

Pregledni rad DOI: 10.5937/DDD25130K

## INVAZIVNE VRSTE KOMARACA – VRSTE MONITORINGA I INTEGRALNE METODE SUZBIJANJA

### INVASIVE MOSQUITO SPECIES – TYPES OF MONITORING AND INTEGRATED CONTROL METHODS

*Ivana Krstić<sup>1\*</sup>, Dragana Despot<sup>1</sup>, Ivan Aleksić<sup>1</sup>*

#### **Kratak sadržaj**

Invazivne vrste komaraca predstavljaju značajan ekološki i zdravstveni problem širom sveta. Ove vrste su se proširile iz svojih prirodnih staništa u nova područja, zahvaljujući globalizaciji, trgovini i klimatskim promenama. Najpoznatije invazivne vrste uključuju azijskog tigrastog komarca (*Aedes albopictus*), komarca žute groznice (*Aedes aegypti*) i japanskog komarca (*Aedes japonicus*). Ove vrste su poznate po svojoj prilagodljivosti, agresivnom dnevnom hranjenju i sposobnosti da prenose opasne viruse poput virusa denga i Čikungunja groznice, Zika virusa i virusa Zapadnog Nila. Širenje invazivnih vrsta komaraca je posebno izraženo u urbanim sredinama, u kojima koriste male, pre svega veštačke, rezervoare stajaće vode za razmnožavanje – od baštenskih posuda do kanalizacionih sistema. Azijski tigrasti komarac se od svoje prve pojave 2017. godine na teritoriji Beograda, pa do 2024. godine, raširio na preko 110 različitih lokacija. Utvrđivanje brojnosti, odnosno monitoring ove invazivne vrste na teritoriji Beograda je vršeno na više različitih načina (klopke za gravidne ženke, ovipozicione klopke, CO<sub>2</sub> klopke za adulte, sakupljanje larvi iz vaza sa cvećem na grobljima ili iz polovnih automobilskih guma). Kombinacijom ovih metoda je bilo moguće dobiti informacije o nekim bitnim komponentama životnog ciklusa ove invazivne vrste. Kontrola populacija invazivnih vrsta komaraca u urbanim sredinama je kompleksna, zasniva se na nekoliko glavnih stubova i zahteva primenu integralnih metoda kao što su smanjenje pogodnih mesta za razmnožavanje, hemijske tretmane insekticidima, biološku kontrolu bakterijama ili sterilnim mužjacima.

**Cljučne reči:** *Aedes albopictus*, integralne metode, invazivni komarci, klopke, monitoring

#### **Abstract**

*Invasive mosquito species represent a significant ecological and health issue worldwide. These species have spread from their natural habitats to new areas*

<sup>1</sup> Dipl. biolog Ivana Krstić, prim. dr Dragana Despot, dr sci. Ivan Aleksić; Zavod za biocide i medicinsku ekologiju, Trebevička 16, 11000 Beograd, R. Srbija

\* e-mail kontakt osoba: ivana.krstic@biocidi.org.rs

*due to globalization, trade, and climate change. The most well-known invasive species include the Asian tiger mosquito (*Aedes albopictus*), the yellow fever mosquito (*Aedes aegypti*), and the Japanese mosquito (*Aedes japonicus*). These species are known for their adaptability, aggressive daytime feeding behavior, and ability to transmit dangerous viruses such as the dengue and chikungunya fever viruses, the Zika virus, and the West Nile virus. The spread of invasive mosquito species is particularly pronounced in urban environments, where they utilize small, primarily artificial, stagnant water reservoirs for breeding – ranging from garden containers to sewage systems. Since its first appearance in Belgrade in 2017, the Asian tiger mosquito has spread to over 110 different locations by 2024. The monitoring of this invasive species in Belgrade was conducted using various methods, including gravid female traps, egg traps, CO<sub>2</sub> traps for adults, and larval collection from flower vases in cemeteries or used car tires. By combining these methods, it was possible to obtain information about some important components of the life cycle of this invasive species. Controlling populations of invasive mosquito species in urban environments is complex and relies on several key pillars, requiring the implementation of integrated methods such as reducing suitable breeding sites, chemical insecticide treatments, and biological control using bacteria or sterile males.*

