

KOMARCI U HRVATSKOJ BOLESTI KOJE PRENOSE, NAČINI PREVENCIJE I SUZBIJANJA

MOSQUITOES IN CROATIA TRANSMITTING DISEASES, WAYS OF PREVENTION AND CONTROL

Maja CVEK¹, Doris ŠEGOTA², Kaća PILETIĆ³, Gabrijela BEGIĆ⁴, Maša KNEŽEVIĆ⁴, Dijana TOMIĆ LINŠAK^{5*},
Marina ŠANTIĆ⁴

SAŽETAK

Zaštita prirode i okoliša danas čini sastavni dio gospodarskog i šireg društvenog razvoja. Podizanjem razine svijesti, proaktivnim razmišljanjem i djelovanjem, možemo računati na 10. održivi razvoj nadolazećih generacija. Ipak, u toj namjeri promjene ekosustava posljedično utječu na brojnost pojedinih vrsta insekata. Komarci su kozmopolit-ske životinje iz porodice *Culicidae*. Prenosnici su mnogih patogena koji izazivaju brojne bolesti kod ljudi i životinja: denga groznica, žuta groznica, groznica Zapadnog Nila, tularemija, japanski encefalitis, malarija, zika groznica i dr. Cilj ovoga preglednog rada je sažeto objediniti trenutne znanstvene spoznaje o komarcima, njihovom životnom ciklusu, vrstama prisutnima u Republici Hrvatskoj, načinu prenošenja mikroorganizama, bolestima koje pojedine vrste komaraca na području Hrvatske prenose te prikaz najmodernijih rješenja prevencije i suzbijanja invazivne vektorske vrste komarca *Aedes albopictus* putem tehnike sterilnih mužjaka (SIT) koja se smatra među ekološki najprihvatljivijom i najrazvijenijom metodom suzbijanja štetočina kukaca.

KLJUČNE RIJEČI: bolesti, komarci, Hrvatska, kontrola komaraca, sterilni komarci, vektori

UVOD INTRODUCTION

Komarci (*Culicidae*) su široko rasprostranjena skupina kukaca, svrstana u red dvokrilaca. Porodica ima oko 50 rodova i obuhvaća oko 3.300 vrsta. Razvili su se prije otprilike 170 milijuna godina. U odnosu prema čovjeku i njegovu

zdravlju komarci su od velikog javnozdravstvenog značaja prepoznati kao prenositelji bolesti ili kao napasnici (molestanti).

Komarci nastanjuju gotovo sva područja na svijetu ovisno o vrsti. Izuzetak su polarna područja, pustinje i područja viša od 1500 metara nadmorske visine, ali najčešće su u bli-

¹ mr. sc. Maja Cvek, dipl.ing.biol., Nastavni zavod za javno zdravstvo Istarske županije – Istituto formativo di sanità pubblica della Regione Istriana, Nazorova 23, 52000 Pula, e-mail: maja.cvek@uniri.hr

² Doris Šegota, mag. educ. phys. et inf., Zavod za medicinsku fiziku i zaštitu od zračenja, Klinički bolnički centar Rijeka, Krešimirova 52, 51000 Rijeka; Republika Hrvatska; e-mail: doris.segota@uniri.hr

³ Kaća Piletić, dipl. sanit. ing., univ. mag. pharm., Državni inspektorat, Služba za sanitarnu inspekciju, Šubićeva ulica 29, 10000 Zagreb; Republika Hrvatska; kaca.piletic@student.uniri.hr

⁴ Gabrijela Begić, mag.med.lab.diag., Maša Knežević, mag.pharm.inv.; prof. dr. sc. Marina Šantić, dipl. sanit. ing.; Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet, Zavod za mikrobiologiju i parazitologiju, Braće Branchetta 20, 51000 Rijeka, Republika Hrvatska; e-mail: gabrijela.begic@medri.uniri.hr; masa.knezevic@medri.uniri.hr; marina.santic@medri.uniri.hr

