraca vrlo slične. Faza kukuljice traje od 1 do 4 dana, najčešće oko dva dana, a isključivo ovisi o temperaturi vode. Tijekom faze kukuljice odvija se proces preobrazbe. Masnoće iz tijela ličinke prenose se u stadij odraslog komarca i koriste se kao izvor energije za kasnije faze života.

Karakteristično je da su glava i prsa kukuljice stopljeni u prednji dio kukuljice koji nosi dvije respiratorne tvorbe (trube) koje omogućuju disanje (Slika 2.4.16). Stražnji dio kukuljice ili abdomen završava s dva vesla te je savinut pod prednjim dijelom. Stražnji dio je slobodan i pokretan te pomoću njega kukuljica energično pliva.



Slika 2.4.16. Kukuljica komarca (preuzeto s Reddit.com)

Kada se odmaraju kukuljice vise nepomično na površini vode te su s vrhom respiratornih tvorbi u kontaktu s površinom vode. Hidrofobni rub trube viri kroz površinu vode i tako kukuljica uzima atmosferski zrak. Mjehurići zraka između privjesaka cefalotoraksa omogućuju kukuljici plutanje na površini vode, gdje ih najčešće nalazimo. Kukuljice komaraca se kreću naglim pomicanjem zatka, a obično reagiraju na svjetlosne promjene. Na taj način se mogu zaštитiti od opasnosti, a kada opasnost prođe ponovno se vraćaju na površinu vode. Kada ih se uznemiri, one zaranjaju u vodu izravnavajući svoj trbuh i šireći vesla, zatim brzo savijaju abdomen kako bi zadržale postojeći oblik. Za razliku od ličinki koje aktivno plivaju nazad na površinu vode, kukuljice komaraca pasivno lebde natrag na površinu nakon ronjenja (Clements, 1992a).

Kukuljice većine komaraca su relativno tolerantne na isušivanje. Može doći i do izljetanja odraslih komaraca, čak i ako je kukuljica nasukana i kada su legla gotovo isušena. Mužjaci komaraca prvi prelaze iz stadija kukuljice u stadij odraslog komarca.

2.4.1. Studija slučaja - Burad kao leglo komaraca u Osijeku

Cilj ovih istraživanja bio je zabilježiti što je moguće više malih legala. To su zapravo 200 litarska burad u kojoj ljudi čuvaju vodu. Bure može biti puno vode, ali dovoljno je i svega desetak litara vode (ono na dnu) da bure bude aktivno leglo. U najvećem broju slučajeva vodu u burad sipaju ljudi iz raznih izvora (donošenjem s bajera, iz bunara ili pak dovoze vodu od kuće). Manji broj buradi prepušten je sam sebi i punjenju iz prirode (kiša).

Kada se u buradima voda zadrži više od tjedan dana, stvaraju se idealni uvjeti za razvoj ličinki, a potom i odraslih komaraca. Kumulativni učinak za posljedicu može imati nesnosne najezde komaraca na manjim prostorima.

Metoda je bila vrlo jednostavna, trebali smo obići sve vrtove u pojedinom dijelu grada te zabilježiti: prvo prisutnost buradi; drugo prisutnost vode u buradi; treće prisutnost buradi s vodom u kojima su ličinke komaraca (Service, 1976). Zabilježeni podatci su uneseni u

karte, a potom se izračunao prosječan broj aktivnih buradi u pojedinom kvartu.

Istraživanje je obavljeno tijekom srpnja 2003. godine.

Pregledani su sljedeći dijelovi grada: Donji grad, Jug II – uz bajere; Industrijska četvrt – u okolini bajera u Kupskoj ulici; Gornji grad – uz Našički bayer prema ulici Sv. L. Mandića; Retfala - vrtovi prema Pampasu i Tvrđavica.

Budući da se burad uglavnom nalazi u privatnim vrtovima i u ograđenom prostoru, velika većina buradi su ostala izvan istraživanja. U ograđenim vrtovima ljudi skupljaju kišnicu za zalijevanje vrtova.

Vrlo često smo pronašli na pojedinim postajama da na jednom mjestu bude nekoliko buradi, a na Jugu II smo na jednom mjestu pronašli čak 10.

U desetak dana istraživanja zabilježeno je 1143 buradi od kojih je u 475 bilo ličinki komaraca (Tablica 2.4.1.1).

Tablica 2.4.1.1. Broj buradi na istraživanom području grada Osijeka

evidentiranih	s vodom	s ličinkama
1143	711	475
100 %	62.2 %	41.6 %

Broj buradi koji se nalazi u gore navedenoj tablici odnosi se samo na istraživano područje, a procjenjujemo da je precizno evidentiran broj buradi na oko 50 % gradskog područja. Iz tablice se vidi da je oko 60 % buradi ispunjeno vodom, a posebno treba naglasiti da je 2003. bila izuzetno sušna godina. Ostalih oko 40 % su burad u kojima nije zabilježena voda, ali oni predstavljaju potencijalna legla, bilo da se napune obilnjom kišom ili da ih napune vlasnici za potrebe

zalijevanja vrtova. U oko 40 % buradi zabilježene su ličinke, međutim ako se pogleda broj buradi s vodom, onda je taj postotak znatno viši i iznosi oko 70 % (ili svako treće bure s vodom nije leglo komaraca).

U tablici 2.4.1.2. vidljiv je odnos aktivnih i potencijalnih malih legala u gore navedenim dijelovima grada. Najviše aktivnih legala pronađeno je na Jugu II, područje uz bajere (Slika 2.4.1.1), što je i bilo za očekivati jer je gotovo svaki slobodan travnat prostor na tom području pretvoren u vrtove. Velika koncentracija buradi zabilježena je i u Retfali, dok je najmanje pronađeno u Gornjem gradu i Tvrđavici.

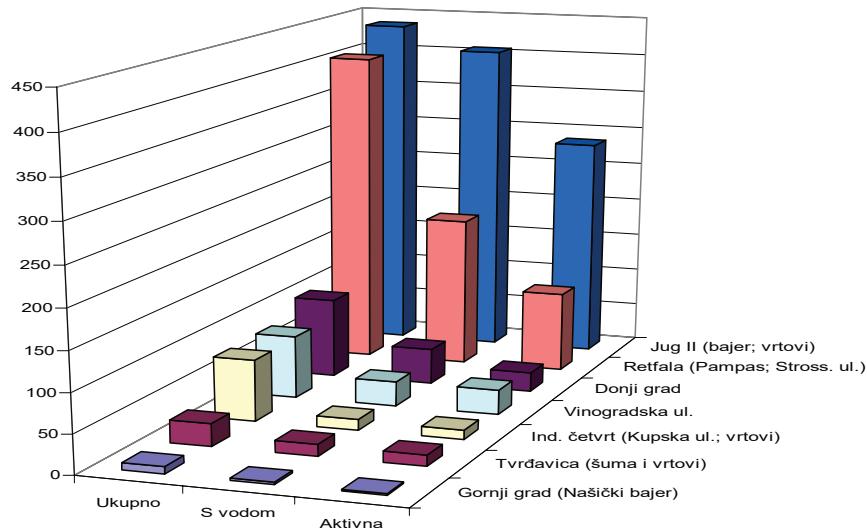
Tablica 2.4.1.2. Broj buradi, buradi s vodom i ličinkama komaraca u pojedinim dijelovima grada Osijeka

postaja	ukupno	s vodom	aktivna
Gornji grad (Našički bajer)	9	3	2
Tvrđavica (šuma i vrtovi)	29	15	14
Ind. četvrt (Kupska ulica, vrtovi)	79	14	12
Vinogradska ulica	81	32	32
Donji grad	103	46	25
Retfala (Pampas, Strossmayerova ulica)	406	195	104
Jug II (bajer, vrtovi)	436	406	286
UKUPNO	1143	711	475



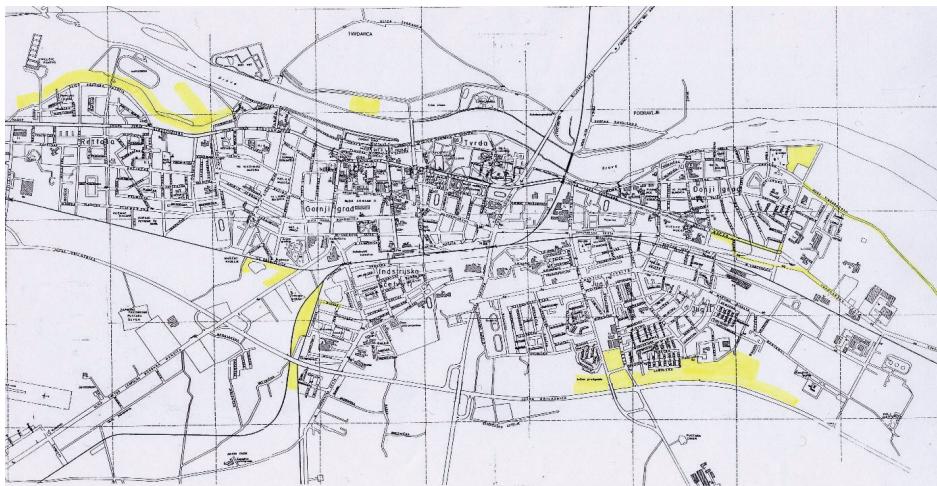
Slika 2.4.1.1. Burad u kojima se čuva voda za polijevanje vrtova u osječkom naselju Jug II nedaleko od bajera (foto Enrih Merdić)

Na slici 2.4.1.2. prikazan je broj buradi prema rastućoj vrijednosti i odnos aktivnih i potencijalnih legala.



Slika 2.4.1.2. Omjer aktivnih i potencijalnih malih legala na području grada Osijeka u 2003. godini.

Mjesta na kojima smo pronašli burad rubni su dijelovi grada, a na slici 2.4.1.3. je prikazana karta Osijeka s označenim zonama s najviše buradi.



Slika 2.4.1.3. Karta Osijeka: žuto su označena područja u kojima je zabilježena burad

Tijekom istraživanja detaljno su obrađena tri bureta i izračunat je potencijal jednog bureta tijekom dva ljetna mjeseca, a on iznosi za područje grada Osijeka, maksimalno 8 generacija, jer su svakih tjedan dana utvrđene ličinke prvog stadija.

Vrlo je teško napraviti izračun broja komaraca koji se mogu izlijeći u jednom buretu tijekom jedne sezone. U buretu uvijek nalazimo sve razvojne stadije komaraca: jaja, ličinke od 1 do 4 stadija i kukuljice. Zbog toga je teško govoriti o generacijama komaraca kada je izlijeganje zapravo kontinuirano. Gravidne ženke sporadično pronalaze burad i polažu jaja. Nerijetko smo znali pronaći i desetak nakupina jaja u jednom buretu. Na osnovi tog broja ćemo aproksimirati ukupan broj komaraca iz jednog bureta. Neka je prosječan broj jaja u jednoj splavi 250, deset splavi čini brojku od 2500 jedinki u jednoj generaciji. Broj generacija ovisi o mnogočemu, ali uzet ćemo prosjek, a to je 8 generacija što ukupno donosi 20.000

komaraca iz jednog bureta tijekom sezone! Ukoliko Vam se bure nalazi nedaleko od prozora, to je jako puno.

2.5. Odrasli komarci

Posljednja faza metamorfoze je završena kada zrak ulazi između kutikule kukuljice i budućeg imaga i ulazi u crijevo. Kukuljica isteže zadak u vodoravni položaj i puni ga zrakom koji stvara dodatni tlak i dolazi do pucanja cefalotoraksa. Nova odrasla jedinka polako izlazi van. Netom izlijеžena odrasla jedinka se jako trudi da ne padne u vodu dok su noge još uvijek u exuviji (hitinski ostatak kukuljice). U ovoj fazi je jedinka izrazito osjetljiva na jake vjetrove i predatore kao što su vodeni pauci i pauci. Poslije izlijeganja odrasla jedinka povećava tlak hemolimfe, što uzrokuje širenje nogu i krila. Odmah zatim jedinka prazni crijevo tako da izbacuje kapljicu tekućine. U nekoliko minuta jedinka je spremna za let kada se mekana kutikula sklerotizira (očvrsne). Potrebno je oko jedan do jedan i pol dan da se cijeli metabolizma prilagodi novim uvjetima (Gillett, 1983).

Postoji razlika u seksualnom sazrijevanju između mužjaka i ženke i vremenu njihovog izlijeganja. Mužjaci nisu spolno zreli u trenutku izlijeganja. Oni trebaju zarotirati svoj hipopigijum (spolni organ) za 180° da bi bili spremni za parenje. To okretanje traje oko jedan dan. Zbog toga se mužjaci prvi legu da dosegnu spolnu zrelost u isto vrijeme kada i ženke. Budući da je trajanje stadija kukuljice jednak za oba spola, skraćivanje razvoja odvija se u stadiju ličinke i to je razlog zašto su mužjaci obično manji od ženki. Nakon izlijeganja odrasli komarci su spremni da nastave životni ciklus: parenje, hranjenje i ovipozicija.

Parenje

Parenje većine vrsta paleaktičkih komaraca započinje ulijetanjem ženki u roj mužjaka. Roj se može sastojati od svega nekoliko mužjaka pa sve do nekoliko milijuna. Obično se roj formira iznad nekog markera u vrijeme slabe iluminacije svjetlosti tj. u sumrak i zoru.

Markeri su obično izbočena mjesta koja su u kontrastu u odnosu na okolinu. Markeri su obično grmovi ili niže drveće. Kada se roje mužjaci su okrenuti prema vjetru i lete naprijed – nazad i gore – dole u odnosu na marker. Ovakav let ima specifičan oblik i često se naziva plesni let. Zvuk koji mužjaci proizvode mahanjem krila ima frekvenciju oko 600 Hz, dok je frekvencija ženki niža oko 500 - 550 Hz. Peraste antene mužjaka su izuzetno osjetljive na zvuk koji proizvode ženke. Bić antene počinje vibrirati i stimulirati Johnsonov organ koji se nalazi na drugom segmentu antene (pedicel). U ovom procesu sparivanja vjerojatno značajnu ulogu igraju i feromoni.

Kada ženka uđe u roj, nju će odmah ugrabiti mužjak. Obično mužjak i ženka kopuliraju licem u lice dok lete izvan roja. Parenje zahtjeva kompleksno stapanje spolnih organa. Spajanje spolnih organa (kopulacija) traje manje od pola minute i za to vrijeme mužjak odloži spermije u bursa copulatrix ženke, spermiji nakon toga ulaze u spermateke (paketici spermija). Mužjaci iz posebnih žlijezda ispuštaju tvar zvanu matronae, koja poslije kopulacije čini ženku neprivlačniju za nove kopulacije za cijeli njen život. Ženke spreme dovoljnu količinu spermija u speramteke da bi oplodile nekoliko serija jaja bez novih kopulacija. Za razliku od ženki, mužjaci se mogu pariti više puta.

Vrijeme i lokacija rojenja je specifična za svaku vrstu. Rojenje nije neophodno za sve vrste tako da se neke vrste spajaju bez rojenja. Obično se kopulacija događa odmah nakon izlijeganja. Nakon kopulacije ženke traže svoj krvni obrok, značajna faza u životu komaraca.

Širenje i traženje domaćina

Kod većine komaraca oogeneza se može odvijati ako ženka uzme krvni obrok. Zbog toga su ženke razvile kompleksno ponašanje da lociraju potencijalnog domaćina. Primarno, lociranje domaćina temelji se na mirisnim, vizualnim i temperaturnim stimulusima. Ženke imaju mnogobrojne receptore na antenama koje prihvataju te mirise. Glavni olfaktorni (mirisni) stimulusi su ugljični dioksid, mliječna kiselina, aceton, butanon, i razni fenoli. Proces traženja

domaćina može se razlikovati od vrste do vrste, a ovisi o sezoni i raspoloživosti domaćina.

Taj proces je podijeljen u tri faze (Sutcliffe 1987):

- 1) Besciljno raspršenje koje povećava vjerojatnost da će ženka doći u kontakt sa stimulusima dobivenim od potencijalnog domaćina u kojem se značajno udaljuje od legla (migratori let).
- 2) Orijentiran let kada se locira domaćin koji proizlazi iz kontakta s domaćinskim podražajima. Jačina podražaja se povećava kako se komarac približava domaćinu, odnosno leti prema gradijentu koncentracije stimulusa (konzumatorni let).
- 3) Kratak, direktni let, kada se nađe u neposrednoj blizini (apetitivni let).

Opseg besciljnog raspršenja razlikuje se od vrste do vrste. Može se podijeliti na:

- a) vrste koje se legu i odmaraju blizu svojih domaćina i ne lete na velike udaljenosti (većina vrsta koje se legu u malim leglima npr. *Cx. p. pipiens*)
- b) vrste koje se legu i odmaraju dalje od mjesta svojih domaćina (šumski komarci npr. *Oc. cantans* i poplavni komarci npr. *Ae. vexans*).

Na let komaraca utječe temperatura, relativna vlažnost zraka, količina svjetlosti, jačina vjetra i fiziološko stanje ženke. Većina vrsta rodova *Aedes* i *Ochlerotatus* migriraju u sumrak kada pada temperatura i povećava se relativna vlažnost. Oni su obično aktivniji za vrijeme noći s punim mjesecom. Vrste koje prevaliju veće udaljenosti pokazuju dva obrasca besciljnog raspršenja (Provost 1953), nošeni vjetrom (pasivna migracija) i aktivno raspršenje.

Za vrijeme pasivne migracije komarci polijeću u rojevima i koriste vjetar za prevaljivanje većih udaljenosti pa se tako mogu iznenada pojaviti u većem broju daleko od svojih legala. Ovako neorijentirani let je izravno pod utjecajem brzine i smjera vjetra i navodi se prema

orientirima. Pasivna migracija u rojevima događa se samo u kratkom vremenu nakon izlijeganja (Bidlingmayer 1985).

Ženke kreću u apetitivni let obično 24 sata nakon izlijeganja. One lete protiv vjetra ako je brzina vjetra manja od 1m/s. Let protiv vjetra povećava vjerojatnost da će naići na podražaje koje prave domaćini. Međutim, jak vjetar onemoguće aktivno širenje. Ovo ponašanje je specifično za svaku vrstu i ovisi o različitim karakteristikama terena i meteorološkim čimbenicima. Na učinak raspršenja jako utječe mikroklimatski uvjeti koji su pod utjecajem vegetacije koja može povećati relativnu vlažnost i reducirati vjetar. Zbog toga ženke lete blizu tla ili neznatno iznad vegetacije. U skladu s mikroklimatskim zahtjevima postoje četiri grupe komaraca (1) neke vrste lete na otvorenom prostoru, obično dobri letači; (2) neke vrste lete u šumama, srednje dobri letači; (3) grupa vrsta leti uz rubove polja i šuma; (4) grupa vrsta su obično loši letači koji žive u urbanom prostoru (Gillies 1972; Bidlingmayer 1975).

Eksperimenti pokazuju da *Ae. vexans* migrira oko 1 km/noć za vrijeme toplih i vlažnih noći i umjerenom brzinom vjetra (Becker i sur 2003). Prema nekim starijim istraživanjima ženke ove vrste su zabilježene 22 odnosno 48 km udaljeni od legla (Clarke, 1943; Mohrig 1969). Za razliku od poplavnih komaraca, šumski komarci ostaju blizu svojih legala i ne migriraju na velike udaljenosti. Te udaljenosti se kreću kod vrste *Oc. communis* oko 1600 m. Vrste iz kompleksa *Cx. pipiens* i *Ae. albopictus* su vrlo slabi letači i uglavnom ne lete dalje od 100 m od legla.

Hranjenje

Komarci imaju usnu organizaciju za bodenje i sisanje. Iako se mužjaci hrane biljnim sokovima koji su izvor ugljikohidrata imaju istu usnu organizaciju. Ženke s tom usnom organizacijom buše kožu domaćina da bi dobole krvni obrok za razvoj jaja (Magnarelli 1979; Clements 1992b). Usna organizacija formira rilo (proboscis). Ono se sastoji od donje usne (labium) u koju su uloženi ostali izduženi dijelovi: labro-epifarinks, hipoharinks, par gornjih čeljusti (maxille) i par donjih čeljusti (mandibule). Ovaj snop izduženih dijelova čvrsto je složen u

donjoj usni. Donja čeljust je oštra na kraju i koristi se za probijanje kože i ulaska ostalih dijelova usne organizacije u kožu. Gornja čeljust ima šiljast vrh i zakriviljene zubiće na vrhu. Ovo predstavlja glavni penetrativni element koji ulazi u tkivo. Labro-epifarinks (kanal za hranu) i hipofarinks (kanal za slinu) zajedno ulaze u tkivo. Ulazak snopa organa (osim donje usne) u tkivo može poboljšati pomicanje glave ženke. Četiri mišića pomicaju svaku gornju čeljust te tako ulaze u tkivo (Clements 1992a). Nakon što ženke slete na domaćina, pretražuju kožu svojim labelama (izbočina na kraju rila koja ima mnogo osjetila) u potrazi za kapilarom. Debljina i temperatura kože su najvjerojatnije stimulus za ženku, budući da je temperatura kože povezana s brojem krvnih žila u koži. Osjetila na ventralnoj strani labele i na distalnom dijelu donje usne mogu osjetiti povoljno mjesto za ubod na koži. Ženka traži poru na koži gdje gura proboscis i uspješno probode kožu u najtanjem dijelu i ženka započinje hranjenje. Donja usna ne ulazi u kožu, nego se savija. Pumpe koje omogućuju sisanje krvi su cibarialna i klipealna. Za ženke je vrlo važno da krv ostane u tekućem obliku. Da bi spriječila koagulaciju, ženka ubrizguje slinu u domaćina koja sadrži antikoagulante slične kao što izlučuju pijavice. Ubrizgavanje sline u tkivo domaćina obično stimulira imunološki sistem domaćina te uzrokuje upalnu reakciju na mjestu uboda. Ova rana često izaziva iritaciju i češanje domaćina i može izazvati bakterijsku infekciju. Količina krvi koju ženka može isisati je ogromna u odnosu na težinu same jedinke. Ženka komarca može isisati krvi više od tri puta svoje srednje težine (Nayar i Sauerman, 1975). Veći komarci poput *Oc. cantans* mogu popiti više od 6 μl krvi, a manje vrste npr. *Ae. cinereus* samo 3,7 μl . Krv, a naročito proteini iz krvi su neophodni za proizvodnju jaja kod anautogenih vrsta. Samo nekoliko autogenih vrsta kao npr. *Cx. p. pipiens* biotip *molestus* mogu proizvesti prva jaja bez krvnog obroka. Ukoliko se razvijaju u eutrofnim leglima gdje ličinke mogu razviti masno tkivo zbog velike količine nutrienata u vodi, fekunditet je vrlo visok, ali i dalje niži u slučaju da se ženka nahrani krvljom. Debelo (masno) tijelo očito je dovoljno da završi razvoj jaja bez krvnog obroka. Krvni obrok se koristi više za proizvodnju jaja, a manje kao izvor energije. Oba spola trebaju biljne sokove kao izvor energije za

let. Šećeri iz biljka kao npr. cvjetni nektar, oštećeno voće i med su glavni izvor energije za vrijeme odraslog stadija oba spola (Briegel i Kaiser, 1973).

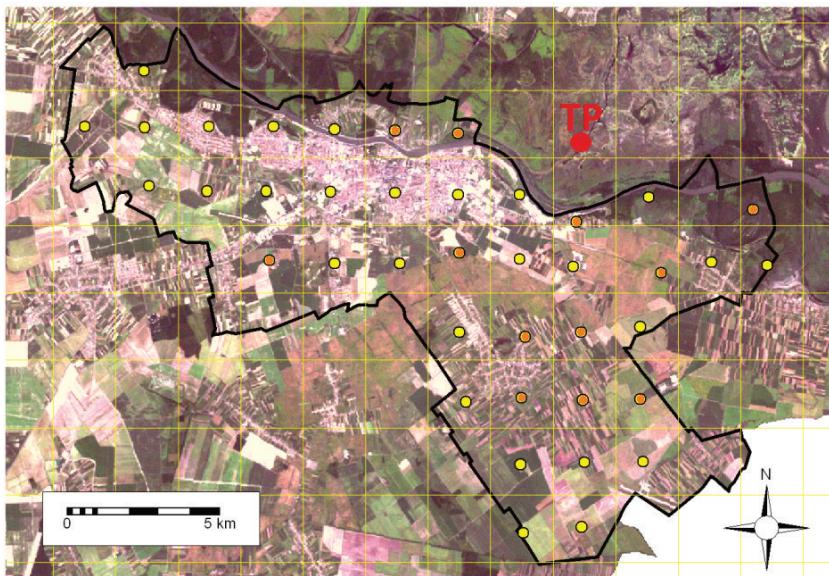
Komarci se razlikuju u hranjenju i odmoru. Vrste koje se uglavnom hrane u zatvorenom prostoru zovemo endofagne vrste, a one koje se uglavnom hrane u vanjskom prostoru egzofagne. Ženke koje se odmaraju u vanjskom prostoru nazivamo eksofilne, a one koje to čine u unutarnjem prostoru endofilne. Ornitofilne vrste su one čije ženke preferiraju konzumaciju ptičje krvi. Zoofilne se hrane na životinjama, a često se koriti termin antropofilne vrste koji označava komarce koji preferiraju čovječju krv.

2.5.1. Studija slučaja - Let komaraca iz Kopačkog rita

Da bi dokazali da komarci iz Kopačkog rita lete u Osijek i kojom brzinom to čine, napravili smo istraživanje da bi to dokazali (Sudarić Bogojević, 2005).

Istraživanje je obavljeno metodom uhvati-markiraj-pusti-ponovo uhvati. Ukupno 50.000 odraslih komaraca vrsta *Ae. vexans*, *Oc. sticticus* i *Oc. caspius* markirano je praškastim fluorescentnim pigmentom i pušteno iz južnog dijela Kopačkog rita 27. travnja 2004. Ponovo hvatanje komaraca organizirano je na 40 lokacija koje su postavljene u mrežu s razmakom od oko 2 km. Uzorkovanje je obavljeno CDC klopkama uz suhi led kao atraktant na 177,3 km² i neprekidno su radile od 29. travnja do 9. svibnja 2004. Lokacije uzorkovanja postavljene su od 1 km do 16,7 km od mjesta ispuštanja uglavnom na gradskom području. Uzorkovano je 582.471 komarac i svi su pregledani u laboratoriju pod ultraljubičastom osvjetljenju da bi se vidjeli markirani komarci. Najveći broj komaraca uhvaćen je u istočnom dijelu grada. Najveća brojnost komaraca zabilježena je na gotovo svim postajama između 6. i 8. dana uzorkovanja, tj. između 4. i 6. svibnja. Markirani komarci pronađeni su na 12 mjesta na udaljenosti od 1 km do 11,7 km od mjesta ispuštanja (Slika 2.5.1.1). Stopa ponovnog uzorkovanja obilježenih komaraca bila je 0,044 % (54 % *Oc. sticticus*, 32 % *Ae. vexans* i 14 % *Oc. caspius*), od kojih je 95 % bilo ulovljeno u prvih sedam dana. Najveća udaljenost ponovno

uhvaćenog komaraca (*Oc. sticticus*) zabilježena je na 11,68 km od mjesto ispuštanja. Tijekom istraživanja prosječna brzina širenja komaraca po danu kretala se od 0,95 km do 3,6 km. Prosječna brzina širenja po vrstama je bila: *Oc. sticticus* 2.6 km, *Ae. vexans* 0.95 km (0.14 – 2.57 km/dan) i a tri markirane jedinke *Oc. caspius* su zabilježene na dvije postaje na udaljenosti od 4.4 km, i 8.01 km od točke puštanja (prosječno 3.6 km/dan).



Slika 2.5.1.1. Lokacije za uzorkovanja komaraca u Osijeku za istraživanje leta komaraca (u pozadini "Landsat TM 7" – pankromatska snimka iz kolovoza 1999.).
Legenda: TP – točka puštanja komaraca, žuti krugovi postavljane CDC klopke, narančasti krugovi CDC klopke na kojima su uzorkovani markirani komarci.

2.6. Predatori komaraca

Komarci, kao i sve životinje, predstavljaju karike u hranidbenim lancima. Oni sami u stadiju ličinke jedu sitnije organizme, ali isto tako, veći organizmi njih jedu. Činjenica je ta da komarci za života žive u dva medija, vodi i zraku, i kao takvi pripadaju različitim hranidbenim lancima. Dok su u vodi, hrane se sitnijim organizmima (bakterije, praživotinje), ali su oni sami dobra hrana za veće životinje (kukci, ribe, vodozemci). Kada prelaze u zračni medij, oni postaju paraziti (hrane se krvlju), a oni sami nisu jako zanimljivi drugim životnjama kao hrana. Ali ipak ima životinja koje se hrane odraslim komarcima. Budući da predatori smanjuju broj plijena, ta činjenica je iskorištena za smanjivanje brojnosti komaraca, što predstavlja biološku kontrolu komaraca. U 19. stoljeću prvi puta se uočavaju pojedine vrste organizama (vretenca), kao korisni predatori sa svrhom smanjivanja brojnosti. Krajem 1964. godine Jenkins je napravio popis više od 1500 parazita, patogena i predatora koji su važni za biološku kontrolu komaraca (Boca, 2005).

Predatori ličinki komaraca su mnogo učinkovitiji nego predatori odraslih jedinki. U pravilu, ličinke i kukuljice komaraca pronalazimo koncentrirane u skupinama pa su tako vrlo lako dostupne predatorima. Odrasle jedinke široko su rasprostranjene u zraku, i samim tim manje dostupne predatorima. Odrasli komarci izbjegavaju većinu predadora uglavnom noćnim načinom života. Predatori također mogu biti izuzetno učinkoviti, ukoliko imaju visok stupanj reprodukcije i visok stupanj prehranjivanja, kao ribe.

KRALJEŽNJACI

Ribe (Osteichthyes)

Najpoznatiji predator komaraca je slatkovodna riba u narodu poznate pod nazivom gambuzija. Zapravo se radi o dvije slične vrste – *Gambusia affinis* (western mosquito fish) koja je autohtona u zapadnim i središnjim državama SAD-a i *Gambusia holbrookii* (eastern mosquito fish) autohtona je u istočnim državama SAD-a. Osim

gambuzije, poznata je i vrsta gupi, *Poecilia reticulata*, koja obitava na području Južne Amerike, a također je predator komaraca.

Ove vrste riba su izvrsni predatori jer su im usta okrenuta prema gore, a donja čeljust im strši, što im omogućuje gutanje velikog broja ličinki koje se nalaze na površini vode. Ostale biološke karakteristike ovih viviparnih riba su: visoka stopa reprodukcije, visoka tolerancija na oscilacije temperature, organsko zagađenje i salinitet, te mala dužina tijela od 3 do 6 cm, ovisno o spolu. Gambuzija može preživjeti temperature vode ispod 13 °C, čak i u područjima s kraćim periodima smrzavanja, dok je *P. reticulata* isključivo vezana za područja sa suptropskom i tropskom klimom. Gambuzije se vrlo brzo prilagođavaju na skoro svaku vrstu staništa diljem svijeta. Žive između raslinja u malim grupama u vodi koja može biti i bočata, a na našem području poznate su jer su se koristile u eradikaciji malarije tj učinkovito jedu komarce iz roda *Anopheles*.

Zbog svoje učinkovitosti u konzumirajući ličinki komaraca malaričara i drugih kukaca, radi sprječavanja pojave komaraca, čovjek je raširio ove vrste diljem svijeta. Još rane 1937. Hackett je govorio o važnosti *G. affinis* u kontroli malarije u Europi. Gambuzija je uzgajana u posebnim pokrajinama SAD-a kako bi se koristila u kontroli komaraca. U Kaliforniji je bila izuzetno uspješna u rižnim poljima. Izvrsne rezultate u kontroli ličinki *Cx. tarsalis* u rižnim poljima dalo je uvođenje oko 500 ženki gambuzija po ha.

Općenito, ove ribice su najučinkovitije u vodama gdje je vegetacija manje gustoće i gdje su ličinke komaraca pristupačnije. Prije nego što se otkrio *Bti*, korištenje riba u kontroli komaraca bila je jedna od najuspješnijih bioloških metoda kontrole komaraca.

Zbog svog agresivnog i predatorskog ponašanja utjecale su na populaciju malih ribica (Service, 1983). Hraneći se jajima vodozemaca, utjecale su i na njihovu brojnost. Agresivnim ponašanjem i velikim apetitom smanjivale su biološku raznolikost biocenoza u koje su unesene. Čak su joj nadjenuli ime *Damnbusia* (vražja gambuzija).

U istraživanjima u Njemačkoj utvrđeno je da ribe koje inače obitavaju u prirodnom staništu doprinose smanjenju broja jedinki komaraca (Becker, i sur., 2003). U kontroliranim uvjetima ponuđene su ličinke vrste *Ae. vexans*, pri temperaturi od oko 22 °C za jedan sat, šaran, *Cyprinus carpio* pojede 302 jedinke, karas, *Carassius carassius* – 238 jedinki, linjak *Tinca tinca* – 185 jedinke, *Gasterosteus aculeatus* – 178, neverika *Abramis brama* – 148 jedinki, itd. Među navedenim najproždrljivija je vrsta *C. carassius* koja pojede više od 1000 jedinki komaraca tijekom 12 sati.

Vodozemci (Amphibia)

Odrasle jedinke vodenjaka i njihove ličinke važni su predatori ranih stadija ličinki komaraca. Vrste *Triturus cristatus* i *Triturus vulgaris* rado konzumiraju ličinke komaraca. Dva tjedna stare ličinke vodenjaka pojedu oko 15 ličinki komaraca trećeg stadija vrste *Cx. pipiens*, dok 5 - 10 tjedana stare ličinke vodenjaka uhvate i do 100 ličinki četvrtog stadija tijekom dana. Količina hrane koju koriste ove dvije vrste je u prosjeku jednak.

Tijekom 2015. godine provedeno je istraživanje kajim se utvrdilo ima li prisutnost vodozemaca značajan utjecaj na populaciju komaraca. Istraženo je utječe li prisutnost vrste žutotočkastog daždevnjaka *Ambystoma maculatum* i zelene žabe *Lithobates clamitans* na stopu polaganja jaja komaraca te utječe li veličina vodozemaca na stopu konzumacije. Utvrđeno je da vrsta *A. maculatum* konzumira ličinke komaraca u mnogo većoj mjeri nego *L. clamitans*. Ličinke daždevnjaka ne doprinose smanjenju gustoće populacije komaraca u staništima gdje komarci dominiraju, kao npr. u proljetnim bazenima. Vrsta *L. clamitans* također konzumira ličinke komaraca, ali u znatno nižoj stopi. Iako su stope predatorstva različite između ličinki daždevnjaka i žabe, ličinke obje navedene vrste mogu imati značajan utjecaj na preživljavanje ličinki komaraca i stoga mogu igrati važnu ulogu u regulaciji gustoće populacije komaraca u proljetnim vodama (Kageman, 2015.)

Za razliku od vodenjaka, pojedine vrste žaba pokazale su se kao puno slabiji predatori komaraca. Tijekom trogodišnjeg istraživanja rijeke Rajne, vrste žaba kao što su *Rana arvalis*, *Rana temporaria*, *Rana dalmatina*, *Rana esculenta* s.l., *Hyla arborea*, *Bufo bufo* i *Pelobates fuscus*, su podvrgnute ispiranju želuca. Većina pojedenog plijena se sastojala od *Coleoptera*, *Collembola*, *Gastropoda*, *Araneae*, *Formicidae*, i *Isopoda*, a samo 0,1 % plijena otpadal je na odrasle jedinke vrste *Ae. vexans*. Jedina vrsta koja je poznata kao konzument komaraca je vrsta žuti mukač *Bombina variegata* (Becker i sur., 2003).

Ptice (Aves)

Samo nekoliko vrsta ptica hrani se komarcima. Njima komarci služe kao jedan od izvora hrane, stoga se one ne smatraju primarnim predatorima. Ptice mijenjaju svoju ishranu kada se na određenom području pojavi velika količina ličinki komaraca.

Divlja patka *Anas platyrhynchos* hrani se neprestanim filtriranjem vode na područjima gdje se nalaze velike količine ličinki vrste *Ae. vexans*. Neke ptice konzumiraju ličinke komaraca u svakodnevnoj ishrani. Neke vrste, poput lastavica i ptica pjevica također se hrane ličinkama, a ponekad čak i ovise o njima u određenom dijelu godine. Čiopa (*Apus apus*) također se hrani komarcima iako je količina pojedenih ličinki tijekom dana još uvijek nepoznata.

Postoje dva razloga zašto uloga ptica kao predatora nije od velike važnosti. Prvo, faza aktivnosti ptica i komaraca se ne preklapa. Ptice uglavnom traže hranu tijekom dana, dok se većina komaraca odmara na okolnom bilju. Kada započinje aktivnost komaraca, a to je u sumrak, ptice kreću na odmor. Poplavni komarci pojavljuju se vrlo neujednačeno i to najčešće nakon poplave, tako da oni nisu raspoloživi kao konstantan izvor hrane. Iz tih razloga kukci poput Chironomidae su pouzdaniji izvor hrane za ptice. Oni se razvijaju uglavnom u vodama koje su stalno prisutne na nekom području i prisutne su cijele godine. Tijekom analize hrane iz utrobe piljka *Delichon urbica* od ukupno 6761 kukca, samo 6 odraslih jedinki bili su komarci.

Sisavci (Mamalia)

Među sisavcima komarcima se hrane šišmiši. Za razliku od ptica koje hrana traže isključivo tijekom dana, šišmiši su noćni lovci. Aktivnost šišmiša i komaraca se međusobno preklapaju. Iz tog razloga su šišmiši potencijalni predatori komaraca. Tijekom istraživanja procijenjeno je da jedan šišmiš može pojesti od 600 do 1000 jedinki komaraca tijekom jednog sata. Ne postoje vrste šišmiša koje se hrane isključivo komarcima, s obzirom da su komarci vrlo mali izvor energije. Podatci o sastavu kukaca kojim se hrane šišmiši dobiveni su iz njihova izmeta. Šišmiši uglavnom love kukce koji lete. Ekološka istraživanja dvije vrste šišmiša *Myotis daubentonii* i *Pipistrellus nathusii* u sjeverozapadnoj Njemačkoj pokazuju da komarci nisu osnovni izvor hrane za te vrste (manje od 10 %). Većina šišmiša lovi isključivo kukce koji se pojavljuju u velikom broju.

BESKRALJEŽNJACI

Beskralježnjaci su poznati kao izvrsni predatori ličinki komaraca. Njihova uloga kao konzumenata je neosporna, iako se vrlo rijetko koriste u kontroli komaraca zbog izrazito skupog načina uzgoja i održavanja. Na područjima gdje dominiraju grabežljivci ovog tipa, ličinke komaraca se ne mogu razviti u velikom broju.

Hidre (Hydra)

Tijekom istraživanja dokazano je da polipi hidre mogu pojести u prosjeku od 6 do 21 ličinku komaraca na dan. Polipi doprinose znatnoj redukciji broja komaraca u vodama. S obzirom na korisne učonke tijekom istraživanja, proučavanje je obavljeno na vrsti *Chlorohydra viridissima*.

Virnjaci (Turbellaria)

Virnjaci su jedna od najistraživanih skupina predatora komaraca (Legner, 1991, Legner, 1995). Vrste *Mesostoma californicum* i *Mesostoma cflingua* su se pokazale učinkovitim grabežljivcima ličinki komaraca (Kolasa i sur, 1985). U laboratorijskim uvjetima jedinke pojedu u prosjeku 67 ličinki komaraca tijekom svoga razvoja. Vrste roda *Mesostoma* izlučuju sluz koja im pomaže u hvatanju ličinki. Kada se ličinka komarca zalijepi za mukozni sekret, postaje vrlo živahna i

nastoji pobjeći. Virnjak se tada približi svom plijenu, smota ga, (kao da ga guši) i usisa u svoje ždrijelo.

U središnjoj Europi, vrsta *Bothromesostoma* sp. pojavljuje se u velikom broju u barama, kanalima i lokvama, gdje može u jako reducirati jedinke vrste *Ae. vexans* (Becker, 1984). Oni su vrlo učinkoviti prirodni neprijatelji ukoliko se hrane isključivo ličinkama komaraca. Virnjaci mogu preživjeti i sušni dio godine u obliku jaja koja su izuzetno otporna na suhoću. Njihovo izlijeganje počinje tijekom ljetnog dijela godine kada počinju i poplave. Tijekom visokih ljetnih temperatura potrebno je oko tjedan dana da se jedinka virnjaka u potpunosti razvije do dužine od 7 mm, tj. do reproduktivne faze kada može producirati oko 20 jaja (Becker i sur, 2003).

Puževi (Gastropoda)

Smatra se da puževi konzumiraju uglavnom biljnu hranu i detritus i da nisu predatori komaraca. Ipak se vrsta poput *Lymnaea* (*Galba*) *palustris* pokazala kao grabežljivac kada su u pitanju komarci i to kako u laboratorijskim uvjetima tako i u prirodi. Njihova važnost u smanjivanju brojnosti populacije je izuzetno mala.

Pauci (Arachnida)

Pauci su poznati kao prirodni neprijatelji odraslih jedinki komaraca. Najčešće ih love preko dana kada se komarci odmaraju na vegetaciji i tijekom hibernacije u podrumima. Neke vrste su se specijalizirale za lov vodenih organizama ili organizama koji žive na površini vode. Porodice poput Pisauridae i Lycosidae love na površini vode pa tako hvataju i ličinke komaraca, kukuljice i komarce koji tek izlaze iz kukuljice. Njihova uloga kao predatorka je također vrlo mala. Jedan od najpoznatijih predatorka komaraca je vodenici pauk *Argyroneta aquatica* koji živi i u Hrvatskoj. Ova vrlo zanimljiva vrsta gradi mrežu ispod vode i na taj način lovi kukce. Tijekom eksperimenata provedenih u akvarijskim uvjetima dokazano je da ova vrsta pojede maksimalno 29 ličinki četvrtog stadija tijekom dana. U vodama stajačicama ova vrsta može učiniti značajnu redukciju komaraca.

Raci (Crustacea)

Linčinka škampa vrste *Triops cancriformis* predator je ličinki komaraca. Jaja škampa mogu preživjeti duži sušni period, čak i do nekoliko godina, čekajući poplavu. U Kaliforniji su pokušali kontrolirati vrste rodova *Aedes* i *Ochlerotatus* s vrstom *T. longicaudatus*. Smatra se da su rašljoticalci važni predatori ličinki komaraca u rižnim poljima. Prilikom laboratorijskih istraživanja *Megacyclops viridus* i *Acanthocyclops vernalis* konzumiraju u prosjeku 1 - 2 ličinke prvog i drugog stadija, vrste *Ae. vexans* tijekom dana. S obzirom da su izuzetno mali, najčešće se hrane ličinkama prvog i drugog stadija. Dokazano je da vrsta poput *Mesocyclops aspericornis*, može reducirati čak i do 90 % jedinki vrsta *Ae. aegypti* i *Ae. polynesiensis* u Aziji.

Kukci (Insecta)

Vretenca (Odonata)

Najpoznatiji kukci koji se hrane komarcima su vretenca. I ličinke i odrasle jedinke vretenaca značajni su predatori i u velikoj mjeri imaju tendenciju hranjenja najobilnijim raspoloživim plijenom. U rižnim poljima Japana zabilježeno je čak 208 ličinki vretenaca po m^2 (Mogi, 1978). Ovi kukci hvataju plijen u nevjerojatno visokom postotku pokušaja (Baird i sur, 1997; Combes i sur, 2003.) Razvoj ličinki vretenaca je izuzetno dug stoga je isključivo vezan za vode stajačice.

Upotrebotom prirodne metode kontrole komaraca pomoću vretenaca kao predatara koristeći Pascal distribuciju, moguće je značajno smanjiti populaciju komaraca za manje od osamdeset dana (Faithpraise i sur. 2014). Ličinke vrste *Aeshna cyanea* su izrazito proždrljive. Mogu pojesti i do 100 ličinki komaraca dnevno, u prosjeku oko 30 ličinki na dan (Kögel, 1984.). Ličinke podreda Zygoptera kao npr. *Coenagrion puella* su manje učinkovite. One pojedu u prosjeku 10 ličinki trećeg stadija tijekom dana. Istraživanja provedena u simuliranim prirodnim uvjetima u laboratoriju da predatori ličinke odonata *Ceriagrion coromandelianum* i *Brachydiplax chalybea* nad ličinkama II i IV stadija vrste *Cx. quinquefasciatus* mogu olakšati konzervaciju i biološku kontrolu istovremeno, u pogodnim stanišnim uvjetima (Saha, 2012).

Uglavnom sva provedena istraživanja ukazuju da ličinke vretenaca mogu biti dobar izvor biološke kontrole za upravljanje komarcima u ličinačkom stadiju (Akram, 2016).

Raznokrilci - stjenice (Heteroptera)

Glavni predstavnici vodenih kukaca *Hydrocorisa* i *Amphiocorisa* su izuzetno proždrljivi kada su u pitanju komarci. Različite porodice pokazuju značajnu razliku prilikom načina i količine pojedene hrane. Istraživanja su se provodila na različitim vrstama Heteroptera, a prosječna količina hrane koju pojedu odnosila se na vrstu komaraca *Ae. vexans*.

Porodica Corixidae jedna je od najzastupljenijih u središnjoj Europi. Njoj pripada vrsta *Sigara striata* koja pojede 2 - 3 ličinke *Ae. vexans* ranog stadija tijekom dana. Vrsta *Corixa punctata* veličine 1cm, pojede 45 ličinki tijekom dana, dok vrsta *Cymatia coleoptrata* (6 mm) – pojede i do 47 ličinki ranog stadija.

Porodica Naucoridae također je jedna od zastupljenijih u Europi. Vrsta *Ilyocoris cimicoides* je izrazito proždrljiva. U odrasлом stadiju u prosjeku pojede više od 20 ličinki na dan, dok u stadiju ličinke pojede oko 35 ličinki *Ae. vexans* na dan. Porodici Nepidae, pripada vrsta *Nepa cinerea* koja tijekom dana pojede 10 - 18 ličinki četvrtog stadija. Ona nastanjuje plitke i stajaće vode i jedan je od važnijih predatora. Sljedeća izuzetno proždrljiva porodica Notonectidae nastanjuje trajne i povremene vode. Dnevni prosjek pojedenih ličinki trećeg stadija iznosi oko 25 jedinki i to kod vrste *Notonecta glauca*. Izuzetno zanimljiva porodica je Pleidae u koju pripada *Plea minutissima*. Ova vrsta je vrlo mali predator veličine 2 - 3 mm, koji pojede oko 20 ličinki komaraca tijekom dana, što je izuzetno mnogo s obzirom na njegovu veličinu. Porodice Gerridae i Hydrometridae žive na površini vode u velikom broju. Hrane se isključivo kukcima koji padnu na površinu vode ili iz nje izrone. Vrsta *Gerris lacustris* grabi ličinke direktno iz vode, dok *Hydrometra stagnorum* povlači i ličinke i kukuljice iz vode.

Kornjaši (Coleoptera)

Vodeni kukci su izuzetno dobri predatori komaraca baš zbog svoje raznolikosti i proždrljivosti. Njihova sposobnost reprodukcije i prilagodbe načinu života uz vodu povećava njihovo značenje u smislu iskorištavanja komaraca kao hrane. Različite porodice vodenih kukaca pokazuju različite sposobnosti kao predatori komaraca.

Porodici Dytiscidae pripadaju vrste *Dytiscus marginalis* i *D. circumflexus* čije se ličinke hrane punoglavcima, manjim ribama, ali i komarcima. One pojedu preko 100 ličinki četvrtog stadija komaraca *Ae. vexans* na dan. Odrasle jedinke vrsta *Rhantus consputus* i *R. pulverosus* uhvate oko 40 ličinki trećeg i četvrtog stadija tijekom dana u laboratorijskim uvjetima. Dok plivaju ovi kukci svojim prednjim nogama hvataju plijen. Ličinke pronalazimo u područjima gdje obitavaju rodovi *Aedes* i *Ochlerotatus*, a one pojedu od 4 do 6 ličinki komaraca tijekom dana.

Vrlo male vrste kao npr. *Guignotus pusillus* (oko 2 mm dužine) također pridonose redukciji ličinki komaraca prvog stadija.

Porodici Gyrinidae pripadaju vrste koje su izuzetno proždrljive kada su u pitanju ličinke komaraca roda *Anopheles*. Smatra se da odrasle jedinke porodice Spercheidae nisu isključivo mesožderi, dok njihove ličinke jesu. One se hrane se s 13 ličinki trećeg i četvrtog stadija vrste *Ae. vexans*. Odrasle jedinke porodice Hydrophilidae su poznati biljojeni. Ličinke vrste *Helochares obscurus* hrane se komarcima i uhvate 14 ličinki tijekom dana. Vrsta *Hydrophilus piceus* pojede maksimalno 67 ličinki (u prosjeku oko 30 ličinki četvrtog stadija pa danu). Kada uoče ličinku na površini vode, brzo ju grabe svojim razvijenim čeljustima

Tulari (Trichoptera)

Važnost ličinki vodenih moljaca kao predatora komaraca ističe se u mnogim radovima. Oni su najvažniji predatori komaraca koji se pojavljuju u vodama nakon topljenja snijega i to u močvarnim (poplavnim) šumama. Ličinke vrsta *Phryganea* sp. i *Limnephilus* sp.

često su primijećene kako hvataju ličinke komaraca u otopljenom snijegu.

Dvokrilci (Diptera)

Komarci također mogu biti predatori. Jedan od značajnih rodova je rod *Toxorhynchites*. Iako se ne pojavljuje u Europi, treba ga spomenuti jer su ličinke izuzetno proždrljive i važne u kontroli komaraca vektora različitih bolesti (Gutsevich i sur., 1974).

Ličinke vrste *Mochlonyx culiciformis* se pojavljuju u Europi i pridonose stvarnom smanjenju ličinki komaraca. U laboratorijskim uvjetima četvrti stadij ličinki *M. culiciformis* uhvati u prosjeku 8 ličinki prvog stadija ili jednu ličinku četvrtog stadija (Becker i Ludwig, 1983). Ličinke ove vrste su uglavnom predatori ličinki komaraca koji obitavaju u vodama nakon topljenja snijega. Pojedine vrste iz porodica Dolichopodidae, Empididae, Ceratopogonidae i Muscidae mogu biti predatori odraslih jedinki komaraca.

2.6.1. Studija slučaja: Predatorski potencijal kornjaša vrste *Laccophilus poecilus*

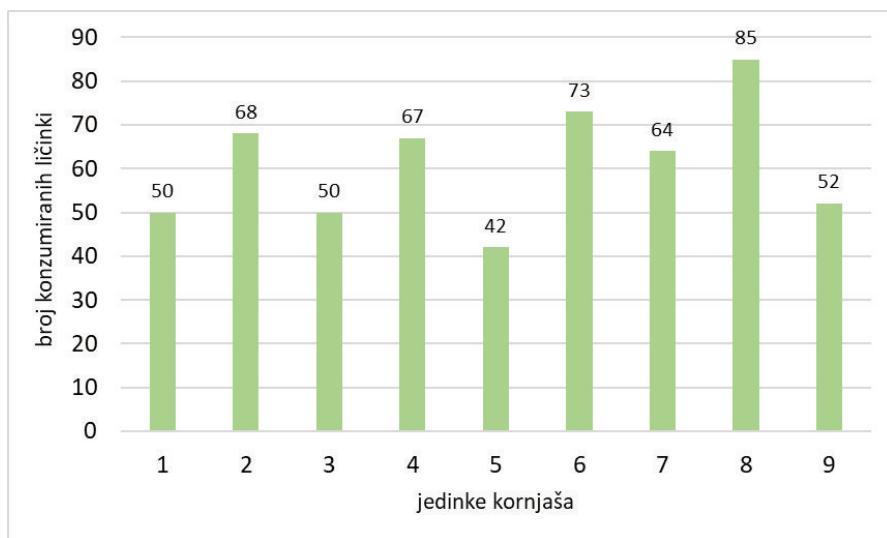
Kornjaša vrste *Laccophilus poecilus*, ubrajamo u porodicu Dytiscidae (kozaci), koja predstavlja najraznovrsniju porodicu vodenih kukaca podreda Adephaga. Vrsta *L. poecilus* je vrlo dobro prilagođena životu u vodi. Prednja krila su transformirana u čvrsta, nepromočiva krila-elitre, koje štite tanka zadnja krila i abdomen. Noge su dobro prilagođene za plivanje, a glava je sužena u obliku surlice. Sklona je plitkim rukavcima s mnoštvom vegetacije i toplom vodom. Vrsta je raširena po cijelom Palearktiku. Odrasle jedinke žive od lipnja do ožujka, narastu između 3,4 - 4,0 mm i izraziti su predatori (Csabai, 2000). Ličinke se hrane na način da u plijen ubrizgaju probavne sokove i pojedu ostatke, a odrasle jedinke love pomoću usnog aparata. Hrane se raznim malim beskralježnjacima, a vrlo često su im plijen i ličinke komaraca.

Za ovaj eksperiment je uhvaćeno je 9 jedinki kornjaša vrste *L. poecilus*, koje su stavljene u zasebne bazene, napunjene s 15 l vode s uzorkovnog lokaliteta. Na konstantnoj temperaturi od 24 °C hranjeni su kroz 6 dana ličinkama 4. stadija komaraca vrste *Cx.*

pipiens, i to tako da je svaki dan bazen s kornjašima nadopunjen ličinkama komaraca. Na početku dana broj komaraca uvijek je bio 120. Svaki dan u svakom bazenu je provjeravana temperatura vode u bazenim i utvrđen broj konzumiranih ličinki komaraca. Jedinke kornjaša nisu bile hranjene 24 sata prije eksperimenta.

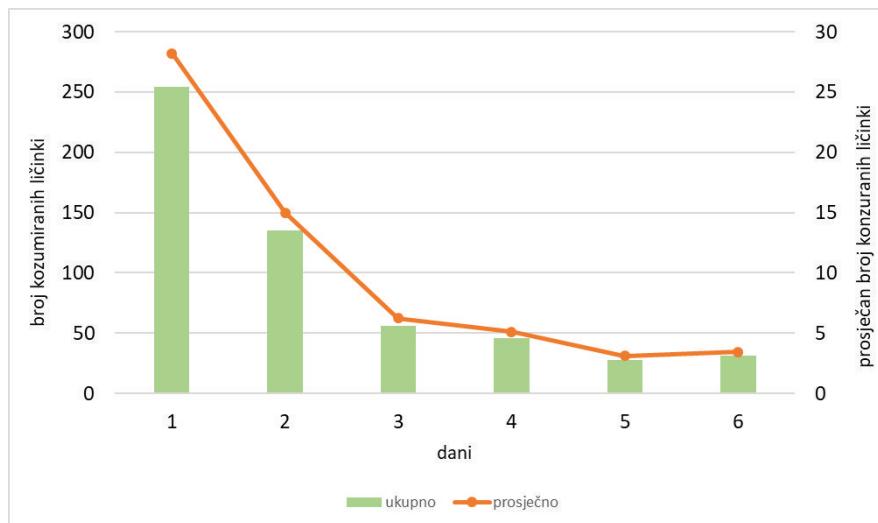
Rezultati

Za 6 dana eksperimenta, svi kornjaši zajedno su konzumirali 550 ličinki komaraca. Svaka jedinka kornjaša je, kroz 6 dana, u prosjeku konzumirala 10,17 ličinki komaraca. Kako se približavao zadnji dan pokusa, tako se je i broj konzumiranih ličinki komaraca smanjivao. Ukupan broj pojedenih ličinki komaraca po bazenim prikazan je na slici 2.6.1.1. Najmanje jedinki pojedeno je u bazenu pet (42), a najviše u bazenu osam (85). U prvom danu eksperimenta nakon gladovanja, najviše ličinki komaraca je konzumirao kornjaš u 8. bazenu (42 ličinke), a najmanje kornjaš u bazenu 7 (16 ličinki).



Slika 2.6.1.1. Usporedba količine konzumiranih ličinki komaraca pa bazenim kroz sve dane eksperimenta

Nakon analize kornjaša iz svakog pojedinog bazena, napravljena je usporedna analiza svakog dana eksperimenta. U prvom danu eksperimenta, konzumirano je najviše ličinki a najmanje u petom danu eksperimenta (Slika 2.6.1.2.).



Slika 2.6.1.2. Ukupna i prosječna konzumacija ličinki komaraca po danima eksperimenta

Određivanje predatorskog potencijala

Prilagođavanjem teorijskih funkcija rezultatima, najbolji rezultati su dobiveni postavljanjem u četveroparametarsku logističku funkciju. U tablici 2.6.1.1. su prikazane vrijednosti sva četiri parametra za sve bazene, kao i za skupnu srednju vrijednost. Parametar d je interpretiran kao maksimalna vrijednost predacije, a parameter c kao asymptota koja označava predatorski potencijal. Iz rezultata je vidljivo da je predatorski potencijal kornjaša *L. poecilus* tri ličinke po danu.

Tablica 2.6.1.1. Koeficijenti logističke funkcije po bazenima i za skupnu prilagođenu funkciju

Broj bazena	Koeficijenti logističke funkcije			
	b	c	d	e
1	21.053	4.25	28.001	1.7
2	4.459	4.506	34.765	1.674
3	1.8474	0.9608	223.1744	0.3429
4	2.235	4.6269	51.02	0.9682
5	2.3708	1.7084	822.8222	0.2292
6	3.539	4.379	35.41	1.804
7	26.194	3.664	22	2.9
8	7.436	2.837	42.127	2.161
9	5.686	2.191	23.258	2.23
Skupna funkcija	4.209	3.223	29.96	1.886

Zaključci

Na osnovi dobivenih rezultata i statističke obrade, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- devet kornjaša u 6 dana eksperimenta pojeli su 550 ličinki komaraca, prosječno 10,17 ličinki po danu
- najveći broj ličinki koje je jedan kornjaš konzumirao u jednom danu je 42m
- za cijelokupno vrijeme trajanja pokusa najviše je konzumirao kornjaš iz bazena br. 8 (85 ličinke), a najmanje kornjaš iz bazena br. 5 (43 ličinke).
- u svim bzenima, najveći broj ličinki komaraca je konzumiran u prvom danu eksperimenta, svakim idućim danom eksperimenta broj konzumiranih ličinki komaraca se pravilno smanjivao
- potencijal kornjaša *L. poecilus* je konzumacija 3 ličinke u 24 sata.

2.7. Komarci i mirisi

Kukci žive u svijetu mirisa. Kod većine kukaca koji žive na Zemlji mirisna osjetila imaju najvažniju ulogu. Uz mirisna osjetila razvijena su i druga koja pomažu u davanju cjelovite informacije koja je dobivena mirisnim osjetilom (Werner i Oswood, 2003).

Komarci (Culicidae) koriste vizualna, termička i mirisna osjetila pomoću kojih pronalaze domaćina, mirisna osjetila su najvažnija. Komarci nemaju dobro razvijen vid, ukoliko se orijentiraju pomoću vida njihov mozak ne može razlikovati živi objekt od neživog oslanjajući se samo na vizualna osjetila. Vizualna osjetila su komarcu najvažnija prilikom orijentacije tijekom leta pa možemo reći da ona kod komaraca djeluju pri većim udaljenostima dok mirisna osjetila postaju važnija pri manjim udaljenostima kada se komarac nalazi u blizini domaćina (Werner i Oswood, 2003).

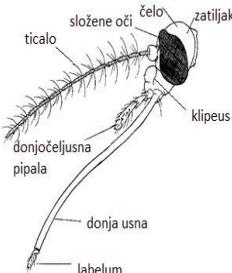
Koristeći osjetila na ticalima, komarci osjećaju tjelesnu temperaturu i miris domaćina te osjećaju prisutnost CO_2 u njihovom dahu. Ženke komaraca slijede mirisni trag do njegovog izvora. Kada se dovoljno približe izvoru, tada uz pomoć drugih atraktanata kao što su tamna odjeća, relativna vlažnost u zraku i silueta dobivaju podatke o točnoj lokaciji izvora. Komarci osjećaju miris domaćina na udaljenosti od 14 m.

Ženke komaraca imaju poseban mirisni mehanizam pomoću kojega pronalaze domaćina. Mehanizam je kontroliran temperaturom, relativnom vlažnosti u zraku te količinom ugljičnog dioksida. Ukoliko se komarci nalaze u obrnutom smjeru od izvora koji emitira određene mirise, dolazi do promjene orijentacije njihovog leta i tada lete cik-cak dok se ne orijentiraju točno prema izvoru (Werner i Oswood, 2003).

Budući da komarci žive u svijetu mirisa postoje mirisi koji ih privlače i odbijaju. Za mirise koji odbijaju komarce kažemo da su repellenti. Oni ih osjećaju, ne kao mirise koji imaju neugodan miris, nego koji sprječavaju osjećanje temperature, vlažnosti i CO_2 pomoću osjetilnog mehanizma (Fradin, 1998). Drugim riječima, ukoliko je

repelent u zraku, komarci se više ne mogu orijentirati prema izvoru mirisa. Za razliku od repelenata, atraktanti su mirisi koji jako gode osjetilima komaraca. Ženke komaraca koriste osjetilo mirisa za prepoznavanje domaćina (Fradin, 1998). Ukoliko dođe do mirisnog podražaja ženke postaju jako uznemirene i lete uokolo. Na početku, smjer putanje leta može biti slučajan, ukoliko komarac nađe toplinu ili vlažnost pokušava se održati u tom području dok ne dođe do cilja. Atraktivne tvari su često produkti metabolizma (CO_2 , mlijeca kiselina, octenol, aceton, fenoli), upravo zbog toga možemo reći da nas komarci lako pronalaze. Životinje emitiraju veliku količinu topline, vlažnosti i CO_2 , to su bitni atraktanti koji daju informaciju komarcu gdje se nalazi njihov potencijalni obrok. Ukoliko dođe do opadanja u koncentraciji nabrojenih atraktanata, komarci će se kretati po prostoru u nadi da će pronaći novi izvor mirisa (Werner i Oswood, 2003).

Vizualna osjetila važna su za istraživački let, osobito pri većim udaljenostima. Smještena su na glavi komaraca, predstavljaju jedan par sastavljenih očiju. Odrasli komarci imaju relativno slabu rezoluciju slike, ali su im i vizualna osjetila jako osjetljiva te pokazuju na primjeru *Ae. aegypti* da je atraktivnost na određene boje vjerojatno uzrokovanja osjetljivim vidnim spektrom. Budući da su foto receptori slabi, mirisna osjetila postaju još važnija. Smještena su na glavi kao i vizualna, a detektiraju se određenim putem, započinju osjetilnim tjelešcima koja se nalaze na ticalima i koja su odgovorna za prepoznavanje mirisa (Beaty i Carlson, 1997) (Slika 2.7.1.)



Slika 2.7.1. Glava ženke komarca

Informacija od tih receptora putuje do središnjeg živčanog sustava komarca koji ima ustaljeni model ponašanja prilikom mirisnog podražaja. Komarac mora biti u dobrom fizičkom stanju da bi mogao primiti podražaj i odgovoriti na njega (Beaty i Carlson, 1997). Kretanje komaraca tijekom dana uzrokovano je određenim podražajima iz okoline.

Produkti metabolizma koji se ispuštaju iz ljudskog tijela imaju oko 300 do 400 sastojaka, od njih oko 100 sastojaka nalazi se u ljudskom dahu te su neki od njih atraktanti za komarce (Fradin, 1998). Najveći udio u ljudskom dahu čini CO_2 i vodena para. Hlapljive organske komponente će putem krvi doći u dah, tako npr. dva ketona, aceton i butanon, akumuliraju se u krvi goveda nakon jela, a pojavljuju se kasnije u dahu. Najvažniji najbrže dolazi u dah, a to je aceton (Clements, 1999b).

Ugljični dioksid i mliječna kiselina najbolji su atraktanti za komarce (Service, 1976). CO_2 najčešće se oslobađa putem disanja, ali isto tako i kroz kožu. Za njega možemo reći da je atraktant dugog dometa i komarci ga mogu detektirati na udaljenosti od 36 m (Werner i Oswood, 2003).

Receptori za CO_2 nalaze se na palpima, svaki od njih sadrži 3 neurona pomoću kojih se prepozna određena promjena u koncentraciji. Receptori su toliko osjetljivi da mogu prepoznati promjenu u koncentraciji od 0,01 %, ali ne mogu prepoznati promjenu koncentracije u ljudskom dahu veću od 4,0 % (Beaty i Carlson, 1997). Visoka koncentracija CO_2 može imati narkotičan učinak (Beaty i Carlson, 1997). Možda je najveće svojstvo CO_2 u tome što od svih atraktana najbolje otkriva komarcu izvor domaćinovog mirisa.

Znanstvenici su 1968. godine koristeći olfactometar prepoznali mliječnu kiselinu kao još jedan spoj koji privlači komarce (Beaty i Carlson, 1997). Mliječna kiselina je hlapljiva komponenta anaerobnog metabolizma zajednička svim životinjama, a na površinu izlazi kroz kožu. Kemoreceptori za mliječnu kiselinu nalaze se na ticalima užlijebljeni na osjetilnim tjelešcima, ali su fizički odvojeni od receptora za ugljični dioksid. Nadalje, receptori za mliječnu kiselinu nisu stimulirani koncentracijom CO_2 . Odnos između ta dva

stimulansa mora biti pod velikom kontrolom središnjeg živčanog sustava (Werner i Oswood, 2003).

Kao još jedan od kemijskih izvora napominje se i urin. Svjež bizonov urin sadržava malu koncentraciju slobodnog fenola te nije osobit atraktant. Kada se urin čuva u prostoriji s visokom temperaturom izložen je bakterijskoj aktivnosti zbog čega kroz nekoliko dana dolazi do pojave fenola i to spojeva poput 4-metilfenola, pa se može koristiti kao atraktant za neke skupine hematofagnih Diptera (Madubunyi i sur., 1996).

Octenol je prisutan u različitim vrstama biljaka iz porodice grahorica Leguminosea i komponenta je tjelesnog mirisa (daha) preživača. Koncentracija 1-octen-3-ola u dahu preživača je $2,2 \times 10^{-11}$ M te je octenol atraktant za razne skupine hematofagnih kukaca (Nilssen, 1998). Tijekom jednog sata iz volovskog daha može se izolirati 0,043 mg octenola (Clements, 1992b). Osim što se nalazi u volovskom dahu, octenol u malim koncentracijama nalazimo u ljudskom znoju. Na određenom staništu (livade, polja) neke vrste komaraca reagiraju na octenol, dok drugim vrstama ne pobuđuje njihova mirisna osjetila.

Tjelesna temperatura i vlažnost tijela su također atraktanati za komarce. Različite vrste komaraca napadaju ljudsko tijelo na određenim mjestima, kao što su glava ili noge, što može imati veze s određenom temperaturom ili znojenjem na tom dijelu tijela (Fradin, 1998). Sekreti žljezda s vanjskim izlučivanjem igraju značajnu ulogu kao kemoatraktanti za komarce. Ugodni cvjetni mirisi parfema, sapuna, losiona i preparata za njegu kose mogu atraktivno djelovati na komarce. Općenito, odrasle osobe su izloženije napadu komaraca od djece, isto tako muškarci su izloženi većim napadima komaraca od žena. Krupniji ljudi izloženi su većem broju napada komaraca, vjerojatno zbog povišene tjelesne temperature i veće količine CO₂ prilikom izdaha (Fradin, 1998). Većina vrsta komarca razlikuje se prema osjetilima koja su odgovorna za njihovo ponašanje, što znači da određena vrsta ide prema određenom atraktantu. Mirisi koji se javljaju u okolini u kojoj komarci žive imaju jako puno izvora (Werner i Oswood, 2003). Iz svega se može zaključiti kako komarci imaju

određene markere koji im pomažu u identifikaciji određenog mirisa kao njihovog atraktanta.

2.7.1. Studija slučaja - Atraktanti za komarce u Kopačkom ritu

Ovaj rad kao i istraživanje izrađen je u suradnji sa dugogodišnjom suradnicom doc. dr. sc. Željkom Jeličić Marinković (Merdić i sur. 2007).

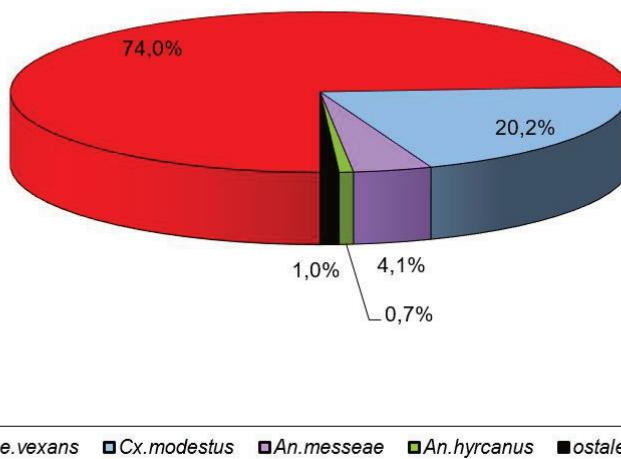
Istraživanje je obavljeno na području Kopačkoga rita u rujnu 2006. godine na četiri postaje: 1. uz kanal Čonakut, 2. Hordovanj, 3. Kopačko jezero, 4. Tikveš.

Korišteni su sljedeći atraktanti: Suhi led koji je nabavljen u „Messer Tehnoplín“ Kutina. Uz svaku klopku stavljen je jedna kocka suhog leda (9 kg) u platnenu vreću. Urin smo dobili od uzbunjivača konja. Urin je stajao oko tjedan dana na otvorenom i izložen sunčevim zrakama. Tekući atraktanti bili su isipetirani u male staklene posudice širine 3 cm i visine 5 cm. Te posudice stavljenе su u plastične čaše od 500 ml i učvršćene pokraj klopke.

Kao jedina metoda prikupljanja odraslih komaraca korištena je CDC klopka uz različite spojeve koji su služili kao atraktanti. Klopke su na svim postajama postavljene na visini od oko 1 metar. Na svakoj postaji postavljeno je 6 kloplki s atraktantima: suhi led (9 kg), urin (40 ml), urin (10 ml) + acetona (30 ml), acetona (40 ml), octenol (4 ml), amonijeva lužina (4 ml).

Rezultati

U tri uzorkovanja uhvaćeno je 3248 jedinki komaraca i utvrđeno je prisustvo 11 vrsta komaraca i to : *Ae. vexans*, *Ae. cinereus*, *Ae. rossicus*, *An. hyrcanus*, *An. claviger*, *An. messeae*, *Cx. pipiens*, *Cx. modestus*, *Oc. sticticus*, *Oc. caspius* i *Cq. richiardii*. Kvantitativni sastav faune komaraca je sljedeći. Najveći broj jedinki komaraca, njih 2404 pripada vrsti *Ae. vexans*, što je 74 % od ukupnog broja. Drugo mjesto po zastupljenosti čini vrsta *Cx. modestus* sa 656 jedinke (20 %). Slijedi vrsta *An. messeae* koja čini udio od 4 %. Vrsta *An. hyrcanus* s 0,74 %. Ostatak čine ostale vrste (1,26 %) od koji možemo reći da ni jedna značajnije ne doprinosi ukupnoj brojnosti uzorka komaraca. To se lijepo može vidjeti i iz grafičkog prikaza (Slika 2.7.1.1).



Slika 2.7.1.1. Udio pojedinih vrsta tijekom istraživanja atraktanata u Kopačkom ritu 2006. godine

Ukupno gledajući na svim postajama, najviše jedinki (3133) bilo je privučeno suhim ledom kao atraktantom, urinom (34), smjesom urina i acetona (28), NH₄OH (20), acetonom (18) i najmanje octenolom (15).

Najviše vrsta (11) je privučeno suhim ledom, NH₄OH te kombinacijom acetona i urina privučeno je 5 vrsta, aceton i urin su privukli nešto manje vrsta (4 i 3), dok je najmanje vrsta (2) bilo privučeno octenolom kao atraktantom (Tablica 2.7.1.1).

Tablica 2.7.1.1. Atraktivnost atraktanata prema brojnosti privučenih jedinki i vrsta

	suhi led	urin	urin+aceton	aceton	octenol	NH ₄ OH
broj jedinki	3133	34	28	18	15	20
broj vrsta	11	3	5	4	2	5

Atraktant suhi led privukao je svih 11 vrsta koje su uzorkovane ovim istraživanjem.

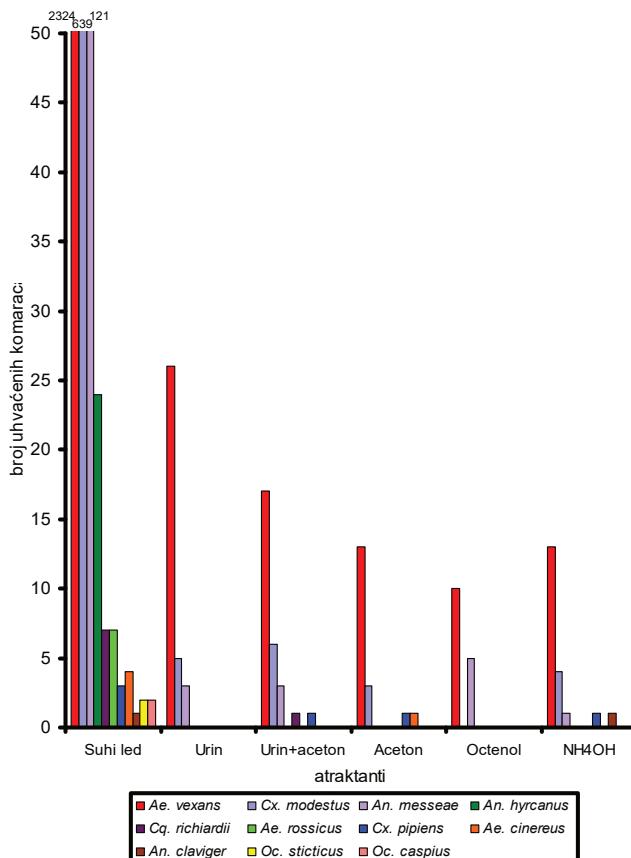
Ae. vexans, *Cx. modestus* i *An. messeae* vrste su koje su se našle u mrežicama uz konjski urin kao atraktant.

Kombinacijom urina i acetona ukupno je privučeno 5 vrsta, pored tri vrste koje su bile najzastupljenije, nalazile su se i *Cq. richiardii* i *Cx. pipiens* s po jednom jedinkom.

Aceton je atraktant koji je uz *Ae. vexans*, *Cx. modestus*, koje su bile najbrojnije, privukao još 2 vrste *Cx. pipiens* i *Ae. cinereus* s po jednom jedinkom.

Octenol kao atraktant privukao je najmanji broj vrsta, samo dvije (*Ae. vexans* i *An. messeae*).

NH_4OH uz *Ae. vexans*, *Cx. modestus* i *An. messeae* koje su bile najbrojnije, privukao je još 2 vrste *Cx. pipiens* i *An. claviger* (Slika 2.7.1.2).



Slika 2.7.1.2. Grafički prikaz zastupljenosti vrsta na pojedinim atraktantima u Kopačkom ritu 2006. godine

Ovo istraživanje je obavljeno s ciljem utvrđivanja učinkovitosti poznatih atraktanata, ali i usporedbe s nekim drugim do sada nekorištenim atraktantima. Tako su korišteni sintetski i prirodni spojevi: CO₂, konjski urin, kombinacija konjskog urina i acetona, aceton, octenol i amonijeva lužina kao tvari koje privlače komarce. Od korištenih atraktanata, CO₂ i octenol se češće koriste kao atraktanti prilikom istraživanja komaraca, dok su svi ostali atraktanti, prvi puta korišteni u istraživanju komaraca na području Kopačkog rita i Republike Hrvatske.

Atraktant CO₂ pokazao se kao najbolji u odnosu na drugih pet korištenih. Normalna koncentracija CO₂ u zraku iznosi 0,03 - 0,04 % dok koncentracija CO₂ u ljudskom dahu iznosi 4,5 %. CO₂ se nalazi u obliku molekula raspršen u atmosferi (Beaty i Carlson, 1997). Klopke sa suhim ledom osiguravaju reprezentativni uzorak vrsta na određenom području. U klopci sa suhim ledom kao atraktantom uhvaćeno je 11 vrsta, što je isti broj vrsta ukupno uhvaćen i tijekom cjelokupnog istraživanja.

Na konjskom urinu kao atraktantu uhvaćeno je 1,05 % od ukupno uhvaćenih komaraca. Konjski urin korišten je u ovom istraživanju jer se željelo vidjeti postoji li neki drugi atraktant osim CO₂ koji dobro privlači komarce.

Aceton kao atraktant imao je manje uhvaćenih jedinki od konjskog urina. Mogući razlog leži u činjenici da aceton na komarce djeluju bolje kao atraktant kada se nađe u kombinaciji s CO₂ (Clements, 1992b).

Smjesa acetona i konjskog urina nema značajniju ulogu kao atraktant za komarce jer je malo jedinki uhvaćeno ovim atraktantom. Iz smjese koja predstavlja atraktant možemo zaključiti da je većim dijelom komponenta konjski urin privukla više komaraca od komponente acetona.

Dosta korišten atraktant za komarce je octenol. U ovom istraživanju pokazao se kao vrlo slab atraktant, samo 0,46 % uzorkovanih komaraca. Većina radova temeljena je na CDC klopkama u kojima se zajedno koristi suhi led i octenol. Klopke s octenolom i CO₂ kao

atraktantom hvataju više vrsta komaraca nego li klopke samo s octenolom (Burkett i sur., 2001). Uzroci takve neučinkovitosti octenola kao atraktanta posljedica su i temperature zraka koja je doprinijela jačem isparavanju atraktanta.

Posljednji korišteni atraktant je amonijeva lužina koji se u literaturi može naći samo za hvatanje obada (Krčmar i sur., 2005b). Može se reći da usporedbom acetona i amonijeve lužine bolje rezultate privlačenja pokazala je amonijeva lužina.

Uspoređivanje djelovanja klopki s različitim spojem kao atraktantom i klopke sa suhim ledom kao atraktantom, tema je istraživanja mnogih autora. Većina njih se slaže da dodavanje suhog leda klopkama različitih tipova povećava broj uhvaćenih jedinki komaraca (Petrić, 1989). Tijekom 61 noći hvatanja istraživački tim Milby-ja (Petrić, 1989) uhvatili su prosječno 1050 komaraca s CDC klopkom sa suhim ledom za noć. Tijekom istraživanja u 1989. godini u jednoj CDC klopkom sa suhim ledom kao atraktantom na području Kopačkoga rita tijekom 24 sata uhvaćeno je oko 35 000 jedinki komaraca (Merdić, 1993).

NH_4OH je atraktant koji je privukao ukupno 20 jedinki od kojih je bilo 5 vrsta, *Ae. vexans* i *Cx. modestus* bile su najbrojnije, a ostale tri imale su po jednu jedinku. Za NH_4OH utvrđeno je da 2,5 puta bolje privlači jedinke obada od klopke bez atraktanta (Krčmar i sur., 2005b).

Na temelju ovoga istraživanja u budućim smo istraživanjima koristili isključivo suhi led kao atraktant, osim u slučajevima kada smo istraživali različite atraktante (svjetlosne i emijske).

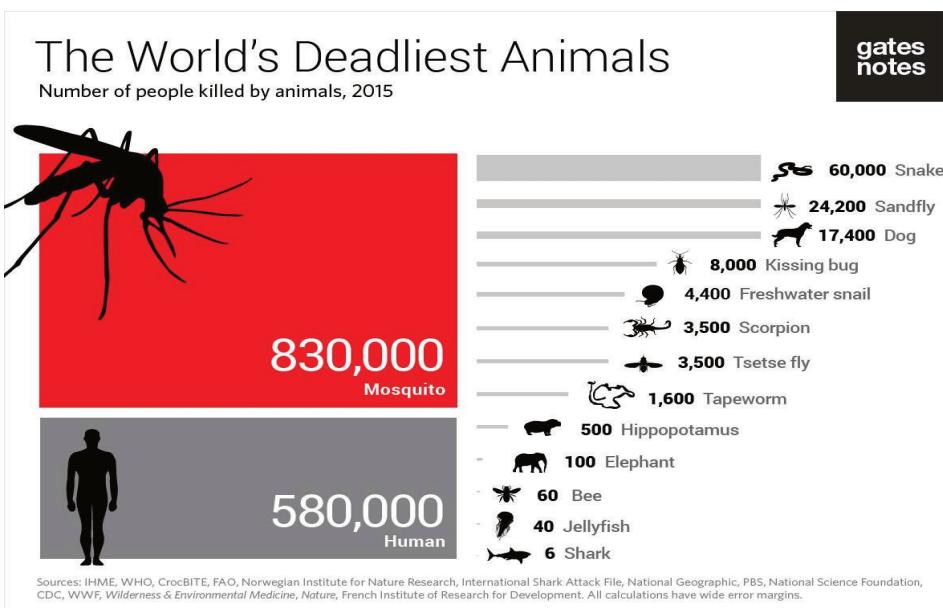
2.8. Medicinsko značenje komaraca u Republici Hrvatskoj

Budući da se ženke komaraca hrane krvlju da bi mogle proizvesti jaja, komarice imaju izravan kontakt sa svojim domaćinom. A kako je već navedeno, u svog domaćina ispuštaju slinu zbog sprječavanja zgrušavanja krvi. Upravo taj kontakt omogućuje prijenos mnogih, medicinski važnih, patogena. Patogeni (izazivači bolesti kod ljudi i životinja) su virusi, bakterije, protozoe i nematode, koje uzrokuju ozbiljne bolesti poput malarije, denge, žute i Chikungunya groznice,

encefalitise ili filarijaze (Gutsevich i sur., 1974). Prijenos može biti mehanički (npr. virus Myxoma koji uzrokuje miksomatozu kod kunića) ili biološki. Ovaj drugi je složeniji jer uključuje obvezno razdoblje replikacije i - ili razvoj patogena ili parazita u komarcu. Ovaj prijenos je moguć zbog biološke osobine komarica da se samo jednom pare, ali jaja polažu u više navrata uz uvjet uzimanja novog krvnog obroka. To znači da jedna komarica ubada i hrani se na više domaćina te na taj način može usisati patogene i prenijeti ih na drugog domaćina i zaraziti ga. Visoko učinkoviti vektori moraju biti usko povezani s domaćinima i njihova dugovječnost mora biti dovoljna da omogući patogenu ili parazitu da se razmnožava ili razvije do infektivne faze.

Patogeni koje komarci mogu prenijeti su virusi, praživotinje i oblići. Kada su virusi u pitanju, neke vrste imaju veći vektorski kapacitet i bolji su vektori. Zasigurno najbolji vektor virusa je vrsta *Ae. Aegypti*, a uz bok je *Ae. albopictus*. Virusi koji prenose komarci su iz porodica Togaviridae (najpoznatiji virusi su Chikungunya, zapadni Equine Encephalomyelitis, Sindbis), Flaviviridae (najpoznatiji su virus žute groznice, Dengue, virus zapadnog Nila), Bunyaviridae (najpoznatiji su Tahyna, Batai). Za prijenos praživotinja koji uzrokuju malariju (Plazmodij) odgovorni su komarci iz potporodice Anophelinae, a vrsta s najvećim vektorskim kapacitetom je *An. gambiae*. Značajnu ugrozu ljudima čine oblići *Wuchereria bancrofti* and *Brugia malayi*, koje prenosi mnoge vrste komaraca, a najpoznatiji vektor je *Cx. p. quinquefasciatus* i *Coquillettidia* sp.

Najsmrtonosnije životinje za čovjeka sigurno nisu zmije, krokodili, morski psi ili nilski konji. Komarci su indirektno najopasnije životinje za čovjeka (Slika 2.8.1.), jer u odnosu na druge „opasne“ životinje izazivaju najviše smrtnih slučajeva. I dan danas su prijetnja za više od tri milijarde ljudi u tropskim i suptropskim područjima. Komarci su znatno utjecali na razvoj čovječanstva, ne samo društveno-ekonomski, nego i politički. Poznata je činjenica da je malarija bila je glavni zdravstveni problem u posljednjim danim Rimskog Carstva (Bruce-Chwatt i de Zulueta, 1980) i vjerojatno je utjecala na njegov pad.



Slika 2.8.1. Ukupan broj smrtnih slučajeva ljudi na svijetu tijekom 2015. godine kojima su uzrok su bile životinje (i ljudi, preuzeto s presentational.ly)

Iako je tropsko i suptropsko područje najviše zahvaćeno bolestima koje prenose komarci, ove bolesti su prisutne i u umjerenim područjima, tako i u Republici Hrvatskoj. Do 1949. i u Republici Hrvatskoj je bilo endemskog područja malarije.

Kako je već rečeno Rimsko Carstvo bilo je uzdrmano zbog malarije koja je bila prisutna u mnogim krajevima tog velikog carstva. Zasigurno se to odnosilo i na otočje Brijuni, nedaleko od tada velikog regionalnog centra Pula. Na Brijunima je „od pamтивјека“ harala neka bolest koja je izazivala vrućicu (Simić, 1946). Ovdje se vjerojatno radilo o malariji i vektoru *An. labranchiae*, koji ima legla na staništima koja su stoljećima bila raspoloživa na Brijunima. Legla ove vrste su jezera s pomalo zaslanjenom vodom (Trausmiller, 1946). U južnijim dijelovima tadašnje Austro-Ugarske monarhije još se jedno područje (osim Istre) izdvaja kao vrlo nepoželjno za život i duži boravak. Radi se o Dalmaciji, o donjem toku rijeke Neretve, odnosno preciznije delti rijeke Neretve koja formira malo drugačije stanište nego ona u Istri. Uz poplavni dio rijeke Neretve stvarala su se manja ili veća jezera koja su zaslanjena i mogu producirati vrlo velike

količine malaričnih komaraca. U ovim staništima legle su se jedinke vrste *An. sacharovi* (nekada *An. maculipennis* var. *elutus*), koje su izrazito antropofilne. Na ovim područjima između dva svjetska rata (tada područje Jugoslavije) bilježi se ogroman broj slučajeva malarije gotovo 400.000 (Karaman, 1925). Iz tog razdoblja postoje vrijedni radovi o komarcima malaričarima (Apfelbeck 1925, Karaman 1925, Zotta, 1935) koji su prethodili kasnijoj snažnoj borbi protiv malarije. Stoga su tada započete mnoge aktivnosti za eradicaciju malarije s ovih područja. Prije svega to se odnosilo na različite mjere kontrole komaraca: smanjivanje i sanacija legla (isušivanje jezera, regulacija donjeg toka Neretve) i špricanje DDT-om koje su rezultirale eradicacijom malarije neposredno nakon Drugog svjetskog rata (Tartaglia, 1949).

U kontinentalnom dijelu Hrvatske malarije je bilo znatno manje, ali je ipak bila prisutna. Tako da se krajem 19. stoljeća dolina rijeke Drave smatrala umjerenim endemskim područjem. Krumpholtz u svojoj knjizi „Borba protiv malarije“ (Der Kampf gegen die Malaria) iz 1902. godine, navodi da je 1899. godine morbidnost od malarije u vojarnama austrijske vojske u Čakovcu bila 23,68 %, a u Osijeku 12,74 % (Chloupek, 1948). Isto tako i područje Baranje se smatralo umjerenim endemskim područjem između svjetskih ratova (Kostić, 1945). Vjerljivi prenositelj malarije na ovom području je bila vrsta *An. atroparvus*, koja ima umjereni vektorski kapacitet. Ta vrsta je rijetka u tom području, ali je ipak prisutna (Adamović i Paulus, 1985). Iz tog razdoblja navode se podatci o malariji kod šumarskih radnika u središnjoj Slavoniji. S ovim slučajevima prijenosa uzročnika malarije (*Plazmodij* sp.) odgovoran je vektor *An. plumbeus*, izuzetno rijetka vrsta koja legla ima u dupljama drveća (Kostić, 1945).

Nakon eradicacije malarije dolazi razdoblje kada su komarci prestali biti vektori bolesti. Ona druga osobina komaraca (da su molestanti) nije toliko zanimala znanstvenike i nakon puno znanstvenih i stručnih radova o komarcima u vrijeme malarije dolazi višedesetljetno razdoblje nezainteresiranosti za komarce. To se promijenilo u devedesetim godinama prošlog stoljeća. Veliki interes za komarce budi se zbog dva razloga, prvo pojava invazivnih vrsta komaraca i

drugo komarci ponovo postaju vektori na području Republike Hrvatske. Ovoga puta druge bolesti i drugi komarci kao vektori.

Na području Republike Hrvatske zabilježene su infekcije uzrokovane DENV, WNV te USUV. Prvi autohtoni klinički slučajevi denge infekcije evidentirani su 2010. godine u dva stanovnika poluotoka Pelješca (Genero-Margan i sur., 2011.) i jednog njemačkog turista. U tom su razdoblju na istom području, dokazano je da u još 15 osoba postoje protutijela na DENV. Nakon dokazane denge u mjestu Podobuče, obavljeno je i entomološko istraživanje komaraca te su uzorkovani komarci vrste *Ae. albopictus*, kao potencijalni vektori, no virus nije dokazan u njima (Gjenero-Margan i sur., 2011.). Seroepidemiološko istraživanje provedeno tijekom 2011. i 2012. godine na području priobalja i tri kontinentalne županije pokazalo je seropozitivitet od 0,9 %. U istom je razdoblju u priobalju provedeno je entomološko istraživanje, u kojem je najčešća vrsta komaraca bila *Ae. albopictus* (81,37 %), međutim DENV RNA nije dokazana u tim komarcima (Pem-Novosel i sur., 2015).