**Keywords:** *Aedes albopictus*, invasive mosquitoes, integrated control, monitoring, traps

## UVOD

Invazivna vrsta predstavlja vrstu koja prirodno ne živi u određenom ekosistemu, već u njega može dospeti (ne)namernim unošenjem. Sinonimi za takvu vrstu su alohtona, nenativna, egzotična, introdukovana ili unesena vrsta. Pod invazivnim vrstama se podrazumevaju mikroorganizmi, insekti, biljke i životinje koje se ubrzano šire u sredini koja nije njihovo prirodno stanište i koje ugrožavaju druge vrste i dovode u pitanje održanje biodiverziteta. Širenje invazivnih vrsta je vezano sa dramatičnim povećanjem i ubrzavanjem ljudske mobilnosti, globalnog obima i brzine transporta najrazličitijih roba između zemalja i kontinenata. Ključni momenat je prenos vrste između udaljenih kontinenata (ili jako udaljenih delova istog kontinenta: recimo Zapadna Evropa – Istočna Azija). To je deo mnogo šire pojave – sve većeg obima i frekvencije unošenja i uspešne lokalne kolonizacije praktično svih zemalja sveta, od strane najrazličitijih organizama koji su originalno živeli u određenom užem ili širem području nekog kontinenta. Razlozi i konteksti ovih prenosa su relativno dobro poznati, donekle se razlikuju od grupe do grupe organizama (a uključuje praktično sve glavne grupe i životne forme: najrazličitije biljke, životinje, gljive, mikroorganizme, kopnene, slatkovodne i morske).

Ukoliko naseljavanje ili širenje strane vrste negativno utiče na biodiverzitet, zdravlje ljudi ili pričinjava ekonomsku štetu na području na koje je unesena,

tada tu vrstu smatramo invazivnom. Globalno gledajući, danas se smatra da invazivne vrste na nekom području, uz direktno uništavanje staništa, predstavljaju najveću opasnost za njegovu biološku raznovrsnost. Invazivne vrste problem su za bilo koji ekosistem u svetu osim svog prirodnog. Postoje različiti načini kako se invazivne vrste mogu naći na području koje nije njihovo prirodno okruženje, od toga da završe kao slepi putnici na brodovima, do toga da se uvoze kao egzotični kućni ljubimci. Male su šanse da neka vrsta zaista uspe da se održi i raširi u novom podneblju, manje od 10%. Ali, kada jednom uspe u tome, vrsta definitivno tu ostaje i male su šanse da se njeno širenje može obuzdati. Oko 10% unetih vrsta napraviće određene probleme, a ostale će, verovatno, ostati gotovo neprimećene i potpuno nestati u novoj sredini.

Sa aspekta javnog zdravlja, komarci se smatraju najopasnijim organizmima na svetu. Oko polovina svetske humane populacije se nalazi pod rizikom od oboljenja čije izazivače prenose komarci, što dovodi do negativnih socioekonomskih posledica po humanu populaciju. Klimatske promene, globalizacija trgovine, urbanizacija, kao i promena namene zemljišta (pretvaranje divljih, šumskih područja u obradiva zemljišta i naseljavanje humanom populacijom) su faktori koji značajno utiču na pojavu novih oboljenja, kao i ponovna izbijanja već zaboravljenih bolesti u celom svetu.

Na evropskom kontinentu do sada je zabeleženo prisustvo 6 invazivnih vrsta komaraca i svi su iz roda *Aedes*:

1. *Aedes albopictus* (Skuse, 1894),
2. *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762,
3. *Aedes atropalpus* (Coquillett, 1902),
4. *Aedes japonicus* (Theobald, 1901),
5. *Aedes koreicus* (Edwards, 1917)
6. *Aedes triseriatus* (Say, 1823)