^{5*} doc.dr.sc. Dijana Tomić Linšak, dip.san.ing.; Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet, katedra za zdravstvenu ekologiju, Braće Branchetta 20, 51000 Rijeka, Republika Hrvatska; e-mail: dijanatl@uniri.hr;

* autor za korespondenciju – corresponding author

Tablica 1. Broj zabilježenih vrsta u različitim regijama Republike Hrvatske

Table 1. Number of recorded species in different regions of the Republic of Croatia

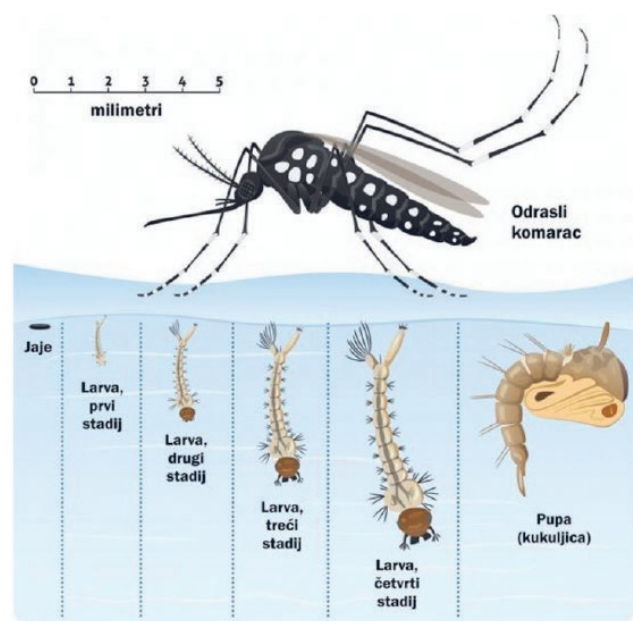
Regija	Broj zabilježenih vrsta
Slavonija/kontinentalna	32
SZ Hrvatska/kontinentalna	16
Središnja Hrvatska/kontinentalna	32
Lika/alpska	16
Istra/mediteranska	31
Dalmacija/mediteranska	30

zini vode, neovisno o njoj površini i kvaliteti (Merdić i sur., 2020).

Hrvatska ima široku raznolikost ekosustava, staništa te raznoliku floru i faunu. Zbog različitih klimatskih, geoloških i ekoloških čimbenika, nove vrste flore i faune još uvijek se pronalaze (Becker i sur., 2010). Te promjene pogoduju adaptaciji i širenju komaraca, a temeljene su na genetskim, strukturnim, fiziološkim i bihevioralnim prilagodbama kao odgovor na nove uvjete okoliša. Na području Republike Hrvatske razlikuju se tri zoogeografske regije: kontinentalna, alpska (dinarska) i mediteranska. U Tablici 1. prikazana je brojnost vrsta komaraca zabilježenih u pojedinim regijama Hrvatske (Korunić, 2021).

ŽIVOTNI CIKLUS KOMARACA MOSQUITO LIFE CYCLE

Komarci prolaze kroz potpunu metamorfozu, što znači da se njihov životni ciklus sastoji od četiri različita životna



Slika 1. Životni ciklus komaraca

Figure 1. Mosquito life cycle

<https://www.zjzdnz.hr/kampanje/prestanimo-uzgajati-komarce/biologija-komaraca>

stadija: jaje, ličinka, kukuljica i imago (odrasla jedinka). (Slika 1.)

Ovisno o vrsti, ženka komarca polaže jaja pojedinačno ili u nakupinama. Poplavne vrste komaraca polažu jaja na vlažno tlo (Krajcar, 2001).

