

AKTIVITY Z ENTOMOLÓGIE (KOMÁRE)



2023



Aktivity z entomológie (komáre)

Metodická príručka a pracovné listy pre ISCED 2 a 3

Autori: PaedDr. Ivan Il'ko, PhD.

Doc. Ing. Viera Peterková, PhD.

Vydavateľ: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave

Recenzenti: PaedDr. Milan Kubiátko, PhD.

ISBN: 978-80-568-0588-6

Publikácia vznikla v spolupráci občianskeho združenia Zóny bez pesticídov a Pedagogickej fakulty Trnavskej univerzity v Trnave.

Neprešlo jazykovou korektúrou.



Obsah

PREDHOVOR.....	5
ÚVOD.....	6
TEORETICKÝ ÚVOD PRE UČITEĽA	9
METODICKÝ LIST PRE UČITEĽA.....	16
PRACOVNÉ LISTY PRE UČITEĽA.....	19
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	20
POHLAVIE KOMÁROV	20
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	22
ANATÓMI A MORFOLÓGIA KOMÁROV (IMAGO- DOSPELÝ JEDINEC).....	22
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	25
VÝVINOVÝ CYKLUS KOMÁROV	25
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	28
VPLYV TEPLoty A ZRÁŽOK NA VÝVINOVÝ CYKLUS KOMÁROV	28
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	29
VPLYV VETRA NA VÝVINOVÝ CYKLUS KOMÁROV	29
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	31
VPLYV TEPLoty NA VÝSKYT DOSPELÝCH KOMÁROV	31
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	34
LIAHNISKÁ KOMÁROV	34
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	38
ODDYCHOVÉ ZÓNY KOMÁROV	38
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	40
URČOVANIE KOMÁROV (IMAGA- DOSPELÉ JEDINCE)	40
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	43
URČOVANIE KOMÁROV (LARVY A VAJÍČKA).....	43
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	45
RIZIKÁ NÁKAZY A VZŤAH TEPLoty A VÝSKYTU KOMÁROV	45
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	48
METÓDY KONTROLY (ZNEŠKODŇOVANIA) KOMÁROV	48

PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	50
CHEMICKÁ KONTROLA KOMÁROV.....	50
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	53
ÚČINNOSŤ CO ₂ PASCÍ NA KOMÁRE	53
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	56
PRIETOK CO ₂ PLYNU	56
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	58
VÝZNAM KOMÁROV A BIOLOGICKÁ KONTROLA KOMÁROV	58
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	59
VPLYV NÁŠHO STRAVOVANIA NA ATRAKTIVITU PRE KOMÁRE	59
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	61
VPLYV KRVNEJ SKUPINA A PACHU ČLOVEKA NA ATRAKTÍVNOSŤ KOMÁROV.....	61
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	63
PREVENCIA PROTI KOMÁROM	63
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	66
KOMÁRIE DNÍ (PROJEKT PROTI KOMÁROM)	66
PRACOVNÝ LIST PRE UČITEĽA.....	68
ŽIVOTNÝ CYKLUS MALÁRIOVCA TROPICKÉHO	68
PRACOVNÉ LISTY PRE ŽIAKOV	77
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	78
POHLAVIE KOMÁROV	78
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	80
ANATÓMI A MORFOLÓGIA KOMÁROV (IMAGO- DOSPELÝ JEDINEC).....	80
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	83
VÝVINOVÝ CYKLUS KOMÁROV	83
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	87
VPLYV TEPLoty A ZRÁŽOK NA VÝVINOVÝ CYKLUS KOMÁROV	87
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	88
VPLYV VETRA NA VÝVINOVÝ CYKLUS KOMÁROV	88
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	90
VPLYV TEPLoty NA VÝSKYT DOSPELÝCH KOMÁROV	90
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	93