Sve ove vrste komarca su predstavnici tzv. kontejnerskih vrsta komaraca. Te vrste komaraca kompletno razviće obavljaju u vrlo maloj zapremini vode koja se može naći u pazuhu listova većih biljaka (npr. bromelije) ili maloj šupljini ispunjenoj vodom (fitotelma) u kopnenoj biljci. Posle obilnih padavina na tim mestima se zadržava voda u kojoj se mogu naći različiti organizmi kao što su protozoe, nematode, gastrotrihe, rotifere, a i larve komaraca i drugih insekata koje imaju brzo razviće. Ovakvo mikrostanište larvama komaraca pruža obilje hrane u obliku organskog detritusa iz okoline, posebno mikroorganizmima koji se sastoje od bakterija, protozoa i algi, biljnih ostataka i egzuvija insekata. Od ovih šest vrsta, u Srbiji su do sada detektovane samo dve egzotične i invazivne vrste komaraca iz roda *Aedes*, azijski tigrasti komarac i japanski komarac.

## **AZIJSKI TIGRASTI KOMARAC**

Azijski tigrasti komarac (*Aedes albopictus*) je doživeo dramatičnu globalnu ekspanziju koju su omogućile ljudske aktivnosti, posebno trgovina polovnim

gumama i biljkom *Dracena sanderiana* (srećni bambus). Zajedno sa pasivnim tranzitom javnim i privatnim prevozom, ovo je rezultiralo široko rasprostranjenom globalnom distribucijom *Ae. albopictus*. Sada je ova vrsta na listi 100 najvažnijih invazivnih vrsta. Invazivnom uspehu vrste *Ae. albopictus* doprineli su mnogobrojni faktori uključujući njegovu ekološku plastičnost, jaku kompetitivnu sposobnost nad domaćim vrstama komaraca, globalizaciju, tj. povećanje trgovine i putovanja, ali i nedostaci aktivnog nadzora i efikasne kontrole. Predviđanja klimatskih promena sugerišu da će *Ae. albopictus* i dalje biti uspešna invazivna vrsta koja će se širiti izvan svojih trenutnih geografskih granica, pa se takva situacija očekuje i u Srbiji. Ovaj komarac već pokazuje znake adaptacije na hladniji klimat, što može dovesti do pojave i prenošenja vektorskih zaraznih bolesti u nova područja.

Populacije *Ae. albopictus* su do sada u Srbiji konstatovane na različitim staništima i to uglavnom u urbanim sredinama (Beograd, Novi Sad, Niš, Požarevac, Palić, Valjevo, Loznica, Morović, Kuzmin, Apatin, Ub, Velika Plana, Jagodina, Paraćin).

## JAPANSKI KOMARAC

Japanski komarac ili azijski šumski komarac (*Aedes japonicus*) je invazivna vrsta komarca poreklom iz Istočne Azije koja se uspešno proširila po delovima Evrope i Severne Amerike. Larve ovih komaraca se razvijaju u stajaćim vodama – prirodnim (rupe u drveću, kamenice) i veštačkim (kofe, gume, saksije). Odrasle jedinke su veće od jedinki azijskog tigrastog komarca i aktivne su tokom dana, ali su manje agresivne nego ženke azijskog tigrastog komarca. Ova vrsta preferira hladnija i senovitija staništa u poređenju sa drugim *Aedes* vrstama. Iako nije glavni prenosilac bolesti, može biti vektorska vrsta za nekoliko arbovirusa. Zbog toga je predmet pažnje u programima za nadzor i kontrolu komaraca. U Srbiji je detektovan na samo tri lokaliteta (Ljuba – granični prelaz sa Hrvatskom, u Banji Koviljači i u Sremskoj Kamenici).

## VRSTE MONITORINGA INVAZIVNIH KOMARACA

Monitoring invazivnih vrsta komaraca zahteva sistematski pristup koji uključuje postavljanje klopki, uzorkovanje jaja, larvi i odraslih jedinki, kao i kasniju obradu i analizu podataka.

Pre samog monitoringa potrebno je izvršiti planiranje i odabir lokacija. Ovaj korak podrazumeva identifikaciju rizičnih područja, mahom u urbanim sredinama, ali i u lukama, aerodromima i na graničnim prelazima kao ulaznim tačkama za invazivne vrste. Pri ovom koraku potrebno je fokusirati se na mesta sa stajaćom vodom u veštačkim recipijentima male zapremine i u kojima se komarci mogu razmnožavati (odbačene gume, kanalizacioni šahtovi, posude za cveće na grobljima, prazne konzerve...).