Komarcima je za razvoj neophodna stajaća voda. Ovisno o vrsti, mogu se razvijati u različitim vodama, čistim i onečišćenim, prirodnim i umjetnim. Prirodna legla komaraca su lokve i kanali, močvare, privremeno poplavljene površine, šumske depresije, vode u udubinama stabala i druge male stajačice ili sporo tekuće vode. Umjetna legla komaraca čine sve moguće retencije vode na koje je utjecao čovjek: začepljeni slivnici i oluci, vaze na grobljima, različiti odbačeni predmeti, odbačene boce, automobilske gume, nepropisno odbačen krupni otpad i još mnoštvo sličnih predmeta različitih veličina, oblika i materijala koji nas okružuju (Asaj, 1999).

Mušjaci i ženke hrane se nektarom i biljnim sokovima, ali samo ženke trebaju i krvni obrok koji pomaže u polijeganju jaja. Ženke prolaze kroz nekoliko gonadotropnih ciklusa, a za svako polaganje jaja trebaju novi krvni obrok. Svaki ciklus sastoji se od tri stadija: traženje krvnog obroka, uzimanje krvnog obroka i njegovo probavljanje, razvoj te polijeganje jaja (Merdić i sur., 2020).

Komarci postaju neaktivni kada temperatura padne ispod 15 °C i obično ulaze u hibernaciju kada dođe sezona hladnijeg vremena. Nekoliko vrsta mogu hibernirati kao ličinke, ali većina vrsta prezimljuje u stadiju jajašca (npr. *Aedes*), dok neke vrste koriste životinjske nastambe, podrumne, tavane i druga zaštićena mjesta (npr. *Culex*) (Korunić, 2021).

MEDICINSKI ZNAČAJ KOMARACA MEDICAL SIGNIFICANCE OF MOSQUITOES

Uzročnici bolesti koje mogu prenijeti komarci su uglavnom virusi, ali i protisti, oblići i bakterije. Bolesti uzrokovane virusima: infekcije ortobunja virusom, infekcije kalifornijskog encefalitisa, infekcija uzrokovana virusom chikungunya, infekcije denga virusom, istočni i zapadni encefalomijelitis konja, hemoragijska groznica, malarija, infekcije virusom Sindbis, groznica rijeke Ross, usutu groznica, groznica Zapadnog Nila, infekcije virusom zika, žuta groznica i dr. U iznimnim slučajevima mogu prenijeti i bakterijski uzrokovanu bolest tularemiju, te bolesti uzrokovane oblicima: dirofilariozu i protozoama: lišmaniozu (Radošević, 2020). Navedene bolesti imaju sezonski karakter, javljaju se od proljeća do jeseni što je povezano s razvojnim ciklusom komaraca. Također, pojavnost i rasprostranjenost tih bolesti ovisi o klimatskim promjenama koje uzrokuju povećanje prosječnih vrijednosti temperature i veću količinu oborina što pogoduje razmnožavanju komaraca (Merdić i sur., 2008).

Iako je u Hrvatskoj malarija uspješno iskorijenjena nakon II. svjetskog rata, Svjetska zdravstvena organizacija procje-

njuje da je samo u 2018. od malarije oboljelo oko 228 milijuna, a umrlo oko 405.000 ljudi u svijetu (Merdić i sur., 2008). U novije vrijeme zabilježen je trend širenja zaraznih bolesti poput denga groznice, ali i pojave autohtonih slučajeva bolesti uzrokovane virusom Zapadnog Nila (Korunić, 2021). Učestala putovanja i migracije ljudi pridonose globalnoj rasprostranjenosti ovih bolesti, o čemu svjedoči sve veći broj uvezenih slučajeva malarije i nedavnih izbijanja bolesti Zapadnog Nila i Chikungunya groznice, što je izazvalo sve veću zabrinutost javnosti. Veća mobilnost ljudi iz endemskih područja, kao i pojačana međunarodna trgovina (npr. rabljenim gumama) te promjena klime, utječu

na pojavu invazivnih vrsta i njihov veći vektorski potencijal (Becker, 2010).