LIAHNISKÁ KOMÁROV	93
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	97
ODDYCHOVÉ ZÓNY KOMÁROV	97
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	99
URČOVANIE KOMÁROV (IMAGA- DOSPELÉ JEDINCE)	99
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	102
URČOVANIE KOMÁROV (LARVY A VAJÍČKA)	102
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	104
RIZIKÁ NÁKAZY A VZŤAH TEPLoty A VÝSKYTU KOMÁROV	104
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	107
METÓDY KONTROLY (ZNEŠKODŇOVANIA) KOMÁROV	107
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	109
CHEMICKÁ KONTROLA KOMÁROV	109
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	112
ÚČINNOSŤ CO ₂ PASCÍ NA KOMÁRE	112
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	115
PRIETOK CO ₂ PLYNU	115
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	117
VÝZNAM KOMÁROV A BIOLOGICKÁ KONTROLA KOMÁROV	117
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	118
VPLYV NÁŠHO STRAVOVANIA NA ATRAKTIVITU PRE KOMÁRE	118
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	120
VPLYV KRVNEJ SKUPINA A PACHU ČLOVEKA NA ATRAKTÍVNOSŤ KOMÁROV	120
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	122
PREVENCIA PROTI KOMÁROM	122
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	124
KOMÁRIE DNÍ (PROJEKT PROTI KOMÁROM)	124
PRACOVNÝ LIST PRE ŽIAKA	126
ŽIVOTNÝ CYKLUS MALÁRIOVCA TROPICKÉHO	126
POUŽITÁ LITERATÚRA	136

Predhovor

Vážení učitelia a čitatelia,
k dosiahnutiu trvalo udržateľného, bezpečného a environmentálne šetrného manažmentu komárov je kľúčová ekologická a environmentálna výchova. Jednou z konštruktivistických metód zlepšenia postojov žiakov je bádateľsky orientované vyučovanie, ktoré rozvíja spôsobilosti vedeckej práce a kritické myslenie.

Predložený metodicko-pedagogický materiál „Školy bez komárov“, slúži ako zdroj nápadov, motivácii a predovšetkým informácii z problematiky komárov. Pripravené aktivity slúžia na doplnenie učiva a vedomostí žiakov 8. a 9. ročníka základných škôl a 1. a 2. ročníka stredných škôl, pričom sú žiaci podnecovaní tvorivo myslieť, aktívne poznávať, vyvodzovať záver a otvorene diskutovať.

Materiál vznikol v spolupráci občianskeho združenia Zóny bez pesticídov, Pedagogickej fakulty Trnavskej univerzity v Trnave a spoločnosti Vedou proti komárom, s.r.o. Cieľmi projektu Školy bez komárov je ochrana žiakov pred epidemiologickým rizikom a diskomfortom, prostredníctvom inštalácie CO₂ pascí na komáre, ktoré sú považované za jednu z najefektívnejších a environmentálne šetrných metód znižovania výskytu komárov. Ďalším cieľom projektu je dosiahnuť zvýšenie povedomia o problematike komárov v husto obývaných oblastiach, zvýšiť povedomie o epidemiologických rizikách, ktoré sú s komármi spojené a predovšetkým informovať o bezpečnom, účinnom a prírode blízkom manažmente komárov.

Ďalšie informácie o problematike nájdete na webovej stránke: www.zonybezkomarov.sk.

Publikácia je rozdelená na metodický list pre učiteľov, ktorý obsahuje inštrukciú pre učiteľa, ako aj návod na použitie pascí na komáre a ďalšie, pracovné listy pre učiteľov, ktoré obsahujú správne odpovede a pracovné listy pre žiakov.

Publikáciu je možné využiť v rámci environmentálnej a ekologickej výchovy, školských klubov, krúžkov alebo v rámci tematických dní.

Prajeme Vám veľa zábavy pri spoznávaní komárov.

autori

Úvod

Komáre sú dobre známe ako najsmrteľnejší "predátor" na svete. Podľa odhadu WHO z decembra 2020 je malária stále šiestym najsmrteľnejším ochorením v krajinách s nízkymi opatreniami proti nim (WHO 2020). Medzi opatrenia, ktoré sa využívajú proti komárom patria napríklad mechanické metódy (inštalácia sieťok na okná, používanie CO₂ pascí na komáre a pod.), vzdelávanie (zvyšovanie povedomia o komároch medzi obyvateľstvom pomáha redukovať liahniská komárova tým znížiť ich výskyt), biologické metódy (využívanie rôznych organizmov alebo toxínov z nich pri redukcii komárov, napr. aplikácia Bti prípravkov, podpora hniezdienia netopierov, vtákov a pod.) a chemické metódy (aplikácia pesticídov) (Il'ko a kol., 2020). V Slovenskej republike patria medzi najčastejšie používané účinné latky v boji proti komárom pyretroidy, ktoré patria medzi insekticídy. Pyretroidy sú syntetické analógy pyretrínov, čo sú insekticídne zlúčeniny získavané zo sušených kvetov *Chrysanthemum cynerariaefolium*. Pyretríny sa používali ako biocídy, ale z dôvodu ich rýchleho rozkladu pri pôsobení vzduchu, tepla alebo svetla boli nahradené ich syntetickými analógmi pyretroidmi, ako napríklad účinná látka cypermetrín a deltametrín (Il'ko a kol., 2023). Syntetické pyretroidy sú bežne používané biocídy na kontrolu populácie dospelých komárov a sú jedinými chemickými látkami povolenými ako adulticídy proti komárom v Európe (Maund a kol., 2011). Mechanizmus účinku pyretroidov spočíva v reakcii so sodíkovými kanálmi na membránach neurónov, čo vedie k postupnej celkovej paralýze organizmu (Matsuo, 2019).