Uzorkovanje komaraca u različitim stadijumima razvika podrazumeva korišćenje različitih metoda i vrsta klopki u zavisnosti od ciljeva istraživanja.

Neki od ciljeva mogu biti rano otkrivanje invazivnih vrsta komaraca i njihovih staništa, procena rizika od pojave vektorskih zaraznih bolesti (kao što su groznice Zapadnog Nila, Zika i denga) ili procena efikasnosti sprovedenih mera suzbijanja.

Uzorkovanje odraslih formi komaraca se najčešće vrši klopama „BG sentinel” (tip I ili II) ili CDC svetlosnim klopama (Center for Disease Control and Prevention). Koriste se u urbanim i ruralnim sredinama i najčešće se postavljaju na senovito i zaklonjeno mesto. Klopke se postavljaju na više lokacija, jednom mesečno ili češće u toku sezone aktivnosti komaraca (proleće-jesen). „BG-Sentinel” klopke rade na principu privlačenja ženki komaraca atraktantom, ugljen-dioksidom ili sintetičkim atraktantom, koji imitira prisustvo domaćina. Aktivne su obično od sumraka do svitanja i pokrivaju oba perioda aktivnosti komaraca. Komarac privučen atraktantom bude uvučen u klopku pomoću ventilatora na električni pogon i ostaje zarobljen u mrežici (kolektoru). Izlovljeni komarci se u laboratoriji kasnije prebrojavaju i identifikuju po vrsti i polu, beleže se datum izlovljavanja i lokacija. Izlovljeni komarci se dalje mogu slati na PCR analize radi provere prisustva arbovirusa (WNV, Zika, denga). U tom slučaju neophodno je ispoštovati hladni lanac transporta, radi očuvanja virusa. Ulovljene žive jedinke je potrebno brzo smrznuti na suvom ledu i na njemu ih transportovati do laboratorije. Determinacija i odvajanje po vrstama se takođe mora vršiti na podlozi hlađenoj najčešće ledom. CDC klopke osim ugljen-dioksida u čvrstom stanju kao atraktant mogu koristiti i običnu malu sijalicu od baterijske lampe na vrhu koja privlači komarce i druge insekte.

Odrasle jedinke se mogu izlovljavati i „GAT” klopama za gravidne ženke (Gravid Aedes Trap). To su posude sa vodom u kojoj se nalazi supstrat od biljnog materijala. Ove klopke imitiraju prirodno mesto za polaganje jaja. Gravidne ženke (one koje su već uzele krvni obrok) i spremne su za polaganje jaja, traže tamna, mirna mesta sa stajaćom vodom, a GAT klopke upravo oponašaju takvo okruženje. Sama klopka se sastoji od tri dela:

- Donja posuda (najčešće crne boje) napunjena je vodom u koju se dodaje suva trava ili uvelo lišće. Sam miris ove stajaće vode privlači ženke koje traže mesto za polaganje jaja
- Gornja prozirna posuda delom otvorena na vrhu kroz koju ulazi ženka da bi položila jaja na zidove donje posude
- Obostrano lepljiva traka visi sa gornje posude i ženke koje slete na nju da se odmore se i zalepe

Uz ove klopke je preporučljivo koristiti i larvicidni preparat, koji bi onemogućavao razviće larvi u klopama i time sprečavao da klopka postane novo potencijalno žarište.

Na mestima sa visokom aktivnošću komaraca ženke koje slete na čoveka radi krvnog obroka se mogu sakupiti i korišćenjem mehaničkog aspiratora. Ova metoda se može koristiti i za sakupljanje komaraca na mestima na kojima se odmaraju posle krvnog obroka.