Prvi slučajevi neuroinvazivne WNV infekcije kod ljudi u Republici Hrvatskoj zabilježeni su 2012. godine u tri županije istočne Hrvatske, kada je infekcija laboratorijski potvrđena u sedam bolesnika (Merdić i sur., 2013.). Tijekom epidemije neuroinvazivne WNV infekcije 2012. godine, na području istočne Hrvatske provedeno je entomološko i virološko istraživanje, no virus nije dokazan ni u jednom skupnom uzorku komaraca (Merdić i sur., 2014.). Tijekom 2013. godine, neuroinvazivna WNV infekcija zabilježena je u 20 bolesnika s područja sjeverozapadne Hrvatske (Grad Zagreb, Zagrebačka i Međimurska županija) (Vilibić-Čavlek i sur., 2014.). Nadalje, opažen je porast seroprevalencije na WNV (0,9 %) u odnosu na 2007. i 2011. godinu (0,3 %) (Vilibić-Čavlek i sur., 2014.).

Prve neuroinvazivne USUV infekcije u ljudi opisane su tijekom epidemije uzrokovane WNV od srpnja do listopada 2013. godine kada su oboljele tri osobe na području Zagreba i Zagrebačke županije (Vilibić-Čavlek i sur., 2014; Santini i sur. 2015). Testiranje komaraca na USUV do sada u Republici Hrvatskoj nije provedeno.

Autohtone infekcije uzrokovane CHIKV do sada nisu opisane na području Hrvatske, ali su IgG protutijela sporadično dokazana u povratnika iz endemske područja.

Od pojave prvih slučajeva bolesti koje prenose komarci kontinuirano se bilježe infekcije u ljudi. Dvije vrste komarca glavni su potencijalni vektori *Cx. pipiens* i *Ae. albopictus* (potencijalnih vektora ima više). Međutim, dosadašnja istraživanja o prisutnosti arbovirusa u komarcima provedena su na ograničenim zemljopisnim područjima: DENV i CHIKV na području hrvatskog priobalja u komarcima *Ae. albopictus*, na području istočne Slavonije istraživanje manjeg opsega WNV u komarcima *Cx. pipiens*, na području Međimurja istraživanje manjeg opsega WNV i USUV, a na području grada Zagreba istraživanja se provode od 2015. godine do danas.

Na području Međimurja uzorkovanje je obavljeno 2017. godine. Testirana su ukupno tri skupna uzorka vrste *Cx. pipiens*, USUV RNA dokazana je RT-PCR metodom u jednom skupnom uzorku iz Preloga (Vilibić-Čavlek i sur., 2019a)

U razdoblju od 2015. do 2019. godine na području grada Zagreba odrasli komarci su prikupljeni CDC klopkama, BG Sentinel klopkama i aspiratorom. Na prisustvo WNV i USUV testirane su slijedeće vrste komaraca: *Ae. albopictus*, *Ae. vexans*, *Ae. rossicus*, *Ae. cinereus*, *Cx. pipiens*, *Cx. modestus*, *Oc. sticticus*, *Oc. rusticus* i *Oc. geniculatus*. Ukupno je testirano 15900 jedinki komaraca u 690 skupnih uzoraka komaraca. Na prisustvo WNV i USUV RNA testirana su ukupno 142 skupna uzorka komaraca (3056 jedinki) vrste *Cx. pipiens* kompleks. U jednom skupnom uzorku iz naselja Jarun 2018. godine i jednom skupnom uzorku iz centra Zagreba 2019. godine dokazana je RT-PCR metodom USUV RNA, a zatim je filogenetskom analizom istih uzoraka dokazana europska linija 2 USUV (Vilibić-Čavlek i sur., 2019b). Na prisustvo WNV i USUV RNA testirano je ukupno 169 skupnih uzoraka komaraca (3056 jedinki) vrste *Ae. albopictus* s područja Grada Zagreba. USUV RNA dokazana je u jednom skupnom uzorku komaraca *Ae. albopictus* iz naselja Borongaj 2016. godine (Klobučar, 2017). WNV nije pronađen niti u jednom testiranom skupnom uzorku komaraca.

3. Metode uzorkovanja komaraca

U ovom se poglavlju prikazuju metode koje se koriste za uzorkovanje komaraca. Važnost ovih metoda je u tome što se pomoću njih dobivaju brojčani podatci. Iako za faunistička istraživanja nekada nisu potrebni brojčani podatci, npr. kada se utvrđuje širenje neke vrste, u većini slučajeva brojčani podatci koriste se za različite statističke analize. Ove se metode koriste i u kontroli komaraca. Osnovna značajka metoda koje se koriste u monitoringu je ta da se kod ovih metoda moraju dobiti brojčani podatci koji se mogu uspoređivati. Drugim riječima rečeno, poslije svakog mjerjenja dobivamo kvantitativne (brojčane) podatke koji se pohranjuju u bazu podataka.

Metode koje se koriste za uzorkovanje komaraca su sljedeće:

1. uzorkovanje jaja komaraca
2. uzorkovanje jaja ovipozicijskim klopkama
3. uzorkovanje ličinki komaraca mrežicom
4. uzorkovanje ličinki komaraca „dipperom”
5. uzorkovanje odraslih komaraca CDC klopkama,
6. uzorkovanje odraslih komaraca BG sentinel klopkama
7. uzorkovanje komaraca metodom čovjek aspirator 15 min (Human lending method).

3.1. Uzorkovanje jaja komaraca

Ženke komaraca polažu svoja jaja pojedinačno ili u skupinama (oblik splava) na različitim staništima.

Staništa na kojima se jaja mogu pronaći mogu se u cjelini podijeliti na velika (močvare, poplavna područja), srednja (bazeni, kanali, potoci) i mala (lokve, rupe u stablu, kameni bazeni, ukrasni ribnjaci, konjska korita, vagaši – tragovi od traktora, bačve, limenke i vase). Ženke komaraca mogu jaja položiti na površini vode, na vlažnom tlu te na rubu vode ili stranicama umjetnog kontejnera. Određivanje gustoće jaja položenih u prirodnim staništima omogućuje bolje razumijevanje ponašanja raznih vrsta komaraca prilikom polijeganja jaja, ali i

predviđanje razvoja populacije komaraca na tim područjima. Zbog različitog ponašanja jedinki prilikom polijeganja jaja i fizikalnih karakteristika jaja, koriste se različite tehnike prikupljanja.

Uzorkovanje jaja roda *Anopheles*

Ženke komaraca roda *Anopheles* polažu jaja pojedinačno na površini vode. Njihova jaja imaju komore ispunjene zrakom formirane iz vanjskog sloja jaja (egzohorion) pomoću kojih plutaju na vodi. Često se jaja mogu povezati u strukturu nalik na mrežu sve dok se ne izlegu ličinke.

Jaja jedinki različitih vrsta ovoga roda manja su od 2 mm, stoga se vrlo teško prepoznaju golim okom. Uzorkovati ih možemo, koristeći „dipper“ koji je obojen nekom bojom. Međutim, poželjno je koristiti „dipper“ čije dno izrezati i zamijeniti gustom mrežicom (veličina otvora na mrežici mora biti manja od jaja). Ovako modificirani dipper omogućava lakši prolaz vode (klizeći po samoj površini) pri čemu se položena jaja vrlo lako skupljaju. Mrežica se tada ispire vodom u svjetlu plastičnu posudu iz koje se jaja mogu skupiti pipetom. U nedostatku „dipera“, za uzorkovanje možemo koristiti metalni prsten (promjera 10 cm) preko čije je površine razvučena najlonska mreža. Za lakše rukovanje na kraj se može priključiti i drvena ručka (WHO, 1975).

Jaja u skupini – oblik splavi

Vrste rodova *Culex*, *Uranotaenia*, *Coquillettidia* i *Culiseta* polažu jaja u skupini u obliku splavi izravno na površinu vode. Veličine od nekoliko milimetara, jaja u skupinama lako su vidljiva, što omogućava i lakše uzorkovanje pomoću pincete, pipete, male mreže ili male plastične posudice za vodu.

Uzorkovanje jaja rodova *Aedes* i *Ochlerotatus*

Ženke rodova *Aedes* i *Ochlerotatus* polažu jaja u vlažnu podlogu poplavnog područja. Poznato je da vlaga i kvaliteta tla te određene

biljne asocijacije ukazuju na posebna poplavna područja ili veliki stupanj vlage u tlu. To su vrlo važni čimbenici u određivanju područja na kojima će ženka komarca položiti svoja jaja. Rezultat toga je heterogena distribucija jaja.

Prepoznati jaja *in situ* iznimno je teško, čak i uz pomoć povećala, stoga se uvijek uzima i uzorak tla s poplavnog područja. Da bi se osigurali potrebni podatci iz različitih zona, preporučuje se uzimati uzorke u transektu kako bi mogli utvrditi varijacije u gustoći jaja potencijalnog poplavnog područja. Duž cijelog nasipa poplavnog područja, uzorke tla treba uzimati na jednakim udaljenostima, počevši od najdublje točke pa sve do ruba poplavnog područja. Takav način uzorkovanja osigurava da i područja s najvećom gustoćom jaja rodova *Aedes* i *Ochlerotatus* budu zabilježena. Vrlo često, najveći broj jaja ženke polažu u područjima koja direktno podliježu promjenama u razini vode. Nakupine jaja, označavaju zonu iznad ruba vode s visokim sadržajem vlage u vrijeme masovne ovipozicije gravidnih ženki.

Sakupljene uzorke tla treba zaštiti od sunca kako bi se izbjeglo isušivanje tla tj. jaja. Ukoliko se uzorci čuvaju nekoliko dana ili tjedana, tlo treba redovito vlažiti.

Za određivanje gustoće jaja koristi se metoda plavljenja ili metoda slane vode. Za procjenu broja jaja po jedinici površine, važno je standardizirati uzorak tla (Becker, 1989; Service, 1993). U tu svrhu koristi se metalni okvir sa željeznim kutovima (20 x 20 x 2,5 cm). Okvir treba zakucati u zemlju čekićem, a stranice okvira u potpunosti poravnati s površinom tla. Koristeći lopaticu, tlo je potrebno izrezati vodoravno na dubini od 2,5 cm ispod cijelog okvira. Nakon toga, uzorak tla potrebno je pažljivo prenijeti u plastičnu vrećicu na kojoj se nalazi oznaka za lokaciju i datum uzorkovanja. Na taj način jaja rodova *Aedes* i *Ochlerotatus* ostaju u svom prirodnom okruženju.

Kada se za izračunavanje relativne gustoće jaja pojedinog poplavnog područja koristi metoda plavljenja, standardizirani uzorak tla mora biti potopljen u vodi pri temperaturi koja pomaže izlijeganju ličinki (približno 20 °C). Preporuča se korištenje vode s početnim

(inicijalnim) visokim sadržajem kisika. Smanjenje kisika uzrokovano metabolizmom mikroorganizama u tlu potaknuti će izlijeganje ličinki. Za daljnje smanjenje kisika i povećanje izlijeganja ličinki može se dodati askorbinska kiselina ili kvasac i šećer. Tako izlježene ličinke mogu se prikupiti dan ili dva nakon plavljenja terena. Identifikacija se može izvršiti tek nakon prelaska ličinki u (treći) četvrti stadij ili nakon nastanka odraslih jedinki. Zbog izlijeganja u ratama, što podrazumijeva izlijeganje ličinki tijekom uzastopnih poplavljivanja terena, uzorci s visokom gustoćom jaja moraju se ponovno potopiti. Ostatak vode (nakon prvog potapanja) mora biti procijeden tako da se tlo može osušiti do sljedećeg plavljenja. Naizmjenično plavljenje i sušenje povećava poticaj za izlijeganje iz jaja koja ostaju u tlu. Čak i nakon nekoliko plavljenja, ličinke će se i dalje izlijegati.

Ako su ličinke vrsta rodova *Aedes* i *Ochlerotatus* u diapauzi, nesposobne su za izlijeganje, (čak i kada su osigurani svi odgovarajući uvjeti), stoga je potrebno prekinuti diapauzu, ukoliko uzorak želimo tretirati. Na primjer, ukoliko se jaja vrste *Ae. vexans* uzorkuju tijekom zime, uzorci moraju biti pohranjeni tijekom najmanje dva tjedna na temperaturi iznad 20 °C, da bi se ličinke mogle izleći. Što je razlika između niske i visoke temperature veća, odgovor na stimulirano izlijeganje je bolji.

Druga, metoda slane vode, opisana je 1956. godine (Horsfall, 1956). Korištenjem ove metode potrebno manje vremena za izlijeganje i stopa izlijeganja iz jaja oko 90 %. Princip ove metode je da se gustoća vodene otopine povećava dodavanjem soli. Specifična težina jaja biva manja od gustoće fiziološke otopine, pa jaja plutaju na površini.

Ako se uzorci tla uzimaju za vrijeme ljeta, preporučljivo je pohraniti uzorke na 5 °C tijekom najmanje dva tjedna kako bi se spriječilo izlijeganje. Kako bi isprali jaja sa zemlje, uzorak je potrebno potopiti u kadu s hladnom vodom (ispod 10 °C). Hladna voda dodatno smanjuje poticaj za izlijeganje jaja. Tako obrađeni uzorak treba pažljivo i ravnomjerno promiješati, očistile s površine vode (Butterworth, 1979). Voda, kao i sitnije suspendirane čestice, moraju biti pažljivo procijedene. Ovaj postupak se može ponoviti nekoliko puta. Nakon toga se u vodu dodaje sol (natrijev klorid) sve dok se ne postigne 100% zasićena otopina soli tj. dok se kristali soli više ne

otapaju. Ovako priređena otopina ima veću gustoću od jaja. Nakon temeljitog miješanja uzoraka, jaja isplivaju na površinu. S površine uzorka, jaja možemo pokupiti pomoću pipete ili filter papira i prebrojati. Jaja se mogu determinirati na dva načina: ili uzgojem ličinki ili pomoću specifičnog uzorka na ljsuci jajeta (horionu) koji se nalazi samo kod nekih vrsta.

Postoji još jedan način za prikupljanje jaja. On se temelji na korištenju nekoliko mrežica čije se veličine smanjuju kako bismo mogli što uspješnije obaviti separaciju jaja od tla.

3.1.1. Studija slučaja - Uzorkovanje jaja na nasipu

Primjer takvoga uzorkovanja proveden je na poplavnom području nedaleko od Osijeka gdje su se uzorci uzimali transektom duž nasipa. Od najniže točke pa sve do ruba nasipa uzimani su uzorci na četiri mesta (u visini) i na deset mesta (u dužini), što je ukupno 40 uzoraka. Nakon analize uzoraka jednog transekta utvrđena je razlika u gustoći jaja poplavnog područja (Slika 3.1.1.1). U 1. uzorku, na samom rubu nasipa, nije utvrđeno ni jedno položeno jaje. U 2. uzorku, nekoliko metara ispod prvog uzorka, broj jaja je iznosio 1128. U 3. uzorku, koji je bliže dnu nasipa, broj jaja iznosio 5427 (Slika 3.1.1.2). Na dnu nasipa (uzorak 4) broj položenih jaja relativno je mali (45). Ostali transekti pokazuju sličnu distribuciju, što ukazuje da uzorci s najvećim brojem jaja točno pokazuju mesta do koje visine vodostaj najčešće dođe.



Slika 3.1.1.1. Nasip s označenim mjestima uzorkovanja (foto Enrich Merdić)



Slika 3.1.1.2. Mjesto s kojeg je uzet uzorak zemlje s najviše jaja komaraca
(foto Enrih Merdić)

3.2. Uzorkovanje jaja ovipozicijskim klopkama

Ekološki faktori, poput kvalitete vode, intenziteta svjetla, vegetacije i dostupnosti hrane, komarce usmjeravaju prema izboru mesta za polaganje jaja, prepoznavanje tih čimbenika omogućava izgradnju umjetnog mesta za polaganje jaja tj. izradu klopke.

Ovipozicijske klopke su alat za uzorkovanje pojedinih vrsta komaraca (često se koriste programima nadzora) kao što su komarci uzgojeni u umjetnim kontejnerima, rupama u drvetu ili kamenim bazenima. Istraživanje komaraca vrsta *Ae. albopictus*, *Ae. aegypti* i *Ae. japonicus* uglavnom se temelji na uporabi ovipozicijskih klopki (Fay i Eliason, 1966; Chadee i Corbet, 1987, 1990; Freier i Francy, 1991; Service, 1993; Bellini i sur., 1996; Reiter i Nathan, 2001).

Gustoća populacija ovih vrsta može se odrediti pomoću određenog broja ovakvih klopki na određenom području (Mogi i sur., 1990; Bellini i sur., 1996). Klopke koje se obično koriste izrađene su od

tamne plastike ili staklene boce koja je s vanjske strane obojena u crno, oko 8 cm u promjeru na vrhu i 5 cm na dnu, s visinom od 12,5 cm (Slika 3.2.1). U unutrašnjost takve klopke, vertikalno je postavljena traka od lesnit pločice veličine 2 x 12 cm. Jedna strana takve pločice je glatka, a druga hrapava. Hrapava strana pločice okrenuta je prema središtu posude (Service, 1993). U posudu se ulije oko 200 ml vode iz slavine. Na posudi se izbuši mala rupa i to neposredno iznad vode kako bi se sprječilo prelijevanje za vrijeme jakih kiša. Ženke vrsta *Ae. albopictus* i *Ae. japonicus* obično polažu jaja neposredno iznad vode na grubu stranu pločice. U redovitim razmacima (otprilike jednom tjedno) trake se mijenjaju i ulijeva se svježa voda. Broj jaja na trakama se prebrojava uz pomoć binokularne luke.

Plastične kante, cijevi ili ostali spremnici koji sadrže nekoliko litara otpadnih voda mogu se koristiti kao ovipozicijske klopke za vrste *Cx. p. pipiens* i *Cx. p. quinquefasciatus* (Reiter, 1983; Becker, 1989). Komarci vrsta iz roda *Culex* privučeni su plinovitim spojevima kao što su amonijak, metan, ili ugljični dioksid, koji se oslobađaju pri razgradnji organskog materijala u odstajalim vodama. Masne kiseline također su ovipozicijski atraktanti za ženke vrste *Cx. pipiens*. Da bi se odredila gustoća populacije komaraca, jaja moraju biti uzorkovana u redovitim intervalima. Ova metoda može se koristiti i kao metoda kontrole komaraca (uklanjanje jaja s površine ili ubacivanje regulatora rasta u vodu koji sprječava razvoj odraslih komaraca).



Slika 3.2.1. Ovipozicijska klopka (foto Enrih Merdić)

3.3. Uzorkovanje ličinki komaraca mrežicom

Mrežica za uzorkovanje komaraca trebala bi biti 25 cm u promjeru i gustoće sita od 0,1 do 0,3 mm, tako da kada se povuče po površini vode, voda prolazi kroz mrežicu, a ličinke zaostaju u mrežici. Mrežica na kraju može imati pričvršćenu epruvetu u koju se sakupljaju ličinke (Slika 3.3.1). Ovakvom mrežicom uzorkuju se ličinke komarca na velikim površinama vode. Na površini vode povuče se potez od oko 1 metar, taj postupak se ponovi još tri puta tako da se uzorkuju komarci s površine od oko 1 m^2 . Potrebno je napomenuti da je nakon svakog poteza potrebno napraviti kratku pauzu kako bi se ličinke komaraca vratile na površinu vode. Nakon toga isprazni se sadržaj ličinki u teglicu i odnosi u laboratorij gdje se prebrojavaju ličinke i približno određuje stadij ličinki te određuje koje su vrste uzorkovane ličinke. Za kompletну sliku koliko ličinki ima na nekoj većoj površini potrebno je uzorkovati na nekoliko mjesta (bar 5) i tada izračunati

prosječnu vrijednost. Naravno, ovdje govorimo o velikim leglima koji mogu biti i do nekoliko tisuća hektara.



Slika 3.3.1. Mrežica za uzorkovanje ličinki – ručna vlastita izrada
(foto Enrih Merdić)

Razvoj ličinki se odvija u vodi, ličinke prolaze kroz četiri razvojna stadija. Tijekom rasta, presvlačenje od I. do IV. stadija traje od 5 do 30 dana, što ovisi o temperaturi. Tako se, primjerice, u leglima s velikom količinom vode, temperatura kreće u rasponu od 12 do 20 °C što usporava razvoj ličinki, za razliku od ubrzanog rasta u malim leglima gdje temperatura vode doseže i 30 °C.

Postoje mnoge podjele legala komaraca: prirodna i umjetna, zatvorena i otvorena, itd., a s obzirom na veličinu površine na kojoj se komarci razvijaju na velika, srednja i mala (WHO, 1975).

Velika legla su ona kojima je površina veća od 100 m², odnosno poplavne površine uz rijeke, močvare, rižina polja. Srednja legla su površine od 1 do 100 m² npr. jezera, bajeri, kanali, bare, septičke jame, cisterne s vodom i sl. Mala legla su ona koja su manja od 1 m²

npr. burad, kante, vaze, voda u dupljama drveća i dr. Kvantifikaciju ove podjele, definirali smo mi na temelju osobnih iskustava.

Da bi se precizno mogao odrediti broj i položaj pojedinih tipova legala, potrebno je višegodišnje istraživanje na terenu. Uzorkovanju ličinki prethodi izučavanje zemljovida određenog područja, odnosno lociranju legala za koja se pretpostavlja da su aktivna ili potencijalna. Na topografskoj karti određenog područja, koja sadržava sve vodotoke, vode stajačice, kanalnu mrežu i ostale retencije, potrebno je sustavno bilježiti potencijalna legla, tj. mjesta na kojima se voda zadržava minimalno sedam dana (AMCA, 1990).

Na temelju brojnosti komaraca u leglu i broja takvog tipa legla, donosi se procjena brojnosti ličinki komaraca na nekom području. Preciznost procjene uvelike ovisi o metodi hvatanja ličinki, a sam izbor metode ovisi o tipu i veličini legla, klimatskim uvjetima, kao i vrstama komaraca za koje se pretpostavlja da obitavaju u istom leglu. Budući da ličinke komaraca zauzimaju najrazličitija staništa, razvijene su i različite metode (tehnike) uzorkovanja kojima se određuje prisutnost i gustoća populacije komaraca. Detalji su opisani na početku poglavlja.

Metoda uzorkovanja ličinki komaraca na velikim vodenih površinama:

a) ukoliko je kompletan vodena površina prekrivena vodenim biljem, uzorkovanje ličinki komaraca moguće je izvršiti na bilo kojem dijelu površine – po principu slučajnog odabira. *Ceratofilum* i *Potamogeton* su biljke koje plutaju na površini vode i stvaraju vrlo pogodna mjesta za razvoj komaraca, ali i štite komarce od prirodnih neprijatelja, stoga je razvoj brojnih populacija na ovakvim površinama izuzetno uspješan. Primjer velikog legla je područje Parka prirode „Kopački rit“, gdje se javljaju upravo navedeni uvjeti i razvija se vrsta *An. messeae*. Ovisno o vrsti komaraca, ciljano se pretražuje određeni tip vegetacije.

Prikupljanje uzoraka ličinki komaraca na navedenim površinama obavlja se pomoću mrežice promjera 25 cm. Obično se uzima uzorak po m^2 . Tako prikupljen uzorak prebacuje se u staklenu bočicu, koja

treba imati naljepnicu s nazivom postaje i datumom uzorkovanja. U laboratoriju se obrađuje uzorak. Na terenu se bilježe svi potrebni parametri kao što su: tip legla, približna površina, temperatura i pH vode, svjetlost, vegetacija i broj zahvata.

b) ukoliko je vodena površina djelomično prekrivena vodenim biljem i to uz njezine rubne dijelove, uzorkovanje se vrši sve do područja prekrivenog vegetacijom (u dubokoj vodi nema ličinki komaraca).

Dobar odabir pojedine metode, s obzirom na izgled i veličinu pojedinog staništa, omogućuje točniju procjenu produktivnosti određenog tipa legla. Tako se ovdje može koristiti metoda parcijalnog uranjanja hvataljke – mrežice, na način da se ona djelomično uroni ispod plutajuće vegetacije, pod kutom od 45°. To uzrokuje utjecanje vode zajedno s ličinkama u mrežicu – hvataljku, koju treba izvaditi prije nego li se voda prelije. Isto se tako može koristiti i metoda „struganja“ hvataljkom o podvodne dijelove plutajuće vegetacije gdje se nalaze ličinke.

c) ukoliko vodena površina nije prekrivena vodenim biljem, uzorkovanje se vrši samo uz rub vodene površine, što je slučaj kod proljetnih poplava kada vegetacija još nije razvijena (Slika 3.3.2). Prva plavljenja velikih površina omogućuju razvoj najbrojnije vrste komaraca poplavnog područja. Ličinke vrste *Ae. vexans* zadržavaju se uglavnom uz rubove vodene površine, te je procjena izuzetno teška jer se ličinke nalaze u grupama te se pri jednom zahvatu može uhvatiti i do 1000 ličinki.

Da bi se izračunala prosječna gustoća populacije, potrebno je na više postaja uzeti uzorke. Procjena gustoće populacije dobije se množenjem prosječne gustoće populacija po m^2 i površine legla. Ovo je jako velika aproksimacija budući se ličinke komaraca grupiraju, tako da je na nekim mjestima izuzetno velika brojnost, a svega nekoliko metara dalje, reklo bi se u istim uvjetima, nema komaraca.

Ako se pretpostavi da je prosječna brojnost ličinki vrste *An. messeae* 10 jedinki po m^2 i da vodena površina iznosi 5 000 m^2 , tada je procijenjena brojnost od 50 000 jedinki. Pretpostavi li se, da prosječna brojnost za vrstu *Ae. vexans* iznosi 1 jedinku po cm^2 .

odnosno 10 000 po m², na istoj površini od 5 000 m² biti će 50 000 000 jedinki. Nije rijetkost da se kao rezultat dobije vrijednost od 4 do 8 jedinki po cm² što u konačnici rezultira velikim brojem ličinki na ukupnoj površini. Već sama činjenica da je riječ o molestantima, ukazuje na važnost redovitog praćenja njihove brojnosti, a s ciljem pravovremenog kontroliranja.



Slika 3.3.2. Uzorkovanje na velikim vodenim površinama (foto Goran Vignjević)

Metoda uzorkovanja ličinki komaraca na srednje velikim vodenim površinama

Površina na kojoj se komarci razvijaju, kod srednjih legala, iznosi od 1 do 100 m². Primjer takvih legala su: jezera, bajeri, kanali (Slika 3.3.3), bare, septičke jame, cisterne i dr. Ona mogu biti čista ili u potpunosti prekrivena vegetacijom. U drugom slučaju otežan je pristup vodi, a često i onemogućeno povlačenje mrežice na dužini od m², pa se tu primjenjuje metoda jednostavnog uzimanja vode. Uzorkovanje na području srednjeg legla, može se obavljati na način kako je opisano kod velikih legala, međutim najčešće se zbog gustoće vegetacije koristi manja mrežica promjera 10 cm i povećava se broj filtriranja vode na pojedinoj postaji. S mrežicom navedenog promjera potrebno je napraviti 10 zahvata u dužini od 1 m, kako bi profilirani uzorak odgovarao površini od 1 m². Najčešće to nije moguće, pa se u tom slučaju procjena brojnosti izvodi na osnovi manjih površina npr. po dm², odnosno na osnovi filtriranja vode duž

10 cm. Da bi procjena bila preciznija potrebno je uzorkovati na različitim postajama duž nekog legla, npr. kanala.

Za pretpostaviti je da se na dm^2 prosječno uzorkuje 10 jedinki vrste *Cx. pipiens*. To znači da na površini od 1 m^2 ima 10 000 ličinki, odnosno na maksimalnoj veličini srednjeg legla od 100 m^2 ima 1 000 000 ličinki komaraca. Budući da odrasle jedinke navedene vrste migriraju u radijusu od 100 m od legla, moguća je pojava lokalnog povećanja brojnosti komaraca znatno iznad granica tolerancije (podnošljivosti).



Slika 3.3.3. Uzorkovanje na srednjim vodenim površinama (foto Enrih Merdić)

3.4. Uzorkovanje ličinki komaraca dipperom

Dipper je zapravo posudica za vodu volumena oko pola litre koja je učvršćena na duži štap (Slika 3.4.1). Dimenzije dippera su 13 X 7 cm. Razlika između ove metode i prethodne je u tome što se ova metoda koristi na manje vodene površine. Uzorkovanje ovom metodom

obavlja se na način da se s površne vode zagrabi dipperom i potom prebroje ličinke komaraca koje se nalaze u posudici. Manje vodene površine su kanali, bare, septičke jame, burad i sl.



Slika 3.4.1. Posuda za uzorkovanje ličinki „dipper“ (Izvor www.bing.com)

3.5. Uzorkovanje ličinki na malim vodenim površinama

Posebna verzija ove metode je uzorkovanje na jako malim leglima za koje je ova posuda prevelika. U takvim slučajevima se koristi vrlo mala plastična posudica, najčešće volumena od 3 do 10 cl. To su bočice u kojima se čuvaju uzorci. U tom slučaju hvataju se ličinke komaraca pojedinačno na površini vode. Za ovakvo hvatanje komaraca potrebna je izvježbanost, naime osoba koja lovi ličinke mora biti brža od komaraca.

Metoda uzorkovanja ličinki komaraca na malim vodenim površinama

Pod pojmom mala legla podrazumijevaju se male vodene površine u buradima, kantama, vazama, limenkama, kadama, dupljama drveća, kamenicama, odnosno ona legla kod kojih površina ne prelazi 1 m² (Slika 3.5.1)



Slika 3.5.1. Uzorkovanje na malim vodenim površinama (foto Enrih Merdić)

Prilikom uzorkovanja ličinki s ovakvih površina pogodno je koristiti čašicu, plastičnu bočicu za pohranjivanje uzoraka ili ukoliko je moguće, profiltrirati cijeli sadržaj malog legla kroz mrežicu - hvataljku.

S obzirom da se radi o malim vodenim površinama, uzima se 1/2 l uzorka, ako ga je dostatno.

Redovito pregledavanje malih legala važno je za praćenje dinamike vektora, npr. *Ae. albopictus*, kojemu su najčešća legla u odbačenim automobilskim gumama. Ukoliko ima mnogo malih legala na jednom mjestu (npr. nakupina odbačenih guma), brojnost komaraca može se strahovito povećati u kratko vrijeme.

Procjena gustoće na osnovi uzorkovanja malih vodenih površina često nije precizna. Preciznije vrijednosti procjene brojnosti ličinki komaraca na nekom području dobiju se kada se broj ličinki nakon filtriranja cijelog legla pomnoži s brojem takvih legala. To je moguće ako je leglo u maloj posudi ili ako se uzorak uzima iz duplje drveta.

Za skupljanje uzorka iz duplje drveta, koristi se posebna hvataljka. To je veća boca sa širokom grлом (Slika 3.5.2). Zatvorena je čepom na kojem su dva manja otvora. Kroz otvore su provučene dvije cjevčice.

Jedna se ugura u duplju drveta, a drugom se usiše zrak iz boce, što uzrokuje pokretanje vode iz duplje drveta u bocu. Voda u dupljama je tamna, tako da se ličinke najčešće ne primjećuju. Zbog toga je potrebno razrijediti uzorak vodom, što omogućava lakše odvajanje ličinki, a ponekad je dovoljno pustiti da se ličinke razviju u odrasle komarce. U ovakvim leglima najčešće se razvijaju vrste *Oc. geniculatus*, *Oc. pulcritarsis*, *An. plumbeus* i *Or. pulchripalpis* (Gutsevich i sur., 1974)



Slika 3.5.2. Hvataljka za ličinke u dupljama drveća (foto Enrih Merdić)

3.6. Uzorkovanje odraslih komaraca CDC klopkama

CDC-klopka uz suhi led kao atraktant izvedena je iz New Jersey svjetlosne klopke (Service, 1976), s namjerom da se dobije mala klopka nezavisna o jakom izvoru energije, te laka za manipulaciju i transport. CDC-klopka sastavljena je od poklopca (plastični ili metalni), plastičnoga cilindra, ventilatora i mrežice za skupljanje (Slika 3.6.1). Poklopac ima funkciju pokrivača i skupljača. On

zaštićuje klopku od elementarnih nepogoda (kiše), a ujedno povećava prostor usisavanja komaraca koji se u tom trenutku nađu u blizini klopke. Plastični cilindar promjera je oko 10 cm, a u njemu je učvršćen ventilator koji služi za usisavanje komaraca. Izvor energije za ventilator je istosmjerna struja dobivena iz akumulatora od 6V ili 12V i 11Ah. Ovakva klopka može se nabaviti na tržištu, ali moguće ju je i samostalno izraditi.

Kao atraktant za ovu klopku koristi se suhi led (stlačeni CO₂). Prema Southwoodu iz 1978. godine (Service, 1980), suhi led ulazi u grupu kemijskih feromona, tvari koje emitiraju miris hrane ili domaćina. Komarci koji su u apetitivnom letu lutaju, i kada osjete CO₂, lete prema gradijentu koncentracije tog plina koji nastaje sublimacijom suhog leda. Budući da jako osjećaju „miris hrane“ neumorno lete oko klopke, a potom budu usisani u mrežicu koja je učvršćena na plastičnu cijev. Zbog toga što ova klopka ne uključuje izvor svjetlosti koja privlači mužjake komaraca i druge kukce, metodom CDC-klopke skupljaju se isključivo ženke komaraca. Količina predviđena za 24-satni rad iznosi oko 9 kg, a najčešće se koristi oko 4 kg što je dovoljno za 12 sati rada klopke (obuhvaća period sumraka i svitanja). Led se stavlja u platnenu vreću uz samu klopku (u vegetaciju – u grmlje npr., na oko 1 m visine). Postoje i klopke koje posjeduju dobro izolirani spremnik s malom rupicom i u takav spremnik se stavlja oko 400 g suhog leda za 12 sati rada klopke. Budući da je teško nabaviti i baratati sa suhim ledom obično se postavlja set klopki, desetak ili više (broj ovisi o površini). Uzorkovanje ovom metodom na našem području može se obavljati od travnja do listopada.

CDC-klopka glavni je alat u mnogim programima monitoringa odraslih komaraca budući:

- je dizajnirana za upotrebu u različitim terenskim uvjetima i na kraće vremensko razdoblje (<24h)
- utvrđuje kvalitativni i kvantitativni sastav vrsta komaraca istraživanoga područja
- omogućuje uzorkovanje široke palete vrsta komaraca određenoga područja
- omogućuje prikaz dnevne i sezonske aktivnosti komaraca – što je preduvjet za organizaciju adulticidnih tretmana
- omogućuje određivanje distribucije komaraca na širem području
- omogućuje provjeru učinkovitosti adulticidnih tretmanaskuplja živi materijal koji može biti podvrgnut daljnjim analizama (biološkim, etološkim i dr.), npr. iz takvog je uzorka moguće izolirati i virus ukoliko je prisutan, što prvenstveno ima medicinsko značenje.



Slika 3.6.1. CDC klopka za uzorkovanja odraslih komaraca (foto Enrih Merdić)

3.7. Uzorkovanje odraslih komaraca BG Sentinel klopkama

BG Sentinel klopke su klopke koje je patentirala tvrtka Biogents (Njemačka). Klopka se sastoji od dviju cijevi (jedna veća i jedna manja). U manjoj cijevi nalazi se otvor prema van, ventilator i mrežica za skupljanje komaraca. Zrak usisan u manju cijev raspršuje se u veću cijev i izlazi iz klopke. Klopka visoka 50 cm i promjera 30 cm i

postavlja se na zemlju (Slika 3.7.1). Kao izvor struje koristi se struja iz mreže (potreban produžni kabel), ali postoje verzije s akumulatorima. Ono što ovoj klopci daje posebnost jest atraktant koji se naziva *BG lure* i stavlja se u klopku u za to predviđeno mjesto. Atraktant se može koristiti gotovo cijelu sezonu i prihvatljive je cijene. Sastav atraktanta je poslovna tajna poduzeća, a ima i vrlo neugodan miris (smrđljive čarape). Uz ovu se klopku može koristiti i suhi led kao atraktant, ali je aparatura koja ide uz tu klopku vrlo skupa.

BG Sentinel klopka pokazala se kao jako dobra za uzorkovanje tigrastih komaraca (*Ae. albopictus*). Vrijeme rada klopke ovisi o izvoru struje. Ukoliko se koristi struja iz mreže, klopka može raditi i nekoliko dana. U tom slučaju potrebno je odrediti referentno vrijeme, najčešće je to 24 sata i kontrolirati broj uhvaćenih komaraca. U iznimnim slučajevima ova klopka se može koristiti kao metoda kontrole komaraca u poluzatvorenom dvorištu.



Slika 3.7.1. BG Sentinel klopka za uzorkovanje odraslih komaraca
(foto Enrih Merdić)

3.8. Uzorkovanje komaraca metodom čovjek aspirator 15 minuta

Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) opisala je standardne metode hvatanja komaraca još davne 1975. godine od kojih se neke i danas koriste. Jedna od metoda koju je propisala WHO i koju koristimo prilikom uzorkovanja odraslih jedinki je metoda čovjek - aspirator - 15 minuta (engl. human landing method). To je metoda za procjenu populacije odraslih jedinki komaraca molestanata, a sastoji od prebrojavanja ženki komaraca koje slete na prednji dio tijela čovjeka tj. određivanje broja ženki u jedinici vremena.

Standardiziranje metoda omogućilo je međusobno uspoređivanje rezultata u cijelom svijetu.

Uz svaku metodu koju koristimo za hvatanje odraslih jedinki potreban je i određeni atraktant koji nam omogućava njihovo sakupljanje. U našem slučaju to je čovjek.

Jedinka koja predstavlja žrtvu komarca (čovjek), emitira olfaktorne podražaje, koji su atraktant za ženku komarca koja traži krvni obrok. Ženka komaraca raspoznaje spojeve poput CO₂ u izdahnutom zraku domaćina te izlučenu mlijecnu kiselinu koja nastaje znojenjem i isparavanjem iz kože uslijed tjelesnog zagrijavanja. Ženka privučena pomoću CO₂, slijeće na tijelo čovjeka i hrani se krvljju (Clements, 1992b, Takken, 1991).

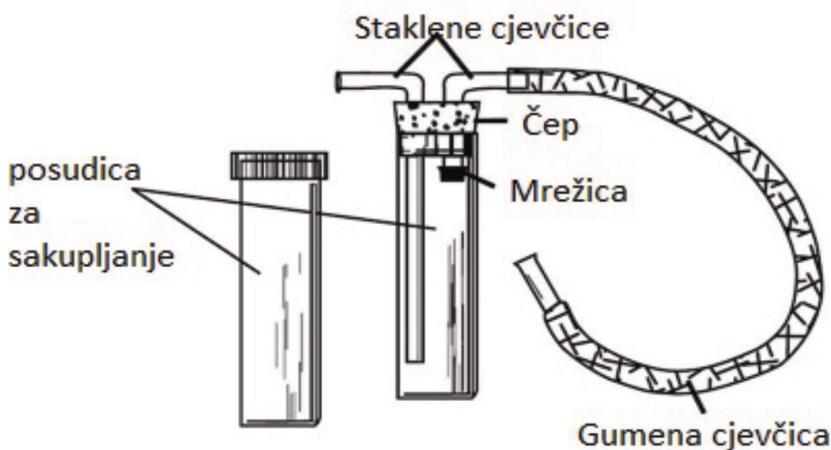
Važnost ove metode je u tome što u svakom trenutku možemo procijeniti brojnost komaraca u jedinici vremena na nekom području u svrhu dobivanja realne slike aktivnosti u gradu i stoga pravovremeno djelovati na njihovo suzbijanje.

Jedna od najjednostavnijih metoda koja se koristi za skupljanje kukaca direktno s tla, lišća, iz mrežice, kaveza prekrivenih mrežom, ali i za monitoring odraslih komaraca je **metoda hvatanja pomoću aspiratora** (standard mouth aspirator).

Usni aspirator je jednostavan aparat za skupljanje živih i malih kukaca. S obzirom da je malih dimenzija, može stati i u džep od jakne i lako se transportirati.

Da bismo u nazivu odmah i opisali metodu, nazvali smo ju metoda čovjek - aspirator - 15 minuta. Aspirator koji je sačinjen po preporuci WHO-a sastoji se od boćice za skupljanje kukaca prosječne veličine (7 x 2,5 cm) koja je začepljena gumenim ili plutenim čepom. U tom čepu izbušene su dvije rupe kroz koje prolaze ulazna i izlazna cjevčica načinjene od aluminija, stakla ili tvrde plastike. Obje su duge oko 7 cm i promjera su oko 5 mm. Jedan kraj cjevčica gurne se kroz pluteni čep u bočicu tako da viri oko 2 cm iznad i ispod čepa. Završetak jedne cjevčice koji se nalazi unutar boćice ostaje otvoren dok je završetak druge cjevčice presvučen komadićem mrežice za komarce koja sprječava usisavanje jedinki u usta sakupljača (Slika 3.8.1).

Iznad čepa, kraj jedne cjevčice ostaje slobodan dok se na drugu dodaje cjevčica od meke gume dužine od oko 30 do 40 cm na čijem se kraju nalazi usnik od lateksa (Service, 1993).



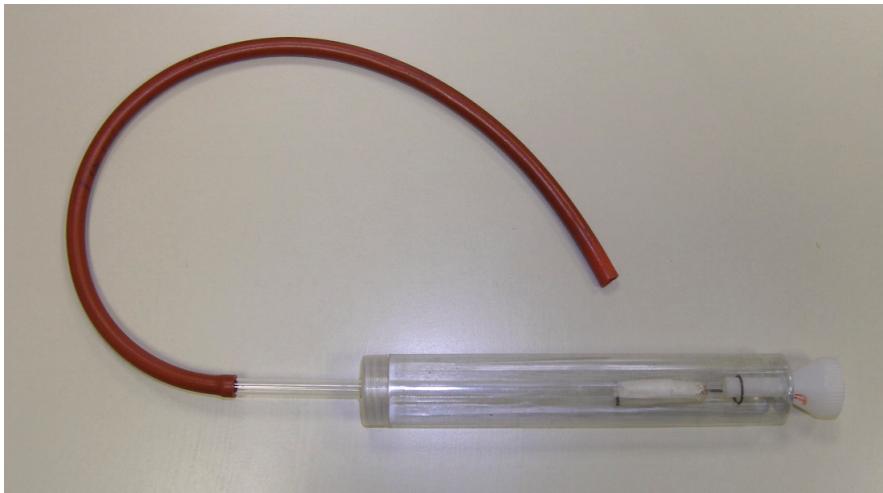
Slika 3.8.1. Aspirator za skupljanje kukaca izrađen po preporuci Svjetske zdravstvene organizacije (WHO)

Višegodišnjim radom i iskustvom usavršen je postojeći aspirator kojom se koristi WHO.

Po istom principu sačinjen je i aspirator kojim se mi koristimo tijekom naših istraživanja (Slika 3.8.2). Unaprjeđenje aspiratora dogodilo se samo po sebi jer nam je bio potreban veći broj

aspiratora, a sami smo ih morali napraviti. Veći aspirator bio nam je potreban jer smo hvatali puno veći broj komaraca u jednom uzorkovanju.

Modificirani aspirator se sastoji od plastičnog tuljca prosječne veličine (20 x 4 cm) iz kojega s jedne strane izlazi plastični lijevak pomoću kojega usisavamo odrasle jedinke s tijela skupljača. Druga strana plastičnog lijevka je zatvorena plastičnim čepom. U tom čepu izbušena je jedna rupa kroz koju prolazi staklena cjevčica sve do vrha lijevka. Završetak cjevčice koji se nalazi unutar tuljca presvučen je komadićem mrežice za komarce koja sprječava usisavanje jedinki u usta skupljača. Na drugi kraj cjevčice nastavlja se gumeni cijev koja ulazi u usta skupljača. Kada usisavamo odraslu jedinku komarca, ona zajedno sa zrakom ulazi kroz čvrsti plastični lijevak i ostaje u unutrašnjost velikog tuljca bez opasnosti da će ih sakupljač usisati u usta. Zrak prolazi kroz aparaturu dok jedinke ostaju unutar aspiratora.



Slika 3.8.2. Modificirani aspirator za skupljanje komaraca kojim se mi koristimo – ručna vlastita izrada (foto Enrih Merdić)

Standard za ovu metodu je vrijeme. Odrasle jedinke komaraca hvataju se u vremenskom intervalu od 15 minuta, na tijelu čovjeka. Ovisno o brojnosti komaraca skupljač može izložiti samo određeni dio tijela (rukama ili nogama) ili samo prednji dio tijela tijekom sakupljanja jedinki (Slika 3.8.3).



Slika 3.8.3. Uzorkovanje odraslih komaraca aspiratorom (foto Enrih Merdić)

Uzorkovanje se najčešće obavlja u vrijeme zalaska sunca (u sumrak) kada je najveća aktivnost za većinu vrsta. Razlog tome je što je u tom periodu temperatura zraka još uvijek relativno visoka, a relativna vlažnost je u porastu.

Kako bismo dobili kompletnu sliku aktivnosti ženki komaraca na određenom području, potrebno je voditi računa i o abiotičkim čimbenicima poput temperature, relativne vlažnosti, intenziteta svjetla te jačine vjetra.

Ukoliko želimo pratiti brojnost jedinki na nekom području, uzorkovanja je potrebno izvoditi kontinuirano što podrazumijeva uzorkovanja u određenim vremenskim intervalima (recimo svaki drugi dan) na istoj postaji tijekom 15 minuta. Na velikom gradskom području odrediti će se nekoliko postaja za skupljanje komaraca gdje će se pratiti aktivnost i međusobno uspoređivati rezultati na pojedinim postajama kako bi se dobila stvarnu sliku u gradu.

Poznato je da komarci prepoznaju raznolikost kariomona s tim u vezi se ponašaju drugačije. Neke osobe su privlačnije komarcima od

drugih, stoga je potrebno voditi računa, ukoliko se radi o monitoringu, da uvijek ista osoba uzorkuje komarce na istoj postaji. Individualna atraktivnost svakog pojedinog sakupljača rezultira i različitim brojem uhvaćenih vrsta. Isto tako, potrebno je voditi računa o dužini dana, koja je promjenjiva tijekom sezone, pa će i vrijeme sumraka biti različito za pojedine mjesecе.

Po završetku svakog uzorkovanja jedinke je potrebno usmrtiti, na temperaturi nižoj od 0 °C, višoj od 30 °C, dimom cigarete ili vatom namočenom u etil-acetat. Nakon što su jedinke usmrćene, obavlja se postupak determinacije odraslih jedinki po nekom od ključeva za determinaciju vrsta.

Navedenom je metodom potvrđena prepostavka kako „koncentracija“ komaraca u Osijeku ponekad može premašiti brojku od 1000 jedinki u 15 minuta. Inače, prag tolerancije na ubode komaraca prema standardima WHO iznosi 15 uboda u 15 minuta. Vrijednosti iznad toga broja signal su za adulticidno tretiranje, kao i procjenu ekonomске vrijednosti mjera suzbijanja komaraca. Međutim, u svijetu mnoge organizacije za suzbijanje komaraca imaju različite kriterije za početak adulticidnog tretiranja komaraca. Negdje se prag tolerancije na ubode komaraca mjeri u minutama, drugdje u 5, 10, 15 ili čak 30 minuta. Dobivene vrijednosti, a kao podatak za početak tretmana odraslih komaraca, variraju od 1 do 2 uboda u minutama (Ellis, 2004), 1 do 2 uboda u 5 minuta (AMCA, 1990), 3 komaraca u minutama (www.cityofgainesville.org), do 12 komaraca u minutama (www.mda.state.md.us). Najčešće, kada broj komaraca koji slete na čovjeka premaši jednog komarca po minutama mjerena, tada je dosegnuta razina koju mnogi ljudi ne mogu tolerirati.

3.8.1. Studija slučaja - Istraživanje u Vinkovcima i Osijeku

Dugogodišnjim istraživanjem odraslih komaraca na području Osijeka i Vinkovaca, metodom čovjek – aspirator - 15 minuta, utvrdio se sastav faune od ukupno 18 vrsta komaraca. U gradu Osijeku utvrđeno je 13 vrsta, dok je u Vinkovcima zabilježeno čak 17 vrsta (Tablica 3.8.1.1). Najveći problem komaraca u oba grada su brojne populacije vrsta *Ae. vexans* i *Oc. sticticus*, čiji razvoj ovisi o plavljenju terena nakon izljevanja rijeka.

Uzorkovanje komaraca obavljano je svaki drugi dan od svibnja do rujna u Osijeku na tri, a u Vinkovcima na šest postaja od 2002. do 2006. godine

Tablica 3.8.1.1. Fauna odraslih komaraca na području Osijeka i Vinkovaca uhvaćenih metodom čovjek - aspirator - 15 minuta od 2002. do 2006. godine

FAUNA	OSIJEK	%	VINKOVCI	%
<i>Ochlerotatus sticticus</i>	7459	42,63	7597	51,35
<i>Aedes vexans</i>	9597	54,85	5672	38,34
<i>Ochlerotatus cantans</i>	20	0,11	576	3,9
<i>Ochlerotatus caspius</i>	130	0,75	225	1,52
<i>Aedes cinereus</i>	17	0,1	188	1,27
<i>Culex pipiens k.</i>	116	0,67	162	1,1
<i>Ochlerotatus excrucians</i>	4	0,022	89	0,6
<i>Ochlerotatus rusticus</i>	1	0,005	83	0,56
<i>Coquillettidia richiardii</i>	7	0,04	69	0,46
<i>Culex modestus</i>	75	0,42	52	0,35
<i>Aedes rossicus</i>	16	0,1	42	0,28
<i>Ochlerotatus geniculatus</i>	-	-	13	0,08
<i>Anopheles maculipennis k.</i>	50	0,28	11	0,07
<i>Anopheles plumbeus</i>	-	-	9	0,06
<i>Culiseta annulata</i>	-	-	3	0,02
<i>Uranotenia unguiculata</i>	-	-	3	0,02
<i>Anopheles claviger</i>	-	-	1	0,006
<i>Anopheles hyrcanus</i>	9	0.05	-	-
UKUPNO	17498	100 %	14795	100 %

Tablice 3.8.1.1. pokazuje da je najbrojnija vrsta u Osijeku *Ae. vexans* pa tek onda vrsta *Oc. sticticus*, dok je na području Vinkovaca obrnuto, iako ove dvije vrste zajedno čine najveći udio u fauni komaraca obaju gradova. U fauni Osijeka čine udio od čak 97,48 %, dok u fauni Vinkovaca ove vrste zajedno čine 89,69 %.

Ukupno je uhvaćeno 32.293 jedinki komaraca. Ukupan broj uhvaćenih jedinki na području grada Osijeka iznosi 17.498 (prosječno 5.832 po postaji) jedinki što ukazuje da je brojnost komaraca na području Osijeka bila puno veća u odnosu na Vinkovce 14.795 (prosječno 2.465 po postaji), tijekom petogodišnjeg perioda (Tablice 3.8.1.2 i 3.8.1.3).

Tablica 3.8.1.2. Ukupan broj uhvaćenih jedinki na tri postaje tijekom pet godina u Osijeku

Godina/Postaja	Donji grad	Iktus	Retfala	UKUPNO
2002	2563	962	428	3953
2003	130	38	17	185
2004	2663	1663	1514	5840
2005	2153	1715	1607	5475
2006	426	311	1308	2045
UKUPNO	7935	4689	4874	17498

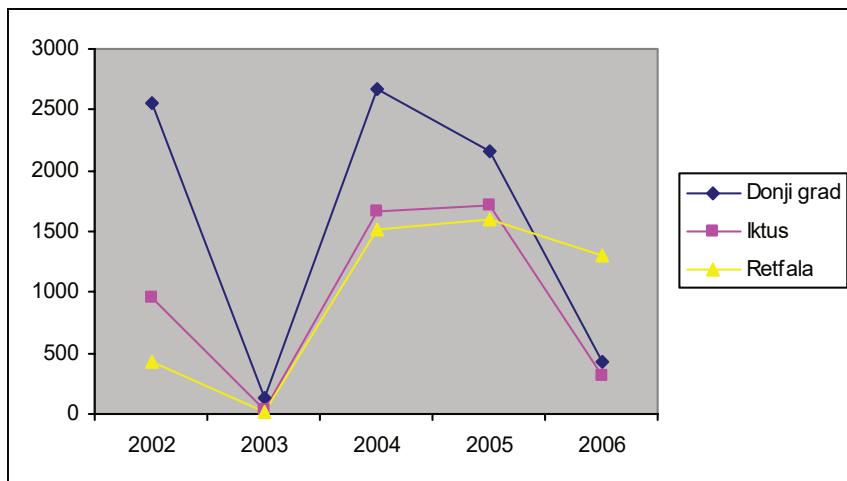
Tablica 3.8.1.3. Ukupan broj uhvaćenih jedinki na šest postaja tijekom pet godina u Vinkovcima

Godina/ Postaja	Bolnica	Park	Lenije	Bosut	Sopot	Kolodvor	UKUPNO
2002	0	341	759	540	660	369	2669
2003	28	12	28	20	50	8	146
2004	527	467	829	808	777	551	3959
2005	716	512	934	713	931	560	4366
2006	625	399	797	556	860	418	3655
UKUPNO	1896	1731	3347	2637	3278	1906	14795

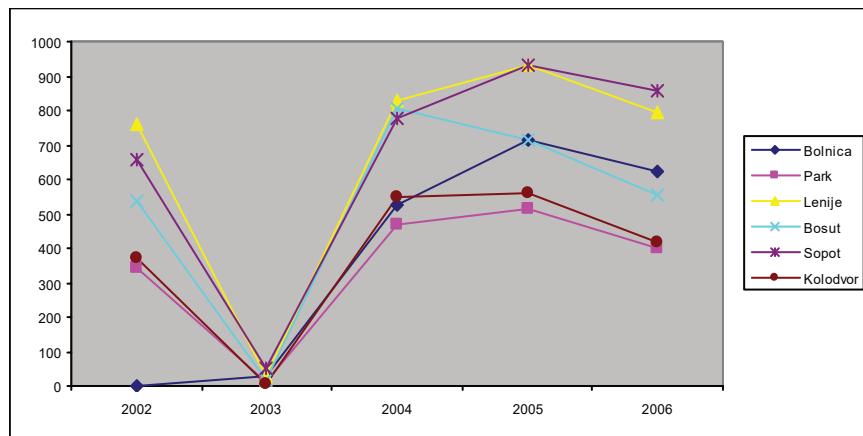
Usporedbom istraživanih godina primjećuje se da je tijekom 2003. godine zabilježena najmanja brojnost komaraca na svim postajama u oba grada, što je izravno povezano s izostankom plavljenja inundacija i dodatno dugim sušnim razdobljem te godine.

Najveća brojnost komaraca tijekom ovih pet godina zabilježena je u Osijeku tijekom 2004. (Tablica 3.8.1.2), godine dok je u Vinkovcima to bila 2005. godina (Tablica 3.8.1.3).

S obzirom da je grad Osijek okružen poplavnim područjem, a Vinkovci izuzetno velikim šumskim područjem, a eudominantne vrste (*Oc. sticticus* i *Ae. vexans*) mogu preletjeti i do 30 km, nije čudno što se aktivnost i brojnost komaraca podudara što možemo i vidjeti iz slika 3.8.1.1 i 3.8.1.2. Promatrajući te slike vidi se isti trend brojnosti komaraca u istraživanom razdoblju u oba grada.

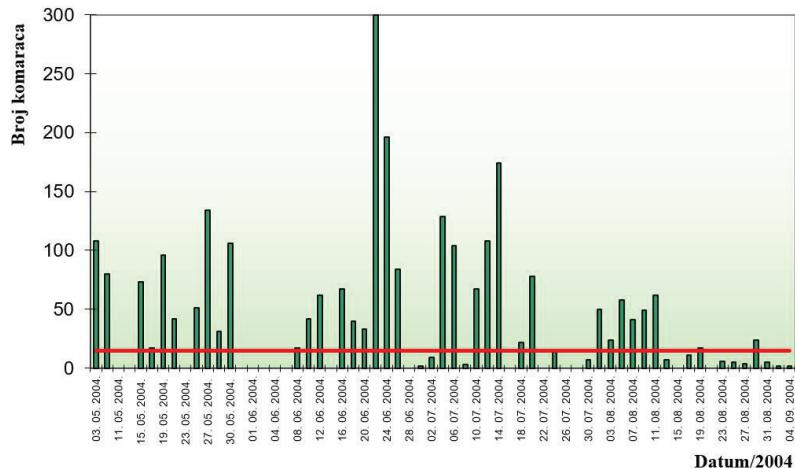


Slika 3.8.1.1. Kretanje brojnosti komaraca na mjernim postajama u Osijeku



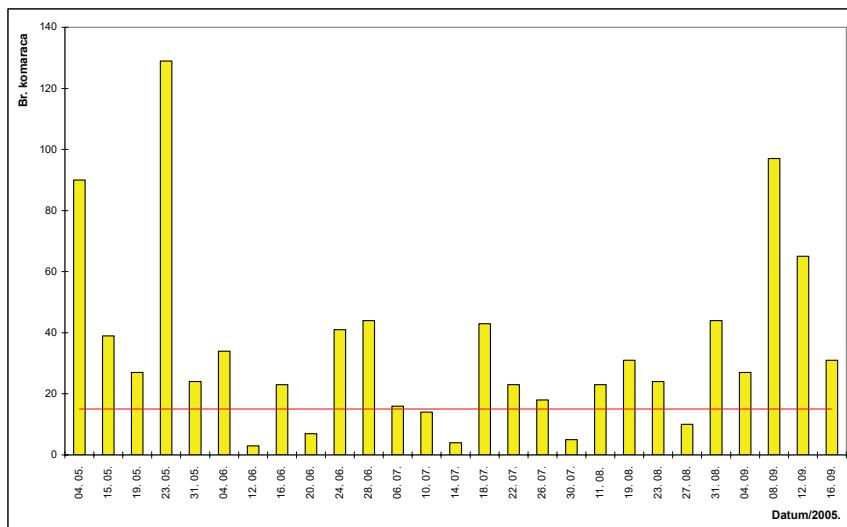
Slika 3.8.1.2. Kretanje brojnosti komaraca na mjernim postajama u Vinkovcima

Najveća brojnost jedinki na području Osijeka zabilježena je na postaji Donji grad tijekom 2004. godine, a na slici 3.8.1.3 prikazana je i sezonska aktivnost te godine. Tijekom istraživanja brojnost komaraca je često prelazila granicu tolerancije od 15 uboda u 15 minuta. Od 64 mjerjenja, čak je u 33 aktivnost prešla granicu tolerancije, što je više od 52 %. Najbrojnije vrste bile su *Oc. sticticus* i *Ae. vexans* sa čak 98,91 % udjela u fauni na toj postaji te godine.



Slika 3.8.1.3. Sezonska aktivnost komaraca u Osijeku na postaji Donji grad u 2004. godini

Tijekom sezone 2005. na području grada Vinkovaca najveća aktivnost i brojnost komaraca zabilježena je na postaji Lenije, a sezonska aktivnost prikazana je na Slici 3.8.1.4. Ukupno je uhvaćeno 936 odraslih jedinki tijekom cijele sezone. Najveća aktivnost zabilježena je tijekom svibnja i rujna. I na postaji Lenije u Vinkovcima najbrojnije su vrste *Oc. sticticus* i *Ae. vexans* s 91 % udjela u fauni na toj postaji te godine. Od ukupno 27 uzorkovanja komaraca na postaji Lenije, čak u 21 mjerenu zabilježena aktivnost komaraca iznosila je više od 15 komaraca u 15 minuta, što iznosi 80,76 %.



Slika 3.8.1.4. Sezonska aktivnost komaraca u Vinkovcima na postaji Lenje u 2005. godini

Ovom metodom možemo dobiti kompletan pregled sezonske dinamike i brojnosti pojedinih vrsta na određenom području u svrhu regulacije njihove brojnosti.

Prednosti ove metode su:

- mogućnosti hvatanja izuzetno velikog broja vrsta komaraca
- mogućnosti procjene trenutne brojnosti komaraca za određeno područje
- mogućnosti procjene brojnosti komaraca za ostala gradska područja
- jednostavnosti uzorkovanja komaraca
- uzorkovanja komaraca molestanata.

3.9. Monitoring komaraca

Riječ monitoring u biološkom smislu označava sustavno praćenje neke skupine organizama. Prati se pojavnost, promjena brojnosti, aktivnost organizama koji se prate, ali prate se i ekološki čimbenici koji utječu na organizme.

Svrha monitoringa komaraca je u utvrđivanju faunističkih značajki, utvrđivanju sezonske dinamike brojnosti jedinki, određivanju područja gdje ima, a gdje nema komaraca, determinacija komaraca, a posebno vrsta koje su potencijalni prenositelji bolesti. Ukoliko se uz podatke o komarcima prate i drugi abiotički parametri: meteorološki (oborine, vjetar relativna vlažnost), hidrološki (visina vodostaja, dužina trajanja vodenog vala) i ekološki (prisutnost predatora ili tretmana) **to je temelj za organizaciju kontrole komaraca** što podrazumijeva preciznije predviđanje najezdi komaraca u urbanim sredinama, a potom i učinkoviti larvicidni, odnosno adulticidni tretmani.

Postoji nekoliko preduvjeta koji moraju biti ispunjeni prije nego li se uspostavi monitoring komaraca nekog područja. Potrebno je:

- definirati problem u vezi s komarcima
- definirati parametre na kojima će se temeljiti program kontrole komaraca i
- primijeniti primjerene metode istraživanja s ciljem dobivanja podataka za kasnije usmjeravanje i preciziranje rada u daljnjoj kontroli komaraca.

Uz metode uzorkovanja, potrebno je konzultirati literaturne podatke o vrstama komaraca, njihovoj biologiji, epidemiološkom značenju i ponašanju u odnosu na čovjeka.

Jednom kada je proučena fauna komaraca istraživanoga područja i kada je sastavljen popis komaraca (molestanata i vektora) trebamo odgovoriti na dva bitna pitanja:

- Koje vrste komaraca uzrokuju probleme?
- Kako odrediti gdje će i kada, pojedina vrsta komaraca, stvarati probleme?

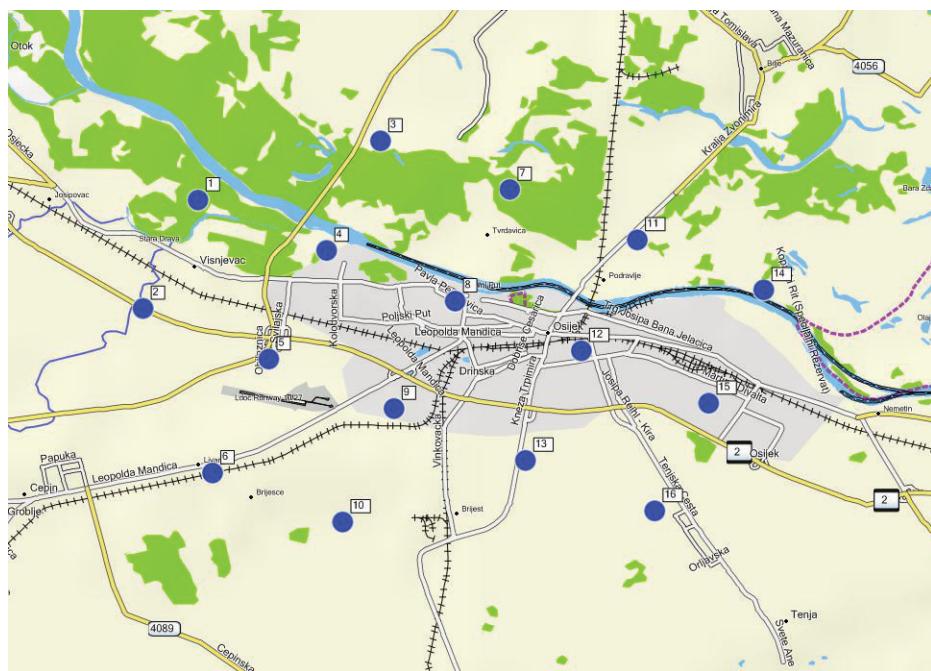
Tu sada dolazi monitoring komaraca, a to je niz radnji koje će donijeti precizne podatke o tome gdje se komarci nalaze, u kojem su stadiju, kolika im je brojnost te kada i kuda kreću migracije. Da bismo dobili takve podatke, moramo kontinuirano i u kratkim intervalima posjećivati teren i bilježiti promjene.

Monitoring je samo prva faza u kontroli komaraca. Nakon monitoringa treba obaviti tretiranja potom kontrolu tretiranja.

Višegodišnjim monitoringom dobivaju se serije podataka koji nakon analize donose znanja koja će moći predvidjeti povećanje brojnosti komaraca i uvelike olakšati organizaciju kontrole komaraca na mjestu izvođenja programa. Ukoliko se u program kontrole komaraca uključe i stručnjaci koji mogu modelirati, višegodišnji podatci monitoringa bit će osnova za izradu modela.

3.9.1. Studija slučaja - Prednosti dugogodišnjeg monitoringa komaraca

Tijekom trogodišnjeg monitoringa (2012. – 2014.) odraslih komaraca na području grada Osijeka metodom CDC-klopke, uzorkovanje se obavljalo dva puta mjesečno, od travnja do listopada istraživane godine, na 16 postaja postavljenih u mrežu (Slika 3.9.1.1).



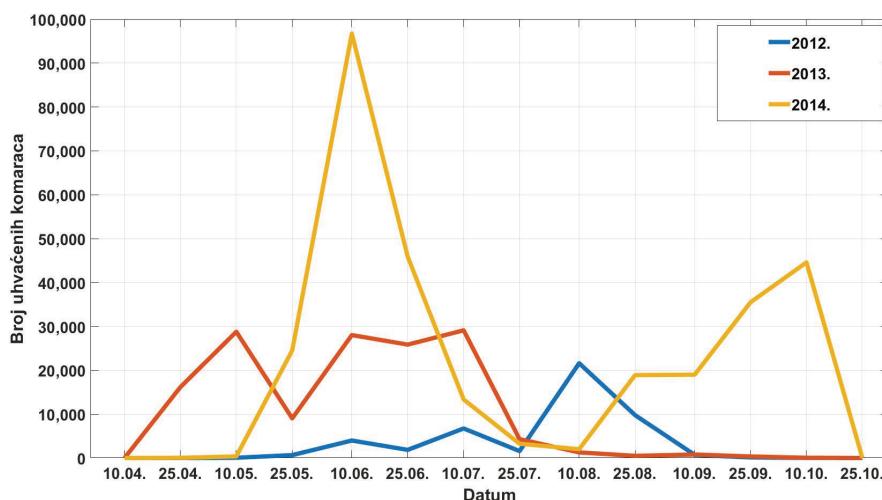
Slika 3.9.1.1. Mesta postavljanja CDC klopki u gradu

Svake godine bilo je 14 uzorkovanja i to dvaput mjesечно 10. i 25. u mjesecu. Ukupna brojnost komaraca bila je različita za svaku istraživanu godinu (Tablica 3.9.1.1)

Tablica 3.9.1.1. Broj komaraca uhvaćen u svim CDC klopkama u Osijeku

Godina	2012	2013	2014
Broj komaraca	47.089	144.978	304.094

Broj komaraca u pojedinoj godini ovisio je o broju generacija, visini vodnog vala koji je aktivirao legla i migracijama prema gradu. Budući da grad Osijek „dobiva“ poplavne komarce s dva različita područja, sjeverozapadno (Halašovo) i sjeveroistočno (Kopački rit) od grada, kombinacija mnogih čimbenika odredit će odakle i koliko će komaraca ući u grad. Usporedbom višegodišnjih podataka o ukupnoj brojnosti komaraca, može se odgovoriti na mnoga pitanja (Slika 3.9.1.2).



Slika 3.9.1.2. Kretanje brojnosti komaraca u 2012., 2013. i 2014. godini uhvaćenih metodom CDC – klopka u Osijeku

Analizom podataka višegodišnjeg monitoringa iz godine u godinu proširuju se znanja o biologiji komaraca. Mnogo podataka se može dobiti kada postavimo ovakav višegodišnji monitoring:

- evidentiramo razliku u brojnosti komaraca koju možemo povezati s vodostajem te godine
- evidentiramo broj generacija u pojedinoj godini
- bilježimo klopke s povećanom brojnošću komaraca (prostorna analiza)
- bilježimo brzinu širenja (vremenska analiza)
- evidentiramo brojnost i pojavnost vrsta (faunistička analiza)
- podatci se mogu iskoristiti za dinamički kriging (izradu dinamičkih karata)
- podatci mogu ukazati na učinkovitost tretmana.

4. Fauna komaraca u Republici Hrvatskoj

4.1. Popis vrsta komaraca (Diptera, Culicidae) u Hrvatskoj

Republika Hrvatska je zemlja s velikim brojem ekosustava i staništa te bogatom i raznolikom florom i faunom. Zbog vrlo raznolikih klimatskih, geoloških i ekoloških čimbenika, u flori i fauni se još uvijek nalaze nove vrste koje nisu zabilježene, postojeći popisi zasigurno nisu potpuni.

U prvom popisu hrvatskih komaraca popisano je 48 vrsta (Merdić i sur., 2004.). Taj je popis obuhvatio povijesne i trenutne podatke. Bilo je vrlo teško izjednačiti povijesne podatke sa starim imenima u novu modernu nomenklaturu. Prema našem iskustvu (37 godina rada na terenu) neke vrste s te liste nikada nismo uhvatili. Općenito, istraživanje komaraca u Republici Hrvatskoj može se podijeliti u tri razdoblja. Prvo razdoblje je prva polovica 20. stoljeća, sve do iskorjenjivanja malarije. U tom je razdoblju objavljeno mnoštvo znanstvenih i stručnih radova, a najvažnija tema bili su vektori malarije. Ostali komarci spomenuti su kolateralno. Istraživači iz tog razdoblja bili su: Apfelbeck, Baranov, Kaman, Karaman, Langhoffer, Martini i Strobl. Drugo je razdoblje nakon iskorjenjivanja malarije sve do rata u Republici Hrvatskoj 90-ih. U tom je razdoblju objavljeno manje radova i manje je znanstvenog interesa za komarce. To razdoblje obilježavaju sljedeći istraživači: Adamović, Paulus, Pavišić i Trausmiler. Treće razdoblje je nakon Domovinskog rata u Hrvatskoj do danas. Ovo razdoblje karakterizira znanstveni rad usmjeren na komarce molestante i komarce koji su važni za javno zdravstvo. U tom razdoblju obrađuju se mnoge druge znanstvene teme (fauna, atraktanti, migracije, molekularna analiza, vektorska uloga, invazivne vrste, suzbijanje komaraca). Nakon drugog razdoblja, zanimanje za komarce ponovno je pobudio Merdić, a slijedili su ga Sudarić

Bogojević, Žitko, Vignjević, Klobučar, Turić, Vrućina, Jeličić, Romanović i Graovac.

Dvije velike promjene dogodile su se otkako je objavljen prvi popis komaraca u Republici Hrvatskoj. Prije svega, utvrđeno je prisustvo dvije invazivne vrste komaraca, a drugo, komarci su ponovno postali vektori u Republici Hrvatskoj. Te dvije nove situacije dodatno su povećale interes za komarce. Danas se mnogi znanstvenici bave medicinskim pitanjima, što je rezultiralo organiziranjem Nacionalnog monitoringa invazivnih vrsta u Republici Hrvatskoj (2016. - 2017.) kojega je u te dvije godine proveo Hrvatski zavod za javno zdravstvo u suradnji s Odjelom za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Očekujemo da će se fauna komaraca ubuduće proširiti i obuhvatiti više vrsta. Jedna vrsta koja bi se u Republici Hrvatskoj mogla naći u skoroj budućnosti je *Aedes koreicus* budući da je vrsta zabilježena u dvije susjedne zemlje, Sloveniji (Kalan i sur. 2017) i Mađarskoj (Kurucz i sur. 2016). Dvije dodatne invazivne vrste komaraca zabilježene u Europi, *Ae. atropalus* i *Ae. triseriatus* (Medlock i sur. 2012, Schaffner i sur. 2013), mogao bi se proširiti i na Republiku Hrvatsku. Nadalje, trenutno (2018. - 2021.) se provodi veliki projekt DNK barkodiranja biološke raznolikosti hrvatske faune. I komarci su uključeni u ovaj projekt pa će dodatna istraživanja omogućiti rješavanje nekih otvorenih pitanja o nekoliko kompleksa vrsta.

Popis vrsta

Aktualni popis uključuje 52 vrste komaraca koje su zabilježene u Republici Hrvatskoj. Raspoređeni su u 8 rodova, i to: *Anopheles* (12 vrsta), *Aedes* (5), *Ochlerotatus* (19), *Coquillettidia* (1), *Culex* (7), *Culiseta* (6), *Orthopodomyia* (1) i *Uranotaenia* (1).

Ovaj popis vrsta napravljen je na osnovi trenutnog važećeg popisa komaraca u Europi: *A revised checklist of European mosquitoes* autora Snow i Ramsdale (2003) koji je temeljen na klasifikaciji i nomenklaturi prema *A catalogue of the mosquitoes of the World* (Knight i Stone, 1977). Za determinaciju vrsta u Republici Hrvatskoj korišteni su

ključevi: Gutsevich i sur., 1974; Schaffner i sur. 2001; Becker i sur., 2010.

Familia CULICIDAE

Subfamilia ANOPHELINAE

Genus *Anopheles* Meigen, 1818

Subgenus *Anopheles* Meigen, 1818.

1. *algeriensis* Theobald, 1903.
 2. *atroparvus* Van Thiel, 1927.
 3. *claviger* Meigen, 1804.
 4. *daciae* Linton, Nicolescu & Harbach 2004
 5. *hyrcanus* Pallas, 1771.
 6. *labranchiae* Falleroni, 1926.
 7. *maculipennis* Meigen, 1818.
 8. *melanoon* Hackett, 1934.
 9. *messeae* Falleroni, 1926.
 10. *plumbeus* Stephens, 1828.
 11. *sacharovi* Favre, 1903.
- Subgenus *Cellia* Theobald, 1902.
12. *superpictus* Grassi, 1899.

Subfamilia CULICINAE

Genus *Aedes* Meigen, 1818.

Subgenus *Aedes* Meigen, 1818.

13. *cinereus* Meigen, 1818.
 14. *rossicus* Dolbeshkin, Gorickaja and Mitrofanova, 1930.
- Subgenus *Aedimorphus* Theobald, 1903.
15. *vexans* Meigen, 1830.

Subgenus *Stegomyia* Theobald, 1901.

16. *albopictus* Skuse, 1895.
17. *japonicus* Theobald 1901.

Subgenus *Hulecoeteomyia*

Genus *Ochlerotatus* Lynch-Arribálzaga, 1891.

Subgenus *Finlaya* Theobald, 1903.

18. *geniculatus* Olivier, 1791.
Subgenus **Ochlerotatus** Lynch-Arribálzaga, 1891.
19. *annulipes* Meigen, 1830.
20. *behningi* Martini, 1926.
21. *cantans* Meigen, 1818.
22. *caspius* Pallas, 1771.
23. *cataphylla* Dyar, 1916.
24. *communis* De Geer, 1776.
25. *detritus* Haliday, 1833.
26. *dorsalis* Meigen, 1830.
27. *excrucians* Walker, 1856.
28. *flavescens* Müller, 1764.
29. *leucomelas* Meigen, 1804.
30. *nigrinus* Eckstein, 1918.
31. *pulchritarsis* Rondani, 1872.
32. *punc tor* Kirby, 1837.
33. *riparius* Dyar and Knab, 1907.
34. *sticticus* Meigen, 1838.
35. *zammitii* Theobald, 1903.
Subgenus **Rusticoidus** Shevchenko & Prudkina, 1973.
36. *rusticus* Rossi, 1790.

Genus Coquillettidia Dyar, 1905.

- Subgenus **Coquillettidia** Dyar, 1905.
37. *richiardii* Ficalbi, 1889.

Genus Culex Linnaeus, 1758.

- Subgenus **Barraudius** Edwards, 1921.
38. *modestus* Ficalbi 1890.
- Subgenus **Culex** Linnaeus, 1758.
39. *pipiens* Linnaeus, 1758.
 40. *laticinctus* Edwards 1913.
 41. *torrentium* Martini 1925.
- Subgenus **Maillotia** Theobald, 1907.
42. *hortensis* Ficalbi, 1889.
- Subgenus **Neoculex** Dyar, 1905.
43. *martinii* Medschid, 1930.

44. *territans* Walker, 1856.

Genus *Culiseta* Felt, 1904.

Subgenus ***Allotheobaldia*** Brölemann, 1919.

45. *longiareolata* Macquart, 1838.

Subgenus ***Culicella*** Felt, 1904.

46. *fumipennis* Stephens, 1825.

47. *morsitans* Theobald, 1901.

Subgenus ***Culiseta*** Felt, 1904.

48. *annulata* Schrank, 1776.

49. *glaphyroptera* Schiner, 1864.

50. *subochrea* Edwards, 1921.

Genus *Orthopodomyia* Theobald, 1904.

51. *pulcripalpis* Rondani, 1872.

Genus *Uranotaenia* Lynch-Arribálzaga, 1891.

Subgenus ***Pseudoficalbia*** Theobald, 1912.

52. *unguiculata* Edwards, 1913.

Legenda:

Familia – porodica, subfamilia – podporodica, genus – rod, subgenus – podrod, species – vrsta

Stanko Karaman je 1925. objavio članak "Komarci i njihovo suzbijanje" u Dalmaciji te prvi puta evidentirao prisutnost nekih vrsta komaraca u Republici Hrvatskoj. To su: *Mansonia richiardii* (sada *Coquillettidia richiardii*), *Stegomyia fasciatus* (sada *Ae. aegypti*), *Cx. modestus*, *Cx. hortensis*, *Cx. territorans* i *Anopheles hyrcanus*. Dakle, navodi se prisutnost *Aedes aegypti*! U tom radu navode se još *An. plumbeus*, *An. superpictus*, *Ae. dorsalis* (sada *Oc. dorsalis*), *Ae. geniculatus* (sada *Oc. geniculatus*) and *Uranotenia unguiculata*. Budući da se *Ae. aegypti* smatra jednom od najopasnijih vrsta komaraca na svijetu zbog velikog vektorskog kapaciteta, rasprostranjenost ove vrste budno se prati u Europi. Trenutna distribucija *Ae. aegypti* u Europi je otočje Madeira (Portugalski otoci) te Gruzija, Armenia i sjeveroistočna Turska

(distribucijske karte ECDC - European Center for Disease Control). Budući da se 34 godine intenzivno istražuju komaraci u Republici Hrvatskoj i da su u ta istraživanja uključeni mnogi suradnici diljem Hrvatske, nitko nikada nije uhvatio niti jednu jedinku te vrste, što ukazuje da postoji vrlo mala mogućnost prisutnosti te vrste u Hrvatskoj. Nikada nećemo saznati je li podatak koji nam je ostavio Pavišić sporadična jedinka koju je uhvatio negdje bez ukorjenjivanja populacije ili je u pitanju bila pogrešna identifikacija vrste. Zbog toga je ova vrsta skinuta s popisa prisutnih vrsta komaraca u Republici Hrvatskoj, iako je bila na prvom popisu.

U narednim poglavljima bit će predstavljena fauna komaraca u pojedinim dijelovima Republike Hrvatske. Rezultat je to rada s različitim suradnicima koji su na različite načine bili uključeni u rad. Neki radovi su nastali kao rezultat rada na nekom projektu, neki u suradnji, a neki iz čistog znanstvenog interesa. U svim ovim radovima istraživanje faune komaraca je bio glavni ili jedan od glavnih ciljeva. Budući da su metode rada u svim radovima bile iste, ovdje se neće spominjati. Metode istraživanja komaraca obradene su u 3. poglavlju. U svim radovima determinacija komaraca je obavljena na temelju morfološke građe odraslih jedinki ili ličinki, koristeći već navedene ključeve. Jedina razlika u determinaciji komaraca je u radu o DNA barkodiranju.

4.2. Funa i ekologija komaraca u Kopačkom ritu

Kada sam počeo s istraživanjem komaraca ili bolje rečeno kukaca uopće, institucija u kojoj sam radio (Pedagoški fakultet, krajem 80-ih godina prošlog stoljeća) bila je vrlo slabo, gotovo nikako opremljena. Tada sam, od već spomenutog profesora Mikuske, dobio još jedan savjet: uzmi prirodu kao svoj laboratorij, a naročito Kopački rit, jer laboratorijska nemamo. I tako je Kopački rit bio prvi na redu za istraživanje.

Kopački rit je po mnogočemu posebno i jedinstveno područje. To je vrlo očuvano prirodno poplavno područje, i uz deltu Dunava, predstavlja najbolje očuvano poplavno područje u cijelom Podunavlju. Poplavno područje inače predstavlja ekološki sustav s jedinstvenom florom i faunom koji se mijenja pod utjecajem dolaska i odlaska vode. Tu nalazimo biljke i životinje koje su se prilagodile na takav vodni režim. S druge strane takve biljke i životinje rijetko se nalaze u drugim ekosustavima. Zbog izuzetno vrijedne i jedinstvene faune, ovo je područje zaštićeno još od davnina. Park prirode Kopački rit utemeljen je 1976. godine i najstariji je proglašeni park prirode u Republici Hrvatskoj. Između Dunava na istoku i Drave na jugu, Kopački rit prostire se na 231 četvornom kilometru. Najvažniji dio je Posebni zoološki rezervat površine oko 70 četvornih kilometara. Ovaj je park prirode uvršten na listu ornitološki značajnih područja - IBA (Important Bird Area). Ramsarskom konvencijom 1993. godine proglašen je međunarodno značajnim zaštićenim područjem. UNESCO (United Nations Educational, scientific and Cultural Organization) je 2012. godine proglašio prekogranični rezervat biosfere Mura – Drava – Dunav, a Kopački rit je njegov iznimno vrijedan dio, a od ulaska Republike Hrvatske u EU je i Natura 2000 područje.

Kopački rit je značajno poplavno područje u Republici Hrvatskoj zbog izuzetnog bogatstva ptica. Međutim, o kukcima na području Kopačkog rita malo se znalo do odobrenja znanstvenog projekta Entomofauna Kopačkog rita. Prije tog projekta napisan je mali broj

radova koji govore o kukcima u Kopačkom ritu i uglavnom su bili stari više desetljeća. U svim tim radovima evidentirana je prisutnost 398 vrsta kukaca što je simboličan broj. Usپoredimo li s brojem evidentiranih vrsta ptica koji je 284, tek tada vidimo da je broj vrsta kukaca izuzetno malen. Istraživanja na ovom projektu dala su mnogobrojne podatke o kukcima. Nakon 10 godina istraživanja broj poznatih vrsta popeo se na 777, Od tog broja, 13 vrsta je prvi puta zabilježeno za faunu Republike Hrvatske, utvrđene su velike razlike u fauni kukaca između dva dijela Kopačkog rita: sjeverni šumski i južni poplavni. U Kopačkom ritu je pronađeno 5 vrsta koje su na europskom nivou kritično ugrožene, a u ritu imaju stabilne populacije.

Naravno da su komarci bili predmet mnogobrojnih istraživanja. Od 1993. i prvog objavljenog rada o komarcima Kopačkog rita (Merdić, 1993), Kopački rit je postao laboratorij za istraživanje komaraca. Napisan je veći broj radova (Merdić, 1993; Merdić i Lovaković, 1999; Merdić i Lovaković 2001; Merdić i Sudarić, 2003; Merdić i Boca, 2004; Merdić i sur., 2007; Sudarić Bogojević i sur., 2007; Vrućina, 2010; Merdić i sur., 2010; Sudarić i sur., 2011; Jeličić-Marinković i sur., 2014) koji se direktno bave komarcima iz različitih motrišta (fauna, ekologija, etologija, širenje, atraktanti, itd). U ovom tekstu dat će se samo sumarni faunistički pregled komaraca Kopačkog rita (Tablica 4.2.1) i prikazat će se neobjavljeni podatci dugogodišnjeg monitoringa komaraca u Kopačkom ritu.

Tablica 4.2.1. Povećanje broja zabilježenih vrsta komaraca u Kopačkom ritu u objavljenim znanstvenim radovima od 1993.

VRSTA	Merdić 1993.	Merdić, Lovaković 1999.	Merdić, Sudarić 2003.	Vrućina 2010.	Merdić i sur. 2010.	Vignjević, 2014.
<i>Anopheles claviger</i>		X	X	X	X	
<i>Anopheles maculipennis</i>	X	X		X		X
<i>Anopheles messeae</i>			X		X	X
<i>Anopheles daciae</i>						X
<i>Anopheles hyrcanus</i>	X		X	X	X	
<i>Anopheles plumbeus</i>		X	X	X	X	
<i>Aedes cinereus</i>	X	X		X	X	
<i>Aedes rossicus</i>		X			X	
<i>Ades vexans</i>	X	X	X	X	X	
<i>Ochlerotatus cantans</i>		X		X		
<i>Ochlerotatus cataphylla</i>				X		
<i>Ochlerotatus caspius</i>	X	X	X	X	X	
<i>Ochlerotatus excrucians</i>	X	X	X	X		
<i>Ochlerotatus flavesiensis</i>				X		
<i>Ochlerotatus geniculatus</i>	X			X		
<i>Ochlerotatus sticticus</i>	X	X	X	X	X	
<i>Coquillettidia richiardii</i>	X	X	X	X	X	
<i>Culex modestus</i>			X	X	X	
<i>Culex pipiens</i>	X	X	X	X	X	
<i>Culex territans</i>				X		
<i>Culiseta annulata</i>	X		X	X		
<i>Uranotaenia unguiculata</i>				X		
Ukupno 22 vrste	11	12	12	19	12	1

Prema dosadašnjim radovima broj vrsta komaraca u Kopačkom ritu je 22. Neke su vrste jako brojne, neke srednje, a neke vrste uzorkovane su samo po nekoliko jedinki tijekom dugogodišnjeg

istraživanja komaraca u Kopačkom ritu. Prije svega treba jasno razdvojiti dva dijela Kopačkog rita koji se jasno razlikuju a to su: poplavni i šumski. U poplavnim dijelima imamo veliki broj jedinki i relativno mali broj vrsta, a u šumskom dijelu manji broj jedinki i veliki broj vrsta (osim ako migracijama u šume uđu velike populacije poplavnih komaraca). Za poplavni prostor karakteristične su sljedeće vrste: *Ae. vexans*, *Oc. sticticus*, *Ae. cinereus*, *Ae. rossicus*, *Cx. modestus*, *An. messeae* i svugdje prisutni *Cx. pipiens*. Sve navedene vrste legu se u poplavnem prostoru, a vrste koje polažu jaja na tlo gdje će poplavna voda doći dolaze u ogromnim populacijama. Razlog zašto su njihove populacije velike je nekoliko. Prije svega to je autogentost poplavnih vrsta komaraca, tj. sposobnost polaganja prvičnih jaja bez uzimanja krvnog obroka. Čim voda uđe u poplavni prostor potopi jaja i nakon jedan do dva dana možemo vidjeti ličinke prvog stupnja razvoja. Razvoj im teče (ovisno o temperaturi) prilično brzo te se oni razvijaju u vodi u kojoj još nema predavara. Život poplavnih komaraca traje od 4 do 6 tjedana i to je vrijeme kada se voda povuče i osloboди najbolja mjesta za ovipoziciju. Sve se ovo događa dok se ne uspostavi stabilni vodeni ekosustav. Kada se on uspostavi komarci napuste ovaj ekosustav (izlegu se i prelaze u zrak). S druge strane *Cx. modestus*, *An. messeae* i *Cx. pipiens* polažu jaja na površinu vode kada je voda već neko vrijeme u ritu. Kada se voda stabilizira, pokreću se mnogi hranidbeni lanci pa je brojnost ovih komaraca znatno manja jer ličinke ulaze u mnoge hranidbene lance (imaju veliki broj predavara). Zato ovi komarci nikada nisu jako brojni.

Komarci na sjevernom dijelu rita su raznovrsniji. U tom dijelu Kopačkog rita velika je raznovrsnost legala. Od raznovrsnih kanala (plitki, duboki, obrasli, goli), jezeraca (zasjenjeni, osunčani), depresija u proseckama (tragovi traktora, prirodne depresije), rupama u drveću (različitih vrsta drveća) koji pružaju odlične uvjete za razne vrste komaraca. Ovome možemo dodati i činjenicu da u šume ulijeću i poplavni komarci jer šuma pruža dobre uvjete za život. Tipične šumske vrste imaju samo jednu generaciju godišnje i to onu ranoproljetnu, a to su: *Oc. cantans*, *Oc. excrucians*, *Oc. cataphylla* i *Oc. flavescens* koje imaju dosta raspoloživih legala u Kopačkom ritu iako su neke od njih jako rijetke. U šumama su evidentirane i vrste *An. plumbeus* i *Oc. geniculatus* koje imaju legla u rupama u drveću. Ostale vrste legu se u ostalim raznovrsnim neglelima rita.

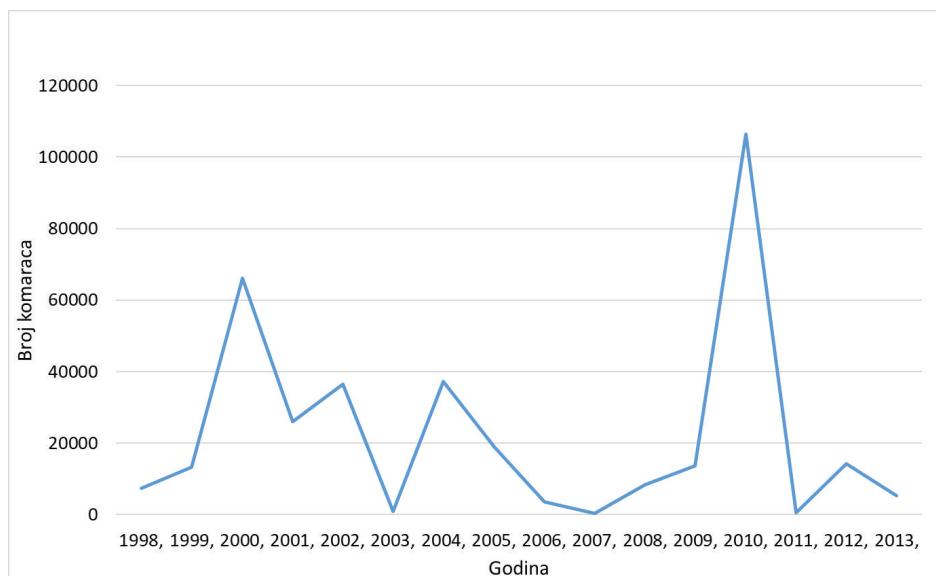
Kao i na svim drugim mjestima i u Kopačkom ritu zabilježili smo nekoliko vrsta kod kojih smo zabilježili jednu ili samo nekoliko jedinki za cijelo vrijeme istraživanja i kroz različita istraživanja. To su: *Oc. cataphylla*, *Oc. flavesrens*, *Cx. territans* i *Ur. ungciculata*.