Ukázalo sa, že tieto biocídy a príbuzné zlúčeniny majú negatívny vplyv na vývoj, správanie a úmrtnosť rôznych druhov rýb, obojživelníkov a iných vodných organizmov a samozrejme sú vysoko toxické pre užitočný hmyz a človeka (Ali a kol., 2011).

V súvislosti s pravidelným používaním pyretroidov sa objavuje ešte jeden problém. Komáre sa môžu prispôbiť a vyvinúť si rezistenciu voči týmto látkam (Machani et al. 2020).

V rokoch 2010 až 2020 bolo celosvetovo zistených 7314 prípadov rezistencie na účinnú látku alfa-cypermetrín (1008), cypermetrín (27) a deltametrín (6279) (WHO 2021).

Niektoré európske krajiny začali používať cielenejší a ekologickejší spôsob kontroly lariev komárov pomocou *Bacillus thuringiensis subsp. israelensis* (Bti). Iné krajiny nevenujú toľko pozornosti znižovaniu aplikácie pyretroidov (Becker 1997). Rezistencia komárov na pyretroidy bola preukázaná aj v Slovenskej republike (Il'ko a kol., 2023).

Rezistenciu mnohí autori považujú za hrozbu pre globálne verejné zdravie. V posledných desaťročiach bol na celom svete odhalený rastúci počet infekcií prenášaných komármi u ľudí a Európa nie je výnimkou. Dlhý čas po eradikácii malárie, najmä v strednej a

severnej Európe, boli komáre považované len za nepríjemného škodcu. Globálna zmena životného prostredia je spúšťačom zavlečenia cudzích a invazívnych druhov komárov a patogénov (Barrett 2018).

Zlepšenie manažmentu komárov a ich poznania zo strany obyvateľov je často neoddeliteľnou súčasťou integrovaného manažmentu komárov, najmä v mestskej krajine so značným výskytom komárov na pozemkoch v súkromnom vlastníctve. Vzdelávanie verejnosti o komároch zahŕňa vysvetlenie, ako identifikovať miesta výskytu lariev, odstrániť ich alebo ako zabezpečiť trvalé nádoby s dažďovou vodou. Zvyčajne sa vzdelávacie kampane uskutočňujú prostredníctvom stretnutí s obyvateľmi, prednáškami a distribúciou vzdelávacích materiálov (napr. letákov a brožúr) a/alebo prostredníctvom masmédií. Tieto pasívne vzdelávacie kampane majú pri znižovaní komárov menší vplyv, to súvisí najmä s úrovňou účasti obyvateľov (Heintze a kol., 2007; Bartlett-Healy a kol., 2011).

Naopak, aktívne vzdelávacie kampane prostredníctvom návštev v domácnostiach (door to door kampane), aktívnom zapájaní ľudí do kontroly komárov a vzdelávaním na školách, sú považované za veľmi efektívne a využívajú sa vo svete (Fonseca DM a kol., 2013; Healy a kol., 2014).

Štúdiá zameraná na redukcii dvoch najbežnejších druhov *Aedes albopictus* a *Culex pipiens*, preukázala, že kombinácia metód proti komárom zo strany samosprávy so vzdelávaním obyvateľov dosiahla najlepší efekt pri redukcii komárov (Baldacchino a kol., 2017).

Za najcitlivejšiu skupinu reagujúcu na negatívne vplyvy životného prostredia sa všeobecne považujú starí alebo chorí ľudia a deti (Sharma et al., 2022).