Larve komaraca se na terenu mogu sakupljati većom pipetom iz predmeta koji mogu sadržavati male količine vode, ali koji obezbeđuju larvama dovoljno hrane da one kompletiraju razviće do odrasle jedinke. Ti predmeti mogu biti odbačene automobilske gume, kofe i burad za zalivanje bašti, saksije za cveće na grobljima, odbačene konzerve, tegle, zapušeni oluci, zapušteni čamci. Larve sakupljene na terenu se na osnovu morfoloških karakteristika kasnije mogu determinisati do vrste. Mogu se i odgajiti u laboratoriji do adultnih jedinki i onda odrediti pripadnost vrsti na osnovu ključeva za determinaciju.

Ovipozicione klopke (klopke za jaja) su tamne, uglavnom crne plastične posude (saksije) sa vodom u kojima su potopljeni suvo lišće ili trava i podloga za polaganje jaja (drveni štapići ili letvice) delimično uronjeni u vodu i na koje ženke polažu jaja. Podloge za polaganje jaja se periodično sakupljaju i kasnije se pod mikroskopom u laboratoriji broje položena jaja. Neposredno nakon završetka ovipozicije jaja su bele boje i mekana su, ali već nakon 1-2 časa dobijaju tamnu boju i postaju sklerifikovana. Površina egzohoriona (spoljašnjeg omotača) može biti rebrasta, mrežasta ili ispupčena u zavisnosti od vrste. Na osnovu izgleda egzohoriona se može odrediti koja vrsta komarca je položila jaja. Prikupljanje jaja ovipozicionim klopka je metoda pogodna za otkrivanje početka aktivnosti adultnih jedinki u sezoni, a mogu se pratiti i sezonske varijacije u broju položenih jaja na nekoj lokaciji.

Podaci dobijeni monitoringom između ostalog mogu poslužiti i kao osnova za preduzimanje različitih mera kontrole u okviru integrisanog pristupa kontrole invazivnih vrsta komaraca. Mere koje se mogu primeniti se dele na: preventivne, mehaničke, biološke, hemijske i genetičke.

Preventivne mere odnosno eliminacija mesta za razmnožavanje predstavlja možda i najvažniju, početnu meru. Ona podrazumeva uklanjanje stajaćih voda iz posuda, saksija, buradi, guma, oluka, itd. Rezervoare za vodu, kao i ventilaciju septičkih jama treba pokriti mrežama. Podrazumeva se redovno održavanje oluka, dvorišta i odvodnih kanala. U preventivne mere spadaju i javno-zdravstvene kampanje koje podrazumevaju edukaciju građana o sprečavanju razmnožavanja komaraca kao i uključivanje lokalnih zajednica u monitoring i kontrolu.

Mehaničke metode podrazumevaju postavljanje mreža i barijera (postavljanje komarnika na prozorima i vratima, kao i nošenje odeće dugih rukava) koje sprečavaju ulazak komaraca u prostor u kome borave ljudi.

Biološke metode–upotreba bioloških larvicida kao što su *Bacillus thuringiensis israelensis* ili *Lysinibacillus sphaericus*. Bti proizvodi toksine koji ubijaju larve komaraca, a nisu štetni za ljude i okolinu. Koriste se i biocidni proizvodi na bazi aktinobakterije *Saccharopolyspora spinosa* ili gljiva *Metarhizium anisopliae* i *Beauveria bassiana*. U biološke metode spada i korišćenje endosimbiotske bakterije *Wolbachia* spp. koja zbog genetičke inkompatibilnosti izaziva letalan ishod kod jedinki koji je nose. Korišćenje prirodnih predatora larvi komaraca kao što su ribe (*Gambusia affinis*), kopepode, vodozemci i pauzi koji se hrane larvama ili odraslim komarcima takođe spada u biološke metode kontrole brojnosti komaraca.

Hemijske metode – podrazumevaju korišćenje biocidnih proizvoda koji ubijaju larve komaraca – larvicidi. Najčešće se koriste aktivne materije metopren i piriproksifen koji sprečavaju kompletiranje razvojnog ciklusa larvi ili lutki. U hemijske metode spadaju i korišćenje ULV uređaja za hladno i toplo zamagljivanje za suzbijanje adulta insekticidima (npr. permetrin, lambda-cihalotrin, deltametrin). Česta primena insekticida iz vazduha ili vozila sa ULV generatorima u urbanim područjima može dovesti do pojave rezistentnih populacija komaraca.