Sestrinske vrste iz *An. maculipennis* kompleksa dugi niz godina su uzorkovane i determinirane samo do nivoa kompleksa. Jedini podatak o sigurnoj evidenciji dvije vrste iz tog kompleksa datira iz 1990. kada je na temelju različitih šara na jajima evidentirano prisustvo *An. maculipennis* i *An. meseae* u Podravlju, selu na samoj granici Posebnog zoološkog rezervata (Merdić, 1990). Nakon sveobuhvatnog istraživanja ovog kompleksa u cijeloj Republici Hrvatskoj (Vignjević, 2014), na području Kopačkog rita utvrđena je još jedna vrsta iz tog kompleksa, *An. daciae*.

Projekt Entomofauna Kopačkog rita započet je 1998. godine unutar kojega su istraživani i komarci. Ovdje će biti prikazan samo dio tih rezultata.

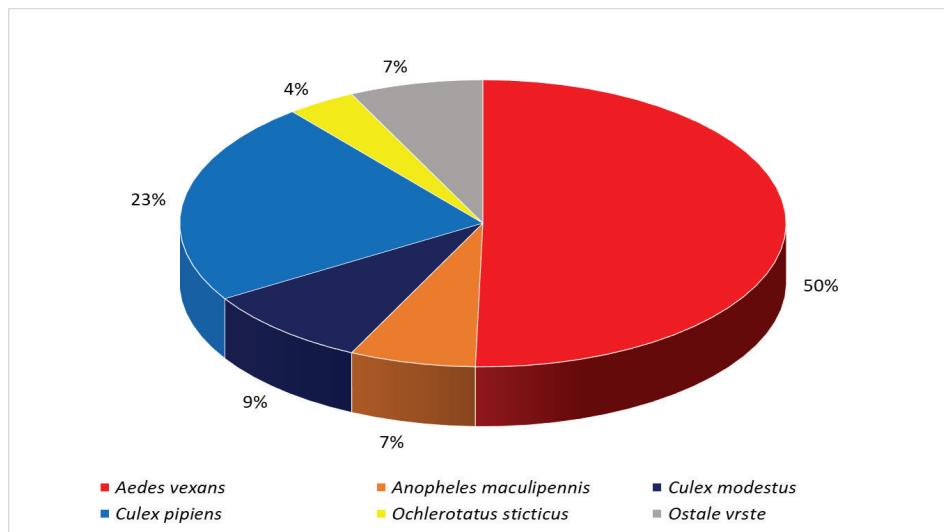
Istraživanja su obavljena postavljanjem CDC klopki uz suhi led kao atraktant (24 sata) jedanput mjesečno i to od svibnja do listopada od 1998. do 2013. godine, dakle 16 godina.

Ukupno je uhvaćeno 359.255 komaraca. Broj komaraca se značajno razlikovao od godine do godine. Svakako da treba izdvojiti 2003., 2007. i 2011., godine s najmanjim brojem komaraca (857, 431 i 611). Za Kopački rit to je izuzetno malo komaraca. Najveći broj komaraca 106.486 uhvaćen je 2010. godine, a ostale godine su u prosjeku (Slika 4.2.1)

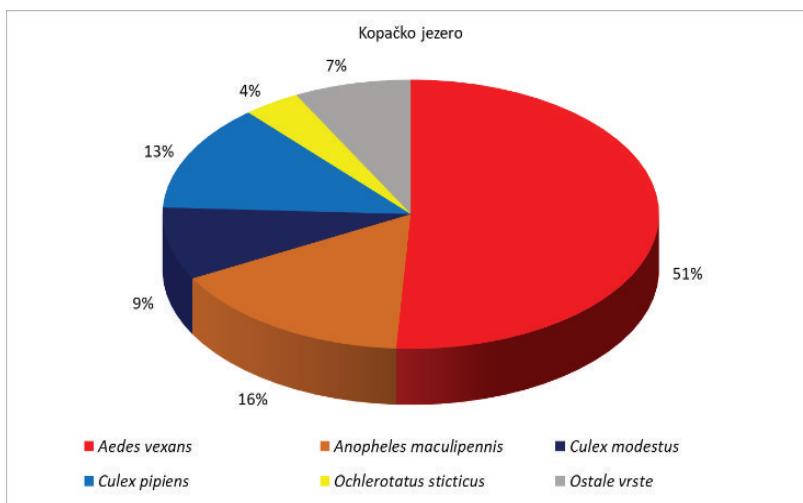


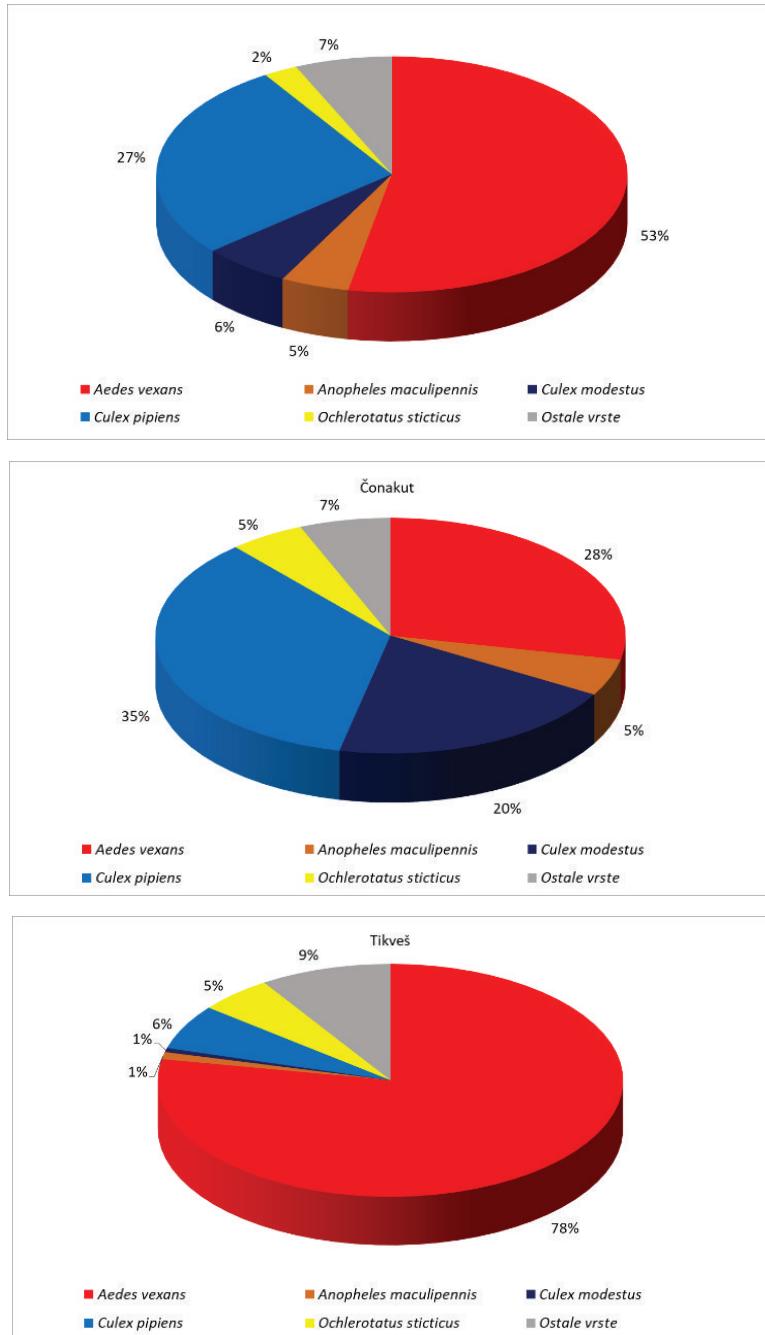
Slika 4.2.1. Kretanje brojnosti komaraca na svim postajama u Kopačkom ritu od 1998. do 2013.

Sastav vrsta ukazuje na vrlo veliku raznolikost. Ukupno je utvrđena 21 vrsta komaraca. Dvije vrste su eudominantne *Ae. vexans* i *Cx. pipiens*, a dvije vrste su subdominantne *Cx. modestus* i *An. maculipennis*. Ostale vrste su puno manje zastupljene (Slika 4.2.2.). Zapravo iznenađuje podatak da je *Cx. pipiens* toliko brojna u Kopačkom ritu. Razlog tome će nam otkriti Slika 4.2.3. na kojoj je prikazan sastav vrsta komaraca po pojedinoj postaji. Budući da je *Cx. pipiens* ornitofilna vrsta, brojnost komaraca ove vrste zabilježen je nedaleko od velikih kolonija ptica, a naročito kormorana (*Phalacrocorax carbo*). S druge strane izrazito velika brojnost vrste *Ae. vexans* u Tikvešu ukazuje da jedinke ove vrste nakon izlijeganja i parenja migriraju na veće udaljenosti i to na sve strane. Budući da je šuma pogodna za boravak (vjetar, vlažnost, sklonište i izvor hrane) u njoj se duže zadržavaju. U Tikvešu je udio ostalih vrsta najveći jer su to zapravo vrste koje se legu u šumi, pa je zbog toga i fauna komaraca najraznolikija.



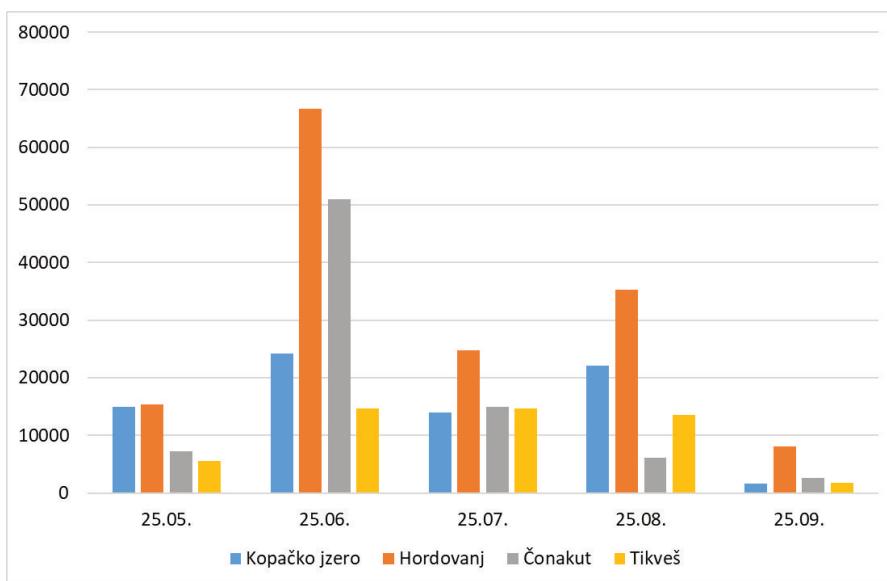
Slika 4.2.2. Sastav vrsta komaraca u ukupnom uzorku Kopačkog rita u istraživanom razdoblju





Slika 4.2.3. Sastav vrsta po pojedinim postajama u Kopačkom ritu od 1998. do 2013. godine

Postaja s naviše uhvaćenih komaraca je bila Hordovanj. Načelno se može reći da je u posebnom zoološkom rezervatu (postaje Čonakut, Hordovanj i Kopačko jezero) uhvaćeno znatno više komaraca nego u hrastovoj šumi (zajednica *Genisto-elite quercetum roboris*). To se može objasniti činjenicom da su legla komaraca znatno veća u ritskom dijelu u odnosu na one u šumskom dijelu te je produkcija komarca znatno veća. Najveća brojnost komaraca zabilježena je u lipnju na svim postajama. Rezultat je to „majskih voda“ (narodni izraz) tj. proljetnog povišenja vodostaja Dunava i Drave nakon topljenja snijega u Alpama i punjenja Kopačkog rita vodom. Ovdje se radi u šesnaestogodišnjem prosjeku što ukazuje na glavni trend pojave većeg broja komaraca (Slika 4.2.4). To, dakako, jako varira od godine do godine.



Slika 4.2.4. Sezonska dinamika pojavljivanja odraslih komaraca po postajama. Na slici je prikazan šesnaestogodišnji prosjek od 1998. do 2013. godine

I da zaključimo o komarcima Kopačkog rita: budući da su bili predmet mnogobrojnih istraživanja (Merdić, 1993; Merdić i Lovaković, 1999; Merdić i Lovaković 2001; Merdić i Sudarić, 2003; Merdić i Boca,

2004; Merdić i sur., 2007; Sudarić Bogojević i sur., 2007; Vrućina, 2010; Merdić i sur., 2010; Sudarić Bogojević i sur., 2011; Jeličić-Marinković i sur., 2014.) o komarcima u Kopačkom ritu se jako puno zna. I kako to obično biva u znanosti, što se više zna o nekoj tematici, to se više novih pitanja otvara. Kopački rit pruža ogromne mogućnosti za istraživanje ove skupine hematofagnih kukaca i sigurno je najbolji laboratorij (prirodni) za komarce.

4.3. Komarci u Osijeku

Čini se da su komarci i Osijek dva komplementarna izraza. Geomorfološke karakteristike osječkog područja su takve da u okolini Osijeka postoji veliki broj potencijalnih velikih legala. Pored velikih, tu su još prisutna i srednja i mala legla u urbanoj sredini. Procjenjuje se da je oko 10 000 ha poplavnih područja u neposrednoj blizini grada potencijalnih legala za komarce. Grad je vrlo često pod najezdama komaraca, bez obzira na organiziranu kontrolu komaraca od 1995. godine. Prvo istraživanje o komarcima u Osijeku napravljeno je za vrijeme Drugog svjetskog rata. Iako je bilo puno komaraca u gradu, trebalo je gotovo 50 godina nakon prvog istraživačkog rada da se temeljito istraže komarci na širem osječkom području. Bilo je nekoliko pokušaja gradskih vlasti da organizira kontrolu komaraca i konačno su uspjeli sredinom 90-ih godina prošloga stoljeća kada je pristup ovom problemu promijenjen te je tada je počela kontrola komaraca na stručnim i znanstvenim temeljima. Uspostavljen je kontinuirani monitoring komaraca. Tako se stvarala baza podataka o leglima, vrstama i brojnosti komaraca.

Masovne migracije komaraca javljaju se u proljeće – u travnju i svibnju, a posljedica su povиsenog vodostaja dviju rijeka, Dunava i Drave, nakon čega dolazi do razvoja velikih populacija komaraca u plitkoj vodi koja se razlijeva u inundacije uz Dravu i Dunav i po prostranstvima Kopačkoga rita. Ovisno o visini vodostaja navedenih rijeka, zbog čega se plavi određena površina rita, i dinamici ulaska i izlaska vode s toga područja, producira se i određeni broj generacija komaraca tijekom jedne sezone. Spoznaje o biologiji komaraca ovoga

područja pokazuju da je prva generacija komaraca najčešće i najbrojnija jer je i visina vodnoga vala tada uglavnom najveća.

Geografske, hidrološke i klimatske karakteristike Kopačkoga rita, koji je u neposrednoj blizini Osijeka, razlogom su stvaranja idealnih uvjeta za razvoj velikih populacija komaraca na navedenom području. Gotovo istovremeno događa se izljetanje cijele jedne generacije, od koje, nakon nekoliko dana, samo ženke kreću u migracijski let. S obzirom na to da su ženke poplavnih vrsta komaraca dobri letači, tj. da u potrazi za hranom (krv) tijekom životnoga ciklusa prevaljuju velike udaljenosti (do nekoliko desetaka kilometara), za očekivati je da će one pohoditi naseljena područja. S obzirom na činjenicu da je Kopački rit potencijalno leglo na oko 100 km², a nalazi se u neposrednoj blizini Osijeka, ali i mnogih drugih naselja u županiji, opravdano je usmjeriti istraživanja i potom i provedbu Programa kontrole komaraca upravo na ta područja. Iako više od 90 % komaraca s područja Grada Osijeka pripada poplavnim vrstama komaraca, važno je spomenuti da postoje i vrste koje svoja legla imaju u stajaćim vodama i kanalima (srednja legla) te malim leglima kao što su burad, kante, slivnici, septičke jame i sl. Pojedinačno, takva je legla teško kontrolirati, ali svršishodno, jer je kumulativni učinak produkcije komaraca iz takvih legala značajan. Te vrste prezimljuju u odrasлом stadiju u podrumima kuća, stajama, skloništima i sličnim objektima, za razliku od poplavnih vrsta komaraca koje prezimljuju u stadiju jaja na tlu koje će u proljeću biti poplavljeno.

Spoznanje o komarcima na području Osijeka

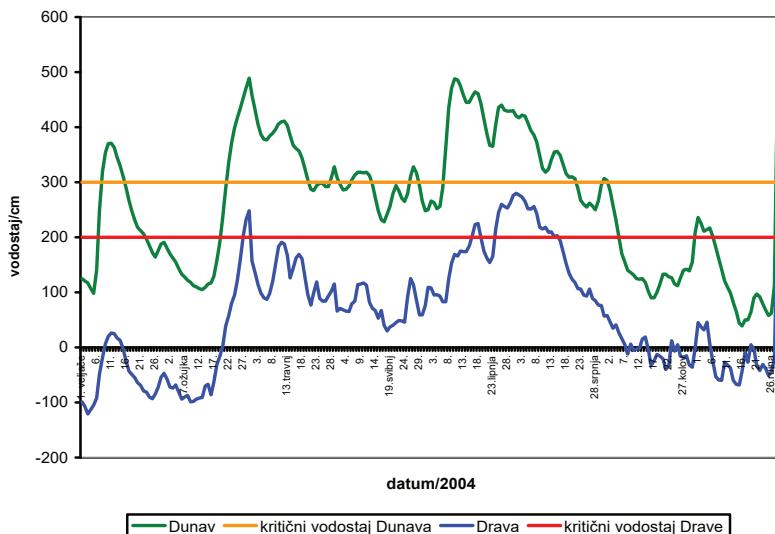
Komarci se u Osijeku pojavljuju u najezdama kao rezultat povišenoga vodostaja rijeka Dunava i Drave (topljenje snijega i leda u Alpama), velikih količina oborina i optimalnih abiotičkih čimbenika (temperatura vode i zraka, svjetlost, količina kisika u vodi i dr.). Prema podatcima Hrvatskih voda, poplavna površina na području Osječko-baranjske županije iznosi ukupno 32 127,62 ha, od čega se 12 891,66 ha (40,11 %) odnosi na inundacije uz Dravu, a 19 245,96 ha (59,89 %) na inundacije uz Dunav. Budući da izgled i funkcija

Kopačkoga rita ovise o vodostajima tih rijeka, poplavna površina Parka prirode Kopački rit objedinjuje oba gore navedena podatka i iznosi 11 892,70 ha, tj. 37 % ukupne poplavne površine Osječko-baranjske županije.

Dinamika vodostaja rijeka Dunava i Drave izravno određuje broj generacija poplavnih komaraca, prije svega vrsta *Ae. vexans* i *Oc. sticticus*. Broj generacija poplavnih komaraca ovisi o broju plavljenja inundacija i ritskog prostora, a razlikuje se od godine do godine.

Iz dosadašnjih istraživanja takvih povišenja vodostaja iznad kritičnih granica koje predstavljaju prag ulaska vode u Kopački rit, tj. inundacije uz rijeku Dravu, zabilježeno je maksimalno šest (2005.), četiri poplave dogodile su se 2004. godine, a 2003. godine plavljenje je izostalo.

Za Dunav kritična granica vodostaja iznosi +300 cm kod Apatina (Mikuska, 1979), a za Dravu +200 cm kod Osijeka. Slika 4.3.1. prikazuje vodostaj rijeka u 2004. godini, vidljivo je da je promjena razine vode Drave u visokoj korelaciji s promjenom razine vode Dunava, i obrnuto.



Slika 4.3.1. Vodostaj Dunava i Drave u razdoblju od veljače do listopada 2004. godine

O komarcima u Osijeku postoji nekolicina objavljenih radova. Baranov je 1943. determinirao 8 vrsta komaraca i opisao legla u gradu i okolici. U dva druga rada težište je bilo na komarcima koji prezimljuju u osječkim podrumima (Merdić i Vujičić, 2005). U radu su utvrđene tri vrste koje su hibernirale. Razvrstani su podrumi po kategorijama kao i određeni dijelovi grada gdje prezimljuje najviše komaraca. U Osijeku i široj okolici istraživani su komarci roda *Anopheles* koji je zastupljen s dvije vrste: *An. messeae* i *An. maculipennis*, prvonavedeni prevladavaju na mjestima blizu poplavnog područja, a drugi na mjestima udaljenijima od poplavnih prostora (Merdić, 1990). Tijekom 2001. godine istraživana je dinamika dvije najbrojnije vrste u Osijeku: *Ae. vexans* i *Oc. sticticus*. Obje vrste se razmnožavaju u poplavnom području oko grada, a u radu se spominju ekološki čimbenici koji izravno utječu na njihovu dinamiku (Merdić i Lovaković, 2001). U istraživanju sezonske dinamike *An. maculipennis* kompleks u Osijeku pokazalo se da lokaliteti koji su bliži području Kopačkog rita imaju više komaraca ovog kompleksa i zabilježen je bimodalni vrh brojnosti tih komaraca (Merdić i Boca, 2004). Ovdje ćemo prikazati kvalitativni i kvantitativni sastav faune komaraca od 1995. do 2004. godine.

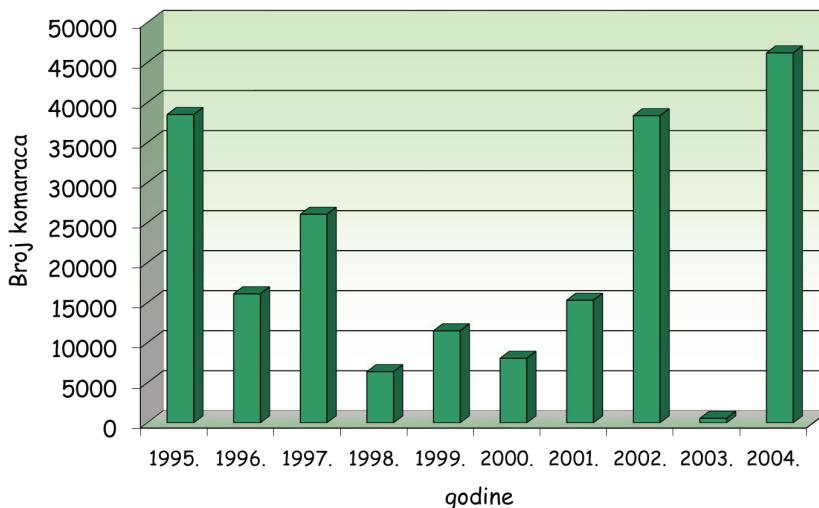
Metoda: Za istraživanje su korištene CDC klopke sa suhim ledom kao atraktantom. Klopke su bile postavljene na 9 postaja u gradu Osijeku i radile su 22 - 24 sata dnevno. Klopke su bile postavljane dva puta mjesečno (svibanj – rujan) tijekom deset godina (1995. - 2004.).

Rezultati

Tijekom deset godina istraživanja komaraca u gradu Osijeku zabilježeno je ukupno 20 vrsta komaraca. Od zabilježenih vrsta, sedam je iz roda *Ochlerotatus*, četiri iz roda *Anopheles*, tri iz rodova *Aedes* i *Culex*, a po jedna vrsta iz rodova *Culiseta*, *Coquillettidia* i *Uranotenia*, kako slijedi:

1. *Anopheles claviger*
2. *Anopheles hyrcanus*
3. *Anopheles maculipennis*
4. *Anopheles plumbeus*
5. *Aedes cinereus*
6. *Aedes rossicus*
7. *Aedes vexans*
8. *Ochlerotatus cantans*
9. *Ochlerotatus caspius*
10. *Ochlerotatus cataphylla*
11. *Ochlerotatus excrucians*
12. *Ochlerotatus leucomelas*
13. *Ochlerotatus sticticus*
14. *Ochlerotatus rusticus*
15. *Coquillettidia richiardii*
16. *Culex modestus*
17. *Culex pipiens*
18. *Culex territans*
19. *Culiseta annulata*
20. *Uranotenia unguiculata*

Broj uzorkovanih komaraca tijekom istraživanja razlikovao se od godine do godine. Razlog velike razlike u brojnosti je prije svega u razlici vodostaja Drave i Dunava, odnosno o broju generacija komaraca koje su se pojavile u istraživanom razdoblju. Na slici 4.3.2. prikazana je promjena brojnosti u pojedinim godinama.



Slika 4.3.2. Kretanje brojnosti komaraca u Osijeku od 1995. do 2004. godine

Sastav vrsta varirao je iz godine u godinu. Prvo, postojale su razlike u broju utvrđenih vrsta, a broj se kretao od 11 do 16. U prvoj godini istraživanja zabilježeno je 16 vrsta. U 1996., 1999. i 2000. bilo je zabilježeno 15 vrsta, 2002. 14; 1998. i 2001. 13; 2003. 12, a 1996. godine bilo je zabilježeno prisustvo 11 vrsta. Sastav faune također je varirao svake godine. Tablica 4.3.1 prikazuje sastav vrsta tijekom godina istraživanja.

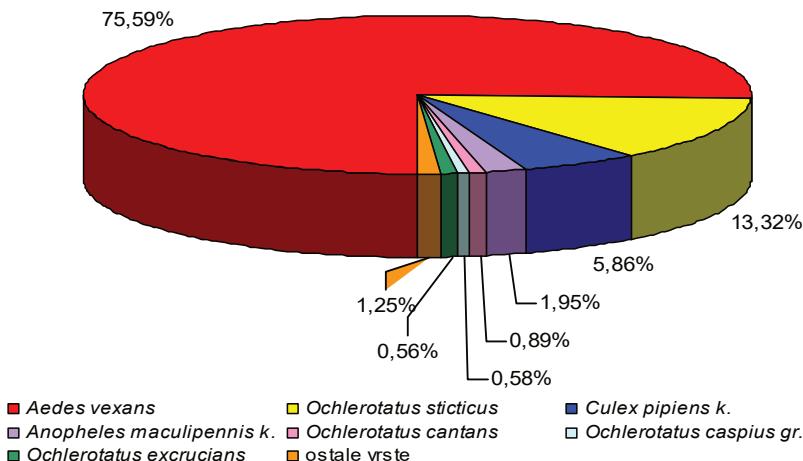
Najveći udio od 75,59 % pripadao je vrsti *Ae. vexans* i to je eudominantna vrsta na području Osijeka. *Oc. sticticus* također je imao veliki udio od 13,32 %, a *Cx. pipiens* imao je udio 5,86 %. Te tri vrste čine 94,77 % faune komaraca u Osijeku. Preostalih 17 vrsta imaju udio od 5,33 %. Samo po jedna jedinka vrsta *Ur. unguiculata*, *Oc. leucomelas*, *Cx. territans* i *An. plumbeus* je bila uhvaćena u klopke tijekom deset godina istraživanja (Slika 4.3.3). Ukupna brojnost komaraca je također znatno varirala. Dobre godine za komarce bile su 1995. i 2002. kad ih je uzorkovano preko 38.000. Suprotno tome, u 2003. samo 565 jedinki komaraca je uzorkovano tijekom cijele sezone.

Ukoliko gledamo dinamiku komaraca kroz sezonu uzorkovani komarci mogu se podijeliti u dvije ekološke skupine. Prvu skupinu čine komarci koji se pojavljuju tijekom cijele sezone, od početaka

svibnja do kraja rujna. Ova grupa je najveća i uključuje *Ae. vexans*, *Oc. sticticus*, *Cx pipiens*, *An. maculipennis* kompleks, *Oc. caspius*, *Cx. modestus*, *An. hyrcanus*, kao i *Cq. richiardii*, *Cs. annulata*, *Ae. cinereus* i *Ae. rossicus*. Komarci iz druge skupine pojavljuju se na početku sezone i to uglavnom imaju samo jednu generaciju. Ovo su komarci vrsta *Oc. excucians* i *Oc. cantans*. Vrsta *An. claviger* i *Oc. rusticus* su zabilježeni tek sporadično i nema dovoljno podataka da bi ih mogli svrstati u jednu od skupina. Za vrste koje su zabilježene samo jednom (*Cx. territans*, *Ur. unguiculata*, *Oc. cataphyla*, *An. plumbeus* *Oc. leucomelas*), također nemamo dovoljno podataka.

Tablica 4.3.1. Kvantitativni i kvalitativni sastav faune komaraca u Osijeku u razdoblju 1995. – 2004.

Vrsta / Godina	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Ukupno
<i>Aedes vexans</i>	31475	12581	22787	4870	5564	4437	12925	35069	68	26762	156538
<i>Ochlerotatus sticticus</i>	3724	1949	592	210	1126	1748	638	2043		15563	27593
<i>Culex pipiens c.</i>	1457	333	1631	513	2894	216	871	894	307	3024	12140
<i>Anopheles maculipennis c.</i>	213	538	478	99	574	1376	149	81	31	492	4031
<i>Ochlerotatus cantans</i>	220	34	186	187	1052	60	7	12	50	31	1839
<i>Ochlerotatus caspius gr.</i>	156	19		7	143	24	442	150	12	244	1197
<i>Ochlerotatus excrucians</i>	895	8	15	154	3	9	30	9	27	18	1168
<i>Culex modestus</i>	1	385	113	85	31	1	4	9	53	28	710
<i>Coquillettidia richiardii</i>	14	156	181	151	64	53	26	16	13	1	675
<i>Aedes rossicus</i>	168	6			2	1	150	11			338
<i>Aedes cinereus</i>	157	8	1		1	3		23	2		195
<i>Culex sp.</i>				5	2	115	55	16			193
<i>Ochlerotatus rusticus gr.</i>		67	37	30	22	5		2			163
<i>Culiseta annulata</i>	18	9	8	23	5	7	3	25	2	1	101
<i>Anopheles hyrcanus</i>	5	28			14	12	19	2	2		82
<i>Anopheles claviger</i>	4	2		57	4	2					69
<i>Ochlerotatus cataphylla</i>	12										12
<i>Aedes sp.</i>					2		2				4
<i>Anopheles plumbeus</i>									1		1
<i>Culex territans</i>				1							1
<i>Ochlerotatus leucomelas</i>							1				1
<i>Uranotaenia unguiculata</i>	1							8			1
nedeterminirano			24	3							35
Ukupno	38520	16123	26053	6395	11503	8069	15322	38370	568	46213	207136



Slika 4.3.3. Sastav vrsta komaraca u Osijeku kroz 10 godina istraživanja 1995. - 2004.

U deset godina istraživanja komaraca u Osijeku zabilježeno je 20 vrsta, što znači da je fauna vrlo raznolika. Ako uzmemo u obzir da je uzorkovanje provedeno u gradu koji se prostire na oko 6 000 ha, broj od 20, postaje još značajniji. Ovo istraživanje je uključivalo samo odrasle jedinke, što znači da se neke morfološki slične grupe komaraca nisu mogle determinirati do razine vrste jer se determinacija kod tih vrsta obavlja u drugim stadijima. To je slučaj sa sestrinskim vrstama kompleksa *An. maculipennis* koji je zastupljen na ovom području s dvije vrste (Merdić 1990, Paulus 1984, Paulus, Adamović 1984). Uzimajući u obzir podatke iz citiranih radova sa sigurnošću možemo pretpostaviti da se u uzorkovanom materijalu nalaze obje vrste *An. maculipennis* i *An. messeae*. Podatci o broju vrsta zapravo su fascinantni: ukupno 20 + 1 (21) vrsta zabilježena je na tako maloj površini (ukupna površina grada Osijeka je oko 6 000 ha). Treba naglasiti da su u cijeloj Republici Hrvatskoj zabilježene 52 vrste, što znači da je samo u Osijeku zabilježeno 40 % hrvatske faune. Budući da je na susjednim područjima zabilježeno više vrsta npr. 43 u Mađarskoj (Mihalyi, 1963) i 33 u Vojvodini (Petrić, 1989), možde se očekivati da će u Osijeku pronaći još vrsta. Kad

razgovaramo o mogućnosti utvrđivanja novih vrsta, to se odnosi samo na rijetke vrste i nove invazivne vrste. Na temelju prethodnih istraživanja i statističkih podataka postoji mogućnost pronalaska još nekoliko vrsta na osječkom području. (**Osam godina nakon ovog istraživanja u Osijeku je utvrđena i vrsta *Aedes albopictus*, što ukupno čini 22 vrste.**)

Prema različitim procjeniteljima bogatstva vrsta na nekom području Chao 1 i 2, Jackknife 1 i 2, Bootstrap izračunata je predikcija broja vrsta na osječkom području. Predikcija se kreće od 22 do 29 vrsta (Merdić i sur. 2008). Sve se predikcije temelje na ukupnom broju uzorkovanih komaraca.

Vrsta *Ae. vexans* ima najistaknutiji položaj među zabilježenim vrstama. Udio ove vrste u fauni Osijeka je 75,59 % (desetgodишњи prosjek). To je tipična poplavna vrsta koja se pojavljuje u generacijama koje su izravno ovisne o poplavama (Merdić i Lovaković, 2001). Generacije su velike jer se pojavljuju na cijelom poplavljrenom području. Situacija je slična u Vojvodini (Petrić, 1989), gdje ova vrsta čini 55 % ukupnog udjela (od 5 do 95, ovisno o mjestu i vremenu uzorkovanja).

Ostale vrste poplavnih komaraca također su vrlo brojne i zbog izrazite dominacije *Ae. vexans*, možemo ih nazvati pratilecima. To su sljedeće vrste: *Oc. sticticus*, *Ae. cinereus* i *Ae. rossicus*. Vrsti *Cx. pipiens* sistematski je status neriješen, a kontinuirano je prisutna u gradu. Budući da koristi male vodene površine za leglo (kanale, bačve) koje je teško kontrolirati, prisutna je tijekom cijele sezone. U godinama kada nije bilo poplave, poput 2003., ova je vrsta postala glavni molestant. Te je godine udio ove vrste u fauni komaraca u gradu iznosio 54 %.

Prisutnost vrsta koje se legu uglavnom u šumama vrlo je zanimljiva. Postoje tri vrste koje su očito dobri letači budući da je najbliža šuma oko 10 km sjeverno od grada. Sve tri vrste pojavljuju se s jednom generacijom i prisutni su samo na početku sezone.

Rijetke vrste imaju veliki udio u fauni komaraca. Tijekom cijelog razdoblja istraživanja četiri vrste komaraca uzorkovane su bile samo s jednom jedinkom. Postoje dva osnovna razloga za to. Prvo je da se te vrste obično ne javljaju u velikim populacijama, a drugo da nema mnogo prikladnih legala za njih u gradu i okolici. Primjer je *An. plumbeus* kojoj je leglo u dendrotelama (rupe u stablima).

Možemo utvrditi da je veliki broj vrsta karakterističan za osječko područje budući da je u tri istraživane godine evidentirano prisustvo čak 16 vrsta. Nadalje sastav faune se mijenja iz godine u godinu, ali čak 11 vrsta pojavljuje se svake godine. Neke su rijetke vrste specifične za faunu određene godine. Broj komaraca zapravo izravno ovisi na broju jedinki *Ae. vexans*, a to izravno ovisi o broju i opsegu poplava u određenoj godini. Tijekom 1995. i 1997. bile su tri poplave, a u 2002. bile su dvije, ali vrlo velike poplave. One su rezultirale velikim broj komaraca u gradu.

Rezultati uzorkovanja u 2003. bitno su drukčiji te pokazuju značajno različit kvantitativni i kvalitativni sastav faune. Razlozi za to su znatno drukčiji vremenski uvjeti te godine. Godina je bila vrlo sušna, a vodostaj ravničarskih rijeka (Dunav i Drava) nije se povećavao ni jednom, nije bilo vala visokog vodostaja od topljenja snijega u Alpama, u narodu se ta pojava naziva *majske vode*. Takav slučaj nije zabilježen u posljednjih pedeset godina, a padalina je bilo vrlo malo. Takvi su se uvjeti odrazili na promjene u faunističkom sastavu komaraca u Osijeku.

Vidljivo je da je tijekom cijele sezone bilo prisutno 7 vrsta (deset uzorkovanja - prosječna vrijednost). Nadalje, zabilježene su još 4 vrste u 9 uzorkovnja. Za sve te vrste sa sigurnošću možemo reći da su prisutne tijekom cijele sezone. Međutim, još dvije vrste zabilježene su sporadično na početku i na kraju sezone, pa bismo i njih mogli uključiti u navedenu grupu. Tri se vrste pojavljuju samo na početku sezone, a dvije na kraju. Općenito govoreći, većina vrsta se može pojaviti tijekom cijele sezone.

4.4. Brojnost i aktivnost komaraca u Slavonskom Brodu

Projekt „Monitoring komaraca u Slavonskom Brodu u 2001.“ dao je podatke za izradu ovog rada. Brojnost komaraca u Panonskoj nizini može doseći goleme razmjere, zbog klime, vodnog režima rijeka Save, Drave i Dunava, reljefa, vegetacije i drugih abiotskih čimbenika. Rijeka Sava čitavim tokom kroz Republiku Hrvatsku čini vrlo specifično područje koje je pod velikim utjecajem te rijeke. U srednjem dijelu toka je nadaleko poznato Lonjsko polje, prirodni rezervoar za veliku količinu vode. I u ostatku toka, iako postoji nasip koji sprječava poplavu okolnog područja, postoji inundacija koja je izuzetno pogodan prostor za razvoj velikih populacija poplavnih komaraca. Slična situacija je i u okolini Slavonskoga Broda, gdje se povremeno brojnost komaraca jako poveća. Osim poplavnog područja oko Slavonskoga Broda, u samom gradu i bližoj okolini veliki je broj kanala koji su također potencijalno leglo komaraca. Iz tog razloga gradske vlasti su naručile istraživanje i praćenje komaraca tijekom 2001. godine.

Podatke u ovom radu dobili smo koristeći standardne metode koje su opisane u 3. poglavlju. CDC klopke uz suhi led kao atraktant korištene su dva puta mjesečno od 10. svibnja do 27. kolovoza 2001., a radile su oko 24 sata u kontinuitetu.

Rezultati

Utvrđeno je 12 vrsta komaraca i to:

1. *Anopheles maculipennis* k.
2. *Culiseta annulata*
3. *Ochlerotatus caspius*
4. *Ochlerotatus cantans*
5. *Ochlerotatus excrucians*
6. *Ochlerotatus rusticus*
7. *Ochlerotatus sticticus*
8. *Aedes vexans*
9. *Aedes cinereus*
10. *Aedes rossicus*
11. *Culex territans*
12. *Culex pipiens* k.

Razvoj ličinki komaraca praćen je tijekom cijele sezone, od svibnja do kraja kolovoza 2001. u svim područjima Slavonskoga Broda za koja smo bili sigurni da nisu minirana. Zbog opasnosti od mina poplavljeno područje jugoistočno od centra grada, Poloj, ostalo je nepristupačno.

Pratili smo razvoj ličinki komaraca od Brodskog Vinogorja i Podvinja na sjeveru, sve do Poloja na jugu, romskog naselja i Gromačnika na zapadu, do Klisa i Bukovlja na istoku. Prema službenim podatcima Hrvatskih voda, poplava Poloja započinje vodostajem Save od 600 cm, što je zabilježeno kao kritična vrijednost, tj. razina kada u poplavno područje počinje ulaziti i voda prelijevati. Tijekom 2001. godine, rijeka Sava je dva puta poplavila Poloj, prvo sredinom travnja i drugi puta krajem lipnja. Oba puta visok vodostaj je trajao manje od tjedan dana, ali voda je tamo ostala nekoliko tjedana, što je rezultiralo razvojem velikog broja komaraca.

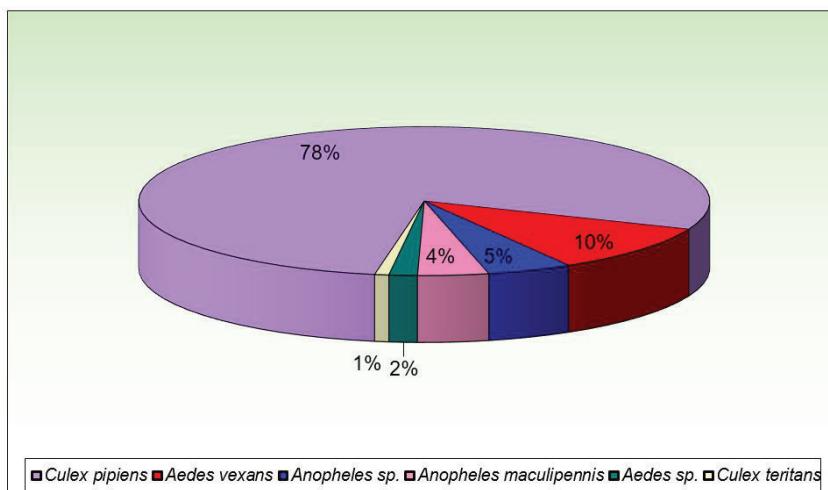
Podatke o količini oborina na području Slavonskoga Broda dobili smo od DHMZ-a (državni hidrometeorološki zavod). Najviše oborina zabilježeno je tijekom lipnja ($188,5 \text{ dm}^3/\text{m}^2$), zatim travnja ($73,5 \text{ dm}^3/\text{m}^2$), srpnja ($56,4 \text{ dm}^3/\text{m}^2$), svibnja ($31,8 \text{ dm}^3/\text{m}^2$) i kolovoza ($31,5 \text{ dm}^3/\text{m}^2$). Značajne vrijednosti zabilježene su tijekom lipnja i travnja,

kada je bilo najviše oborina, što je rezultiralo razvojem komaraca, posebno vrste *Cx. pipiens*.

Tijekom 2001. godine bilo je vrlo teško istražiti poplavljeni područje Slavonskoga Broda. To se posebno odnosi na područje Poloja, koje je minirano. To područje je jedno od najvećih potencijalnih legala komaraca na ovom području. Poloj smo posjetili četiri puta tijekom sezone (i to samo uz rub nasipa). Samo jednom, 27. lipnja, pronašli smo mnogo ličinki u 1. i 2. stadiju. Poloj je plavljen od 13. do 25. travnja i od 22. lipnja do 6. srpnja, što je rezultiralo razvojem dvije vrlo velike generacije komaraca.

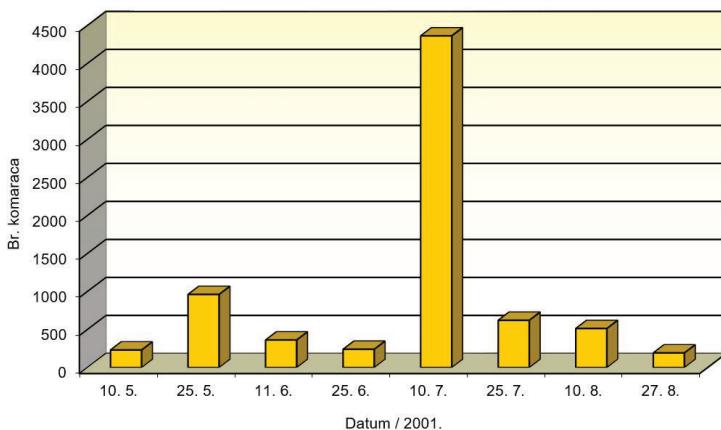
Istraživanjem su utvrđena mjesta za razvoj ličinki komaraca na cijelom području Slavonskoga Broda, i evidentirano mnogo legala. Potraga za leglima rezultirala je evidenciju 37 potencijalnih legala, uključujući ona poput umjetnih jezera, ribnjaka, kanala, stajaće vode, potoka i crpnih mjesta. Od 37 zabilježenih mjesta, na 10 treba usmjeriti posebnu pozornost jer tijekom cijele sezone zadržavaju vodu u kojima je kontinuirano zabilježeno prisustvo ličinke komaraca. Ta nalazišta bila su brodska Tvrđava, Glogovica, istočni bočni kanal, Mrsunja i Janiševac, 3 umjetna jezera u blizini ulice 3. gardijske brigade i 2 ribnjaka u blizini ciglane. Pored gore spomenutih mjesta, pronašli smo 3 ribnjaka, 20 kanala i 1 umjetno jezero. Ličinke nisu pronađene u jednom umjetnom jezeru u ulici 3. gardijske brigade, jer je tijekom cijele sezone bila pokrivena običnom vodenom kugom (*Elodea canadensis*). Bez obzira na situaciju tijekom 2001. godine, ovo umjetno jezero potencijalno je mjesto za razmnožavanje komaraca.

Nakon laboratorijske analize materijala, odnosno nakon prepariranja ličinki komaraca i determinacije, utvrđeno je prisustvo 4 vrste, od kojih je *Cx. pipiens* k. bio najbrojniji sa 78,4 %, što se i očekivalo (Slika 4.4.1), budući da su na pretraženom prostoru većina legala koje smo kontrolirali bili kanali i bare na području Slavonskog Broda koji su tipična staništa te vrste i ovise o oborinama. Ostale vrste nisu bile brojne: *Ae. vexans* (10,4 %), *Anopheles* sp. (4,8 %), *An. maculipennis* (4,0 %), *Aedes* sp. (1,6 %) i *Cx. territans* (0,8 %). Zbog lošeg stanja određenog broja ličinki, determinacija je završila na nivou roda (*Anopheles* sp. i *Aedes* sp.)



Slika 4.4.1. Sastav faune komaraca u Slavonskim Brodu koje smo uzorkovali kao ličinke

Odrasli komarci uzorkovani su CDC klopkama. Ukupno je uzorkovano 7482 komaraca, a sezonska dinamika je prikazana na Slici 4.4.2. Krajem svibnja brojnost komaraca malo se povećala, a tijekom lipnja postupno je opadala. Kao rezultat visokog vodostaja krajem lipnja, početkom srpnja došlo je do povećanja broja jedinki. Od sredine srpnja do kraja kolovoza nije bilo poplave, a mnogi su ribnjaci i kanali presušili. To je rezultiralo smanjenjem broja komaraca prema kraju sezone.



Slika 4.4.2. Brojnost uhvaćenih komaraca CDC klopkama u Slavonskom Brodu tijekom 2001.

Tablica 4.4.1. daje pregled brojnosti komaraca tijekom čitave sezone. Najviše komaraca uhvaćeno je na postaji u Ulici Brune Bušića, a zatim na postaji Stanko Vraz, Šetalištu braće Radića, a najmanji broj je bio u Vinogradskoj ulici. Fauna komaraca se razlikovala na postajama i kvantitativno i kvalitativno. Na postajama B. Bušić i S. Vraz zabilježeno je 11 vrsta, na postaji Šetalište braće Radića 7, i 4 vrste na postaji Vinogradska ulica. U cjelokupnom uzorku, bilo je 11 vrsta (Tablica 4.4.2). Najbrojnije vrste bile su *Oc. sticticus* (48,41 %), *Ae. vexans* (36,17 %) i *Cx. pipiens* (14,10 %), a ostalih 8 vrsta činile su ukupno 1,32 % (Slika 4.4.3)

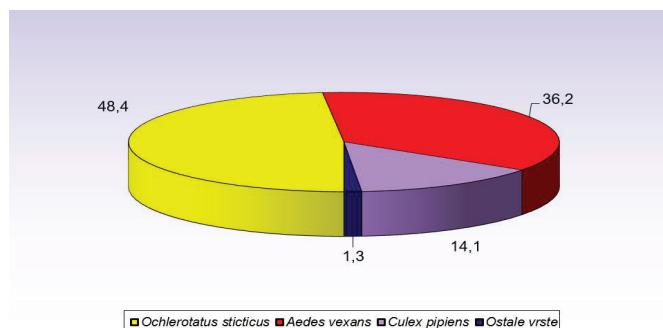
Tablica 4.4.1. Broj komaraca uhvaćen CDC klopkama u Slavonskom Brodu u 2001. godine

Postaja/ Datum	10. 5.	25. 5.	11. 6.	25. 6.	10. 7.	25. 7.	10. 8.	27. 8.	Σ	B.V.
Vinogradska ul.	22	24	9	10	80	85	31	17	278	4
Ul. B. Bušića	60	714	286	65	2113	258	225	14	3735	11
Š. B. Radića	50	3	58	82	984	161	87	54	1479	7
Ul. S. Vraza	98	220	9	83	1186	117	170	107	1990	9
Ukupno	230	961	362	240	4363	621	513	192	7482	

LEGENDA: B.V. – Broj vrsta

Tablica 4.4.2. Sastav faune komaraca na istraživanim postajama u Slavonskom Brodu tijekom 2001. godine uhvaćenih CDC klopkama.

Vrsta / postaja	Vinogradsk a ulica	Ul. B. Bušića	Š. B. Radića	Ul. S. Vraza	Σ	%
<i>Ochlerotatus sticticus</i>	38	1667	959	958	3622	48,41
<i>Aedes vexans</i>	108	1687	243	668	2706	36,17
<i>Culex pipiens</i>	131	333	267	324	1055	14,10
<i>Anopheles maculipennis</i> k.	1	1	1	10	13	0,17
<i>Ochlerotatus caspius</i>		13	1	3	17	0,23
<i>Aedes cinereus</i>		4	6	2	12	0,16
<i>Aedes rossicus</i>		2	2	1	5	0,07
<i>Ochlerotatus rusticus</i> gr.		8		13	21	0,28
<i>Ochlerotatus excrucians</i>		2		2	4	0,05
<i>Culex sp.</i>		3		3	6	0,08
<i>Culiseta annulata</i>		11			11	0,15
<i>Ochlerotatus cantans</i>		4			4	0,08
<i>Aedes vexans</i> (♂)				6	6	0,05
UKUPNO	278	3735	1479	1990	7482	%



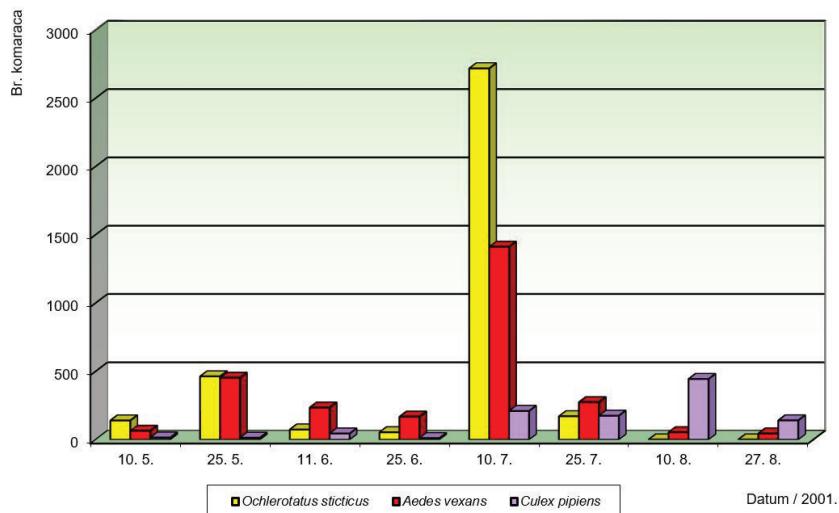
Slika 4.4.3. Sastav vrsta uhvaćenih CDC klopkom u Slavonskim Brodu 2001.

Na svim postajama zabilježili smo vrste *Oc. sticticus*, *Ae. vexans*, *Cx. pipiens* k. i *An. maculipennis* k. Na tri lokacije zabilježene su vrste *Oc. caspius*, *Ae. cinereus* i *Ae. rossicus*. Vrste *Oc. rusticus* gr., *Oc. excrucians* i *Culex* sp. zabilježene su na dvije lokacije. Vrste *Cs. annulata*, *Oc. cantans* i *Anopheles* sp. zabilježeni su samo na jednoj postaji.

Sezonska pojavnost vrsta je različita. Sve zabilježene vrste mogu se svrstati u četiri skupine. Prvu skupinu čine tri vrste komaraca koje su neprekidno bile prisutne tijekom cijele sezone. Druga skupina uključuje tri vrste komaraca koje su se pojavljivale sporadično tijekom sezone. Treću skupinu čine tri vrste koje su se pojavile samo na početku sezone. Četvrtu skupinu čine tri vrste koje su se pojavile na početku i na kraju sezone.

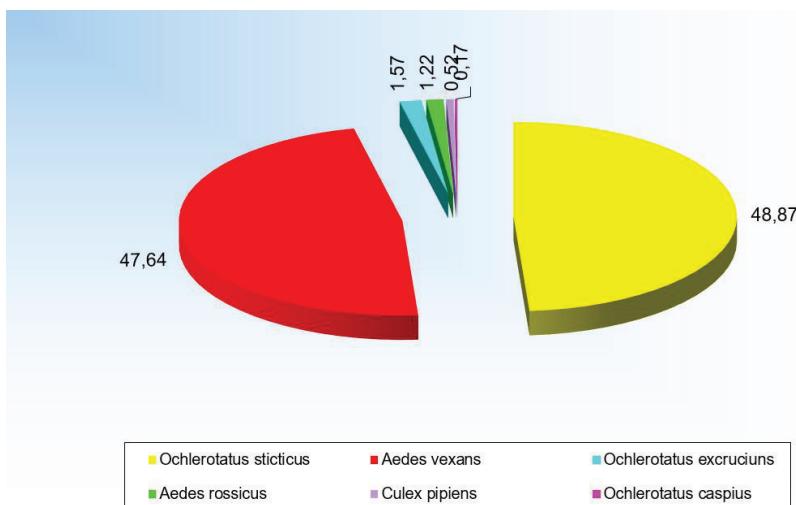
Jedinke vrste *Oc. sticticus* su bile najbronije. Sezonska dinamika ove vrste ukazuje da ona ovisi o vodi iz rijeke Save, tj o broju plavljenja. Tijekom sezone zabilježena su dva pika aktivnosti, oba nakon plavljenja Poloja. Druga generacija je bila brojnija, vjerojatno zbog boljih ekoloških uvjeta, kada su zabilježene 2718 jedinki komaraca te vrste. Brojnost jedinki vrste *Ae. vexans* je također ovisio o vodostaju rijeke Save. Tijekom svibnja brojnost mu se neprestano povećavala, dosegнуći maksimum u srpnju, nakon čega se smanjivala prema kraju sezone. Ova vrsta je bila vrlo brojna pa su neke jedinke preživjele cijelu sezonu (oko 6 tjedana).

Tijekom cijele sezone bila je prisutna i vrsta *Cx. pipiens*. Ova se vrsta pojavila uobičajenom dinamikom za ravničarsko područje Republike Hrvatske tj. u malom broju na početku sezone, a svoj maksimum dosegnula je početkom kolovoza. Podatci potvrđuju da njihova brojnost nije povezana s vodostajem rijeke Save nego s oborinama tijekom godine (Slika 4.4.4)



Slika 4.4.4. Sezonska dinamika triju najbrojnijih vrsta tijekom 2001. godine (CDC klopka)

Metodom čovjek aspirator 15 minuta uzorkovano je 90 puta tijekom sezone. U 20 mjerena nije uhvaćen ni jedan komarac. Mjerena su provedena od početka svibnja do kraja kolovoza 2001. i ukupno je uhvaćeno 573 komaraca. Analizirajući ovaj materijal zabilježili smo aktivnost 6 vrsta komaraca. Sastav vrsta uzorkovan ovom metodom je sličan je u obje korištene metode za uzorkovanje odraslih komaraca (Slika 4.4.5). Najbrojnija je bila vrsta *Oc. sticticus* (48,87 %), a slijede *Ae. vexans* (47,87 %) što je bio najveći problem za građane Slavonskog Broda. Preostalih 3,48 % činile su vrste *Oc. excrucians* (1,57 %), *Ae. caspius* (1,22 %), *Cx. pipiens* (0,52 %) i *Oc. caspius* (0,17 %).



Slika 4.4.5. Sastav faune komaraca u Slavonskom Brodu uhvaćen metodom čovjek aspirator 15 minuta tijekom 2001. godine

Svaka postaja imala je svoju specifičnu sezonsku dinamiku, a ipak Park Klasije može se uzeti kao reprezentativan za sve, gdje je od kraja lipnja do kraja srpnja brojnost komaraca nekoliko puta prelazila razinu tolerancije od 15 uboda za 15 minuta. Od 70 mjerjenja, 16 je obavljeno na postaji Željeznička stanica, 17 na postaji Park Klasije, 12 na postaji Franjevačkog samostana, 11 u Parku I. B. Mažuranić, a 14 na drugim lokacijama.

Poznata je činjenica da se različite vrste komaraca sakupljaju različitim metodama. Potvrdila su to naša istraživanja, koja su rezultirala i nekim novim nalazima.

Istražujući ličinke komaraca, posvetili smo potpunu pozornost svim mogućim leglima, što se uglavnom odnosi na mala legla (kanali, umjetna jezera, ribnjaci) itd. Velika legla koje stvara rijeka Sava kod Slavonskog Broda nisu brojna (Poloj).

U malim leglima najbrojnije ličinke su bile vrste *Cx. pipiens*. Nadalje, vrsta roda *Anopheles*, zastupljena s oko 9 %, najvjerojatnije je *An. maculipennis*, jedna od sestrinskih vrsta koja preferira kanale kao legla. Na gradskom području zabilježili smo prisutnost vrste *Cx. territans*, što je vrijedan podatak, jer je ova vrsta u Republici

Hrvatskoj vrlo rijetka. Ličinke *Ae. vexans* imale su vrlo mali udio od 10,4 %. Nije uzorkovana niti jedna jedinka vrste *Oc. sticticus*, najvjerojatnije zato što je poplavna voda uzorkovana samo jednom. Obje su vrste karakteristične za plavljenja staništa jer polažu jaja na zemlju, gdje voda tek treba doći.

Na nekim postajama zabilježili smo nekoliko generacija ličinki komaraca: kod brodske Tvrđave, istočnog lateralnog kanala kod Glogovice i Mrsunje, Ulice I. Velikanovića zabilježili smo 3 generacije, a na 14 postaja zabilježili smo 2 generacije komaraca. Postajama na kojima se komarci neprekidno razvijaju tijekom čitave sezone potrebno je posvetiti punu pozornost jer su izvor velikog broja komaraca. Budući da je najzastupljenija vrsta bila *Cx. pipiens*, broj generacija mogao je biti i veći, imajući u vidu da je iste godine u Osijeku zabilježeno 9 generacija. (Merdić i Lovaković, 2001)

Samo dvije generacije poplavnih komaraca bile su u stanju proizvesti vrlo velike količine odraslih, a svaka je generacija bila prisutna u gradu oko mjesec dana. Sva mala legla, od kojih su neka bila prisutna tijekom cijele godine, predstavljaju vrlo mali broj uzorkovanih odraslih jedinki u ukupnom broju komaraca. Ovi podatci su od posebnog značenja za kontrolu komaraca u Slavonskom Brodu koja se mora temeljiti na kontroli komaraca izvan gradskih granica.

Velika generacija komaraca koja se dogodila nakon porasta razine vode krajem lipnja zabilježena je u CDC klopkama u gradu 10. srpnja. Bila je to generacija sastavljena od dvije trećine *Oc. sticticus* i jedne trećine jedinki *Ae. vexans*. Da je Poloj taj glavni izvor komaraca, može se vidjeti i po tome što su migracije započele otprilike u to vrijeme, a najviše jedinki je zabilježeno u klopkama koje su bile bliže Polou. Broj komaraca se smanjuje od postaja B. Bušić, preko Ulice B. Radića, do Ulice S. Vraz. Poplavni komarci tog dana nisu stigli do postaje Vinogradarska jer je bila dalje prema sjeveru. Usporedbom podataka s faunom ravničarsko poplavnih područja kod Osijeka (Merdić i Lovaković, 2001), možemo primijetiti veliku razliku između dviju eudominantnih vrsta. U Osijeku je desetogodišnji prosjek pokazao dominaciju *Ae. vexans* od 7 : 1.

Različiti pikovi aktivnosti najzastupljenijih vrsta komaraca u Slavoniji zabilježeni su i ranije (Merdić, 1993), no istraživanjem provedenim u

Slavonskom Brodu 2001. godine utvrđeno je tri različita pika aktivnosti triju najbrojnijih vrsta komaraca. Ovakav raspored izbjegao je interspecijsku kompeticiju. Razlog takvog rasporeda vjerojatno leži u različitim staništima i mikroklimatskim uvjetima koje preferiraju pojedine vrste.

Pomoću metode čovjek-aspirator 15 minuta otkrili smo da broj komaraca koji napadaju građane Slavonskog Broda nije prevelik te da je situacija u 2001. godini bila prihvatljiva.

4.5. Istraživanje komaraca u Vukovarsko-srijemskoj županiji

Podatci o komarcima u Vukovarsko-srijemskoj županiji mogu se pronaći u literaturi. U objavljenim znanstvenim člancima (Merdić, 1991; Merdić, 1992; Merdić, 1995a; Merdić i sur., 2008a) obrađuju se komarci s različitih motrišta, prije svega faunistički, zoogeografski, i ekološki. Od 2002. do 2008. godine u Vinkovcima se provodi monitoring i istraživanje komaraca, i tada je sakupljeno mnoštvo podataka o komarcima s područja Vinkovaca, a ti podatci se nalaze u godišnjim izvješćima predanim naručitelju, gradu Vinkovcima.

Sumirajući sve te podatke, komarce treba podijeliti u tri grupe: poplavni, urbani i šumski. Poplavni komarci prave najveće populacije i za vrijeme povoljnijih ekoloških uvjeta oni prave najveće probleme ljudima. *Ae. vexans* i *Oc. sticticus* su predstavnici tih vrsta koje u povoljnim prilikama mogu činiti i do 90 % sastava komaraca. Urbani komarci uglavnom se pojavljuju kada se pojave učestalije kiše i aktiviraju srednja legla (kanali). Predstavnik te skupine je domaći komarac *Cx. pipiens* koji se ponekad leže „ispod prozora“ te i on predstavlja veliki problem za ljudе. Šumski komarci uglavnom se pojavljuju u rano proljeće s jednom generacijom, ali za one ljudе koji ulaze u šume prave vrlo velike probleme. Ukoliko se poklope dobri ekološki uvjeti (pogodan vjetar) i ovi komarci mogu ući u naseljena područja i uz nemiravati ljudе.

Vrste kojima u smislu kontrole komaraca treba obratiti posebnu pozornost su *Ae. vexans*, *Oc. sticticus* i *Cx. pipiens* budući da oni mogu praviti velike populacije i dolaze u kontakt s ljudima.

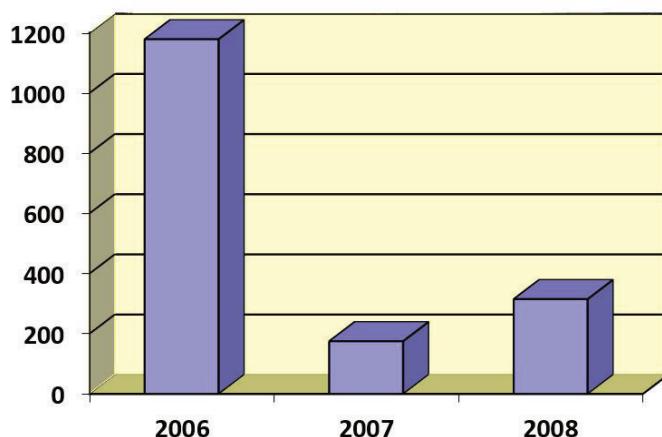
Prema dosada istraženim područjima u Vukovarsko-srijemskoj županiji posebno treba istaknuti šumska područja. Faunistički jako dobro su istražene šume Kunjevci i Spačva gdje su obavljana istraživanja. Treba naglasiti da one predstavljaju idealno mjesto za razvoj različitih vrsta komaraca te da je u njima utvrđeno 19 vrsta komaraca. Ukoliko to usporedimo s 50 poznatih vrsta u Republici Hrvatskoj, onda na možemo utvrditi da su te dvije šume pravi zoološki vrt za komarce.

Kako je gore navedeno, mnoga istraživanja komaraca obavljena su na području Vukovarsko-srijemske županije. Ovdje će se prikazati rezultati za tri istraživačke godine i to 2006., 2007. i 2008.

U ovom radu su korištene tri metode i to: uzorkovanje ličinki mrežicom, uzorkovanje CDC klopama jedanput mjesечно od svibnja do kraja rujna, čovjek aspirator 15 min svaki četvrti dan od svibnja do kraja rujna.

Rezultati

Brojnost komaraca u tri sezone znatno se razlikovala. Najobjektivniji rezultati dobiveni su uzorkovanjem CDC klopki, budući da one rade neovisno o čovjeku i privlače komarce uvijek jednako. Na Slici 4.5.1. prikazana je usporedba kroz tri sezone.



Slika 4.5.1. Broj komaraca na području Vukovarsko-srijemske županije u razdoblju 2006. – 2008. godine uhvaćen CDC klopkom

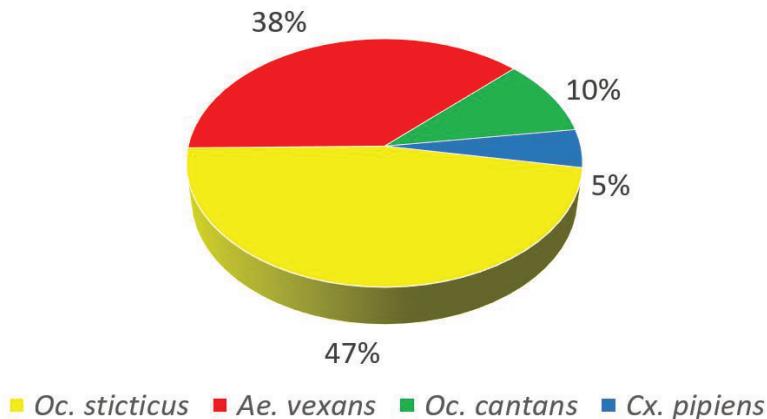
Analizirajući ovu sliku lako se može vidjeti da se ovdje radi o dvije godine 2007. i 2008. koje su bile vrlo nepovoljne za komarce. Te dvije godine nisu pružile dobre ekološke uvijete za razvoj komaraca, obje su bile izrazito sušne godine. 2006. godina također nije bila posebno dobra jer se izlegla samo jedna generacija poplavnih, ali i ostalih komaraca, ostatak godine je opet bio iznadprosječno suh.

Znatno veći broj komaraca je uhvaćen metodom čovjek aspirator 15 min budući da se uzorkovalo znatno više puta nego klopkama. Sumiramo li kvantitativno rezultate CDC klopke uhvatile su 1655 komaraca, a metodom čovjek aspirator 15 min 4834 jedinke. Faunistički obje metode su bile jednako uspješne s po 14 vrsta, ali ne istih. Kvantitativni i kvalitativni podatci mogu se vidjeti u sljedećoj tablici.

Tablica 4.5.1. Sastav faune komaraca uhvaćenih u razdoblju 2006. – 2008. godine

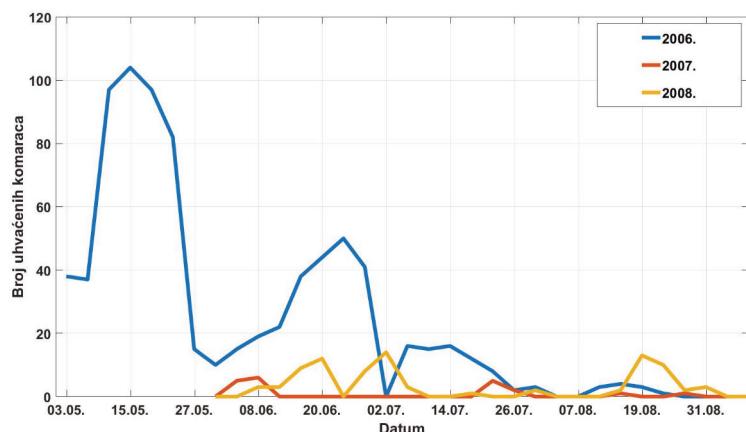
Vrsta	2006-2008	CDC	č-a-15min	ukupno
<i>Ochlerotatus sticticus</i>	510	2247	2757	
<i>Aedes vexans</i>	449	1674	2123	
<i>Ochlerotatus cantans</i>	104	497	601	
<i>Culex pipiens</i> k.	413	36	449	
<i>Aedes cinereus</i>	40	131	171	
<i>Ochlerotatus caspius</i>	34	39	73	
<i>Anopheles maculipennis</i> k.	55	17	72	
<i>Ochlerotatus excrucians</i>	0	71	71	
<i>Coquillettidia richiardii</i>	5	51	56	
<i>Aedes rossicus</i>	27	18	45	
<i>Culex modestus</i>	10	28	38	
<i>Ochlerotatus rusticus</i> k.	7	13	20	
<i>Anopheles plumbeus</i>	0	7	7	
<i>Ochlerotatus dorsalis</i>	6	0	6	
<i>Culex sp.</i>	3	0	3	
<i>Ochlerotatus geniculatus</i>	0	3	3	
<i>Uranotenia unguiculata</i>	0	2	2	
<i>Culiseta annulata</i>	1	0	1	
<i>Anopheles hyrcanus</i>	1	0	1	
Neodređeno	4	0	4	
Ukupno	1655	4834	6489	

Najveću pozornost u smislu kontrole komaraca imaju prve četiri vrste stoga je njihov omjer pokazan na slici 4.5.2.



Slika 4.5.2. Udio četiri najbrojnije vrste u ukupnom broju komaraca uzorkovanih na području Vukovarsko-srijemske županije u razdoblju 2006. – 2008. godine

U tablici 4.5.1. i na slici 4.5.2. vidi se da po ukupnoj brojnosti uvelike se ističu dvije vrste, a to su *Oc. sticticus* i *Ae. vexans*. To su karakteristične poplavne vrste koje svoje razmnožavanje vežu gotovo isključivo za pojavljivanje poplavnih voda. Ove dvije vrste čine većinu u fauni komaraca u većini područja Vukovarsko-srijemske županije i ukoliko je u pitanju kontrola komaraca njima treba obratiti puno pozornosti.



Slika 4.5.3. Sezonska aktivnost komaraca na postaji Lenije u 2006., 2007. i 2008. godini

Iz slike 4.5.3. jasno se vidi velika razlika u brojnosti komaraca na postaji Lenije u Vinkovcima. Tijekom 2006. čak 14 puta je izmjerena aktivnost komaraca više od 15 u 15 minuta. Nasuprot ovom rezultatu tijekom 2007. i 2008. ni jednom nije izmjerena aktivnosti više od 15 komaraca u 15 minuta.

U okviru ovog istraživanja utvrđeno je prisustvo 18 vrsta komaraca. Budući da su prije obavljena mnoga istraživanja na području Vukovarsko-srijemske županije (Merdić, 1991; Merdić 1992; Merdić, 1995; Merdić i sur., 2008a) i u njima detaljno istraživana fauna šuma, ali i rasprostiranje raznih vrsta komaraca, pa nakon toga i istraživanja invazivnih komaraca (Vrućina i sur., 2017) gdje je utvrđeno prisustvo *Ae. albopictus*. Kada sve sumiramo, dosada je zabilježeno prisustvo **26 vrsta komaraca na području Vukovarsko-srijemske županije**.

4.6. Istraživanje komaraca u sjeverozapadnoj Hrvatskoj

Fauna komaraca Republike Hrvatske nejednako je istražena, tako da su neki dijelovi Republike Hrvatske jako dobro istraženi kao npr. Slavonija (Merdić i sur., 2003; Sudarić Bogojević i sur., 2008), Dalmacija (Romanović i Merdić, 2011) Istra (Merdić i sur., 2008b), a za neka područja gotovo da ne postoje nikakvi podatci. Općenito govoreći malo se zna o komarcima u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Samo u nekim radovima (Adamović i Paulus, 1982) postoji malo podataka koji zapravo ne predstavljaju sustavno istraživanje komaraca. Međimurje kao da je ostalo po strani entomoloških istraživanja, stoga je glavni cilj ovog rada bio dati prvi popis faune komaraca.

Iako Međimurje površinski nije veliko područje, geografski je podijeljeno na nizinski i brdoviti dio. Takvo područje je vrlo zanimljivo budući da pruža različita staništa za razvoj različitih vrsta komaraca. S druge strane, može se pretpostaviti da je u nizinskom dijelu fauna komaraca slična nekim dobro istraženim područjima Republike Hrvatske.

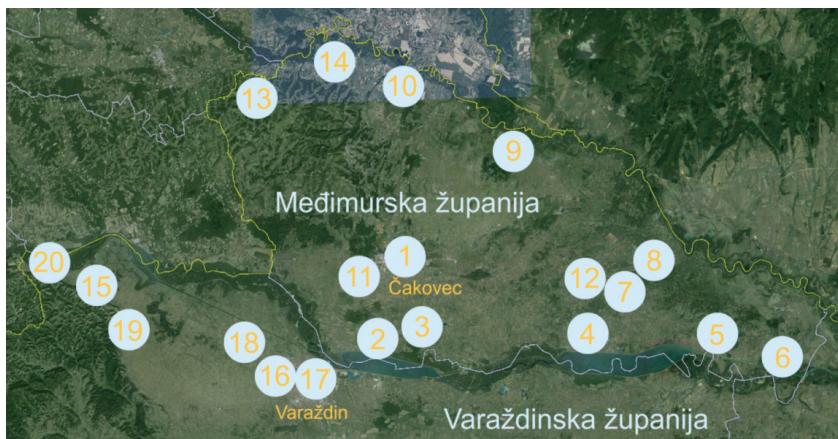
Jedan od ciljeva ovoga rada bio je zabilježiti mogući ulaz invazivnih vrsta komaraca u Republiku Hrvatsku u njenom najsjevernijem području.

Budući da je Zakonom o zaštiti pučanstva od zaraznih bolesti (Narodne novine br. 79/07, 113/08, 43/09) propisana obveza suzbijanja potencijalnih vektora, ali i molestanata, koju treba provoditi lokalna samouprava, podatci dobiveni ovim radom mogu se postaviti kao platforma za izradu programa kontrole komaraca na području Međimurja. Programi kontrole komaraca trebali bi se temeljiti na istraživanjima komaraca te bi tako imali znanstvenu podlogu za izradu kvalitetnih programa koji bi uključivali različite oblike suzbijanja komaraca. Budući da je svako područje specifično po sastavu i brojnosti komaraca, program kontrole komaraca morao bi biti specifičan za svako pojedino područje.

Od eradikecije malarije kasnih četrdesetih godina prošloga stoljeća pa sve do 2010. u Republici Hrvatskoj se o komarcima govorilo samo kao molestantima. Međutim, 2010. zabilježena je denge groznica kod ljudi u Hrvatskoj, a pretpostavlja se da su vektorsku ulogu odigrale jedinke vrste *Ae. albopictus* (Gjenero Margan i sur., 2011.). Nedugo zatim 2012. i 2013. zabilježeni su ljudi oboljeli od neuroinvazivnih bolesti kojima je patogen bio virus zapadnog Nila (Merdić i sur., 2013.).

Komarci tako opet postaju izravna prijetnja zdravlju ljudi u Republici Hrvatskoj. Nakon vijesti o jednoj oboljeloj osobi neuroinvazivnom bolešću s područja Međimurja, ovo istraživanje faune komaraca bilo je platforma za detaljnija istraživanja komaraca kao mogućih vektora virusa zapadnog Nila.

Uzorkovanje komaraca obavljeno je CDC klopkama uz suhi led kao atraktant 12 sati rada (3. poglavlje). Klopke su postavljene tri puta u 2013. godini. U Međimurskoj županiji postavljeno je 15 kloplki, a 5 u Varaždinskoj županiji (Slika 4.6.1).

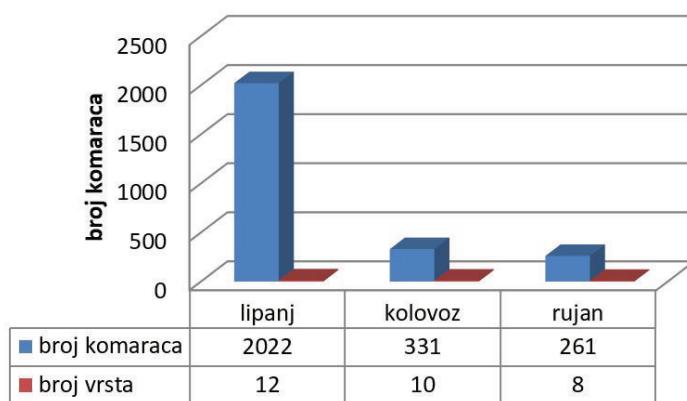


Slika 4.6.1. Karta istraživanog područja s označenim postajama uzorkovanja (izvor Googlemaps) Legenda: 1 - Čakovec, 2 - Šandrovec, 3 - Totovec, 4 - Prelog, 5 - Sveta Marija, 6 - Donja Dubrava, 7 - Donji Kraljevec, 8 - Goričan, 9 - Podturen, 10 - Mursko Središće, 11 - Nedelišće, 12 - Sveti Juraj, 13 - Sveti Martin, 14 - Štrigova, 15 - Cestica, 16 - Varaždin 1, 17 - Varaždin 2, 18 - Sračinec, 19 - Vinica, 20 - Veliki Lovrečan

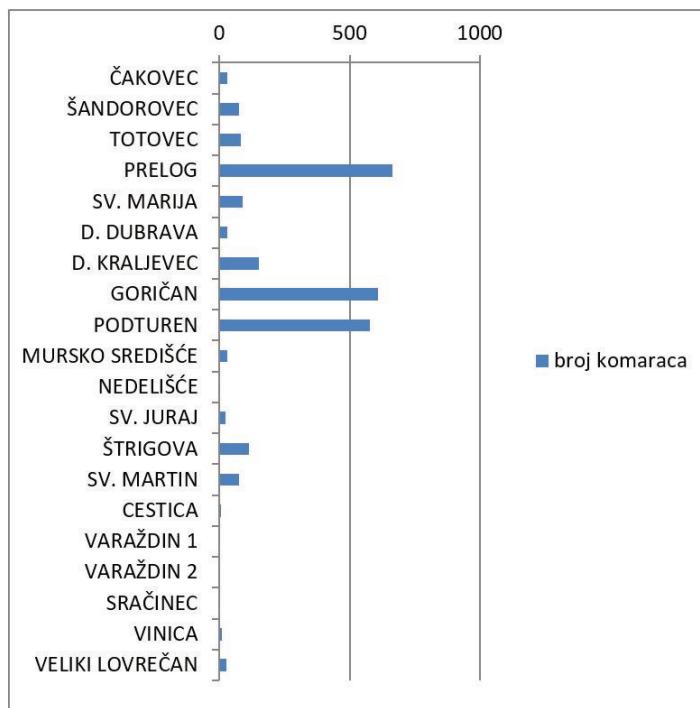
Rezultati

Tijekom istraživanja komaraca u sjeverozapadnoj Hrvatskoj ukupno je uhvaćeno 2614 jedinki komaraca. Najviše komaraca uhvaćeno je u lipnju, a u kolovozu i rujnu znatno manje (Slika 4.6.2). Od ukupnog broja, u Međimurju je na 15 postaja uhvaćeno 2507, a na 5 postaja u Varaždinskoj županiji uhvaćeno je 90 komaraca. U tri uzorkovanja broj komaraca kretao se od 0 do 663 po istraživanoj postaji (Slika 4.6.3).

Tri postaje se izdvajaju po velikom broju komaraca, a to su: Prelog sa 663, Goričan sa 610 i Podturen s 576 uhvaćenih komaraca. Na ostalim postajama uhvaćeno je znatno manje komaraca. Postaje koje se izdvajaju po maloj brojnosti su Nedelišće u Međimurju te 5 postaja u Varaždinskoj županiji (Varaždin 1 i 2, Sračinec, Vinica i Cestica) na kojima je uhvaćeno manje od 10 komaraca.



Slika 4.6.2. Kretanje broja komaraca i broja vrsta komaraca tijekom istraživanog razdoblja 2013. godine

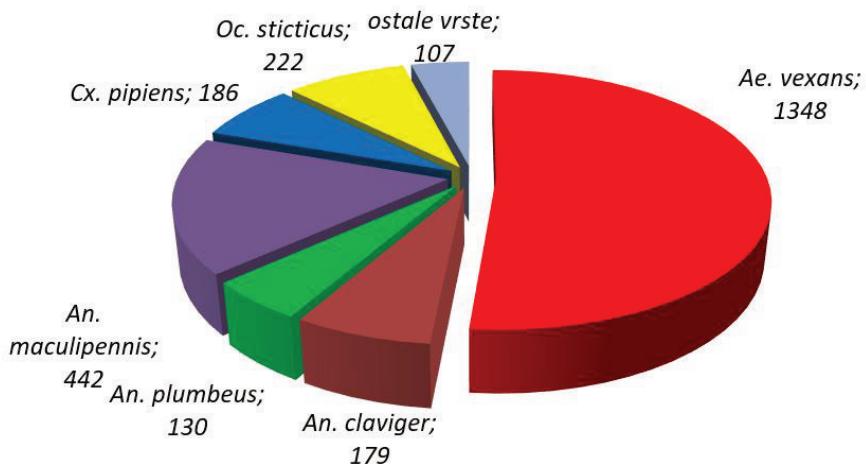


Slika 4.6.3. Broj uhvaćenih komaraca na istraživanim postajama

U obrađenom materijalu determinirano je prisustvo 14 vrsta komaraca.

1. *Anopheles claviger*
2. *Anopheles maculipennis*
3. *Anopheles plumbeus*
4. *Aedes cinereus*
5. *Aedes rossicus*
6. *Aedes vexans*
7. *Ochlerotatus cantans*
8. *Ochlerotatus caspius*
9. *Ochlerotatus geniculatus*
10. *Ochlerotatus sticticus*
11. *Coquillettidia richiardii*
12. *Culex modestus*
13. *Culex pipiens*
14. *Culiseta annulata*

Najbrojnija vrsta bila je *Ae. vexans* s udjelom od 51,57 %, zatim slijedi *An. maculipennis* kompleks sa 16,91 % (Slika 4.6.4). Čak pet vrsta uhvaćeno je s manje od deset jedinki, a to su: *Oc. geniculatus* 9, *Cx. modestus* 7, *Cs. annulata* 5, *Ae. rossicus* 4 i *Oc. caspius* 2 jedinke. Na postaji Prelog uhvaćeno je najviše vrsta komaraca ukupno 11, zatim slijedi Podturen s 9 vrsta.



Slika 4.6.4. Udio najbrojnijih vrsta komaraca uhvaćenih tijekom istraživanja komaraca u sjeverozapadnoj Hrvatskoj 2013 godine

U sljedećim tablicama (4.6.1, 4.6.2. i 4.6.3) prikazan je kvantitativni i kvalitativni sastav komaraca po obavljenim mjeranjima.

Tablica 4.6.1. Kvantitativni i kvalitativni sastav komaraca zabilježen uzorkovanjem
CDC klopkama 27. lipnja 2013. godine

Postaja	<i>Aedes cinereus</i>	<i>Aedes rossicus</i>	<i>Aedes vexans</i>	<i>Anopheles claviger</i>	<i>Anopheles plumbeus</i>	<i>Anopheles maculipennis</i> k.	<i>Coquillettidia richiardii</i>	<i>Culex modestus</i>	<i>Culex pipiens</i>	<i>Culiseta annulata</i>	<i>Ochlerotatus cantans</i>	<i>Ochlerotatus geniculatus</i>	<i>Ochlerotatus sticticus</i>	UKUPNO
ČAKOVEC			3						7				1	11
ŠANDORO- VEC	3		10			5			12		14		4	48
TOTOVEC			28				1		29		2			60
PRELOG	11	2	106	174		270	1	4	1	1	12		63	645
SV. MARIJA			45			4			10				13	72
D. DUBRAVA			13						2				3	18
D. KRALJEVEC			41		3						5		7	56
GORIĆAN			407			14	7				12		65	505
PODTUREN		1	290	2		107			7		3		27	437
MURSKO SREDIŠĆE			9			2			1				2	14
NEDELIŠĆE														0
SV. JURAJ			3						4		1			8
ŠTRIGOVA	1		37		1				9		2		8	58
SV. MARTIN			51			2							6	59
CESTIĆA														0
VARAŽDIN 1														0
VARAŽDIN 2			3						1					4
SRAČINEC										3				3
VINICA			2							7				9
VELIKI LOVREČAN				5		3	1		2	1		2	1	15
UKUPNO - TOTAL	15	3	1053	176	7	405	9	4	95	2	51		200	2022

Tablica 4.6.2. Kvantitativni i kvalitativni sastav komaraca
zabilježen uzorkovanjem CDC klopkama 21. kolovoza 2013. godine

Postaja	<i>Aedes vexans</i>	<i>Anopheles claviger</i>	<i>Anopheles plumbeus</i>	<i>Anopheles maculipennis</i> k.	<i>Culex modestus</i>	<i>Culex pipiens</i>	<i>Culiseta annulata</i>	<i>Culiseta longiareolata</i>	<i>Ochlerotatus cantans</i>	UKUPNO	
ČAKOVEC						20				20	
ŠANDOROVEC			1	4	2	19				26	
TOTOVEC	10					12				22	
PRELOG	1	4	1	2						8	
SV. MARIJA										0	
D. DUBRAVA	3					6				9	
D. KRALJEVEC	3		10							13	
GORIČAN	74			9		1			2	86	
PODTUREN	60			15		1				76	
MURSKO SREDIŠĆE		4		3						7	
NEDELIŠĆE						1				1	
SV. JURAJ		4				6				10	
ŠTRIGOVA	13	2	4			9		1		29	
SV. MARTIN	6			4		2				12	
CESTICA	6				1	1				8	
VARAŽDIN 1										0	
VARAŽDIN 2										0	
SRAČINEC										0	
VINICA										0	
VELIKI LOVREČAN				1			1	2		4	
UKUPNO - TOTAL	1	187	3	16	37	3	79	2	1	2	331

Tablica 4.6.3. Kvantitativni i kvalitativni sastav komaraca zabilježen uzorkovanjem
CDC klopkama 19. rujna 2013. godine

Postaja	<i>Aedes cinereus</i>	<i>Aedes vexans</i>	<i>Anopheles plumbeus</i>	<i>Coquillettidia richiardii</i>	<i>Culex pipiens</i>	<i>Culiseta annulata</i>	<i>Ochlerotatus . . .</i>	<i>Ochlerotatus sticticus</i>	UKUPNO
ČAKOVEC									0
ŠANDOROVEC		1	1						2
TOTOVEC		2							2
PRELOG							10		10
SV. MARIJA		12			3		4		19
D. DUBRAVA		3							3
D. KRALJEVEC		3	78		2		1		84
GORIČAN		16					3		19
PODTUREN		58	1	2			2		63
MURSKO SREDIŠĆE		10		1					11
NEDELIŠĆE		1			2				3
SV. JURAJ					3	2			5
ŠTRIGOVA			21			1	5		27
SV. MARTIN	1				2				3
CESTICA									0
VARAŽDIN 1		1							1
VARAŽDIN 2									0
SRAČINEC		1							1
VINICA									0
VELIKI LOVREČAN			6				2		8
UKUPNO - TOTAL	1	108	107	3	12	1	7	22	261

Ovim istraživanjem je evidentirana prisutnost 14 vrsta komaraca. To sigurno nije konačan broj vrsta komaraca koji obitavaju u Međimurju, ali taj podatak predstavlja temelj za buduća istraživanja. Sastav vrsta je sličan ravničarskim područjima u Republici Hrvatskoj, što je i očekivano budući da je veći dio Međimurja ravničarski te je omeđen dvjema rijekama. Upravo taj dio Međimurja ima najveću brojnost komaraca. U brdskom dijelu Međimurja i u Varaždinskoj županiji brojnost komaraca, ali i broj vrsta komaraca, znatno je manji, što je zapravo rezultat ograničenosti metode koja je korištena za istraživanje. Zasigurno će se broj vrsta komaraca povećati kada se detaljno istraži brdska dio Međimurja u budućim istraživanjima, kad se budu koristile i druge istraživačke metode, a naročito one u kojima će se istraživati legla komaraca u ranijem dijelu sezone. Dominacija poplavnih komaraca u ravničarskom dijelu Međimurja je očekivana i može se usporediti s istraživanjima u nizinskim područjima Republike Hrvatske (Merdić i sur., 2010.), ali i panonske nizine (Mihaly, 1963.) gdje dominira vrsta *Ae. vexans* uz pratinju *Oc. sticticus*, *Ae. rossicus* i *Ae. cinereus*. Potrebno je naglasiti da ovim istraživanjem nije zabilježeno prisustvo rijetkih vrsta u Republici Hrvatskoj. Vjerovatnji razlog tome je mali broj uzorkovanja i uzorkovanje samo jednom metodom.

U samom planiranju ovog istraživanja jedan od glavnih motiva bio je potraga za invazivnom vrstom *Ae. japonicus*, koja kao što je navedeno u rezultatima, nije pronađena. Upravo ova vrsta širi se srednjom Europom i prošle godine evidentirana je prisutnost i širenje u susjednoj Sloveniji u Mariboru (Kalan i Kryštufek, 2013). Stoga je postavljeno ovakvo istraživanje, tj. veći broj uzorkovanja u kasnijem dijelu sezone. Kao što smo i predviđeli da će se komarci ove vrste proširiti po Republici Hrvatskoj, to se i dogodilo budući da je evidentirano prisustvo ove vrste u rujnu 2013. u okolici Krapine, svega 50 km južnije od istraživanog prostora. Uzimajući u obzir biologiju ove vrste, možemo sa sigurnošću najaviti da će se ona proširiti i na područje Međimurja i to vrlo brzo, a buduća istraživanja to će i potvrditi. Što se tiče ostalih invazivnih vrsta komaraca koji se šire Europom, najbliža Međimurju je vrsta *Ae. albopictus*. O širenju

ove vrste komaraca mnogo se toga zna, iako nas neki podatci iznenađuju.