Virusi koji se prenose pomoću vrsta iz koljena člankonožaca (arthropoda) neformalno se nazivaju arbovirusi. Od navedenih virusa nekolicina koristi komarce kao vektore i javnozdravstveno su značajni jer uzrokuju bolesti kod ljudi (Radošević, 2020). Najznačajniji od navedenih virusa se taksonomski, prema genetskim razlikama, svrstavaju u četiri roda unutar tri različite porodice (Foster i Walker, 2019) *Togaviridae*, *Flaviviridae* i *Bunyaviridae*. Unutar porodice *Togaviridae* nalazi se značajan rod *Alfavirus*, dok je za porodicu *Flaviviridae* značajan rod *Flavivirus*. Unutar poro-

Tablica 2. Tablica geografske rasprostranjenosti odabranih virusa, poznatih uzročnika ljudskih bolesti, prenošenih komarcima (Foster i Walker, 2019)
Table 2. Table of geographic distribution of selected viruses, known to cause human diseases, transmitted by mosquitoes (Foster i Walker, 2019)

Porodica (<i>Genus</i>)	Soj virusa i serotip	Distribucija
Togavirida (<i>Alphavirus</i>)	Istočni konjski encefalomijelitis (Eastern equine encephalomyelitis)	Amerika
	Venezuelanski konjski encefalomijelitis (Venezuelan equine encephalomyelitis)	Južna i središnja Amerika, Meksiko, SAD (Florida)
	Zapadni konjski encefalomijelitis (Western equine encephalomyelitis)	Sjeverna Amerika, Meksiko, Južna Amerika (istok)
	Chikungunya	Afrika, Azija, uključujući Filipine, Južna, Središnja i Sjeverna Amerika
	O'nyong nyong	Afrika
	Ross River	Australija, Nova Gvineja, Fiji, Samoa
	Semliki Forest	Afrika, Azija, uključujući Filipine
	Mayaro	Južna Amerika (sjever), Trinidad
	Dengue (4 serotipa)	Tropi, posebice južna Azija i Karibi
	Virus žute groznice (Yellow fever)	Afrika, Središnja i Južna Amerika
Flaviviridae (<i>Flavivirus</i>)	St. Louis encephalitis	Amerike
	Murray Valley encefalitis	Australija, Nova Gvineja
	Japanese encefalitis	Azija (istok), uključujući Filipine
	Virus zapadnog Nila (West Nile)	Afrika, Europa, Izrael, Azija; Južna, Središnja i Sjeverna Amerika
	Ilheus	Središnja i Južna Amerika
	Rocio	Brazil
	Wesselsbron	Afrika, Azija (jug)
	Zika	Afrika, Azija, Južni Pacifik, Južna i Sjeverna Amerika, Karibi, Sjeverna Amerika (jug)
	Bunyamwera	Afrika
	Germiston	Afrika
	Ilesha	Afrika
	Wyeomyia	Središnja Amerika
	Itaqui	Južna Amerika
Bunyaviridae (<i>Orthobunyavirus</i>)	Marituba	Južna Amerika
	Murutucu	Južna Amerika
	Oriboca	Južna Amerika
	Madrid	Središnja Amerika
	Nepuyo	Središnja i Južna Amerika
	California encefalitis	SAD (istok)
	Jamestown canyon	Sjeverna Amerika
	La Crosse encefalitis	SAD (istok)
	Inkoo	Finska
	Tahyna	Europa
Guaroa	Južna Amerika	
Bunyaviridae (<i>Phlebovirus</i>)	Rift Valley groznice	Afrika (sjever i istok)

dice *Bunyaviridae* nalaze se dva značajna roda, a to su: *Ortobunyavirus* i *Flebovirus*. Navedena podjela prikazana je u Tablici 2 (Foster i Walker, 2019).