Genetičke metode – U genetičke metode spada produkcija i puštanje sterilnih mužjaka u prirodu, kao i genetski modifikovanih komaraca koji nose letalne gene. Ove metode spadaju u novije pristupe kontrole brojnosti komaraca. U nekim delovima sveta se još uvek testiraju i za sada nemaju široku primenu.

Integralne mere suzbijanja invazivnih vrsta komaraca zasnivaju se na nekoliko pristupa:

I. Učešće zajednice;

II. Aktivnosti od vrata do vrata, uključujući tretman svih mesta za razmnožavanje larvicidnim preparatima od strane obučanih ljudi;

III. Upotreba tehnike sterilnih insekata i upotreba genetski modifikovanih komaraca kao što su Oxitec Friendly™ *Aedes aegypti* ženke;

IV. Upotreba predatorskih organizama kao što su autohtone vrste kopepodnih račića ili bakterije Wolbachia.

## PRISTUP I – UČEŠĆE ZAJEDNICE

Urbana područja pružaju širok spektar različitih vodenih tela, u rasponu od vaza za cveće na grobljima, buradi za vodu, kanti, odbačenih konzervi, buradi za hvatanje kišnice do rupa na stablima. Kontrola komaraca je stoga posebno uspešna kada stanovnici učestvuju u okviru svoje lokalne zajednice. Učešće zajednice znači da stanovnici postaju aktivni učesnici umesto da budu obični posmatrači. Poželjno je edukovati predstavnike stambenih zajednica radi povećanja svesti javnosti kako bi se sprečilo razmnožavanje komaraca, kao i otkrivanja i prijavljivanja pojave invazivnih komaraca kao sistema ranog upozoravanja. To se postiže edukacijom građana od strane referentnih ustanova za obavljanje DDD poslova. Zdravstvene ustanove mogu da daju svoj doprinos u očuvanju javnog zdravlja kroz rad na prevenciji putem edukacija stanovništva o aktivnostima koje oni mogu da preduzmu u cilju suzbijanja vektorskih zaraznih bolesti. Zavod za biocide i medicinsku ekologiju već godinama uzima aktivno učešće u očuvanju javnog zdravlja zajednice sveobuhvatnom informativnom kampanjom. To uključuje detaljne informacije koje se pružaju javnosti putem distribucije letaka sa osnovnim informacijama, saopštenja za javnost, televizijskog emitovanja, internet stranica i informativnih događaja (u školama, u mesnim zajednicama...). Kroz ove aktivnosti obično se daju detaljne informacije o karakteristikama, biologiji i distribuciji invazivne vrste, recimo azijskog tigrastog komarca. Osnovne mere za sprečavanje širenja komaraca saopštavaju se tako da građanima budu razumljive i jedno-

stavne za sprovođenje. Te mere obuhvataju eliminaciju mesta za razmnožavanje, poboljšanje uslova životne sredine (prosipanje vode iz podmetača za saksije, okretanje odbačenih kanti naopako da se kišnica ne može sakupljati, upotreba potpuno uklapajućih poklopaca na kantama za vodu ili redovno čišćenje oluka).

### **PRISTUP II – STRUČNA KONTROLA PRIMENE MERA SUZBIJANJA KOMARACA NA PRIVATNIM POSEDIMA KAO SUBJEKTIMA U OČUVANJU JAVNOG ZDRAVLJA**