Faunistička istraživanja imaju osnovni cilj evidentirati životinjske vrste koje žive na nekom području. Zoogeografija kao znanost od velike je koristi čovjeku. Za čovjeka nije svejedno koje životinjske vrste žive u njegovom okružju. Čovjek je na ovaj ili onaj način vezan za životinje koje žive u prirodi ili tu prirodu dijeli sa životnjama. Takvih odnosa ima pozitivnih, ali i negativnih, gdje životinje negativno utječu na čovjeka ili na njegova dobra. Iz mnoštva tih odnosa treba izdvojiti onaj koji se odnosi na istraživanu grupu životinja – komarce. Komarci u okružju čovjeka su sigurno nepoželjni kukci, a njihovo poznавanje može doprinijeti ili suživotu ili znanju koje se može iskoristiti za kontrolu brojnosti tih kukaca. Svaka država želi održati zdravlje svojih državljana, što je dokazano i kroz povijest (Bakić, 2012) kreiranjem zakona koji bi trebali zaštititi građane od širenja bolesti. Komarci kao vektori direktno negativno utječu na zdravlje čovjeka pa je trenutno važeći Zakon o zaštiti pučanstva od zaraznih bolesti, daje obvezu donošenja Programa suzbijanja komaraca svakoj lokalnoj samoupravi, a na prijedlog struke, tj. nadležne epidemiološke službe županijskog zavoda za javno zdravstvo. Za svaki program potrebna je znanstvena podloga, kako bi program bio izvediv i učinkovit. I jedno i drugo (program i izvedba) lako zvuči, ali je u praksi to vrlo teško izvesti.

Posljednjih nekoliko godina komarci su u Hrvatskoj postali ponovo vektori patogena koji izazivaju različite bolesti kod ljudi. Među potencijalnim vektorima nalazi se i vrsta *Cx. pipiens* (domaći obični komarac) koji dosada na našem području nije bio vektor. Širenjem virusa zapadnog Nila diljem svijeta ovaj virus došao je i do srednje i istočne Europe. Virus zapadnog Nila izaziva neuroinvazivne bolesti kod ljudi i konja (Vilibić Čavlek i sur., 2013), ali samo u malom broju slučajeva i to kod onih ljudi kod kojih je imunološki sustav oslabljen. Procjenjuje se da oko 80% ljudi koji se zaraze virusom nemaju izražene tegobe, kod 20 % pojavljuju se nespecifične febrilne bolesti, a kod manje od 1 % pojavljuju se neuroinvazivne bolesti (Vilibić

Čavlek i sur., 2013). Ove su se bolesti u Republici Hrvatskoj pojavile tijekom 2012. godine u istočnoj Hrvatskoj (Merdić i sur., 2013), a 2013. godine u sjeverozapadnoj Hrvatskoj (Vilibić Čavlek i sur., 2014). U oba ova slučaja bolest se pojavila točkasto na širem području, tako da ne možemo govoriti o žarišnim područjima. Jedan od 18 oboljelih od neuroinvazivnih bolesti 2013. godine potiče iz Međimurja, što predstavlja činjenicu da postoji potencijalna opasnost da su jedinke vrste *Cx. pipiens* iz Međimurja prenijele virus s ptica (koje predstavljaju glavni rezervoar za virus) na ljude. Budući da *Cx. pipiens* na području Međimurja ima udio od 7,11 % i da je kontinuirano prisutan tijekom cijele godine, to predstavlja veliku potencijalnu opasnost za vektorsku ulogu za prijenos virusa zapadnog Nila. Udio ove vrste u fauni drugih područja u Hrvatskoj kreće se od 5 do 55 % (Merdić i sur., 2008b; Romanović i Merdić, 2011; Sudarić Bogojević i sur., 2009) što ukazuje da je cijela Hrvatska potencijalni prostor za pojavu neuroinvazivnih bolesti koje ova vrsta može prenijeti. Jedinke vrste *Cx. pipiens* na istraživanom području sjeverozapadne Hrvatske zabilježene su na svim postajama pa možemo zaključiti da je cijelo Međimurje i Varaždinska županija potencijalno ugroženo od pojave virusa zapadnog Nila i neuroinvazivnih bolesti kod ljudi.

Nedugo nakon ovih istraživanja u Međimurskoj i Varaždinskoj županiji utvrđeno je prisustvo obje invazivne vrste komaraca *Ae. albopictus* i *Ae. japonicus* (Capak i sur., 2017). **Ovim nalazima broj poznatih vrsta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj iznosi 16.**

4.7. Komarci grada Zagreba

Grad Zagreb obuhvaća površinu od 641.355 km². Veće područje grada smješteno je na 112 mnv. Zagreb ima bogatu krajobraznu raznolikost, izmjenjuju se gorski, brežuljkasti i nizinski krajobraz. Nizinski prostori su urbano i suburbano razvijeni uz rijeku Savu. Središnji dio grada je gusto izgrađen urbani prostor, dok je sjeverni dio grada smješten na padinama Medvednice sa šumskom vegetacijom i najvećim dijelom obiteljskim kućama (manje urbano područje). U istočnim, južnim i zapadnim dijelovima grada zastupljene su poljoprivredne površine. Područje Zagreba obiluje površinskim vodama. U rijeku Savu ulijevaju se brojni potoci koji dolaze s Medvednice. Na području grada je sedam umjetnih jezera te nekoliko umjetnih vodotoka.

Raznolikost krajobraza grada Zagreba i umjerena klima osiguravaju brojna i raznolika legla i staništa komaraca. Zagreb ima umjereno toplu kišnu klimu, s topлим ljetom, bez izrazito suhog razdoblja. Najmanje oborina je zimi (u ožujku ili veljači), s dva podjednaka maksimuma oborina ljeti. Temperatura najtoplijeg mjeseca (srpanj) je niža od 22 °C, a više od četiri mjeseca u godini srednja temperatura je viša od 10 °C. Srednja temperatura najhladnijeg mjeseca u godini je viša od -3 °C, a manja od 18 °C.

Faunističkim istraživanjima komaraca na području grada Zagreba do sada su zabilježene 32 vrste komaraca. Utvrđeno je prisustvo dvije podporodice i osam rodova: *Anopheles*, *Aedes*, *Ochlerotatus*, *Culex*, *Culiseta*, *Coquillettidia*, *Orthopodomyia* i *Uranotaenia*.

Slijedi sistematski popis vrsta:

1. *Anopheles claviger*
2. *Anopheles maculipennis complex*
3. *Anopheles plumbeus*
4. *Aedes cinereus*
5. *Aedes rossicus*
6. *Aedes vexans*
7. *Aedes albopictus*
8. *Aedes japonicus*
9. *Ochlerotatus geniculatus*
10. *Ochlerotatus annulipes*
11. *Ochlerotatus behningi*
12. *Ochlerotatus cantans*
13. *Ochlerotatus caspius*
14. *Ochlerotatus cataphylla*
15. *Ochlerotatus communis*
16. *Ochlerotatus detritus*
17. *Ochlerotatus excrucians*
18. *Ochlerotatus punctor*
19. *Ochlerotatus riparius*
20. *Ochlerotatus sticticus*
21. *Ochlerotatus rusticus*
22. *Culex pipiens complex*
23. *Culex theileri*
24. *Culex hortensis*
25. *Culex martinii*
26. *Culex territans*
27. *Culiseta longiareolata*
28. *Culiseta morsitans*
29. *Culiseta annulata*
30. *Coquillettidia richiardii*
31. *Orthopodomyia pulchripalpis*
32. *Uranotaenia unguiculata*

O komarcima s područja grada Zagreba može se pronaći svega nekoliko zapisa nastalih tijekom razdoblja do 1990. godine. U

zapisima o malariji s područja grada Zagreba u prvoj polovini 20. stoljeća navode se vrste: *An. maculipennis*, *An. plumbeus*, *An. bifurcatus* (sada *An. claviger*), *Cx. pipiens*, *Cx. bicolor* (sada synonymised *Cx. pipiens*), *Cx. pyrenaicus* (sada *Cx. territans*), *Cx. hortensis*, *Theobaldia longiareolata* (sada *Cs. longiareolata*), *Theobaldia annulata* (sada *Cs. annulata*), *Or. albionensis* (sada *Or. pulchripalpis*), *Finlaya geniculata* (sada *Oc. geniculatus*), *Ecculex vexans* (sada *Ae. vexans*) i *Oc. communis* (Langhoffer 1916; Hadzi 1918; Langhoffer i Baranov, 1930). Pavišić (1951) navodi prisustvo *Anopheles nigripes* (sada *Anopheles plumbeus*) u dendrotelama u stablima u šumi Maksimira, Bukovca i Rima, a u diskusiji o komarcima molestantima (1951) navodi nekoliko vrsta prisutnih u Zagrebu: *Cx. pipiens*, *Theobaldia longiareolata* (sada *Cs. longiareolata*), *An. bifurcatus* (sada *An. claviger*), *Ae. nemorosus* (sada *Oc. communis*), *Ae. cantans* (sada *Oc. cantans*) i *Ae. punctor* (sada *Oc. punctor*). U osamdesetim godinama prošlog stoljeća istraživali su se Anophelinae (Adamović i Paulus, 1985).

Od 1990.-ih godina do sada intenzivnija istraživanja komaraca u Zagrebu provodi Nastavni zavod za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“. Pojedina područja Zagreba su dobro istražena, kao što je Park Maksimir.

Zagrebački park Maksimir najstariji je hrvatski park i jedinstveni objekt parkovnog graditeljskog nasljeđa grada Zagreba i Republike Hrvatske. Najznačajniji je hrvatski pejzažni perivoj, prvo javno šetalište u jugoistočnoj Europi i vrlo značajan i vrijedan park u europskim razmjerima. Perivoj Maksimir proglašen je 1948. prirodnom rijetkošću Rješenjem Zemaljskog zavoda za zaštitu prirodnih rijetkosti u Zagrebu. Na temelju Zakona o zaštiti prirode Maksimir je zaštićen u kategoriji spomenika parkovne arhitekture, zaštićen Zakonom o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara i upisan u Registar nepokretnih spomenika kulture. Zbog svih svojih prirodnih i kulturnih vrednota područje Parka Maksimir nije uključeno u Program suzbijanja komaraca grada Zagreba.

Park Maksimir je smješten je na krajnjim južnim obroncima Medvednice, u sjeveroistočnom dijelu Zagreba, udaljen od središta grada svega tri kilometra. Prostire se na površini od 316 hektara. Područje parka Maksimir najvećim je dijelom šuma, a poznato je da

šuma kao stanište pruža povoljne uvjete za legla komaraca i zadržavanje odraslih jedinki.

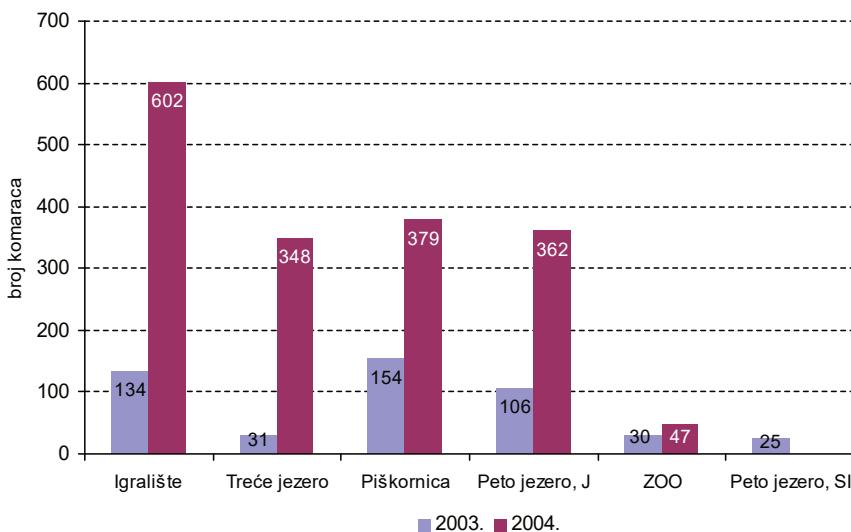
Dvogodišnje istraživanje komaraca u parku Maksimir provedeno je 2003. i 2004. godine, a s ciljem utvrđivanja vrsta, njihove brojnosti, sezonske dinamike i razine molestiranja.

U parku Maksimir pronađeno je ukupno 27 vrsta komaraca. Faunističkim istraživanjem provedenim 1995. utvrđeno je 16 vrsta (Merdić, 2002), a tijekom istraživanja 2003. i 2004. godine pronađene su 23 vrste komaraca od čega je 11 vrsta zabilježeno prvi put, a nisu zabilježene četiri vrste utvrđene ranije (Klobučar, 2007). Tijekom 2003. i 2004. godine u Maksimiru su uzorkovane 22 vrste ličinki.

Tablica 4.7.1. Ukupan broj ličinki vrsta komaraca uzorkovan tijekom istraživanja

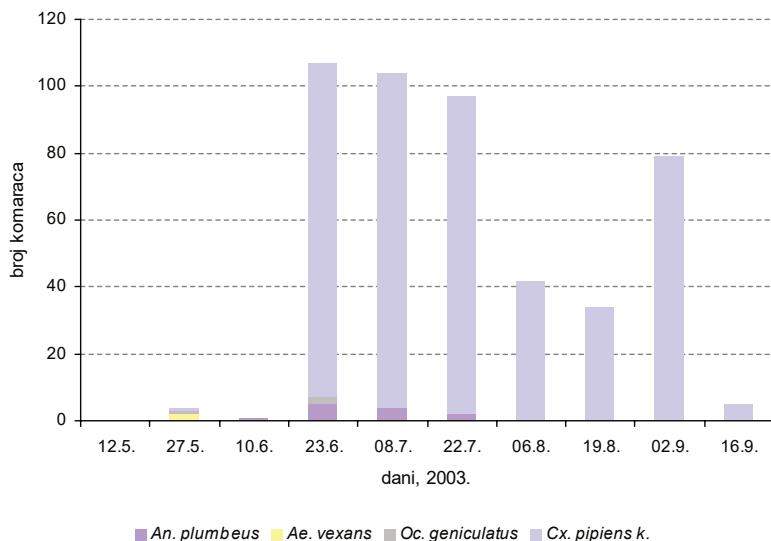
Vrsta	2003.		2004.		ukupno	
	broj ličinki	%	broj ličinki	%	broj ličinki	%
<i>An. claviger</i>	7	1,98	-	-	7	1,08
<i>An. maculipennis</i> k.	34	9,60	12	4,07	46	7,09
<i>An. plumbeus</i>	2	0,56	-	-	2	0,31
<i>Ae. cinereus</i>	1	0,28	-	-	1	0,15
<i>Ae. vexans</i>	4	1,13	10	3,39	14	2,16
<i>Oc. geniculatus</i>	22	6,21	2	0,68	24	3,70
<i>Oc. annulipes</i>	5	1,41	-	-	5	0,77
<i>Oc. cantans</i>	13	3,67	9	3,05	22	3,39
<i>Oc. caspius</i>	8	2,26	2	0,68	10	1,54
<i>Oc. communis</i>	3	0,85	9	3,05	12	1,85
<i>Oc. detritus</i>	2	0,56	4	1,36	6	0,92
<i>Oc. excrucians</i>	4	1,13	-	-	4	0,62
<i>Oc. punctor</i>	-	-	23	7,80	23	3,54
<i>Oc. sticticus</i>	6	1,69	84	28,47	90	13,8
<i>Oc. rusticus</i>	-	-	1	0,34	1	0,15
<i>Cx. pipiens</i> k.	156	44,07	129	43,73	285	43,9
<i>Cx. theileri</i>	1	0,28	-	-	1	0,15
<i>Cx. hortensis</i>	9	2,54	-	-	9	1,39
<i>Cx. martini</i>	17	4,80	2	0,68	19	2,93
<i>Cx. territans</i>	52	14,69	7	2,37	59	9,09
<i>Cs. longiareolata</i>	5	1,41	-	-	5	0,77
<i>Cs. annulata</i>	3	0,85	1	0,34	4	0,62
Ukupno	354	100	295	100	649	100

Istraživanje odraslih komaraca CDC klopkama provedeno je na šest (2003.) i pet (2004.) lokaliteta. Tijekom 2003. godine uzorkovano je 480, a 2004. 1738 jedinki; determinirano je ukupno 2182 odrasle jedinke komaraca. Odnos ukupnog broja uzorkovanih komaraca na pojedinim lokalitetima tijekom 2003. i 2004. prikazuje slika 4.7.1.



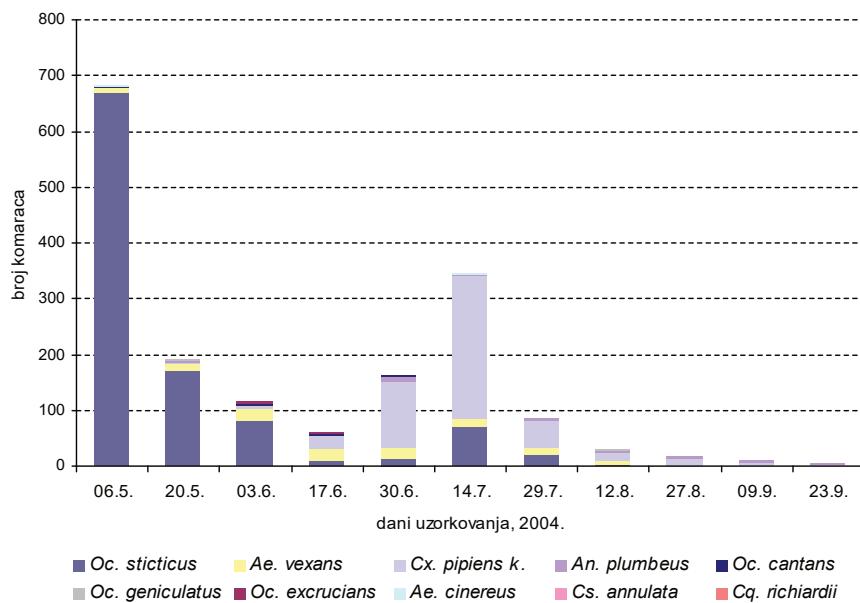
Slika 4.7.1. Odnos broja komaraca uzorkovanih CDC klopkama na pojedinim lokalitetima tijekom 2003. i 2004. godine

U 2003. godini uzorkovane su četiri vrste odraslih jedinki komaraca: *An. plumbeus*, *Ae. vexans*, *Oc. geniculatus* i *Cx. pipiens* kompleks. Vrsta *Cx. pipiens* kompleks je eudominantna, zauzima 96,41 % ukupnog uzorka, *An. plumbeus* 2,54 %, *Ae. vexans* 0,42 % i *Oc. geniculatus* 0,63 %. Sezonska dinamika aktivnosti vrsta u ukupnom uzorku prikazana je na slici 4.7.2.



Slika 4.7.2. Sezonska dinamika aktivnosti vrsta komaraca u CDC klopkama u ukupnom uzorku komaraca u 2003. godini

Tijekom 2004. CDC klopkama je uzorkovano ukupno 10 vrsta odraslih jedinki komaraca: *An. plumbeus*, *Ae. cinereus*, *Ae. vexans*, *Oc. geniculatus*, *Oc. cantans*, *Oc. excrucians*, *Oc. sticticus*, *Cx. pipiens* kompleks, *Cs. annulata* i *Cq. richiardii*. U ukupnom uzorku *Oc. sticticus* je dominantna vrsta, zauzima 61,03 %. Slijedi *Cx. pipiens* kompleks s 28,61 % i *Ae. vexans* sa 6,44 %. Ostalih sedam vrsta zastupljeno je s udjelom manjim od 2 %. Po jedna jedinka su uzorkovane vrste *Cs. annulata* i *Cq. richiardii*. Na lokalitetima Igralište, Peto jezero S i Piškornica dominantna vrsta je *Oc. sticticus*, a na ostala dva lokaliteta Treće jezero i ZOO dominira *Cx. pipiens* kompleks. Sezonska dinamika vrsta u ukupnom uzorku prikazana je na slici 4.7.3.



Slika 4.7.3. Sezonska dinamika vrsta uzorkovanih CDC klopama tijekom 2004. godine

Vrste *Oc. sticticus* i *Cx. pipiens* kompleks uzorkovane CDC klopama pokazuju sličnu sezonsku dinamiku na pojedinim postajama uzorkovanja. Vrsta *Oc. sticticus* je najbrojnija u svibnju i prvoj polovini lipnja, dok je vrsta *Cx. pipiens* kompleks u Parku Maksimir najbrojnija u srpnju.

Radi utvrđivanja razine molestiranja u 2003. godini obavljeno je uzorkovanje komaraca aspiratorom na tijelu skupljača tijekom 15 minuta, od početka svibnja do polovine srpnja na lokalitetu Igralište. Aspiratorom su uhvaćene samo četiri jedinke: 08.07. dvije jedinke vrste *Cx. pipiens* kompleks, 11.07. jedna jedinka *Oc. cantans* i 14.7. jedna jedinka *Oc. excrucians*.

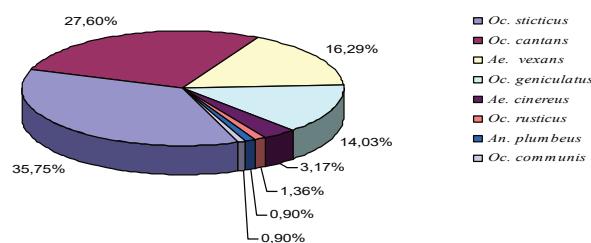
U 2004. na lokalitetima Igralište i Treće jezero od početka svibnja do kraja srpnja dvije osobe u ukupno 100 mjerena tijekom 15 minuta dva puta tjedno (svakih 3 ili 4 dana) prikupile su aspiratorom na svom tijelu 1417 komaraca od čega je određeno 1396 (21 jedinka je bila oštećena). Uzorkovano je osam vrsta komaraca: *An. plumbeus*, *Ae.*

cinereus, *Ae. vexans*, *Oc. geniculatus*, *Oc. cantans*, *Oc. excrucians*, *Oc. sticticus* i *Oc. rusticus*. Raznolikost vrsta na lokalitetima mjerena je vrlo slična. Na lokalitetu Igralište ukupno su određene 584 jedinke, sedam vrsta komaraca, od čega četiri vrste samo po jedna jedinka. Na lokalitetu Treće jezero određeno je 640 jedinki, šest vrsta komaraca od čega je jedna vrsta zastupljena jednom jedinkom. Na oba lokaliteta i kod obje osobe vrsta *Oc. sticticus* dominira s više od 95 % jedinki u uzorku. U ukupnom uzorku vrste *An. plumbeus*, *Ae. cinereus* i *Oc. rusticus* zastupljene su samo jednom jedinkom. Najveći uzorkovani broj komaraca na tijelu (predstavlja i najvišu razinu dosađivanja tijekom 15 minuta) iznosio je 90 komaraca tijekom 15 minuta, a zabilježen je 12.05.2004. godine.

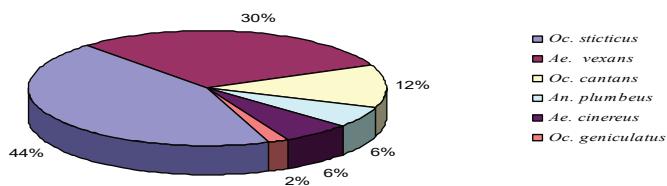
Faunističko-ekološka istraživanja komaraca u parku Maksimir provedena su tijekom dvije klimatski različite godine. Prema podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda količina oborina u 2003. je daleko manja u odnosu na višegodišnji srednjak, a srednje mjesecne temperature u svibnju, lipnju, srpnju i kolovozu iste godine su iznad višegodišnjeg srednjaka veće za 3 °C do 5 °C. Smanjena količina oborina i povišene temperature u direktnom su odnosu s relativnom vlagom koja je od ožujka do kolovoza u 2003. također ispod višegodišnjeg srednjaka, što 2003. godinu svrstava u vrlo sušne godine. Za razliku od prethodne, 2004. godina se prema sva tri klimatska čimbenika (količina oborina, temperatura i relativna vлага) ubraja u klimatski prosječne godine. Klimatski različite godine nisu značajno utjecale na faunu komaraca u stadiju ličinke, ali su značajno utjecale na različite faunističke i ekološke rezultate istraživanja odraslih jedinki tijekom dvije godine istraživanja.

Rijeka Sava na zagrebačkom području ima visoki vodostaj u proljeće i jesen, nizak ljeti. Na zagrebačkom području se izljevanja iz korita rijetko događaju, stoga Sava ne utječe na stvaranje ljetnih populacija komaraca. Na broj proljetnih komaraca u Zagrebu najvećim dijelom utječu prirodna legla uglavnom smještena izvan granica grada, a predstavljaju ih veće i manje poplavne površine i kanali istočno i južno od Zagreba. Na području grada u šumovitim i poplavnim područjima prirodna legla aktivna su samo u proljeće (ožujak, travanj

i prva polovina svibnja), a vrste najbrojnije u njima su *Oc. sticticus*, *Oc. cantans*, *Ae. vexans* i *Oc. geniculatus* s dominacijom vrste *Oc. sticticus* koja je i najčešći molestant. To pokazuju primjeri mjerjenja molestiranja koja su obavljena uz pomoć aspiratora (hvatani su komarci koji slete na tijelo skupljača tijekom 15 minuta) u šumi u Maksimiru i u šumi na području ŠRC Jarun tijekom svibnja, lipnja i srpnja 2005. dinamikom dva puta tjedno. Najviša razina molestiranja izmjerena je u drugoj polovici svibnja, a zastupljenost komaraca molestanata na odabranim lokacijama je vrlo slična, dominira vrsta *Oc. sticticus* (slike 4.7.4. i 4.7.5.). Vrsta *Oc. sticticus* je na čitavom području grada Zagreba u svibnju i lipnju dominantan molestant, u Zagrebu se do sada bilježi godišnje jedna generacija ove vrste (Klobučar i sur.. 2010.).



Slika 4.7.4. Zastupljenost vrsta komaraca molestanata u šumi u Maksimiru, 2005. godine



Slika 4.7.5. Zastupljenost vrsta komaraca molestanata u šumi na području Jaruna, 2005. godine

Potoci sa svojim retencijama u klimatski prosječnim godinama postaju mjestimično aktivna legla komaraca u ljetnim mjesecima (razdoblje s malom količinom oborina), a u njima dominira vrsta *Cx. pipiens* kompleks. Tigrasti komarac, *Ae. albopictus* te vrsta *Cx. pipiens* kompleks dominantne su vrste u brojnim i raznolikim umjetnim gradskim leglima.

U zatvorenim prostorima pojedinih stambenih i poslovnih zgrada nalaze se legla komaraca unutar poplavljениh podruma, toplinskih stanica, tehničkih etaža i slivnika. Ova legla su privremena, ili stalna, često teško dostupna. U dijelu takvih legla u Zagrebu razvija se vrsta komaraca *Culex pipiens* biotip *molestus* (Merdić i Vujićić, 2005). Ovaj biotip je homodinamni (ženke mogu polagati jaja bez dijapauze) i autogeni (biološka osobina ženke da bez uzimanja krvnog obroka može položiti jaja). Takve karakteristike omogućavaju u povoljnim uvjetima razvoj tijekom cijele godine. Jedinke *Culex pipiens* biotip *molestus* su primarno antropofilne.

U razdoblju od 2008. do 2017. godine intenzivnija istraživanja komaraca u Zagrebu bila su usmjerena na invazivne vrste komaraca. Tijekom sezona 2018. i 2019. godine obavljena su uzorkovanja odraslih komaraca CDC klopkama uz suhi led kao atraktant, dinamikom svakih 14 dana, na osam lokaliteta smještenih u različitim dijelovima grada i staništima (šuma, vrtovi, urbano područje). Tijekom te dvije klimatski različite godine uzorkovan je značajno različit broj jedinki i vrsta komaraca.

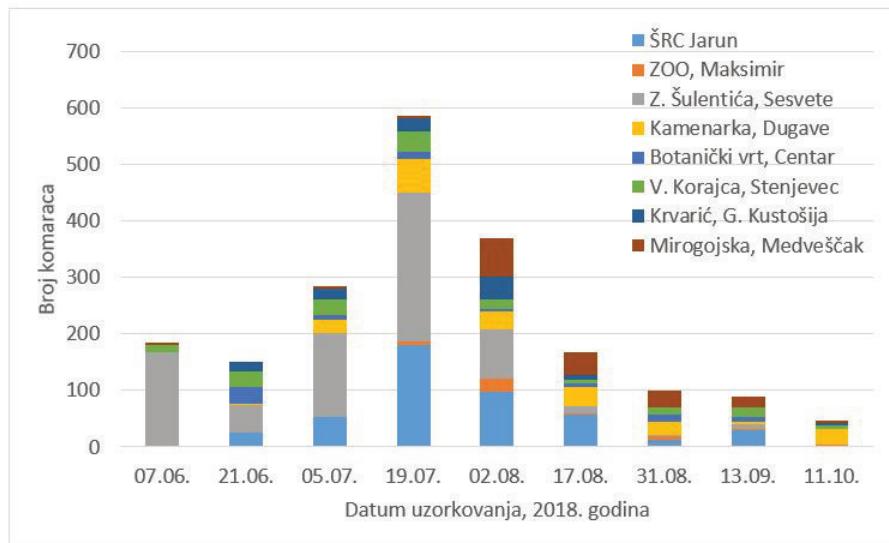
Tablica 4.7.2. Broj jedinki vrsta odraslih komaraca uzorkovan CDC klopkama u 2018. i 2019. godini

Vrsta	2018.		2019.	
	ukupno	%	ukupno	%
<i>Aedes albopictus</i>	326	16,52	619	7,89
<i>Aedes japonicus</i>	1	0,05		
<i>Aedes vexans</i>	198	9,58	2290	29,20
<i>Aedes rossicus</i>			320	4,08
<i>Aedes cinereus</i>			47	0,60
<i>Culex pipiens</i>	1139	57,73	901	11,50
<i>Culex modestus</i>			1	0,01
<i>Ochlerotatus sticticus</i>	315	15,97	3541	45,15
<i>Ochlerotatus cantans</i>			16	0,20
<i>Ochlerotatus rusticus</i>			6	0,08
<i>Ochlerotatus geniculatus</i>			78	0,99
<i>Ochlerotatus caspius</i>			1	0,01
<i>Ochlerotatus behningi</i>			1	0,01
<i>Anopheles plumbeus</i>	2	1,10	18	0,23
<i>Anopheles claviger</i>			1	0,01
<i>Anopheles maculipennis</i>	1	0,05	1	0,01
<i>Culiseta annulata</i>			1	0,01
ukupno	1973	100,00	7842	100,00

U 2018. godini tijekom devet uzorkovanja od lipnja do listopada uzorkovane su ukupno 1973 jedinke i određeno sedam vrsta komaraca. Najveći broj komaraca uzorkovan je sredinom srpnja i najveći uzorkovani broj jedinki u jednoj klopci bio je 263 (19.07., šuma uz naselje u Sesvetama) (slika 4.7.6.). Dominantna vrsta bila je *Cx. pipiens* (57,73 %), zastupljena u klopkama tijekom cijele sezone (tablica 4.7.2.). Druga vrsta po zastupljenosti je *Ae. albopictus* (16,52 %), najčešća na lokalitetima uz vrtove i umjetna legla komaraca (Dugave i Medveščak).

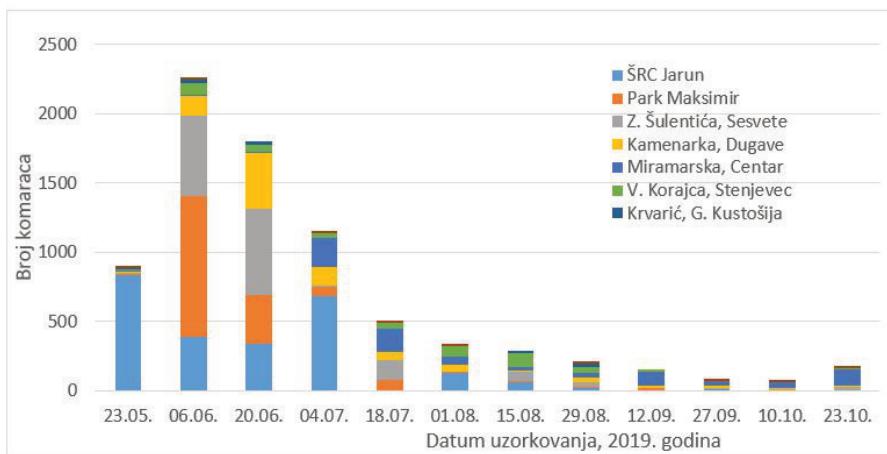
Godina 2019. bila je značajno bogatija brojem jedinki i vrsta. Tijekom 13 uzorkovanja od druge polovine svibnja do konca listopada uzorkovane su 7842 jedinke i determinirano je 16 vrsta komaraca. Veliki broj jedinki i raznolikost vrsta uvjetovan je iznadprosječnom količinom oborina u travnju i svibnju. Godina 2019. imala je mjesecnu količinu oborina u travnju višu od višegodišnje srednje mjesecne vrijednosti, dok je količina oborine u svibnju bila veća za

približno 80% od višegodišnje srednje mjesecne vrijednosti za svibanj.



Slika 4.7.6. Sezonska dinamika aktivnosti komaraca na lokalitetima u Zagrebu u 2018. godini

Najveći broj jedinki komaraca u svim klopkama (2254) i u pojedinačnoj klopcu (1014, Park Maksimir) uzorkovan je 06. 06. 2019. (slika 4.7.7.). Najbrojnija vrsta bila je *Oc. sticticus* (45,15 %), broj jedinki postupno se smanjivao tijekom sezone. Tijekom obje godine uzorkovanja nije zabilježena ni jedna jedinka ove vrste u rujnu. Druga po brojnosti je vrsta *Ae. vexans* (29,20 %), a zatim slijedi *Cx. pipiens* (11,50 %). U uzorcima je u značajnom broju (4,08 %) uočena vrsta *Ae. rossicus*, do tada nije uočena u fauni komaraca u Zagrebu.



Slika 4.7.7. Sezonska dinamika aktivnosti komaraca na lokalitetima u Zagrebu u 2019. godini

4.8. Komarci Istre

Najveći jadranski poluotok Istra, površine 2.820 km², smješten je u sjeveru Jadranskog mora. Zbog svoje geomorfološke, krajobrazne i vegetacijske raznolikosti te prisutnosti mediteranske i submediteranske klime, Istra pruža idealne uvjete za bioraznolikost.

Geografska granica Istre prema sjeveru je planinski lanac Ćićarija (1273 m), dok je prema istoku hrbat Učke (1396 m). Istru sačinjavaju tri potpuno različita područja. Na zapadnom dijelu uočava se vapnenačka visoravan koju prekriva crveno-smeđa zemlja („Crvena Istra“) dok se kroz središnji dio poluotoka proteže brežuljkasti kraj sivoglinastog tla („Siva Istra“). Prema sjevernom dijelu protežu se padine Učke i istočni dio poluotoka s kamenitim tlom („Bijela Istra“). S obzirom na ovakvu krajobraznu raznolikost Istra predstavlja vrlo zanimljivo područje s entomološkog stanovišta.

Hidrološki aspekt Istre, od najveće je važnosti s obzirom na razvoj ličinki komaraca. Obalno je područje sa zapadne strane plići i bolje razvedeno, dok je s istočne strane poluotoka strmije. Dvije velike rijeke, Mirna i Dragonja prolaze kroz sjeverozapadni dio Istre. One uglavnom protječe kroz šumsko područje na malim nadmorskim

visinama te na nekim mjestima stvaraju poplavni prostor (močvarne doline) vrlo pogodne za razvoj određenih vrsta komaraca. Na jugozapadnom dijelu poluotoka proteže se i treća rijeka Raša koja vijuga kroz krški kraj. Mnogobrojni manji potoci ljeti presuše pa voda zaostaje u depresijama još neko vrijeme. Umjetno jezero Butoniga predstavlja akumulacija vode u središnjem dijelu Istre zatim močvarno područje Palud nedaleko od Rovinja i ostaci nekada velikog jezera Čepić, predstavljaju izvrsna legla za razvoj mnogih vrsta komaraca. Male količine stajaće vode nakupljene poslije kiša bilo u prirodnim depresijama ili malim kontejnerima kao što su burad, rabljene gume, posude, vase čine najveći broj potencijalnih legala na ovom području. Prosječna godišnja količina oborina u Istri je relativno visoka te na jugu Istre (Pula) iznosi oko 763,4 mm, na sjeverozapadu (Abrami) 1088,0 mm, a u središtu poluotoka (Pazin) oko 995,8 mm s naglaskom da najveća količina padne u zimskom razdoblju. S obzirom na padaline za očekivati je da će navedena potencijalna legla biti aktivna tijekom cijele sezone.

Bez obzira na potencijal bioraznolikosti Istre, u prošlosti je bilo relativno malo entomoloških istraživanja. Radovi uglavnom datiraju s kraja 19. i početka 20. stoljeća, a jedini pisani podatci odnose se na komarce iz roda *Anopheles*. Neki noviji podatci govore općenito o biogeografskim istraživanjima kukaca na livadskim zajednicama duž rijeka Mirne i Raše i na planinama Ćićarija i Učka (Durbešić, 1983).

S obzirom da su neke vrste roda *Anopheles* vektori malarije, koja je dugo harala južnom Europom, zanimanje za komarce pojavilo se početkom 20. stoljeća kada je broj oboljelih od malarije na ovom području doživio vrhunac. Glavni vektori malarije u to vrijeme bile su dvije vrste komaraca, *An. atroparvus* i *An. sacharovi* koje pripadaju kompleksu *An. maculipennis* (Adamović i Paulus, 1987). Tek nakon Drugog svjetskog rata malarija je eradicirana na području jadranske obale, pa je nestao i interes za istraživanje komaraca. Danas zbog velikih klimatskih promjena mogućnost reintrodukcije malarije na mjestima gdje ima malaričnih komaraca. Kada bi prosječne temperature narasle za nekoliko °C (dosad je, na globalnoj razini, zabilježen porast od 0,9 stupnjeva), ne može se sa sigurnošću reći da

bi prevladale tropske bolesti jer se isto tako može dogoditi da se pojave bolesti karakteristične za suha područja. Kompjuterski modeli pokazali su da će globalno zagrijavanje značiti i suše vrijeme u sjevernim zemljopisnim dužinama, a ne vruće i sparne uvjete koji su potrebni da bi se malarija proširila (Rogers i Randolph, 2000). Globalno zatopljenje, kod nas, a i drugdje, predstavlja manji problem što se tiče pojave bolesti karakterističnih za tropska područja. Veća mogućnost da se to dogodi postoji putem današnjeg, vrlo razvijenog međunarodnog prometa, što se pokazalo točnim kada je u pitanju vrsta *Ae. albopictus*.

Sustavna istraživanja komaraca u Istri započela su krajem devedesetih godina 20 st. iz razloga potencijalnog ulaska invazivne vrste *Ae. albopictus* u Istru tj. u Hrvatsku uopće. S obzirom da je navedena vrsta prisutna u Italiji i Albaniji već oko 15 godina, te da Istra pruža optimalne ekološke uvjete za širenje, očekivalo se, da će navedena vrsta biti pronađena i na tom području. U potrazi za navedenom vrstom, godinama su se obavljala istraživanja na području Istre čije rezultate predstavljamo ovim radom. Vrsta *Ae. albopictus* prvi puta je zabilježena u Istri u ljetu 2005. godine u Rovinju (5).

U razdoblju od sedam godina (1999. - 2005.) obavljeno je uzorkovanje komaraca na ukupno 74 postaje duž zapadne i istočne obale te središnjeg dijela Istre. Ukupno je uzorkovano 3087 jedinki komaraca.

Uzorkovanje je obavljeno standardnim metodama (3. poglavlje)

Rasprostranjenje komaraca obilježeno je po UTM sistemu.

Rezultati

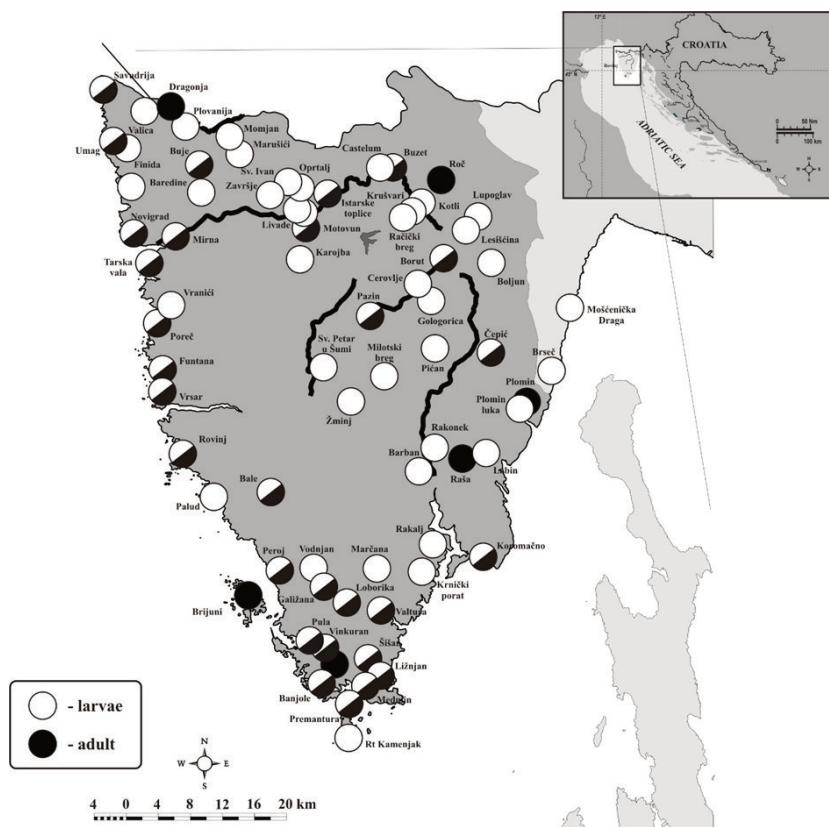
Faunističkim istraživanjem komaraca na području Istre u periodu od 1999. do 2005., zabilježeno je 27 vrsta komaraca. Utvrđeno je prisustvo dvije potporodice i 6 rodova: *Anopheles*, *Aedes*, *Ochlerotatus*, *Culex*, *Culiseta* i *Orthopodomyia*.

Slijedi sistematski popis vrsta:

1. *Anopheles claviger*
2. *Anopheles maculipennis* kompleks
3. *Anopheles plumbeus*
4. *Aedes cinereus*
5. *Aedes albopictus*
6. *Aedes vexans*
7. *Ochlerotatus geniculatus*
8. *Ochlerotatus annulipes*
9. *Ochlerotatus cantans*
10. *Ochlerotatus caspius*
11. *Ochlerotatus detritus*
12. *Ochlerotatus excrucians*
13. *Ochlerotatus flavescentes*
14. *Ochlerotatus leucomelas*
15. *Ochlerotatus pulchritarsis*
16. *Ochlerotatus riparius*
17. *Ochlerotatus sticticus*
18. *Ochlerotatus mariae*
19. *Ochlerotatus rusticus*
20. *Culex modestus*
21. *Culex pipiens* kompleks
22. *Culex hortensis*
23. *Culex territans*
24. *Culiseta longiareolata*
25. *Culiseta morsitans*
26. *Culiseta annulata*
27. *Orthopodomyia pulcripalpis*

Istraživanja i uzorkovanja navedenog područja provedena su podjednako na području obalnog i kontinentalnog dijela. Na Slici 4.8.1. prikazane su postaje na kojima su uzorkovani komarci u

ličinačkom i odraslotom stadiju, ukupno 74 postaje. S obzirom da je istraživano područje vrlo bogato različitim staništima (ekološkim nišama) koji pogoduju razvoju komaraca, utvrđena je velika raznolikost vrsta. Na području uz obalu uglavnom su uzorkovane i ličinke i odrasli komarci dok u kontinentalnom području prema sjeveru uglavnom ličinke komaraca.



Slika 4.8.1. Karta Istre s naznačenim mjestima istraživanja

Faunistička raznolikost komaraca na pojedinim postajama vrlo je velika. Na postajama Motovun i Pula zabilježeno je 12 vrsta. Nakon toga slijede Novigrad, Raša i Rovinj s 10 zabilježenih vrsta. Na najvećem broju postaja zabilježeno je malo vrsta na 15 postaja zabilježena je jedna vrsta, a na 27 postaja dvije vrste. Prilikom uzorkovanja češće smo pronalazili ličinke, nego li odrasle komarce. Od ukupno 27 vrsta, 16 smo zabilježili u ličinačkom i odraslotom

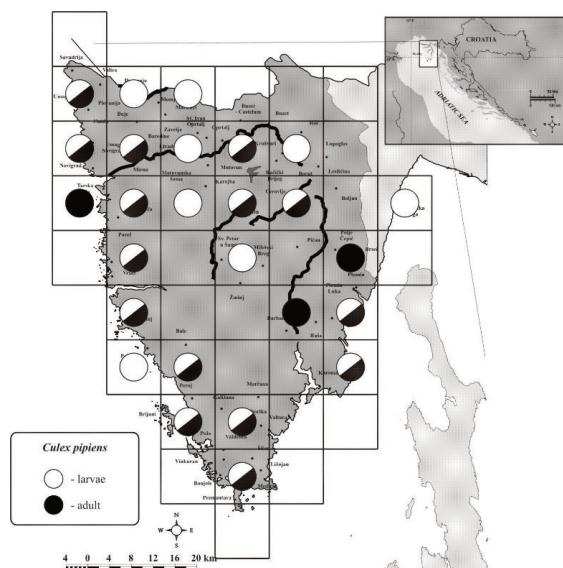
stadiju, 4 vrste zabilježene su samo u stadiju ličinke, a 7 vrsta samo u odrasлом stadiju.

Od ukupno uhvaćenih 3087 jedinki 1338 pripada vrsti *Cx. pipiens* k. tj. zastupljena je sa 43,34 % u fauni Istre (Tablica 4.8.1). Potom slijede *Oc. sticticus* s 295 jedinki i *Cx. hortensis* s 288 jedinki. Čak pet vrsta *An. claviger*, *Oc. pulcritarsis*, *Cx. modestus*, *Cx. territans* i *Or. pulcripalpis* zabilježene su samo s jednom jedinkom, stoga ih možemo smatrati rijetkim vrstama u Istri.

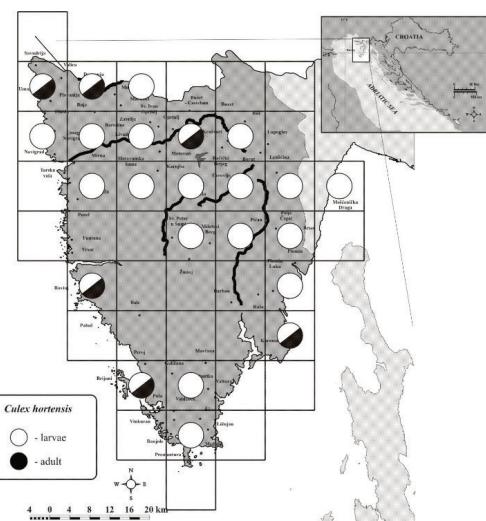
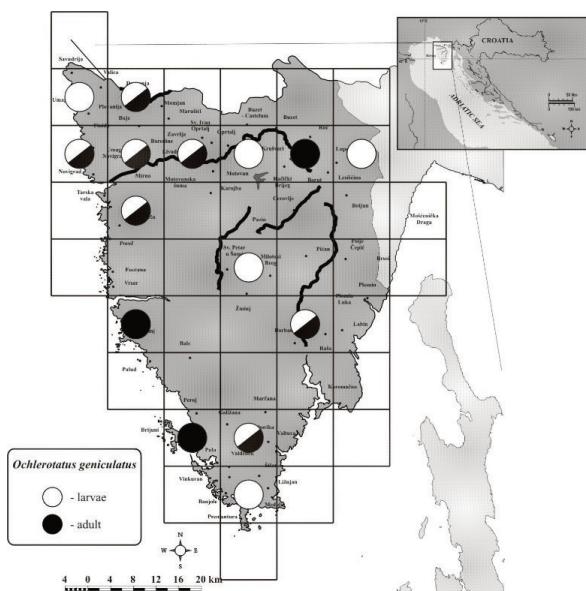
Tablica 4.8.1. Broj uhvaćenih jedinki komaraca u Istri tijekom sedmogodišnjeg istraživanja

VRSTA	Broj jedinki	%
<i>Cx. pipiens</i>	1338	43,34
<i>Oc. sticticus</i>	295	9,55
<i>Cx. hortensis</i>	288	9,32
<i>Oc. geniculatus</i>	205	6,64
<i>Cs. longiareolata</i>	187	6,05
<i>Oc. mariae</i>	129	4,18
<i>Oc. leucomelas</i>	107	3,48
<i>Ae. vexans</i>	97	3,14
<i>Oc. caspius</i>	95	3,07
<i>Cs. annulata</i>	78	2,52
<i>Oc. cantans</i>	70	2,26
<i>Oc. excrucians</i>	65	2,1
<i>An. maculipennis</i> k.	47	1,52
<i>Oc. rusticus</i>	22	0,71
<i>Ae. cinereus</i>	15	0,48
<i>Oc. detritus</i>	8	0,26
<i>Oc. flavescentis</i>	8	0,26
<i>An. plumbeus</i>	7	0,22
<i>Ae. albopictus</i>	6	0,2
<i>Oc. annulipes</i>	6	0,2
<i>Cs. morsitans</i>	6	0,2
<i>Oc. punctor</i>	3	0,1
<i>An. claviger</i>	1	0,04
<i>Oc. pulcritarsis</i>	1	0,04
<i>Cx. modestus</i>	1	0,04
<i>Cx. territans</i>	1	0,04
<i>Or. pulcripalpis</i>	1	0,04
UKUPNO	3087	100%

Najrasprostranjenija vrsta u Istri je *Cx. pipiens* k. koja je zabilježena čak na 53 postaje, a to je 71,62 % svih istraženih postaja, te možemo reći da je široko rasprostranjena vrsta. Rasprostranjenje prikazano po UTM sistemu (Slika 4.8.2) pokazuje da je vrsta zabilježena na gotovo svim područjima Istre. Ličinke ove vrste produciraju do 10 generacija godišnje i prezimljuju kao oplodjene ženke. S obzirom da su na području Istre najbrojnija mala legla (bare, kanali, bazeni, burad, vase) ne iznenađuje izuzetno velika brojnost i rasprostranjenje ove vrste. Druga vrsta, po brojnosti i rasprostranjenosti, je *Cx. hortensis* koja je zabilježena na 31 postaji (Slika 4.8.3). Ovu vrstu najčešće pronalazimo u istom leglu s jedinkama vrste *Cx. pipiens* k. Vrsta *Oc. geniculatus* na trećem mjestu je po rasprostranjenosti i bilježimo ju na 24 postaje tj. u 15 UTM kvadrata (Slika 4.8.4). Jedinke ove vrste rasprostranjene su na šumskim područjima te područjima uz rijeke, s obzirom da je razvoj ličinki isključivo vezan za vodu nakupljenu u dupljama drveća. Vrsta koja je na trećem mjestu po brojnosti je *Oc. sticticus*, zabilježena je na 13 postaja.



Slika 4.8.2. Rasprostranjenje vrste *Cx. pipiens* kompleks u Istri po UTM-u

Slika 4.8.3. Rasprostranjenje vrste *Cx. hortensis* u Istri po UTM-uSlika 4.8.4. Rasprostranjenje vrste *Oc. geniculatus* u Istri po UTM-u

Na području Istre, poplavnih područja gotovo da nema tako da nema uvjeta za veliku brojnost ovih vrsta. Vrlo povoljni biotički i abiotički faktori, što se u prvom redu odnosi na temperaturu, oborine i vlažnost ovoga područja omogućuju razvoj različitih vrsta komaraca. S obzirom na razvedenost obale i brdovitost srednjeg dijela Istre dominaciju preuzimaju mala legla poput lokvi, kanta, bara, vaza, guma.

Faunističkim istraživanjem komaraca na području Istre koja su trajala sedam godina, dobivena je prilično precizna faunistička slika komaraca. Prisutnost 27 vrsta predstavlja veliku raznolikost za tako malo područje, a čini 52 % faune komaraca Republike Hrvatske. Na pojedinim je postajama raznolikost vrsta vrlo je velika. Posebno se ističu postaje Motovun i Pula, a potom i Raša, Novigrad, Rovinj. Dva su osnovna razloga veće raznolikosti vrsta na ovim postajama. Broj uzorkovanja na postajama Pula, Rovinj i Novigrad bio je nešto veći te je i mogućnost pronalaženja rjeđih vrsta bila veća. Drugi razlog je uzorkovanje na šumskim područjima Motovuna i Raše, koje pružaju vrlo dobre uvjete za razvoj velikog broja vrsta (Durbešić, 1983). Velika brojnost komaraca ne mora nužno značiti i veliki broj vrsta, što je dokazano i ovim istraživanjem.

Zoogeografski, vrste koje su zabilježene u Istri su kozmopolitske (*Ae. vexans*, *Ae. albopictus*, *Cx. pipiens*, kompleks), holoarktičke (*Oc. sticticus*, *Oc. flavescens*, *Cx. territans*, *Ae. cinereus*), palearktičke (*An. claviger*, *An. maculipennis*, *An. plumbeus*, *Oc. geniculatus*, *Oc. annulipes*, *Oc. caspius*, *Oc. detritus*, *Culiseta morsitans*, *Cs. annulata*, *Or. pulcripalpis*, *Oc. cantans*, *Oc. riparius*, *Oc. excrucians*, *Culex modestus*) i mediteranske (*Cs. longiareolata*, *Oc. rusticus*, *Oc. leucomelas*, *Oc. pulcritarsis*, *Oc. mariae*, *Cx. hortensis*).

Eudominantna vrsta ovog područja je *Cx. pipiens*. Ova vrsta pokazala je izuzetno veliku brojnost i široko rasprostranjenje na ovom području. S obzirom da je sistematski status vrste još uvijek neriješen i da se radi o populacijama koje imaju određene biološke razlike označavamo ju kao *Cx. pipiens* kompleks. *Cx. pipiens* kompleks sastoji se od nekoliko vrsta, podvrsta, formi, rasa, fizioloških varieteta ili biotipova ovisno o autoru. Status *Cx. pipiens pipiens*

Linnaeus, *Cx. p. pipiens* biotip *molestus* Forskal i *Cx. p. quinquefasciatus* Say utvrđen je neotipom (Harbach i sur. 1984, Becker i sur. 2003). Prihvaćeno je da nekadašnji *Cx. pipiens molestus* nije odvojen od podvrste *Cx. pipiens pipiens*. Određen je kao biotip iako nova istraživanja upućuju na značajne genetičke razlike dviju formi (Vinogradova, 2000). Budući da se morfološki ne razlikuju, pretpostavljamo da su tijekom ovog istraživanja uhvaćene jedinke *Cx. pipiens* kompleksa koje pripadaju podvrsti *Cx. pipiens pipiens* i *Cx. pipiens* biotipu *molestus*. Budući da smo ih pronalazili u malim leglima urbanih područja koje preferira *Cx. pipiens molestus*, ali i u srednjim leglima dalje od urbanih sredina koje preferira *Cx. pipiens pipiens*.

Vrste *Oc. sticticus* i *Cx. hortensis* također pripadaju u brojnije i rasprostranjenije vrste ovog područja zahvaljujući svojoj euroivalentnosti. Vrsta *Cx. hortensis* najčešće se pojavljuje u malim leglima zajedno s jedinkama *Cx. pipiens* kompleksa. Budući da se ličinke *Cx. hortensis* javljaju u čistoj vodi s određenom količinom algi i druge vegetacije, ali isto tako i u malim bazenima, zapuštenim bunarima i vrtnim posudama (Schaffner i sur. 2001; Becker i sur. 2003) opravdano je široko rasprostranjenje.

Razvoj ličinki *Oc. geniculatus* vezan je isključivo za vode nakupljene u dupljama drveća (dendrotele) koje su specifična legla za komarce ove šumske vrste. Dosadašnja istraživanja u Republici Hrvatskoj ukazuju da je ova vrsta pronađena u mnogim šumskim zajednicama diljem Hrvatske (Žitko, 2006; Romanović i Zorić, 2006; Merdić, 1995a). U grupu komaraca čija su legla vezana za duplje drveća ubrajamo i vrste *Or. pulcripalpis*, *Oc. pulchritarsis* i *An. plumbeus* koje su znatno manje prisutne. Prema ovim istraživanjima rijetke vrste komaraca su: *Cx. modestus*, *Cx. territans*, *An. claviger*, *Oc. punctor*, *Cs. morsitans*, *Oc. annulipes*.

Nekoliko vrsta iz roda *Anopheles*, koje su kao vektori malarije u prošlosti izazivale velike probleme svojim prisustvom, danas su izuzetno rijetke, što pokazuje ovo istraživanje. Prvi pisani dokument o malariji u Republici Hrvatskoj datira iz 16. stoljeća (Pujati, 1747). Tijekom 19. stoljeća provedena je sanacija područja zahvaćenih

malarijom (Istra i dolina Neretve) u svrhu eradicacije ove bolesti (Gregurić Gracner i Vučevac Bajt, 2002). Danas se pouzdano zna da postoji 10 morfološki identičnih vrsta (Vignjević, 2014) koje su svrstane u *An. maculipennis* kompleks, od kojih je 7 zabilježeno u fauni hrvatske: *An. sacharovi*, *An. atroparvus*, *An. melanoon*, *An. labranchiae*, *An. messeae*, *An. dacieae* i *An. maculipennis*. Intenzivnim istraživanjem vrsta roda *Anopheles* u Hrvatskoj (i nekada u Jugoslaviji) bavio se Živko Adamović. Prema istraživanjima iz osamdesetih godina 20. st. na istarskom poluotoku utvrđena je prisutnost pet vrsta roda *Anopheles* i to: *An. plumbeus*, *An. claviger*, *An. maculipennis*, *An. atroparvus* i *An. sacharovi* (Adamović i Paulus, 1987), od kojih posljednje 3 pripadaju kompleksu. Tijekom ovog istraživanja zabilježene su dvije vrste roda *Anopheles* i to *An. claviger* i *An. plumbeus*. Ali uhvaćeno je 47 jedinki i ličinki i odraslih komaraca koje smo označili kao *An. maculipennis* kompleks, s vrlo velikom vjerojatnosti da su prisutne sve tri vrste koje se navode i prije. Nakon ovoga istraživanja napravljena je molekularna determinacija vrsta te distribucija komaraca *Anopheles maculipennis* kompleks u Hrvatskoj prema kojoj je u Istri zabilježena još jedna vrsta iz tog kompleksa, a to je *An. melanoon* (Vignjević, 2014).

Početak istraživanja komaraca u Istri temeljio se na utvrđivanju prisutnosti najinvazivnije vrste komaraca današnjice. Vrsta *Ae. albopictus* - azijski tigrasti komarac izuzetno je agresivna prema ljudima, a s obzirom da je aktivna tijekom cijelog dana (što nije karakteristika većine drugih vrsta) predstavlja veliki problem za lude ali i turizam (Hawely, 1988). Po završetku ovog istraživanja, prilikom kojeg je prvi put zabilježeno prisustvo ove vrste u Istri, izrađen je program po kojem su nastavljena istraživanja širenja vrste *Ae. albopictus* (Boca i sur., 2006). Uvođenjem nacionalnog monitoringa za invazivne vrste komaraca vrsta *Ae. japonicus* je utvrđena u Istri 2017. godine.

Na temelju ovih istraživanja, literaturnih podataka i novih nalaza, **fauna komaraca Istre broji 31 vrstu.**

4.9. Komarci u priobalnom dijelu Dalmacije

Znanstveni rad: Investigation of mosquito larvae (Diptera, Culicidae) in the coastal area of Dalmatia koautora Romanović M, Merdić E nastao je u suradnji s dr. sc. Milenom Romanović i bio je dio njezine doktorske disertacije.

Dalmacija je dio obalnog područja Republike Hrvatske koji se sastoji od izduženog morskog pojasa dugačakog 400 km i širokog 70 km. Veći sjeverozapadni dio, u unutrašnjosti je omeđen planinskim lancima Velebita, Dinare i Kamešnice, dok je prema jugoistoku prirodna granica manje izražena i nalazi se u blizini zaledja obalnog pojasa. Regija Dalmacija prostire se na površini od 11 960 km². Također uključuje otoke koji nisu bili dio ovoga istraživanja. Geomorfološki prevladava krš koji omogućuje kompleksne mreže podzemne cirkulacije vode i razmjerno malo površinske vode. Među duljim vodotocima na tom području su rijeke Cetina, Krka, Zrmanja i Neretva. Tu su još nekoliko jezera: Baćinska jezera (skupina od 5 međusobno povezanih jezera), Modro i Crveno jezero, Prokljansko jezero i Vransko jezero, najveće jezero u Republici Hrvatskoj.

Prosječna godišnja količina oborina u Dalmaciji iznosi oko 870 do 980 mm, s tim da se većina oborina pojavljuje u zimskom periodu. Budući da regija ima dovoljnu količinu oborina, legla komaraca mogu biti aktivna tijekom cijele godine. Unatoč dalmatinskom potencijalu za biološku raznolikost, malobrojna su entomološka istraživanja. Najviše radova datira s početka 20. stoljeća koje su napisali strani istraživači. Budući da je Dalmacija bila endemično područje malarije, naročito delta Neretve, postoji nekoliko radova o komarcima iz tog razdoblja (Karaman, 1925; Apfelbeck, 1925). Nakon iskorjenjivanja malarije, interes za komarce općenito je smanjen, pa tako i u Dalmaciji.

Metoda rada u okviru ovog istraživanja bila je jednostavna, sakupljanje ličinki (3. poglavlje). Područje istraživanja je bilo priobalno područje Dalmacije (sjeverne, srednje i južne) od Maslenice pa sve do mjesta Molunat (nedaleko od Prevlake). Uzorkovanje je provedeno na 41 postaji, uglavnom uz obalno područje, a samo je nekoliko postaja bilo u unutrašnjosti Dalmacije.

Rezultati

U okviru ovog istraživanja faune dalmatinskih komaraca evidentirano je 25 vrsta što je prikazano u Tablici 4.9.1. Budući da istraženo područje obiluje različitim staništima koja su povoljna za razvoj komaraca, evidentirana je velika raznolikost vrsta.

Tablica 4.9.1. Popis vrsta i prisutnost vrsta u različitim staništima prikazan u postotku u odnosu na ukupni uzorak u fauni komaraca Dalmacije tijekom istraživanja

Br.	Vrsta	%
1.	<i>Anopheles algeriensis</i>	2,42
2.	<i>Anopheles claviger</i>	17,98
3.	<i>Anopheles maculipennis</i> kompleks	14,15
4.	<i>Anopheles plumbeus</i>	12,60
5.	<i>Aedes cinereus</i>	4,95
6.	<i>Aedes vexans</i>	17,45
7.	<i>Ochlerotatus annulipes</i>	2,54
8.	<i>Ochlerotatus cantans</i>	7,20
9.	<i>Ochlerotatus caspius</i>	22,40
10.	<i>Ochlerotatus detritus</i>	3,15
11.	<i>Ochlerotatus geniculatus</i>	6,45
12.	<i>Ochlerotatus leucomelas</i>	2,88
13.	<i>Ochlerotatus mariae</i>	1,10
14.	<i>Ochlerotatus pulchritarsis</i>	9,91
15.	<i>Ochlerotatus rusticus</i>	1,41
16.	<i>Ochlerotatus sticticus</i>	9,32
17.	<i>Coquillettidia richiardii</i>	0,95
18.	<i>Culex hortensis</i>	17,34
19.	<i>Culex pipiens</i> kompleks	55,58
20.	<i>Culex territans</i>	9,11
21.	<i>Culiseta alaskaensis</i>	1,26
22.	<i>Culiseta annulata</i>	33,34
23.	<i>Culiseta longiareolata</i>	37,91
24.	<i>Culiseta morsitans</i>	1,95
25.	<i>Orthopodomyia pulcripalpis</i>	15,67

Ovo istraživanje obuhvatilo je 16 tipova legala / staništa (prirodna i umjetna). Prirodna staništa za leglo bila su: područja jezera, poplavljena područja, jarnici, močvare, obale rijeka, rupe u drveću, kanali, vodotoci i močvare koje prevladavaju u ruralnim područjima. Umjetna staništa za legla bila su: kamene rupe, bačve, gume, napuštena plovila, cisterne, bunari, skladišta vode, fontane koje prevladavaju u prigradskim i gradskim područjima.

Vrsta s najvećom rasprostranjenosću u cijeloj Dalmaciji bila je *Cx. pipiens* kompleks. Utvrđeno je da su jedinke ova vrste koristile sva dostupna staništa za leglo (osim rupa stabla) i u mnogim slučajevima je pronađena s drugim vrstama komaraca. Jedinke *Cx. pipiens* kompleksa su eurivalentne u izboru vodenog staništa, a evidentirali smo čak do 10 generacija godišnje. Sljedeći najbrojniji komarci su *Cs. longiareolata* i *Cs. annulata*. Prisutnost *Cs. longiareolata* u leglima ispitivanih površina iznosila je 37,91 %, dok je prisutnost *Cs. annulata* istraživanim leglima bila su 33,34 %. Ni ove dvije vrste nisu tražile specifična legla i stoga su jako brojne.

Vrste čija je prisutnost u različitim leglima u rasponu između 10 % i 30 % su: *Ae. vexans* (17,45 %), *An. claviger* (17,98 %), *An. maculipennis* kompleks (14,15 %), *An. plumbeus* (12,60 %), *Cx. hortensis* (17,34 %), *Oc. caspius* (22,40 %) i *Or. pulcripalpis* (15,67 %).

Vrste *Ae. vexans* i *Oc. caspius* biraju isključivo prirodna staništa, poput obala rijeka, poplavljena područja, močvare itd. Prisutnost obje vrste je bila raznolika od 17,45 % (*Ae. vexans*) do 22,40 % (*Oc. caspius*). Zbog činjenice da je vrsta *Oc. caspius* tolerantna na određene koncentracije soli, jedinke ove vrste zabilježene su i u lagunama. Budući da se vrste unutar *An. maculipennis* kompleksa ne mogu razlikovati u stadiju ličinke, ovdje su predstavljeni kao *An. maculipennis* kompleks. Utvrđeno je da neke vrste iz ovog kompleksa mogu podnijeti određene koncentracije soli u leglima istraživanog područja.

Prisutnost naredne četiri vrste (*Cx. hortensis*, *An. claviger*, *An. plumbeus*, *Or. pulcripalpis*) je raznolik, od 17,98 % (*An. claviger*) do 12,60 % (*An. plumbeus*).

Iako su sve navedene vrste pronađene u nekim prirodnim staništima, vrste *An. claviger*, *Cx. hortensis* i *An. plumbeus* uglavnom preferiraju umjetna staništa, pa su pronađena uglavnom u gradskim i prigradskim područjima. Iznimka je vrsta *Or. pulcripalpis*, isključivo traži prirodna legla kao što su rupe u drveću. Ova vrsta je uglavnom pronađena u ruralnom području. Preostalih 15 vrsta u evidentiranih u ovom dijelu Dalmacije vrlo su izbirljive u izboru legla. Budući da takvih specifičnih staništa ima malo i ove vrste su rijetke na istraživanom području.

Zbog svojih specifičnih mehanizama prilagodbe, komarci su sposobni iskoristiti razne vode kako privremene tako i stalne, velika i mala vodena tijela za svoja legla. Najraširenija vrsta je *Cx. pipiens* kompleks. Ovdje treba istaknuti da je podvrsta *Cx. pipiens pipiens* sklona prirodnim leglima a *Cx. p. pipiens* biotip *molestus* umjetnim leglima. Osim toga možemo ju naći u čistim, ali i u onečišćenim vodama. Zbog toga je ova vrsta najraširenija vrsta u istraživanom dijelu Dalmacije. Zoogeografski, *Cs. longiareolata* je tipično mediteranska vrsta, *Cs. annulata* Paleartička, dok *Cx. pipiens* kompleks je kozmopolit.

Vrste *Cs. longiareolata* i *Cs. annulata* preferiraju umjetna legla za razvoj ličinki. Zapravo, preživljavanje ličinki i rast jako ovisi o kvaliteti staništa. Potencijalna staništa se razlikuju po kvaliteti, odnosno njihovoj pogodnosti za ličinke, od ženki se očekuje da odaberu staništa koja će im osigurati brz razvoj (Kihlawi i sur., 2003), što je dokazano i u ovom radu. Uobičajeno, komarci biraju takva staništa za ovapoziciju koja odgovaraju razvoju ličinki po: fizičkim i kemijskim parametrima, veličini staništa i dostupnosti resursa (Blaustein i Kotler, 1993), prisutnosti i gustoći specifičnih kompetitivnih vrsta (Edgerly i sur., 1998) i prisutnosti predatora (Blaustein i sur., 1995).

S druge strane, gustoća jedinki u leglu ovisi o kvaliteti samog staništa koje omogućuju preživljavanje i rast (Renshawm i sur., 1994, Mercer, 1999), ako je više ženki odabralo isti tip raspoloživa staništa to će se vjerojatno odraziti na pad broja jedinki. Ženke vrste *Cs. longiareolata* i *Cs. annulata* preferiraju staništa bez predatora, a to su umjetna

staništa koja prevladavaju u istraživanom području. Zato su ove vrste brojne.

Većina vrsta čija je prisutnost varirala između 10 % i 30 % također preferira umjetna staništa (*An. claviger*, *An. plumbeus*, *Cx. hortensis*). Vrste *Or. pulcripalpis*, *An. maculipennis* kompleks, *Ae. vexans* i *Oc. caspius* koje pripadaju toj skupini su nađeni u prirodnim leglima. Specifično leglo bira vrsta *Or. pulcripalpis*, a to su vode nakupljene u rupama drveća. Postoji još vrsta koje preferiraju to leglo osim *Oc. pulchritarsis*, *Oc. geniculatus* i *An. plumbeus*, ali one su bile manje brojne.

Vrste koje pripadaju *An. maculipennis* kompleksu nisu determinirane do vrste. Ličinke *An. maculipennis* kompleks pronađene su u različitim leglima: među novoniklim raslinjem na rubovima umjetnih jezera i bara, u privremenim kišnim bazenima na ušću rijeke Neretve (u blago zaslanjenoj vodi), u umjetnim spremnicima za vodu i bačvama. Budući da su ličinke nađene u značajno različitim leglima, lako je prepostaviti da se radi o različitim vrstama iz ovog kompleksa.

Vrsta *Oc. caspius*, čija prisutnost u staništima istraživanog područja bilo je 22,40 %, preferira isključivo prirodna staništa, većina s određenim koncentracijama soli kao što su ušće rijeke Neretve i poplavljeno područje u blizini grada Trogira (Pantan). Preostalih 15 vrsta kao što je prethodno spomenuto rijetke su vrste za područje Dalmacije. Razlog njihove slabe distribucije je nepostojanje primjerenih staništa i kompeticija s drugim vrstama za odabrana staništa.

Prisutnost vrste *Ae. albopictus* nije utvrđena u okviru ovog rada budući da je istraživanje obavljeno prije prvog nalaza ove vrste u Dalmaciji 2005. godine. Budući da *Ae. albopictus* zauzima ista i slična legla kao *Cx. pipiens* kompleks bilo bi zanimljivo ponoviti ovakvo istraživanje u Dalmaciji i vidjeti koliko je ova invazivna vrsta istisnula dosada autohtonu eudominantnu vrstu *Cx. pipiens* kompleks u Dalmaciji.

Sumirajući rezultate ovih istraživanja tijekom 7 godina utvrđeno je prisustvo 25 vrsta komaraca u Dalmaciji. Ovome treba pridodati vrste iz *An. maculipennis* kompleksa i to: *An. sacharovi*, *An. labranchie*, *An. atroparvus*, *An. maculipennis*, pa još *Cx. laticinctus* te invazivnu vrstu *Ae. albopictus*, tj. vrste koje su zabilježene u drugim radovima (Adamović, 1983, Žitko i Merdić 2006, Žitko i Merdić 2014) **što ukupno čini 30 zabilježenih vrsta u Dalmaciji.**

4.10. Komarci priobalnog pojasa šireg područja Splita

Istraživanje komaraca priobalnog pojasa šireg područja Splita provedeno je s ciljem utvrđivanja vrsta, brojnosti i sezonske dinamike komaraca u različitim staništima te utvrđivanja javno-zdravstveno značajnih vrsta komaraca, potencijalnih prijenosnika zaraznih bolesti i komaraca molestanata.

Grad Split i njegova šira okolica smješteni su u centralnom dijelu Srednje Dalmacije. Područje istraživanja obuhvaća uski, gusto naseljeni obalni pojas uz južne obronke Dinarskog gorja. Proteže se od grada Trogira na sjeverozapadu do grada Omiša na jugoistoku. Sjeverozapadnu granicu područja čine gorja Kozjak, Mosor i Omiška Dinara. Jugozapadnu granicu područja čini obala mora Kaštelanskog zaljeva i Bračkog kanala. Područje istraživanja obuhvaća veći dio obalnog područja Splitsko-dalmatinske županije.

Metode istraživanja opisane su u poglavlju 3. Obavljena su 73 uzorkovanja CDC klopkama, na osam postaja, jedan do dva puta mjesečno za vrijeme trajanja sezone aktivnosti komaraca od svibnja do studenog 2002. godine. Uzorkovanje ličinki obavljeno je u razdoblju od travnja 2002. do svibnja 2003. godine na 14 postaja u 109 uzorkovanja (Slika 4.10.1).



Slika 4.10.1. Postaje na kojima su uzorkovani komarci tijekom 2002. i 2003. godine

Rezultati

Istraživanjem faune komaraca priobalnog pojasa šireg splitskog područja utvrđeno je 16 vrsta komaraca što čini 30,7 % od ukupnog broja vrsta komaraca u fauni Hrvatske koja broji 52 vrsta.

Nalazi utvrđenih vrsta tijekom istraživanja prikazani su po mjesecima u tablici 4.10.1. U tablici su zajedno prikazani nalazi odraslih komaraca uzorkovani CDC klopkama i nalazi sakupljenih ličinki.

Tablica 4.10.1. Nalazi utvrđenih vrsta komaraca

Vrsta	razdoblje nalaza														
	2002.										2003.				
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	
<i>An. claviger</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+
<i>An. maculipennis</i> kompleks	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ae. vexans</i>	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oc. caspius</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	
<i>Oc. detritus</i>	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Oc. geniculatus</i>	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oc. annulipes</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oc. sticticus</i>	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cx. pipiens</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-
<i>Cx. hortensis</i>	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-
<i>Cx. territans</i>	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cs. longiareolata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-
<i>Cs. annulata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Cs. morsitans</i>	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cq. richiardii</i>	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Prema broju nalaza pojedinih vrsta u 182 uzorkovanja, od kojih je 73 uzorkovanja odraslih komaraca i 109 uzorkovanja ličinki, *Cx. pipiens* je najučestalija vrsta s 134 nalaza. Učestale vrste su *Cs. annulata* i *Cs. longiareolata* koje s 44 i 42 nalaza. Vrlo rijetke vrste su *Oc. annulipes* s jednim, *Cs. morsitans* s dva nalaza te *Oc. sticticus* i *An. maculipennis* kompleks s po tri nalaza. Broj nalaza pojedinih vrsta komaraca prikazan je u tablici 4.10.2.

Tablica 4.10.2. Broj nalaza pojedinih vrsta komaraca

Vrste	Broj nalaza
<i>Cx. pipiens</i>	134
<i>Cs. annulata</i>	44
<i>Cs. longiareolata</i>	42
<i>An. claviger</i>	35
<i>Oc. caspius</i>	32
<i>Cx. hortensis</i>	25
<i>Cx. territans</i>	13
<i>Oc. detritus</i>	13
<i>Ae. vexans</i>	8
<i>Oc. geniculatus</i>	7
<i>Cq. richiardii</i>	4
<i>An. maculipennis</i> kompleks	3
<i>Oc. sticticus</i>	3
<i>Cs. morsitans</i>	2
<i>Oc. annulipes</i>	1

U 73 postavljanja CDC klopki na 8 istraživanih postaja uzorkovan je 3 221 odrasli komarac. Uzorak sadrži 3 215 ženki i 6 mužjaka od kojih 5 mužjaka pripada vrsti *Cs. longiareolata*, a jedan vrsti *Cx. pipiens*.

Rezultati uzorkovanja komaraca CDC klopkama tijekom 2002. godine prikazani su u tablici 4.10.3. Broj ulovljenih komaraca na pojedinim postajama prikazan je u tablici 4.10.4.

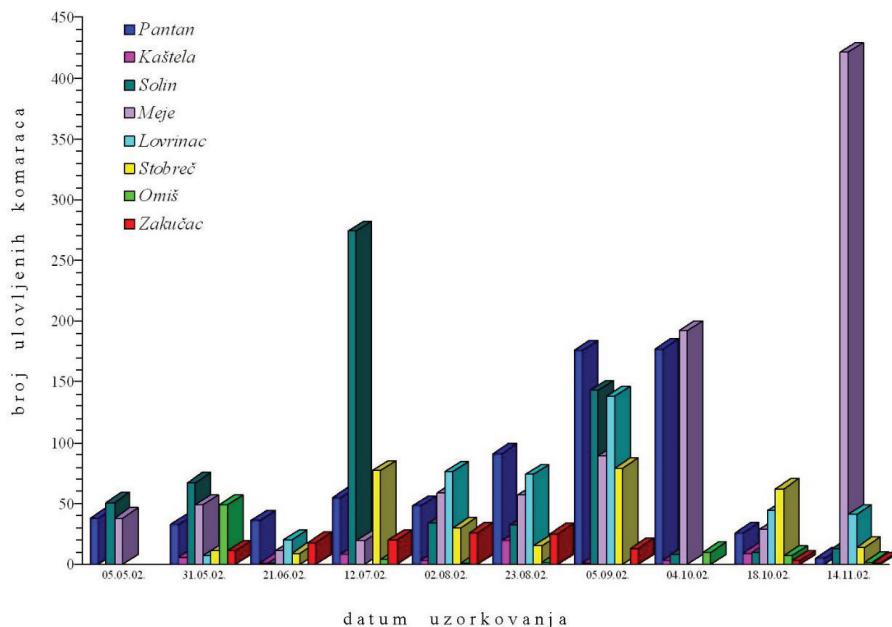
Tablica 4.10.3. Broj jedinki pojedine vrste komaraca uzorkovanih CDC klopkama

Vrsta	datum uzorkovanja											ukupno
	05.	31.	21.	12.	02.	23.	05.	04.	18.	14.		
	05.	05.	06.	07.	08.	08.	09.	10.	10.	11.		
	02.	02.	02.	02.	02.	02.	02.	02.	02.	02.		
<i>An. claviger</i>	0	0	0	5	0	1	0	0	0	2	8	
<i>Ae. vexans</i>	0	0	0	0	1	1	3	0	1	0	6	
<i>Oc. caspius</i>	34	14	9	1	31	105	141	146	8	1	490	
<i>Oc. detritus</i>	1	2	3	0	0	1	1	13	11	0	32	
<i>Oc. geniculatus</i>	0	5	4	0	2	3	1	0	1	1	17	
<i>Oc. annulipes</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Oc. sticticus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Cx. pipiens</i>	92	206	63	444	242	204	490	229	168	492	2630	
<i>Cs. longiareolata</i>	0	1	3	2	1	0	3	2	0	1	13	
<i>Cs. annulata</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	3	
ukupno	127	233	96	457	277	315	639	390	190	497	3221	

Tablica 4.10.4. Broj komaraca uzorkovanih CDC klopkama prikazan prema pojedinim postajama

Lokalitet	datum uzorkovanja											ukupno
	05.	31.	21.	12.	02.	23.	05.	04.	18.	14.		
	05.	05.	06.	07.	08.	08.	09.	10.	10.	11.		
	02.	02.	02.	02.	02.	02.	02.	02.	02.	02.		
Pantan	38	33	36	55	48	90	176	177	26	5	684	
Kaštela	0	6	1	8	3	19	1	3	9	0	50	
Solin	51	67	1	274	34	32	143	8	10	13	633	
Meje	38	49	11	19	59	57	89	192	29	421	964	
Lovrinac	0	7	20	0	76	74	138	0	44	41	400	
Stobreč	0	11	9	77	30	16	79	0	62	14	298	
Omiš	0	49	0	4	1	2	0	10	7	2	75	
Zakučac	0	11	18	20	26	25	13	0	3	1	117	
ukupno	127	233	96	457	277	315	639	390	190	497	3221	

Kako se vidi u tablici najbrojnija vrta je *Cx. pipiens*, a na slici 4.10.2. je prikazan broj jedinki te vrste po vremenu uzorkovanja na pojedinim postajama.



Slika 4.10.2. Prikaz broja ulovljenih komaraca vrste *Cx. pipiens* u Splitu i okolici

U ukupnom uzorku ulovljenih odraslih komaraca eudominantna vrsta je *Cx. pipiens* s preko 80 % od ukupnog broja ulovljenih jedinki. Vrsta *Cx. pipiens* je i najstalnija vrsta u uzorcima. S indeksom konstantnosti od 100 % prisutna je u svim istraživanim staništima ličinki i odraslih jedinki. I prema ukupnom broju nalaza ličinki i odraslih, vrsta *Cx. pipiens* je najučestalija s 134 nalaza ispred vrsta *Cs. annulata* i *Cs. longiareolata* s 44 i 42 nalaza.

Iz uzoraka sakupljenih komaraca determinirano je 16 vrsta od čega je čak deset vrsta komaraca po prvi put je utvrđeno na ovom području. Četiri vrste komaraca *Ae. aegypti*, *Oc. dorsalis*, *Oc. leucomelas* i *Cx. modestus* su ranije zabilježene na istraživanom području, ali nisu prikupljene tijekom ovih istraživanja. Mogućnost prisutnosti vrste *Ae. aegypti* u Hrvatskoj opisan je u poglavljju 4.1. U ukupnom uzorku ulovljenih odraslih jedinki, vrste *Cx. pipiens* i *Oc. caspius* čine zajedno 97.86 % od ukupnog broja ulovljenih jedinki CDC klopkom. Zbog visoke brojnosti koju mogu postići na pojedinim lokalitetima, ove dvije vrste trenutno imaju najveći potencijalni

javno-zdravstveni rizik za prijenos Arbovirusa, najznačajniji su molestanti i najvažnije su vrste za kontrolu komaraca na istraživanom području. Zastupljenost vrsta potencijalnih vektora malarije iz podporodice Anophelinae je mala. Vrste *An. maculipennis* kompleksa, unutar kojih se nalaze glavni vektori malarije na mediteranskom području, nisu zabilježene u odrasлом obliku. Na dva lokaliteta ulovljeno je ukupno devet ličinki što ukazuje da vrsta *An. maculipennis* kompleks nestaje s ovog područja te se može reći da je ugrožena vrsta. Rezultati ovog istraživanja su korisni pri donošenju odluka o primjeni mjera kontrole komaraca. Nakon ovog istraživanja utvrđeno je prisustvo vrste *Ae. albopictus*. Dolaskom ove vrste povećat će do sada relativno malo molestirajuće značenje komaraca za ovo područje. Dalnjim širenjem ova vrsta će postati najznačajniji komarac molestant u Splitu i cijeloj Dalmaciji.

4.11. Istraživanje komaraca u Lici

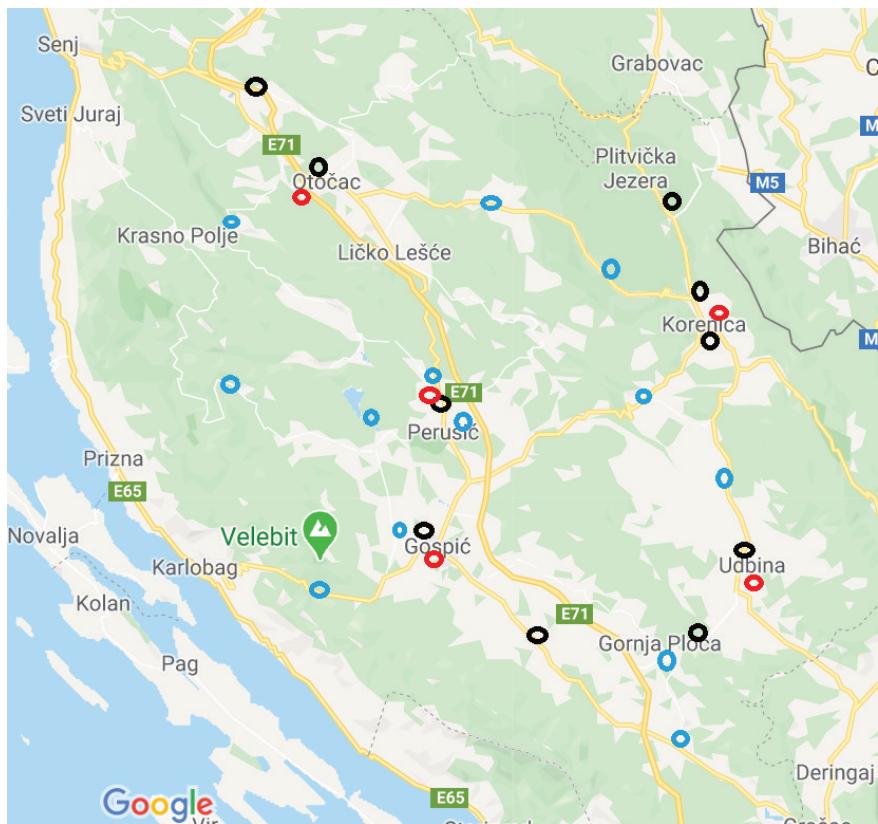
Zbog slabe naseljenosti i relativno male brojnosti komaraca Like je ostala po strani interesa istraživačima komaraca kako u prošlosti tako i u sadašnjosti. Naš interes za istraživanjem komaraca u Lici pojavio se s idejom pisanja ove knjige. Naime, nakon analize utvrđeno je da je taj dio Republike Hrvatske ostao gotovo potpuno neistražen. Jedine podatke pronalazimo sredinom osamdesetih godina prošlog stoljeća i to o vrstama iz potporodice Anophelinae (Adamović i Paulus, 1985), te poneki podatak iz istraživanja u planinama iz 2017. godine. Zasigurno istraživanje invazivnih komaraca moglo bi donijeti zanimljive rezultate s obzirom na geografske i geomorfološke karakteristike Like.

Područje istraživanja

Po pučkoj etimologiji, Like je dobila ime po lîku. Lîk je u hrvatskoj štokavskoj ikavici riječ za – lijek što ukazuje na prisustvo mnogobrojnih biljnih vrsta koje imaju ljekovita svojstva na tom području. Like je vrlo specifično, gorsko područje, a zapravo se radi o krškom platou koji je okružen gorskim lancima; Velebit na jugu,

Velika Kapela na zapadu, Mala Kapela na sjeveru te Lička Plješivica na istoku. Sjeverna granica prilično je neodređena jer Ogulinsko-plaščanska udolina čini prijelazni prostor između Like i Gorskog kotara. Cijelo područje može se okarakterizirati kao planinska zaravan raščlanjena manjim planinskim lancima u više cjelina (Gacka, Ličko polje ili Lika, Krbava (regija) i Ličko Pounje). Lika je geografski pojam, a administrativno najveći dio Like nalazi se u sastavu Ličko-senjske županije, najrjeđe naseljene i gospodarski najnerazvijenije hrvatske županije. Manji dijelovi ličkog prostora pripadaju drugim županijama: na sjeveru Karlovačkoj županiji, a na jugu Zadarskoj županiji. Kroz Liku teku hrvatske rijeke ponornice: Gacka, Lika, Otuča, Krbava i Korenica. Prosječna količina oborina kreće se od 1200 do 1800 (mm) s više oborina u hladnom dijelu godine. Zbog propusnog tla (krš) voda se ne zadržava dugo na površini te nema značajnijih stajaćih vodenih površina. Ali zbog veće količine oborina mnogo je potencijalnih legala u vodama nakupljenih u umjetnim leglima (burad, kante, strojevi, gume itd).

I u ovom istraživanju korištene su standardne metode opisne u 3. poglavljju. Istraživanje je provedeno u lipnju, srpnju i kolovozu 2019. Komarci su uzorkovani na 28 lokaliteta. Sve postaje obilježene su GPS-om, slika 4.11.1.



Slika 4.11.1. Karta istraživanog područja

Legenda: Crni krugovi - uzorkovanje CDC klopkama, crveni krugovi - uzorkovanje BG sentinel klopkama, plavi - krugovi uzorkovanje ličinki

Rezultati

Istraživanjem komaraca u Lici ukupno je zabilježeno prisustvo 16 vrsta komaraca i to:

1. *An. maculipennis complex*,
2. *An. claviger*
3. *An. plumbeus*
4. *An. daciae**
5. *Ae. vexans*
6. *Ae. japonicus*
7. *Ae. albopictus*
8. *Oc. sticticus*
9. *Oc. geniculatus*
10. *Oc. catans*
11. *Cq. richardii*
12. *Cx. pipiens complex*
13. *Cx. hortensis*
14. *Cx. territans*
15. *Cx. annulata*
16. *Cs. longiareolata*

*zabilježena u ranijim istraživanjima (Vignjević, 2014)

Tijekom istraživanja komaraca u Lici ukupno je uhvaćeno 815 odraslih CDC klopkama, 148 odraslih BGS klopkama i 998 ličinki komaraca. Najveći broj komaraca skupljen je u urbanom i ruralnom području u dvorištima kuća.

U tri uzorkovanja CDC klopkama broj komaraca kretao se od 0 do 163 po istraživanoj postaji (Tablica 4.11.1). Najveći broj komaraca uhvaćen je u kolovozu. Dvije postaje se izdvajaju po velikom broju komaraca, a to su: Gospić sa 163 i Udbina s 91 uhvaćenih komaraca. Na ostalim postajama uhvaćeno je znatno manje komaraca. Postaja na kojoj je evidentirana najmanja brojnost je Brinje na kojoj je uhvaćeno 14 komaraca.