KOMARCI – VEKTORI ZOOZOZA MOSQUITOES – ZONOSIS VECTORS

Fauna komaraca Hrvatske trenutno uključuje 52 vrste, koje pripadaju osam rodova: *Anopheles* (12 vrsta), *Aedes* (24 vrste), *Coquillettidia* (1 vrsta), *Culex* (7 vrsta), *Culiseta* (6 vrsta), *Orthopodomyia* (1 vrsta) i *Uranotaenia* (1 vrsta) od kojih su dvije invazivne (*Ae. albopictus* i *Ae. japonicus*) (Merdić i sur., 2020). Kako bi što zornije prikazali odnos između vrsta komaraca i bolesti koje oni prenose (Tablica 3.), prikazan je analitički prikaz faune komaraca i njihovih domaćina do sada zabilježenih na području Hrvatske kao i slučajevi bolesti koje te vrste prenose u Hrvatskoj. Ujedno je u tablici prikazana i vrsta domaćina, ovisno o preferencijama i načinu života.

Vektorske bolesti kao što su malarija, denga, zika, chikungunya, žuta groznica i druge, uzrokuju više od milijun smrti godišnje i čine 17 % ukupnog morbiditeta od zaraznih bolesti. Učestalost arbovirusnih bolesti koje prenose komarci roda *Aedes* dramatično je porasla posljednjih de-

setljeća, te se procjenjuje da je trenutno oko jedne trećine svjetske populacije u opasnosti od epidemija koje prenose komarci roda *Aedes* (Slika 2.), od kojih je 99 % uzrokovano samo od dvije vrste, *Aedes aegypti* i *Aedes albopictus* (WHO, 2017).

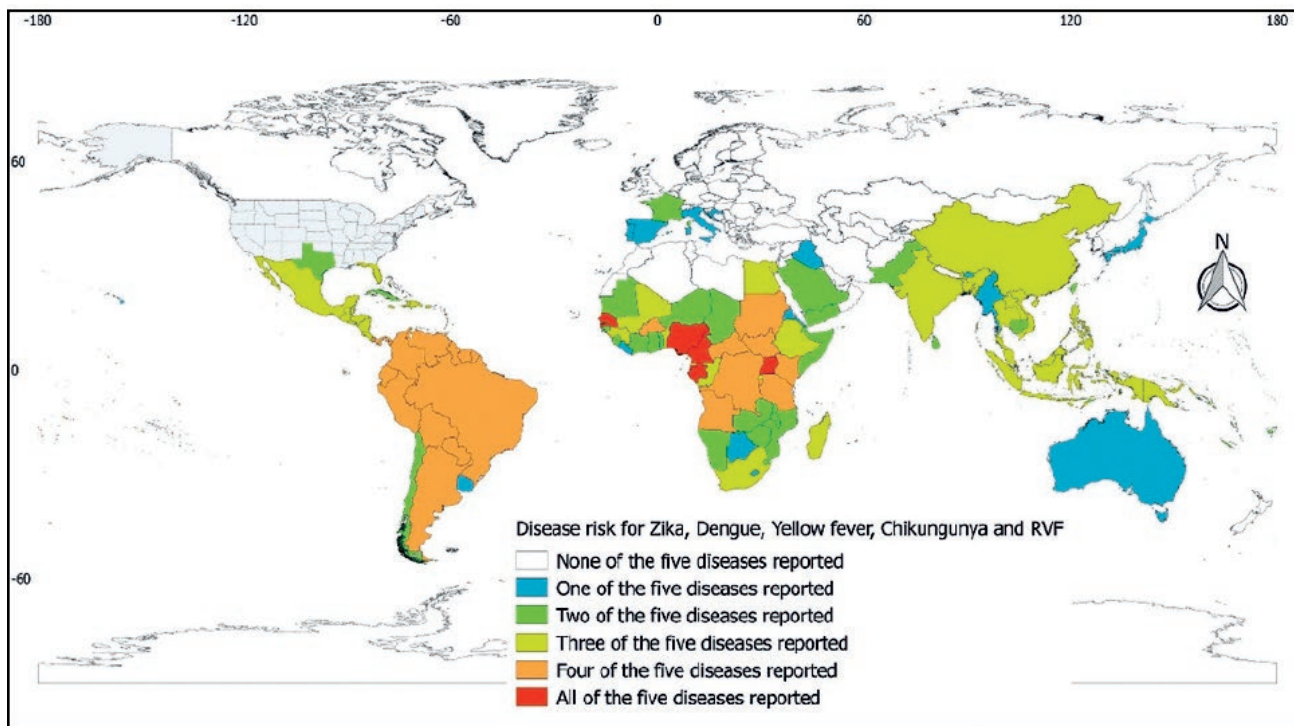
Tigrasti komarac, invazivna je vrsta komaraca do danas udomaćena u priobalnom području, na otocima i dijelovima kontinentalne Hrvatske. Vrsta je visokog potencijala za prijenos virusa denge (DENV) i chikungunya (CHIKV) te je potencijalni prijenosnik Zika virusa (ZIKV). Prirodni ciklus virusa Zapadnog Nila (VZN) i Usutu virusa (USUV) uključuje ptice kao glavne domaćine virusa i komarce kao vektore. Vrsta komaraca s najvećim potencijalom za prijenos navedenih virusa je *Culex pipiens* kompleks (Klobučar i sur., 2018).