Podľa Sterna (2000) sú environmentálne hodnoty a postoje kľúčové pre rozvoj pro-environmentálneho správania a trvalo udržateľných prístupov.

Mnoho autorov poukazuje na výhody konštruktivistického prístupu vo vyučovaní, medzi hlavne pozitíva patria: inovatívnosť, aktívna činnosť žiakov, získavanie kľúčových kompetencií, atraktívnosť vo vyučovaní, tvorivosť, konštruovanie vlastnej reality, kooperácia, zvýšenie záujmu a motivácie, rozvoj kritického myslenia a ďalšie (Belza & Siegrista, 2001; Tomengová, 2012; Prince & Felder, 2006). Jednou z konštruktivistických metód je aj bádateľsky orientované vyučovanie, ktoré rozvíja spôsobilosti vedeckej práce a je orientované na aktívnu činnosť žiakov. Vyučujúci, ale aj výskumníci túto metódu často využívajú pre potenciál dosiahnuť pozitívne zmeny v postojoch žiakov (Yilmaz, et al., 2020, Il'ko, 2023). Mnoho autorov preukázalo, že postoje účastníkov sa významne zvýšili po absolvovaní krátkodobého kurzu k životnému prostrediu, rovnako zaznamenali vplyv na vnímanie

environmentálneho využitia a presvedčenia o dôležitosti vlastnej zainteresovanosti (Sotáková, 2018; Sousa a kol., 2016).

Projekt Školy bez komárov je zameraný na zlepšenie postojov žiakov, zvýšenie povedomia o ekológii komárov, metód ochrany a zlepšenia ochrany školských zariadení pred komármi, za využitia induktívne ladených vzdelávacích metód. Ďalšími cieľmi projektu je ochrana citlivých skupín obyvateľov pred rizikom ochorení, prostredníctvom inštalácie CO₂ pascí na komáre, ktoré sú považované za jednu z najefektívnejších a environmentálne šetrných metód znižovania výskytu komárov, pričom slúžia na odchyt komárov a vytvorenie tzv. zón bez komárov na požadovaných miestach (ihrisko, školský dvor a pod.). Uvedené zariadenia zároveň slúžia na získavanie biologického materiálu (komárov), na školské laboratórne práce (pozorovanie stavby tela, určovanie rozdielov v pohlaví, determinácia druhov a pod.) a pozorovanie správania komárov. Inštalácia CO₂ pascí v školskom areály skvalitňuje vyučovací proces zavedením najnovších trendov a inovácii v oblasti boja proti komárom a zároveň poskytuje možnosť technického vzdelávania v praxi.

Potrebu uvedeného projektu vnímame hlavne v zabezpečení bezpečného prostredia bez komárov, pre vzdelávanie žiakov a využitie moderných metód vyučovania so zameraním na aktívnu prácu žiakov. Zároveň predpokladáme celkové komunitné ovplyvnenie a zvýšenie povedomia o nechemickej, environmentálne šetrnej a trvalo-udržateľnej kontrole komárov v samospráve, vďaka ukázkovému príkladu zo školského prostredia.

Teoretický úvod pre učiteľa

Charakteristika komárovitých (Culicidae)