Očekivano, najveći udio ima vrsta *Cx. pipiens* koja je ovdje eudominantna s udjelom od 72 %, potom slijedi *An. maculipennis* kompleks i *Ae. japonicus* s udjelima od 11 % i 8 % sve ostale vrste zajedno čine udjel od 9 %.

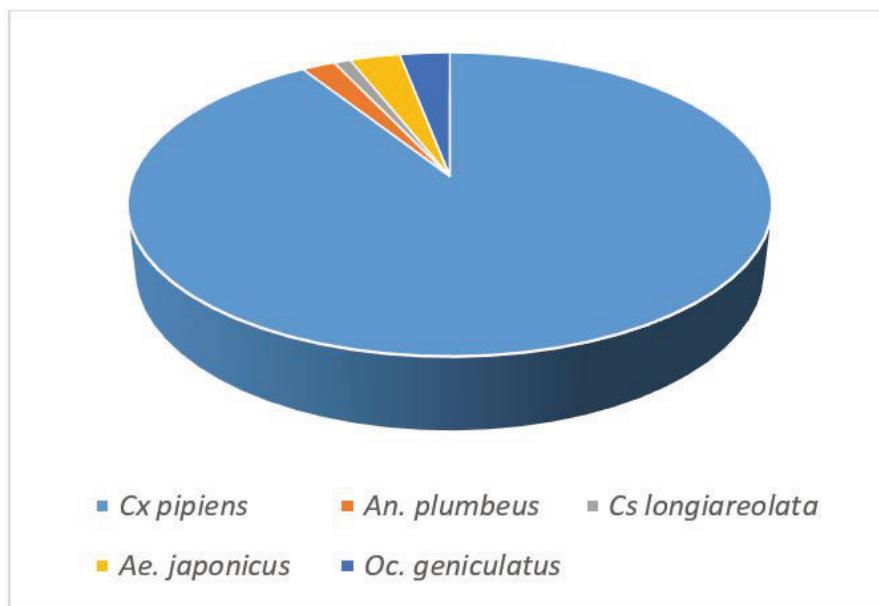
Tablica 4.11.1. Broj komaraca uhvaćen u CDC klopke

Postaja	11. lipanj	14. srpanj	9. kolovoz	UKUPNO
Brinje	27	41	95	14
Otočac	11	14	29	163
Ličko Lešće	2	19	40	54
Gospic	0	2	86	61
Medak	44	16	17	88
Kurjak	33	46	54	77
Udbina	1	8	70	133
Pećane	0	9	69	79
Korenica	4	30	34	78
Jezerce	27	41	95	68
UKUPNO	123	190	502	815

U nadi da ćemo uhvatiti invazivne vrste komaraca postavili smo BGS klopke koje su bolje za uzorkovanje invazivnih komaraca, prije svega *Ae. albopictus*. Osim pripadajućeg atraktanta BG Lure dodali smo i suhi led te je na taj način klopka mogla privući i druge komarce. Ukupno gledajući BGS klopke su uhvatile znatno manji broj komaraca (CDC/10:BGS/5=81,5:29,6) gotovo 2,5 puta manje. Ujedno je i manji broj vrsta evidentiran u BGS klopkama (Tablica 4.9.2). I u ovim klopkama eudominantna je vrsta *Cx. pipiens* s udjelom od 91 %. Jedinke invazivne vrste *Ae. albopictus* još uvijek nisu zabilježene u Lici (Tablica 4.11.3. i Slika 4.11.2).

Tablica 4.11.2. Broj komaraca uhvaćen u BG Sentinel klopke

Postaja	12. lipanj	15. srpanj	10. kolovoz	UKUPNO
Otočac	11	19	11	41
Perušić	9	12	21	42
Gospic	5	15	6	26
Udbina	0	2	4	6
Korenica	6	18	9	33
UKUPNO	31	66	51	148



Slika 4.11.2. Kvantitativni sastav faune komaraca uhvaćen u tri uzorkovanja BGS klopkama u Lici

Tablica 4.11.3. Ličinke komaraca zabilježene u Lici

	Postaja	GPS koordinate	Nadmorska visina	Stanište	Vrsta	Broj jedinki
1	Dabarska Kosa	WK 27	1003	Dvorište	<i>Ochlerotatus geniculatus</i>	2
2	Ravni Dabar	WK 27	922	Udubljenje u stijeni	<i>Culex pipiens</i>	32
					<i>Culiseta longiareolata</i>	13
3	Ledenik	WK 03	593	Dvorište	<i>Culiseta morsitans</i>	1
4	Planinska kućica	WK 13	924	Dvorište	<i>Culex pipiens</i>	41
					<i>Culex pipiens</i>	3
5	Cesta za Karlobag	WK 03	577	Dvorište	<i>Culiseta longiareolata</i>	9
					<i>Culex sp.</i>	3
6	Baške Oštarije	WK 13	933	Korito	<i>Culex hortensis</i>	3
					<i>Culex pipiens</i>	21
7	Baške Oštarije	WK 13	906	Korito	<i>Culiseta longiareolata</i>	6
					<i>Culiseta annulata</i>	11
8	Baške Oštarije	WK 13	921	Bure	<i>Culex pipiens</i>	33
					<i>Aedes japonicus</i>	1
					<i>Anopheles maculipennis</i>	4
9	Brušane	WK 23	614	Bure	<i>Culex pipiens</i>	1
					<i>Culex hortensis</i>	3
					<i>Culex pipiens</i>	13
10	Ravni Dabar	WK 27	712	Bure	<i>Culex hortensis</i>	7
					<i>Culex sp.</i>	3
					<i>Culiseta longiareolata</i>	3
					<i>Culiseta sp.</i>	1
11	Cret na Štirovači	WK 04	1012	Jezerce	<i>Culex pipiens</i>	10
					<i>Culex pipiens</i>	2
12	Kuterevo	WK 16	529	Dvorište	<i>Aedes japonicus</i>	5
					<i>Culiseta longiareolata</i>	4
13	Velika Plana		911	Jezerce	<i>Anopheles maculipennis</i>	10
14	Studenci		580	Bure	<i>Culex pipiens</i>	150
15	Kaluderovac		572	Dvorište	<i>Aedes japonicus</i>	6
					<i>Culex pipiens</i>	15
16	Perušić		576	Dvorište	<i>Culiseta longiareolata</i>	9
17	Lovinac		650	Bure	<i>Culex pipiens</i>	187
18	Gornja Ploča		620	Dvorište	<i>Culiseta annulata</i>	4
					<i>Culex pipiens</i>	55
19	Jošan		653	Dvorište	<i>Culiseta longiareolata</i>	28
20	Bunić		711	Dupla drveta	<i>Ochlerotatus geniculatus</i>	29
21	Vrhovine		782	Dvorište	<i>Culex pipiens</i>	250
22	Babin Potok G		874	Jezerce	<i>Aedes japonicus</i>	18
	UKUPNO				7 vrsta	998

Zbog geomorfoloških i hidroloških karakteristika na području Like nema mnogo komaraca. Razlog tome je što na tom području nismo našli velika i srednja legla komaraca. Možemo reći da zabilježena legla većinom možemo smjestiti u kategoriju malih legala. Nadalje, ta legla se nalaze uglavnom u blizini kuća i rezultat su ljudske djelatnosti. U dvorištima se odlažu burad, kante, rabljene gume, a

onda dodatno oluci, razni otpadi koji zadržavaju vodu. U takvim leglima prvenstveno smo uzorkovali domaćeg komarca *Cx. pipiens*, a sporadično i neke druge vrste koje mogu tolerirati izuzetno hladnu zimu, malo vode i višu nadmorsku visinu.

Ovim rezultatima treba dodati i prisustvo vrste *An. daciae* koja je zabilježena ranijim istraživanjima rasprostranjenosti *An. maculipennis* kompleksa u Republici Hrvatskoj.

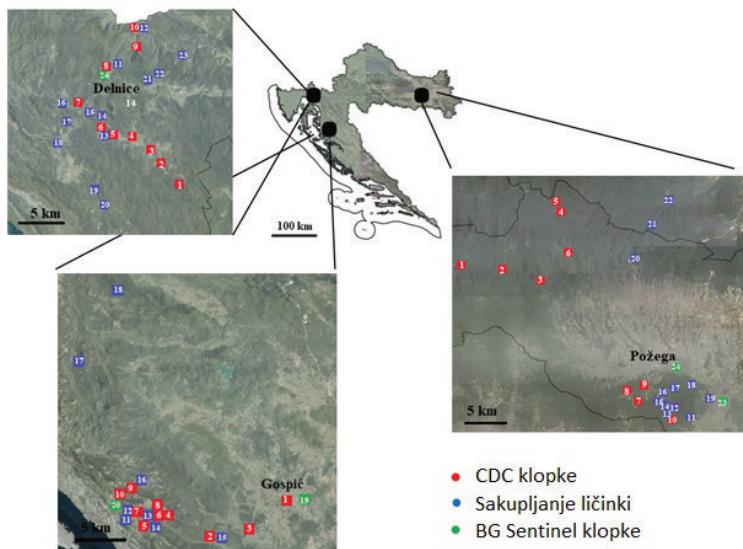
4.12. Fauna komaraca na nekim hrvatskim planinama

Komarci su, s obzirom na svoje posebne mehanizme prilagodbe, sposobni za život u različitim vrstama staništa. Rasprostranjene su u cijelom svijetu, a najbrojnije su u područjima s puno stajaće vode jer je voda nužna za njihov razvoj (Becker i sur., 2010). O fauni komaraca u hrvatskim planinama ima malo informacija (Merdić, 1995b). Njihove populacije su male na višim nadmorskim visinama. Razlog manjeg broja komaraca u planinama je prije svega nedostatak vode koja bi mogla biti mjesto za razmnožavanje, niža temperatura, jaki vjetrovi i velika količina oborina (Merdić, 1995a). Unatoč ovim uvjetima, komarci su u planinama i dalje prisutni. Neke se vrste komaraca mogu naći na različitim visinama, dok se neke nalaze na uglavnom na većim nadmorskim visinama. Vrsta *An. claviger* pronađena je u planinama Srednje Azije na nadmorskoj visini do 2000 m; *An. maculipennis*, pronađen je u planinskim predjelima u srednjoj Europi na visinama od oko 1000 m, a u Bugarskoj i Turskoj na visinama od 2190 m do 2300 m; *An. plumbeus* može se naći na nadmorskoj visini do 1200 m, a u južnom dijelu srednje Europe u planinskim područjima do 1600-2000 m (Becker i sur., 2010); ličinke *Ae. japonicus* u Njemačkoj su pronađene i u planinskom području Crne šume (Berne) na nadmorskoj visini od oko 1200 m (Huber i sur. 2012); *Cx. torrentium* poznata je kao vrsta dobro prilagođena hladnim staništima i pojavljuje se na velikoj nadmorskoj visini s mužjacima ulovljenim na 1500 m na Pirinejima (niz planina u jugozapadnoj Europi); *Cx. pipiens* također su pronađeni na 1500 m u Pirinejima (Hansson i sur., 2014). Zbog okolišnih uvjeta koji prevladavaju u planinskim područjima, moguće je pronaći rijetke

vrste. Hrvatske planine pripadaju Dinaridima i nalaze se u manjem dijelu istočnog produžetka Alpa. Hrvatske planine nisu visoke, a među njima, za razliku od drugih zemalja jugoistočne Europe, nema vrhova većih od 2000 metara. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi prisutnost komaraca kao i invazivnih vrsta u hrvatskim planinama.

Područje istraživanja

Uzorkovanje je provedeno na tri područja (Slika 4.12.1) na višoj nadmorskoj visini za koje je malo podataka o vrstama komaraca ili podatci uopće ne postoje. Odabrana su područja slavonskih planina, Gorskog kotara i Srednjeg Velebita. Karakteristike ovih područja su: viša nadmorska visina, šumska vegetacija i veće količine oborina nego u ostatku Republike Hrvatske što doprinosi nastanku šumskih potoka, jezera i ribnjaka. Šume su pogodna mjesta za život komaraca i pružaju posebne ekološke uvjete za komarce, poput rezervoara za vodu, povoljne brzine vjetra i visoke relativne vlažnosti, a svi uvjeti ne variraju mnogo (Rauš, 1987). Zbog različite propustljivosti tla i suhog vremena tijekom istraživanja obratili smo pozornost i na umjetna vodena tijela (npr. gume, kade za kupanje, bačve).



Slika 4.12.1. Prikaz tri planinska područja koja su bila predmet ovog istraživanja

Prvo se područje nalazi u planinama koje okružuju Požešku dolinu. Odabrani transekt obuhvaćao je planinu Papuk i Požešku goru s maksimalnom nadmorskom visinom od 515 m (šuma u blizini Novo Zvečevo) i najmanjom nadmorskom visinom od 177 m (šuma kod Požeške Koprivnice). Papuk je jedna od najstarijih planina u Slavoniji sa specifičnom geološkom prošlošću. Zbog reljefa i umjerene klime s višom razinom oborina od ostatka Slavonije, velik je broj potoka. Sva prisutna stajaća voda pruža povoljno stanište za razvoj ličinki komaraca. Štoviše, većinom ovog područja dominiraju šume i mala sela u kojima stočarstvo pruža pogodna mjesta za legla komaraca.

Drugo područje nalazi se u Gorskom kotaru od podnožja Samarskih stijena (maksimalna nadmorska visina 1011 m) do Broda na Kupi (minimalna nadmorska visina 234) na sjeveru i Bribira na jugu. Gorski Kotar je visoravan prosječne visine 700 - 900 m od koje se izdižu planine do 1500 m. Klima je izrazito planinska. Vegetacija ovisi o nadmorskoj visini, ali na većini površina prevladavaju crnogorične šume. Zbog sječe šuma strojevi naprave vagaše koji, kad se napune vodom, predstavljaju pogodno mjesto za leglo komaraca.

Treće područje nalazi se na Srednjem Velebitu od Gospića na istoku, Baške Oštarije i Brušane na jugu i Krasno na sjeveru. Najveća nadmorska visina ovog istraživanja bila je na stijenama iza Dabarskih kukova (1003 m) i na Štirovači (1012 m). Najniža nadmorska visina bila je u selu Kuterevo (529 m). Velebit je prirodna granica između kontinentalne i mediteranske Hrvatske. Na Velebitu je granica gdje mediteranska prelazi u planinsku klimu što uzrokuje nepredvidive vremenske uvjete. Područje Velebita mozaik je različitih staništa: šuma, travnjaka, stijena, rijeka i rijetkih vodenih staništa. Udubine u vapnenačkim stijenama, ribnjaci i suhi potoci, pogodna su staništa za ličinke komaraca. U nedostatku prirodnih staništa ličinki komaraca, pogodna staništa su i bačve s vodom koje se nalaze u gotovo svim vrtovima oko kuća na ovom području.

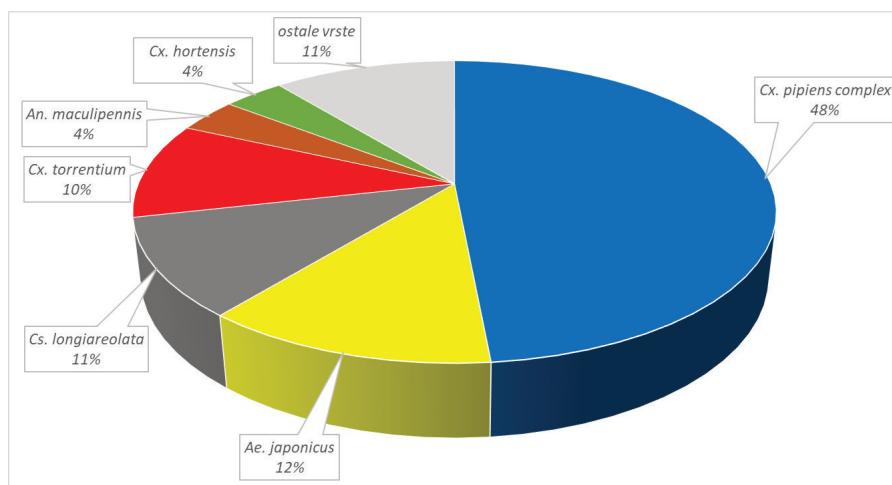
Metode uzorkovanja su opisane u 3. poglavlju. Istraživanje je provedeno u srpnju i kolovozu 2017. Komarci su uzorkovani na 68 lokaliteta (24 u slavonskim planinama, 24 u Gorskom kotaru i 20 na Srednjem Velebitu). Komarce smo pronašli u 46 lokaliteta; 13 u slavonskim planinama, 19 u Gorskom kotaru i 14 u Srednjem Velebitu. Zemljopisna dužina i zemljopisna širina zabilježeni su GPS-om.

Rezultati

U ovom istraživanju zabilježili smo 14 vrsta podijeljenih u 5 rodova. Potporodica Anophelinae zastupljena je s tri vrste iz roda *Anopheles*, potporodica Culicinae s tri vrste iz roda *Ochlerotatus*, jedna iz roda *Coquillettidia*, četiri vrste iz roda *Culex* i tri vrste iz roda *Culiseta*. Među 14 vrsta najčešći je kompleks *Cx pipiens* (48,49 %), a slijede ga *Ae. japonicus* (12,44 %), *Cs. longiareolata*, i *Cx. torrentium* (10,30 %) (Slika 4.12.2.). Manje zastupljene vrste su *An. maculipennis* kompleks (3,64 %), *Cx. hortensis* (3,64 %), *Oc. punctor* (2,36 %), *Cs. annulata*, (2,36 %). Kod čak pet vrsta zabilježeno je samo nekoliko jedinki i to: *Oc. geniculatus* tri jedinke, *An. claviger* i *Cx. territans*, dvije jedinke i *Cq. richiardii*, *An. plumbeus* i *Cs. morsitans* samo jedna. Zbog oštećenosti 18 jedinki određeno je samo do roda. Vrste koje su zabilježene na planinama:

1. *Anopheles claviger*
2. *Anopheles maculipennis* k

3. *Anopheles plumbeus*
4. *Aedes japonicus*
5. *Ochlerotatus geniculatus*
6. *Ochlerotatus punctor*
7. *Coquillettidia richiardii*
8. *Culex pipiens*
9. *Culex torrentium*
10. *Culex territans*
11. *Culex hortensis*
12. *Culiseta longiareolata*
13. *Culiseta morsitans*
14. *Culiseta annulata.*

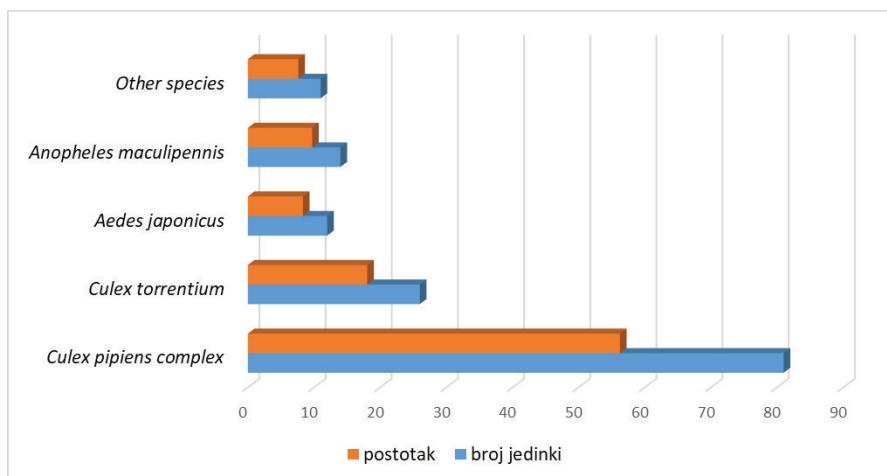


Slika 4.12.2. Udio komaraca na istraživanim planinama u Republici Hrvatskoj

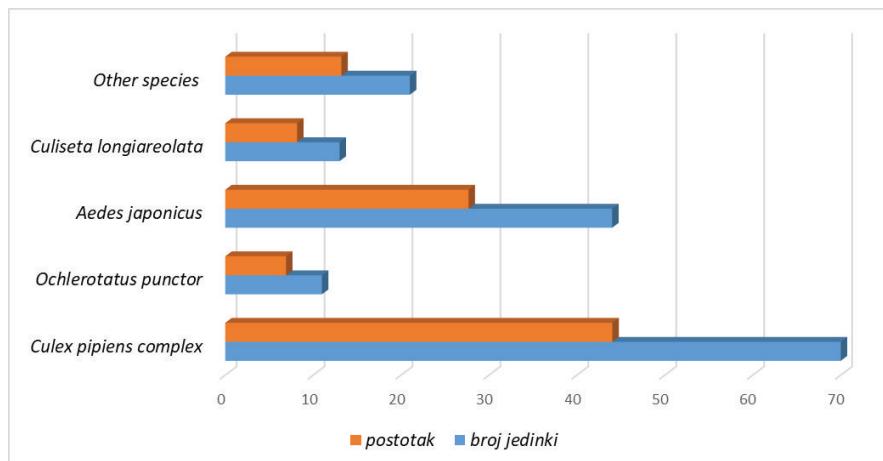
Na 13 postaja u slavonskim planinama uzorkovano je 10 vrsta. Najčešća vrsta je bila *Cx. pipiens* s udjelom 56,25 %. Druga vrsta po brojnosti bila je *Cx. torrentium* (18,05 %) potom vrsta *An. maculipennis* (9,72 %), a na četvrtom mjestu je bila invazivna vrsta (koja je na istraživanom području prvi puta zabilježena) *Ae. japonicus*,

a jedinke ove vrste čine 8,33 % faune uzorkovanih komaraca. Manje zastupljene vrste komaraca bile su, *Cx. hortensis*, *An. claviger*, *Cq. richiardii*, *Cs. longiareolata*, *Oc. geniculatus* i oni čine 7,63 % svih prikupljenih komaraca s ovog područja. (Slika 4.12.3.). U Gorskem kotaru pronašli smo komarce na 19 lokacija i utvrdili osam različitih vrsta. Eudominantna vrsta bila je *Cx. pipiens* kompleks s 44,02 %, invazivna vrsta *Ae. japonicus* čini 27,67 %, a jedinke ove vrste su pronađene na devet od 19 mjesta uzorkovanja, *Cs. longiareolata* čini 8,17 %, *Oc. punctor* 6,91 % i ostale vrste čine 13,20 % koji uključuju: *An. maculipennis*, *An. plumbeus*, *Cx. hortensis*. (Slika 4.12.4.).

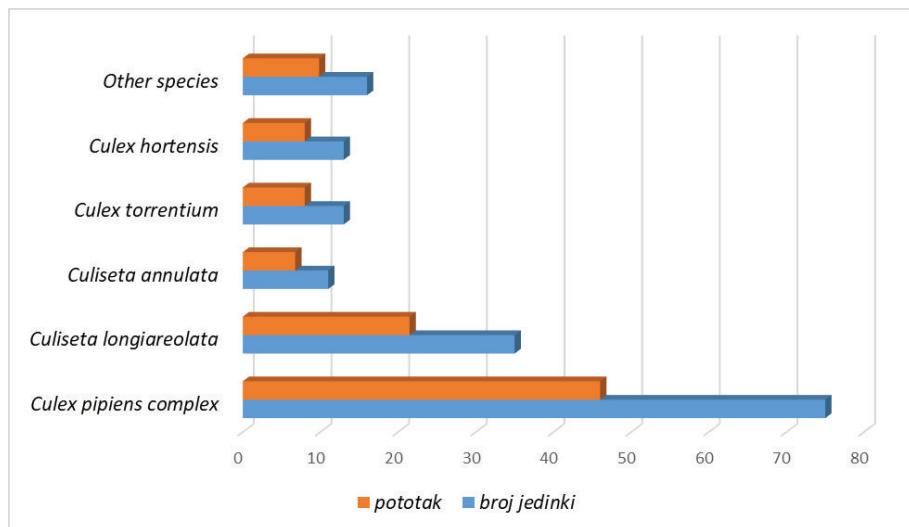
Na Srednjem Velebitu uzorkovano je na 14 postaja, a komarci su evidentirani na devet. Najčešća vrsta komaraca bila je *Cx. pipiens* kompleks sa 46,01 %, druga je *Cs. longiareolata* s 21,47 %, treća vrsta je *Cx. hortensis* s udjelom od 7,97 %, zatim *Cx. torrentium* s udjelom od 7,97 %, *Cs. annulata* čini 6,74 % svih vrsta komaraca na tom području. Manje brojne vrste bile su *Ae. japonicus*, *An. maculipennis* kompleks, *Cs. morsitans*, *Oc. geniculatus* a sve zajedno čine 9,81 % svih uzoraka komaraca, (Slika 4.12.5.).



Slika 4.12.3. Udio komaraca na istraživanim planinama u Slavoniji



Slika 4.12.4. Udio komaraca na istraživanim planinama u Gorskem kotaru



Slika 4.12.5. Udio komaraca na istraživanim planinama na srednjem Velebitu

Rezultat faunističkog istraživanja hrvatskih planina (slavonske planine, Gorski kotar i Srednji Velebit) ukazuje na prisutnost 14 vrsta komaraca. Uzorkovali smo komarce u pogodno vrijeme (ubrzo nakon kiše) i pronašli ih na gotovo svim lokalitetima. Nije pronađen veliki

broj komaraca, unatoč tome, pronađene su razne vrste. Eudominantna vrsta bila je *Cx. pipiens* kompleks. To je politipska kozmopolitska vrsta koja je raširena po cijelom svijetu i evidentirana je postajama do 2500 metara nadmorske visine (Knight i Stone, 1977). Razlog zbog kojeg ova vrsta dominira je njihova sposobnost da naseljavaju gotovo sve vrste vodenih tijela (Gutsevich i sur., 1974), ali i blizina kuća u kojima smo uzorkovali, što također opravdava njegov narodni naziv - obični kućni komarac. Tijekom našeg istraživanja, komarci su imali na raspolaganju veliku količinu hrane tako da nije neobično što smo ih pronašli u velikom broju. Ličinke se često pojavljuju u umjetnim vodenim tijelima kao što su poplavljeni podrumi, gradilišta, bačve i limenke, metalni spremnici, fontane i spremnici u vrtovima i crkvama.

Politipska vrste *Cx. pipiens* kompleks sastoje se od više vrsta, podvrsta, oblika, rasa, fizioloških varijanti ili biotipova prema raznim autorima. Trenutno uključuje imena *Cx. pipiens pipiens* Linnaeus, *Cx. pipiens* biotip *molestus* Forskal, *Cx. quinquefasciatus* Reci, *Cx. pallens* Coquillett, *Cx. restuans* Theobald i *Cx. torrentium* Martini u Holarktiku (Becker i sur. 2010). Svi ti komarci su u odrasлом stadiju vrlo slični. Zapravo, nije moguće razlikovati ove vrste u odrasлом stadiju. Jedina razlika može se vidjeti u strukturi aedeagusa (kopulatorni organ kod mužjaka) kod nekih vrsta. Dorzalni krak aedeagusa je kod vrste *Cx. torrentium* uvijen i zašiljen (Becker i sur. 2010). Ove vrste smo razdvojili na temelju razlika između genitalija mužjaka. Neki od tih uzoraka poslani su na daljnju molekularnu analizu, u kojoj je potvrđena prisutnost *Cx. torrnetium* u istraživanim postajama. Čini se da *Cx. torrentium* preferira veše nadmorske visine, iako je nekoliko puta zabilježeno prisustvo obje sestrinske vrste (*Cx. pipiens* i *Cx. torrentium*) u istom leglu.

Na do sada istraženim područjima u Republici Hrvatskoj vrsta *Cx. territans* je rijetko pronađena, a često je evidentirana samo jedna jedinka. U okviru ovog istraživanja pronašli smo samo dvije jedinke u stadiju ličinke u kanalu u blizini izvora sa sporim protokom vode (stanište koje jedinke ove vrste preferiraju), a ličinke se često nalaze zajedno s *An. maculipennis*, što je i ovdje potvrđeno (Becker i sur., 2010).

Među pronađenim vrstama, identificirana je vrsta *Ae. japonicus* koji na ovim područjima do tada nije bila evidentirana. Staništa na kojima smo ih pronašli (mjesta skupljanja kišnice, ribnjaci, bare s kišnicom, rabljene gume, rupe u stijenama) podudaraju se s tipovima staništa i mjestima na kojima je ista vrsta ranije pronađena (Kampen i Werner, 2014). Zbog svoje tolerancije na hladnoću koja dopušta proširenji raspon sezonskih aktivnosti u umjerenim klimama (Kaufman i Fonseca, 2014) i činjenice da ličinke i kukuljice mogu podnijeti velik raspon temperatura vode (30), nije čudno da je pronađena na višim nadmorskim visinama u srpnju i kolovozu. Štoviše, u istraživanju u SAD-u *Ae. japonicus* je sakupljen na svim postajama na nadmorskim visinama od 425 do 1.500 m (Bevins, 2007). S obzirom na njegovu sposobnost prilagodbe, uočeno je da je vrsta *Ae. japonicus* istiskuju populacije drugih vrsta komaraca u mnogim područjima Sjeverne Amerike i Europe, što izravno utječe na biološku raznolikost (Kampen, Werner, 2014). Nije pronađena značajna biološka raznolikost komaraca na mjestima gdje je zabilježen *Ae. japonicus*. Također, u našem istraživanju primjetili smo da se vrsta *Ae. japonicus* često pojavljuje zajedno s jedinkama *Cx. pipiens* kompleksa. Kako znamo da je ta vrsta u Hrvatskoj prisutna samo pet godina, možemo zaključiti da su planine pogodno mjesto za razvoj i život *Ae. japonicus*.

Tijekom 1989. i 1990. godine provedeno je istraživanje faune komaraca na Papuku gdje je obrađena sezonska dinamika populacije komaraca. Zabilježeno je prisustvo 12 vrsta, među kojima šest vrsta nije pronađeno u ovom istraživanju: *Ae. vexans*, *Ae. cinereus*, *Oc. sticticus*, *Oc. pulchritarsis*, *Oc. cantans* i *Oc. communis* (Merdić, 1995b). Mogući razlog za to može biti zbog nekoliko postaja istraživanja iz 1990. su provedena na nižim visinama, pa su poplavni komarci (prve tri) uspjeli doletjeti do njih.

U ovom istraživanju nismo napravili molekularnu analizu da bismo odredili sestrinske vrste *An. maculipennis* kompleksa, pa su primjerici zabilježeni kao *An. maculipennis* kompleks. Budući da su jedinke vrste *An. maculipennis* pronađene na različitim staništima i različitim nadmorskim visinama, uzorci u ovom istraživanju najvjerojatnije pripadaju ovoj vrsti.

Neke vrste koje su prethodno zabilježene u planinama, poput *Cs. glaphyroptera*, (Merdić i sur., 2004) nisu pronađene tijekom ovog istraživanja. Ovo je rijetka vrsta koja je zabilježena samo u planinskim područjima srednje i južne Europe. Ličinke ove vrste mogu se naći u djelomično zasjenjenim hladnim leglima. Tijekom ovog istraživanja pronašli smo takva staništa, ali nismo ulovili niti jedan primjerak ove vrste.

Kvantitativna analiza potvrdila je očekivane rezultate. Pronađen je mali broj odraslih komaraca, a zabilježen je i mali broj legala. U tim se leglima razvio mali broj komaraca. Ako broju komaraca iz ovog istraživanja dodamo vrste koje su zabilježene prijašnjim istraživanjima (*Cs. glaphyroptera*, *Oc. pulchritarsis*, *Oc. cantans* i *Oc. communis*), dobivamo **broj od 18 vrsta** i možemo zaključiti da fauna komaraca hrvatskih planina pokazuje veliku raznolikost. Nadalje, može se zaključiti da je fauna komaraca u planinama slična onoj u nizinama, ali se razlikuje u brojnosti jedinki i omjeru vrsta uz prisustvo nekih specifičnih vrsta. Budući da smo radili samo na tri područja, može se očekivati da će neke druge vrste komaraca u nekim drugim planinama biti prisutne na takvom, za komarce, ne baš gostoljubivom području.

4.13. Molekularna determinacija *Anopheles maculipennis* kompleks u Hrvatskoj

Filogenetska srodnost vrsta *Anopheles maculipennis* kompleksa je bila predmet mnogih istraživanja, prema recentnim istraživanjima ovom kompleksu pripada 10 vrsta (Harbach, 2013). U Europi, od vrsta koje pripadaju kompleksu *Anopheles maculipennis*, trenutno tu obitava sedam palearktičkih vrsta: *An. maculipennis*, *An. atroparvus*, i *An. messeae* su najčešći i široko rasprostranjeni. *An. labranchiae* i *An. sacharovi* su prisutni samo na Mediteranu, *An. melanoon* u južnoj i jugozapadnoj Europi (Proft i sur., 1999), *An. daciae* je nedavno izdvojena kao vrsta i svake godine se pojavljuju novi nalazi po Europi. Zasad je zabilježena u: Rumunjskoj (Nicolescu i sur., 2004), Engleskoj (Linton i sur., 2005), Njemačkoj (Kronefeld i sur., 2012; Weitzel i sur., 2012) i Hrvatskoj. Dok su *An. martinus*, *An. artemievi* i *An. persiensis*

ne-Europske vrste iz Male Azije, no i za neke od njih postoji mala mogućnost introdukcije (Patsoula i sur., 2007; Simsek i sur., 2011).

Prema povijesnim istraživanjima koje su provodili Adamović i Paulus 70-ih i 80-ih godina prošlog stoljeća na području današnje Hrvatske je na osnovi morfologije jaja ustanovljeno pet vrsta iz kompleksa *Anopheles maculipennis*, a to su: *An. maculipennis*, *An. messeae*, *An. atroparvus*, *An. sacharovi* i *An. subalpinus*. Istraživanja su bila podijeljena prema područjima što je dalo sljedeće podatke o rasprostranjenju vrsta: na području Podravine, Podunavlja i Slavonije *An. messeae* je bila dominantna vrsta, *An. maculipennis* – prisutna, a *An. atroparvus* vrlo rijetka (Adamović i Paulus 1982b), u srednjoj Posavini i u Zagrebačkoj regiji *An. messeae* je bila daleko najbrojnija vrsta dok je vrsta *An. maculipennis* bila srednje česta (Adamović i Paulus, 1985c). Na području Istre pronađene su vrste *An. maculipennis* i *An. atroparvus* s tim da je $\frac{3}{4}$ brojnosti jedinki pripadalo vrsti *An. maculipennis*. Autori u ovom radu navode kako na području Istre nisu našli prethodno prijavljenu vrstu *An. sacharovi* (Adamović, Paulus, 1987). Na području Like vrsta *An. maculipennis* je također bila dominantna, dok se vrsta *An. messeae* javljala sporadično (Adamović i Paulus, 1985b). Delta rijeke Neretve bila je vrstama najbogatije područje u ovim istraživanjima te su tamo pronađene vrste *An. messeae* kao dominantna vrsta oko slatkovodnih jezera, *An. subalpinus* kao dominantna vrsta na samoj delti, *An. maculipennis* kao srednje česte vrsta i *An. sacharovi* kao rijetka vrsta nađena samo na tri lokaliteta (Adamović, 1983).

U okolini Osijeka utvrđene su dvije vrste i to dominantna *An. messeae* i prisutna *An. maculipennis* (Merdić, 1990). Sezonska dinamika ovih vrsta utvrđena je nešto kasnije (Merdić i Boca, 2004).

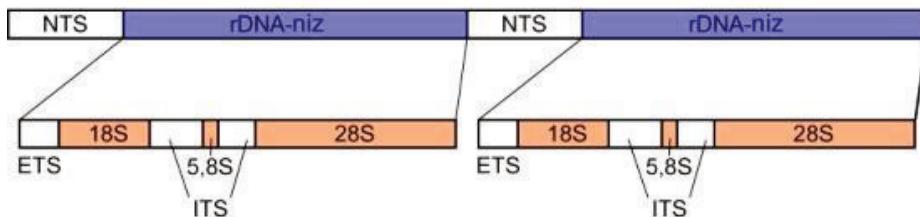
Proučavanje struktura zajednica komaraca u različitim staništima Dalmacije dala je slične rezultate (Romanović, 2007), pritom je zastupljenost vrsta iz kompleksa *An. maculipennis* na staništima bila 14 %, dok je udio u fauni varirao od 0 do 10 %. U istom istraživanju ličinke vrsta iz ovog kompleksa su najčešće pronađene u prirodnim staništima poplavnog područja i rubovima jezera, a od umjetnih staništa isključivo su se mogle naći u cisternama.

Molekularna determinacija

Moderne metode razlikovanja vrsta unutar ovog kompleksa svakako obuhvaćaju molekularna istraživanja specifičnih genomskih markera. Prednost ovih metoda temeljenih na lančanoj reakciji polimerazom je što je za analize potrebno svega nekoliko nanograma DNA (Collins i Paskewitz, 1996). Međutim pojavljuju se kontraverze ukoliko se kao jedini kriterij odvajanja sestrinskih vrsta i/ili podvrsta koriste DNA sekvene određene genske regije. Naročito ukoliko nisu dovoljno istražene. (Harbach, 2013).

Kod odvajanja vrsta unutar *Anopheles maculipennis* kompleksa u novije vrijeme se najčešće koriste molekularne metode koje uključuju analizu ITS2 regije (engl. Internal Transcribed Spacer) ribosomalne RNA (rRNA) (Di Luca i sur., 2004).

Kod kukaca, ova DNA se sastoji od ponavlјajućih transkripcijskih jedinica koje sadrže gene za 18S, 5.8S i 28S podjedinice ribosomalne RNA. ITS regije odvajaju 5.8S gene od gena za 18S i 28S podjedinicu, što znači da se u osnovi rRNA sastoji od transkripcijskih jedinica i intergenskih zona razdvajanja na kojima se ne odvija transkripcija (Slika 4.13.1). Ponavlјajuće jedinice rRNA ne evoluiraju nezavisno već relativno ujednačenom evolucijskom stopom unutar jedinki i unutar same vrste. Za razliku od kodirajućih regija rRNA koje sadrže gene i koje su evolucijski dobro konzervirane, razdjelne regije su čini se relativno slobodne da evoluiraju, čak i kod blisko povezanih organizama. Prema tome, ITS regije se pokazuju kao koristan alat za utvrđivanje evolucijskih poveznica na različitim taksonomskim nivoima, uključujući i one recentno nastale kao što su sestrinske vrste kod komaraca (Linton et al., 2003; Linton i sur., 2002a; Marinucci i sur., 1999). Čak i nasuprot drugih, često korištenih genskih markera (npr. COI) ITS2 regije je pokazala puno bolju razlučivost i mogućnost razdvajanja vrsta (Di Luca i sur., 2004; Linton i sur., 2002b; Patsoula i sur., 2007).



Slika 4.13.1. Segment gena eukariotske ribosomalne DNA s podjedinicama 18S, 5.8S i 28S koji tvore ponavljajući rDNA-niz; NTS – netranskribirajući dio (engl. nontranscribed spacer); ETS – vanjski transkribirajući dio (engl. external transcribed spacer); ITS – unutarnji transkribirajući dijelovi (engl. internal transcribed spacers)

Metode uzorkovanja Anophelinae su bile standardne: uzorkovanje ličinki mrežicom, uzorkovanje odraslih CDC klopkama i aspiratorom.

Za izolaciju DNA iz komaraca korišten je komplet za izolaciju DNA (engl. DNA extraction kit) proizvođača Invitrogen, model PureLink Genomic DNA mini kit (Thermo Fisher Scientific, SAD). Pri postupku izolacije slijedene su upute proizvođača uz manje prilagodbe. Prije samog postupka svi komarci su izvagani na analitičkoj vagi nakon čega se pristupilo protokolu.

Rezultati

Terenskim pretraživanjem pogodnih staništa u potrazi za ličinkama te aktivnim uzorkovanjem pomoću aspiratora i CDC-klopke ukupno je na svim lokalitetima uzorkovano preko tisuću jedinki komaraca. Metodom slučajnog odabira izabrano je dvije stotine jedinki iz kojih je proveden postupak izolacije DNA.

Ukupno je na postupak sekvenciranja poslan uzorak DNA iz 125 komaraca što je ukupno rezultiralo s 250 sekvenci. Pregledom kromatograma, obrađivanjem i sravnjivanjem sekvenci dobiveno je 125 tzv. konensus sekvenci iz kojih je molekularnom identifikacijom uspješno determinirano 4 vrste komaraca iz kompleksa *An. maculipennis*. To su sljedeće vrste:

Vrsta *Anopheles messeae* Falleroni, 1926.

Ova vrsta se pokazala kao najčešće uzorkovani komarac iz kompleksa *An. maculipennis* tijekom ovog istraživanja. Rasprostranjenost ove vrste u Republici Hrvatskoj je pretežito u kopnenom dijelu i to od granice sa Srbijom na istoku do granice sa Slovenijom na zapadu te do granice s Mađarskom na sjeveru. U mediteranskoj dijelu Republike Hrvatske ova vrsta je pronađena samo na području delte rijeke Neretve što je ujedno i njezina južna granica rasprostranjenja u Hrvatskoj (Slika 4.13.2)



Slika 4.13.2. Zabilježena rasprostranjenost vrste *An. meseae* u Hrvatskoj. Zelenim kružnicama označena su područja gdje su zabilježene jedinke ove vrste

Vrsta *Anopheles daciae* Linton, Nicolescu i Harbach, 2004.

Distribucija ove vrste je većinom na samom istoku Republike Hrvatske, na području Slavonije i Baranje. Primjerici ove vrste pronađeni su na lokalitetima Babina Greda, Vinkovci i Park prirode Kopački rit. No, osim na ovom području vrsta je potvrđena i na lokalitetu Ričice u Lici što predstavlja najjužniji nalaz ove vrste kako za Republiku Hrvatsku tako i za ostatak Europe (Slika 4.13.3).



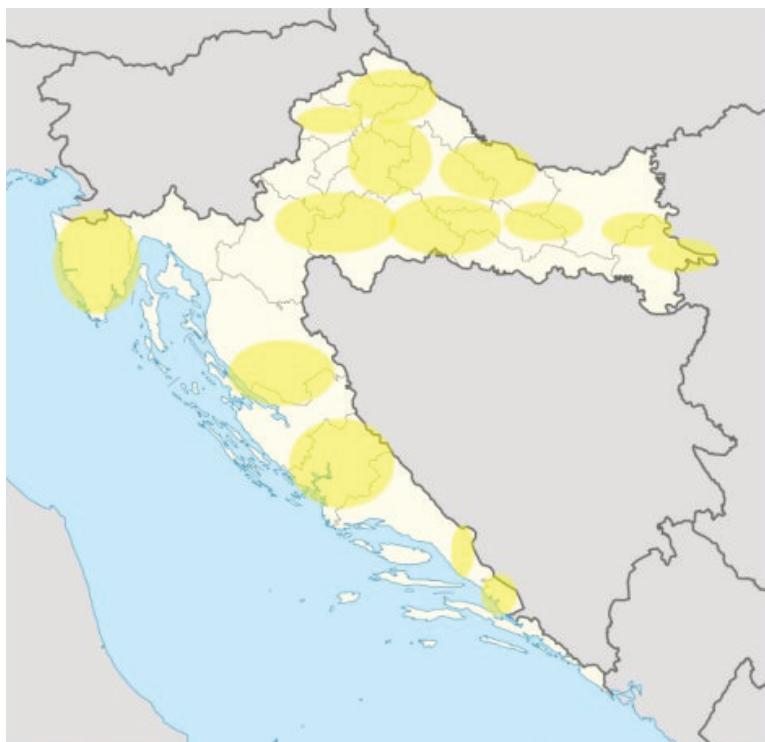
Slika 4.13.3. Zabilježena rasprostranjenost vrste *An. daciae* u Hrvatskoj. Plavim kružnicama označena su područja gdje su zabilježene jedinke ove vrste

Staništa kojem su sklone jedinke ove vrste, prema rezultatima ovog istraživanja, podudaraju se s onima kod vrste *An. messeae*. U Parku prirode Kopački rit jedinke su uzorkovane na postaji Čarna – veći kanal sa sporo tekućom, gotovo stajaćom vodom. Kanal je zasjenjen samo s jedne strane, dok se u vodi nalazi dosta submerzivne vegetacije. U Vinkovcima je vrsta pronađena uz rijeku Bosut dok se postaja Babina Greda nalazila nedaleko od poplavnog područja rijeke Save. Lokalitet Ričice nalazi se uz jezero Ričice u Lici, u blizini Gračaca. Nadmorska visina lokaliteta je oko 560 metara. Jezero je veliko, otvorenog tipa, uz rubove bogato submerzivnom vegetacijom i tršćacima. Jedinke su na postajama Babina Greda, Vinkovci i Kopački rit uzorkovane pomoću CDC-klopki sa suhim ledom kao atraktantom, dok je na lokalitetu Ričice uzorkovanje obavljeno pomoću aspiratora u štali s domaćim životinjama. Zbog velike međusobne sličnosti vrste *An. daciae* i *An. messeae* su simpatrične,

no treba napomenuti kako je na lokalitetu Ričice *An. daciae* pronađena uz vrstu *An. maculipennis*, dok je na istom staništu vrsta *An. messeae* u potpunosti izostala.

Vrsta *Anopheles maculipennis* s.s. Meigen, 1818.

Područje rasprostranjenja ove vrste u Republici Hrvatskoj je zapravo najveće među identificiranim vrstama iz istraživanog kompleksa. Pronađena je u svim regijama, od granice sa Srbijom do granica sa Slovenijom i Mađarskom. U Istri je vrlo česta, a nastanjuje i Liku, Dalmatinsku zagoru te Dalmaciju i deltu Neretve. Pronađena je i na jedinom otoku obuhvaćenim ovim istraživanjem – Brijunima (Slika 4.13.4). Ipak, nalazi ove vrste nisu bili tako učestali i brojni kao kod vrste *An. messeae*.



Slika 4.13.4. Zabilježena rasprostranjenost vrste *An. maculipennis* s.s. u Hrvatskoj. Žutim kružnicama označena su područja gdje su zabilježene jedinke ove vrste

Vrsta *Anopheles melanoon* Hackett, 1934.

U Hrvatskoj ova vrsta ima najmanje rasprostranjenje u odnosu na ostale identificirane vrste iz kompleksa. Pronađena je na jednom u lokalitetu u Istri – Cerovlje, u štali s domaćim životinjama te na delti Neretve, također u štali s domaćim životinjama (Slika 4.11.5). Nalaz u Istri predstavlja novo nalazište ove vrste jer je u dosadašnjim istraživanjima ova vrsta u Republici Hrvatskoj potvrđena samo na području delte Neretve i to kao tada odvojena vrsta, danas sinonim – *An. subalpinus*. Ličinački stadiji ove vrste komaraca u ovom istraživanju nisu pronađeni.



Slika 4.13.5. Zabilježena rasprostranjenost vrste *An. melanoon* u Hrvatskoj.
Narančastim kružnicama označena su područja gdje su zabilježene jedinke ove vrste

U okviru ovog rada istraživan je kompleks sestrinskih vrsta malaričnih komaraca *Anopheles maculipennis* kompleks na području Republike Hrvatske. Prije svega treba istaknuti kako se nukleotidna sekvenca intergenske regije ITS2 potvrdila dostatnom za razlučivanje vrsta unutar kompleksa, no nedovoljna za utvrđivanje intraspecijskih razlika među populacijama. Molekularnom identifikacijom određene su četiri vrste iz kompleksa *Anopheles maculipennis*, a to su: *An. messeae*, *An. maculipennis*, *An. daciae* i *An. melanoon*. Vrsta *An. daciae* predstavlja novu vrstu u fauni komaraca Hrvatske, a nalaz na lokalitetu Ričice (Lika) predstavlja dosad najjužniji zabilježeni nalaz ove vrste uopće. Ovaj nalaz znatno je proširio do sada poznati areal ove vrste na jug. Vrsta *An. melanoon* je također nova vrsta na popisu faune komaraca Republike Hrvatske, no vrsta *An. subalpinus* koja je do sada bila na popisu je revidirana kao sinonim vrste *An. melanoon*. Nalaz ove vrste u Istri novi je podatak za distribuciju vrste. Distribucija vrste *An. maculipennis* pokriva gotovo cijelu Republiku Hrvatsku, vrsta *An. messeae* je uglavnom ograničena na kontinentalni dio - uz izuzetak delte Neretve, vrsta *An. melanoon* pronađena je u Istri i Dalmaciji. Ovim istraživanjem nije potvrđeno prisustvo *An. labranchie* - vrste koju je zabilježio Adamović (1982) i označio kao vrlo rijetku u Panonskoj nizini i Istri. Isto tako nije potvrđeno prisustvo vrste *An. sacharovi* koja je bila zabilježena na delti Neretve i označena kao jako rijetka. Budući da je jako malo Anophelinae uopće uhvaćeno na tom prostoru, gotovo pa možemo reći kako su komarci u delti Neretve postale ugrožene vrste. Znam da će to zvuči čudno, ali biološki gledano to je činjenica.

4.14. Barkodiranje faune komaraca u Republici Hrvatskoj

Precizna determinacija komaraca ključan je korak u biološkom i javnozdravstvenom smislu istraživanja komaraca, a neophodna je u nadzoru i kontroli komaraca. Komarci se često pojavljuju i u tzv. kompleksima gdje su vrste unutar kompleksa morfološki gotovo identične. Glavni nedostaci morfološke determinacije su: (1) potrebno je dobro iskustvo i oprema, (2) razlike između vrsta su

vidljive samo u određenom stadiju ili spolu, (3) potrebni su neoštećeni komarci (lijuskice, noge, krila), (4) kod određenih grupa ili kompleksa morfološka determinacija je nemoguća.

Molekularna determinacija predstavlja precizniju metodu određivanja vrste, bez obzira na razvojni stadij komarca ili nivoa oštećenja jedinke. Metoda DNK barkodiranja predložena je 2003. godine (Hebert i sur., 2003) kao univerzalni sistem za determinaciju vrsta s COI (podjedinica I citokrom oksidaze) kao standardiziranim genetičkim markerom.

Hrvatska se geografski nalazi na granici nekoliko biogeografskih područja i stoga ju biološka raznolikost od oko 40.000 vrsta određuje kao jednu od država od Europskih, ali i globalnih tzv. „žarišnih točaka biološke raznolikosti“. Ako uzmemo raznolikost komaraca samo u Republici Hrvatskoj morfološkom metodom determiniranja je zabilježeno 52 vrste (Merdić i sur., 2020), a u cijeloj Europi 102 (Becker i sur., 2010).

Počeci DNA barkodiranja

Povećanje interesa za biološku raznolikost u područjima ekologije, evolucijske biologije, zaštite okoliša, poljoprivrede i ekonomije, između ostalog, dovelo je do sve veće važnosti preciznog prepoznavanja vrsta. S druge strane, broj taksonoma i ostalih stručnjaka za determinaciju drastično se smanjio (Ustugi i sur., 2011). Često je i samim taksonomima vrlo teško, ponekad i nemoguće, precizno determinirati vrstu samo na temelju morfoloških obilježja. Stoga se javila potreba za alternativnom, univerzalno primjenjivom metodom determinacije vrsta. Napredak u tehnologiji DNK sekvenciranja omogućio je znanstvenicima jednostavne, ekonomične i brze DNK analize (Ustugi i sur., 2011). Hebert i sur. su 2003. godine uveli metodu DNK barkodiranja kao brzu i pouzdanu tehniku identificiranja širokog spektra bioloških uzoraka. Metoda se temelji na određivanju slijeda nukleotida standardiziranog fragmenta mitohondrijskog gena za podjedinicu I citokrom oksidaze (COI) duljine oko 650 pb. Mitohondrijski genom

pokazao se boljim alatom za determinaciju vrsta nego nuklearni genom zbog haploidnog nasljeđivanja, izostanka introna i ograničenih rekombinacija (Hebert i sur., 2003). Nadalje, gen COI prepoznat je kao dobar genetski marker za razlikovanje vrsta zbog dvije činjenice: (1) univerzalne početnice umnažaju segmente gotovo svih životinjskih vrsta, (2) brzina evolucijskih promjena ovog gena omogućava razlikovanje srodnih vrsta (Wang i sur., 2012).

Kako biološka znanost napreduje pokazalo se da tradicionalna determinacija temeljena na morfologiji nije uvijek dovoljna za determinaciju vrste pa je nužan multidisciplinaran pristup taksonomiji koji uključuje morfološke, molekularne i distribucijske podatke (Cywinska i sur., 2006).

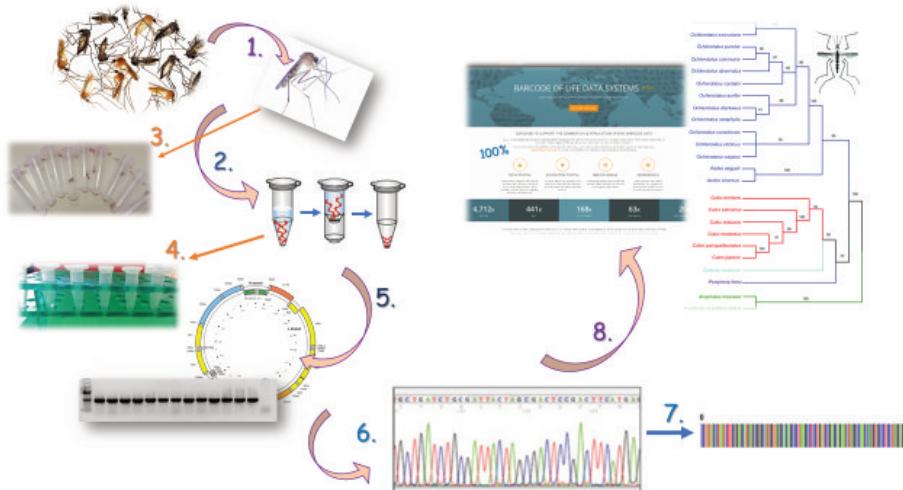
Ispravna determinacija komaraca važan je dio primjene učinkovitih strategija kontrole komaraca. Taksonomske ključevi koji se koriste u morfološkoj determinaciji komaraca uglavnom ovise o vanjskim značajkama odraslih ženki i ličinki četvrtog stadija. Morfološka determinacija je još manje prikladna ako se u obzir uzme činjenica da se komarci često pojavljuju u kompleksima vrsta. Mnoga istraživanja pokazala su kako je COI valjani molekularni marker za determinaciju vrsta komaraca (Wang i sur., 2012; Kadarkari i sur., 2016) i otkrivanje kriptičnih (skrivenih) vrsta. Determinacije na bazi DNK mogu se postići uzorkom cijelog komarca, nogu, krila ili bilo kojeg drugog dijela tijela kukca (Kadarkari i sur., 2016). Među svim barkodiranim skupinama kukaca, komarci su najintenzivnije barkodirani, vjerojatno zbog svoje važne uloge vektora. Područje gena COI smješteno u mitohondrijskom genomu i regija nuklearne ribosomalne DNK razmaknica ITS2 (eng. Internal Transciber Spacer 2) najčešće su korišteni genetski markeri u DNK barkodiranju komaraca (Khoshdel-Nezamiha i sur., 2016). Uporabom drugih genskih markera i kombiniranjem skupova podataka može se povećati točnost determinacije. Ova zapažanja, svjedoče o potrebi korištenja integriranih skupova podataka, uključujući genomske, morfološke i ekološke podatke za daljnje razumijevanje raznolikosti vrsta životinjskog carstva (Chan i sur., 2014.).

Opis metode

Za molekularnu analizu puno je bolje da su uzorci za obradu novouzorkovane jedinke komaraca. Za analizu mogu se uzeti i jedinke iz postojećih zbirki (kao suhi preparati), ali je tijekom postupka moguće da se uzorak ne obradi na zadovoljavajući način pa je potrebno postupak više puta ponavljati.

Komarci za uzorkovanje mogu se sakupiti svim poznatim metodama. Svi uzorci moraju se primjereno pohraniti (96 % etanol, -20 °C), a dobro bi ih bilo preliminarno morfološki determinirati pomoću ključeva za determinaciju komaraca. Nakon morfološke determinacije slijedi priprema i pohrana materijala za molekularnu analizu.

DNK barkodiranje sastoji se od nekoliko postupaka: izdvajanje referentnog uzorka (mogu biti dijelovi tijela npr. noge, krilo i slično), iz tog uzorka se izolira DNK, potom slijedi PCR umnažanje s odgovarajućom početnicom, potom obostrano sekvenciranje i tada dobijemo naš barkod. Da bi utvrdili o kojoj se vrsti radi potrebno je ubaciti naš barkod u međunarodne baze (BOLD ili NCBI) i usporediti sekvene s drugim dostupnim sekvencama u bazama. Tako dobijemo rezultat koji govori o npr. 100 % podudarnosti s nekom vrstom (Slika 4.14.1).



Slika 4.14.1. Shematski prikaz barkodiranja

Legenda 1. Izdvajanje referentnog uzorka; 2.Izoliranje i pročišćavanje ukupne genomske DNK uzorka; 3. Pohrana ostatka tkiva u zbirku tkiva; 4. Pohrana DNK u zbirku DNK; 5. PCR umnažanje DNK; 6. Obostrano sekvenciranje; 7. Dobiveni barkod uzorka; 8. Uspoređivanje sekvene s ostalim dostupnim sekvencama u međunarodnim bazama

Za izolaciju genomske DNK iz uzorka koristi se sustav pročišćavanja DNK temeljen na silikatnim kolonicama (The GenEluteTM Mammalian Genomic DNA Miniprep Kit). Ostatak uzorka pohranjuje se kao vaučer. Izolacija DNK odvija se u četiri glavna koraka: (1) liziranje stanica proteinazom K, (2) vezanje DNK na membranu GenEluteTM Miniprep Binding kolone, (3) ispiranja i (4) elucije. DNK se pohranjuje na -20 °C. Nakon izolacije DNK slijedi lančana reakcija polimerazom (PCR) uz upotrebu odgovarajućih početnica.

Za sve vrste komaraca kao genetski marker koristi se gen COI uz početnice LCO1490 i HCO2198 (Folmer i sur., 1994). Razdvajanje vrsta unutar pojedinih kompleksa ima posebnu proceduru. Najčešće je upravo to razdvajanje vrsta unutar kompleksa najzanimljiviji dio ove determinacije.

Kao dijagnostički kriterij za razdvajanje sestrinskih vrsta *Cx. pipiens* i *Cx. torrentium* koristi se filogenetički marker ace-2 lokus. Za PCR koriste se početnice B1246s (Forward) te ACEpip i ACEtorr (Reverse). Za vrstu *Cx. pipiens* očekivani bend je oko 610 parova baza dok je za *Cx. torrentium* očekivani bend oko 416 parova baza. Jedinke koje se potvrde kao *Cx. pipiens* analiziraju se multipleks PCR-om za mikrosatelitski lokus CQ11 za razdvajanje biotipova *Cx. pipiens* f. *pipiens* i *Cx. pipiens* f. *molestus* te njihovih hibrida. Za PCR koriste se početnice CQ11F2 (Forward) te pipCQ11R i molCQ11R (Reverse) (Bahnck i Fonseca, 2006). Očekivani bend za biotip *molestus* je oko 250 parova baza, za biotip *pipiens* oko 200 parova baza, dok bi kod hibrida trebala biti prisutna oba benda. PCR produkte reprezentativnih uzoraka iz pojedinih regija te pojedinih staništa šalju se na sekvenciranje barkodirajuće regije.

Unutar *An. maculipennis* kompleks iz izolirane DNA umnaža se ITS2 odsječak pomoću početnica 5.8S (Forward) i 28S (Rewerse) (Di Luca i sur., 2004).

Kvaliteta i kvantiteta PCR produkata provjerava se elektroforezom na 1 % ili 2 % agaroznom gelu kojem se doda etidij-bromid (ovisno o očekivanoj duljini produkta). Uzorci se stavljuju na gel na 60 V u trajanju od oko 25 minuta, a nakon toga se fotografiraju pod UV lampom. Kada elektroforeza pokaže pozitivan rezultat, produkt se smatra adekvatnim za pročišćavanje i slanje na sekvenciranje. Pročišćavanje PCR produkata pomoću enzima Exonuclease i Antarctic Phosphatase provodi se prema uputama proizvođača (NEB). Svi PCR produkti dvosmjerno se sekvenciraju u Macrogen Inc. (Amsterdam, Nizozemska), koristeći amplifikacijske početnice koje se primjenjuju i u fazi izolacije DNK. Sekvence se provjeravaju i uređuju programom BioEdit v. 7.2.5 (Hall, 1999). Sekvence barkodova zajedno s ostalim potrebnim podatcima i fotografijama uzorka trebale bi se pohranjivati u bazu BOLD i/ili GenBank. Determinacijski alat BOLD-a koristi se za usporedbu DNK barkoda amplificiranog iz naših uzorka s barkod podacima dostupnim u BOLD bazi. BLAST alatom pretražuje se baza podataka Banke Gena. Kako bi se pronašle sekvene najsličnije onima u Banci Gena (BLAST 2019) koristi se algoritam megablast. Za filogenetske analize mogu se povući dostupne sekvene iz BOLD-a i GenBank, srađavaju i analiziraju zajedno s našim uzorcima metodama NJ i ML (programi MAFFT, MEGA, PhyML).

DNK barkodirani komarci u Republici Hrvatskoj

I u Republici Hrvatskoj je započelo barkodiranje faune sa željom da se utvrdi genetička raznolikost kod naših životinja. Tako je 2017. godine pokrenut projekt „DNA barkodiranje bioraznolikosti hrvatske faune“ financiranim od Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ). Unutar ovog, te projekta Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, „Barkodiranje faune komaraca Hrvatske s posebnim naglaskom na politipsku vrstu *Culex pipiens* kompleks“ iz 2018. godine, započelo je barkodiranje komaraca Republike Hrvatske te rješavanje njihovog

taksonomskog statusa i filogenetskih odnosa. Rezultati rada na ovim projektima bit će prezentirani u nekoliko znanstvenih radova u skoroj budućnosti.

Metodom DNK barkodiranja do sada je potvrđeno prisutstvo 31 vrste komaraca u Republici Hrvatskoj od ukupno 52 vrste koje su zadnjih tridesetak godina determinirane (klasičnom) morfološkom metodom. U ovom tekstu dajemo popis vrsta koje su do trenutka pisanja ove knjige DNK barkodirane u Hrvatskoj:

1. *Anopheles daciae*
2. *Anopheles melanoon*
3. *Anopheles maculipennis*
4. *Anopheles messeae*
5. *Anopheles hyrcanus* var. *pseudopictus*
6. *Anopheles plumbeus*
7. *Aedes cinereus*
8. *Aedes vexans*
9. *Aedes albopictus*
10. *Aedes japonicus*
11. *Ochlerotatus geniculatus*
12. *Ochlerotatus annulipes*
13. *Ochlerotatus cantans*
14. *Ochlerotatus caspius*
15. *Ochlerotatus detritus*
16. *Ochlerotatus excrucians*
17. *Ochlerotatus pulchritasis*
18. *Ochlerotatus punctor*
19. *Ochlerotatus sticticus*
20. *Ochlerotatus rusticus*
21. *Coquillettidia richiardii*
22. *Culex modestus*
23. *Culex pipiens* komplex
24. *Culex laticinctus*
25. *Culex torrentium*
26. *Culex hortensis*
27. *Culex martinii*
28. *Culex territans*

29. *Culiseta longiareolata*
30. *Culiseta annulata*
31. *Ortopodomyia pulcripalpis*

DNK barkodiranje nije jednostavna metoda determinacije komaraca. To sigurno nije metoda determinacije kojom će se masovno služiti svi akteri koji se bave kontrolom i nadzorom komaraca, ali ima svoje prednosti.

Kako je biološka znanost napredovala, pokazalo se da tradicionalna determinacija temeljena na morfologiji nije uvijek dovoljna za determinaciju vrste, pa je nužan multidisciplinaran pristup taksonomiji koji uključuje morfološke, molekularne, ekološke i distribucijske podatke (Cywinska i sur., 2006.).

DNK barkodiranje je metoda molekularne taksonomije kojom se prethodno odabranim sekvencama i standardiziranim postupcima pokušava klasificirati raznolikost života. Ideja molekularne taksonomije temelji se na razlikama u kratkim genetičkim markerima koji su zajednički svim živim bićima. Bilo je i drugih prijedloga molekularnih biologa, ali DNK barkodiranje se od ostalih takvih prijedloga razlikuje jer se temelji na standardiziranim markerima i metodama, kao i samom količinom podataka (Moritz i Cicero, 2004). Molekularni pristup određivanju vrsta koristi raznolikost DNK sekvenci, a one se mogu promatrati kao molekularne taksonomske jedinice ugrađene u svakoj stanici. Snaga molekularne taksonomije leži u mogućnosti određivanja vrste iz vrlo male količine tkiva koja bi bila nedostatna za morfološku determinaciju.

DNK barkodiranje je taksonomska metoda kojom se koristi kratki genetički marker za identifikaciju određene vrste. D NK barkodiranje se razlikuje od molekularne filogenije po tome što glavni cilj nije utvrđivanje srodnosti, nego identifikacija nepoznatih uzoraka u smislu već postojeće klasifikacije (usporedba). Naravno da se barkodovi mogu koristiti prilikom pokušaja da se odredi nova vrsta (za znanost), ali koristi se i u procjenama kombinacije genetičkog materijala, odnosno prisutnosti hibrida.

Molekularni podatci izuzetno su značajni za izučavanje filogenije, filogeografije, taksonomije, konzervacijske biologije, a mogu se koristiti i u medicinskoj entomologiji.

Svaka vrsta specifična je po svojim morfološkim, anatomskim, fiziološkim, ekološkim i genetičkim značajkama. Stoga je najpouzdanije koristiti sve te značajke za determinaciju vrste.

4.15. Komarci po regijama Republike Hrvatske

Nakon gotovo 34 godine istraživanja komaraca u Republici Hrvatskoj može se reći da se skupilo puno podataka. Istraživanja su obavljena u svim regijama, u nekima više, u nekima manje, ali iz svih regija imamo podatke. U nekim regijama ima mnogo komaraca, u drugim pak manje, a sve to ovisno o prisutnosti voda pogodnih za razvoj komaraca. Kada sumiramo sve te podatke u Tablice 4.15.1. i 4.15.2, onda to izgleda ovako:

Tablica 4.13.1 Fauna komarca u regijama Republike Hrvatske

Regija	Broj zabilježenih vrsta
Slavonija	32
Sjeverozapadna Hrvatska (Međimurje)	16
Središnja Hrvatska	32
Istra	31
Lika	16
Dalmacija	30

Tablica 4.13.2. Fauna komaraca manjih područja

Područje	Broj zabilježenih vrsta
Grad Osijek	22
Grad Slavonski Brod	12
Grad Zagreb	32
Grad Split (i uža okolica)	16
Kopački rit	22
Vukovarsko-srijemska županija	26
Park Maksimir (Zagreb)	27

5. Invazivne vrste komaraca u Republici Hrvatskoj

Kada analiziramo vrste životinja koje sada žive na nekom području, nakon različitih analiza možemo utvrditi da je svaka životinjska vrsta nastala evolucijom na određenom području, ali ako još uvijek tamo živi, zovemo ju autohtonom. U sastavu faune nekog područja uglavnom bi trebale dominirati autohtone vrste. Ako neka životinjska vrsta sada živi na određenom području, a paleontološki je moguće dokazati da na njemu prije nije živjela, već da je nastala na drugom području, a ovamo je došla naknadno, zovemo ju alohtonom vrstom. Prema teoriji i praksi svaka životinjska vrsta (1) nastaje negdje na nekom prostoru; (2) povećava brojnost i širi svoj areal raseljavanjem; (3) egzistira i (4) smanjuje svoj areal i izumire. Smanjenje areala i izumiranje vrsta je normalna pojava. Isto tako je i raseljavanje normalna pojava. Da nema raseljavanja po cijelom svijetu ne bi bilo tolike biološke raznolikosti.

Raseljavanje je proces u kojemu se jedna vrsta sa svoga mesta boravka seli na neko drugo i predstavlja osnovnu odliku svih životinjskih vrsta! Bez raseljavanja životinje ne bi mogle opstati u prirodi. Čak se i sesilne životinje raseljavaju (raseljavaju se i biljke). Raseljavanjem životinje popunjavaju nenastanjena staništa unutar areala i povećavaju areal osvajanjem novih područja. Postoje razni oblici raseljavanja. A jedan od oblika je invazija.

Invazija predstavlja brzo širenje jedinki neke vrste na novo područje. Širenje ne jamči uspostavu kolonije. Invazija zapravo zavisi o mnogo čimbenika: karakteristikama staništa, kompeticije novoprdošle vrste s domicilnim vrstama, resursa koji su im na raspolaganju, prisutnosti patogena i predatora na novom području te o potencijalu reprodukcije vrste koja ulazi na novo područje. Nekada je samo jedna oplodjena ženka dovoljna da uspostavi novu populaciju, s druge strane nekada se može dogoditi da ogromna populacija (slučajno npr. nošena vjetrom) dođe na novo područje, ali se ne uspije udomaćiti.

Danas se često spominje termin „strana vrsta“, a predstavlja nezavičajnu vrstu koja prirodno ne obitava u određenom ekosustavu, nego je u njega dospjela ili može dospjeti namjernim ili nenamjernim unošenjem. Alohton, nenativna, nezavičajna, egzotična, introducirana ili unesena vrsta, sve su to sinonimi za stranu vrstu. Ukoliko naseljavanje ili širenje strane vrste negativno utječe na bioraznolikost, zdravlje ljudi ili pričinjava ekonomsku štetu na području na koje je unesena, tada tu vrstu smatramo invazivnom. Naravno da je ovako postavljena definicija antropocentrički pogled na stvarnost. U zoogeografiji nema ekomske štete niti neka vrsta može negativno utjecati na ekosustav! To je evolucija: tko je jači, opstaje! Eh da Sada dolazi do onog: Čovjek je sve to ubrzao pa je odgovoran za novonastalu situaciju. Ovdje će stati rasprava o tome i vratimo se na komarce!

Na području Europe do sada je udomaćeno nekoliko invazivnih vrsta komaraca: *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1894), *Aedes (Ochlerotatus) atropalpus* (Coquillett, 1902), *Aedes (Finlaya) japonicus japonicus* (Theobald, 1901), *Aedes (Finlaya) koreicus* (Edwards, 1917) (Medlock i sur., 2015; ECDC, 2017). Zabilježeno je i prisustvo *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) u Gruziji i na otocima Madeira, te *Aedes (Ochlerotatus) triseriatus* (Say, 1823) u Francuskoj (Medlock i sur., 2012), ali do sada nema potvrde o njenom udomaćivanju (Medlock i sur., 2015.; ECDC, 2017). Među navedenim vrstama *Ae. albopictus* i *Ae. japonicus* dvije su najraširenije invazivne vrste komaraca s različitim temperturnim zahtjevima staništa (Paupy i sur., 2009.; Kaufman i Fonseca, 2014.; Cunze i sur., 2016). Obje vrste danas se nalaze među prvih 100 najinvazivnijih vrsta svijeta (Medlock i sur., 2015) i jedine su do sada zabilježene u Republici Hrvatskoj.

Da bi neka vrsta bila invazivna, potrebno je proći tri faze: unos, udomaćenje i širenje. U Europi su vrste izložene različitim klimatskim uvjetima u usporedbi s klimatskim uvjetima koji su prisutni u području iz kojih vrste potječu. Producirana jaja koja prolaze kroz zimsku diapazu u velikoj su mjeri olakšala razvoj vrsta izvan autohtonog područja (Medlock i sur., 2015; Hawley, 1988). Utvrđeno je da na njihov opseg preživljavanja i sezonsku aktivnost

utječu kombinacija klimatskih i okolišnih čimbenika kao što su temperatura, vlažnost, oborine i fotoperiodi (Mitchell, 1995). Uvijek se postavlja pitanje što je to omogućilo da se neke vrste roda *Aedes* tako brzo šire po svijetu. To su slijedeće biološke karakteristike: legla su im u malim posudama (kontejneri), jaja su otporna isušivanju, nisu izbirljivi za izvor hrane (domaćina), šire se aktivnošću čovjeka te su se prilagodili na umjereno klimatsko područje. Kada govorimo o riziku njihovog širenja, onda možemo govoriti o prijetnji bioraznolikosti, homogenizaciji staništa s kozmopolitskim vrstama, a rezultat tog procesa je nemogućnost obnove autohtonih vrsta. Zasigurno veća prijetnja za ljudе je ta što su komarci jako agresivni i ono još gore, vrlo kompetentni vektori velikog broja patogena.

5.1. Prvi nalaz tigrastog komarca *Aedes albopictus* u Republici Hrvatskoj

Aedes albopictus (Skuse), „Asian tiger mosquito“ ili azijski tigarasti komarac je vrsta komarca koja prirodno pripada jugoistočnom dijelu azijskog kontinenta do Nove Gvineje, prisutan je na većini otoka Indijskog oceana zapadno do Madagaskara. Pronađen je u Kini sjeverno od Pekinga, u Koreji i Japanu, a svijetom se širi od kraja 1970-ih godina (Mitchell, 1995, Benedict i sur. 2007). Vrsta je važan vektor dengue groznice i drugih arbovirusa (Vazeille-Falcoz i sur., 1999). Najvažnije sredstvo širenja svijetom su stare gume u koje komarac polaže jaja (Knudsen, 1995).

Na području Azije kojoj izvorno pripada, *Ae. albopictus* nastanjuje gradska, prigradska, ruralna i šumska staništa. Iako se izvornim staništem ove vrste smatraju duplje drveća u tropskim šumama gdje je komarac aktivan tijekom cijele godine, ova vrsta je razvila prilagodbu na umjetna staništa i način prezimljavanja u stadiju jaja u umjerenim klimatskim područjima svijeta (Hawley, 1988). Prilagodba vrste malim umjetnim leglima, otpornost jaja na hladnoću i isušivanje, učinilo je mogućim transport diljem svijeta u starim gumama. Tijekom stajanja na otvorenim prostorima, u gumama se nakuplja kišnica i organski materijal (najčešće otpalo lišće) što

osigurava leglo za mnoge vrste komaraca. Prijevozom takvih kontejnera svijetom se šire ti komarci. Jaja se mogu izlecí unutar nekoliko sati kada do njih dođe voda i za nekoliko dana izlaze odrasle jedinke (Knudsen, 1995). Premda je osvajanje novih predjela svijeta ograničeno različitim čimbenicima kao što su dužina svjetlog dijela dana, temperatura, oborine i vlažnost, vrsta se uspješno prilagođava raznolikosti okoliša (Mitchell, 1995).

Širenje u svijetu

Europa. U Europi su se azijski tigrasti komarci prvi put pojavili u Albaniji 1979. godine (Adhami i Reiter, 1998), uneseni pošiljkom robe iz Kine. Procjenjuje se da je između 1990. i 1991. godine najvjerojatnije unesena u Italiju rabljenim gumama iz SAD-a (najvjerojatnije iz Georgie) i od tada su se proširile po cijelom talijanskom kopnu, kao i dijelovima Sicilije i Sardinije (Dalla Pozza i Majori, 1992). Od 1999. godine udomaćili su se u Francuskoj, prije svega na jugu Francuske (Schaffner i sur., 2001). Godine 2002. zabilježeni su i na otoku Korzici, ali se tamo nisu u potpunosti ukorijenili do 2005. U Belgiji su otkriveni 2000. (Schaffner i sur., 2004) i 2013., 2001. u Crnoj Gori, 2003. u južnoj Švicarskoj, kanton Ticino i Grčkoj, 2004. u Španjolskoj i Hrvatskoj, 2005. u Nizozemskoj i Sloveniji, te 2006. u Bosni i Hercegovini. U jesen 2007. godine prva jaja tigrastih komaraca otkrivena su u Njemačkoj (južna Njemačka, Baden-Wuerttemberg.). Nedugo zatim pronađeni su u sjevernim Alpama Švicarske u kantonu Aargau. Od 2010. također se primjećuju sve češće na Malti tijekom ljeta. U rujnu 2016. pronađena su jaja u južnoj Engleskoj, iako odrasli komarci nisu evidentirani. Jaja su evidentirana u servisu za kamione u blizini gradića Westenhanger, što je 10 km zapadno od eurotunela (www.ecdc.europa.eu)

Sjeverna Amerika. U Sjedinjenim Američkim Državama prvi nalaz datira iz 1983. godine iz Memphisa u državi Tennessee. Pošiljkom rabljenih guma proširio se u luku Houston 1985. Od tada počinje drastično povećanje brojnosti na sjeveroistoku i brzo širenje prema jugoistočnoj obali. Polako se širio i prema zapadu i to preko južnih država. Otkriven je u Južnoj Kaliforniji 2001. godine, a zatim je iskorijenjen i nije evidentiran više od desetljeća. Međutim, 2011.

godine ponovno se našao u ovipozicijskim klopkama u Los Angelesu, a zatim se u sljedeće dvije godine proširio na južni dio Kalifornije. Procjene širenja tigrastog komarca u 2013. godine bile su takve da će se zbog povoljnih ekoloških uvjeta i promjene u životnim navikama komaraca brojnost više nego utrostručiti u narednih 20 godina, posebno u urbanim područjima. Do 2017. godine komarci vrste *Ae. albopictus* identificirani su u 1.368 okruga u 40 država SAD-a. Komarci ove vrste i dalje se šire Sjevernoameričkim kontinentom.

U Latinskoj Americi azijski tigrasti komarac je prvi put otkriven 1986. godine u Brazilu, a 1988. godine u Argentini i Meksiku. Ostali dijelovi Latinske Amerike, gdje je otkriven azijski tigrasti komarac, su Dominikanska Republika (1993), Bolivija, Kuba, Honduras i Gvatemala (1995), El Salvador (1996), Paragvaj (1999), Panama (2002), te Urugvaj i Nikaragva (2003).

U Africi je vrsta prvi put otkrivena 1990. godine u Južnoj Africi. U Nigeriji je domaća vjerojatno od 1991. godine. Proširila se na Kamerun 1999/2000, na otok Bioko u Ekvatorijalnoj Gvineji 2001., i na Gabon 2006. Na Bliskom Istoku vrsta je otkrivena u Libanonu i Izraelu 2003. godine, a u Siriji 2005. godine (www.ecdc.europa.eu).

Biologija vrste

Vrstu *Aedes (Stegomyia) albopictus* prvi je opisao Skuse 1894. Budući da se ličinke većine članova *Albopictus* podskupine, kojoj pripada vrsta, pojavljuju u dupljama drveća šuma jugoistočne Azije, smatra se da *Ae. albopictus* izvorno pripada šumama te regije. Nije poznato koliko je ranije vrsta razvila sposobnost razvoja u umjetnim staništima, ali ova sposobnost je ključ pojavljivanja vrste širom svijeta i njenog brzog širenja. Evolucija vrste osigurava zanimljiv kontrast u odnosu na vrstu *Ae. aegypti* koji je po svom zdravstvenom značenju i širenju svijetom jednako važan. Iako je širenje svijetom obje vrste posljedica njihove sposobnosti osvajanja umjetnih staništa, samo je *Ae. albopictus* razvio prezimljavanje u stadiju jaja, osvajajući tako umjerena klimatska područja. Dok je *Ae. aegypti* razvio sposobnost suživota s čovjekom i njegovim prostorom, *Ae.*

albopictus je zadržao sposobnost osvajanja i duplja drveća nakon transporta u nova područja (Hawley, 1988).

Opis vrste

Odrasle jedinke su vrlo karakterističnog izgleda, prekrivene crnim sjajnim ljkuskama i izrazito srebreno bijelim ljkuskama na člancima nogu i pipalima (Slika 5.1.1). Na stražnjem dijelu prsa nalaze se karakteristično položene bijele pruge. Odrasle jedinke su srednje veliki komarci (do 10.0 mm), mužjaci su obično manji od ženki (Hawley, 1988).

Jaja

Jaja su crna i ovalna, dužine oko 0,5 mm, a ženka ih polaže pojedinačno. Njihovu smrt u prirodi mogu izazvati predatori, isušivanje i hladnoća. Relativna važnost svakog od čimbenika ovisi o geografskoj lokaciji i o starosti. Laboratorijska istraživanja su pokazala da sposobnost jaja da izdrže isušivanje ovisi o njihovoj starosti. Smrtnost jaja starih oko 12 sati nakon podvrgavanja isušivanju bila je gotovo potpuna, dok je smrtnost jaja starih 16 sati 60 %. Jaja stara 24 sata pokazala su potpunu otpornost na isušivanje. Pri temperaturi od 25 °C i relativnoj vlažnosti od 70 do 75 %, preživljavanje jaja nakon tri mjeseca iznosi oko 50 %. Jaja mogu podnijeti isušivanje do godinu dana što olakšava njihov transport u gumama na velike udaljenosti širom svijeta. Osim isušivanja i starosti, na izlijeganje jaja utječu promjene temperature, duljina svjetlog dijela dana i zasićenost vode kisikom. Brojne studije su pokazale da niska zasićenost kisikom potiče izlijeganje jaja i to je važniji čimbenik za izlijeganje od poplavljivanja ili temperature. Na srednjoj temperaturi od 30 °C na otvorenom, za izlijeganje jaja potrebno je 6 - 7 dana, a u laboratoriju samo 3 dana. Nasuprot tome, tijekom hladnijeg perioda godine (srednja temperatura 21 °C), za izlijeganje jaja na otvorenom potrebno je do 10 dana, a u laboratorijskim uvjetima 10 do 14 dana (Hawley, 1988).



Slika 5.1.1. *Aedes albopictus*, ženka (foto Ana Klobučar)

Ličinke

Razvoj je ovisan o temperaturi i količini hranjivih tvari u vodi. U laboratorijskim uvjetima pri temperaturi blizu 25 °C, s optimalnim količinama hrane, stadij ličinke traje od 5 do 10 dana, a stadij kukuljice traje obično 2 dana. Niske temperature usporavaju vrijeme razvoja. Istraživanja japanske populacije pokazuju da razvoj ličinki prestaje na temperaturi od 11 °C. Pri temperaturi od 14 °C do 18 °C srednje razvojno vrijeme od izlijeganja jaja do stvaranja kukuljice može trajati do 3 tjedna. Ako ličinkama nedostaje hrane, razvoj može biti znatno produžen (Hawley, 1988).

Odrasli.

Na temelju istraživanja sposobnosti preživljavanja odraslih u laboratorijskim uvjetima pri temperaturi od 25°C i relativnoj vlažnosti od 30 %, mogu se izvući tri najvažnija zaključka: ženke vrste *Ae. albopictus* žive duže od mužjaka, ženke obično žive od 4 do

8 tjedana u laboratoriju, ali mogu preživjeti i do 6 mjeseci. Vrijeme od izlijeganja do prvog krvnog obroka traje od 2 do 3 dana, dok je vremenski interval između 2 polijeganja jaja oko 5 dana. Ženka tijekom svog života prosječno ukupno položi od 300 do 350 jaja, između 42 i 80 jaja odjednom. Na otvorenom je zabilježeno najviše 5 generacija u jednoj godini, generacije se mogu preklapati zbog odgođenog izlijeganja i raznolikosti staništa.

Ženke budu danju, rjeđe noću, uglavnom na otvorenom, ali u područjima guste infestacije ženke su aktivne i u zatvorenim prostorima. Hrane se najradije na ljudima i drugim sisavcima, zatim pticama, ali i drugim životinjama iz različitih skupina (kao što su vodozemci, gmazovi) što ovisi o prisutnosti domaćina. Sisavci na kojima se hrane su: pas, krava, mačka, mungos, svinja, konj, zec, jelen, vjeverica.

Radius kretanja vrste je mali, odrasli mogu letjeti oko 200 m, najviše zabilježena prijeđena udaljenost iznosi 434 m. Za vrijeme dana, odrasli se odmaraju blizu tla u niskoj vegetaciji.

U Europi i drugim umjerenim klimatskim područjima vrsta provodi zimu u stadiju jaja (u tropskom i suptropskom pojasu aktivna tijekom cijele godine). Ličinke i odrasli mogu se pronaći od travnja do studenoga. Ženke najradije polažu jaja iznad vodene površine na tamne, grube i okomite podloge. Voda koja sadrži lišće ili travu je vrlo pogodno mjesto za polaganje jaja (Hawley, 1988).

Stanište

Jedinke vrste *Ae. albopictus* nastanjuju raznolike tipove staništa. Ipak, dva su najtipičnija staništa ove vrste: duplje drveća i umjetni kontejneri. Iako su odbačene gume karakteristično stanište vrste širom svijeta, na području azijskog kontinenta nisu zapažene kao glavno stanište ličinki. Ličinke se javljaju i u drugim različitim malim prirodnim i umjetnim kontejnerima: bambusova trska, kokosove ljske, pazušci listova, palmini listovi, pukotine stijena, limenke, spremnici i posude s vodom različitih veličina i materijala (metalne, drvene, staklene, kamene, plastične, gumene, glinene) (Hawley, 1988, Becker i sur., 2003).

Medicinsko značenje

Istovremeno sa širenjem ove vrste komaraca znanstvenici su upozoravali da je to vrlo opasan komarac jer mu je dokazana vektorska uloga za mnoge viruse. Tako je dokazano da je vektor za: Denge virus, virus žute groznice, St. Luis virus, virus zapadnog Nila, istočni Equine virus, zapadni Equine virus, Ross River virus, Mayoro virus, Sindbis virus i Chicungunya virus i to s velikom i srednjom infekcijskom i transmisijskom kompetencijom (Mitchell, 1995).

Prvi nalaz u Republici Hrvatskoj

Prvi nalaz vrste *Ae. albopictus* u Republici Hrvatskoj dogodio se u Zagrebu 28. listopada 2004. Djelatnici Odjela za DDD Epidemiološke službe Zavoda za javno zdravstvo Dr. Andrija Štampar grada Zagreba provodili su redovito i uobičajeno istraživanje i kontroliranje legla komaraca na području grada. Na području naselja Prečko, u šumi zapadno od Športsko rekreativskog centra Jarun, uzorkovane su ličinke iz različitih malih umjetnih legla. Ličinke četvrtog stadija sakupljene su iz tri različita umjetna legla (ilegalno odbačen krupni otpad): stara guma, porculanska toalet školjka (Slika 5.1.2), spremnik za vodu. Tijekom jednodnevnog boravka u laboratoriju, ličinke iz porculanske toalet školjke pretvorile su se u kukuljice, a nakon tri dana u odrasle, i determinirane su kao *Ae. albopictus*.



Slika 5.1.2. Leglo u kojem je prvi puta u Hrvatkoj pronađena vrsta *Ae. albopictus*
(foto Ana Klobučar)

Leglo vrste *Ae. albopictus* sadržavalo je oko litre kišnice, trulo lišće i organske tvari. Sve jedinke pripadale su jednoj generaciji. Ukupno je skupljeno 13 ličinki od čega je 7 ženki. Dalnjim praćenjem legla vrste *Ae. albopictus* (i ostalih zabilježenih legla) tijekom mjeseca studenog, nisu pronađene nove ličinke ove vrste.

Šuma s leglom vrste *Ae. albopictus* nalazi se na jugozapadnom dijelu grada, zapadno od športsko-rekreacijskog centra Jarun koji obuhvaća površinu od 235 ha od čega je 75 ha vodene površine, a ostalo su zelene površine. Južno od šume je rijeka Sava s povremeno poplavnim površinama, a zapadno je urbani dio naselja Prečko. Vegetaciju šume sačinjavaju topole (*Populus*) i vrbe (*Salix*) s različitim grmolikim vrstama.

Područje na kojem je pronađen *Ae. albopictus* bilo je uključeno u larvicidni i adulticidni program suzbijanja komaraca. Odjel za DDD Zavoda za javno zdravstvo Dr. Andrija Štampar grada Zagreba na tom području posljednjih dvadesetak godina istražuje aktivnost legla komaraca, vrste i aktivnost krilatica i do tada nije bilo zabilježeno prisustvo ove vrste.

Pojavljivanje vrste moglo je biti slučajno, donosom oplođene ženke ili preko guma koje uvoze dva poduzeća smještena u blizini mjesta nalaza. *Ae. albopictus* je pronađen krajem listopada kada na području grada Zagreba vladaju nepovoljni klimatski uvjeti za razvoj i razmnožavanje komaraca u otvorenim leglima, stoga nije bilo moguće potpuno istražiti porijeklo jedinki i način njihova dolaska na ovo područje.

5.2. Povećanje brojnosti i prostorna dinamika širenja *Aedes albopictus* u Šibensko-kninskoj županiji u 2009. godini

Znanstveni rad *Povećanje brojnosti i prostorna dinamika širenja tigrastog komarca (Aedes albopictus) na području šibensko-kninske županije, autora Perković A, Huljev Ž, Merdić E, Pažanin S, Zoričić S, Zahirović Ž kao i tekst nastao je u suradnji s Anitom Perković i ostalim djelatnicima Zavoda za javno zdravstvo Šibensko-kninske županije (Perković i sur., 2010)*

Ae. albopictus biološki je i zdravstveno značajna vrsta komaraca. Sa zdravstvenog stajališta važan je zbog vektorskih sposobnosti, ali je važan i kao molest - vrlo agresivna dnevnoaktivna vrsta. Biološko značenje proizlazi iz sposobnosti brzog širenja - lakog osvajanja umjetnih legala i prilagodljivosti novim uvjetima pri čemu istiskuje druge vrste, osobito vrstu *Cx. pipiens* u urbanim leglima (Hawley, 1988).

Dok je u odrasлом stadiju ova vrsta predstavlja prijetnju za zdravlje ljudi, u stadiju ličinke ovaj komarac predstavlja prijetnju za rast i razvoj autohtonih vrsta komaraca (Juliano i Lounibos, 2005). Povećanje brojnosti populacije *Ae. albopictus* u Italiji izrazito je sezonskog karaktera (Costanzo i sur., 2005). Uz relativno mali broj jedinki od svibnja do srpnja, njihova se brojnost povećava tijekom kolovoza te se povećanje nastavlja i u rujnu. Upravo je u tom periodu najjače izražen utjecaj jedinki vrste *Ae. albopictus* najedinke vrste *Cx. pipiens*.