Samo učešće zajednice obično nije dovoljno da se postigne cilj potpune eliminacije ili bar osetnog smanjenja brojnosti invazivnih komaraca. Zbog toga se preporučuje sprovođenje aktivnosti od vrata do vrata od strane obučenog osoblja zajedno sa primenom dugotrajnih larvicida u preporučenim dozama. Tretman žarišta komaraca je najmoćniji alat kada je moguće da se kontrola vrši na svim privatnim posedima u redovnim intervalima tokom sezone aktivnosti komaraca. Pre početka akcija javnost mora biti obavještena o tome putem lokalnih sredstava informisanja, a operativni tehničari firme koja sprovodi aktivnosti moraju imati jedinstvene uniforme kako bi bili prepoznati i imali lakši pristup mikrožarištima na privatnim posedima. Ovakve akcije mogu se koristiti i za distribuciju letaka građanima sa detaljnim informacijama kako da eliminišu ili modifikuju žarišta komaraca, što podrazumeva obavezu građana da vrši isušivanje potencijalnih mikrožarišta za razvoj komaraca. Flajeri treba da sadrže i kontakt adrese, brojeve telefona i adrese internet prezentacija na kojima ljudi mogu dobiti dodatne informacije i pomoć. Na osnovu povratnih informacija od strane zajednice, obučena i stručna lica mogu da izađu na teren i obave tretman na privatnom posedu po pozivu vlasnika. Vlasnici se kroz ove aktivnosti obučavaju da samostalno obavljaju larvicidni tretman mikrožarišta na njihovom posedu larvicidima za opštu upotrebu, koji bi trebalo da im budu dostupni na nivou lokalne zajednice. Iz iskustva Zavoda za biocide i medicinsku ekologiju najpraktičnijim za upotrebu od strane stanovništva pokazali su se larvicidni preparati u obliku tableta, zato što su ekonomični i jednostavni za upotrebu.

### **PRISTUP III – TEHNIKA STERILNIH INSEKATA**

Neke zemlje prijavljuju uspešnost korišćenja pristupa tehnike sterilnih mužjaka, dok je na našim prostorima u fazi razvoja. Ona se zasniva na korišćenju sterilisanih mužjaka gama zracima. Ovo zračenje oštećuje reproduktivne ćelije, ali nema negativnog efekta na somatske ćelije i ne utiče na sposobnost mužjaka za letenje i parenje. Nakon parenja sa sterilnim mužjacima, ženke polažu neoplođena jaja, što utiče na smanjenje brojnosti komaraca.

*Aedes albopictus* je idealan za upotrebu tehnike sterilnih insekata, jer se može lako masovno uzgajati, ima ograničen domet leta, ne razmnožava se u ogromnom broju u vrlo kratkom vremenu kao što to čine komarci poplavnih voda, a mesta za razmnožavanje su dobro definisana.



Pored tehnike sterilnih insekata, upotreba genetski modifikovanih vrsta *Aedes* kao što su Oxitec Friendly™ *Aedes aegypti* je takođe obećavajući pristup. Ovi genetski modifikovani komarci nose samoograničavajući gen koji sprečava žensko potomstvo da preživi, omogućavajući samo produkciju mužjaka.

#### **PRISTUP IV – UPOTREBA PREDATORA LARVI (KOPEPODNI RAČIĆI)**

Kopepodni račići su se pokazali kao najefikasniji beskičmenjački predatori larvi komaraca. Obećavajući rezultati u korišćenju kopepoda kao predatora larvi komaraca iz roda *Aedes* postignuti su u Sjedinjenim Državama, Aziji i Južnoj Americi. Masovna proizvodnja kopepoda je relativno laka i jeftina. Veliki broj vrsta kopepoda su efikasniji predatori larvi iz roda *Aedes* nego larvi komaraca iz roda *Culex*. Jedna jedinka najefikasnije vrste može smanjiti broj larvi *Aedes* komaraca za više od 40 dnevno. U nedavnom laboratorijskom i polu-terenskom testu dobijeni rezultati otkrivaju visoku efikasnost predatorske vrste *Megacyclops viridis* protiv larvi prvog stadijuma *Ae. albopictus* koja je rezultirala stopom smanjenja od 92%. Kopepode se hrane samo larvama prvog stadijuma i zbog toga se preporučuje integracija ove metode u integralnoj kontroli vektora, kao obećavajućeg sredstva biološke kontrole komaraca. Korišćenje kopepoda je veoma kompatibilno sa upotrebom larvicida. Efekte regulatora rasta komaraca, piriproksifena, na kopepode *Mesocyclops pehpeiensis* i *Megacyclops viridis* ispitivani su u laboratorijskim uslovima. Zanimljivo je to da je pored izazivanja visokog mortaliteta prvog larvenog stadijuma komaraca, piriproksifen dodatno ubrzao razvoj jedinki kopepoda u tretiranom uzorku. U ovom uzorku je položeno više jaja kopepoda i produžen im je životni vek u odnosu na kontrolni uzorak. Rezultati ovog eksperimenta ukazuju da, pored toga što piriproksifen uzrokuje mortalitet u ranim fazama razvoja larvi komaraca, on takođe ubrzava razvoj preživelih jedinkama, produžava im životni vek tokom reproduktivne faze razvoja i poboljšava predatorske sposobnosti, što ukazuje na sinergistički odnos kopepoda i piriproksifena.