Čeľaď *Culicidae* (komárovité) patrí do podradu *Nematocera* (komáre), radu *Diptera* (dvojkřídlowce), triedy *Insecta* (hmyz) a kmeňa *Arthropoda* (článkonožce) (PETERKOVÁ, 2015). KRAMÁŘ (1958) vidí dôvod zaradenia čeľade komárovitých do podradu *Nematocera* vo veľkom počte článkov tykadiel. Tykadlá pozostávajú z dvoch bazálnych článkov, rovnako ako pri iných druhoch hmyzu, ale z nich pokračuje ešte štrnásťčlenný bičík. Na tele imága je možné rozlíšiť hlavu (*caput*), hrud' (*thorax*) a bruško (*abdomen*). Hlava nesie bodavo – cicavé ústne ústrojenstvo a je miestom uloženia zmyslových orgánov (PETERKOVÁ, 2015). Podľa BECKERA a kol. (2010) pokrytie hlavy, hrude a bruška šupinami a štetinkami je rodovo a druhovo špecifické a významné z hľadiska taxonómie. Ústne ústrojenstvo je zospodu ohraňované hornou perou (*labrum*) a zospodu spodnou perou (*labium*), ktorá je rozčlenená na dva lalôčky (*labelly*). Hryzadlá (*mandibulae*) a čeľuste (*maxillae*) sú prispôbené na bodanie. Dominantou hlavy je ciciak (*proboscis*), ktorý vyčnieva dopredu spolu s čeľustnými hmatadlami (*palpi maxillares*). Medzi pohlaviami a jednotlivými rodmi komárov je rozdiel vo vyvinutí čeľustných hmatadiel. U samcov väčšiny rodov a samíc rodu *Anopheles* sú čeľustné hmatadlá dlhšie ako ciciak. Samice iných rodov majú časť hmatadiel atrofovaných (KRAMÁŘ, 1958). BECKER a kol. (2010) potvrdzujú, že samce väčšiny druhov komárov sa jasne odlišujú od samíc dlhými a chlpmi pokrytými čeľustnými hmatadlami. Uvádzajú, že primárny segment dvojčlánkových tykadiel (*antennae*) samcov je vybavený hustou sieťou bičíkov, ktoré sa u samíc nevyskytujú. Autori tykadlá samcov prirovnávajú k páperiu. SAARI, NÄREAHO, NIKANDER (2019) objasňujú význam prítomnosti bičíkov na tykadlách samcov. Samica vydáva svojimi krídlami kvílivý zvuk, ktorý rozvibruje bičíky tykadiel samcov. Signál vibrujúcich bičíkov je prenášaný do Johnstonovho sluchového orgánu uloženého v druhom článku tykadiel samcov a umožňuje samcom lokalizovať samicu. KRATOCHVÍL (1973) uvádza, že krvou sa živia len samičky a podľa KRAMÁŘA (1958) hryzadlá a čeľuste samcov nie sú anatomicky prispôbené na bodanie – hryzadlá a čeľuste sú kratšie ako spodná pera. Primárnym zdrojom energie pre obe pohlavia je nektár a iné sladké šťavy z kvetov. Pri bodnutí vtekajú cez špeciálny ústny útvar – *hypopharynx* do rany sliny s látkami antikoagulačného významu (KRAMÁŘ, 1958). SERVICE (2012) vysvetľuje, že sliny obsahujú okrem antikoagulačných látok aj anestetické látky, ktoré zmiernujú bolesť pri bodnutí. Hostiteľova nepodmienená obranná reakcia na bodnutie sa tak zmierni. Príjem krvi z hostiteľa uľahčujú

komárom aj antihemostatické enzýmy, napríklad apyráza. Hruď tvoria tri segmenty – predohruď (*prothorax*), mohutná stredohruď (*mesothorax*) a zadohruď (*metathorax*). Na každom segmente hrude sa nachádza jeden pár končatín. Ku stredohrudi je pripojený jeden pár funkčných krídel. Zadohruď je vybavená druhým párom krídel, ktorý je redukovaný na kyvadielka (*haltery*) (RUEDA, DEBBOUN, 2020). Podľa PETERKOVEJ (2015) sú kyvadielka vibrujúcim orgánom, ktorý slúži na orientáciu pri pohybe – pri lete. KRAMÁŘ (1958) člení každú končatinu komárov na päť častí – *coxa*, *trochanter*, *femur*, *tibia* a *tarsus* zakončený dvomi pazúrmí. BECKER a kol. (2010) dodáva, že samce väčšiny druhov *Culicidae* majú pazúre predohrude a stredohrude väčšie – prispôbené na uchopenie samíc pri kopulácii. Abdominálny systém tvorí desať článkov, pričom tri koncové články sú špecializované na vylučovanie a na reprodukciu (RUEDA, DEBBOUN, 2020). V porovnaní s komármi rodu *Anopheles*, ktoré majú bruško bez šupín, u väčšiny druhov komárov rodu *Culex* je dorzálna i ventrálna časť bruška oboch pohlaví pokrytá hnedými až čiernymi šupinami. Na brušku komárov rodu *Anopheles* vyrastajú len chlípky (SERVICE, 2012). Každý z článkov bruška pozostáva z dorzálnej platničky (tergity) a ventrálnej platničky (sternity). Tergity a sternity sú spojené membránovým exoskeletom, ktorý sa počas kŕmenia rozťahuje (BURKETT – CADDENA, 2013). Na deviatom článku bruška sa nachádza análny otvor. Posledné dva články samčekov sú premenené na páriace ústrojenstvo – hypopygium. Cez hypopygium prechádzajú genitálne kanálky, ktoré spájajú pár samčích semenníkov s vlastným pohlavným orgánom – aedeagusom. Ten je ukončený silne sklerotizovaným kužeľovitým útvarom – phallosomom. U samičiek sa k desiatemu článku bruška pripájajú dva príviesky – cercusy (cerci). Pod cercusmi je uložená postgenitálna doštička.