Vrsta koja bi se u bliskoj budućnosti mogla naći u Hrvatskoj je *Aedes koreicus* (Klobučar i Vrućina, 2019) budući da je zabilježena u susjednim zemljama: Sloveniji (Kalan i sur., 2017), Mađarskoj (Kurucz i sur., 2016) i Italiji (Capelli i sur., 2011) kao i vrsta *Aedes atropalpus* zabilježena u drugim dijelovima Europe te vrsta *Aedes triseriatus* (Medlock i sur., 2012, Schaffner i sur., 2013) koja još nije zabilježena u Europi, ali je determinirana u seriji rabljenih guma uvezenih iz Louisiane (SAD) u Francuskoj 2004. godine.

Tablica 3. Fauna komaraca prisutnih na području Republike Hrvatske, zoonoze koje prenose u svijetu, evidentirane zoonoze na području Republike Hrvatske s najčešćim domaćinima

Table 3. Fauna of mosquitoes present on the territory of the Republic of Croatia, zoonoses that they transmit in the world, recorded zoonoses in the territory of the Republic of Croatia with the most common hosts

Vrsta	Zoonoza	Zoonoza u RH	Domaćin
<i>Anopheles atroparvus</i> Van Thiel, 1927	Malaria (Vignjević, 2014)	Malaria (Vignjević, 2014)	čovjek (Becker, 2010; Vignjević, 2014), domaće životinje, životinje (Becker, 2010)
<i>Anopheles claviger</i> Meigen, 1804	Malaria, Bunyamwera Complex (Becker, 2010)	Malaria (Becker, 2010)	čovjek (Becker, 2010; Vignjević, 2014), domaće životinje, životinje (Becker, 2010)
<i>Anopheles maculipennis</i> Meigen, 1818	West Nile Virus (Becker, 2010)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021)	ptice, čovjek, konji i drugi sisavci (Danbaldan i sur., 2014)
<i>Ochlerotatus cantans</i> Meigen, 1818	Flavivirus i Bunyavirus (Becker, 2010)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021)	ptice, čovjek, konji i drugi sisavci (Renshaw i sur., 1994) stoka, ovce, čovjek (Becker, 2010)
<i>Ochlerotatus caspius</i> Pallas, 1772	West Nile Virus (Klobučar i sur., 2021)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021)	ptice, čovjek, konji i drugi sisavci (Becker, 2010)
<i>Ochlerotatus cataphylla</i> Dyar, 1916	West Nile virus (VZN) (Klobučar i sur., 2021)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021)	ptice, čovjek, konji i drugi sisavci (Becker, 2010)
<i>Aedimorphus vexans</i> Meigen, 1834	West Nile Virus (Klobučar i sur., 2021)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021)	ptice, čovjek, konji i drugi sisavci (Becker, 2010)
<i>Stegomyia (Aedes) albopictus</i> Skuse, 1895	Chikungunya (Becker, 2010) Dengue Virus (Becker, 2010) Usutu virus (USUV) (Klobučar i sur., 2021) Dirofilarioza (Becker, 2010)	Usutu virus (USUV) (Klobučar, 2021)	čovjek, dr. sisavci: zečevi, psi, krave i vjeverice, povremeno ptice (Becker, 2010)
<i>Barraudius modestus</i> Ficalbi 1889	West Nile Virus (Becker, 2010)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021)	čovjek (Becker, 2010),
<i>Culex pipiens</i> Linnaeus, 1758	West Nile Virus (Becker, 2010), Usutu virus (USUV) (Klobučar i sur., 2021)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021), Usutu virus (USUV) (Klobučar i sur., 2021)	ptice, čovjek, konji i drugi sisavci (Golding i sur., 2012)
<i>Culiseta annulata</i> Schrank, 1777	West Nile virus (VZN) (Klobučar i sur., 2021)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021)	ptice, čovjek, konji i drugi sisavci (Becker, 2010)