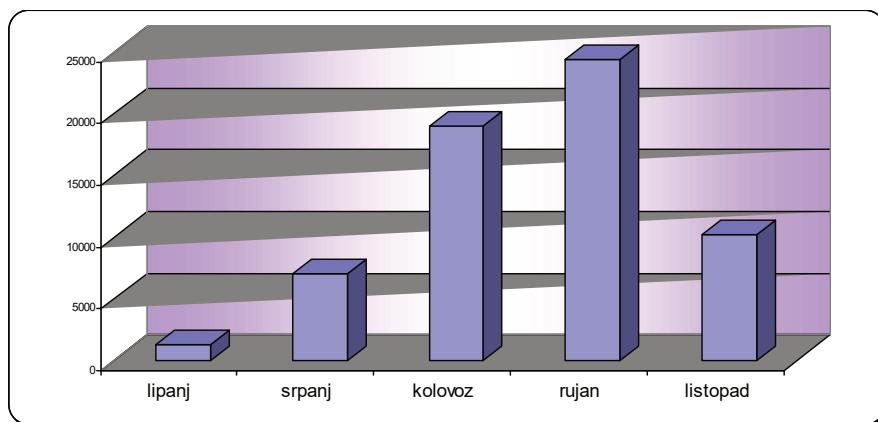
Ličinke obje vrste dijele slične navike hraništenja (Costanzo i sur., 2005; Hawley, 1988) s tim da je preživljavanje vrste *Cx. pipiens* relativno nisko pri niskim količinama hrane u usporedbi s vrstom *Ae. albopictus* koja bolje iskorištava resurse te je efikasnija u pretvaranju hrane u biomasu. Na preživljavanje vrste *Ae. albopictus* utječe samo kompeticija između jedinki unutar vrste, a jedinke vrste *Cx. pipiens* nemaju utjecaj na preživljavanje jedinki *Ae. albopictus*. U obrnutom slučaju, na preživljavanje vrste *Cx. pipiens* utječe kompeticija između jedinki unutar vrste i kompeticija između jedinki *Cx. pipiens* i *Ae. albopictus*. Utjecaj vrste *Cx. pipiens* na *Ae. albopictus* očituje se kroz smanjenje veličine odraslih jedinki (Costanzo i sur., 2005).

Za praćenje brojnosti i širenja areala tigrastog komarca postavljene su ovipozicijske klopke na 66 lokacija na području Šibensko-kninske županije od lipnja do studenog 2009. uz kontrolu jedanput tjedno. Detaljan opis ove metode nalazi se u 3. poglavljju.

Rezultati

Sezonska dinamika vrste *Ae. albopictus* prikazana je na slici 5.2.1 gdje se može vidjeti kretanje brojnosti evidentiranih jaja tijekom sezone. Uzorkovanje je započeto u lipnju kada je evidentiran vrlo mali broj

jaja (1.279) u svim klopkama. Slijedi povećanje broja jaja u srpnju i kolovozu da bi maksimum od 24.302 jaja bio zabilježen u rujnu. U listopadu dolazi do znatnijeg smanjenja aktivnosti polaganja jaja.



Slika 5.2.1. Prikaz brojnosti jaja vrste *Ae. albopictus* položenih u ovipozicijske klopke na području Šibensko-kninske županije tijekom 2009. godine

Ovipozicijskim klopkama utvrđeno je da se *Ae. albopictus* u 2009. godini proširio na području čitavog priobalja Županije uključujući i otoke šibenskog arhipelaga. Također, širenje areala ove vrste zabilježeno je i u zaobalu Županije i to u gradovima Drnišu i Kninu, naselju Biskupija nadomak Knina te naselju Pakovo selo nedaleko od grada Drniša. U udaljenim ruralnim naseljima ovaj komarac nije zabilježen. U lipnju jaja vrste *Ae. albopictus* zabilježena su samo u priobalu Županije, u gradu Šibeniku te naseljima Brodarica i Zaton, nadomak Šibenika, zatim naselju Pirovac i na otoku Murteru, na zapadnom dijelu priobalja, naseljima Primošten i Rogoznica na istočnom dijelu priobalja, kao i gradu Skradinu (Slika 5.2.2). U srpnju ovaj komarac nađen je i na ostalim mjestima u priobalju kao što su: Vodice, Srima, Jadrija, Žaborić i Grebaštica (Slika 5.2.3). Širi se i na otoke pa su tako zahvaćeni otok Prvić, Krapanj te najudaljeniji otok u šibenskom arhipelagu, otok Žirje. U zaobalu Županije ovaj komarac proširio se na urbane sredine, grad Drniš i Knin. U kolovozu je prvi put nađen na otocima Kapriju i Zlarinu te na otoku Žut u

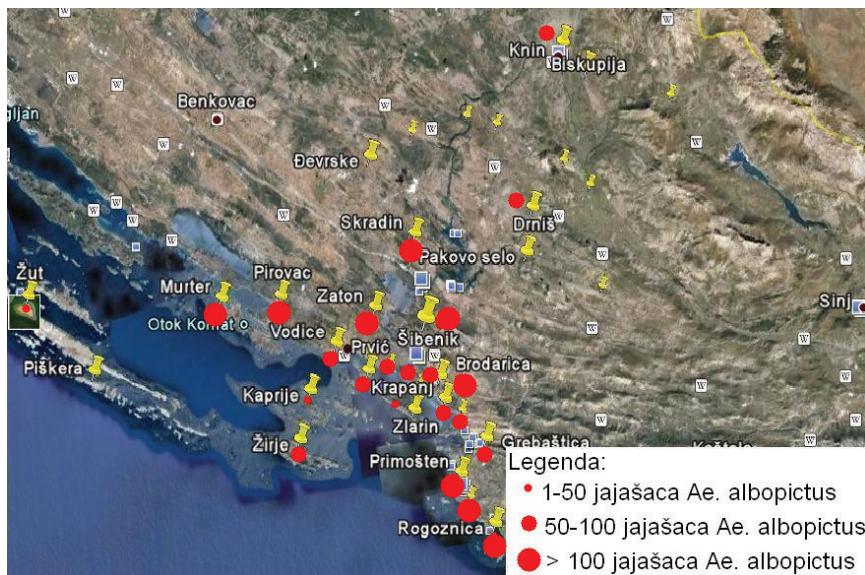
kornatskom arhipelagu (Slika 5.2.4). U rujnu se bilježi širenje ovog komarca u zaobalju Županije i to u naselju Pakovo selo nadomak grada Drniša i naselju Biskupija nadomak grada Knina (Slika 5.2.5). U mjesecu listopadu bilježi se pad brojnosti jedinki ove vrste na svim lokacijama u kojima je utvrđeno prisustvo ovog komarca (Slika 5.2.6).



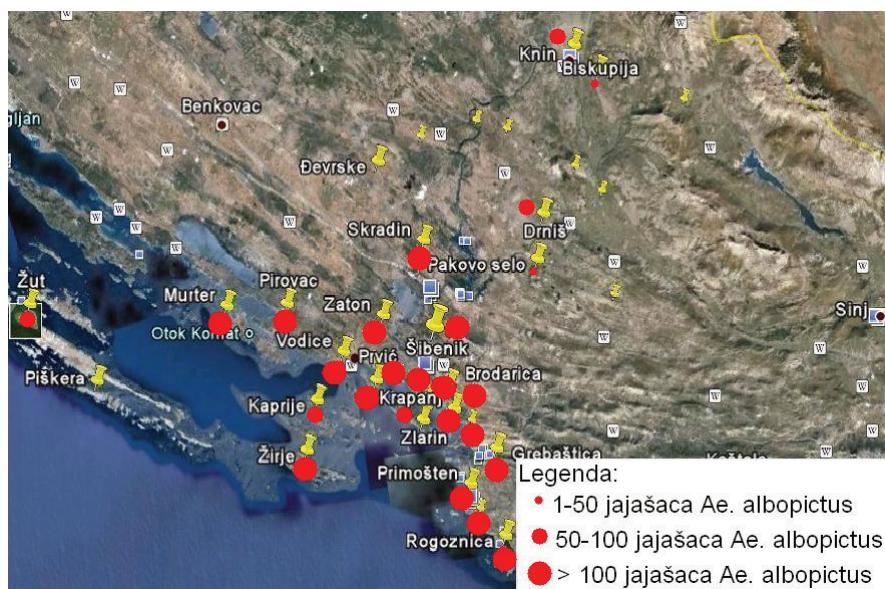
Slika 5.2.2. Rasprostranjenost tigrastog komarca na području Šibensko-kninske županije u lipnju 2009. godine



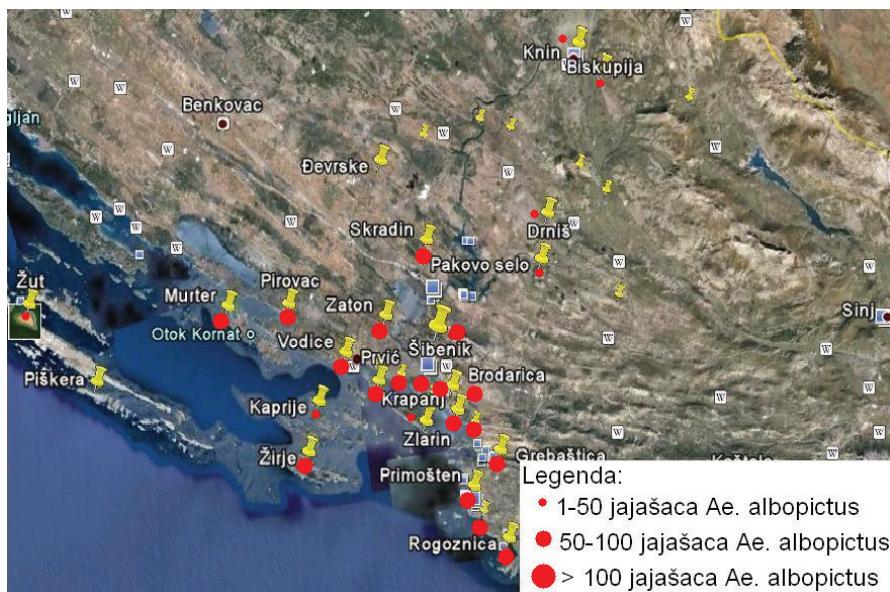
Slika 5.2.3. Rasprostranjenost tigrastog komarca na području Šibensko-kninske županije u srpnju 2009. godine



Slika 5.2.4. Rasprostranjenost tigrastog komarca na području Šibensko-kninske županije u kolovozu 2009. godine

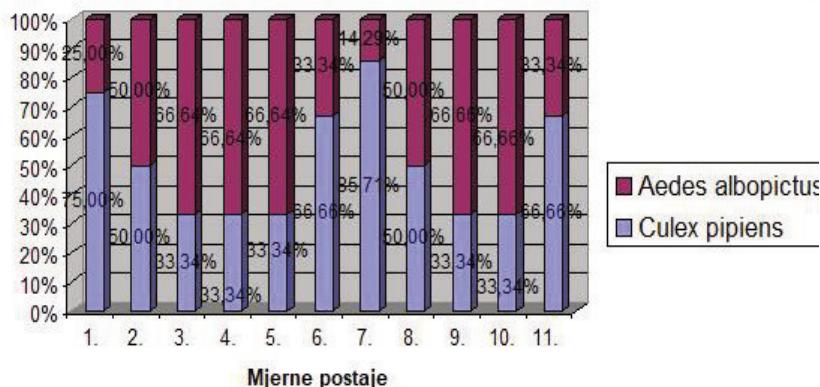


Slika 5.2.5. Rasprostranjenost tigrastog komarca na području Šibensko-kninske županije u rujnu 2009. godine



Slika 5.2.6. Rasprostranjenost tigrastog komarca na području Šibensko-kninske županije u listopadu 2009. godine

Osim pregleda ovipozicijskih kloplja na terenu, obavljen je pregled legala koji su se nalazili u blizini. Budući da *Ae. albopictus* i *Cx. pipiens* često dijele legla, napravljena je analiza njihovog odnosa u zajedničkim leglima tijekom tri mjeseca. Na slici 5.2.7 prikazan je odnos na 11 postaja u kojima su ove dvije vrste pronađene zajedno, na kojima se vidi dominacija vrste *Cx. pipiens* na 4 postaje, a dominacija *Ae. albopictus* na 5 postaja. Na dvije postaje su u jednakom omjeru. Gledajući ukupno na cijelom prostoru Županije, znatno više legala zauzele su jedinke vrste *Ae. albopictus*. Tako od 80 legala na kojima su zabilježene ove vrste (Tablica 5.2.1), čak na 59 zabilježena je samo vrsta *Ae. albopictus*.



Slika 5.2.7. Odnos broja ličinki *Cx. pipiens* i *Ae. albopictus* na 11 postaja tijekom tri mjeseca 2009. godine

Tablica 5.2.1. Broj samostalnih i zajedničkih legala *Cx. pipiens* i *Ae. albopictus*

Broj legla / mjesec	srpanj	kolovoz	rujan
broj legala u kojima je pronađen samo <i>Cx. pipiens</i>	2	7	1
broj legala u kojima je pronađen samo <i>Ae. albopictus</i>	10	30	19
broj zajedničkih legala	3	4	4
ukupan broj legala	15	41	24

Jedinke vrste *Ae. albopictus* prvi puta su u Šibeniku zabilježene 2006. godine (Žitko i sur., 2007) Kada je točno ušla u grad, nikad nećemo saznati, ali je činjenica da je do ovog istraživanja već zauzela znatan dio Županije. Prema mjerljima u Šibeniku tijekom ove godine nije bilo velike aktivnosti komaraca, a glavnina aktivnosti zabilježena je u prvom dijelu sezone.

Prema procjeni rizika za uspostavljanje populacija *Ae. albopictus* (Medlock i sur., 2006) na području Istre i priobalju Dalmacije prisutan je najveći mogući rizik širenja vrste *Ae. albopictus*. Ta tvrdnja pokazala se točnom jer praćenje širenja ove vrste ukazuje samo na to da se jako brzo širi tim područjem (Boca i sur., 2006; Merdić i sur., 2008c),

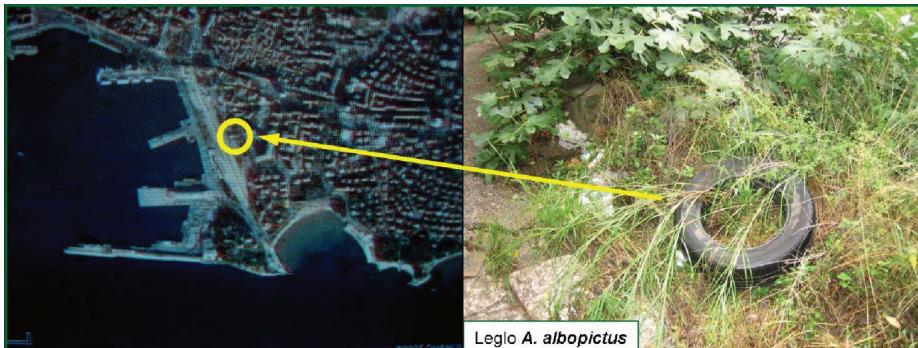
a također strelovito se širi i po jadranskim otocima (Merdić i sur., 2009).

Dinamika populacije *Ae. albopictus* je vezana uz sezonu, a vrhunac aktivnosti polaganja jaja zabilježen je u rujnu 2009. Slična dinamika zabilježena je u Italiji (Costanzo i sur., 2005). Možemo tvrditi da ovakva dinamika vrijedi za cijeli Mediteran, budući da su klimatski uvjeti slični (Mitchell, 1995). Povećanje broja jaja u postavljenim klopkama prati i povećanje areala na kojemu je obavljeno istraživanje. Teško je reći radi li se ovdje o osvajanju novih područja ili samo o povećanju brojnosti na već zauzetom prostoru pa uslijed toga i traženje novih legala. Bez obzira na to rezultati prikazani u ovom radu jasno ukazuju na izuzetan potencijal ove vrste. Tijekom tri godine boravka u Šibensko-kninskoj županiji jedinke ove vrste zauzele su cijelo područje priobalnog dijela Županije. Gledajući u karte dinamike širenja možemo zaključiti da u trenutku kada populacija raste dolazi i do širenja areala na nove prostore. Tako je prisutnost ove vrste zabilježena i na otocima Prvić, Krapanj i Žirje, a nešto kasnije i na Zlarinu. Ovi nalazi jasno ukazuju na činjenicu da se osvajanje novih područja i legala odvija samo kad je populacija u povećanju brojnosti, a ona ovisi od ekoloških uvjeta ili pak postojanja mogućih umjetnih legala.

Mnogo radova govori u kompeticiji između ličinki *Ae. albopictus* i *Cx. pipiens*, (Juliano i sur., 2005; Romi i sur., 1999; Carrieri i sur. 2003). Ovo istraživanje nije bilo usmjereni na utvrđivanje kompeticije između tih vrsta, međutim zabilježeno je ukupno 11 legala na kojima su pronađene obje vrste. Na 5 legala brojnija je vrsta *Ae. albopictus*, a na 4 *Cx. pipiens* u dva legla bilo je podjednako ličinki ove dvije vrste. Indikativno je da, iako u ukupnom broju znatno brojnija vrsta *Cx. pipiens*, manje zastupljena u zajedničkim leglima. Dodamo li ovome da je *Ae. albopictus* pronađen u znatno većem broju legala, opet se jasno ukazuje dominantnost ove vrste nad vrstom *Cx. pipiens*. Biološka snaga ličinki *Ae. albopictus* u budućnosti će vjerojatno istisnuti *Cx. pipiens* i postati značajnija vrsta komaraca na području Dalmacije.

5.3. *Aedes albopictus* u Splitu

Prvi nalaz vrste *Ae. albopictus* u Splitu zabilježen je u odbačenoj automobilskoj gumi 30. rujna 2005. godine tijekom istraživanja potencijalnih legla ove vrste komarca koje je započelo u ljeto 2004. godine. Leglo s 55 ličinki *Ae. albopictus* pronađeno je na zapuštenoj površini željezničkog kolodvora u gradskoj luci u Splitu u odbačenoj automobilskoj gumi (Slika 5.3.1.). Tijekom ljeta 2006. godine u Splitu su zabilježeni slučajevi molestiranja stanovnika jedinkama *Ae. albopictus* na lokalitetu Baćvice, a kasnije na susjednim lokalitetima oko splitske gradske luke: Ovčice, Firule, Gripe, Plakaluša, Radunica, Lučac, Bol, Centar, Varoš, Zvončac i Meje te lokalitet na području Stobreča oko vulkanizerske radionice udaljene cca 5,5 km od gradske luke. Prvi pronađenci *Ae. albopictus* u 2007. zabilježeni su tijekom lipnja, a do kraja 2007. godine zabilježen je na još 41 mjestu u gradu.

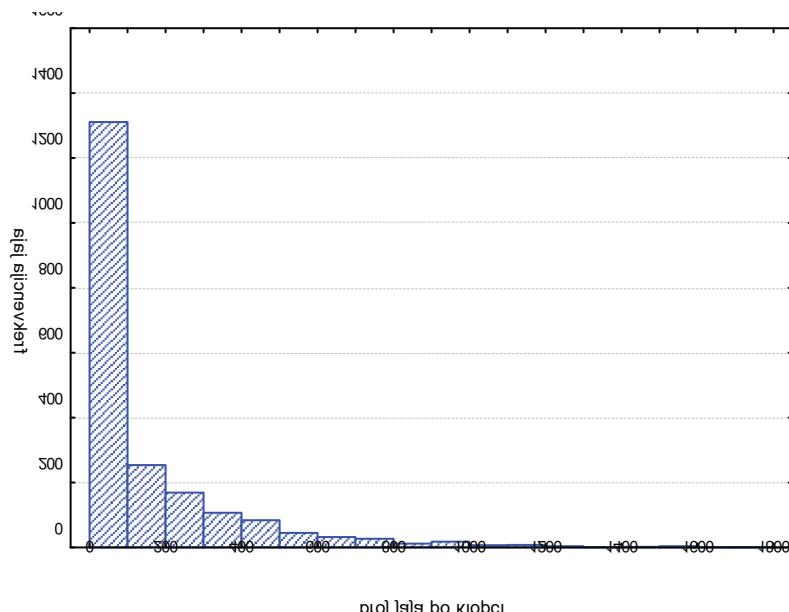


Slika 5.3.1. Smještaj prvog pronađenog legla *Ae. albopictus* u Splitu 2005. godine
(foto Toni Žitko)

Nakon dodatnog širenja u 2008. i zauzimanja područja cijelog Splita u naredne dvije godine postavljeno je kompleksno istraživanje od kojeg će ovdje biti prikazan samo dio rezultata.

Metoda istraživanja. U ovom radu korištene su ovipozicijske klopke (3. poglavlje).

Tijekom istraživanja koje je provedeno na području Splita u 2009. i 2010. godine, skupljeno je i prebrojano ukupno 300.409 jaja *Ae. albopictus* koja su položena u 2.088 ovipozicijskih klopki kroz 62 tjedna istraživanja. Premještene su, oštećene ili otuđene 82 od 2.170 postavljenih klopki, odnosno 3,8 % klopki. Na slici 5.3.2 prikazana je frekvencija broja položenih jaja/klopka/tjedana tijekom istraživanja. Najveća je frekvencija uzoraka s najmanjim brojem položenih jaja i ona opada porastom broja položenih jaja po klopci što pokazuje da kapacitet klopki nije ograničavao maksimalni broj položenih jaja/klopka/tjedana tijekom istraživanja. Površina za polaganje jaja u klopkama pokazala se dostatna za podržavanje visoke razine ovipozicije. Broj jaja u klopci kretao se od 0 do 1723, a u više od 100 do ukupno 2.088 uzorkovanja zbroj položenih jaja u klopci bio je viši od 400 jaja kroz tjedni ciklus.

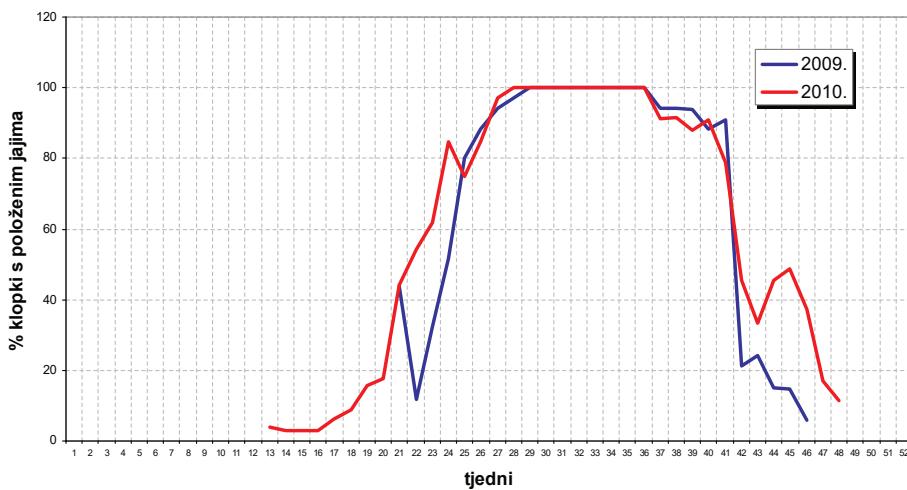


Slika 5.3.2. Frekvencija broja položenih jaja *Ae. albopictus*
(broj jaja/klopka/tjedan)

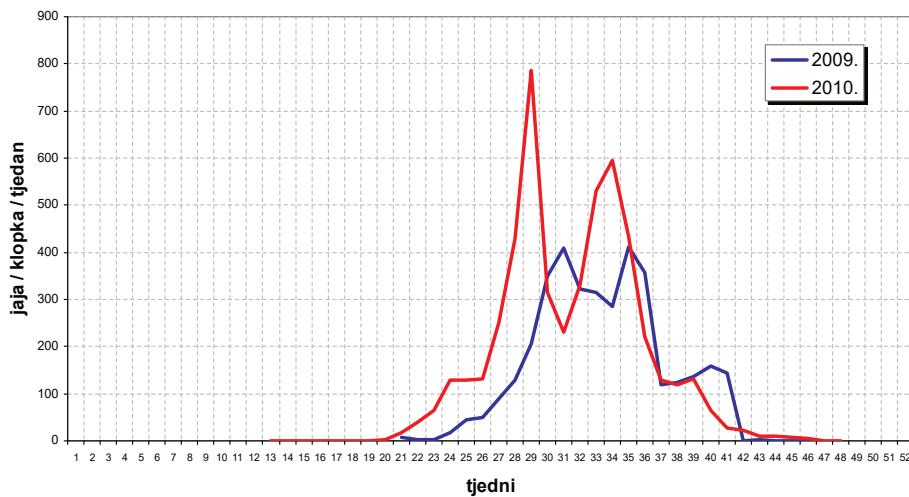
Vremenska raspodjela ovipozicije *Ae. albopictus*

Početak sezonske aktivnosti *Ae. albopictus* na splitskom području zabilježen s 3,8 % pozitivnih klopki i prosječnom gustoćom $m = 0,08$ (j/k/t) u travnju (13. tjedan) 2010. godine, dok su završetci sezonske aktivnosti zabilježeni s 5,9 % pozitivnih klopki i prosječnom gustoćom od $m = 0,06$ (j/k/t) u studenom (46. tjedan) 2009. godine i s 11 % pozitivnih klopki i prosječnom gustoćom od $m = 0,2$ (j/k/t) na kraju studenog i početkom prosinca (48. tjedan) 2010. godine.

Tijekom srpnja, kolovoza i rujna zabilježen je visoki postotak klopki s barem jednim položenim jajetom *Ae. albopictus* koji iznosi 97,7 %. U tom razdoblju jaja su položena u 865 od 885 izloženih klopki. U dužem vremenskom razdoblju koje je trajalo od početka lipnja do kraja listopada, učestalost klopki u kojima su položena jaja bila je nešto niža. U tom razdoblju jaja su položena u 1.232 od 1.487 pregledanih klopki, što čini 82,9 % izloženih klopki. Istiće se razdoblje od 29. do 36. tjedna u obje sezone kad su u svim klopkama položena jaja (Slika 5.3.3).



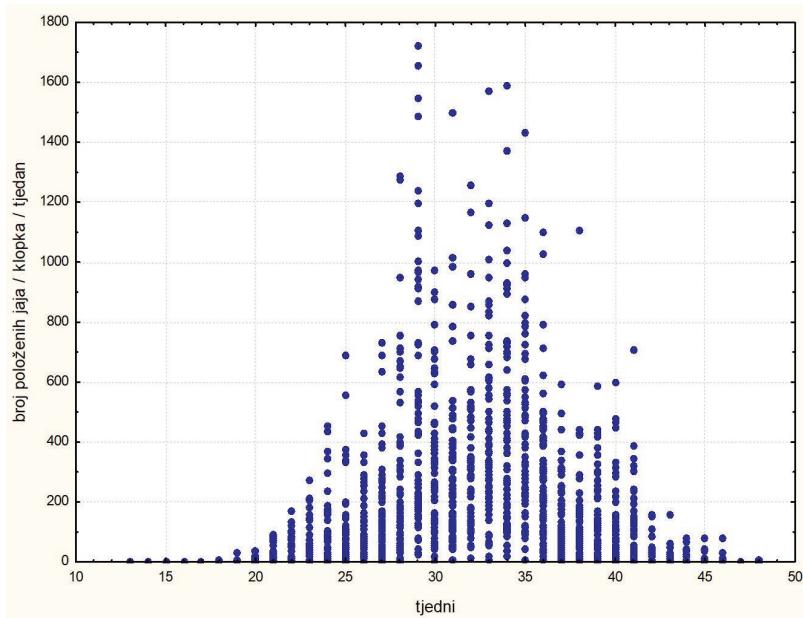
Slika 5.3.3. Postotak klopki u kojima su ženke *Ae. albopictus* položile jaja tijekom sezone 2009. i 2010. godine



Slika 5.3.4. Prosječna gustoća položenih jaja *Ae. albopictus* u klopkama u 2009. i 2010. godini

Vremenska raspodjela prosječnih tjednih vrijednosti položenih jaja u klopkama pokazuje izrazitu sezonsku aktivnost *Ae. albopictus* (Slika 5.3.4). Polaganje jaja u klopkama započinje u travnju. Tjedne prosječne vrijednosti polaganja jaja povećavaju se tijekom svibnja i lipnja. Vršne vrijednosti izmjerene su u razdoblju od kraja srpnja do kraja rujna i početka listopada. Na krivulji sezonske aktivnosti u 2009. i 2010. godini vidljiva su tri istaknuta i jedan blagi vrhunac aktivnosti polaganja jaja. Prvi vrhunac je slab i nalazi se na uzlaznom dijelu krivulje, na mjestu gdje je ona blago zakriviljena i čini blagi „trbuh“ tijekom 24. i 25. tjedna. Prvi istaknuti vrhunac zabilježen je na kraju srpnja i početkom kolovoza (29. i 31. tjedan) s prosječnim vrijednostima od 407,94 položenih jaja/klopka/tjedan u 2009. godini i 786,7 položenih jaja/klopka/tjedan u 2010. godini. Drugi istaknuti vrhunac pojavljuje se krajem kolovoza i početkom rujna (34. i 35. tjedan) kad je zabilježeno 411,83 položenih jaja/klopka/tjedan u 2009. godini i 595,8 položenih jaja/klopka/tjedan u 2010. godini. Treći vrhunac je blaži i zabilježen je krajem rujna i početkom listopada (39. i 40. tjedan) s 158,76 položenih jaja/klopka/tjedan u 2009. godini i 131,42 položenih jaja/klopka/tjedan u 2010. godini. Tijekom listopada prosječne vrijednosti položenih jaja u klopkama

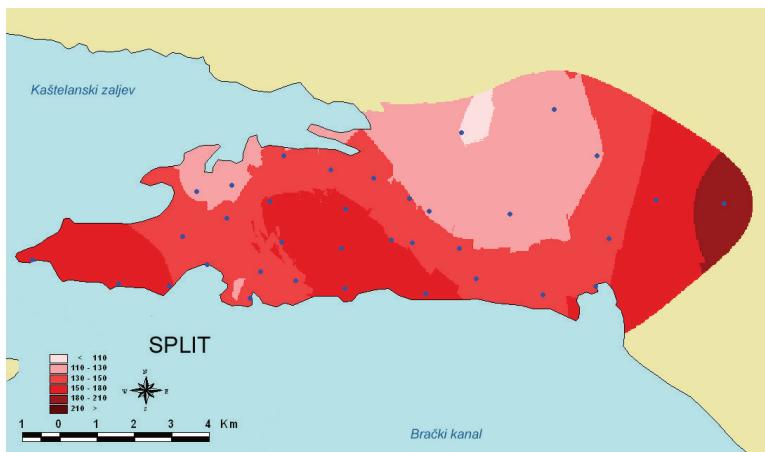
opadaju, a aktivnost se završava krajem studenog i početkom prosinca. Na slici 5.3.5 prikazan je ukupan broj položenih jaja po svakoj klopcu u obje istraživačke godine.



Slika 5.3.5. Ukupni broj položenih jaja / klopka / tjedan tijekom 2009. i 2010. godine

(prikanan je tjedni broj položenih jaja u svakoj klopci).

Na Slici 5.3.6. prikazana je raspodjela aktivnosti polaganja jaja *Ae. albopictus* upotrebom „kriging“ metode, kumulativno za dvogodišnje razdoblje s interpoliranim vrijednostima u točkama na karti gdje nisu izmjerene vrijednosti aktivnosti polaganja jaja komaraca.



Slika 5.3.6. Prostorna raspodjela („kriging“ interpolacija) prosječnih gustoća položenih jaja *Ae. albopictus* na splitskom području tijekom 2009. i 2010. godine.

Zaključno o splitskim tigrastim komarcima

Vrsta *Ae. albopictus* u Splitu evidentirana je na samom početku širenja. Od 2005. godine kad je zabilježen prvi nalaz pa do kraja istraživanja brzo se povećavao broj postaja s pozitivnim nalazima. U tri godine *Ae. albopictus* proširio se na cijelo područje grada Splita. Tijekom četiri godine područje rasprostranjenosti proširilo se po gotovo čitavom priobalju i otocima srednje i južne Dalmacije. Ovipozicija *Ae. albopictus* na splitskom području započinje u travnju, povećava se tijekom svibnja i lipnja, a postiže maksimalne vrijednosti od kraja srpnja do kraja rujna, tijekom listopada opada i završava se krajem studenog i početkom prosinca. U prirodi je zabilježeno maksimalno 5 generacija *Ae. albopictus* godišnje, ali se one preklapaju zahvaljujući odgođenim izlijeganjima i raznovrsnosti legla (Schaffner i sur., 2001). U Splitu su zabilježena četiri vrška aktivnosti ovipozicije, od kojih su tri jasno izražena, upućuju na zaključak o postojanju barem četiri generacije, uz rezervu da je moguće postojanje i više generacija koje radi preklapanja nisu jasno vidljive na grafu prosječne gustoće. Te četiri generacije nisu jednako brojne, dvije ljetne generacije imaju izraziti vršak aktivnosti, a proljetna i kasnija jesenska znatno manji.

Vrsta *Ae. albopictus* pokazuje prostornu raspodjelu ovipozicijske aktivnosti s nagomilavanjem. Istraživani lokaliteti značajno se međusobno razliku u prostornoj i vremenskoj raspodjeli položenih jaja. Ističu se lokaliteti Žrnovnica, Smrdečac i Kman s najvećom ovipozicijom u 29. tijednu. Za početak sezone ovipozicije *Ae. albopictus* na splitskom području važan je, a vjerojatno i presudan utjecaj temperature, a za završetak dužina dana.

5.4. Istraživanje brojnosti vrste *Aedes albopictus* u jadranskim županijama tijekom 2011.

Od pojave tigrastog komarca, *Ae. albopictus*, u Hrvatskoj prošlo je 7 godina (Klobučar i sur., 2006). Za to vrijeme ova vrsta komaraca se strelovito širila diljem obale Jadranskog mora (Merdić i sur., 2009). I kako najnovija istraživanja pokazuju ulazak ove vrste u Hrvatsku nije s jednog izvora (Žitko, 2012). Iako su jedinke ove vrste relativno slabi letači (Hawley, 1988) brzina kojom se šire je vrlo velika. Naročito je interesantno širenje po Jadranskim otocima, koje ukazuje da je ova vrsta komaraca usko vezana za čovjeka i njegove načine transporta (Merdić i sur., 2009). Budući da novoprdošla vrsta komaraca ima svoje specifične biološke karakteristike, način uzorkovanja se trebao prilagoditi biologiji same vrste. Početna uzorkovanja CDC klopkama nisu pokazala dobre rezultate, a iz talijanske literature (Bellini i sur., 1996; Carrieri i sur., 2011) može se vidjeti da je uzorkovanje ovipozicijskim klopkama zadovoljava znanstvene kriterije praćenja određenih parametara populacije npr. infestacija, abundancija, širenje. Ovipozicijskim klopkama zapravo se bilježe podaci nakon aktivnosti hranjenja, tj. hvataju se jaja ženki komaraca koje su se nahranile. Za bilo kakva istraživanja prijenosa uzročnika bolesti potrebno je uzorkovati odrasle ženke. Tvrтka Biogents ponudila je novo rješenje BG Sentinel klopke s posebnim atraktantom BG Lure koji je na različitim mjestima u Sjeveru pokazao dobre rezultate (Farajollahi i sur., 2009).

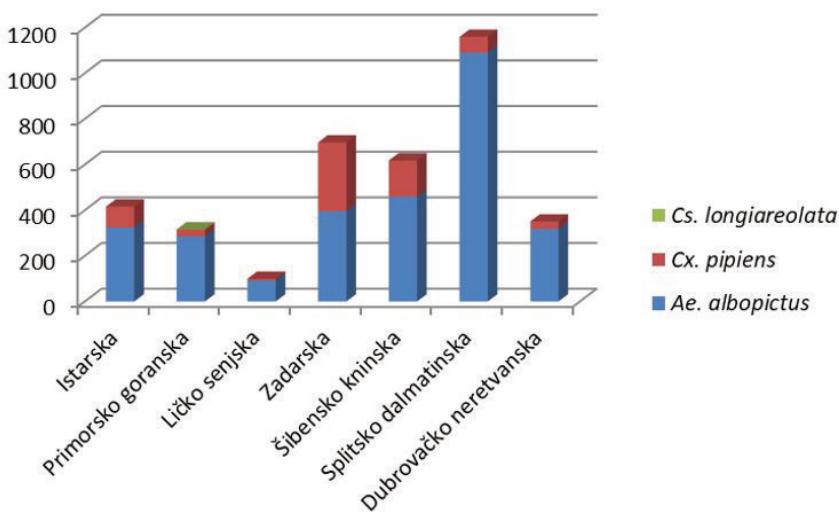
Vektorska uloga vrste *Aedes albopictus* je dobro poznata odavno (Mitchel, 1995). Međutim malo tko je pomislio da će se u recentnije

vrijeme oko Jadranskog mora pojaviti čak dva slučaja prijenosa bolesti kod ljudi koje prenose tigrasti komarci. U Italiji 2007. Chickungunya virusom zaraženo je 197 ljudi (Angelini i sur., 2007), a 2010. u Hrvatskoj evidentiran kontakt s Dengue virusom zabilježen je kod 18 ljudi od kojih je 3 oboljelo od Denge groznice (Gjenero-Margan i sur., 2011). Stoga je Hrvatski zavod za javno zdravstvo okupio sve stručnjake koji se direktno bave komarcima da se utvrdi i procjeni rizik od širenja Dengue i Chikungunya groznice na jadranskom priobalju. Faunističke rezultate ovog istraživanja prikazujemo u ovom radu.

Za uzokovanje komaraca korišteno je deset BG Sentinel klopki (3. poglavlje). Uzorkovanje je obavljeno od 16. kolovoza do 24. rujna 2011. godine, tj. u vrijeme najveće brojnosti tigrastih komaraca u jadranskom priobalju. Ukupno je uzorkovano na 126 postaja u mjestima uz more od Umaga do Dubrovnika. Uhvaćeni kukci odmah je razdvojeni, a jedinke vrste *Ae albopictus* pohranjene u duboki led na -70 °C za daljnja virološka istraživanja.

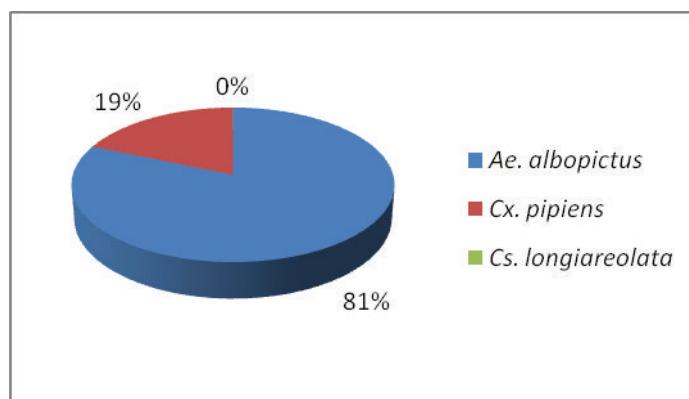
Rezultati

Tijekom istraživanja ukupno je uzorkovano 3699 komaraca (Merdić i sur. 2012). Broj komaraca se razlikovao po županijama, a kretao se od 100 u Ličko-senjskoj do 1160 u Splitsko-dalmatinskoj. Na slici 5.4.1 prikazani su rezultati broja komaraca uzorkovanih u svim istraživanim županijama.



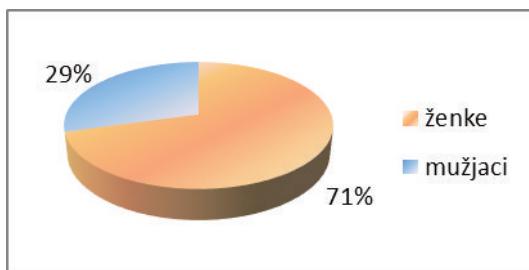
Slika 5.4.1. Broj komaraca u istraživanim županijama

U analiziranom materijalu determinirano je 3 vrste komaraca. To su *Ae. albopictus*, *Cx. pipiens* i *Cs. longiareolata*. Najveći broj komaraca pripadao je vrsti *Ae. albopictus* i to 3010 jedinki što ukupno čini 81,37 %. Broj jedinki vrste *Cx. pipiens* bio je 688, a zabilježena je samo jedinka vrste *Cs. longiareolata* (Slika 5.4.2).



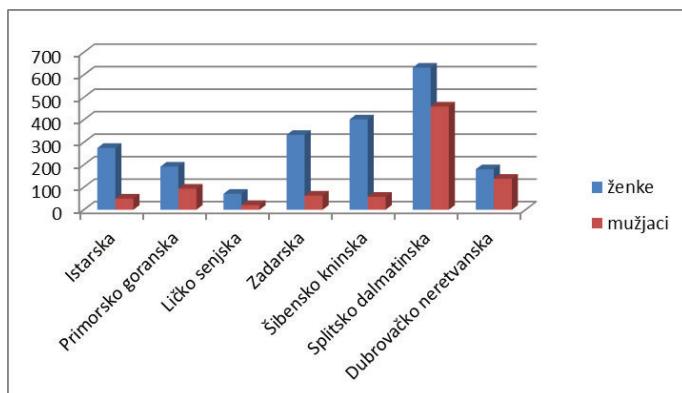
Slika 5.4.2. Kvantitativni sastav vrsta komaraca u jadranskom priobalju tijekom istraživanja

Najbrojnija vrsta tijekom istraživanja bila je *Ae. albopictus*, ali je uhvaćeno neuobičajeno mnogo mužjaka. Na slici 5.4.3 prikazan je odnos uhvaćenih ženki i mužjaka.



Slika 5.4.3. Odnos uhvaćenih ženki i mužjaka *Ae. albopictus* tijekom istraživanja

Omjer uhvaćenih ženki i mužjaka u pojedinim županijama jako je varirao, a najveća razlika je između Šibensko-kninske 6,9:1 i Splitsko-dalmatinske 1,4:1. Omjer ženki i mužjaka u ostalim županijama se kreće između navedenih vrijednosti spomenutih županija (Slika 5.4.4).



Slika 5.4.4. Odnos uhvaćenih ženki i mužjaka vrste *Ae. albopictus* u jadranskom priobalju tijekom istraživanja

Broj komaraca po klopcu tijekom 24 sata rada jako je varirao i kretao se od 0 (na dvadesetak postaja) do 156 jedinki na postaji u Splitu (Kopilica 49), u Splitsko-dalmatinskoj županiji. Prosječan broj komaraca po klopcu tijekom 24 sata rada klopke u većini županija je

sličan, jedino se značajno razlikuje Splitsko-dalmatinska županija sa 47,43 komaraca po klopcu (Slika 5.4.5).



Slika 5.4.5. Prosječan broj komaraca po klopcu u istraživanim županijama

Broj uhvaćenih vrsta komaraca tijekom ovog istraživanja je vrlo mali, praktički samo dvije. Broj vrsta uhvaćenih ovom klopkom i atraktantom BG lure i u drugim istraživanjima je nije velik. (Rose i sur., 2006; Bhalala i Arias, 2009) Međutim ulov jedinki vrste *Ae. albopictus* je značajno veći u odnosu na druge klopke i atraktante. (Farajollahi i sur., 2009) Uspoređujući ulov vrsta prema atraktantima onda se jasno može vidjeti da je bilo koja klopka kojoj je dodan suhi led (CO_2) kao atraktant značajno povećava raznolikost uhvaćenih vrsta (Rose i sur., 2006,), ali s manjim udjelom tigrastog komarca. Prema našim dosadašnjim iskustvima CDC klopka uz suhi led kao atraktant polučila je skromne rezultate. (Merdić i sur., 2011) Na broj uhvaćenih vrsta vjerojatno utječe i vremenske prilike. Naime, u istraživanom razdoblju bila je izrazita suša. Posljednja kiša na istraživanom području bila je sredinom srpnja. U takvim uvjetima leglo mogu pronaći samo one vrste koje biraju vrlo mala legla koja je napravio čovjek. Obje uhvaćene vrste biraju baš takva mala legla.

Najveći broj uhvaćenih tigrastih komaraca uhvaćen je u Splitsko - dalmatinskoj županiji. Dva su moguća razloga za to. Prije svega treba naglasiti da je Split najveće urbano područje na jadranskoj obali pa s time u vezi i najveći broj potencijalnih legala se nalazi baš u takvom okružju. Drugi ne manje značajni razlog je taj, što je splitsko područje

detaljno istraženo i točno se znaju najveća žarišta pa su klopke postavljene baš u žarišta.

Tijekom istraživanja, za razliku od ostalih klopki za hvatanje komaraca, BG Sentinel klopkom uz BG lura atraktant uhvaćeno je mnogo (29 %) mužjaka. Korišteni atraktant se sastoji od patentirane kombinacije netoksičnih supstancija koje su specifične za ljudsku kožu. Svaki od tri supstancije imitira dio glavne komponente ljudske kože koji privlači komarce, što znači da bi trebao privlačiti samo ženke koje se idu hraniti, međutim broj mužjaka i u ostalim istraživanja je relativno je velik. Ponovo se u rezultatima ističe Splitsko-dalmatinska županija u kojoj je uhvaćeno 459 mužjaka u omjeru 1,4 : 1 što jasno ukazuje da su klopke postavljene vrlo blizu legla i u vrijeme pojavljivanja nove generacije. Prosječan broj uhvaćenih jedinki po klopci za 24 sata rada je oko 11 i sličan je rezultatima drugih istraživača. (Rose i sur., 2006) Naravno, opet izdvajamo Split koji s prosječno 47,43 uhvaćene jedinke po klopci za 24 sata rada daleko prelazi ostale rezultate.

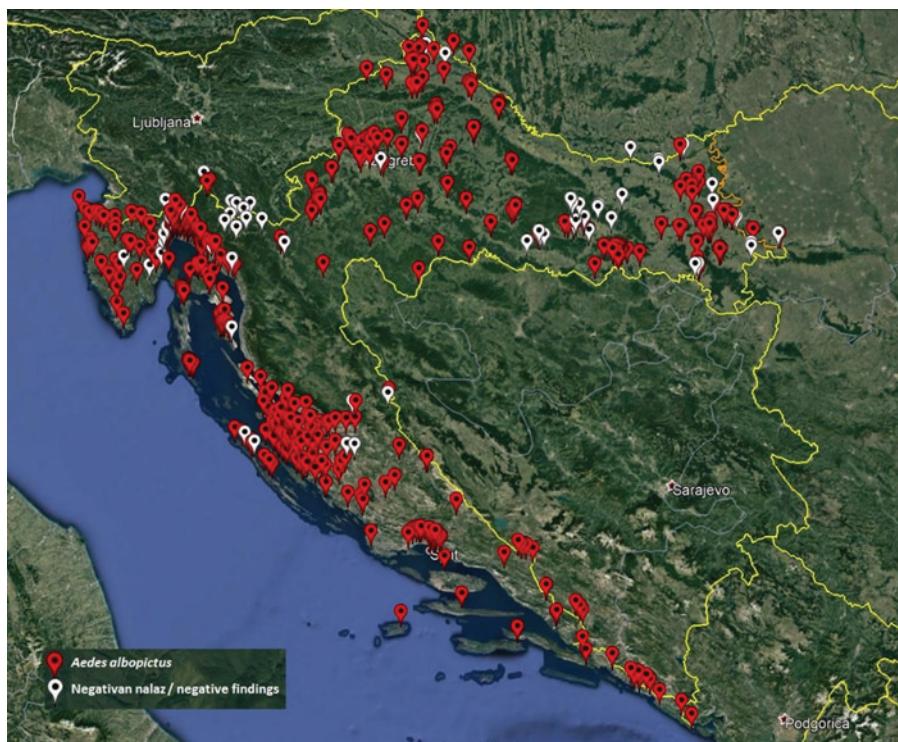
5.5. *Aedes albopictus* u Republici Hrvatskoj

Zoogeografska istraživanja su počela mnogo ranije nego su otkrivenе prve jedinke Hrvatskoj. Jedinke ove vrste bile su u velikoj brojnosti u Italiji i Crnoj Gori i bilo je pitanje dana kada će se pojaviti i u Hrvatskoj. Od prvog nalaza 2004. do danas (kraj 2019.) obavljeno je mnogo istraživanja, od onih jednostavnih u kojima se samo evidentira njihova prisutnost do vrlo složenih znanstvenih istraživnja koja su pretočena u dvije doktorske disertacije Tonija Žitka i Ane Klobučar. Rezultati ovih disertacija objavljeni su u najznačajnijim svjetskim časopisima. U prethodnim poglavljima predstavljeni su samo neki radovi u kojima glavnu ulogu igra *Ae. albopictus*. Danas ih je jako teško i nabrojati, a kamoli navesti. U tom procesu istraživanja i objavljivanja radova svakako treba istaknuti Znanstveno-stručno-edukativni seminar DDD i ZUPP u organizaciji tvrtke Korunić d.o.o. koji se održava jedanput godišnje, a 2019. doživio svoje 31. izdanje. U zadnjih 15 godina na svakom skupu nekoliko izlaganja se odnosilo na ovu invazivnu vrstu. Nakon više od desetljeća prisutnosti ovog ko-

marca u Hrvatskoj, na incijativu Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo i Odjela za biologiju, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku pokrenut je projekt Nacionalni monitoring invazivnih vrsta komaraca u Hrvatskoj (Capak i sur. 2017 i Capak i sur. 2018). U projekt su se te godine uključili gotovo svi županijski zavodi za javno zdravstvo (osim Požeško-slavonske županije). Rezultati su već u prvoj godini bili fantastični (Slika 5.5.1). Do ovako organiziranog monitoringa smatra-lo se da je tigrasti komarac jako raširen i jako brojan u jadranskom priobalju, a da se na kontinentu, osim u gradu Zagrebu, pojavljuje sporadično. U dvije godine nacionalnog monitoringa tigrasti komarac je zabilježen u svim županijama. Ujedno se i brojnost komaraca ove vrste povećava iz godine u godinu na svim mjestima gdje se ukorijenio. Na slici 5.5.2 prikazana je trenutna rasprostranjenost (2019) vrste *Ae. albopictus* u Hrvatskoj.



Slika 5.5.1. Rasprostranjenje *Ae. albopictus* u Hrvatskoj nakon prve godine provedbe nacionalnog monitoringa 2016. prisutnost označena po županijama



Slika 5.5.2. Rasprostranjenje *Ae. albopictus* u Hrvatskoj do 2019. po lokalitetima

Zoogeografski gledano slučaj *Ae. albopictus* u Hrvatskoj je završen budući da se proširo po cijeloj Republici Hrvatskoj. Ono što sad slijedi je kontinuirani monitoring i programi kontrole koji su prema svemu što sam dosada čuo, vidio i istražio za ovu vrstu komaraca, potpuno neučinkoviti.

5.6. *Aedes japonicus* nova prijetnja Evropi i Republici Hrvatskoj

Raseljavanje je proces u kojem se jedna vrsta sa svoga mesta boravka seli na neko drugo mjesto. Prepreke u raseljavanju mogu biti fizičke i ekološke. I dok se fizičke prepreke prije ili kasnije savladaju, ekološke prepreke teško su savladive. Jedna od najtežih fizičkih prepreka jest daljina, pogotovo za one životinje koje se sporije kreću. Neke vrste životinja lako se prilagođavaju novim uvjetima i za njih kažemo da imaju široku ekološku valencu. Neke vrste mogu bolje iskorištavati novo stanište za razliku od vrsta koje na tom području već žive, pa se iz tih razloga mogu više razmnožavati i ugrožavati vrste koje su dotada tu živjele. Kada se njihovom prirodnom širenju priključi i čovjek koji svojom djelatnošću i svojim brzim prijevoznim sredstvima pomaže, stvaraju se izvanredni uvjeti za takve vrste. U takvim okolnostima udaljenosti od nekoliko tisuća kilometara, za što bi im prirodnim putem trebalo nekoliko tisuća godina, prevaluju za desetak sati (let Tokio-Zürich traje 12 sati normalnim putničkim avionom).

Širenje komaraca po svijetu od posebnog je značenja za čovjeka. Komarci svojim načinom života izravno utječu na čovjeka pa su zbog toga jedna od najistraživanijih skupina životinja uopće. Biologija, sistematika, vektorska uloga, načini kontrole itd., jako su dobro proučeni, a u posljednje vrijeme predmet istraživanja je i zoogeografija komaraca. Mnogo se pisalo o širenju *Ae. albopictus* za kojeg možemo reći da je trenutno najpopularniji komarac. Potrebno je naglasiti da postoje i druge vrste komarca, koje također imaju potvrđene dosjedne vrsta koje se šire svijetom i igraju vektorskiju ulogu.

Stanište *Ae. japonicus*

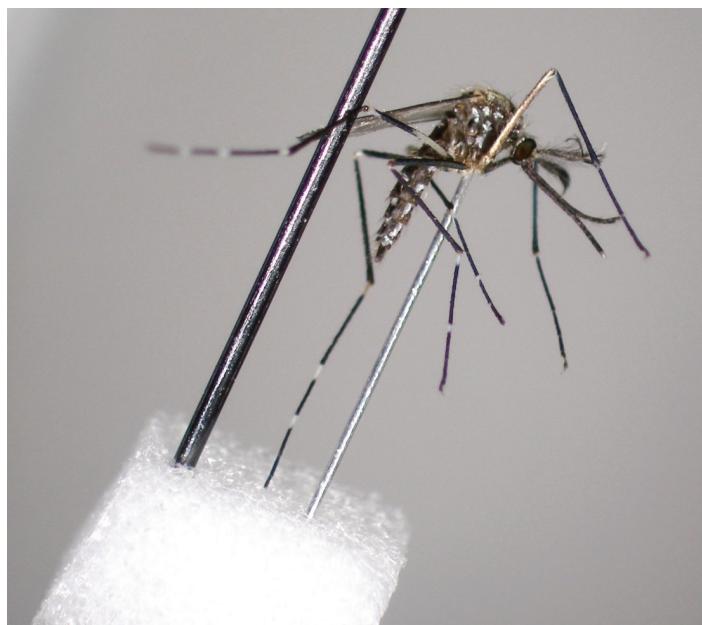
U svojoj pradomovini nastanjuje kamene depresije na osunčanim ili zasjenjenim mjestima, a isto tako i umjetna staništa. Budući da je karakteristika invazivnih vrsta prilagodljivost, tako su se i jedinke ove vrste prilagodile na nova legla. U SAD-u se prilagodio novom tipu staništa, a to su rabljene gume, pa je tako u rabljenim gumama

prenesen u Europu. U Švicarskoj su pronađena legla bila uglavnom u vazama na grobljima (73 % nalaza), a nađena su još u fontanama, rabljenim gumama, retencijskim bazenima i u buradima za kišnicu. Njihovo rasprostranjenje nije abundantno, međutim, zabilježeno je da, ukoliko se jedinke ove vrste nasele u pojedino leglo, druge vrste su u značajno manjem broju.

Morfologija *Ae. japonicus*

Prije svega treba naglasiti da se radi o srednje velikim crno-bijelim komarcima (Slika 5.6.1). Dužina tijela može dosegnuti i 15 mm. Tri su osnovne razlikovne karakteristike u odnosu na, ornamentacijom, sličnu vrstu *Ae. albopictus*. Prvo, proboscis i palpe su pokriveni crnim ljkuskama. Drugo, mesonotum je pokriven tamnosmeđim ljkuskicama s tri longitudinalne svijetložute trake do sredine. Od sredine sa strana su dvije zakrivljene svijetle pruge (Slika 5.6.2). I treće, tanki bijeli prstenovi nalaze se samo na prva dva segmenta tarsusa prednjih nogu.

Morfološke karakteristike ličinki su sljedeće: frontalne dlake na glavi su glatke, ticala su kratka kao polovica dužine glave, češalj na predzadnjem kolutiću ima od 43 do 85 gusto poredanih zubića koji nemaju glavni zubić, sifon ravan indeksa od 2,3 do 3,8, sedlo na posljednjem kolutiću pokriva samo polovicu kolutića. (Gutsevich i sur., 1974)



Slika 5.6.1. Preparirana jedinka vrste *Ae. japonicus* (foto Ana Klobučar)



Slika 5.6.2. Obojenje mesonotuma kod vrste *Ae. japonicus* (foto Ana Klobučar)

Daljnje širenje i mogući rizik

Gledajući stariju literaturu (Gutsevich i sur., 1974) i čitajući o karakteristikama ove vrste, nikada ne bismo rekli da se radi o mogućoj invazivnoj vrsti. Najviše komaraca ove vrste zabilježeno je u Japanu gdje se nikada nije pojavio u brojnosti koje bi zabrinjavalo tamošnje stanovništvo. Boraveći na višim nadmorskim visinama i imajući neantropofilno ponašanje, u Japanu predstavlja vrstu u sjeni. Prvi podatak o pojavi ove vrste u svijetu iznenadio je stručnjake. Vjerojatno slučajno, kako to obično i biva, prenesena je u SAD te su tada došle do izražaja sposobnosti koje u Japanu nisu bile izražene. Jedinke ove vrste uspjele su se prilagoditi novom tipu legla (rabljene gume) i raširile se po SAD-u i Kanadi. Ostaje nepoznato kako se uopće pojavila tamo, a također je nepoznato kako se pojavila u Europi, u Švicarskoj koja ne uvozi rabljene gume. Iako područje rasprostranjenja u Švicarskoj nije daleko od aerodroma Zürich, intenzivnim istraživanjima na tom području nije zabilježeno ni jedno leglo, što možda može isključiti dolazak avionom. (Schaffner i Kaufmann, 2009)

Širenje jedinki ove vrste uveliko je olakšano dolaskom do izražaja jedne karakteristike. Jaja su otporna na sušenje i mogu preživjeti nekoliko tjedana ili čak nekoliko mjeseci u sušnom razdoblju, što im daje dobar temelj za širenje rabljenim gumama (www.cdc.gov).

Uspjeh invazivnih vrsta u novim područjima često zavisi o interakciji s ekološki sličnim rezidentnim vrstama. U SAD *Ae. japonicus* se našao u istim leglima s autohtonom vrstom *Ae. atropalpus*. U pokusima provedenim u laboratoriju simulirajući uvjete u prirodi, obje vrste pokazuju veći utjecaj intraspecijskih odnosa nego interspecijskih kod podjednake gustoće. Ipak *Ae. atropalpus* pokazuje veću osjetljivost na velike gustoće ličinki i zaostaje u razvoju, što daje prednost invazivnoj vrsti *Ae. japonicus*. (Armistead i sur., 2008)

Potencijalni rizik od ove vrste vezuje se uz epidemiološko značenje. Laboratorijski je dokazano da prenosi virus Japanskog encefalitisa kod miševa te da virus nosi i kroz stadij jaja. Također se predpostavlja da je sposoran prenijeti West Nile virus (www.cdc.gov).

Da se invazivna vrsta mijenja i u pogledu navika hranjenja pokazuju nova istraživanja ishrane ove vrste na novozauzetim područjima. Na novim područjima čak 36 % krvi potječe od čovjeka. Ipak najčešća hrana je krv jelena (58 %), u krvnom obroku pronađena je još i krv konja (3 %) i oposuma (3 %).

U krvnom obroku nije pronađena krv ptica, gmazova i vodozemaca, ali ipak na osnovi lokalne abundancije, vektorske komptencije, učestalih uzoraka s WNV ilustrira se visok potencijal ove vrste kao „bridge vector“ WNV i ostalih virusa koje prenose komarci u Sjevernoj Americi. (Molaei i sur., 2009)

Teško je procjeniti daljnje širenje u Europi. Na osnovi iskustava sa širenjem *Ae. albopictus* u svijetu i Europi te iskustava širenja *Ae. japonicus* u SAD, potrebno je ozbiljno pristupiti ovom potencijalnom problemu.

Rasprostranjenje *Ae. japonicus*

Danas je „Asian bush“ ili „Asian rock pool mosquito“ (engl.) *Aedes (Finlaya) japonicus* (Theobald, 1901) invazivna vrsta komaraca. Porijeklom je iz jugoistočne Azije u kojoj nastanjuje planinska područja viša od 1300 m. *Aedes japonicus* pojavljuje se u umjetnim leglima s mnogo raspadnute organske tvari kako na suncu tako i na zasjenjenim staništima (Gutsevich i sur., 1974). Jedinke ove vrste prvi put su zabilježene izvan svog autohtonog područja 1998. godine u SAD-u. U tom prostoru za desetak godina raširio se u 22 države uključujući i Havaje. Proširio se u susjednu Kanadu gdje je zabilježen u južnim dijelovima.

Procesom raseljavanja se proširila na europske države. (Merdić i sur., 2010) U Europi je primijećena prvi put u Francuskoj 2000. godine (Shaffner i sur., 2003). Iako je brojnost jedinki bila mala, raseljavanje se nastavilo. Raseljavanje vrste *Ae. japonicus* je vrlo slično načinu raseljavanja srodne invazivne vrste *Ae. albopictus*. Jaja otporna na isušivanje prenose se u rabljenim gumama te su na kopnu prisutna na njihovim odlagalištima, primarno u vulkanizerskim trgovinama. (Kampen i Werner, 2014) Ovakav oblik raseljavanja je tipičan za

vrste koje nisu dobri letači. Jedinke ove vrste uspjele su se prilagoditi novom tipu legla prilikom svog raseljavanja (rabljene gume) što je omogućilo njezino širenje te u konačnici dovelo do izražaja sposobnosti koje u Japanu nisu bile izražene. (Merdić i sur., 2010.)

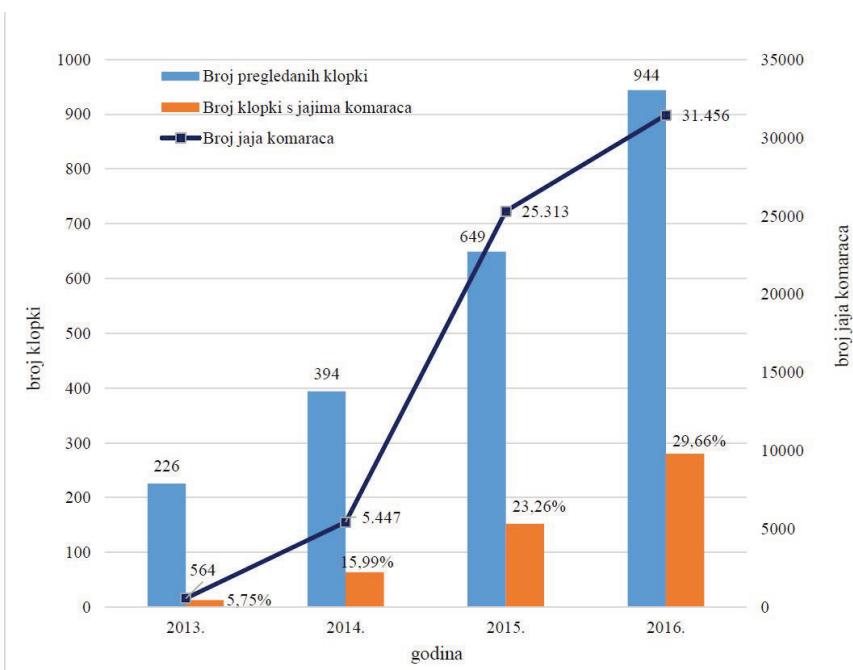
Vrsta *Ae. japonicus* prvi je put u Europi otkrivena 2000. godine kada su otkrivene dvije ličinke u skladišnom prostoru za recikliranje guma u sjeverozapadnoj Francuskoj (Schaffner i sur., 2003) Zatim je 2002. godine, otkrivena prisutnost velikog broja jedinki u tvrtki koja se bavi trgovinom rabljenih guma u središnjoj Belgiji, a 2008. godine u istom je području otkrivena u prostorijama još jedne belgijske tvrtke uključene u posao s rabljenim gumama (Versteirt i sur., 2009) Od 2003. godine pa nadalje *Ae. japonicus* se redovito nalazi u Belgiji što upućuje na uspostavljanje lokalne populacije. Nakon ovih nalaza otkrivena je prisutnost i na drugim područjima Europe, 2008. godine iz sjeverne Švicarske širi se u Njemačku (Schaffner i sur., 2009). Potaknuto prvim nalazima, u južnoj Njemačkoj je proveden program monitoringa 2009. godine koji je pokazao široko rasprostranjenu populaciju koja se širila do 2012. godine (Becker i sur., 2011.; Huber i sur., 2012.) Nove populacije otkrivene su 2012. godine na području zapadne Njemačke (Kampen i sur., 2012) te 2013. godine na području sjeverne Njemačke. (Werner i sur., 2012) Godine 2011. skupljene su ličinke komaraca na graničnom području Austrije i Slovenije (Seidel i sur., 2012; Kalan i sur. 2014) Nakon tog nalaza Slovenci su organizirali monitoring 2013. godine i utvrđeno je da je cijela sjeverno-istočna Slovenija kolonizirana vrstom *Ae. Japonicus*. (Kalan i Kryštufek, 2013) Budući da je zabilježena vrlo blizu hrvatske granice očekivali smo njezin nalaz i u Republici Hrvatskoj.

Prema sadašnjim spoznajama, u Europi trenutno postoji 6 prostorno odvojenih područja kolonizacije: Belgija, sjeverna Švicarska - Francuska - južna Njemačka, zapadna Njemačka, sjeverna Njemačka, Austrija - Slovenija - Hrvatska te središnja Nizozemska. Izuvez Belgije, nije poznato odakle je vrsta došla te kako je unesena. Također nije jasno jesu li europske populacije srodne jedna drugoj.

Ae. japonicus je jedna od najekspanzivnijih vrsta komaraca na svijetu. Do 2020. godine ova vrsta je uspostavila stabilne populacije u sljedećim europskim zemljama: Belgija, Švicarska, Njemačka, Nizozemska, Austrija, Slovenija, Mađarska, Lihenštajn, Italija, Hrvatska i Španjolska, a evidentirano je prisustvo i u Bosni i Hercegovini i Srbiji.

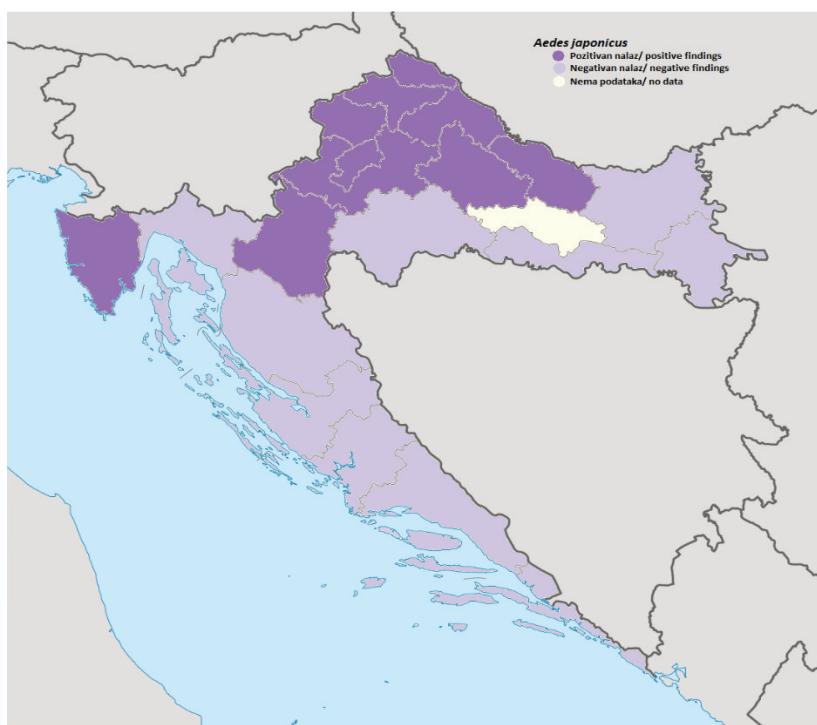
5.7. Prvi nalaz *Aedes japonicus* i širenje u Republici Hrvatskoj

Prvi nalaz *Ae. japonicus* u Hrvatskoj bio je 2013. kada su pronađena jaja tijekom monitoringa invazivnih vrsta u Krapinsko-zagorskoj županiji koja graniči sa Slovenijom gdje su jedinke ove vrste već dosegle veliku brojnost (Klobučar i sur., 2018). Istraživanje je uključivalo postavljanje ovipozicijskih klopki na mjestima mogućeg ulaska ovih komaraca, a to su dvorišta, ali i sakupljanja ličinki u grobljima iz vaza za cvijeće. Ovo istraživanje se nastavilo naredne četiri godine i prošireno na susjedne županije istočno. U 2014. potvrđen je nalaz na istom području, a 2015. jaja ove vrste pronađena su oko 100 km istočno od prvog nalaza. Ujedno se i povećavao broj pozitivnih klopki i broj jaja postavljenih u toj županiji. (Slika 5.7.1) U okviru tri godine *Ae. japonicus* je kolonizirao sijedeće 4 županije: Krapinsko-zagorska, Zagrebačka i Bjelovarsko-bilogorska i grad Zagreb.



Slika 5.7.1. Broj pregledanih i pozitivnih klopki te broj jaja komaraca u razdoblju od 2013. do 2016. godine na području Krapinsko-zagorske županije.

Ovi nalazi, evidencija prisutnosti i širenja *Ae. japonicus* i od 2004. prisutnog *Ae. albopictus* potakli su pokretanje nacionalnog programa za praćenje invazivnih vrsta koji je pokrio sve hrvatske županije osim Požeško-slavonske. Te 2016. godine ovipozicijskim klopkama potvrđeno je prisustvo ove vrste u županijama koje su smješteno sjeverno od do tada poznatog areala u Hrvatskoj: Međimurska, Varaždinska, Koprivničko-križevačka i Virovitičko-podravska, ali i u dvije južno Karlovačka i Istarska. (slika 5.7.2) Sljedeće 2017. godine u okviru nacionalnog monitoringa utvrđeno je prisustvo u još jednoj, Brodsko-posavskoj županiji.



Slika 5.7.2. Prisutnost vrste *Ae. japonicus* u Hrvatskoj (jedinica županija) nakon provedenog nacionalnog monitoringa 2016. godine

5.8. *Aedes japonicus* na višim nadmorskim visinama

Godine 2017. organizirali smo studente te zajedno s njima proveli istraživanje komaraca u planinama. Istraživanje je obavljeno na tri planinska područja i to: slavonske planine, Gorski kotar i Srednji Velebit, rubnom području gdje je dotada zabilježeno prisustvo *Ae. japonicus*. Standardnim metodama došli smo do vrlo zanimljivih podataka i zabilježili prisustvo invazivne vrste *Ae. japonicus* na novim mjestima u Hrvatskoj. Zanimljivo je to da je na nekim mjestima brojnost komaraca ove vrste bila prilično velika.

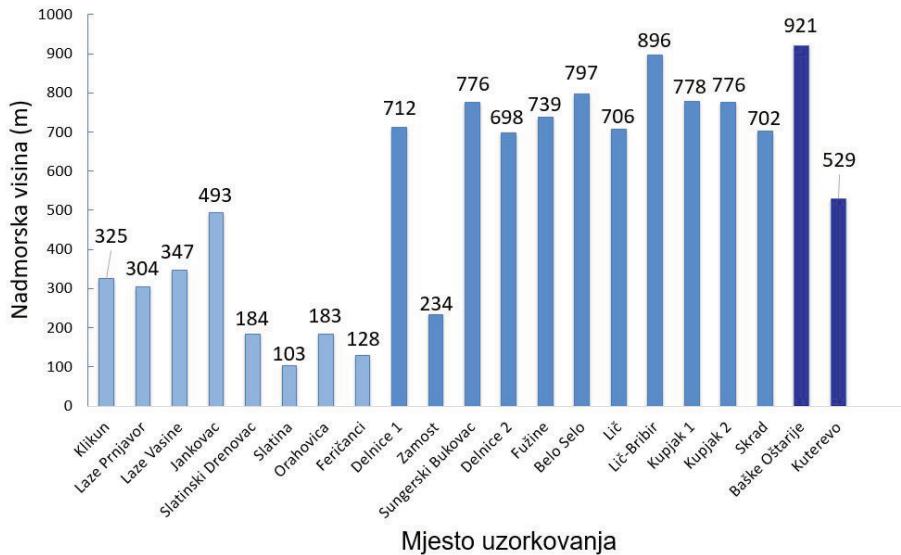
Ličinke *Ae. japonicus* pronađene su na 19 postaja na istraživanom području. (Tablica 5.8.1) Ličinke su pronađene u buradima, gumama, odbačenim kadama, lokvama, kamenicama, vazama za cvijeće, a u

tablici je dodan podatak iz 2018. u Feričancima prilikom jednog slučajnog posjeta groblju.

Tablica 5.8.1. Mjesta nalaza vrste *Ae japonicus* tijekom istraživanja 2017. godine

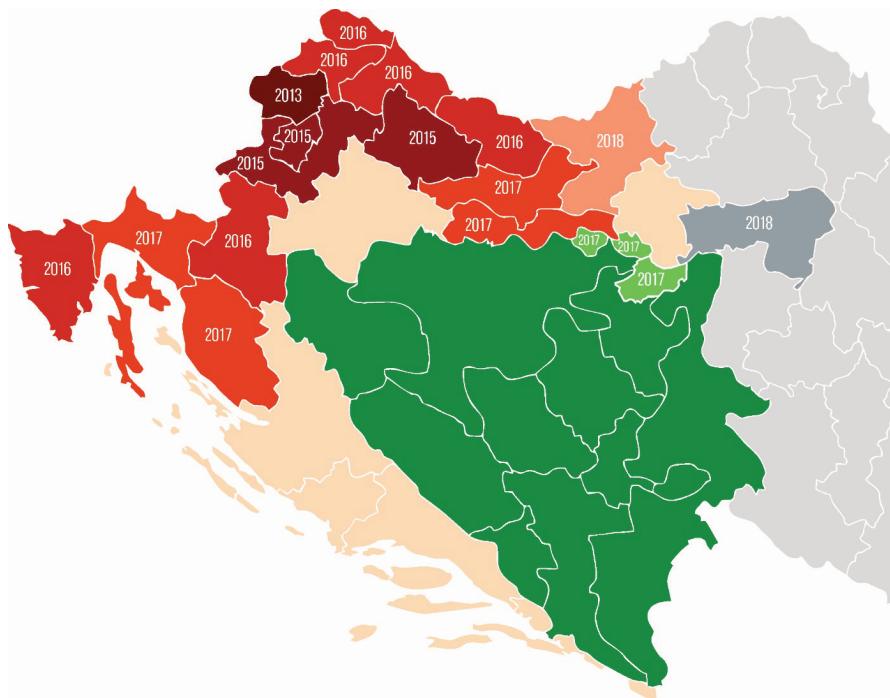
Br.	Mjesto	Nadmorska visina	Datum	Metoda uzorkovanja	Stanište	Broj <i>Ae. japonicus</i>
1	Klikun	325	5. 07. 2017	Ličinke	Kamenica	1
2	Laze Prnjavor	304	5. 07. 2017	Ličinke	Kada	33
3	Laze Vasine	347	5. 07. 2017	Ličinke	Lokva	1
4	Jankovac	493	6. 07. 2017	Ličinke	Lokva	2
5	Slatinski Drenovac	184	6. 07. 2017	Ličinke	Bure	4
6	Feričanci	158	18. 08. 2018	Ličinke	Groblje	6
7	Slatina	103	24. 08. 2017	Ovipozicijska	Vulkanizer	4
8	Orahovica	183	17. 08. 2017	Ovipozicijska	Vulkanizer	20
9	Belo Selo	797	11. 07. 2017	Ličinke	Guma	4
10	Delnice 1	712	11. 07. 2017	Ličinke	Kada	1
11	Zamost	234	11. 07. 2017	Ličinke	Bure	1
12	Sungerski Bukovac	776	11. 07. 2017	Ličinke	Bure	1
13	Delnice 2	698	12. 07. 2017	Ličinke	Guma	3
14	Fužine	739	12. 07. 2017	Ličinke	Guma	2
15	Lič	706	12. 07. 2017	Ličinke	Bure	8
16	Lič-Bribir	896	12. 07. 2017	Ličinke	Bure	4
17	Kupjak 1	778	12. 07. 2017	Ličinke	Guma	12
18	Kupjak 2	776	12. 07. 2017	Ličinke	Guma	1
19	Skrad	702	12. 07. 2017	Ličinke	Kada	10
20	Baške Oštarije	921	1. 08. 2017	Ličinke	Kamenica	1
21	Kuterevo	529	2. 08. 2017	Ličinke	Bure	1

Analizom podataka na nadmorskim visinama vidimo da su jedinke pronađene od 184 m u Slatinskom Drenovcu (Slavonija) do 921 m u Baškim Oštarijama (Središnji Velebit). Oko 50 % evidentirnih legala bila su na nadmorskim visinama višim do 700 m (Slika 5.8.1).



Slika 5.8.1. Nadmorske visine mjesta na kojima su pronađene jedinke *Ae. japonicus*. Legenda: svijetlo plavo - slavonske planine; plavo - Gorski Kotar; tamno plavo - srednji Velebit

Ova otkrića novih legala potvrđuju brzo širenje areala *Ae. japonicus*, ne samo u Republici Hrvatskoj, nego i u jugoistočnoj Europi (Slika 5.8.2), i to 10 novih postaja u Primorsko-goranskoj županiji, dvije u Ličko-senjskoj, četiri u Požeško-slavonskoj i jedna u Osječko-baranjskoj županiji.



Slika 5.8.2. Širenje *Ae. japonicus* u Republici Hrvatskoj i susjednim zemljama od prvog nalaza 2013. godine do 2018. godine. Županije u kojima je zabilježeno prisustvo označene su godinom prvog nalaza.

Gledajući kartu rasprostranjenja i nalaza jako su izražene rupe na karti koje se odnose na Sisačko-moslavačku i Vukovarsko-srijemsку županiju. I dok se u Sisačko-moslavačkoj županiji ne provodi nikakav ili nedovoljno kvalitetan monitoring pa nema podataka o prisutnosti, u Vukovarsko-srijemskoj županiji provodi se intenzivan monitoring na invazivne vrste komaraca od 2015. u svim gradovima, ali do sada (2019.) jedinke te vrste nisu zabilježene. U toj županiji zabilježeno je značajno povećanje prisutnosti i brojnosti *Ae. albopictus*.

Da bi se dobili tragovi o migracijskim rutama i putevima ulaska jedinki *Ae. japonicus*, materijal iz Hrvatske, Bosne i Hercegovine i Srbije je podvrgnut genetičkoj analizi na *nad4* regiju DNA sekvene i genetski potpis na locima mikrosatelita. Obje analize upućuju na to

da postoji bar dva nezavisna ulaza ove vrste na naše područje (Janssen i sur. u tisku).

Jedinke vrste *Ae. japonicus* brzo su se proširile Hrvatskom od 2013. do 2018. godine, što se vidi u prisutnosti u većini županija (osim šest), pa čak i prelaskom granica susjednih zemalja na istoku. Vrsta je pronađena 250 km istočno i južno od mjesta svog prvog nalaza u roku od pet godina, što odgovara prosječnom širenju od 50 km godišnje.

Trenutno (dvadesete godine 21. stoljeća) evidentiramo širenje, ali očekujemo i daljnje brzo širenje kroz Hrvatsku, Bosnu i Hercegovinu i Srbiju ove invazivne vrste komaraca isto tako evidentiramo i njezinu prilagodbu umjerenim klimatskim uvjetima. Čini se da *Ae. japonicus* preferira veću nadmorsku visinu u mediteranskim zemljama, ali i to treba dalje istražiti i objasniti. Bliska povezanost uzoraka prikupljenih na lokalitetima sjeverozapadno od Orahovice s udaljenim populacijama iz više zapadnoeuropskih zemalja potvrđuje da unošenje i širenje uglavnom posreduju ljudi, iako na regionalnoj razini aktivna migracija svakako doprinosi širenju. S obzirom na sve dosadašnje spoznaje, ne može se očekivati da će širenje *Ae. japonicus* će uskoro završiti u Europi. U jugoistočnoj Europi očekuje se daljnje širenje s moguće većom brojnošću na višim nadmorskim visinama.

6. Kontrola komaraca

6.1. Što je kontrola komaraca

Kontrola komaraca obuhvaća izradu programa, monitoring i istraživanje komaraca, preventivne mjere, tretmane suzbijanja komaraca u stadiju ličinki (larvicidni tretmani) i odraslog stadija (adulticidni tretmani), dinamiku izvođenja tretmana, nadzor nad provedenim tretmanima i kontrolu učinkovitosti tretmana. Program kontrole komaraca trebao bi biti sastavni dio Programa za provođenje obvezatne dezinfekcije, dezinsekcije i deratizacije na području pojedine općine onih županija u kojima je prisutan problem najezdi komaraca, a koji bi se temeljio na Zakonu o zaštiti pučanstva od zaraznih bolesti (Narodne novine br. 60/92, 26/93, 29/94). Pravilnikom o načinu obavljanja obvezatne dezinfekcije, dezinsekcije i deratizacije (Narodne novine br. 38/98) utvrđene su mjere za sprječavanje pojave zaraznih bolesti te njihovog suzbijanja širenja.

Problem komaraca prema čovjeku je brojnost komaraca, a vrlo često i nemogućnost obrane. Borba protiv komaraca nije usmjerena na smanjenje brojnosti komaraca isključivo zbog nelagode koju ljudi trpe kao posljedicu njihovih uboda i njihove prisutnosti, već i radi očuvanja zdravlja. Svojim djelovanjem na čovjeka ili životinju komarci, molestanti (lat. *moleste* – dosađivati), osim što uzrokuju nelagodu zujanjem, na mjestima uboda uzrokuju i jak svrab koji je često povezan s alergijskim reakcijama u koži. Na taj način komarci narušavaju mir i psihičko zdravlje ljudi, a u širem smislu ometaju čovjeka u radu, rekreatiji i općenito boravku u prirodi. Nadalje, izuzetno je značajna vektorska uloga komaraca kao potencijalnih prenositelja patogena (bakterije, virusi i paraziti) koje izazivaju bolesti kao što su malarija, filarija, različite groznice (Žuta, Denge, Zika, WNV (virus zapadnog Nila) itd.), stoga ne čudi zašto su komarci predmet istraživanja mnogih entomologa i epidemiologa i jedna od najviše istraživanih skupina kukaca. U 2003. godini, u svijetu je od malarije umrlo 2,4 milijuna ljudi, iako se taj broj kontinuirano

smanjuje, još uvijek je prevelik i u 2018. bio je 405.000 (www.cdc.gov). Posljednjih desetak godina WNV je zabilježen u središnjoj Europi uključujući i Republiku Hrvatsku u kojoj je zabilježeno nekoliko desetaka smrtnih slučajeva. Iz tih razloga, sasvim je opravdano organiziranje i kontinuirano suzbijanje komaraca.

I dok je u nekim zapadnoeuropskim zemljama (Francuska, Njemačka) došlo do vrlo pozitivnih rezultata u zaštiti pojedinih urbanih područja od komaraca, u Republici Hrvatskoj rezultati kontrole osciliraju. Razlog tomu je što se organizirana kontrola komaraca ne provodi na razini cijele države već isključivo u većim gradovima (npr. Zagreb, Split, Rijeka, Pula, Osijek, Vinkovci), a samo po potrebi i u manjim gradovima i mjestima, što prije svega ovisi o proračunu tih gradova, tj. pripadajuće općine. Organizirana kontrola komaraca na području grada Osijeka na stručnoj osnovi datira od 1978. godine, a od 1995. godine kontrola komaraca u Osijeku dobiva znanstveno-stručnu podlogu čiji je nositelj do 2017. bio Odjel za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Bez obzira na sve to, stanje s komarcima u Osijeku varira, čas su dobri rezultati, čas jako loši. Razlog tome je što nismo principijelni i ne možemo osigurati kontinuitet kvalitetnog rada. U Republici Hrvatskoj je sve komplikirano i ovisi o mnogim karikama: političarima, ekonomskoj podršci, biolozima, sanitarnoj službi, izvođačima radova, nadzoru, a čini se da nitko ozbiljno ne želi pristupiti rješavanju toga problema jer komarci svima predstavljaju resurs!

6.2. Načini kontrole komaraca

Pri izboru metoda za suzbijanje komaraca prvenstveno se treba voditi računa o vrstama komaraca. Podjela komaraca u tri grupe (poplavne, urbane, invazivne) osim osnovnih bioloških i ekoloških karakteristika koje služe za njihovo odvajanje također ima i praktično gledište jer se na temelju vrsta komaraca izabire metoda za njihovo suzbijanje. Mjere suzbijanja komaraca mogu biti: upravljanje okolišem te provođenje mehaničkih, fizičkih, bioloških i kemijskih mjera. Pristup koji bi bio sveobuhvatan je zapravo kombinacija ili

komplementarno djelovanje svih ovih mjera i naziva se integrirani način suzbijanja komaraca.

Upravljanje okolišem predstavljaju mjere koje ne ubijaju komarce izravno nego preveniraju njihov razvoj i reprodukciju u okolišu. Prilikom određivanja trajnih mjera koje pripadaju prostornom planiranju, uređenju vodotokova i osiguravanju protočnosti kanalske mreže, visoka inicijalna ulaganja u ovakav tip regulacija, daju dugoročne učinke jer se eliminiraju ili značajno smanjuju potencijalna legla komaraca. Sanacija terena s ciljem odstranjivanja voda koje služe kao potencijalno leglo komaraca ili uređivanje voda u stanje u kojem se komarci ne mogu razmnožavati je važna, a vrlo često zapostavljena metoda kontrole komaraca. Hidrotehničke mjere su finansijski zahtjevne, no jedine su koje osiguravaju uspjeh na duže vrijeme. Najveća prednost ovakvih mjera je ta što predstavlja oblik trajnog rješenja. Sve objekte koji zadržavaju vodu treba održavati tako da u njima postoji protok vode. U protivnom takvi objekti neizbjegno postaju potencijalna legla komaraca. Budući da su finansijski izdatci za provođenje melioracijskih mjera znatni, često se za suzbijanje komaraca na velikim leglima koriste privremena rješenja, kao što su larvicidni tretmani koji se moraju ponavljati nekoliko puta godišnje, vrlo često s upitnom učinkovitošću.

Mehaničke mjere su uklanjanje potencijalnih legitih u urbanoj sredini. Ovo je izrazito važno za urbane i invazivne komarce koji se razmnožavaju na bilo kojem mjestu na kojem ima vode: burad, kontejneri, kante, automobilske gume, posude za cvijeće itd. Kako bi ova mjera bila što uspješnija, važno je educirati javnost i uputiti ih da i oni sami mogu pridonijeti smanjenju populacije komaraca, smanjenjem različitog otpada, kanti i raznih posuda punih vode, u kojima se razvijaju ličinke. U godinama kada ima puno atmosferskih padalina neophodna je pomoći građana u kontroli komaraca, posebice ličinki urbanih i invazivnih vrsta komaraca koje se nalaze u gotovo svakom dvorištu privatne kuće ili poslovnog objekta. Ženke urbanih komaraca polažu svoja jaja na svaki voden medij. Stoga je od posebne važnosti naglasiti da stanovnici trebaju ukloniti svako takvo

moguće leglo komaraca. Dovoljna je kanta vode ostavljena tijedan dana da jedna ženka položi 200 do 400 jaja. Izljevanjem vode na tlo jaja se suše i propadaju, čime je sprječen daljnji razvoj komaraca.

Potrebno je redovito održavati sustave za navodnjavanje i drenažu, različite cijevi, krovne žljebove, redovito uklanjati otpad, sprječavati nakupljanje vode u posudama koje se koriste (prekrivanjem, spremanjem u zatvoreni prostor ili na neki drugi način), te tjedno izmjenjivati vodu u posudama za cvijeće. Ovo je isključivo zadaća lokalnog stanovništva koje na ovaj način daju velik doprinos u zajedničkoj borbi protiv komaraca.

Fizičke mjere su one koje fizički sprečavaju širenje komaraca. Može se djelovati na ličinke i odrasle komarce. Za sprječavanje izlijeganja ličinki najčešće se koriste biorazgradive tvari poznatije kao monomolekularni film (MMF) koje se nanose na površinu vode i onemogućavaju kontakt jedinki sa zrakom, odnosno sprječava se njihovo disanje. Vodena površina se prekrije mikronski tankim slojem MMF-a koji stvara fizičku prepreku između vode i zraka. Ovako tretirane vodene površine mogu kroz duži vremenski period (do mjesec dana) u kontejnerima, šahtovima i drugim umjetnim leglima osigurati dugotrajno odsustvo ličinki komaraca. Ovdje treba naglasiti da ličinke ugibaju jer ne mogu uzeti zrak.

Zasigurno jedna od najraširenijih fizičkih mjer je postavljanje mrežice na prozorima i vratima. Ovom mjerom sprječavamo ulazak komaraca u kuće i sobe za spavanje i značajno smanjujemo mogućnost kontakta komarac-čovjek. Iako kod nas nije toliko česta primjena mrežica iznad kreveta (baldehini) koje sprječavaju kontakt komaraca i ljudi tijekom noći, u nekim afričkim državama to je osnovna fizička mjeru.

Biološke mjere. Biološka kontrola u najširem smislu riječi definira se kao smanjenje broja komaraca korištenjem predatora, parazita, patogena ili toksina mikroorganizama. Postoje dvije strategije: inokulacija i inundacija. Inokulacija predstavlja unošenje malog broja predatora ili parazita koji će kroz duže vrijeme regulirati (nekada i istrijebiti) komarce iz određenog staništa. Primjer za ovu strategiju je

unošenje ribice gambuzije u neku baru. Strategija inundacija temelji se na oslobođanju ogromnog broja predatora, parazita ili patogena (ili njihovih toksina) u stanište komaraca. To ima trenutni učinak. Ova strategija najčešće podrazumijeva upotrebu bioloških pripravaka te predstavljaju učinkovito i ekološki prihvatljivo rješenje, zbog toga je primjena bioloških pripravaka uglavnom usmjerena prema otvorenim vodenim sustavima. U biološke pripravke ubrajamo preparate koji kao aktivnu tvar sadrže produkte sporulacije (neaktivna forma toksina) različitih tipova entomopatogenih bakterija. Aktivacija toksina čiji se kristali vežu za receptore na stijenkama epitela crijeva, događa se zahvaljujući lužnatoj reakciji unutar probavnog sustava. Najvažnije osobine bioloških pripravaka su velika učinkovitost na ciljane organizme, visoka selektivnost i znatno smanjena ekotoksičnost.