Vývinové štádiá komárovitých

Komáre, rovnako ako ostatní zástupcovia dvojkrídlcov, podliehajú vo svojom vývine dokonalej premene – holometabólii (PETERKOVÁ, 2015). BECKER a kol. (2010) uvádzajú, že väčšina druhov komárov kopuluje pri lete a kopulácia trvá len niekoľko sekúnd. SERVICE (2012) dodáva, že samice sa pária len jedenkrát za život. Spermie prijaté počas tohto párenia sú uložené v spermatotéke a oplodnia všetky vajíčka, ktoré samica počas života znesie. Samce sa v priebehu svojho života pária niekoľkokrát. Po kopulácii musia samice väčšiny druhov komárov prijať z tela hostiteľa krv. Tá je zdrojom bielkovín pre sformovanie vajíčok. Z vajíčok sa vyvíjajú larvy, ktoré prechádzajú cez štyri larválne instary. Prechod z jedného larválneho instaru do ďalšieho je koordinovaný zvyšovaním a znižovaním hladiny protichodne pôsobiacich

hormónov – ekdyzómu a juvenilného hormónu. V nasledujúcom štádiu kukly dochádza k výraznej transformácii v anatomických a morfológických znakoch. Vzniká dospelý jedinec – imágo (BECKER a kol., 2010). SERVICE (2012) opisuje, že bruško samice nadobudne ihneď po prijatí krvi svetločervenú farbu a po pár hodinách začne tmavnúť. Trávením krvi získava samica bielkoviny a vajíčka vo vaječníkoch dozrievajú a zväčšujú sa. V dôsledku toho sa zadná časť bruška rozširuje a získava belavé sfarbenie. Rýchlosť trávenia krvi závisí od teploty prostredia. Autor uvádza, že v tropických oblastiach ide o 2 – 3 dni a samice v miernom podnebí trávajú prijatú krv 7 – 14 dní. Po ovipozícii samica znova vyhľadáva hostiteľa, prijíma jeho krv a dozrievajú ďalšie vajíčka. V jednej znáške je samica schopná naklásať 30 – 300 vajíčok. Ich počet je ovplyvnený viacerými faktormi, predovšetkým druhom samice komára. Komáre rodu *Anopheles* kladú vajíčka na vodnú hladinu jednotlivito, vytvárajúc hviezdicovité útvary (Obr. 1). Vajíčka svojím tvarom pripomínajú lodičky. Po znesení majú bleďožlté sfarbenie, pričom v priebehu 24 hodín začnú tmavnúť. Na hladine plávajú vďaka plávajúcej lište a vzduchovým komôrkam. Tieto komôrky vznikajú tak, že sa exochorion vajíčka prehne a vo vytvorenej dutine sa uzavrie vzduch. Ten nadnáša vajíčko (KRAMÁŘ, 1958). Ďalej KRAMÁŘ (1958) uvádza, že ostatné rody našich komárov znášajú vajíčka bez vzduchových komôrok. Vajíčka samíc rodu *Aedes* majú pretiahnutý vajcovitý tvar s rozšírenou základňou na tupom konci (Obr. 2). Obrázok 3 znázorňuje člnkovité zhľuky vajíčok, ktoré sú typické hlavne pre rod *Culex*. Pri ovipozícii sa k sebe vajíčka zlepujú bočnými stenami. BECKER a kol. (2010) vysvetľujú, že na báze každého vajíčka je miskovitý útvar (corolla), ktorého vnútorný hydrofílny povrch leží na vodnej hladine avonkajší povrch je hydrofóbny. Tento charakter povrchov corolly spolu s vysokým povrchovým napätím vody udržiava zhľuky vajíčok na hladine vody v správnej polohe bez potopenia sa. Podľa BECKERA a kol. (2010) sa larvy komárov rodu *Culex* pri teplote vody 30 °C liahnu asi jeden deň po ovipozícii a larvy rodu *Aedes* asi sedem dní po ovipozícii vajíčok. Rovnako ako telo imága, aj telo larvy pozostáva z troch častí. Od dospelcov sa larvy odlišujú absenciou nôh, krídiel, ciciaku a tým, že ich vývin je viazaný na vodné prostredie (SNODGRASS, 1959). Hlava (*caput*) je chránená tromi sklerotizovanými doštičkami. Podľa KRAMÁŘA (1958) existujú rozdiely v tvare hlavy lariev rôznych druhov komárov, ktoré súvisia so spôsobom prijímania potravy, teda s úrovňou vyvinutia svalstva ústneho ústrojenstva. Larválnu potravu tvoria najmä mikroorganizmy, riasy a detrit. Existujú tri spôsoby prijímania potravy lariev: filtrovanie vody alebo mikrobiálneho filmu prítomného na vodnej hladine, zoškrabovanie potravy zponorených predmetov arastlín, apredátorstvo na iných larvách komárov. Posledný menovaný spôsob sa u lariev našich komárov nevyskytuje. Okrem hryzavých ústnych orgánov sa na hlave lariev nachádza jeden pár očí a jeden pár tykadiel, ktorý