#### **LITERATURA**

1. Baldacchino, F., Caputo, B., Chandre, F., Drago, A., Della Torre, A., & Montarsi, F. (2015). Control methods against invasive *Aedes* mosquitoes in Europe: A review. *Pest Management Science*, 71(11), 1471–1485. <https://doi.org/10.1002/ps.4044>
2. Bova, J., Paulson, S., & Paulson, G. (2016). Morphological differentiation of the eggs of North American container-inhabiting *Aedes* mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 32, 244–246. <https://doi.org/10.2987/15-6535.1>
3. Caminade, C., Medlock, J. M., Ducheyne, E., McIntyre, K. M., Leach, S., Baylis, M., & Morse, A. P. (2012). Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*: Recent trends and future scenarios. *Journal of the Royal Society Interface*, 9, 2708–2717. <https://doi.org/10.1098/rsif.2012.0138>
4. European Centre for Disease Prevention and Control. (2025). *Mosquito maps*. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/aedes-invasive-mosquitoes-current-known-distribution-july-2024>

5. Garamszegi, L. Z., Soltész, Z., Szentiványi, T., et al. (2024). Identifying ecological factors mediating the spread of three invasive mosquito species: Citizen science informed prediction. *Journal of Pest Science*. <https://doi.org/10.1007/s10340-024-01841-7>
6. Giunti, G., Becker, N., & Benelli, G. (2023). Invasive mosquito vectors in Europe: From bioecology to surveillance and management. *Journal of Pest Science*, 96(1), 239–259. <https://doi.org/10.1007/s10340-022-01482-w>
7. Kavran, M., Ignjatović Čupina, A., & Petrić, D. (2021). Invazivne vrste komaraca (Diptera: Culicidae) u Srbiji. *Biljni lekar*, 49(5), 56–65.
8. Laporta, G. Z., Potter, A. M., Oliveira, J. F. A., Bourke, B. P., Pecor, D. B., & Linton, Y.-M. (2023). Global distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a climate change scenario of regional rivalry. *Insects*, 14(1), 49. <https://doi.org/10.3390/insects14010049>
9. Lühken, R., Brattig, N., & Becker, N. (2023). Introduction of invasive mosquito species into Europe and prospects for arbovirus transmission and vector control in an era of globalization. *Infectious Diseases of Poverty*, 12, 109. <https://doi.org/10.1186/s40249-023-01167-z>
10. Petrić, D., Zgomba, M., Ignjatović Čupina, A., Marinković, D., Bellini, R., Schaffner, F., & Pajović, I. (2011). Invasive mosquito species in Europe and Serbia, 1979–2011. In *Proceedings of the International Symposium: Current Trends in Plant Protection* (pp. [dodati stranice ako dostupno]).
11. Petrić, M., Lalić, B., Ducheyne, E., Djurdjević, V., & Petrić, D. (2017). Modelling the regional impact of climate change on the suitability of the establishment of the Asian tiger mosquito (*Aedes albopictus*) in Serbia. *Climatic Change*, 142(3–4), 361–374. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-1943-0>
12. Wang, S., Phong, T. V. U., Tuno, N., Kawada, H., & Takagi, M. (2005). Sensitivity of the larvivorous copepod species, *Mesocyclops pehpeiensis* and *Megacyclops viridis*, to the insect growth regulator, pyriproxyfen. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 21, 483–488. [https://doi.org/10.2987/8756-971X\(2005\)21\[483:SOTLCS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2987/8756-971X(2005)21[483:SOTLCS]2.0.CO;2)