Genetička kontrola je poseban oblik bioloških mjera koje podrazumijevaju genetičku manipulaciju komarcima u smislu remećenja prirodne reprodukcije. Najpoznatija metoda je SIT (eng. sterile insect technique) i predstavlja jednu od novijih inovativnih metoda suzbijanja vektorskih vrsta komaraca i prva je na listi metoda preporučenih za borbu protiv epidemije Zika virusa u Brazilu od strane IAEA (International Atomic Energy Agency) i WHO. SIT podrazumijeva unošenje sterilnih mužjaka u prirodnu populaciju kukaca. Parenjem ovih mužjaka sa ženkama prirodne, divlje populacije, sprječava se stvaranje potomstva. Drugi oblik genetičke kontrole je proizvodnja GMO komaraca (više o ovoj metodi u posebnom poglavljju).

Kemijske mjere uključuju primjena kemijskih biocida koji neselektivno ubijaju sve kukce. To su preparati na bazi kemijskih spojeva: organofosfati, piretroidi, karbamati. Formulacije mogu biti pripremljene za suzbijanje ličinki i odraslih komaraca. U prostor se unose pomoću različitih raspršivača. Larvicidi se primjenjuju u leglima komaraca, i to konvencionalni larvicidi i regulatori rasta kukaca (IGR), koji sprječavanju razvoj ličinki u odrasle komarce. Ovi larvicidi primjenjuju se u zatvorenim i izoliranim vodenim sustavima koji su bogati (zasićeni) organskim tvarima, kanalskoj mreži i šahtovima, te u manjim umjetnim leglima. Adulticidi se koriste za

suzbijanje odraslih komaraca. U prostor se unose na dva načina i to: raspršivanjem otrova u jako sitnim česticama (ULV – Ultra Low Volume metoda) ili vezanjem otrova na neki nosač, najčešće dim (zadimljavanje).

6.2.1. Integrirani pristup kontroli komaraca

Integrirani pristup u rješavanju prekomjerne brojnosti komaraca u urbanim sredinama je neophodan i u konačnici daje najbolje rezultate. Metode koje pri tome uključuje su: biološko i kemijsko suzbijanje ličinki, mehaničko sprječavanje kontakta odraslih komaraca s ljudima, a najučinkovitije suzbijanje urbanih komaraca moguće je jedino uz pomoć stanovništva, onemogućavanjem ženkama polaganje jaja i uklanjanjem vode iz malih legala u okućnicama i dvorištima.

Larvicidni tretmani - temelj integriranog sustava kontrole komaraca

Komarci se mogu tretirati u bilo kojem razvojnom stadiju, no najučinkovitije ih je tretirati kao ličinke. Larvicidnim tretmanima uništavaju se ličinke komaraca upotrebom različitih insekticida (larvicia). U tom stadiju ličinke komaraca su koncentrirane na određenom, relativno malom području, slabo su mobilne i lako su dostupne. Larvicidnim tretmanima moguće je znatno smanjiti broj odraslih jedinki, koje za razliku od ličinki zauzimaju puno veći prostor, integriraju se u vegetaciju, predstavljaju veliku smetnju i potencijalni su vektori raznih bolesti, te ih je znatno teže kontrolirati. Također, larvicidni tretmani, ukoliko su profesionalno primjenjeni, u pravilu imaju **puno veću učinkovitost** u odnosu na onu koju je moguće postići adulticidnim tretmanima.

Kako bi larvicidni tretmani na poplavnim površinama velikih legala bili učinkoviti, bilo bi dobro imati funkcionalni model plavljenja terena. Nepostojanje službenih podataka plavljenog terena ukazuje na potrebu aproksimativnog izračuna površina za tretiranje.

Za primjenu larvicidnih tretmana potrebno je uzeti u obzir da je broj plavljenja rijeka tijekom jedne sezone različit i da u Republici Hrvatskoj može varirati od 0 do 6. Za definiranje potencijalnih legala neophodno je utvrditi kritičan vodostaj pri kojem rijeka izlazi iz

korita i plave inundacijske površine gdje poplavnici komarci polažu svoja jaja. Višegodišnje praćenje vodostaja rijeka u kombinaciji s terenskim radom može osigurati krucijalne podatke vezane za potencijalna legla. Potreba za korekcijom kritičnog vodostaja može se pojaviti uslijed promjene konfiguracije terena, uređenja obale, promjene infrastrukture, urbanizacije i građevinskih radova.

Za ovakav tip legla komaraca isključivo bi se trebali koristiti biološki insekticidi na bazi *Bti* u različitim formulacijama i različitim oblikom aplikacije.

Legla urbanih komaraca koja pripadaju javnim površinama uglavnom su vezana za kanalnu mrežu i šahtove. Specifičnost suzbijanja ličinki komaraca po kanalnoj mreži, barama i drugim stajaćim vodama pogodnih za razvoj urbanih komaraca je prije svega vezana za konstantno polaganje jaja ženki na površinu vode, što u uvjetima kontinentalne klime omogućava produciranje 10 do 12 generacija u razdoblju od svibnja do listopada. Najveći broja legala ovih komaraca aktivira se nakon veće količine padalina tijekom ljeta.

Za suzbijanje ličinki u kanalnoj mreži i drugim leglima značajnih za razvoj urbanih komaraca potrebno je aplicirati larvicide koji pripadaju skupini regulatora rasta kukaca. Ovakav tip larvica za razliku od drugih konvencionalnih, ima prednosti u pogledu selektivnosti u odnosu na kemijske larvicide. Ovaj tip larvica djeluje na akvatične vrste kukaca koji su u trenutku aplikacije u stadiju ličinke.

Osnovna prednost regulatora rasta je što otopine ovih preparata po pravilu imaju duže djelovanje u odnosu na konvencionalne kemijske larvicide. Ličinke možemo pronaći od svibnja do listopada što je oko 150 dana, a to je veliko razdoblje u kojem može doći do polaganja jaja i razvoja ličinki. Regulatori rasta imaju produljene učinke i njihova djelotvornost traje 20-ak dana. To je produljeni učinak i zato se smanjuje broj tretmana u sezoni.

Iz ove grupe larvica najzastupljeniji su preparati na bazi diflubenzurona i piriproksifena koji se koriste za suzbijanje ličinki komaraca u leglima urbanih i invazivnih vrsta komaraca, a bogata su organskim tvarima. U slučaju prisutnosti velike količine organskih tvari biološki preparati ne mogu postići zadovoljavajuću učinkovitost

pa se na temelju preporuke WHO-a koriste regulatori rasta. Apliciranje može biti iz uređaja koji se koriste individualno, ali i iz uređaja na vozilima (automobili, čamci amfibije). Ovakve preparate ne bi se trebalo koristiti u otvorenim vodenim sustavima.

Suzbijanje odraslih jedinki

Suzbijanje odraslih komaraca, u ovisnosti o brojnosti odraslih jedinki i mesta na kojima je potrebno provesti tretman, može se obavljati uređajima sa zemlje ili iz zraka. Na osnovi rezultata monitoringa, odabire se dozvoljeni preparat, (Korunić, 2006) mjesto, vrijeme i način apliciranja. Ovdje je potrebno naglasiti da prema članku 14. stavak 5. važećeg Pravilnika o načinu provedbe DDD mjera (Narodne novine br. 35/07, 76/12), primjena pesticida toplim ili hladnim zamagljivanjem iz zrakoplova **zabranjena je** nad naseljenim područjima, nacionalnim parkovima i ostalim zaštićenim područjima.

Od niza parametara koji utječu na učinkovitost izvedenog tretmana presudni su: poznavanje porijekla i kvalitete preparata, ispravnost uređaja za ULV aplikaciju insekticida i vrijeme aplikacije. Odgovarajuća tehnička dokumentacija koju izdaje proizvođač preparata, godina proizvodnje, tip formulacije, fizičko-kemijske osobine aktivne tvari kao i učinkovitost odgovarajuće doze su elementi koji određuju ispravnost insekticida, odnosno pogodnost primjene preparata.

Kontrola ispravnosti uređaja za tretman iz zraka provodi se preko provjera uređaja na zemlji i u zraku. Ukoliko uređaji ne daju tražene performanse, podešavaju se kako bi se osigurala odgovarajuća doza primjene i postigli kriteriji koji imaju visoku učinkovitost i minimum rizika za okoliš. Učinkovitost tretmana iz zraka (tamo gdje se smije) potrebno je provjeriti na mjestima apliciranja insekticida pomoću:

- Izlaganja komaraca u kavezima (50X50X50 cm) na otvorenim površinama, djelomično ili vegetacijom potpuno prekrivenim površinama iznad kojih se izvodi tretman iz zraka, a analiza mortaliteta komaraca se procjenjuje 1, 2, 12 i 24 sata poslije

tretmana.

- Prikupljanje kapljica aerosola pomoću rotirajućih teflon pločica i analize brojnosti i veličine kapi insekticida.
- Praćenja načina leta zrakoplova, određivanje širine prohoda i praćenje temperature zraka i brzine vjetra.

Jedan tretman iz zraka ne može svesti populaciju komaraca ispod kritične vrijednosti. Mogući razlog tome je provedba tretmana u vrijeme intenzivne migracije i svakodnevna produkcija komaraca iz legala. Stoga, bez obzira na postignutu visoku učinkovitost tretmana u određenom trenutku, učinkovitost može biti kompromitirana ukoliko se ne vodi računa o vremenskim prilikama i ukoliko postoje legla komaraca koja će u kontinuitetu producirati veliku količinu odraslih komaraca.

Za operativno planiranje mjera kontrole komaraca tijekom sezone potrebno je utvrditi kritične / tolerantne brojnosti jedinki (ličinki i odraslih) urbanih i poplavnih komaraca koje će na temelju rezultata dobivenih monitoringom definirati načine suzbijanja komaraca. Određivanje kritičnog / tolerantnog broja mora se utvrditi standardnom metodom prikupljanja, koja se uspoređuje s percepcijom lokalnog stanovništva. U poplavnim područjima kritični broj komaraca u CDC klopkama u 12 sati rada, bio bi 500 jedinki, dok je kritični broj u urbanim područjima 150 jedinki svih uzorkovanih vrsta komaraca. Ukoliko ima više, to je signal za organizaciju tretmana.

Adulticidni tretmani podrazumijevaju tretiranje odraslih populacija komaraca raznim insekticidima. Ova metoda smatra se najneučinkovitijom metodom kontrole i primjenjuje se samo u krajnjoj nuždi (nažalost u većini programa kontrole komaraca ovo je još uvijek osnovna metoda). Metoda zaprašivanja komaraca iz zrakoplova napuštena je prije više od 20 godina (nazivaju je metoda iz prošlog stoljeća) u Europskoj uniji, ali i u drugim zemljama razvijenog svijeta i to iz slijedećih razloga:

- Kratkotrajna i nedovoljna učinkovitost (zrakoplov ne može

- toliko nisko letjeti, različita visina gospodarskih objekata, drveće itd. iznad ciljanog područja te se stoga ne može postići potrebna koncentracija insekticida po jedinici površine koja bi bila dovoljna da uzrokuje ugibanje komaraca).
- Većina se komaraca ne ubije već odbija (koncentracija insekticida koji dopire do zemlje tj. komaraca zapravo ima repelentno djelovanje).
 - Tretiranje iz zrakoplova iznad šuma ima vrlo malu učinkovitost (komarci se nalaze u niskom raslinju ili travi, krošnje stabala zaustavljaju veliku količinu insekticida koji ne može doprijeti do područja na kojima se nalaze komarci).
 - Prevelika je i nekontrolirana emisija štetnih tvari u okoliš.
 - Letalno djelovanje na neciljane vrste (pomor npr. pčela i drugih korisnih i indiferentnih vrsta).
 - Visoki troškovi (prevelika potrošnja insekticida za vrlo upitne i slabe rezultate, uspješnije je ciljano zamagljivanje niskog raslinja sa zemlje).
 - Ne djeluje letalno na ličinke komaraca koje će uskoro postati odrasle jedinke pa se problem ciklički ponavlja.

Budući da smo biolozi, izrazito brinemo o prirodi i okolišu, izrazito smo protiv korištenja kemijskih mjera za kontrolu brojnosti komaraca, te o ovoj metodi nećemo više pisati. Danas postoje čitav niz bioloških mjera koje vrlo učinkovito mogu smanjiti brojnost komaraca na način da nema štetno djelovanje na okoliš. Primjena ovih mjera zahtjeva više znanja i više rada, ali moramo misliti na sutra!

Zbog toga u nastavku ovog poglavlja donosimo dva opširna potpoglavlja o biološkim mjerama.

6.3. Mehanizam djelovanja *Bacillus thuringiensis israelensis* na ličinke komaraca

Što je to *Bacillus thuringiensis*, odnosno *Bacillus thuringiensis israelensis*?

Bacillus thuringiensis (*Bacillus thuringiensis*) je štapićasta, gram-positivna, sporogena bakterija koja je patogena za određene vrste beskralježnjaka, prvenstveno kukaca, zbog čega se kao biopesticid koristi u kontroli brojnosti hematofagnih kukaca i drugih štetnika u poljoprivredi. Može se izolirati iz tla, vode, zraka i listova biljaka, a sistematizira se na temelju fenotipskih, biokemijskih i genetičkih karakteristika. (Schnepp i sur., 1998)

Podvrste bakterije *Bacillus thuringiensis* mogu ubiti mnoge vrste kukaca, ali svaki soj bakterija je visoko selektivan prema istima. To se pripisuje postojanju mnoštva kristalnih proteina koje bakterije produciraju tijekom sporulacije. Ovdje su opisane odlike tih toksičnih proteina i saznanja o njihovoj specifičnosti.

Bacillus thuringiensis pripada tzv. *Bacillus cereus* kompleksu, kojeg čine: *Bacillus cereus*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus anthracis*, *Bacillus thuringiensis* i *Bacillus weihenstephanensis*. Jedina karakteristika koja odvaja *Bacillus thuringiensis* od *Bacillus cereus* je produkcija insekticidnih kristalizirajućih proteina – ICP (Insecticidal Crystalline Proteins) unutar citoplazme sporulirajuće stanice, odnosno formiranje parasporalnih inkluzija tijekom treće i četvrte faze sporulacije (Martin, 1994). Parasporalne inkluzije sadrže jedan ili više insekticidnih proteina (ICP) koji su u obliku kristala ili kristalnog kompleksa. Postoji mnogo sinonima za ICP: parasporalno tijeloparasporalni kristal(i), kristalni protein(i), proteinski kristal(i), Cry i Cyt proteini, δ – endotoksin.

Insekticidni učinak *Bacillus thuringiensis* pripisuje se djelomično ili potpuno, ovisno o vrsti kukca, tim kristalnim proteinima.

Ta spoznaja vodila je prema proizvodnji bioinsekticida na bazi *Bacillus thuringiensis* koji su korišteni, a i danas se koriste u suzbijanju ciljanih vrsta kukaca iz reda Lepidoptera (leptiri), Diptera (dvokrilci) i Coleoptera (kornjaši), što potvrđuju mnoge studije. Međutim, postoje i radovi o utjecaju *Bacillus thuringiensis* na druge redove kukaca kao što su: Hymenoptera (opnokrilci), Homoptera (jednakokrilci), Orthoptera (ravnokrilci) i Mallophaga (tekuti), te na beskralježnjake Nematoda (oblići) ili Protozoa (praživotinje) (Schnepf i sur., 1998).

Povijest otkrića *Bacillus thuringiensis*

Od otkrića *Bacillus thuringiensis* u ličinkama dudovog svilca (*Bombyx mori*) davne 1901. godine (dr. Ishiwata, Japan) do 1998. otkriveno je 67 podvrsta *Bacillus thuringiensis*.

Insekticidni učinak *Bacillus thuringiensis* otkrio je 1911. godine Berliner (Njemačka), a četiri godine kasnije, isti je istraživač zabilježio i postojanje paraspormalnih inkluzija u bakterijama *Bacillus thuringiensis*. (Starnes i sur., 1993) Prvi je puta *Bacillus thuringiensis* kao insekticid upotrijebljen kasnih 20-ih godina prošlog stoljeća, proteinski sastav inkluzija počeo se istraživati tek 50-ih godina. U SAD-u *Bacillus thuringiensis* je kao pesticid registriran 1961. godine, a u 70-im je dokazano da je toksični učinak na ličinke leptira vezan uz postojanje δ – endotoksina (ICP odn. paraspormalnih kristala).

Do 1977. godine opisano je samo 13 podvrsta *Bacillus thuringiensis*, a sve su bile toksične isključivo za ličinke reda Lepidoptera. Od tada na ovomo otkriveno su podvrste toksične za ličinke reda Diptera (Goldberg i Margalit, 1977), Coleoptera (Krieg i sur., 1980) i Nematoda. (Narva i sur., 1991).

Klasifikacija podvrsta *Bacillus thuringiensis* temelji se na serološkim analizama flagelarnih H - antigena, uz nadopunu morfoloških i biokemijskih kriterija.

Tako je na primjer *Bacillus thuringiensis kurstaki* toksičan za ličinke pojedinih vrsta leptira, *Bacillus thuringiensis tenebrionis* za neke vrste Crysomelidae, *Bacillus thuringiensis japonensis* za mnoge vrste Scarabidae itd., dok je *Bacillus thuringiensis israelensis* (jedna od 67

podvrsta bakterije *Bacillus thuringiensis* - WHO 1999) učinkovita u kontroli komaraca - Culicidae, muha braničevki - Simuliidae i nekim vrstama trzalaca - Chironomidae.

Povijest otkrića *Bacillus thuringiensis israelensis*

Tijekom 1975. i 1976. WHO (World Health Organization) je sponzorirala projekt u Izraelu o istraživanju komaraca kao nositelja vektora različitih bolesti. Tijekom tog istraživanja otkriven je novi soj bakterije *Bacillus thuringiensis* koji je pokazivao visoku toksičnost za ličinke komaraca (Goldberg i Margalit, 1977; Margalit i Dean, 1985), koji je kasnije identificiran kao *Bacillus turingiensis* var. *israelensis*, serotip H - 14 (de Barjac, 1978), od kada je preveden u kategoriju podvrste kao *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*). Pokazalo se da je ta podvrsta puno toksičnija za komarce od bilo kojeg do tada poznatog soja.

Bacillus thuringiensis israelensis je izoliran iz komaraca pronađenih u jednoj lokvi u pustinji Negev u Izraelu. (Margalit i Dean 1985) lako se znalo za toksičnost drugih podvrsta *Bacillus thuringiensis* prema kukcima reda Diptera, ubrzo se pokazalo da je *Bti* specifično toksičan za komarce i vrste iz porodice Simuliidae. Počeo je brz razvoj proizvoda na bazi *Bacillus thuringiensis*, koji su se u nekoliko formulacija pojavili na tržištu 80-ih godina prošlog stoljeća.

Komercijalni pripravci insekticida na bazi toksina roda *Bacillus* koriste se danas na svim kontinentima kao osnovno sredstvo u biološkoj kontroli komaraca (Mulla i sur., 1982a, 1982b; Becker i Ludwig 1983; Gharib i Hilsenhoff, 1988) i muha braničevki (Becker i Margalit, 1993). U osnovi, *Bti* se koristi u područjima koja su ekološki osjetljivija na konvencionalne insekticide. (Federici, 1995)

Program kontrole komaraca

U mnogim programima kontrole komaraca *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) koristi se kao visoko selektivni larviciđ bez negativnog utjecaja na okoliš (Mulla i sur., 1982a, 1982b; Becker i Ludwig, 1983, 1993).

Bti se već 40-ak godina koristi u Njemačkoj suzbijajući razvoj poplavnih vrsta komaraca, a jednako tako i šumskih vrsta koje se razvijaju u lokvama zaostalim nakon topljenja snijega. Sva istraživanja provedena u Njemačkoj dovela su do spoznaje da je pod utjecajem *Bacillus thuringiensis* brojnost komaraca vrste *Ae. vexans* drastično smanjena, dok je razvoj svih drugih ličinki kukaca (osim komaraca) u vodi tekao nesmetano da bi kao odrasle jedinke postale hrana pticama, vodozemcima i šišmišima (Becker, 1997).

Pokazalo se kako svaka specifična situacija u okolišu zahtjeva adekvatnu količinu preparata, što za posljedicu ima i ekološku i ekonomsku korist (Becker i sur., 1992).

Struktura kristala, morfološka struktura

Kako je već gore navedeno, *Bacillus thuringiensis israelensis* producira parasporalne kristale tijekom procesa sporulacije. Ti kristali izgrađeni su od proteina. Zbog izbjegavanja konfuznih situacija vezanih uz imenovanje brojnih proteina, Höfte i Whiteley uvode klasifikaciju kristalnih proteina i njihovih gena prema molekularnoj strukturi samih proteina i osjetljivosti ciljnih organizama na iste (Höfte i Whiteley, 1989).

Kako insekticidni kristalni proteini (ICP) pokazuju specifičnu bioaktivnost prema određenim vrstama kukaca, isti autori predlažu podjelu tih toksina u četiri glavne skupine, pa razlikujemo: proteine specifične za Lepidoptera (CryI), proteine specifične za Lepidoptera i Diptera (CryII), proteine specifične za Coleoptera (CryIII) i proteine specifične za Diptera (CryIV). Navode i protein citolitičkog djelovanja (Cyt) koji je također pronađen u insekticidnim podvrstama *Bacillus thuringiensis*.

Neki drugi proteini specifični su za druge vrste kukaca, pr. Hymenoptera, Homoptera, Dycloptera i Mallophaga.

Razlike u srodnim insekticidnim proteinima (Cry, Cyt) određuju geni (cry, cyt). Opisano je oko 200 gena kristalnih proteina.

Zbog porasta broja Cry proteina, odnosno cry gena danas se sve više koristi klasifikacija temeljena na sličnosti između aminokiselinskih slijedova proteina (Crickmore i sur., 1998).

Nomenklatura

Kada je riječ o ICP - genima upotrebljava se malo slovo «c – crystal» u nazivu, pr. cry1Aa, međutim kada želimo istaknuti da se radi o kristalnim proteinima tada se piše veliko slovo: Cry1Aa. Arapski (nekada rimski) broj u primjeru označava insekticidni spektar ciljanih organizama, dok veliko i malo slovo koje slijedi označava velike, odnosno male razlike u genskim aminokiselinskim ostacima. Insekticidni spektar predstavljen je specifičnostima samog kristalnog proteina, a uključuje: a) uspješnost otapanja proteina, b) prevođenje u aktivni oblik, c) vezanje na specifični receptor i d) stvaranje pora na epitelu crijeva. Reviziju nomenklature za kristalne proteine *Bacillus thuringiensis* dao je Crickmore sa suradnicima, 1998.

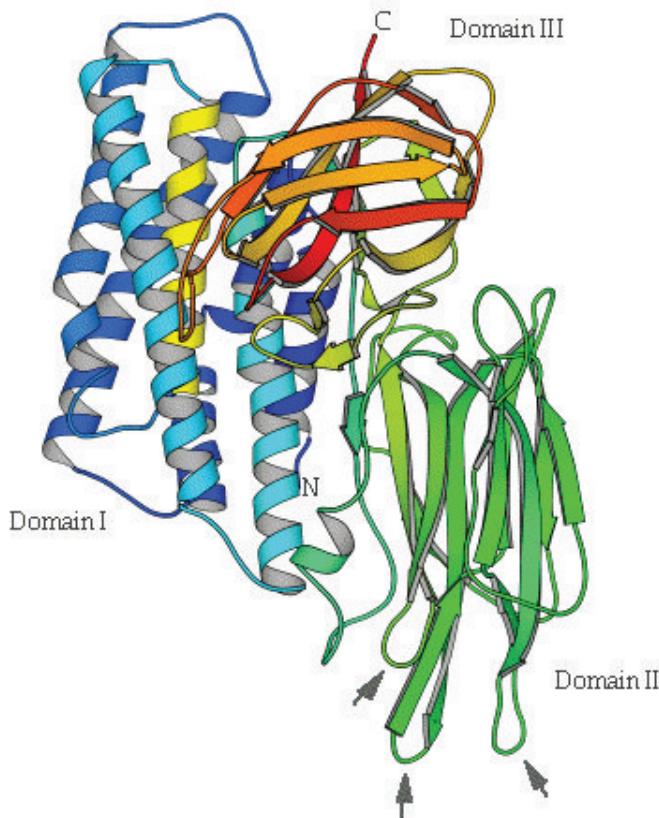
Genetička struktura

Kristalografijom Cry3A toksičnog proteina, utvrđeno je da se Cry toksin, aktivni toksin, sastoji od tri domene od kojih svaka ima specifičnu funkciju. (Li i sur., 1991) Te tri domene uređuju strukturu kompleksa. (Slika 6.3.1) Domena I (nazvana i N-terminalni kraj) je izgrađena od 7 alfa – uzvojnica. Odgovorna je za stvaranje pore i ionskog kanala u epitelu crijeva. (Dean i sur., 1996) Vezanje na specifičan receptor, usko je vezano za specifičnost proteina. (Denolf i sur., 1997) Domena II (središnja domena) uključena je u vezanje na stanični receptor epitela crijeva, a domena III (C-terminalni kraj) prema nekim autorima sprječava razlaganje Cry proteina pod utjecajem probavnih enzima (Li i sur., 1991), dok prema drugima pogoduje stvaranju ionskog kanala i uključena je u vezanje na receptor epitela crijeva (Rajamohan i sur., 1998).

Cry proteini (toksini) sadrže 5 aminokiselinskih blokova koji su koncentrirani najviše u centralnom dijelu domene ili na spoju samih domena: blok I smješten je u središtu domene I, blok II na granici domena I i II, blok III između domena II i III, blok IV u centru domene III i blok V na kraju domene III. (de Maagd i sur., 2001)

Varijabilni C-terminalni kraj (domena) Cry proteina odgovoran je za osjetljivost organizama tretiranih s *Bti* (osjetljivost receptora), a N-

terminalni kraj za toksičnost izloženih jedinki (formiranje pora u probavilu ličinke). (Li i sur., 1991)



Slika 6.3.1. Prikaz domena Cry3A proteina
(preuzeto s www.bioc.cam.ac.uk/UTOs/anchor915223#anchor915223)

Svaki kristalni protein produkt je jednog gena, a pojedine podvrste *Bacillus thuringiensis* mogu sintetizirati više različitih parasporalnih inkluzija kvalitativno drukčijih proteina.

Na kraju sporulacije formiraju se tri proteinske inkluzije odvojene tankim slojevima. Najveća inkluzija je okrugla i čini oko 50 % ukupnog volumena paraspornog tijela, drugi tip inkluzije zaprema oko 20% volumena i štapićastog je oblika, dok je treća inkluzija kuglasta i zaprema 25 % cijelog kristala (Becker i sur., 2003) (slika 6.3.2).

Zbog tog različitog sastava proteina, kristali mogu biti i različitog oblika: kubični, bipiramidalni, romboidni, sferični, nepravilni i sl.

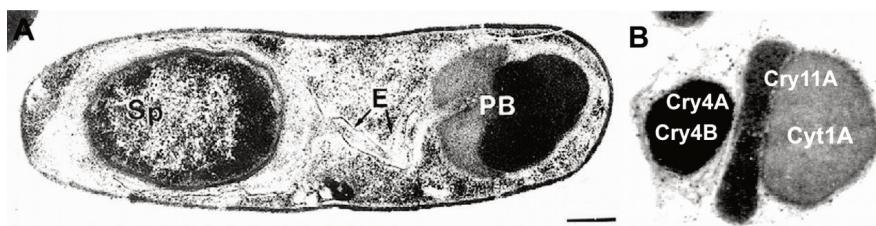
Međutim, da bi *Bacillus thuringiensis israelensis* uistinu imao toksično djelovanje, mora biti zadovoljeno nekoliko faktora:

1. proteinski kristal, koji je primarno inaktivirajući protoksin, mora biti konzumiran od strane ličinke komarca (ciljanog organizma), što je u uskoj vezi s hranidbenim navikama istog organizma
2. proteaze moraju pretvoriti protoksin u aktivni toksin u lužnatom mediju probavila kukca
3. toksin se tada treba vezati na specifični receptor (glikoprotein) epitelnih stanica probavila kukca (Becker i sur., 2003).

Cijeli taj proces narušava osmoregulacijski mehanizam stanične membrane, uzrokujući bubrenje i razaranje stanica probavila.

Insekticidni učinak *Bacillus thuringiensis israelensis*, kako je gore navedeno, uvjetovan je proteinskim kristalom koji je izgrađen od četiri glavna proteina – toksina različite molekularne mase, a opisanih kao: Cry4A (molekularne mase 125 kDa – kilo daltona), Cry4B (135 kDa), Cry10A (58 kDa) i Cry11A (68 kDa) (Delecluse i sur., 1996). Ti toksini hvataju se za specifične glikoproteinske receptore na stijenci probavila ličinki. Peti toksin, nazvan Cyt1A protein (27 kDa), razlikuje se od Cry proteina u amino-acidnim sekvencama i toksikologiji. On je visoko citolitičkog djelovanja na stanice kralježnjaka i beskralježnjaka. Ima afinitet prema nezasićenim masnim kiselinama lipoidnog dijela stanične membrane i nije izložen mehanizmu specifičnog vezanja za receptore kakvom jesu Cry proteini. (Thomas i Ellar, 1983) Postoji i uvid u tzv. „detergent-mehanizam“, gdje dolazi do poremećaja u funkcioniranju membrane vezanjem specifičnih masnih kiselina.

Ni spore ni živuće bakterije ne sudjeluju u insekticidnom procesu, za to je odgovoran iskjučivo proteinski kristal (ICP) (Becker i sur., 2003).



Slika 6.3.2. (A) *Bacillus thuringiensis israelensis* tijekom procesa sporulacije; (B) tipična struktura parasporalnog tijela *Bti* s prikazom proteinskih inkluzija i sastava toksina. Sp-spore, E-egzosporij, PB-parasporalno tijelo (preuzeto iz Federici i sur., 2003)

Proučavanjem insekticidnog djelovanja tih proteina bavili su se mnogi znanstvenici. Sva njihova istraživanja pokazala su da je svaki protein toksičan za komarce, ali da je najveća toksičnost rezultat sinergističkog djelovanja proteina mase 25 kDa koji je nastao cijepanjem Cyt1A proteina mase 27 kDa, s jednim ili više proteina velike mase (Tanada i Kaya, 1993). Upravo taj sinergizam opravdava izostajanje očekivane rezistencije kod ciljnih organizama biotretmana.

Mehanizam djelovanja *Bacillus thuringiensis israelensis*

Produkti na bazi *Bti* sadrže spore i parasporalne kristale (ICP) koji, da bi izazvali uginuće ličinki komaraca, moraju biti uneseni ingestijom. Nakon ingestije tog kompleksa (spore i proteinski kristal), parasporalni kristali se u lužnatom okruženju probavila ličinke komarca otapa. Vrijednosti pH od 9,5 ili više u probavilu ličinke, pogoduju otapanju protoksina (protein koji postoji u kristalu prije same aktivacije probavnim enzimima). Tako otopljeni kristal podvrgnut je proteolitičkim reakcijama tripsin i kemotripsin sličnih proteaza koje aktiviraju sam toksin. Razlike u fiziologiji probavila ličinki različitih redova ciljnih kukaca može imati glavnu ulogu u razumijevanju njihove prijemuljivosti na *Bacillus thuringiensis israelensis*.

Različiti toksini prepoznaju različite receptore. Glavni razlog rezistencije nekih kukaca na Cry protein leži u činjenici da taj kukac ili nema receptore za taj toksin ili je kapacitet vezanja jako smanjen. Postoji i mišljenje da jedan od mehanizama rezistencije može biti i izostanak otapanja protoksina (Schnepp i sur., 1998).

Nedugo nakon aktivacije probavilo se paralizira i ličinka prestaje s hranjenjem. Jednom aktiviran, Cry toksin veže se na specifični Cry protein receptor epitelne membrane.

Vezanje tog aktivnog toksina na specifični receptor membrane epitelne stanice crijeva glavna je odrednica specifičnosti *Bti*, a formiranje pora na epitelu crijeva glavni mehanizam toksičnosti *Bti* (Van Frankenhuyzen, 1993).

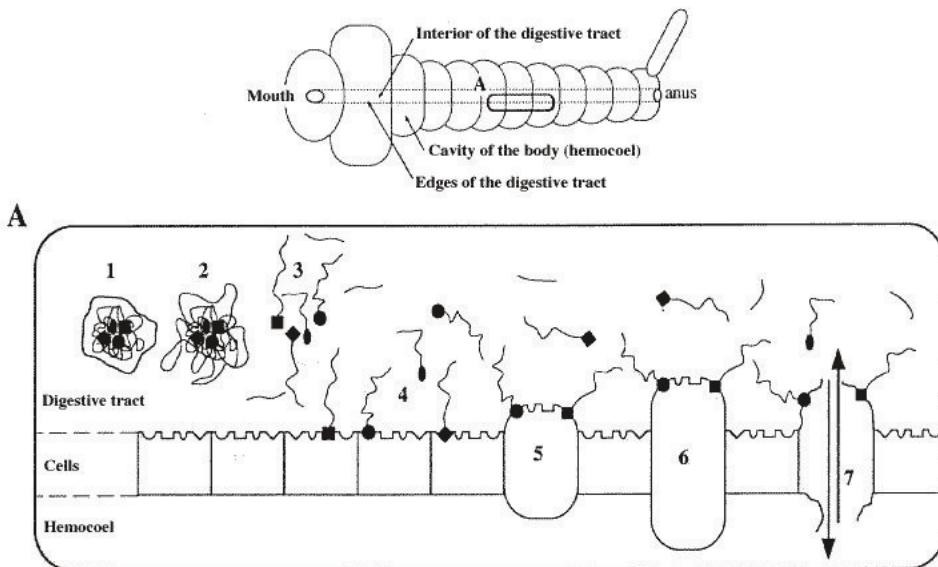
Do stvaranja pore ili ionskog kanala dolazi nakon vezanja središnje domene (II) proteina na receptor, omogućavajući pri tom umetanje N – terminalne domene (domene I) u staničnu membranu. Nespecifična pora propušta ione kao što je K^+ i druge male molekule kao što je saharoza kroz membranu. Rezultat je gubitak kalijevih iona što dovodi do narušavanja regulacije transmembranskog električnog potencijala. Remeti se sposobnost reguliranja osmotskog tlaka i gubi se selektivna propusnost membrane. Koloidno – osmotska liza stanica glavni je citolitički mehanizam djelovanja *Bti*. (Thomas i Ellar, 1983a, Thomas i Ellar 1983b) (Slika 6.3.3).

Histološki gledano, toksin uzrokuje bubrenje i razaranje epitelnih stanica, mikrovila, pa čak i staničnih organela (mitohondrija, ribosoma i jezgre) (Hill & Pinnock, 1998).

Zbog povećanog ulaska vode, epitelne stanice se rastvaraju i/ili izbacuju svoj sadržaj u unutrašnjost probavnog trakta. Crijevo postaje paralizirano. Tijekom tog razdoblja ličinka prestaje s hranjenjem i dolazi do miješanja hemolimfe sa sadržajem crijeva. Posljedica toga je uspostavljanje uvjeta za sazrijevanje spora *Bacillus thuringiensis israelensis*. Vegetativne stanice *Bacillus thuringiensis israelensis* iz crijeva ličinke i uobičajene bakterije crijevnog trakta prodiru kroz oštećenu stijenku crijeva u hemocel, odnosno hemolimfu uzrokujući septikemiju, što uz primarno „gladovanje“ dovodi do uginuća ličinke (Hill i Pinnock, 1998).

Postoji, dakle, nekoliko faza djelovanja *Bacillus thuringiensis israelensis* na ličinke komaraca (kukaca):

- ingestija spora i parasporalnih kristala (ICP) *Bacillus thuringiensis israelensis* od strane komaraca
- otapanje ICP u lužnatoj sredini probavila ličinke
- aktivacija ICP proteazama
- ireverzibilno vezanje C-terminalnog kraja aktiviranog ICP za specifični receptor na membrani stanice crijeva
- umetanje N-terminalnog kraja aktiviranog toksina u staničnu membranu i stvaranje pora i kanala na staničnoj membrani crijevnog epitela, praćeno destrukcijom epitelnih stanica i paralizom probavnog sustava
- germinativna faza spora i septikemija
- smrt ličinke zbog nemogućnosti hranjenja ili septikemije (Schnepf i sur., 1998).



Slika 6.3.3. Mehanizam djelovanja Cry proteina u probavilu ličinke komarca
(preuzeto s www.groupebioservices.com/Bacillusang.html)

Ličinke komaraca tretirane s *Bti* i hranjene istim unutar jednog sata, pokazuju smanjenu aktivnost nakon dva sata, ekstremnu „tromost“ nakon četiri sata izloženosti *Bti* i generalnu paralizu poslije šest sati od uzimanja obroka (Glare i O'Callaghan, 1998).

Ne-ciljni organizmi nisu objekt djelovanja *Bti* odn. ICP iz sljedećeg razloga: ili ne mogu aktivirati protoksin u toksin ili nemaju specifične receptore u probavnom sustavu.

Još uvijek smo daleko od razumijevanja što to točno određuje osjetljivost kukaca prema δ - endotoksinu (ICP) iz *Bacillus thuringiensis israelensis*. Također, još nije potpuno shvaćena uloga faktora kao što su: pH probavila, aktivirajuće proteaze i građa membrane probavila ličinke. Potrebno je još mnogo dodatnih istraživanja na molekularnoj razini već poznatih interakcija.

Učinci primjene *Bacillus thuringiensis israelensis* na kukce

Bacillus thuringiensis israelensis (*Bti*) je visoko patogen za Culicidae i Simuliidae, a također postoji i utjecaj na druge vrste iz reda Diptera, posebno onih iz porodice Chironomidae. Postoji i nekoliko primjera toksičnog djelovanja *Bacillus thuringiensis israelensis* na druge kukce koji dolaze u doticaj s *Bti* formulacijama, ali kojima su za uginuće potrebne visoke doze *Bti*.

Ukupno gledajući, *Bti* je specifičan toksikant za ličinke Nematocera (dugoticalci) koje uključuju komarce koji se hrane procjeđivanjem i Simuliidae (Clarke, 1994). Nematocera također uključuje i druge organizme koji nisu otporni na krajnji učinak *Bti*, međutim „njapogođeniji organizmi“ su oni iz reda Diptera.

Među komarcima, različite formulacije *Bti* proizvoda pokazuju i različite stupnjeve toksičnosti na izložene vrste. U pravilu, komarci roda *Culex* i *Aedes* su jako osjetljivi na *Bti*, dok su vrste roda *Anopheles* otpornije, ali jednako tako mogu biti ubijene s *Bti*. (Balaraman i sur., 1983) Čak i unutar istog roda, postoje komarci koji su više ili manje osjetljivi na *Bti* (Chui i sur., 1993).

Ličinke komaraca različitih vrsta, iako žive u različitim vodenim staništima, konzumiraju u principu istu hranu: mikroorganizme, čestice organske tvari ili detritus i biofilm – bakterije, gljive i alge (površine vodenih biljaka, stijena – kamenja i sedimenta). Ličinke drugih vrsta hrane se uginulim beskralježnjacima ili su predatori (Clements, 1992a).

Ličinke komaraca koje se ne hrane filtriranjem okolne vode, čini se nisu osjetljivi na *Bti*. Primjerice, *Culicoides occidentalis* – vrsta mušice i *Coquillettidia perturbans* su vrste na koje larvid – *Bti* ne pokazuje toksični učinak (Glare i O'Callaghan, 1998). Predatorne ličinke roda *Toxorhynchites* pokazuju i osjetljivost i rezistentnost na *Bacillus thuringiensis israelensis*.

Ekološki čimbenici koji utječu na učinkovitost *Bacillus thuringiensis israelensis*

Već je navedeno kako određene vrste komaraca različito reagiraju na *Bacillus thuringiensis israelensis* (komarci roda *Culex* i *Aedes* su jako osjetljivi na *Bti*). Međutim postoji i neki drugi ekološki čimbenici koji utječu na njegovu učinkovitost (Becker i sur., 1992; Becker i sur., 2003):

- razvojni stadij 'ciljanih' organizama u okolišu (osjetljivost na *Bti* opada rastom ličinki; početni stadiji ličinki osjetljiviji su na *Bti*, a budući da u višim stadijima ličinki dolazi do reduciranja hrana, na taj način dolazi i do smanjenog unosa *Bti* u probavilo ličinki komaraca i *Simuliidae*)
- način hrana ličinki (različite vrste ličinki različito se hrane: filtriraju vodu, pasu, stružu, grizu)
- gustoća ličinki komaraca (učinkovitost *Bti* opada s porastom gustoće populacije ličinki)
- kvaliteta vode, prisustvo zagađivala, salinitet, metali i količina organskih tvari u staništu (uvjetovana dotokom istih poplavljivanjem terena – u vodi zasićenoj organskim tvarima potrebno je 2 - 3 puta više *Bti* kako bi učinak smrtnosti bio isti kao i u čistoj vodi)

- temperatura vode (smanjenjem temperature proces hranjenja ličinki je sve rjeđi, što rezultira redukcijom uzimanja *Bti* od strane ličinki), odnosno ukoliko je temperatura vode niska, niska će biti i toksičnost *Bti*
- dubina vode (dublja voda zahtjeva veću količinu *Bti* od pliće vode, ali iste površine)
- svjetlost, odnosno UV zračenje (svjetlost može reducirati učinkovitost *Bti*)
- formulacija *Bti* (različite formulacije *Bti* proizvoda – u tekućem obliku, kao prah, granule i dr. pokazuju i različite stupnjeve toksičnosti na izložene vrste)
- vegetacija može biti od presudnog značenja pri odabiru formulacije *Bti* za larvicidni tretman, jer prisustvo biljaka u barama onemogućiti će ravnomjerno rasprostiranje proizvoda na bazi *Bti*, pa time smanjiti izloženost *Bti* ličinkama
- virusi (bakteriofagi), koji napadaju bakterije *Bti* i na taj način smanjuju toksičnost
- prisustvo drugih 'ne-ciljanih' organizama koji se također hrane filtriranjem (npr. *Daphnia curvirostris*) mogu imati utjecaj na učinkovitost *Bti*, odnosno mogu smanjiti smrtnost ličinki komaraca nakon tretiranja vode s *Bti* preparatima.

Sve navedeno upućuje na zaključak kako *Bti* nije rezistentan u prirodi dugo nakon aplikacije. Učinkovitost *Bti* se smanjuje unutar 24 sata od trenutka introdukcije u okoliš. Različite formulacije *Bti*, kao i tehnike apliciranja mogu u nekim slučajevima produžiti vijek trajanja *Bti*, iako je i u takvim situacijama djelovanje *Bti* limitirano faktorima kao što je UV-zračenje (Glare i O'Callaghan, 1998).

U drugu grupu organizama osjetljivih na *Bti* ubrajamo Chironomidae i Tipulidae. Chironomidae su vrlo važne u hranidbenom lancu kao hrana mnogim drugim životnjama koje žive u vodi.

Ličinke Chironomidae u nekim slučajevima pokazuju nisku osjetljivost na *Bti* koji je na nekom području bio apliciran kako bi uništio ličinke komaraca, ali na razini populacije ona nema bitnog

utjecaja. U nekim slučajevima, Chironomidae i neke vrste iz porodice Blephariceridae pokazuju povećanu osjetljivost na *Bacillus thuringiensis*. Postoje vrste, kao npr.: *Chironomus kiiensis*, *C. yoshimatsui* i *Paratanytarsus* sp. koje pri malim koncentracijama *Bacillus thuringiensis* ugibaju nakon dva dana. Međutim postoje i vrste koje nisu osjetljive na *Bacillus thuringiensis*, kao što je vrsta *C. plumosus* (Glare i O'Callaghan, 1998). U Njemačkoj, na primjer, tretmani komaraca obično ne pogađaju Chironomidae (Becker i Margalit, 1993).

Učinci primjene *Bacillus thuringiensis israelensis* na vrste koje nisu cilj tretmana

Beskralježnaci

Učincima djelovanja *Bacillus thuringiensis israelensis*, odnosno ICP na neciljane organizme i posljedicama po okoliš bavili su se mnogi znanstvenici, pa o istom postoje mnogobrojne studije (Burges i sur., 1981; Lacey i Mulla, 1990; Becker i Margalit, 1993).

Dokazano je da *Bti* nema izravan utjecaj na akvatične organizme, osim na komarce - Culicidae, Simuliidae i Chironomidae. Neke vrste rakova, mušica i različitih vodenih organizama nisu osjetljive na toksin bakterije *Bacillus thuringiensis*.

Opsežnim studijama je ustanovljeno da δ – endotoksin (parasporalni kristal) *Bacillus thuringiensis israelensis* ne djeluje toksično na školjkaše *Crassostrea gigas* i *Ostrea edulis* (WHO 1999), na populacije Amphipoda, Decaphoda, Hydracarina, Hirudinea, Hydrozoa, Nematoda, Oligochaeta, Porifera, Pulmonata, Turbellaria te na običnu gujavicu *Lumbricus terrestris* (Glare i O'Callaghan, 1998).

Ta uska specifičnost *Bti* glavna je odrednica izbora *Bacillus thuringiensis israelensis* u programima kontrole brojnosti komaraca, posebice u područjima gdje je važno održati stabilnost ekosistema (Sinegre i sur., 1980).

Postoji nekoliko radova koji donose rezultate višegodišnjih istraživanja na terenu, u kojima se proučavao toksični efekt *Bacillus*

thuringiensis na neciljane organizme, ali taj toksični učinak je izostao. (Ali 1981; Molloy i Jamnback 1981; Yameogo i sur., 1988; Miura i sur., 1980; Hershey i sur., 1995; Becker i Margalit 1993; Mulla i sur., 1982a,b; Gharib i Hilsenhoff 1988; Rettich 1983; Sinegre, 1980; Merritt i sur., 1989) Druga istraživanja u laboratorijskim uvjetima dokazala su također da nema štetnog utjecaja na organizme koji nisu predmet proučavanja (Wipfli i Merritt, 1994). Na osnovi svih dosadašnjih rezultata može se zaključiti da učinak *Bti* postoji na određene Nematocera (dugoticalci, podred Diptera), pri čemu se misli na Culicidae, Simuliidae i neke Chironomidae.

U Minnesoti, USA, tijekom proljeća 1989. godine izveden je eksperiment o djelovanju *Bti* i methoprena na bentičke beskralježnjake. Promatrane su reakcije u odvojenim bazenima i nije zamijećen nikakav negativan učinak larvidnog tretmana na biomasu, odnosno prisutne beskralježnjake (Hershey i sur., 1995). Primjerice, vrsta *Chironomus plumosus* pokazuje osjetljivost prema *Bti* jedino u koncentracijama koje su puno više od onih koje se koriste za tretiranje ličinki komaraca (Larget i de Barjac, 1981). *Bti* nije toksičan za pčele (Krieg i sur., 1980).

U novije vrijeme pojavljuju se radovi u kojima se spominje rezistentnost komaraca na *Bti*.

Kralježnjaci

Kada su ribe (Wipfli i sur., 1994; Becker i Margalit 1993) i vodozemci bili izloženi *Bacillus thuringiensis isrealensis* nisu uočene nikakve patološke promjene (WHO 1999). Eksperimenti na sisavcima pokazuju vrlo nizak rizik od toksičnog djelovanja *Bacillus thuringiensis* (Glare i O'Callaghan, 1998). To je stoga što se senzibilizacija prema δ - endotoksinu javlja u uvjetima visokih pH vrijednosti (kakve su u probavilu kukaca), a takvi nisu prisutni u probavilu sisavaca.

6.4. Način korištenja konvencionalnih preparata na bazi *Bti*

Velike poplavne površine sa sobom nose i veliku brojnost poplavnih vrsta komaraca, jednako tako raznolikost staništa je nešto o čemu se mora voditi briga pri izboru preparata koji se koriste za suzbijanje komaraca u fazi razvoja vezanog uz vodu. Pored visoke učinkovitosti preparata na ličinke komaraca najvažnija dodatna osobina bioloških preparata je selektivnost. Preparati na bazi toksina bakterije *Bacillus thuringiensis israelensis* su visoko selektivni mikrobiološki pripravci koji su zahvaljujući svojoj učinkovitosti u tretirajući ličinki komaraca pronašli upotrebu u gotovo svim strategijama kontrole komaraca u Europi. U Republici Hrvatskoj registrirane su u tri formulacije: tablete, tehnički prah i samodispergirajuće topive granule.

Tehnički prah se primjenjuje uz dodatak vode tako da je aplikacija ovog preparata u tekućem obliku, odnosno prskanjem iz uređaja koji omogućuju primjenu otopine u određenoj koncentraciji. Apliciranje može biti iz uređaja koji se koriste individualno, ali i iz uređaja na vozilima (automobili, čamci, amfibije) i iz helikoptera. Pri uvjetima kada je moguće precizno odrediti površine za tretman pomoću digitalnih karata, odnosno modela plavljenja tretmani iz zraka imaju prednost u odnosu na tretmane sa zemlje. Eventualni problem koji se može pojaviti tijekom apliciranja ove formulacije je kada su legla prekrivena s više slojeva guste vegetacije (Merdić i Milas 2003).

Na početku sezone (ožujak - travanj) rani stadiji razvoja vegetacije omogućuju lagano prodiranje preparata do legala i prikladan tretman. Međutim, razvitkom zelene lisne mase dolazi do stvaranja više različitih slojeva vegetacije koji onemogućavaju prodor preparata do legla. Za apliciranje iz zrakoplova tijekom čitave vegetacijske sezone mogu se koristiti samodispergirajuće topive granule. Zbog svoje specifične težine i formulacije (granule), granule bez problema prolaze kroz lisnu masu te legla koja se nalaze u šumama mogu biti prikladno tretirana (pomoću ovog preparata).

Posljednjih godina, naročito u suzbijanju komaraca korištene su smrznute kapljice vode u formi ledenih granula kao nosača aktivne tvari. Inkorporiranjem *Bti* u granule i tablete ostvaren je značajan napredak u postizanju boljeg učinka. Trenutno se velika pozornost posvećuje razvoju granula koje postupno oslobođaju aktivnu tvar.

Ledene granule nastaju kada se vodena otopina s aktivnom tvari zamrzne u granule male veličine (3 do 5mm). Ove granule se do svoje primjene moraju čuvati na niskim temperaturama (ispod 0 °C). Prednosti ledenih granula u odnosu na druge formulacije su u tome što je toksin unutar ledene granule tako da nema gubitka aktivne tvari pri aplikaciji. Zbog svoje specifične težine ledene granule ostaju u gornjem sloju vode i oslobođaju toksin topljenjem u sloju u kojem se ličinke komaraca hrane, ledene granule prolaze kroz gustu vegetaciju i ne ostaju na listovima. Prednost ledenih granula je i u mogućnosti apliciranja u različite biotope, mogućnosti primjene u različito doba dana i po vremenskim uvjetima koji se ne mogu smatrati idealnim za tretman iz zraka. Koncentraciju aktivne tvari preporuča proizvođač preparata u ovisnosti od tipa legla, odnosno od čistoće vode tj. opterećenosti organskim tvarima i stadija ličinki. Što je voda čišća i ličinke u nižoj fazi razvoja (optimalan je 2. stadij ličinke), preporučena koncentracija je niža. U uvjetima poplavnih područja, voda je relativno čista, bez visokih udjela organske tvari.

Osim ledenih granula za apliciranje iz helikoptera (Slike 6.4.1., 6.4.2) se preporuča *Bti* preparat u formulaciji samodispersirajuće topive granule. Koncentraciju određuje proizvođač. Učinkovitost ovih tretmana svakako treba provjeriti kontrolom učinkovitosti tretmana. Bilježenje mortaliteta ličinki poslije svakog tretmana treba uvesti kao sastavni dio suzbijanja komaraca tj. procijeniti smanjenje populacije u odnosu na inicijalnu populaciju prije tretmana. Također kalibracija uređaja za aplikaciju predstavlja sastavni dio aktivnosti koje su neophodne kako bi se utvrdili uzroci eventualnih propusta.

Monitoring ličinki treba biti temelj za odabir vremena i površine za larvicidni tretman. Kako su za odluku o tretiranju neophodni različiti parametri (brojnost ličinki, stadij ličinki, vrijeme, veličina površine za

tretman), neophodno je određivanje kriterija. Najvažniji kriterij je određivanje kritičnog broja ličinki. Programi nekih europskih zemalja temeljeni su na kriteriju od 5 ličinki po uzorku za legla površine preko 1 ha do 50 ličinki za površine manje od 1 ha.



Slika 6.4.1. Punjenje spremnika ledenim granulama s Bti kao aktivnom tvari
(foto Enrih Merdić)



Slika 6.4.1. Aplikacija ledenih granula iz helikoptera (foto Enrih Merdić)

6.5. Genetička kontrola komaraca

Početci genetičke kontrole komaraca zabilježeni su 1959. godine kada Knippling objašnjava da se plodnost monogamnih ženki brzo smanjuje parenjem sa sterilnim mužjacima (Merdić, 2005). Od toga trenutka počeo je razvoj znanosti i tehnologije koja omogućuje ovakav način kontrole komaraca. Od tog vremena pa sve do danas primjetan je ogroman razvoj molekularne biologije koja ima primjenu u biologiji, zdravstvu, poljoprivredi ali i zaštiti od kukaca koji nanose štete ljudima u bilo kojem smislu. Objavljanje potpunog genskog slijeda vrste *Anopheles gambiae* (Holt, 2002.) upotpunilo je spoznaje o komarcima i olakšalo rad na molekularnoj, biokemijskoj i genetičkoj razini. Utjecaj vektora i bolesti koje prenose na globalnoj razini te korištenje konvencionalne kemijske kontrole tj. insekticida koji dovode do rezistentnosti, opravdavaju ulaganje u istraživanja novih načina kontrole. Mogućnost praktične primjene genetičke kontrole generirala je osnivanje tzv. „genetičke strategije uklanjanja i smanjivanja populacija kukaca - vektora bolesti“ s globalnim značenjem i primjenom (Varmus i sur., 2003.).

Pojam „genetička kontrola“ zapravo podrazumijeva aktivnosti koje se odvijaju na dva fronta. **Prvo:** Uklanjanje cijele populacije određene vrste komaraca masovnim puštanjem genetički modificiranih mužjaka komaraca koji bi se trebali pariti s autohtonim ženkama i koje produciraju neplodno potomstvo. Ovaj pristup je općenito poznat kao „tehnika sterilnih mužjaka“. SIT-a (Sterile Insect Techniques) je metoda kontrole koja je u fazi provjere na terenu i intenzivno se razvija. **Drugo:** Zamjena populacije. Cilj ovoga pristupa je da se identificiraju i stvore geni ili genske konstrukcije koje onemogućavaju razvoj patogena. Geni za otpornost su povezani s nosačima te kada se unesu u autohtonu populaciju postepeno zamjenjuju prirodne gene s modificiranim.

Genetička kontrola nije samo alternativa konvencionalnim tehnikama kontrole, ona nudi i neke specifične prednosti. Ova tehnika temelji se na prirodnom ponašanju komaraca koji su

slobodni (pušteni) kako bi se omogućilo da pronađu jedinke autohtone populacije i da se pare s njima. Ovi slobodni (pušteni) komarci, zbog svoje brojnosti i mogućnosti leta, imaju puno veći pristup područjima na koje ljudi teško mogu pristupiti. Svaki genetski mehanizam usmjeren je na isključivo jednu vrstu komaraca tako nema nikakav utjecaj na neciljane vrste komaraca, druge kukce ili druge životinje. Ova specifičnost donosi mogućnost primjene vrlo preciznih intervencija s malim ili nikakvim posljedicama za okoliš ili pak posljedicama na javno zdravstvo. Odgovoran pristup samom razvoju i korištenju ove inovativne tehnologije zahtijeva i uzimanje u obzir rizika od neplaniranih posljedica.

Uklanjanje populacije

Uklanjanje populacije se obavlja pomoću SIT metode. Uspjeh ove metode temelji se na činjenici da se ženke komaraca pare samo jedanput, a jaja polažu u više navrata, ovisno o krvnom obroku. Spermu čuvaju u spermatekama i kada su spremne za novu oplodnju „otvore“ spermateku i oplode novu seriju jaja. Ako se ženka pari sa sterilnim mužjakom tada će ženka položiti samo sterilna jaja i nova generacija komaraca se neće razviti. Puštanje sterilnih mužjaka u dovoljnog broju i tijekom dužeg vremena, omogućiti će veći broj sparivanja sa ženkama. U konačnici populacija će doživjeti pad brojnosti sve do izumiranja.

Karakteristike SIT metode su: (1) visoko je specifična za ciljane vrste (2) bolje funkcioniра kod manjih populacija (3) temelje se na sposobnosti mužjaka za otkrivanje ženki i parenje.

SIT - uključuje nekoliko odvojenih faza:

1. Uzgoj i spol. Da bi se primijenila ova metoda potrebno je uzgojiti veliki broj jedinki, ali i odvojiti mužjake i ženke, budući da se u prostor puštaju samo mužjaci. Problem razdvajanja mužjaka i ženki najveći je problem za korištenje ove metode. Za neke vrste komaraca potporodice Culicinae, odvijanje može biti mehaničko na osnovi različite veličine kukuljice mužjaka i ženki. Za učinkovito korištenje mehaničkog separatora za odvajanje spola, uzgoj mora biti standardiziran da bi se osigurala jednaka veličina

kukuljica. Za određene vrste potporodice Anophelinae dovoljan je spolni dimorfizam kako bi se omogućila mehanička separacija, ipak većina vrsta nema dovoljno razlika za rad ove tehnike. Učinkovito razdvajanje mužjaka i ženki je još u fazi istraživanja.

2. Sterilizacija mužjaka može se obaviti na više načina. Kemosterilizacija se obično obavlja uranjanjem kukuljica određeno vrijeme u otopinu alkilnog aziridinil spoja (npr. thiotepa ili bisazir). Ovim postupkom možemo postići visoku razinu sterilnosti uz minimalne gubitke (Seawright i sur., 1977), ali zbog opasnosti za ljude ova metoda se na koristi.

Najčešće se koristi tehnika zračenja. Kukuljice se izlože gama zrakama s dozom od 70 do 120 Gy. Izloženost takvim zrakama uzrokuje dominantnu letalnu mutaciju u spermii mužjaka komaraca. Manje doze uzrokuju djelomičnu sterilizaciju dok veće doze uzrokuju potpunu sterilizaciju. Kod većih doza primijećena su oštećenja drugih stanica, stoga se uglavnom koriste manje doze, budući da su koristi od većeg „fitnessa“ (dovoljno snažnih mužjaka) veće od djelomične sterilizacije (Helinski i sur., 2006).

Postoje i druge tehnike koje se koriste kako bi se osiguralo odsustvo ženskih potomaka. Citoplazmatska nekompatibilnost može se koristiti kako bi se uklonili ženski potomci. Poznato je da se križanjem sojeva iste vrste s različitim lokacijama ponekad može proizvesti neplodno potomstvo. Puštanje velikog broja komaraca koji su nekompatibilni s lokalnim populacijama ima sličan učinak kao i sterilizacija pomoću kemikalija ili zračenja.

Oslobađanje kukaca s dominantnim smrtonosnim (RIDL) genom je varijanta za SIT - tehnike koja se trenuto razvija. Genetskom manipulacijom razvija se soj komaraca koji nosi specifični smrtonosni gen za ženke. Uklanjanje represora za taj gen tijekom masovnog uzgoja, omogućuje proizvodnju isključivo mužjaka komaraca bez upotrebe kemosterilizacije ili zračenja. Ovakav način omogućuje stvaranje mužjaka koji nisu sterilni, ali nose ženski specifični smrtonosni gen. Parenje između RIDL mužjaka i divljih ženki, rezultira samo stvaranjem mužjaka. Ovi mužjaci nose RIDL gen u

heterozigotnom obliku što pridonosi uklanjanju ženki u kasnijim generacijama (Alphey i Andreasen, 2002).

Zamjena populacije

Krajem šezdesetih godina prošlog stoljeća razmatrala se mogućnost stvaranja i puštanja sojeva komaraca koji su otporniji na ljudske patogene. (Curtis, 1968.) U svom najjednostavnijem obliku ovaj pristup zahtjeva nekoliko koraka: (1) identifikacija i stvaranje gena ili genske strukture koja stvara otpornost kod odabranih vrsta komaraca na odabrani patogen; (2) stvaranje mehanizma nosača koji će pomoći širenju i učvršćivanju novog gena unutar ciljane populacije; (3) povezanost gena/genske strukture s nosačem. Tako genetski modificirane komarce treba pustiti u prirodu. Proces širenja i zamjene trebao bi biti samoodrživ i u teoriji bi puštanje samo jednog modificiranog komarca trebalo omogućiti prijenos gena kroz cijelu populaciju. Međutim, u praksi je potrebno puštanje velikog broja genetski modificiranih komaraca u više navrata kako bi se osiguralo brzo širenje i uvodenje novog gena.

Razvoj sojeva komaraca s povećanom otpornošću zahtjeva potpuno razumijevanje veze između patogena i vektora. Budući da patogen (u ovom slučaju i parazit) mora proći kroz komarca kroz nekoliko mehanizama, teoretski moguće je pronaći neki mehanizam koji će spriječiti prolaz patogena i na taj način spriječiti da komarac bude vektor. Primjerice *Plasmodium* spp. prolazi kroz niz različitih stupnjeva, od gametocita do sporozoita prolazeći kroz dvije odvojene stanične barijere u komarcu, srednjeg crijeva i sluznice žlijezda slinovnica. Parazit može biti osjetljiv na napad u svakoj od tih faza.

Etički problemi GMO komaraca u kontroli komaraca

Iako genetička modifikacija komaraca naizgled može puno ponuditi ljudima koji su ugroženi bolestima koje prenose vektori (u ovom slučaju komarci), otvaraju se mnoga ozbiljna pitanja. Sumnja o genetičkim tehnologijama ima duboke korijene i velike neprijatelje u svim razinama društva. Tijekom 70-ih godina prošlog stoljeća, u Indiji

je pokrenut međunarodni znanstveni program kako bi se utvrdio potencijal genetičkih tehnika u suzbijanju komaraca. U vrijeme nacionalnih i političkih tenzija, znanstvenike su optužili lokalni novinari i političari za provedbu biološkog rata koji financira SAD-e. Negiranje ovih optužbi bilo je uzaludno i u vrlo kratkom roku Indijska vlada je ugasila cijeli program. (Curtis, 2007) Čak i danas u medijima i organizacijama za očuvanje okoliša posljedično i u narodu postoji sumnja nad upotrebom genetičke tehnologije. Primjerice, kontroverza oko upotrebe genetički modificiranih biljaka je prepoznata širom svijeta, ali se proizvodnja nastavlja unatoč naporima uključenih strana za rješavanje problema.

Što se tiče genetičke kontrole vektora bolesti bitno je u samom početku razviti jasnú komunikaciju između svih interesnih skupina. Uključivanje takvih interesnih skupina mogu rezultirati širenjem područja primjene istraživanja neophodnog za implementaciju genetičkih tehnologija kontrole. Utvrđivanje utjecaja GMO komaraca na predatore kao što su paukovi i ptice ili mogućnost stvaranja komaraca koji bi prenosili i neke druge bolesti mogli bi postati krucijalni za nastavak istraživanja i implementaciju (Coleman i Alphey, 2004).

U ovom kontekstu treba istaknuti još dvije moguće posljedice. Genetičko upravljanje kroz zamjenu populacija komaraca trebalo bi biti samoobnovljivo i da se lako širi kroz susjedne populacije, što znači da lokalno uvedeni komarci mogu imati međunarodne posljedice. I drugo, uspješna genetička kontrola vektora može rezultirati gubitkom imuniteta šire populacije što dalje može dovesti do epidemije potaknute drugim sojem ili drugom vrstom vektora (Knols i sur., 2007).

Kao biolozi i zaštitari prirode, nisamo skloni uvođenju ovih metoda kontrole komaraca u široku primjenu. Dokle god se ne istraže svi mogući utjecaji na prirodu, NE GMO komarcima.

6.6. Poslovi kontrole komaraca i javnost

Pojam „kontrola komaraca“ je vrlo širok pojam, a podrazumijeva sve aktivnosti kojima je cilj smanjenje broja komaraca na nekom području. Te aktivnosti su: organizacija, financiranje, monitoring, aplikacija pripravka, suzbijanje, kontrola učinkovitosti tretiranja, ukazivanje na opasnost od vektora suzbijanje vektora i nadzor nad svim navedenim aktivnostima. Poslovi kontrole komaraca iz mnogih su razloga zanimljivi javnosti. Prije svega, važnost izvješćivanja u javnost ovih poslova je velika zbog toga što su ljudi željni informacija o kukcima koji im smetaju, prije svega jer ih istog trenutka žele uništiti (tipična reakcija mnogih ljudi kada im spomenete komarce) (Madoon, 1989). Negativan stav ljudi prema komarcima se još više povećava u moderno doba – doba urbanizacije, za koje je značajno udaljavanje od prirode. Drugi važan razlog je u tome što te poslove uglavnom financira lokalna samouprava. Lokalna samouprava je u obvezi javno i transparentno prikazivati kako se troši proračunski novac. Naravno da je i taj segment izuzetno značajan javnosti. Nadalje, posebno značenje za javnost je moguća vektorska uloga komaraca u prenošenju bolesti. Svjedoci smo ogromnog interesa javnosti kada se prije nekoliko godina ponovo pojavila bolest za koju se smatra da je prenesena komarcima. Te vijesti su zauzele naslovnice medija i predvodile centralne informativne emisije. Sljedeća važnost izvješćivanja javnosti poslova kontrole komaraca je obavljanje kada i gdje će se obavljati tretmani zbog mogućih implikacija na korisne kukce i druge životinje. Tako pčelari s velikim interesom prate medije kada će javiti informacije o tretiranjima komaraca. Edukacija je također značajna tema (ali najmanje zanimljiva) koju mediji prenose građanima o tome što bi sami mogli učiniti da se zaštite od komaraca. Kao i u većini situacija u životu i ovdje je jasno izražen stav (kao i u zdravlju, politici...) da je mnogo lakše da netko drugi rješava moje probleme!

Oblici izvješćivanja u javnosti i mediji

Usmeno izvješćivanje je oblik izvješćivanja kada informacije iznesene u medijima traju kratko. Živa riječ je najčešće prenesena

direktno od izvora, tj. od osobe koja daje informaciju. Pisana informacija traje nešto duže budući da se na takvu informaciju ljudi koji ju primaju mogu više puta vratiti i analizirati je. Pisana informacija modernih medija (internet) je svakako ona koja najduže traje. Pohranjena na internetu, informacija je dostupna svima i na tu informaciju se ljudi mogu vraćati mnogo puta kroz duže vremensko razdoblje.

Dnevni tisak predstavljaju medij koji se pojavljuje na dnevnoj bazi, a informacije koje su napisane mogu promaknuti većem broju ljudi. Ovdje je najčešće riječ o reinterpretaciji informacije koje su novinari dobili. Stoga treba biti vrlo oprezan kada se daju informacije novinarima za tiskovine. Dnevno tiskani mediji imaju svoju specifičnu (uglavnom stariju) publiku. Ovaj medij možemo staviti u kategoriju sporijih medija.

TV predstavlja izravan i relativno brz medij. Kod ovog medija informacije se dobivaju uglavnom izravno od osoba, a novinari najčešće mogu samo prokomentirati situaciju (ne i reinterpretirati). Televizija predstavlja vrlo jak medij i usudio bih se reći vrlo respektabilan. Informacije koje se prenose ovim medijem uglavnom su popraćene različitim dokumentiranim prikazima poslova kontrole komaraca, što daje veće značenje informacijama. Ovaj medij je umjerenog brz u prenošenju informacija.

Radio je također izravan medij. I kod ovog medija informacija se prenosi izravno od osoba koje daju informaciju. Posebnost ovog medija je njegova brzina i učinkovitost. Novinari ovog medija, osim što pozivaju svoje sugovornike u studio, u novije vrijeme često ih kontaktiraju telefonom tako da je još ubrzaniji protok informacija. Ovaj medij ima svoju široku redovitu publiku, ali i povremenu koja ponekad sluša radio (npr. u automobilu).

Službena mrežna stranica predstavlja novi suvremeni medij za prenošenje informacija. Informativnost mrežne stranice ovisi o ažuriranju informacija (Becker i sur., 2010). Mrežne stranice s rijetkim ažuriranjem mogu donijeti samo opće informacije, ali i one edukativne (uobičajeno nezanimljive građanima). Ukoliko se mrežna stranica redovito i često ažurira (update) ovakav medij predstavlja vrlo moćan izvor informacija. Na internetskoj stranici dolaze

informacije samo od strane osoba koje daju informaciju (bez upitljivanja novinara). Informacije koje izlaze su višestruko provjerene. Na mrežnoj stranici se mogu nalaziti razni oblici prikazivanja stanja kao što su: tekstualna i slikovna poruka, različiti dijagrami, video zapis i animacije. Publika koja prati ovaj medij je uglavnom mlada, ali ovaj medij se širi velikom brzinom.

Prednosti i nedostatci pojedinog medija

Kada govorimo o prednostima i nedostatcima pojedinog medija, odmah moramo reći da svaki medij ima svoje prednosti i nedostatke. Nedostatak dnevno tiskanih medija je sporost prenošenja informacija, mogućnost reinterpretacije informacije koju prenosi i cijena (potrebno je kupiti dnevni tisak). Prednosti ovog medija su neograničenost informacija koju prenosi. U dnevnom tisku informacije o kontroli komaraca mogu zauzeti vrlo veliki prostor (čak i nekoliko stranica) i ukoliko su vješti dizajneri novina, vrlo pregledno donijeti informacije od različitih subjekata. Nedostatak televizijskog prenošenja informacija je prije svega kratkoča vremena koja je na raspolaganju za prijenos informacija. Nerijetko u okviru neke informativne TV emisije informacije o kontroli komaraca dobiju svega nekoliko minuta, pa se može dogoditi da se prenese samo dio informacija. Prednosti ovog medija su prije svega njegova snaga, nekako svi očekujemo potvrdu informacija na centralnim informativnim TV emisijama. Slika, a pogotovo snimak, nekada govori više od tisuću riječi. Informacije se dobivaju iz prve ruke, dakle od osoba koje daju informaciju, a kratki video prilozi daju dojam kompletne slike – stanja. Kada govorimo o nedostatcima interneta kao izvora informacija moramo prije svega spomenuti ažuriranje mrežnih stranica. Često nalazimo mrežne stranice koje već duže vrijeme nisu ažurirane, tj. nude stare podatke. Nadalje, internet je (još uvijek) izvor informacija za mlađe osobe i osobe srednjih godina koji su vješti u dobivanju informacija preko interneta. No to se brzo mijenja! Prednosti ovog medija su višestruke. Prije svega informacija na mrežnoj stranici dobivena je izravno od osobe koja ju daje (nema reinterpretacija), prikazivanje informacija može biti raznoliko: od tekstualnih i slikovnih informacija, preko prikazivanja karata, video

zаписа, анимација све до пohранjenih информација из ближе прошлости. На овом медију нema ограничења за простор и количину информација. Често ljudи који тraže само информацију pretraže (prosurfaju) цijelu мrežnu stranicu па se time mogu i educirati будуći da na mrežnoj stranici uvijek postoji edukativni dio.

Opasnost od nekih novinara i reinterpretacije

Zbog važnosti информација које се у оквиру посла контроле komaraca могу naći potreban je vrlo veliki oprez zbog mogućih neželjenih ситуација. Mediji koji bi u osnovi trebali prenositi информације onakve kakve jesu, nalaze se na tržištu što znači da oni moraju prodati своje информације. Tržište u medijima je vrlo opasno jer zbog povećanja продaje i moguće zarade, информације могу pasti u други план. Može se dogoditi da urednik postavi senzacionalistički naslov koji продaje новине или што је још gore, потпuno se negativističки osvrnuti, односно „REINTERPRETIRATI“ информације које ће тада добити други смисао. Nerijetko se dogodi да су неки медiji под контролом политичких stranaka па ovisno o tome treba li toj stranci publicitet ili drugu stranku treba izložiti ruglu, reinterpretiraju информацију. Dugogodišnje iskustvo u kontaktu s medijima, govori нам да су tiskani mediji pod velikim utjecajem politike, tj. da su obojani (ne daju čistu информацију). Stoga je preporuka da se u ovakvim slučajevima traži autorizacija teksta, na što novinari moraju pristati.

Obavješćivanje javnosti i edukacija

Edukacija stanovništva zauzima vrlo veliko značenje tijekom informiranja javnosti o poslovima kontrole komaraca. Može se to i drugačije definirati. Tijekom informiranja javnosti o poslovima kontrole komaraca neophodno je educirati ljudе, будући da ne postoji sustavna edukacija za takve obične, a izuzetno važne životne stvari. Nevjerojatna je činjenica da civilizacija grabi krupnim koracima naprijed, a nedostaju nam neka osnovna znanja. Česta pitanja kao što su: „Budu li samo ženke komaraca?“ ili: „Smijem li doći u Slavoniju kad тамо боде онaj komarac što prenosi onu bolestину?“ ukazuju на то да је neophodno stalno provoditi edukaciju i то на raznim nivoима. Koristiti medije da kroz информације provuku i

edukativni sadržaji, trebao bi biti zadatak svakog onog koji daje informacije u medije. Naravno da se podrazumijeva da onaj koji daje informacije bude dovoljno obrazovan i daje samo točne i istinite činjenice. Mediji se mogu iskoristiti tako da se naprave posebne emisije (radio, TV) koje bi bile isključivo edukativnog karaktera. Ukoliko se uloži nešto novca i velik entuzijazam novinara i onoga koji daje informacije za izradu edukativnog programa, može se napraviti vrlo vrijedan edukativni program. Naravno da postoje ograničenja budući da emitiranje i ponavljanje takvog edukativnog programa košta. Koliko će to koštati i tko će to platiti ostaju otvorena pitanja.

Primjer suvremenog obavlješćivanja javnosti

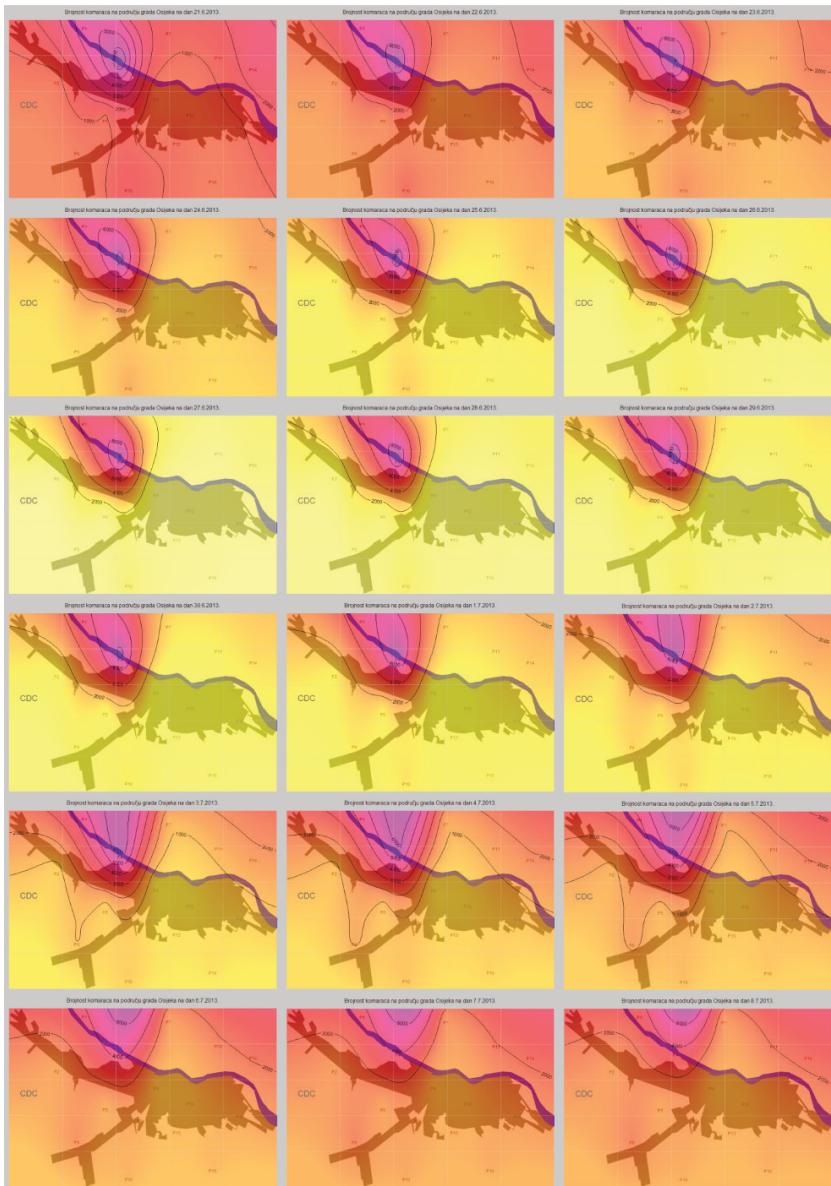
Odjel za biologiju, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku dugi niz godina obavljao je poslove monitoringa i istraživanja komaraca u Osijeku. Kroz to vremensko razdoblje postojali su različiti oblici izvješćivanja o poslovima, ne samo monitoringa, nego i realizacije cijelog programa kontrole komaraca. Od pojedinačnih poziva novinara, preko konferencija za novinare do pokretanja mrežne stranice kao jedinog kontakta s javnošću. Mrežna stranica Odjela za biologiju bila je službena stranica, a link o monitoringu komaraca ažurirao se svaki drugi dan ovisno o dotoku informacija koje su stizale s terena. Mrežna stranica je puštena u javnost 2012. godine, a 2013. i 2015. godine je dograđivana. Zatvorena je prestankom rada na tom poslu 2017. godine. Nalazila se na adresi: <http://komarci.biologija.unios.hr>. Sada je sadržaj na toj stranici reducirani. U vremenu kada je bila aktivna u punom obliku stranica je donosila mnoštvo informacija. U naslovnicu su dominirale osnovne informacije, a to su brojnost komaraca u gradu i izjava za javnost u kojoj se opisuje trenutna situacija i prognoza za narednih nekoliko dana. Na stranici je bilo javno prikazano stanje brojnosti komaraca kako u ličinačkom, tako i u odrasлом stadiju. Osim tih informacija značajan prostor osiguran je za edukaciju stanovništva vezano uz komarce. Dio stranice o edukaciji stanovništva dao je informacije što građani sami mogu učiniti da smanje brojnost komaraca. Na stranici su se nalazili objavljeni znanstveni i stručni radovi istraživačkog tima vezani uz komarce grada Osijeka. Na slici 6.6.1 prikazano je sučelje

stranice, na slici 6.6.2 prikazan je niz od 18 sličica koje se na mrežnoj stranici izmjenjuju redoslijedom pa izgleda kao film kretanja brojnosti i širenja na području grada.

Danas takvih informacija nema (ni takvog oblika informiranja), kao da nas to više ne zanima. Zar stvarno stanje o komarcima baš nikoga ne zanima?



Slika 6.6.1. Sučelje mrežne stranice Odjela za biologiju – monitoring komaraca od 2012. do 2017. godine



Slika 6.6.2. Set slika izdvojen iz dinamičke slike grada Osijeka s izorithmama promjene brojnosti komaraca od 26. lipnja do 8. srpnja 2013.

Javnost kao izvor informacija

Često se u programima kontrole komaraca javnost koristi kao izvor informacija. Jedan od oblika dobivanja informacija je i dojava građana o stanju na terenu. Nositelji programa daju svoj telefonski broj, a građani na taj telefonski broj prijavljuju povećan broj komaraca. Ovakvu dojavu potrebno je prihvatići, ali prije svega provjeriti ispravnost informacije. Građani su skloni subjektivno procjenjivati brojnost komaraca, pa nerijetko prijavljuju neznatno povećanje broja komaraca. Nakon provjere i utvrđivanja pravog stanja obično se organiziraju potrebne akcije. U nekim programima kontrole komaraca u Republici Hrvatskoj ova metoda informiranja donosi vrlo dobre rezultate tj. dobru spregu između javnosti i operativnih akcija tretiranja. S druge strane osobno sam svjedočio izricanju mnogih osuda za aktivnosti suzbijanja, a realno stanje na terenu nije bilo alarmantno.

Drugi oblik sudjelovanja javnosti u poslovima kontrole komaraca je pomoć lokalnog stanovništva kod pregleda terena i ukazivanje na mesta potencijalnih legitimalnih komaraca. Lokalno stanovništvo puno bolje poznaje teren i njihove informacije skraćuju vrijeme traganja za potencijalnim leglima.

7. Galerija fotografija

U ovom poglavlju želimo prikazati značajne fotografije koje su nastale tijekom naših dugogodišnjih istraživanja komaraca. Sastavni dio opreme istraživačkog rada je fotoaparat. Ta spravica zabilježila je mnogo trenutaka koji su jednim „škljocem“ ostali pohranjeni da se ne zaborave.