je obvykle tvorený drobnými bičíkmi. Oči sú lokalizované na laterálnych stranách hlavy a sú zložené zo zhlukov jednoduchých očiek (ocelli) (FOSTER, WALKER, 2019). KRAMÁŘ (1958) dopĺňa, že zložené oči sa vyvinú v druhom až štvrtom instare lariev. Larvy prvého instaru disponujú len svetlocitlivými škvrnami. Oba typy očí sa zachovávajú v štádiu kukly a imága, ale svetlocitlivé škvrny nie sú na imágu viditeľné, pretože sú prekryté šupinkami. COURTNEY a CRANSTON (2015) vysvetľujú, že prelomiť chorión pri liahnutí z vajíčka umožňuje larvám prvého instaru tzv. vaječný zub. SAARI, NÄREAHO, NIKANDER (2019) uvádzajú, že vo štvrtom instare je hrud' (*thorax*) najmohutnejšou časťou larválneho tela. Na brušku (*abdomen*) lariev je možné rozlíšiť desať článkov. Obrázok 4 naznačuje, že články I – VII, tvoriace prevažnú časť larválneho tela, sú tvarovo a veľkostne jednotné. Článok VIII má približne päťuholníkový tvar. Ôsmy článok nesie dýchacie sifo (väčšina rodov komárov) alebo doštičku s dýchacími otvormi – stigmami (BURKETT – CADDENA, 2013). BECKER a kol. (2010) objasňujú, že larvy rodu *Anopheles* plávajúce na vodnej hladine sa nepotopia z dôvodu prítomnosti špeciálnych palmovitých chlпов (*palmate setae*), vyrastajúcich z dorzálnej strany III. – VII. článku bruška. Larva sa nimi prichytí k vodnej hladine a napomáha tomu aj vysoké povrchové napätie vody. Po ponorení larvy pod hladinu sa v stigálnom otvore uzavrie bublinka vzduchu a 4 – 5 klapiek v okolí stigmy sa zaklapne. Po vynorení a dotknutí sa hladiny sú klapky vytlačené smerom nahor. Unikajúca bublinka rozruší sily povrchového napätia pre prístup vzduchu do dýchacieho systému (BECKER a kol., 2010). BURKETT – CADDENA (2013) považuje za podstatné taxonomické znaky počet, tvar a usporiadanie zubov sifonálneho hrebeňa (*pectenu*), umiestneného na bočných stranách sifónu a počet, dĺžku i usporiadanie sifonálnych chlпов. IX. článok je u lariev komárov redukovaný. Posledný, X. článok, je odklonený od zvyšku tela v určitom uhle. Chrbtovú časť tohto segmentu pokrýva sklerotizovaná doska, nazývaná sedlo. U niektorých druhov môže celý tento článok obaliť. Na brušnej strane článku vyrastá hustá sieť chlпов označovaná ako ventrálne kefa. Článok je ukončený výčnelkami exoskeletu – análnymi papilami, taktiež zakreslenými na Obrázku 4. Už WIGGLESWORTH (1933) vo svojom výskume preukázal, že análne papily majú osmoregulačnú funkciu – vymieňať soli medzi hemolymfou a vodou, v ktorej larva žije. SURENDRAN a kol. (2018) svojim výskumom realizovaným na Srí Lanke zistili, že larvy žijúce v brakickej vode majú výrazne väčšie a širšie análne papily ako larvy žijúce v sladkej vode. Pomocou svetelného mikroskopu s očným mikrometrom odmerali dĺžku a šírku análnych papíl lariev odobratých z brakickej vody a následne odchovaných v sladkej vode – priemerná dĺžka a šírka análnych papíl sa zmenšila. V štádiu kukly sú hlava a hrud' spojené do hlavohrude. Prístup ku kyslíku zabezpečujú dve dýchacie trubice, ktoré sa nachádzajú na dorzálnej strane a