Slika 7. 1. Poplavljena inundacija, veliko leglo komaraca snimljeno iz zraka, let sa zmajem (Foto Goran Vignjević)



Slika 7.2. Lokva, značajno leglo komaraca u Istri (foto Goran Vignjević)



Slika 7.3. Monitoring komaraca za vrijeme poplave na rijeci Savi 2014. godine, mjesto pucanja nasipa (foto Mirta Sudarić Bogojević)



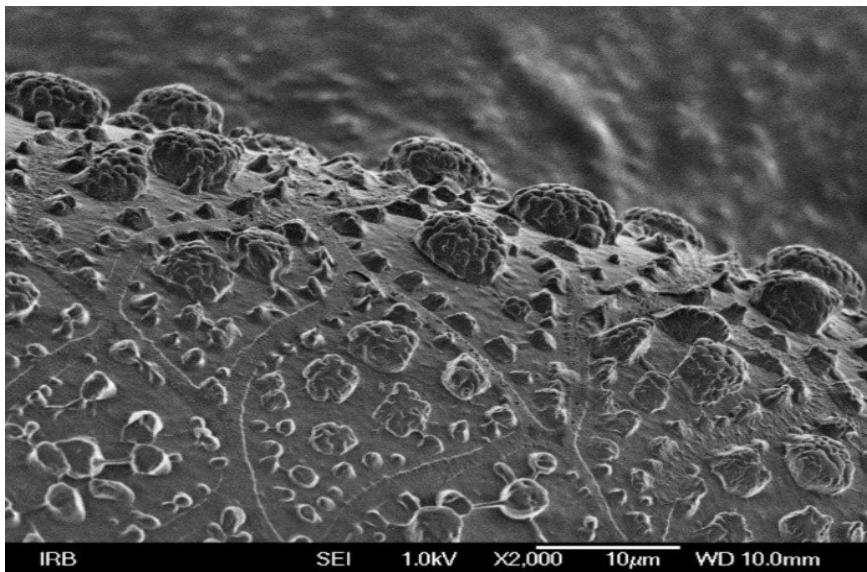
Slika 7.4. Masovno uzorkovanje komaraca za potrebe istraživanja migracija iz Kopačkog rita (foto Mirta Sudarić Bogojević)



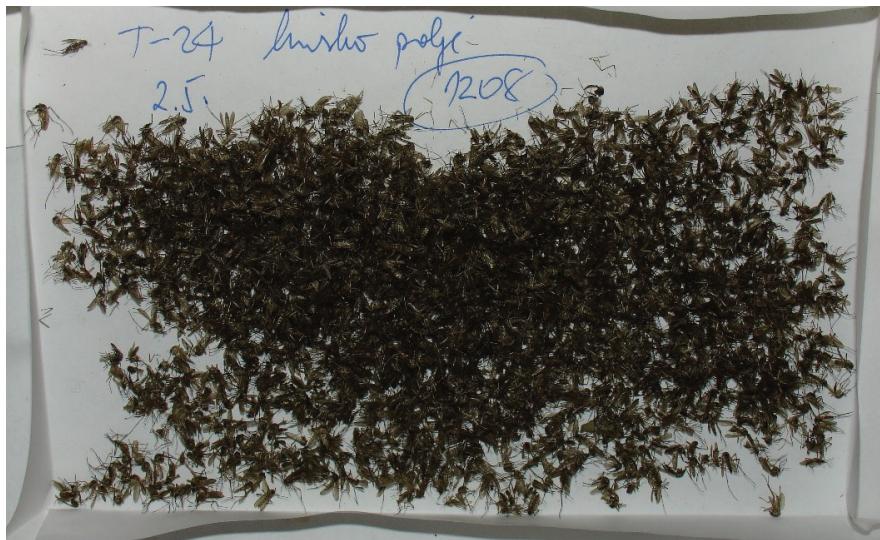
Slika 7.5. Nakupina vode u stijeni na srednjem Velebitu, leglo vrste *Ae. japonicus* na 921 m nadmorske visine (foto Enrih Merdić)



Slika 7.6. Jaja vrste *Ae. albopictus* položena na lesonit pločici ovipozicijske klopke (foto Ana Klobučar)



Slika 7.7. Površina jaja vrste *Ae. albopictus* snimljena skenirajućim elektronskim mikroskopom, povećanje 2.000 x (foto Ana Klobučar)



Slika 7.8. Prosječan ulov odraslih komaraca na poplavnom području za 12 sati rada CDC klopke uz suhi led kao atraktant (foto Mirta Sudarić Bogojević)

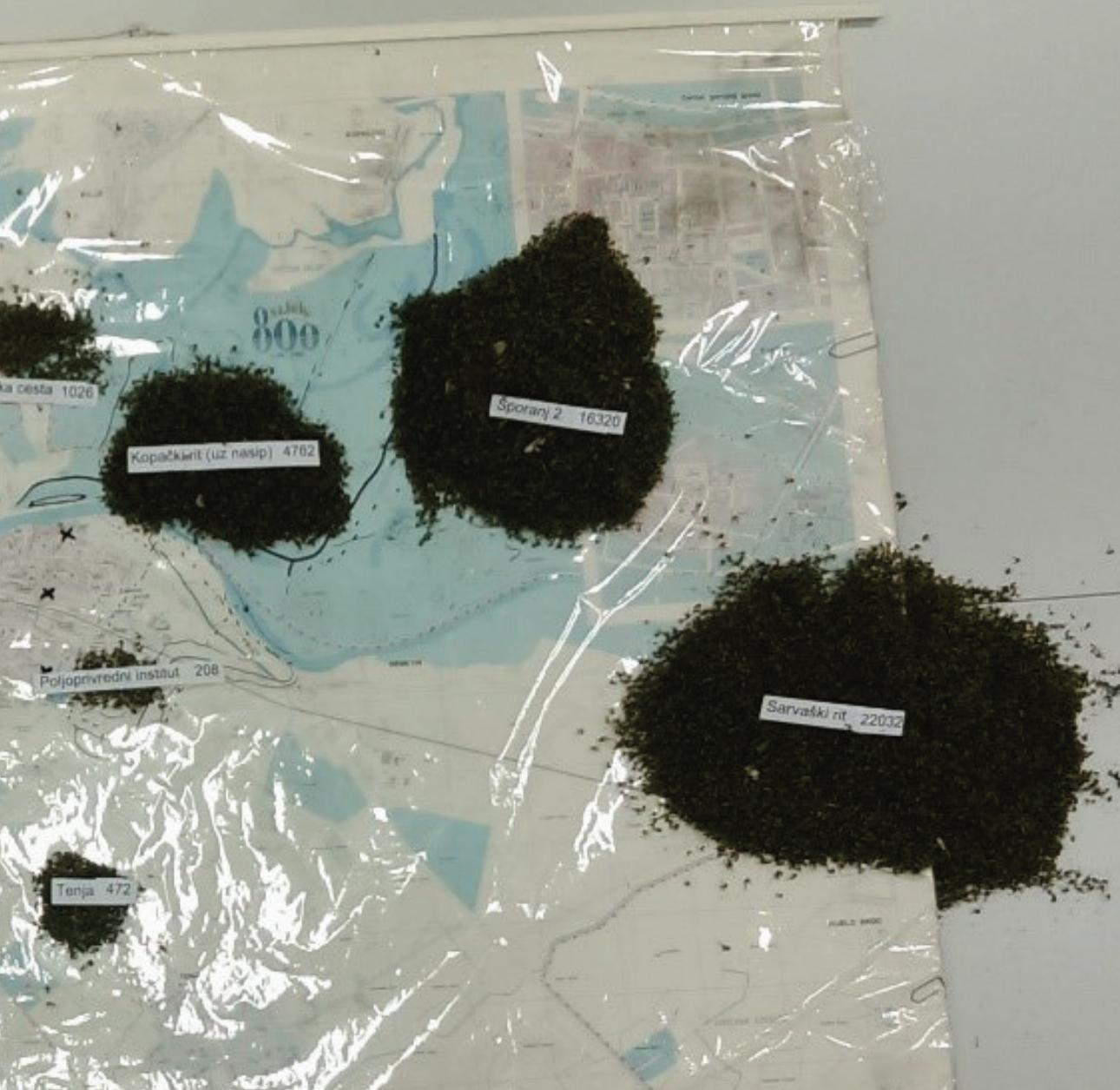


Slika 7.9. Jedinka vrste *Oc. sticticus* u akciji. Jedinke ove vrste značajni su molestanti u poplavnim područjima Hrvatske (foto Ana Klobučar)



Slika 7. 10. U svega nekoliko zahvata uhvaćene ličinke i kukuljice vrste Ae. vexans u poplavnom prostoru nedaleko Osijeka (foto Enrih Merdić)





Slika 7.11. Ilustrativni prikaz prostorne razdiobe gustoća populacija komaraca na širem području Grada Osijeka tijekom lipanske invazije u 2015. godine (jedinice komaraca uhvaćene metodom CDC klopli dana 25. lipnja 2015. i prostorno pridružene konkretnoj istraživačkoj postaji). Uočljive su ekstremno visoke gustoće u područjima izvan urbane zone, uključujući i prigradsko naselje Sarvaš - na slici krajnje desno i znatno manji broj komaraca u urbanoj zoni (foto Enrih Merdić)



Slika 7. 12. Spremne za izlijeganje, kukuljice komaraca na površini vode
(foto Enrih Merdić)



Slika 7. 13. Željko se sprema za akciju (foto Enrih Merdić)

OSIĆI KRAPELJ



HORN OSICE





Slika 7. 14. Tim koji je radio projekt Monitoring i istraživanje komaraca u Osijeku 2015. godine. Na slici s lijeva na desno Stoe: Mario Dunić, Ivan Kurtek mag biol., mr. sc. Željko Zahirović, Matej Šag mag. biol., doc. dr. sc. Goran Vignjević; sjede doc. dr. sc. Mirta Sudarić Bogojević, doc. dr. sc. Nataša Turić, prof. dr. sc. Enrih Merdić i mr. sc. Ivana Vrućina (foto Mario Dunić)

8. Literatura i bibliografija*

Bibliografija je označena sa znakom * i odnosi se na sve autore ove knjige

- Adamović Ž., Paulus R., 1982: Anophelinae mosquitoes (Diptera, Culicidae) in Podravina, Croatia. *Acta Entomologica Jugoslavica.* 19 1-2:9-17
- Adamović Ž., 1983: Anophelinae mosquitoes (Diptera, Culicidae) in the Neretva delta, Yugoslavia, *Acta Veter.* 33 2-3:115-122
- Adamović Ž., Paulus, R, 1984: Anophelinae mosquitoes (Diptera, Culicidae) in Podravina, Croatia, *Acta Ent. Jugosl.* 19 1-2:9-17
- Adamović Ž., Paulus R., 1985a: Anofeline potencijalni vektori arbovirusa u Slavoniji, Posavini, Podunavlju i Potisju, *Zbornik radova XXVI naučnog sastanka mikrobiologa, epidemiologa i infektologa Jugoslavije,* 633-637
- Adamović Ž., Paulus R., 1985b: A survey of the Anopheline mosquitoes (Diptera, Culicidae) in Lika, Yugoslavia, *Bulletin of natural history museum,* 40 169-174
- Adamović Ž., Paulus R., 1985c: Anopheline species (Diptera, Culicidae) in the region of Zagreb. *Acta veter* 35 3:157-162
- Adamović Ž., Paulus R., 1987: The indor resting Anophelines (Diptera, Culicidae) in the Istria peninsula, Yugoslavia *Bull Cl Sci Math Nat Sci* 93:91-98
- Adhami J., Reiter P., 1998: Introduction and establishment of *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae) in Albania. *J Am Mosq Control Assoc* 14:340-343
- Akram W., Ali-Khan K. A., 2016: Odonate Nymphs: Generalist Predators and Their Potential in the Management of Dengue Mosquito, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), *Journal of Arthropod-Borne Diseases* 10 2:253-258
- Ali A., 1981: *Bacillus thuringiensis* serovar. *israelensis* (ABG-6108) against chironomids and some nontarget aquatic invertebrates. *Journal of Invertebrate Pathology.* 38:264-272.
- Al-Saffar G., Grainger A. J., Aldrich F., 1995: The development rates of the egg and pupal stages of *Drosophila melanogaster* (Meigen) - 36°^Cer changing conditions of

- temperature and humidity *Journal of Thermal Biology* 20, 5:399-404
- Alphey L., Andreasen M., 2002: Dominant lethality and insect population control. *Mol Biochem Parasitol* 121:173-178
- Alto B. W., Juliano S. A., 2001: Precipitation and Temperature Effects on Populations of *Aedes Albopictus* (Diptera: Culicidae): Implications for Range Expansion, *J Med Entomol*, 38(5):646-56.
- Apfelbeck V., 1925: Recherches et observations sur les Arthropodes pathogenes de l'homme et des animaux. Edition Inspectorat Minist. Sante Publ. Sarajevo, 17:1-48
- *Antonić O., Sudarić-Bogojević M., Lothrop H., Merdić E., 2014: Environmentally dependent density-distance relationship of dispersing *Culex tarsalis* in a southern California desert region. *Journal of the American Mosquito Control Association* 30 3:219-222
- Armistead J. S., Nishimura N., Escher R. L., Lounibos L.P., 2008: Larval competition between *Aedes japonicus* and *Aedes atropalpus* (Diptera: Culicidae) in simulated rock pools. *J Vector Ecol*, 33 2: 238-246
- Angelini R., Finarelli A. C., Angelini P., Po C., Petropulacos K., Macini P., Fiorentini C., Fortuna C., Venturi G., Romi R., Majori G., Nicoletti L., Rezza G., Cassone A., 2007: An outbreak of chikungunya fever in the province of Ravenna, Italy. *Euro Surveill.* 12(36):pii=3260. Available online: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=3260>
- Bahnck C. M., Fonseca D. M., 2006: Rapid assay to identify the two genetic forms of *Culex (Culex) pipiens* L. (Diptera: Culicidae) and hybrid populations. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 75 2:251-255, PMID: 16896127
- Balaraman K., Balasubramanian, M., Manonmani, L. M. 1983: *Bacillus thuringiensis* H-14 (VCRC B-17) formulation as mosquito larvicide. *Indian Journal of Medical Research*. 77:33-37.
- Baird J. M., May, M. L., 1997: Foraging behavior of *Pachydiplax longipennis* (Odonata: Libellulidae). *J. Insect Behav.* 10:655-678

- Bakić J., 2012: Statuti jadranskih gradova riznica za izučavanje korjena srednjevjekovne pravne regulative higijenske, ekološke i urbane kulture u Hrvata. Zbornik radova 24 znanstveno stručno edukativnog seminara DDD i ZUPP. p. 1-29
- Barr A. R., Azawi A., 1958: Notes on the oviposition and the hatching of eggs of *Aedes* and *Psorophora* mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Univ. Kans. Sci. Bull.* 4:92-99
- Beaty B. J., Carlson J. O., 1997: Molecular manipulation of mosquitoes. *Current Opinion in Infectious Diseases* 10:372-376
- Beach R. 1978: The required day number and timely induction of diapause in geographic strains of the mosquito *Aedes atropalpus*. *J Insect Physiol* 24:448-455
- Becker N., Ludwig H. W., 1983: Mosquito control in West Germany. *Bulletin of the Society for Vector Ecology*. 8 2:85-93.
- Becker N., 1989: Life strategies of mosquitoes as an adaption to their habitats. *Bull. Soc. Vector. Ecol.* 14 1:6-25
- Becker N., Zgomba M., Ludwig M., Petrić D., Rettich F., 1992: Factors influencing the activity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* treatments. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 8:285-289.
- Becker N., Margalit J., 1993: Use of *Bacillus thuringiensis israelensis* against mosquitoes and blackflies. In *Bacillus thuringiensis*, an Environmental Biopesticide: Theory and Practice (ed. P. F. Entwistle, J. S. Cory, M. J. Bailey and S. Higgs), John Wiley & Sons, New York.
- Becker N., 1997: Microbial control of mosquitoes – management of the upper Rhine mosquito population as a model programme. *Parasitology today*. 13 12:485-487
- Becker N., Petrić D., Zgomba M., Boase C., Dahl C., Lane J., Kaiser A., 2003: Mosquito and their control. Kluwer Academic/Plenum Publishers
- Becker N., Petrić D., Zgomba M., Boase C., Dahl C., Madon M., Kaiser A., 2010: *Mosquitoes and Their Control*. Springer, Heidelberg.
- Becker N., Huber K., Pluskota B., Kaiser A., 2011: *Ochlerotatus japonicus japonicus* – a neozoon in Germany and a revised list of the German mosquito fauna. *Eur Mosq Bull* 9: 88-102.
- Bellini R., Carrieri M., Burgio G., Bacchi M., 1996: Efficacy of different ovitraps and binomial sampling in *Aedes albopictus* surveillance activity. *J Am Mosq Control Assoc* 12:632-636

- *Bellini R., Michaelakis A., Petrić D., Schaffner F., Alten B., Angelini P., Aranda C., Becker N., Carrieri M., Di Luca M., Fălcuță E., Flacio E., Klobučar A., Lagneau C., Merdić E., Mikov O., Pajovic I., Papachristos D., Sousa C.A., Stroo A., Toma L., Vasquez M. I., Velo E., Venturelli C., Zgomba M., 2020: Practical management plan for invasive mosquito species in Europe: I. Asian tiger mosquito (*Aedes albopictus*). *Travel Medicine and Infectious Disease*, Art. No: 101691, DOI: 10.1016/j.tmaid.2020.101691
- Benedict M.Q., Levine R.S., Hawley W.A., Lounibos L.P., 2007: Spread of the Tiger: Global Risk of Invasion by the Mosquito *Aedes albopictus*, *Vector Born Zoonotic Dis.*, 7 1:76-85.
- Bevins S. N., 2007: Establishment and abundance of a recently introduced mosquito species *Ochlerotatus japonicus* (Diptera: Culicidae) in the Southern Appalachians, USA. *Journal of medical entomology* 44 6:945-952.
- Bidlingmayer W. L., 1985: The measurement of adult mosquito population changes- some considerations. *J Am Mosq Control Assoc* 1:328-347
- Blaustein L., Kotler B. P., 1993: Oviposition habitat selection by the mosquito *Culiseta longiareolata* effect of conspecific food and green toad tadpoles. *Ecological entomology* 18: 104–108
- Blaustein L., Kotler B. P., Ward D. 1995: Direct and indirect effect of a predatory ackswimmer (*Notonecta maculata*) on community structure of desert temporary pools. *Ecological Entomology* 20:311–318
- Briegel H., 1973: Zur Verbreitung der Culicidae (Diptera, Nematocera) in der Schweiz. *Rev Suisse Zool* 80 2:461-472
- Boca I., Merdić E., Landeka N., Sudarić Bogojević M., 2006: Širenje areala komarca *Stegomyia albopicta* (Skuse, 1895) u Istri, Hrvatska. *Entomologia Croatica* 10 1-2:23-36
- Bochdanovits Z., De Jong G., 2003: Temperature dependent larval resource allocation shaping adult body size in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Evolutionary Biology*, 16:1159–1167.
- Borg A., Horsfall W.R., 1953: Eggs of floodwater mosquitoes. II. Hatching stimulus. *Ann Ent Soc Am* 46:472-478
- Bruce-Chwatt L. J., Zulueta de J., 1980: The rise and fall of malaria in Europe. A historico-epidemiological study. University Press, Oxford, pp 240

- Brust R. A., Costello R. A. 1969: Mosquitoes of Manitoba II. The effect of storage temperature and relative humidity on hatching of eggs of *Aedes vexans* and *Aedes abserratus* (Diptera: Culicidae). *Can Ent* 101:1285–91
- Burgess L., 1959: Techniques to give better hatches of the eggs of *Aedes aegypti*. *Mosq News* 19 4:256–259
- Burkett D. A., Lee W. J., Lee K. J., Kim H. C., Lee H. I., Lee J. S., Shin E. H., Wirtz R. A., Cho H. W., Claborne D. M., Coleman R. E., Klein T. A., 2001: Light, carbon dioxid and octenol-baited mosquito trap and host-seking activity evaluations for mosquitoes in a malarious areas of the Republic of Korea., *Jurnal of American Mosquito Control Association*, 17 3:96-205
- Burges H. D., Copplestone J. F., Dubitskij A., Hamon J., Mackenzie D. W. R., Rogoff M. H., Taylor T. A., Tinsley T. W., Vandekar M., Vernes A. J. M. Wright A. E., 1981: Mammalian safety of microbial agents for vector control: a WHO Memorandum. *Bulletin of the World Health Organization*. 59: 857-863.
- Butterworth D. E., 1979: Separation of aedine eggs from soil sample debris using hydrogenc peroxide. *Mosq News* 39 1:139–141
- Capak K., Jeličić P., Janev Holcer N., Trumbetić I., Klobučar A., Landeka N., Žitko T., Sikora M., Bokan I., Merdić E., Krešić K., Cvirković A., Lipovac I., Medić A., Slavić-Vrzić V., Klemenčić M., Slavica S., Stanković A., Mitrović Hamzić S., Fičko I., Vrsaljko Z., Hranilović B., Grgić I., Stanić I., Putarek I., 2017: Nationalni monitoring invazivnih vrsta komaraca u Hrvatskoj u 2016. Zbornik radova 29. Znanstveno-stručno-edukativnog seminara DDD i ZUPP 34-51.
- Capak K., Jeličić P., Janev Holcer N., Trumbetić I., Klobučar A., Landeka N., Žitko T., Sikora M., Bokan I., Sudarić Bogojević M., Vrućina I., Krešić K., Cvirković A., Lipovac I., Medić A., Slavić-Vrzić V., Klemenčić M., Slavica S., Stanković A., Mitrović Hamzić S., Vrsaljko Z., Hranilović B., Grgić I., Stanić I., Putarek I., 2018. Nationalni monitoring invazivnih vrsta komaraca u Hrvatskoj u 2017. Zbornik radova 30. Znanstveno-stručno-edukativnog seminara DDD i ZUPP 29-39.
- Carrington L. B., Armijos M. V., Lambrechts L., Barker C. M., Scott T. W., 2013: Effects of Fluctuating Daily Temperatures at Critical

- Thermal Extremes on *Aedes aegypti* Life-History Traits, *PLoS ONE* 8(3): e58824.
- Carrieri M., Bacchi M., Bellini R., Maini S., 2003: On the competition occurring between *Aedes albopictus* and *Culex pipiens* (Dipter: Culicidae) in Italy, *Environ Entomol* 32 6:1313-1321
- Chan A., Chiang L. P., Hapuarachchi H. C., Tan C.H., Pang S.C., Lee R., Lee K.S., Ng L.C., Lam-Phua S.G., 2014: DNA barcoding: complementing morphological identification of mosquito species in Singapore. *Parasites & Vectors* 7:569, doi:10.1186/s13071-014-0569-4.
- Chloupek D., 1948: Contribution to the history of malaria in Yugoslavia. *Zbornik o malariji*. Beograd 1:190-192
- Carrieri M., Albieri A., Angelini P., Baldacchini F., Venturelli C., Mascali Zeo S., Bellini R., 2011: Surveillance of the chikungunya vector *Aedes albopictus* (Skuse) in Emilia-Romagna (northern Italy): organizational and technical aspects of a large scale monitoring system. *J Vector Ecol* 36 1:108-116
- Chadee D. D., Corbet P. S., 1987: Seasonal incidence and diel patterns of oviposition in the field of the mosquito, *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) in Trinidad, West Indies: a preliminary study. *Ann Trop Med Parasitol* 81:151-161
- Chui V. W. D., Koo C. W., Lo W. M., Qiu X. Qiu X. J., 1993: Laboratory evaluation of Vectobac-12AS and teflubenzuron against *Culex* and *Aedes* mosquito larvae under different physical conditions. *Environment International*. 19:193-202.
- Clarke J. L., 1943: Studies of the flight range of mosquitoes. *J Eco Ent* 36:121-122
- Clarke G. R., 1994: *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* in mosquito control. In Proceedings of the 1st Brisbane Symposium Biopesticides: opportunities for Australian Industry (ed. C.J. Monsour, S. Reid & R.E. Teakle), Brisbane. 87-90.
- Clements A. N., 1963: The physiology of mosquitoes. Pergamon Press, Oxford, 395 pp
- Clements A. N., 1992a: The biology of mosquitoes. Vol 1. Development, Nutrition and reproduction. Chapman and Hall, London, 509 pp.

- Clements A. N., 1992b: The biology of Mosquitoes. Sensory reception and behaviour, Vol 2. CABI publishing, 102 - 285
- Coleman P. G., Alphey L., 2004: Genetic control of vector populations: an imminent prospect. *Trop Med Inter Hlth* 4:433-437
- Collins F. H., Paskewitz S.M., 1996: A review of the use of ribosomal DNA (rDNA) to differentiate among cryptic *Anopheles* species. *Insect Mol Biol* 5:1-9.
- Combes S. A., Daniel T. L., 2003: Flexural stiffness in insect wings. I. Scaling and the influence of wing venation. *Journal of Experimental Biology*, 206:2979-2987
- Costanzo K.S., Mormann K., Juliano S.A., 2005: Asymmetrical Competition and Patterns of Abundance of *Aedes albopictus* and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae), *J Med Entomol*, 42 4:559-570.
- Crickmore N., Zeigler D. J., Feitelson J., Schnepf E., Van Rie J., Lereclus D., Baum J. Dean D. H., 1998: Revision of the Nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* Pesticidal Crystal Proteins. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 62:807-813
- Csabai Z., 2000: Vízibogarak kishatározója, I. kötet. Vízi természet- és környezetvedelem. 15. kötet, Környezetgazdálkodási intézet, Budapest, 267 pp.
- Cunze S., Kochmann J., Koch L.K., Klimpel S., 2016. *Aedes albopictus* and Its Environmental Limits in Europe. *PLoS ONE* 11 9:e0162116.
- Curtis C. F., 1968: Possible use of translocations to fix desirable genes in insect pest populations. *Nature* 218:368-369
- Curtis C. F., 2007: Destruction in the 1970s of a research unit in India on mosquito control by sterile male release and a warning for the future. *Antenna*, London 31 4:214-216
- Cywinska A., Hunter F., Hebert P. D. N., 2006: Identifying Canadian mosquito species through DNA barcodes. *Medical and Veterinary Entomology* 20:413-424, doi: 10.1111/j.1365-2915.2006.00653.x
- Dean D. H. F., Ragamohan M. K., Lee S. J., Wu X. J., Chen A. E., Hussain, S. R., 1996: Probing the mechanism of action of

- Bacillus thuringiensis* insecticidal proteins by site-directed mutagenesis - a minireview: *Gene*. 179:111–117.
- de Barjac H. 1978: A new subspecies of *Bacillus thuringiensis* very toxic for mosquitoes: *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*, serotype 14. *C. R. Acad. Sci (Paris)*. 286D: 797-800.
- Denolf P., Hendrickx K., Van Damme J. Van Rie J., 1997: Cloning and characterization of *Manduca sexta* and *Plutella xylostella* midgut aminopeptidase N enzymes related to *Bacillus thuringiensis* toxin-binding proteins. *Eur. J. Biochem.* 248:748-761.
- Della Pozza G., Majori G., 1992: First record of *Aedes albopictus* establishment in Italy. *J Am Mosq Control Assoc* 8:318-320.
- de Maagd R. A., Bravo A., Crickmore N., 2001: How *Bacillus thuringiensis* has evolved specific toxins to colonize the insect world: *Trends Genetics*. 7:193–199.
- Di Luca M., Boccolini D., Marinuccil M., Romi R., 2004: Intrapopulation polymorphism in *Anopheles messeae* (*Anopheles maculipennis* complex) inferred by molecular analysis. *J Med Entomol* 41: 582-586, doi: 10.1603/0022-2585-41.4.582
- Durbešić P., 1983: About bettles fauna (Coleoptera) in the meadow communities along the rivers Mirna and Raša in Istria, *Acta Ent Jugosl* 19 1-2:109-121
- Edgerly J. S., McFarland M., Livdahl T., 1998: A seasonal shift in egg-laying behaviour in response to cues from future competition in a tree hole mosquito. *Journal of Animal Ecology* 67: 805–818
- Faithpraise F. O., Idung J., Usibe B., Chatwin C. R., Young R. C. D., Birch P., 2014: Natural control of the mosquito population via Odonata and *Toxorhynchites*. *Int J Innov Res Sci Eng Technol* 3:12898-12911
- Farajollahi A., Kesavaraju B., Price D. C., Williams G. M., Healy S. P., Gaugler R., Nelder M. P., 2009: Field Efficacy of BG-Sentinel and Industry-Standard Traps for *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) and West Nile Virus Surveillance. *J Med Entomol* 46 4:919-925
- Fay R. W., Eliason D. A., 1966: A preferred oviposition site as a surveillance method for *Aedes aegypti*. *Mosq News* 26:531–535

- Federici B. A., 1995: The future of microbial insecticides as vector control agents. Vector control without chemicals: has it a future? A Symposium presented at the Sixtieth Annual Meeting of the American Mosquito Control Association, San Diego, 11 2:260-268.
- Federici B. A., Park H. W., Bideshi D. K., Wirth M. C. Johnson J. J., 2003: Recombinant bacteria for mosquito control. *The Journal of experimental Biology.* 206:3877-3885.
- Folmer O., Black M., Hoeh W. Lutz R., Vrijenhoek R., 1994: DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* 3 5:294-299
- Fradin M. S., 1998: Mosquitoes and mosquito repellents, *Annals of Internal medicine*, 21 4:931-940
- Freier J. E., Francy D. B., 1991: A duplex cone trap for the collection of adult *Aedes albopictus*. *J Am Mosq Control Assoc* 7:73-79
- Gharib A. H., Hilsenhoff W. L., 1988: Efficacy of two formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (H-14) against *Aedes vexans* and safety to non-target macroinvertebrates. *Journal of the American Mosquito Control Association.* 4:252-255.
- Gillies M. T., 1972: Some aspects of mosquito behavior in relation to the transmission of parasites. *Zool J Linn Soc Suppl* 1 51:69-81
- Gillett J. D., 1955: Variation in the hatching-response of *Aedes* eggs. *Bull Ent Res* 46:241-253
- Gillett J. D., 1983: Abdominal pulses in newly emerged mosquitoes *Aedes aegypti*. *Mosq News* 43:359-361
- Gjenero-Margan I., Aleraj B., Krajcar D., Lesnikar V., Klobučar A., Pem-Novosel I., Kurečić-Filipović S., Komparak S., Martić R., Đuričić S., Betica-Radić L., Okmadžić J., Vilibić-Čavlek T., Babić-Erceg A., Turković B., Avšić-Županc T., Radić I., Ljubić M., Šarac K., Benić N., Mlinarić-Galinović G., 2011: Autochthonous dengue fever in Croatia, August–September 2010. *Euro Surveill.*; 16(9):pii=19805. Available online: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19805>

- Gjullin C. M., Hegarty C. P., Bollen W. B., 1941: The necessity of a low oxygen concentration for the hatching of *Aedes* eggs (Diptera: Culicidae). *J Cell Comp Physiol* 17:193–202
- Glare T. R., O'Callaghan M., 1998: Environmental and health impacts of *Bacillus thuringiensis israelensis*. Report for the Ministry of Health. *Biocontrol & Biodiversity*. 1-59.
- Goldberg L. H., Margalit J., 1977: A bacterial spore demonstrating rapid larvicidal activity against *Anopheles sergentii*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex univattatus*, *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. *Mosquito News*. 37:355-358.
- Gregurić Gracner G., Vučevac Bajt V., 2002: History of eradication of malaria in Croatia, *Orvostort kozl* 47 1-4:145-55.
- Gutsevich A.V., Monchadskii A.S., Shtakel'berg A.A., 1974: Fauna of the U.S.S.R. Diptera Mosquitoes Family Culicidae. Academy of Sciences of the USSR, Zoological Institute, Keter Publishing House, Jerusalem,
- Hearle E., 1926: The mosquitoes of the Lower Fraser Valley, British Columbia and their control. *Nat Res Counc Can Rep* 17:1-94
- Hadži J., 1918: *Anopheles* in Zagreb. *Liječnički Vjesnik* 40:309-310
- Halbach R., Miesen P., Joosten J., Taskopru E., Rondeel I., Pennings B., Vogels C. B. F., Merkling S. H., Koenraadt C. J., Lambrechts L., van Rij R. 2020. A satellite repeat-derived piRNA controls embryonic development of *Aedes*. *Nature*. 580:274–277
- Hall T. A., 1999: BioEdit: A User-Friendly Biological Sequence Alignment Editor and Analysis Program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41, 95-98
- Harbach R.E., Harrison B.A., Gad A.M., 1984: *Culex (Culex) molestus* Forskal (Diptera, Culicidae): neotype designation, description, variation and taxonomic status. *Proc Entomol Soc Wash* 87:1-24
- Harbach R. E., 2013: The phylogeny and classification of *Anopheles* mosquitoes - New insights into malaria vectors. InTech Open.
- Hawley W.A., 1988: The biology of *Aedes albopictus*. *Journal of the American Mosquito Control Association*. Supplement 1:1–39.
- Hebert P. D. N., Cywinska A., Shelley L., Balland J. R., DeWaard J., 2003: Biological identifications through DNA barcodes. *Proc. R. Soc. Lond. B* 270, 313-321, doi:10.1098/rspb.2002.2218

- Hesson J. C., Rettich F., Merdić E., Vignjević G., Östman Ö., Schäfer M., Schaffner F., Foussadier R., Besnard G., Medlock J., Scholte E. J., Lundström J. O., 2014: The arbovirus vector *Culex torrentium* is more prevalent than *Culex pipiens* in northern and central Europe. *Medical and Veterinary Entomology* 28:179–186.
- Hershey A. E., Shannon L., Axler R., Ernst C., Mickelson P., 1995: Effects of methoprene and *Bti* (*Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*) on non-target insects. *Hydrobiologia*. 308:219-227.
- Hill C.A., Pinnoch D. E., 1998: Histopathological Effects of *Bacillus thuringiensis* on the Alimentary Canal of the Sheep Louse, *Bovicola ovis*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 72 12:9-20
- Holt R. A., 2002: The genome sequence of the malaria mosquito *Anopheles gambiae*. *Science* 298:129–149
- Horsfall W.R., 1956: Eggs of floodwater mosquitoes, III. Conditioning and hatching of *Aedes vexans*. *Ann Ent Soc Am* 49: 66-71.
- Horsfall W.R., Lum P., Henderson L., 1958: Eggs of floodwater mosquitoes, V. Effect of oxygen on hatching of intact eggs. *Ann. Ent. Soc. Am.* 51.
- Horsfall W.R., Fowler H.W., 1961: Eggs of floodwater mosquitoes. VIII. Effect of serial temperatures on conditioning of eggs of *Aedes stimulans* Walker (Diptera: Culicidae). *Ann. Ent. Soc. Am.* 54: 664-666.
- Horsfall W. R., Fowler H. W., Moretti L. J., Larsen J. R. 1973: Bionomics and embryology of the inland floodwater mosquito *Aedes vexans*. University of Illinois Press, Urbana, 211 pp.
- Helinski M. E. H., Parker A. G., Knols B. G. J., 2006: Radiation-induced sterility for pupal and adult stages of the malaria mosquito *Anopheles arabiensis*. *Malaria J* 5 41:428-433
- Höfte H., Whiteley H. R., 1989: Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. 53:242-255.
- Huber K., Pluskota B., Jöst A., Hoffmann K., Becker N., 2012: Status of the invasive species *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) in southwest Germany in 2011. *J Vector Ecol.* 37:462–465.
- Ikeshoji T., Mulla M. S., 1970: Oviposition attractants for four species of mosquitoes in natural breeding waters. *Ann Ent Soc Am* 63 5:1322–1327

- Janssen N., Graovac N., Vignjević G., Sudarić Bogojević M., Turić N., Klobučar A., Kavran M., Petrić D., Ignjatović Ćupina A., Werner D., Kampen H., Merdić E., 2019: Rapid spread and population genetics of *Aedes japonicus* (Diptera: Culicidae) in southeastern Europe (Croatia, Bosnia and Herzegovina, Serbia). (Plos ONE, in press)
- *Jarić Perkušić D., Hackenberger B. K., Stepić S. & Merdić E., 2008: The influence of molting on efficacy of two functionally different larvicides (Bti and Temephos). *Journal of Economic Entomology* 101 4:1204-10
- *Jeličić-Marinković Ž., Hackenberger-Kutuzović B., Merdić E., 2014: Maximum radius of carbon dioxide baited trap impact in woodland: implications for host-finding by mosquitoes. *Biologia* 69 4: DOI: 10.2478/s11756-014-0330-7
- Judson C. L., 1960: The physiology of hatching of aedine mosquito eggs: Hatching stimulus. *Ann Ent Soc Am* 53:346-351
- Juliano S.A., Lounibos L.P., 2005: Ecology of invasive mosquitoes: effects on resident species and on human health, *Ecol Lett.*, 8 5:558-574.
- Kadarkarai M., Chithravel V., Pushparaj K., 2016: DNA barcoding and molecular evolution of mosquito vectors of medical and veterinary importance. *Parasitol Res.* 115 1:107-21.doi:10.1007/s00436-015-4726-2
- Kagemann C., 2015: The effects of amphibian presence and predation on mosquitoes, Indiana University, Bloomington, IN 47405 USA
- *Kalan K., Kostanjšek R., Merdić E., Trilar T., 2011: A survey of *Aedes albopictus* distribution in Slovenia in 2007 and 2010. *Natura Slovenie* 13 1:39-50.
- Kalan K., Kryštufek B., 2013: Surveillance of invazive mosquitoes in Slovenia with updates on the distribution of *Aedes japonicus*. Abstract book of Joint meeting VBORNET and EMCA Antwerpen Belgija
- Kalan K., Buzan V. E., Ivović V., 2014: Distribution of two invasive mosquito species in Slovenia in 2013. *Parasites & Vectors* 7 1:9.

- Kalan K., Šušnjar J., Ivović V., Buzan E., 2017: First record of *Aedes koreicus* (Diptera, Culicidae) in Slovenia. *Parasitology Research* 116 8:2355-2358
- Kampen H., Werner D., 2014: Out of the bush: The Asian bush mosquito *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) (Diptera, Culicidae) becomes invasive. *Parasites & Vectors* 7:59.
- Karaman S., 1925: Komarci Dalmacije i njihovo suzbijanje. *Glasnik ministarstva narodnog zdravlja*. Beograd.
- Kampen H., Zielke D., Werner D., 2012: A new focus of *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) (Diptera, Culicidae) distribution in Western Germany: rapid spread or a further introduction event? *Parasites & Vectors* 5:284 doi:10.1186/1756-3305-5-284
- Karaman S., 1925: Komarci Dalmacije i njihovo suzbijanje. *Glasnik ministarstva narodnog zdravlja*. Beograd
- Kaufman G.K., Fonseca D.M., 2014: Invasion Biology of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae). *Annu Rev Entomol* 59: 31-49.
- Kihlawi M., Blaustein L., Mangel M., 2003: Oviposition habitat selection by the mosquito *Culiseta longiareolata* in response to risk of predation and conspecific larval density. *Ecological entomology* 28: 168-173
- Klobučar A., Merdić E., Benić N., Baklaić Ž., Krčmar S., 2006: First record of *Aedes albopictus* in Croatia. *J Am Mosq Control Assoc* 22 1:147-148
- Klobučar A., 2007: Faunističko – ekološke značajke komaraca (Diptera, Culicidae) u parku Maksimir, magistarski rad, PMF Zagreb
- *Klobučar A., Lipovac I., Benić N., Krajcar D., 2014: New records of invasive mosquito species in the northwestern Croatia during 2013. *Zbornik radova 26. znanstveno - stručno - edukativnog seminara DDD i ZUPP*, Split, 49-59.
- *Klobučar A., Benić N., Krajcar D., Kosanović-Ličina M. L., Tešić V., Merdić E., Vrućina I., Savić V., Barbić Lj., Stevanović V., Pem-Novosel I., Vilibić-Čavlek T. 2016: An overview of mosquitoes and emerging arboviral infections in the Zagreb area, Croatia. *Journal of Infection in Developing Countries*, 10 12:1286-1293

- Klobučar A., 2017: Širenje i vektorska uloga invazivnih vrsta komaraca *Aedes albopictus* i *Aedes japonicus* u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, Disertacija, PMF Zagreb
- Klobučar A., Lipovac I., Žagar N., Mitrović-Hamzić S., Tešić T., Vilibić-Čavlek T., Merdić E., 2018: First record and spreading of the invasive mosquito *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) in Croatia. *Medical and Veterinary Entomology*. doi: 10.1111/mve.12337
- Knight K. L., Stone A., 1977: A catalog of the mosquitoes of the World (Diptera: Culicidae), 2nd Edition. Thomas Say Foundation, Entomological Society of America
- Knols B. G. J., Bossin H. C., Mukabana W. R., Robinson A. S., 2007: Transgenic Mosquitoes and the Fight against Malaria: Managing Technology Push in a Turbulent GMO World. *Am J Trop Med Hyg* 77(6):232–242
- Knudsen A.B., 1995: Geografic spread of *Aedes albopictus* in Europe and the concern among public health autorities. *Eur J Epidemiol* 11:345-348.
- Kolasa J., Fletcher M., Main 1985: New records for two mosquito predators (Turbellaria: Mesostoma) in the northeastern United States. *Entomophaga*. 30:83-85
- Kögel F., 1984: Die Prädatoren der Stechmückenlarven im Ökosystem der Rheinauen. Ph. D. thesis, University of Heidelberg, pp 347
- Kostić D., 1945: Pregled rasprostranjenja malarije u Jugoslaviji. Narodno zdravlje. Beograd 4:20-23
- Korunić J., (ur.). 2006: Insekticidi, fumiganti i rodenticidi u prometu u Republici Hrvatskoj. DDD i ZUPP Djelatnost. Zagreb.
- Krčmar S., Merdić E., Kopi M., 2005a: Diurnal periodicity in the biting activity of horsefly species in the Kopački rit Nature park, Croatia., *Entomol Gener*, 28 2:139-146
- Krčmar S., Hribar L. J., Kopi M., 2005b: Response of Tabanidae (Diptera) to natural and synthetic olfactory attractants, *Jurnal of Vector Ecology*, 30 1:133-136
- Krieg A., Hassan S., Pinsdorf W., 1980: Comparison of the effect of the variety *israelensis* with other varieties of *Bacillus thuringiensis* on nontarget organisms of the order

- Hymenoptera: Trichogrammacacoeciae and *Apis mellifera*. Anzeiger fur Schadlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz. 53:81-83.
- Kronefeld M., Dittmann M., Zielke D., Werner D., Kampen H., 2012: Molecular confirmation of the occurrence in Germany of *Anopheles daciae* (Diptera, Culicidae). *Parasit Vectors* 5: 250. doi:10.1186/1756-3305-5-250
- Kurucz K., V. Kiss B., Zana V., Schmieder A., Kepner F., Jakab G., Kemenesi., 2016: Emergence of *Aedes koreicus* (Diptera: Culicidae) in an urban area, Hungary. *Parasitology Research* 115:4687-4689
- Lacey L. A., Mulla M. S., 1990: Safety of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* and *Bacillus sphaericus* to nontarget organisms in the aquatic environment. In Safety of Microbial Insecticides. (ed. Laird-M, Lacey-LA and Davidson-EWSO), 259 pp. CRC Press Inc.; Boca Raton; USA.
- Langhoffer A., 1916: About mosquito vectors of malaria. *Lijec Vjesn* 38: 321-325.
- Langhoffer A., Baranov N., 1930: Contribution to the knowledge of entomological fauna of Croatia and neighboring regions due to malaria. *Agronomski glasnik* 1/3: 107-109.
- Larget I., de Barjac H., 1981: Specificity and active principle of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*. *Bulletin de la Societe de Pathologie Exotique*. 74:216-227.
- Legner E. F., 1991: Formidable position on turbellarians as biological mosquito control agent. *Proc Calif Mosq Vect Control Assoc* 59:82-85
- Legner E. F., 1995: Biological control of Diptera of medical and veterinary importance. *J Vector Ecol* 20(1)59-120
- Li J., Carroll J., Ellar D. J., 1991: Crystal structure of insecticidal δ - endotoxin from *Bacillus thuringiensis* at 2.5Å resolution. *Nature*. 353:815-821.
- Linton Y. M., Smith L., Harbach. R. E., 2002a: Observations on the taxonomic status of *Anopheles subalpinus* Hackett & Lewis and *An. melanoon* Hackett. *European Mosquito Bulletin* 13
- Linton Y. M., Samanidou-Voyadjoglou A., Harbach R. 2002b: Ribosomal ITS2 sequence data for *Anopheles maculipennis*

- and *An. messeae* in northern Greece, with a critical assessment of previously published sequences. *Insect Mol. Biol.* 11:379.
- Linton Y. M., Smith L., Koliopoulos G., Samanidou-Voyadjoglou A., Zounos A.K. Harbach R.E. 2003: Morphological and molecular characterization of *Anopheles (Anopheles) maculipennis* Meigen, type species of the genus and nominotypical member of the Maculipennis Complex. *Systematic Entomology* 28:39-56. doi:10.1046/j.1365-3113.2003.00198.x.
- Linton Y., Lee A. Curtis C., 2005 Discovery of a third member of the Maculipennis Group in SW England. *Euro Mosq Bull* 19: 5 - 9.
- Madon M., 1989: Organization of Mosquito control. *Journal of the American Mosquito Control Association*. Suplement 2.
- Madubunyi L. C., Hassanali A., Ouma W., Nyarango D., Kabii J., 1996: Chemoecological role of mammalian urine in host location by tsetse, glossina spp. (Diptera, Glossinidae). *Journal of Medical Ecology*, 22:1187-1199
- Magnarelli L. A., 1979: Diurnal nectar-feeding of *Aedes cantator* and *Ae. sollicitans* (Diptera: Culicidae). *Environ Ent* 8:949-955
- Margalit J., Dean, D., 1985: The story of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (B.t.i.). *Journal of the American Mosquito Control Association*. 1 1:1-7.
- Marinucci M., Romi R., Mancini P., Luca M.D. Severini C. 1999: Phylogenetic relationships of seven palearctic members of the *maculipennis* complex inferred from ITS2 sequence analysis. *Insect Mol Biol* 8:469-480. doi:10.1046/j.1365-2583.1999.00140.x.
- Martin P. A. W., 1994:: An iconoclastic view of *Bacillus thuringiensis* ecology. *American Entomology*. 40 1:85-90.
- Medlock J. M., Avenell D., Barrass I., Leach S., 2006: Analysis of the potential for survival and seasonal activity of *Aedes albopictus* (Diptera Culicidae) in the United Kingdom, *J Vector Ecol*, 31:292-304.
- Medlock J. M., Hansford K. M., Schaffner F., Versteirt V., Hendrickx G., Zeller H., Van Bortel W., 2012: Review of the Invasive Mosquitoes in Europe: Ecology, Public Health Risks, and Control Options. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 12 6:435-447.

- Medlock J.M., Hansford K.M., Versteirt V., Cull B., Kampen H., Fontenille D., Hendrickx G., Zeller H., Van Bortel W., Schaffner F., 2015: An entomological review of invasive mosquitoes in Europe. *Bulletin of entomological research* 105 6:637–663.
- Mercer D. R. 1999: Effect of larval density on the size of *Aedes polynesiensis* adults (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology* 36: 702–708
- *Merdić E., 1989: Fluctuation of the number of mosquitoes (Diptera, Culicidae) in cellars in winter period in Osijek. *Periodicum Biologorum* 91 1:143144
- *Merdić E., 1990: Prezimljavanje komaraca (Dipt., Culicidae) u podrumima na području Osijeka. *Acta Entomologica Jugoslavica* 23 12:5358
- Merdić E., 1990: Anopheline mosquitoes (Diptera, Culicidae) in Osijek and its surroundings (Yugoslavia), *Acta veter.* 40 4:217224
- Merdić E., 1991: Faunističko – ekološka i biometrijska istraživanja komaraca (Diptera, Culicidae) u Slavoniji i Baranji, doktorska disertacija, PMF Zagreb
- Merdić E., 1992: *Aedes riparius* (Dyar & Knab, 1907) newly recorded species of mosquitoes (Dipt., Culicidae) in Croatia. *Biološki vestnik* 40 1:13-17
- Merdić E., 1993: Mosquitoes (Diptera, Culicidae) of Special Zoological Reserve "Kopački rit" (NE Croatia), *Natura Croatica*, 2 1:47-54
- Merdić E., 1995a: Distribution of mosquitoes in different forest communities. *Natura Croatica*, 4 3:143-149
- Merdić E., 1995b: Vertikalna distribucija komaraca (Diptera, Culicidae) na Papuku (Hrvatska). *Entomol Croat* 1:25-33.
- *Merdić E., Škoda S., 1996: Two Mosquito Species From Dalmatia New for Croatian Fauna. *Natura Croatica* 5 4:349-353
- *Merdić E., Lovaković T., 1999: Comparison of mosquito fauna in Kopački rit in the period 1990 - 1998. *Natura Croatica* 8 4:431-438.
- Merdić E., Lovaković T., 2001: Population dynamic of *Aedes vexans* and *Ochlerotatus sticticus* in flooded areas of the river Drava in Osijek, Croatia. *J. Am. Mosq. Ass.* 17 4:275-280

- Merdić E., 2002: Komarci (Diptera, Culicidae) u parku Maksimir, Zagreb, Hrvatska, *Entomol. Croat.* 6. 1-2:51-56.
- Merdić E., Sudarić M., 2003: Effects of prolonged high water level on the mosquito fauna in Kopački rit Nature Park. *Periodicum biologorum* 105 2:189-193
- Merdić E., Boca I., Sudarić M., Lovaković T., 2003: Abundance and mosquito activity in Slavonski Brod (Eastern Croatia) with special attention to breeding sites in and out of the city. *Periodicum biologorum* 105 2:181-187
- Merdić E., Boca I. 2004: Seasonal dynamics of *Anopheles maculipennis* complex in Osijek, Croatia, *Journal of Vector Ecology* 29 2:257-263
- Merdić E., Sudarić M., Lovaković T., Boca I., 2004: Check list of mosquitoes (Diptera, Culicidae) of Croatia, *European Mosquito Bulletin - J Eu Mosq Control Assoc* 17 2:8-13.
- Merdić E., Sudarić Bogojević M., 2005: Characteristics of mosquito fauna in Osijek (Croatia, South Pannonian Plain). SOVE 4th International Congress of Vector Ecology, Reno, Nevada.
- Merdić E., Vujčić Karlo S., 2005: Two types of hibernation of *Culex pipiens* complex in Croatia. *Entomologia Croatica* 9 1-2:71-76
- Merdić E., Krčmar S., Sudarić Bogojević M., Jeličić Ž., 2007: Response of mosquitoes (Diptera, Culicidae) to different synthetic and natural olfactory attractants. *Entomologia generalis* 30 4: 253-261.
- Merdić E., Hackenberger Kutuzović B., Sudarić Bogojević M., Vrućina I., 2008: Dynamics of Mosquito (Diptera, Culicidae) species richness in samples of dry-ice baited CDC traps in the urban area of Osijek, Croatia. *Natura Croatica* 17 3:149-155.
- Merdić E., Jeličić Ž., Kovačević M., Leko V., Sudarić Bogojević M., Boca I., Zahirović Ž., 2008a: Distribution of the annulipes group (Diptera, Culicidae) of Eastern Croatia. *Entomologia Croatica* 12 2:9-23
- Merdić E., Boca I., Sudarić Bogojević M., Landeka N., 2008b: Mosquitoes of Istria, a contribution to the knowledge of Croatian mosquito fauna (Diptera, Culicidae). *Periodicum Biologorum* 110 4:351-360

- Merdić E., Zahirović Ž., Vrućina I., 2008c: Procjena rizika za bolesti koje prenose komarci u odnosu na klimatske promjene i ulaza egzotičnih vrsta, *Infektološki glasnik*, 28 1:17-21.
- Merdić E., Žitko T., Zahirović Ž., Vrućina I., 2009: Brodovi kao sredstvo širenja komaraca vrste *Aedes albopictus* iz Italije na hrvatske otoke, Zbornik radova 21. znanstveno, stručno, edukativni seminar s međunarodnim sudjelovanjem o novimana u djelatnosti DDD i ZUPP, Zadar p. 243-250
- *Merdić E., Jeličić Ž., Krčmar S., Hackenberger-Kutuzović B., Turić N., Sudarić Bogojević M., Zahirović Ž., 2010: Efficacy of mosquito attractants in various habitats of a floodplain. *Biologia* 65 3:545-551
- Merdić E., Sudarić Bogojević M., Boca I., Turić N., 2010: Determined and estimated mosquito (Diptera, Culicidae) fauna in the city of Osijek, Croatia, using dry-ice baited CDC traps. *Periodicum biologorum* 112 2:201-205
- Merdić E., Kurolt I. C., Vignjević G., Zahirović Ž., Markotić A., 2011: Prisutnost dengue virusa u komarcima južne Dalmacije. Zbornik radova 23 znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, p
- Merdić E., Turić N., Vignjević G., Žitko T., Benić N., Klobučar A., Krajcar D., Šarunić-Gulan J., Mumelaš N., Landeka N., Šuperak A., 2012: Istraživanje vrste *Aedes albopictus* u jadranskim županijama tijekom 2011. Zbornik radova 24. znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Split, KORUNIĆ d.o.o., str. 127-134
- Merdić E., Perić Lj., Pandak N., Kurolt I. C., Turić N., Vignjević G., Štolfa I., Milas J., Sudarić Bogojević M., Markotić A., 2013: West Nile virus outbreak in humans in Croatia, 2012. *Colegium antropologicum* 37 3:943-947
- *Merdić E., Vignjević G., Turić N., Sudarić Bogojević M., Milas J., Vrućina I., Zahirović Ž., 2014: Mosquito survey during West Nile virus outbreak 2012 in Northeast Croatia. *Colegium antropologicum* 38 2:423-428.
- Merdić E., Mustač S., Vignjević G., Zahirović Ž., Vrućina I., Turić N., Sudarić Bogojević M., Bistrović M., 2014: Istraživanje komaraca u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Zbornik radova 26.

- Znanstveno stručno edukativnog seminara DDD i ZUPP, Split 61-73.
- *Merdić E., Kujavec M., Kovačević M., Žulj M., Graovac N., Vignjević G., Turić N., 2018: *Culex torrentium* (Martini), a new species in Croatian mosquito fauna. *Nat. Croat.* 27 2:323-329,
- *Merdić E., Klobučar A., Žitko T., Sudarić Bogojević M., Vrućina I., Turić N., Vignjević G., 2020: Updated checklist of mosquitoes (Diptera, Culicidae) of Croatia. *Journal of Vector Ecology* 45 1:135-139
- Merritt R. W., Walker E. D., Wilzbach M. A., Cummins K. W. Morgan W. T., 1989: A broad evaluation of *B.t.i.* for black fly (Diptera: Simuliidae) control in a Michigan river: efficacy, carry and non-target effects on invertebrates and fish. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 5:397-415.
- Mikuska J., 1979: Ekološke osobine i zaštita Specijalnog zoološkog rezervata "Kopački rit" s posebnim osvrtom na ekologiju kralježnjaka. Disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 271 str.
- Mihaly F., 1963: Magyarorszár csipo sznyogjai. Akademiai kiado. Budapest p. 223-233
- Mitchell C. J., 1995: Geographic spread of *Aedes albopictus* and potential for involvement in arbovirus cycles in the Mediterranean basin. *J Vector Ecol* 20:44-58
- Miura T., Takahashi R. M., Mulligan F. S., 1980: Effects of the bacterial mosquito larvicide, *Bacillus thuringiensis* serotype H-14 on selected aquatic organisms. *Mosquito News*. 40:619-622.
- Mogi M., 1978: Population studies on mosquitoes in the rice field area of Nagasaki, Japan, especially on *Culex tritaeniorhynchus*. *Trop Med* 20:173-263
- Mogi M., Choochote W., Khambooruang C., Suwanpanit P. 1990: Applicability of presence-absence and sequential sampling for ovitrap surveillance of *Aedes* (Diptera: Culicidae) in Chiang Mai, northern Thailand. *J Med Ent* 27:509-514
- Mohrig W., 1969: Die Culiciden Deutschlands. Parasitol Schriftenreihe 18, pp 260
- Molaei G., Farajollahi A., Scott J. J., Gaugler R., Andreadis T. G., 2009: Human bloodfeeding by the recently introduced mosquito,

- Aedes japonicus*, and public health implications. *J Am Mosq Control Assoc* 24:210-214
- Molloy D., Jamnback H., 1981: Field evaluation of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* as a black fly biocontrol agent and its effect on non-target stream insects. *Journal of Economic Entomology*. 74:314-318.
- Moritz C., Cicero C., 2004: DNA Barcoding: Promise and Pitfalls. *PLoS Biol* 2(10): e354. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0020354>
- Mulla M. S., Federici B. A., Darwazeh H. A., 1982: Larvicidal efficacy of *Bacillus thuringiensis* serotype H-14 against stagnant water mosquitoes and its effects on non-target organisms. *Environmental Entomology* 11: 788-795.
- Mulla M. S., Federici B. A., Darwazeh H. A., Ede L., 1982: Field evaluation of the microbial insecticide *Bacillus thuringiensis* serotype H-14 against floodwater mosquitoes. *Appl. Environ. Microbiol.* 43:1288-1293.
- Nayar J. K., Sauerman D.M., 1975: The effects of nutrition on survival and fecundity in Florida mosquitoes. Part 2: Utilization of a blood meal for survival. *J Med Ent* 12:99-103
- Narva K. E., Payne J. M., Schwab G. E., Hickle L. A., Galasan T., Sick A. J., 1991: Novel *Bacillus thuringiensis* microbes active against nematodes, and genes encoding novel nematode-active toxins cloned from *Bacillus thuringiensis* isolates: European patent application EP0462 721A2. Munich, Germany, European Patent Office.
- Nilssen A. C., 1998: Effect of 1-octen-3-ol in field trapping *Aedes* spp. (Diptera, Culicidae) and *Hybomitra* spp. (Diptera, Tabanidae) in Subarctic Norway. *Journal of Medical Entomology*, 122: 465-468
- Nicolescu G., Linton Y., Vladimirescu A., Howard T., Harbach R., 2004: Mosquitoes of the *Anopheles maculipennis* group (Diptera: Culicidae) in Romania, with the discovery and formal recognition of a new species based on molecular and morphological evidence. *Bull Entomol Res* 94: 525 - 535.
- Patsoula E., Samanidou-Voyadjoglou A., Spanakos G., Kremastinou J., Nasioulas G., Vakalis N.C. 2007: Molecular characterization

- of the *Anopheles maculipennis* complex during surveillance for the 2004 Olympic Games in Athens. *Med Vet Entomol* 21:36-43. doi:10.1111/j.1365-2915.2007.00669.x.
- Paulus R., 1984: Rasprostranjenje, brojnost i osjetljivost anofelina (diptera, Culicidae) u Baranji. *Acta entomologica Jugoslavica*. 21 1-2:55-60
- Paulus R., Adamović Ž., 1984: An examination of the Anophelinae mosquitoes (Diptera, Culicidae) in Slavonia, Yugoslavia, *Glas prir. muz.* 39:71-76
- Paupy C., Delatte H., Bagny L., Corbel V., Fontenille D., 2009: *Aedes albopictus*, an arbovirus vector: from the darkness to the light. *Microbes Infect.* 11 14-15:1177-85.
- Pavisic V., 1949: *Anopheles nigripes* Staeg. *Higijena* 1: 253-272.
- *Pem-Novosell I., Vilibić-Čavlek T., Gjenero-Margan I., Kaicl B., Babić-Erceg A., Merdić E., Medić A., Ljubić M., Pahor Đ., Erceg E., 2015: Dengue virus infection in Croatia: seroprevalence and entomological study. *New Microbiologica*, 38 97-100
- Perković A., Huljev Ž., Merdić E., Pažanin S., Zoričić S., Zahirović Ž., 2010: Povećanje brojnosti i prostorna dinamika širenja tigrastog komarca (*Aedes albopictus*) na području šibensko-kninske županije. *Zbornik radova 22. znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Pula, KORUNIĆ d.o.o.*, str. 227-238
- Petrić D., 1989: Sezonska i dnevna aktivnost komaraca (Diptera, Culicidae) u Vojvodini, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad
- Provost M. W., 1953: Motives behind mosquito flight. *Mosq News* 13:106-109
- Proft J., Maier W., Kampen H., 1999: Identification of six sibling species of the *Anopheles maculipennis* complex (Diptera: Culicidae) by a polymerase chain reaction assay. *Parasitol Res* 85: 837-843.
- Pujati A., 1747: De morbo Naroniano tractatus, Ministarstvo zdravlja Mletačke republike, Feltre, p 1-67
- Rajamohan F., Lee M. K., Dean D. H., 1998: *Bacillus thuringiensis* Insecticidal Protein: Molecular Mode of Action. *Progress in Nucleic Research and Molecular Biology*. 60:1 -23.

- Rauš Đ., 1987 Šumarska fitocenologija. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, p 175-241
- Read N. R., Moon R. D. 1996: Simulation of development and survival of *Aedes vexans* (Diptera: Culicidae) larvae and pupae. *Environmental Entomology*. 25: 1113-1121
- Reiter P. 1983: A portable, battery-powered trap for collecting gravid *Culex* mosquitoes. *Mosq News* 43:496-498
- Rettich F., 1983: Effects of *Bacillus thuringiensis* serotype H-14 on mosquito larvae in the Elbe lowland. *Acta Entomologica Bohemoslovaca*. 80:21-28.
- Rogers D., Randolph S., 2000: The global spread of malaria in a future, warmer world, *Science* 289 5485:1763-1766
- Renshaw M., Service M. W., Birley M. H., 1994: Size variation and reproductive success in the mosquito *Aedes cantans*. *Medical and Veterinary Entomology* 8: 179-186
- Romanović M, i Zorić I., 2006: Breeding habitat diversity of medically important mosquitoes and the risk of spreading exotic species in the coastal area of Croatia. *Periodicum biologorum* 108 (1):15-19
- Romanović M., 2007: Struktura zajednice komaraca u različitim tipovima staništa na području Dalmacije, disertacija, PMF Zagreb
- Romanović M., Merdić E., 2011: Investigation of mosquito larvae (Diptera, Culicidae) in the coastal area of Dalmatia, Croatia. *Periodicum biologorum* 113 1:109-113
- Romi R., Di Luca M., Majori G., 1999: Current status of *Aedes albopictus* and *Aedes atropalpus* in Italy. *J Am Mosq Control Assoc* 15 3:425-427.
- Rose A., Krockel U., Bergbauer R., Geier M., Eiras A., 2006: Der BG-Sentinel, eine neuartige Stechmückenfalle für Forschung und Überwachung. *Mitt Dtsch Ges Allg Angew Entomol* 15:345-348
- Saha N., Aditya G., Banerjee S., Kumar Saha G., 2012: Predation potential of odonates on mosquito larvae: Implications for biological control, *Biological Control* 63 1:1-8
- Santini M, Vilibić-Čavlek T, Barsić B., Barbić Lj., Savić V., Stevanović V., Listeš E., Di Gennaro A., Savini G., 2015: First cases of human Usutu virus neuroinvasive infection in Croatia, August-

- September 2013 : clinical and laboratory features : case report. *Journal of neurovirology*, 21 1:92-97
- Schaffner F., Angel G., Geoffroy B., Hervy J. P., Rhaiem A., Brunhes J., 2001a: The mosquitoes of Europe CD-ROM PC, IRD EID Méditerranée France.
- Schaffner F., Bouletreau B., Guillet B., Guillteau J., Karch S., 2001b: *Aedes albopictus* (Skuse 1894) established in metropolitan France. *Eur Mosq Bull* 9:1-3.
- Schaffner F., Chouin S., Guillteau J., 2003: First record of *Ochlerotatus* (Finlaya) *japonicus japonicus* (Theobald, 1901) in metropolitan France. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 19 1:1-5.
- Schaffner F., Van Bortel W., Coosemans M. 2004: First record of *Aedes (Stegomyia) albopictus* in Belgium. *J Am Mosq Control Assoc* 20 2:201-203.
- Schaffner F., Kaufmann C., 2009: The invasive mosquito *Aedes japonicus* in Central Europe. Proceedings of the 5th International Congress of vector Ecology.
- Schaffner F., Kaufmann C., Mathis A., 2009. The invasive mosquito *Aedes japonicus* in Central Europe. *Medical and Veterinary Entomology* 23 448-451
- Schaffner F., Medlock J.M., VanBortel W., 2013: Public health significance of invasive mosquitoes in Europe. *Clinical Microbiology and Infection*. 19 8:685-692
- Schnepf E., Crickmore, Van Rie J., Lereclus D., Baum J., Feitelson J., Zeigler D. R., Dean D. H., 1998: *Bacillus thuringiensis* and Its Pesticidal Crystal Proteins. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 775-806.
- Seawright J. A., Kaiser P. E., Dame D. A., 1977: Mating competitiveness of chemosterilised hybrid males of *Aedes aegypti* (L.) in field tests. *Mosq News* 37 4:615-619
- Service M.W., 1976: Mosquito ecology: Field sampling techniques. Applied Science Publishers Ltd, London.
- Service M.W., 1980: Effects of wind on the behavior and distribution of mosquitoes and blackflies. *Int J Biometeorol* 24:347-353.
- Service, M. W., 1983: Biological control of mosquitoes has it a future? *Mosq. News* 43:113-120

- Service M., 1993: Mosquito Ecology. Field sampling method. Applied Science Publishers. London.
- Seidel B., Duh D., Nowotny N., Allerberger F., 2012: First record of the mosquitoes *Aedes (Ochlerotatus) japonicus japonicus* (Theobald, 1901) in Austria and Slovenia 2011 and for *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1895) in Austria. *Entomologische Zeitschrift*, 122, 223-226
- Silver J. B., 2008: Mosquito ecology. Field sampling methods. Third edition. p. 25-137
- Simić Č., 1946: Malaria. Medicinska knjiga, Beograd-Zagreb
- Simsek F. M., Ulger C., Akiner M. M., Tuncay S.S., Kiremit F. Bardakci F. 2011: Molecular identification and distribution of *Anopheles maculipennis* complex in the Mediterranean region of Turkey. *Biochemical Systematics and Ecology* 39: 258-265.
- Sinegre G., 1980: Contribution to the normalisation of laboratory trials concerning experimental and commercial formulations of serotype H-14 of *Bacillus thuringiensis* I. Stability of test suspensions and detection of possible toxic chemical contaminants for mosquito larvae. WHO, Geneva. 6pp. Unpublished.
- Smith J. L., Fonseca D. M., 2004: Rapid assays for identification of members of the *Culex (Culex) pipiens* complex, their hybrids, and other sibling species (Diptera: Culicidae). *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 70 4:339–345, PMID: 15100444
- Starnes R. L., Liu C. L., Marrone P. G., 1993: History, Use, and Future of Microbial Insecticides. *American Entomologist*. 83-91.
- Sutcliffe J. F., 1987: Distance orientation of biting flies to their hosts. *Insect Science and its Applications* 8:611-616
- Strickman D., 1980a: Stimuli affecting selection of oviposition sites by *Aedes vexans*: Moisture. *Mosq News*. 40:236-245
- Strickman D., 1980b: Stimuli affecting selection of oviposition sites by *Aedes vexans*: Conditioning of the soil. *Mosq News* 40:413-417
- Sudarić Bogojević M., 2005: Migracije komaraca iz područja Kopačkoga rita. Magistarski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i Institut Ruđer Bošković u Zagrebu.

- *Sudarić Bogojević M., Hengl T., Merdić E., 2007: Spatio-temporal analysis of mosquito dispersal. *Journal of the American Mosquito Control Association* 23 2:99-108
- Sudarić Bogojević M., Merdić E., Vrućina I., Merdić S., Zahirović Ž., Turić N., Jeličić Ž., 2008: Results of ten years Mosquito (Diptera, Culicidae) monitoring in Osijek, Croatia. *Entomologia Croatica* 12 2:67-78
- *Sudarić Bogojević, M., 2009: Utjecaj okoliša na disperziju komaraca. Doktorska disertacija. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i Institut Ruđer Bošković u Zagrebu, p. 217.
- Sudarić Bogojević M., Merdić E., Turić N., Jeličić, Ž., Zahirović Ž., Vrućina I. Merdić S., 2009: Seasonal dynamics of mosquitoes (Diptera, Culicidae) in Osijek (Croatia) for the period 1995-2004. *Biologija* 64 4:760-767
- Sudarić Bogojević M., Merdić E., Bogdanović T., 2011: The flight distances of floodwater mosquitoes (*Aedes vexans*, *Ochlerotatus sticticus* and *Ochlerotatus caspius*) in Osijek, Eastern Croatia. *Biologija* 66 4:678-683, DOI: 10.2478/s11756-011-0073-7
- Tartaglia P., 1949: On epidemiology of malaria in Dalmatia. *Higijena Beograd* 1:206-220
- Takken W., 1991: The role of olfaction in host-seeking of mosquitoes: a review. *Insect Sci. Applic.* 12:287-295
- Tanada Y., Kaya H. K., 1993: Insect Pathology. Academic Press, New York.
- Telford A. D., 1963: A consideration of diapause in *Aedes nigromaculatus* and other aedine mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Ann Ent Soc Am* 56 4:409-418
- Thomas W. E., Ellar D. J., 1983: Mechanism of action of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* insecticidal δ - endotoxin. FEBS (Fed. Eur. Biochem. Soc.) Lett. 154:362-268.
- Thomas W. E., Ellar D. J., 1983: *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* crystal δ - endotoxin effects on insect and mammalian cells in vitro and in vivo. *J. Cell Sci.* 60: 181-197.
- Trausmiller O., 1946: Problem malarije u NR Hrvatskoj. *Narodno zdravlje* 1:28-35

- Travis B. V., 1953: Laboratory studies on the hatching of marshmosquito eggs. *Mosq News* 13:190–198
- Trpiš M., Shemanchuk, J. A. 1970: Effect of constant temperature on the larval development of *Aedes vexans* (Diptera: Culicidae). *The Canadian Entomologist.* 102 8:1048-1051.
- Trpiš M., Haufe W. O., Shemanchuk J. A., 1973: Embryonic development of *Aedes* (O.) *strictus* (Diptera: Culicidae) in relation to different constant temperatures. *Can Entomol* 105:43–50.
- Utsugi J., Toshihide K., Motomi I., 2011: Current progress in DNA barcoding and future implications for entomology. *Entomological Science* 14 107–124, doi: 10.1111/j.1479-8298.2011.00449.x
- Van Frankenhuyzen, K. 1993: The challenge of *Bacillus thuringiensis*. In *Bacillus thuringiensis, an Environmental Biopesticide: Theory and Practice*. John Wiley & Sons, New York.
- Varmus H., Klausner R., Zerhouni E., Acharya T., Daar A. S., Singer P. A., 2003: Public health: Grand challenges in global health. *Science* 302:398–399
- Vazeille-Falcoz M., Adhami J., Mousson L., Rodhain F., 1999: *Aedes albopictus* from Albania: potential vector of dengue viruses. *J Am Mosq Control Assoc* 15:475-478.
- Versteirt V., Schaffner F., Garros C., Dekoninck W., Coosemans M., Van Bortel W., 2009: Introduction and establishment of the exotic mosquito species *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) in Belgium. *J Med Entomol* 46: 1464-1467
- Vilibić Čavlek T., Barbić Lj., Ljubin Sternak S., Pem Novosel I., Stevanović V., Gjenero Margan I., Mlinarić Galinović G., 2013: Infekcija virusom zapadnog Nila – reemergentna bolest u Hrvatskoj. *Liječnički Vjesnik* 135 5-6:156–161
- Vilibić-Čavlek T., Kaić B., Barbić Lj., Pem-Novosel I., Slavić-Vrzić V., Lesnikar V., Kurečić-Filipović S., Babić-Erceg A., Listeš E., Stevanović, V., 2014: First evidence of simultaneous occurrence of West Nile virus and Usutu virus neuroinvasive disease in humans in Croatia during the 2013 outbreak. *Infection*, 42, 4; 689-695 doi:10.1007/s15010-014-0625-1

- *Vilibić-Čavlek T., Pem-Novosel I., Kaić B., Babić-Erceg A., Kučinar J., Klobučar A., Medić A., Pahor Dj., Barac-Juretić K., Gjenero-Margan I., 2015: Seroprevalence and entomological study on chikungunya virus at the Croatian littoral. *Acta Microbiol Immunol Hung* 62 2:199-206.
- *Vilibić-Čavlek T., Savić V., Petrović T., Toplak I., Barbić L., Petrić D., Tabain I., Hrnjaković-Cvjetković I., Bogdanic M., Klobučar A., Mrzljak A., Stevanović V., Dinjar-Kujundžić P., Radmanić L., Monaco F., Listeš E., Savini G., 2019a: Emerging Trends in the Epidemiology of West Nile and Usutu Virus Infections in Southern Europe. *Front. Vet. Sci.* 6:437. doi: 10.3389/fvets.2019.00437
- *Vilibić-Čavlek T., Savić V., Sabadi D., Perić Lj., Barbić Lj., Klobučar A., Miklausić B., Tabain I., Santini M., Vučelja M., Dvorski E., Butigan T., Kolarić-Sviben G., Potočnik-Hunjadi T., Balenović M., Bogdanić M., Andrić Z., Stevanović V., Capak K., Balicević M., Listeš E., Savini G., 2019b: Prevalence and molecular epidemiology of West Nile and Usutu virus infections in Croatia in the 'One health' context, 2018. *Transboundary and Emerging Diseases*. doi: 10.1111/tbed.13225
- *Vignjević G., Vrućina I., Šestak I., Turić N., Sudarić Bogojević M., Merdić E., 2013: Equine Seroprevalence Rates as an Additional Indicator for a More Accurate Risk Assessment of the West Nile Virus Transmission, *Colegium antropologicum* 37 3:949-956
- Vignjević G., 2014: Molekularna identifikacija i distribucija vrsta *Anopheles maculipennis* kompleksa u Hrvatskoj. Disertacija, Poslijediplomski interdisciplinarni sveučilišni studij Zaštita prirode i okoliša, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
- Vinogradova E., 2000: *Culex pipiens pipiens* mosquitoes: taxonomy, distribution, ecology, physiology, genetics, applied importance and control, Russian academy of sciences, Penssoft, Sofia
- Vrućina I., 2010: Utjecaj prirodne i umjetne svjetlosti na ponašanje i aktivnost komaraca (Diptera, Culicidae) na urbanom i šumskom području istočne Hrvatske. Magistarski rad. PSIZS „Zaštita

- prirode i okoliša“ Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku i Institut Ruđer Bošković Zagreb
- *Zielke D. E., Ibáñez-Justicia A., Kalan K., Merdić E., Kampen H., Werner D., 2015: Recently discovered *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) populations in The Netherlands and northern Germany resulted from a new introduction event and from a split from an existing population. *Parasites & vectors* 8: 1:40.
- Zotta G., 1935: Races d' *Anopheles maculipennis* en Yugoslavia. *Archives Roumaines le Patologie Experimentale et de Microbiologie*, 8:427-447
- Žitko T., 2006: Komarci (Diptera, Culicidae) priobalnog pojasa šireg područja Splita, magistarski rad, PMF Zagreb
- Žitko T., Merdić E., 2006: *Culex laticinctus*, Edwards 1913, New Mosquito Species in Croatian Fauna. *Europ Mosq Bull* 21:11-13.
- *Žitko T., Landeka N., Šarunić-Gulan J., Kronja Lj., Huljev Ž., Piskač I., 2007: Prisustvo Azijskog tigrastog komarca *Aedes albopictus* (*Stegomyia albopicta*) Skuse 1895 u Hrvatskoj u 2006. godini, Zbornik radova 19. stručno-edukativnog seminara s međunarodnim sudjelovanjem u djelatnosti DDD i ZUPP, Dubrovnik, pp. 185-192.
- *Žitko T., Kovačić A., Yves , Puizina J., 2011: Genetic variations of the Asian tiger mosquito, *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) in East-Adriatic populations inferred from NADH5 and COI sequence variability. *European journal of entomology*, 108 4:501-508.
- Žitko T., 2012: Ekološke značajke i podrijetlo vrste *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera: Culicidae) u Dalmaciji. Disertacija, PMF Zagreb.
- Žitko T., Merdić E., 2014: Seasonal and Spatial Oviposition Activity of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Adriatic Croatia. *Journal of Medical Entomology* 51 4:760-768.
- Wang G., Li C., Guo X., Xing D., Dong Y., Wang Z., Zhang Y., Liu M., Zheng Z., Hengduan Z., Zhiming X. Z., Zhao W.T., 2012: Identifying the Main Mosquito Species in China Based on DNA Barcoding. *PLoS ONE* 7 10: e47051., doi:10.1371/journal.pone.0047051

- Weitzel T., Gauch C., Becker N., 2012: Identification of *Anopheles daciae* in Germany through ITS2 sequencing. *Parasitol Res* 111: 2431-2438. doi:10.1007/s00436-012-3102-8.
- Werner D., Kronefeld M., Schaffner F., Kampen H., 2012: Two invasive mosquito species, *Aedes albopictus* and *Aedes japonicus japonicus*, trapped in south-west Germany, July to August 2011. *Euro Surveill* 17(4): pii=20067
- Wilson G. R., Horsfall W. R., 1970: Eggs of floodwater mosquitoes. XII. Installment hatching of *Aedes vexans*. *Ann Ent Soc Am*. 63:1644-1647
- Wipfli M. S., Merritt R. W., 1994: Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on nontarget benthic insects through direct and indirect exposure. *Journal of the North American Benthological Society*. 13:190-205
- Wipfli M. S., Merritt R. W., Taylor W. W., 1994: Low toxicity of the black fly larvicide *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* to early stages of brook trout (*Salvelinus fontinalis*), brown trout, (*Salmo trutta*), and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) following direct and indirect exposure. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 51:1451-1458.
- Werner R. S., Oswood, M., 2003: The problem: Mosquitoes, *Biting Insect Management Bulletin*. 13 1:45-52
- Yameogo L., Leveque C., Traore K., Fairhurst C. P., 1988: Ten years of monitoring the aquatic fauna of West African rivers treated against blackflies (Diptera: Simuliidae), vectors of onchocerciasis. *Naturaliste Canadien*: 115:287-298.
- AMCA, 1990: Organization of Mosquito Control
- WHO, 1975: Manual in practical Entomology
- WHO, 1999: Usage of *Bacillus thuringiensis israelensis* in Mosquito Control
- ECDC, 2017: Invasive species in Europe
- Narodne novine br. 60/92, 26/93, 29/94
- Narodne novine br. 38/98
- Narodne novine br. 35/07, 76/12

Popis stručnih radova i bibliografija*

- *Benić N., Baklaić Ž., Benić B., Klobučar A., 2005: Da li je *Aedes albopictus* zdravstvena prijetnja Hrvatskoj? Zbornik radova. 17. znanstveno - stručno - edukativnog seminara DDD i ZUPP 2005. 215-222
- *Benić N., Merdić E., Žitko T., Landeka N., Krajcar D., Klobučar A., 2008: Istraživanje rasprostranjenosti komaraca *Aedes albopictus* na hrvatskoj obali. Zbornik radova. 20. znanstveno - stručno - edukativnog seminara DDD i ZUPP, 141-148
- *Benić N., Klobučar A., Krajcar D., Lesnikar V., Bačun Ivček Lj., Pahor Đ., Šušnić V., 2012: Naša iskustva u uzorkovanju tigrastih komaraca BG Sentinel klopkama na području Primorsko-goranske i Ličko-senjske županije. Zbornik radova 24. znanstveno-stručno-edukativnog seminara DDD i ZUPP, 135-144.
- *Boca I., Lovaković T., Sudarić M., Merdić E., 2004: Metode hvatanja ličinki komaraca. Zbornik radova 16. seminara DDD i ZUPP, 143-149.
- Boca, I., 2005: Predatori komaraca. Zbornik radova 17. stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Rovinj, p. 267-274
- *Boca I., Landeka N., Merdić E., 2006: Trenutno stanje vrste komaraca *Aedes albopictus* na području Istarske županije, Zbornik radova 18. stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Dubrovnik, 57-59.
- *Boca I., Bogut I., Merdić E., 2006: Oblići (Nematoda, Mermithidae) paraziti komaraca (Diptera, Culicidae), Hrvatske vode, 14:56/57, 297-304
- *Boca I., Merdić E., Sudarić Bogojević M., 2007: Monitoring i istraživanje odraslih komaraca metodom čovjek-aspirator 15 minuta. Zbornik radova 19. seminara DDD i ZUPP, Dubrovnik. 173-183.
- *Capak K., Jeličić P., Janev Holcer N., Bucić L., Trumbetić I., Klobučar A., Landeka N., Žitko T., Brdarić D., Ljubas M., Bokan I., Sudarić Bogojević M., 2019: Provedba nacionalnog sustava praćenja invazivnih vrsta komaraca na području Republike Hrvatske

- tijekom 2018. godine. Zbornik radova 31. seminara DDD i ZUPP 2019, 87-96.
- *Hackenberger B. K., Jarić D., Stepić S., Merdić E., 2009: Primjenjivost akutnih testova toksičnosti u ocjeni okolišne podnošljivosti larvicida. Zbornik radova 21. znanstveno, stručno, edukativni seminar DDD i ZUPP, Zadar p. 221-230
- *Klobučar A., Benić N., Merdić E., Krajcar D., 2004: Istraživanje komaraca u parku Maksimir tijekom 2003. godine. Zbornik radova 16. znanstveno - stručno - edukativnog seminara DDD i ZUPP, 151-157
- *Klobučar A., Benić N., Merdić E., Krajcar D., Baklaić Ž., 2005: *Aedes albopictus* prvi put u Hrvatskoj. Zbornik radova 17. znanstveno - stručno - edukativnog seminar DDD i ZUPP, 207-213.
- *Klobučar A., Benić N., 2006: Azijski tigar komarac, *Stegomyia albopicta* (*Aedes albopictus*) u Zagrebu i Hrvatskoj. Hrvatski časopis za javno zdravstvo 2 8 www.hcjz.hr/pr.php?id=13022&rnd=.
- *Klobučar A., Krajcar D., Benić N., 2006: Azijski tigar komarac, *Aedes albopictus* u Zagrebu u 2005. godini. Zbornik radova 18. znanstveno - stručno - edukativnog seminara DDD i ZUPP, 53-55
- *Klobučar A., Landeka N., 2008: Da li je tigrasti komarac postao udomaćena vrsta hrvatske entomofaune? Zbornik radova stručnog seminara s međunarodnim sudjelovanjem "Kontrola štetnika", 14-20.
- Klobučar A., Benić N., Krajcar D., 2010: Poznavanje faune i ekologije komaraca kao polazište programa suzbijanja komaraca u Gradu Zagrebu. Zbornik radova 22. znanstveno - stručno - edukativnog seminara DDD i ZUPP, 195-201.
- *Klobučar A., Benić N., Krajcar D., Vrućina I., Vignjević G., Merdić E., 2013: Nadzor i praćenje tigrastog komarca (*Aedes albopictus*) na najčešćim mjestima unosa u kontinentalnoj Hrvatskoj. Zbornik radova 25. znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Split p 63-73
- *Klobučar A., 2014: Vektori flavivirusa. Zbornik radova simpozija Emergentni i re-emergentni flavivirusi - zajednički izazov i odgovornost humane i veterinarske medicine, Zagreb, 6-10.

- *Klobučar A., Lipovac I., Benić N., Krajcar D., 2014: Novi nalazi invazivnih vrsta komaraca u sjeverozapadnoj Hrvatskoj tijekom 2013. godine. Zbornik radova 26. znanstveno - stručno - edukativni seminar DDD i ZUPP, 49-59.
- *Klobučar A., Petrinić S., Curman M., Poje D., Singer A., Stojanić M., Pismarović T., Fabić Ž., Tešić V., 2018: Invazivne vrste komaraca *Aedes albopictus* i *Aedes japonicus* na području grada Zagreba - od prvog nalaza do danas. Zbornik radova 30. znanstveno- stručno-edukativnog seminara DDD i ZUPP, 43-55
- *Klobučar A., Vrućina I., 2019: Invazivna vrsta komaraca *Aedes koreicus* (Edwards, 1917) - u očekivanju nalaza u Hrvatskoj. Zbornik radova 31. znanstveno stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Zagreb, p. 97-104
- *Landeka N., Potočki K., Vrućina I., 2009: Monitoring i suzbijanje tigrastog komarca u urbanim staništima. Zbornik radova 21. znanstveno stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Zadar,p. 261-269
- *Landeka N., Leka D., Klobučar A., Vojvodić D., 2017: Provedba protuepidemijske dezinfekcije komaraca nakon dolaska osoba zaraženih dengue i zika virusom tijekom 2016. godine. Zbornik radova 29. znanstveno-stručno-edukativnog seminara DDD i ZUPP, str 98-105.
- *Merdić E., 2002: Komarci, DDD radionica „Komarci i njihovo suzbijanje“, Zagreb,
- Merdić E., Milas J., 2003: Praktična iskustva kontrole komaraca "ledenim granulama" *Bacillus thuringiensis israelensis* na poplavnom području oko Osijeka 2002. godini. Zbornik radova 15 seminara DDD i ZUPP
- *Merdić E., Landeka N., Boca I., 2005: Komarac *Aedes albopictus* – azijski tigar u Hrvatskoj, Priroda 11/05.
- Merdić E., 2005: Biološka kontrola komaraca – ima li budućnost? Zbornik radova 17. seminara DDD i ZUPP, Zagreb 223-226.
- *Merdić E., Sudarić Bogojević M., Jeličić Ž., Boca I., 2007: Komarci atraktanti. Zbornik radova 19. seminara DDD i ZUPP, Dubrovnik. 149-158.

- Merdić E., Žitko T., Jeličić Ž., Klobučar A., 2009: Spreading of *Aedes albopictus* on Croatian islands by boats and yachts, 5th EMCA Workshop, Torino, Italy
- *Merdić E., Žitko T., Zahirović Ž., Vrućina I., 2009: Brodovi kao sredstvo širenja komaraca vrste *Aedes albopictus* iz Italije na hrvatske otoke. Zbornik radova 21. znanstveno stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Zadar, 243-250
- Merdić E., Vignjević G., Vrućina I., 2010: *Aedes japonicus* nova prijetnja Evropi i Hrvatskoj. Zbornik radova 22 znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Pula p 179-185
- *Merdić E., 2012: Vodič za nadzor invazivnih vrsta komaraca. Zbornik radova 24. znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Split p 109-113
- *Merdić E., Vignjević G., Vrućina I., 2013: Komarci prijenosnici virusa Zapadnog Nila u Hrvatskoj. Zbornik radova 25. znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Split p 21-26
- *Merdić E., 2014: Poslovi kontrole komaraca i javnost. Zbornik radova 26. znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Split p 91-97
- Merdić E., Mustač S., Vignjević G., Zahirović Ž., Vrućina I., Sudarić Bogojević M., Bistrović M., 2014: Istraživanje komaraca u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Zbornik radova 26. znanstveno stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Split, 61-73
- *Merdić E., Sudarić Bogojević M., Turić N., Vignjević G., Vrućina I., Zahirović Ž., Bistrović M.. 2015: Monitoring komaraca na poplavljениm područjima Vukovarsko-srijemske, Brodsko-posavske, Požeško-slavonske i Sisačko-moslavačke županije u 2014. godini. Zbornik radova 27. seminara DDD i ZUPP 2015, 29-48.
- *Merdić E., Vignjević G., Kristić R., Josić V., Salha H., Vrućina I., 2015: Efikasnost aviotretmana metodom hladnog orošavanja u okviru programa kontrole komaraca u Osijeku u lipnju 2014. Zbornik radova 27. znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Mošćenička Draga p. 59-66
- *Merdić E., Antonić O., Hackenberger B. K., Kristić R., 2016: Novi sustav kontrole komaraca u Osijeku. Zbornik radova 28.

- znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Mošćenička Draga p 101-111
- *Merdić E., 2017: Nova (stara) prijetnja Europi, vrsta *Aedes aegypti* (Dyar, 1920). Zbornik radova 29. znanstveno stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, p 95-101
- *Merdić E., Vignjević G., Graovac N., Pritišanac E., Škoro M., Džojić N., Čavčić D., Cindrić J., 2018: Širenje invazivne vrste *Aedes japonicus* (Theobald, 1901) na području istočne Hrvatske. Zbornik radova 30. znanstveno stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, p 99-107
- *Puhalo D., Klobučar A., Benić N., 2013: Suvremena primjena informacijsko-komunikacijske tehnologije - glodavci i komarci u digitalnom svijetu. Zbornik radova 25. znanstveno - stručno - edukativnog seminara DDD i ZUPP, 99-113.
- *Sudarić M., Merdić E., 2003: Podrumi, mjesta za prezimljavanje komaraca – brojnost. Zbornik radova 15. seminara DDD i ZUPP, Poreč. 237-249.
- *Sudarić Bogojević M., Merdić E., Boca I., Merdić S., Zahirović Ž., 2007: Prednosti dugogodišnjeg monitoringa komaraca metodom CDC-klopke u Osijeku. Zbornik radova 19. seminara DDD i ZUPP, Dubrovnik. 159-172.
- *Sudarić Bogojević M., Terzić I., Cvitković A., Jurić D., Zahirović Ž., 2019: Uloga ovipozicijske klopke u kontroli invazivnih vrsta komaraca na području Brodsko-posavske županije. Zbornik radova 31. seminara DDD i ZUPP 2019, Novigrad (Istra), 113-128.
- *Sudarić Bogojević M., 2018: Invazivne strane vrste - stvarna prijetnja okolišu i zdravlju. Zbornik radova 30. seminara DDD i ZUPP 2018, Novigrad (Istra), 1-28.
- *Sudarić Bogojević M., 2005: Mehanizam djelovanja *Bacillus thuringiensis israelensis* na ličinke komaraca. Zbornik radova 17. seminara DDD i ZUPP, Rovinj. 227-242.
- *Šarunić-Gulan J., Mumelaš N., Merdić E., 2012: Izlov komaraca vrste *Aedes albopictus* u sklopu projekta procjene rizika od Dengue i Chikungunya groznice u 2011 u Hrvatskoj. Zbornik radova 24. znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Split, p 109-113

- *Šušnjć V., Vučetić J., Kauzlarić G., Klobučar A.. 2008: Pregled prisutnosti tigrastog komarca na području Primorsko-goranske županije. Zbornik radova stručnog seminara s međunarodnim sudjelovanjem "Kontrola štetnika", 61-69.
- *Terzić I., Cvitković A., Merdić E., Sudarić Bogojević M., 2018: Prisutnost invazivnih vrsta komaraca na području Brodsko-posavske županije. Zbornik radova 30. znanstveno stručno edukativnog seminara DDD i ZUPP, 67-83.
- *Trupac V., Klobučar A., Mitrović-Hamzić S., Petrinić S., 2018: Prvi nalazi i širenje areala invazivnih vrsta komaraca *Aedes albopictus* i *Aedes japonicus* na području Bjelovarsko-bilogorske županije u razdoblju od 2015. do 2017. godine. Zbornik radova 30. znanstveno-stručno-edukativnog seminara DDD i ZUPP, 57-65.
- *Turić N., Merdić E., Vignjević G., Jeličić Marinković Ž., Vrućina I., Kristić „, Dunić M., 2019: Strateške smjernice kontrole komaraca u Osječko-baranjskoj županiji. Osječko-baranjska županija.
- *Vignjević G., Vrućina I., 2011: Metode uzorkovanja komaraca, DDD trajna edukacija „Cjelovito (intregralno) suzbijanje komaraca“, Zagreb, 63 str.
- *Vilibić-Čavlek T., Tabain I., Klobučar A., Petrović G., Stevanović V., Savić V., Jeličić P., Babić-Erceg A., Pandak N., Barbić LJ., 2017: Zika virus - nastavak trenda širenja emergentnih arbovirusa ili globalna javnozdravstvena prijetnja. *Acta Medica Croatica* 71:223-233
- *Vrućina I., Jeličić Ž., Merdić E., 2010: Jaja komaraca – ovipozicija, izlijeganje iz jaja i uzorkovanje. Zbornik radova 22 znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Pula p 203-217
- *Vrućina I., Turić N., Merdić E., 2011: Ličinke i kukuljice komaraca najrasprostranjenijih vrsta u Hrvatskoj – biologija i ekologija. Zbornik radova 23. znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Pula p 135-145
- *Vrućina I., Vignjević G., Merdić E., 2012: Genetička kontrola komaraca. Zbornik radova 24. znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Split p 115-125

- *Vrućina I., Merdić E., 2013: Infekcija virusom zapadnog Nila u susjednim zemljama Hrvatske. Zbornik radova 25. znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Split p 27-39
- *Vrućina I., Vignjević G., Merdić E., 2014: Monitoring odraslih komaraca u Osijeku s posebnim osvrtom na invazivne vrste i vektore tijekom 2013. godine. Zbornik radova 26. znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, 2014, p 75-89
- *Vrućina I., Merdić E., Vignjević G., Zahirović Ž., Turić N., Sudarić Bogojević M., 2015: Komarac *Aedes albopictus* u kontinentalnom dijelu Hrvatske. Zbornik radova 27. znanstveno, stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, Mošćenička Draga p 125-135
- *Vrućina I., 2016: Ličinke i kukuljice komaraca najrasprostranjenijih vrsta u Hrvatskoj, DDD trajna edukacija „Cjelovito (intregralno) suzbijanje komaraca“, Zagreb, p. 49-57
- *Vrućina I., Merdić E., Vignjević G., Zahirović Ž., Turić N., Sudarić Bogojević M., Kurtek I., Šag M., 2016: Širenje azijskog tigrastog komarca *Aedes albopictus* u Osijeku, Hrvatska. Zbornik radova 28. seminara DDD i ZUPP 2016, 157-169.
- *Vrućina I., Merdić E., Zahirović Ž., Kurtek I., Krešić K., Cvitković M., Badžek A., Zovkić R., Grujić B., 2017: Prvi nalaz azijskog tigrastog komarca *Aedes albopictus* u Vukovarsko srijemskoj županiji. Zbornik radova 29. znanstveno stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, p 52- 59
- *Vrućina I., Merdić E., Zahirović Ž., Krešić K., Ilić A., Cvitković M., Badžek A., Jularić M., Zovkić R., Grujić B., 2018: Istraživanje azijskog tigrastog komarca *Aedes albopictus* u Vukovarsko srijemskoj županiji tijekom 2016. i 2017. godini, Hrvatska. Zbornik radova 30. znanstveno stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, p 85-98
- *Vrućina I., Merdić E., Zahirović Ž., Krešić K., Ilić A., Cvitković M., Badžek A., Jularić M., Zovkić R., Grujić B., 2019: Istraživanje invazivnih vrsta komaraca u Vukovarsko-srijemskoj županiji tijekom 2018. godine, Hrvatska. Zbornik radova 31. znanstveno stručno edukativni seminar DDD i ZUPP, p 129-144
- *Vrućina I., Merdić E., Krešić K., Ilić A. 2020: Povećanje brojnosti i širenje azijskog tigrastog komarca *Aedes albopictus* na području

- Vukovarsko - srijemske županije od 2016. do 2019. godine.
Zbornik radova 32. znanstveno stručno edukativni seminar
DDD i ZUPP, Novi Vinodolski,
- *Žitko T., Bakić J., Smoljanović M., 2000: Prvi rezultati istraživanja komaraca na području grada Splita - Uporaba bioznanstvenih zamki u procjeni zastupljenosti komaraca. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2000, 167-177
- *Žitko T., Bakić J., 2001: Drugi prilog istraživanju komaraca splitskog okružja. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2001, 81-84
- *Žitko T., Plenković J., Efendić N., 2002: Prilog ispitivanju faune komaraca Dugog Otoka. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2002.
- *Žitko T., 2003: Treći prilog istraživanju komaraca splitskog okružja. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2003, 251-254
- *Žitko T., 2005: Primjena larvicidnih preparata na bazi Bti. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2005, 243-252
- *Žitko T., Piskač I., 2006: Prisustvo komaraca vrste *Aedes albopictus* na području Splitsko-dalmatinske i Dubrovačko-neretvanske županije u 2005. godini. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2006, 61-65
- *Žitko T., Landeka N., Šarunić Gulan J., Kronja Lj., Huljev Ž., Piskač I., 2007: Prisustvo Azijskog tigrastog komarca *Aedes albopictus (Stegomyia albopicta)* Skuse 1859 u Hrvatskoj u 2006. godini. Zbornik radova DDD i ZUPP, 185-193
- *Žitko T., 2009: Provedba edukativne kampanje suzbijanja tigrastog komarca na području Splitsko-dalmatinske županije u 2008. godini. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP,

Popis literature - posebna izdanja

- American Mosquito Control Association. 1990. Organization for Mosquito Control. AMCA Bulletin No. 4.
- Anon. Zakon o zaštiti pučanstva od zaraznih bolesti (Narodne novine br. 79/07, 113/08, 43/09, 130/17)
- Anon, Pravilnik o načinu obavljanja obvezatne preventivne dezinfekcije, dezinsekcije i deratizacije ("Narodne novine", br. 38/98)

- Anon, Lista otrova koji se mogu stavljati u promet ("Narodne novine", br. 30/05)
- Anon, Zakon o zaštiti prirode ("Narodne novine", br. NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19)
- Anon, Program kontrole komaraca ("Službeni glasnik" Grada Osijeka 7a/00)
- Centers for Disease Control. 1978. Vector Topics No. 3, Control of Western Equine Encephalitis. U.S. DHEW PHS, Atlanta, GA.
- Florida Coordinating Council on Mosquito Control. 1998. Florida Mosquito Control. The state of the mission as defined by mosquito controllers, regulators, and environmental managers. University of Florida, USA
- World Health Organisation WHO, 1975: Manual on practical Entomology in malaria, Part II Methods and techniques, Word Health Organization. Geneva 2.
- World Health Organisation WHO 1999: *Bacillus thuringiensis*. International programme on chemical safety. Environmental health criteria 217. Geneva.

Korištene web stranice

- <http://www.cityofgainesville.org>
- <http://www.mda.state.md.us>
- <http://www.nature.nps.gov>
- <http://www.thebestcontrol.com>
- www.cdc.gov/ncidod/dvbid/arbor/japonicus.htm
- www.Colostate.edu/depts/entomology/courses/en570/papers_1997/beaty.html
- <http://www.cityofgainesville.org>
- <http://www.mda.state.md.us>
- <http://www.nature.nps.gov>
- <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/>
- <http://www.ecdc.europa.eu/en/publications/publications/termosquito-surveillanceguidelines>
- <http://ecdc.europa.eu/en/healthtopics/vectors/mosquitoes/Pages/aedes-albopictus.aspx>
- www.amdro.com

www.media.gettyimages.com
www.entnemdept.ufl.edu
www.Reddit.com
www.presentational.ly
www.bing.com
www.cityofgainesville.org
www.mda.state.md.us
www.ecdc.europa.eu
www.cdc.gov
www.bioc.cam.ac.uk/UTOs/anchor915223#anchor915223
www.groupebioservices.com/Bacillusang.html
<http://komarci.biologija.unios.hr>