smerujú k vodnej hladine (SAARI, NÄREAHO, NIKANDER, 2019). Zástupcovia rodu *Mansonia* a *Coquillettidia* sa spájajú s vodnou hladinou len v čase liahnutia imága z kukly. Počas celého vývinu získavajú kyslík pod hladinou tak, že prederavia vodnú vegetáciu prostredníctvom dlhých dýchacích trubíc a získavajú kyslík z jej pletív (SERVICE, 2012). Pre kukly väčšiny hmyzu s úplnou premenou nie je typická výrazná lokomócia. Kukly čeľade *Culicidae* sú ale mobilné vďaka dvom sklerotizovaným pohybovým štruktúram (tzv. pádlam) na poslednom článku bruška. V pokoji kukla pláva na vodnej hladine. Je k nej pripojená jedným párom rozvetvených hviezdicovitých chlupov I. brušného článku a dýchacími trubicami. Pri rozvírení hladiny sa potopí narovnávaním a roztáhovaním bruška, pričom využíva aj pádla. Bruško kukly si zachovalo larválne svalstvo (COURTNEY, CRANSTON, 2015). KRAMÁŘ (1958) uvádza, že kukla po ponorení stúpa k hladine pasívne, pretože medzi kutikulou hlavohrude a povrchom tela vyvíjajúceho sa imága je vzduch, ktorý ju nadľahčuje. Cez pokožku kukly je možné vidieť niektoré z vyvíjajúcich sa štruktúr imága – pár zložených očí, krídla, nohy, tykadlá a ciciak. Sfarbenie pokožky kukiel závisí od ich veku – čím je kukla staršia, čím je bližšie k vzniku imága, tým je viac pigmentovaná (SERVICE, 2012). SAARI, NÄREAHO, NIKANDER (2019) vysvetľujú, že v čase, keď sú všetky orgány imága vyvinuté, kukla prehltne vzduch, príde k jej napučaniu, exoskelet kukly sa roztrhne a imágo sa vynorí na hladinu. Kukly *Nematocera* sú voľné (*pupa libera*) (BERACKO a kol., 2017) a po vyliahnutí imága zostáva vo vode zvrh. Aby sa dospelec mohol vydať za potravou, musí mu spevniť kutikula a krídla. Tento proces trvá približne hodinu.

Výskyt, význam a ekológia komárovitých

Nachádzajú sa v trópech aj v miernom podnebí, pričom chýbajú iba na niekoľkých ostrovoch a na Antarktíde. Nájdeme ich v nadmorskej výške 5500 metrov nad morom a tiež v baniach 1250 metrov pod hladinou mora. Komáre sú príkladom kozmopolitných organizmov (SERVICE, 2012). Komáre sú svojím vývinom a prežívaním viazané na vodné a terestrické prostredie. Larvy a kukly prosperujú najmä v biotopoch so sladkou vodou. Niektoré druhy komárov ale preferujú aj biotopy s brakickou až slanou vodou, okrem morských biotopov s vysokou koncentráciou soli (FOSTER, WALKER, 2019). Podľa KOČIŠOVEJ (2014) sú okrem prírodných stojatých vodných plôch vhodnými liahniskami komárov rodu *Anopheles* a *Culex* aj pneumatiky. Čierna farba umožňuje rýchle prehriatie v nich zadržiavanej vody, a tak urýchlenie vývinu lariev a kukiel. Pneumatiky boli stále sú predmetom medzinárodného obchodu. Obchodom s pneumatikami Európu kolonizoval invazívny druh komára *Aedes*