Slika 2. Zemlje s prijavljenim slučajevima zika, dengue, žute groznice, chikungunya, i RVF (Leta i sur., 2017)

Figure 2. Countries with reported cases of zika, dengue, yellow fever, chikungunya and RVF viruses (Leta i sur., 2017)

DENGA GROZNICA DENGUE FEVER

Denga groznica (DG) je najrasprostranjenija virusna bolest koju prenose komarci te se kao emergentna i reemergentna zoonoza rasprostire preko kontinenta Azije, Afrike, Amerike, južne Europe i zemalja Pacifika (Guzman i Harris, 2015). Prvi opisi slučajeva groznice koja nalikuje DG opisani su 1779. godine, a uzročnik je otkriven i izoliran početkom 20. stoljeća (Brnčić i sur., 2013). Tijekom 60-tih godina 20. stoljeća došlo je do rapidnog povećanja broja slučajeva kod ljudi, kao i rapidnog geografskog širenja DG. Tijekom 2013. godine ukupno 390 milijuna ljudi diljem svijeta bilo je zaraženo virusom denge, od kojih je simptomatsku groznicu razvilo 96 milijuna ljudi (Guzman i Harris, 2015). U Hrvatskoj su tijekom 2007. godine po prvi put zabilježena dva slučaja kod ljudi, u kojima su hrvatski državljani virus unijeli iz endemskih zemalja Indije i Indonezije. Prvi slučaj autohtone DG zabilježen je kod njemačkog turista u kolovozu 2010. godine na Pelješcu, nakon čega je epidemiološkim istraživanjem ustanovljeno još 15 slučajeva infekcije kod stanovnika Pelješca i Korčule (Gjenero-Margan i sur., 2011).

Bolest uzrokuje RNK virus iz porodice *Flaviviridae* s ukupno četiri poznata serotipa virusa (DENV 1–4). Ljudi i neki niži primati smatraju se glavnim rezervoarom virusa (Martina i sur., 2009; Ahammad i sur., 2019). Čovjek se smatra jedinim sisavcem pogodnim za razvoj infektivnog oblika

virusa (Foster i Walker, 2019), a do transmisije virusa dolazi ubodom zaražene ženke tigrastog komarca prilikom kojeg se virus otpušta iz žlijezda slinovnica u tkivo domaćina.

U koži domaćina nakon infekcije virusom denge dolazi do infekcije makrofaga i dendritičnih stanica, zatim do infekcije limfnih čvorova i viremije s posljedičnim utjecajem na vaskularni sustav i organe poput jetre, slezene. Literatura opisuje i pojave neuroloških simptoma (Holmes i Twiddy, 2003). Viremija se može detektirati 24–48 sati nakon pojave kliničkih simptoma i može potrajati 10 – 12 dana. Iako je velika većina infekcija denge virusom asimptomatska (70–80%), u nekih ljudi se razvija klasična akutna febrilna groznica (Muller i sur., 2017). Jednom preboljena DG ostavlja doživotni imunitet na određeni serotip virusa, no moguća je reinfekcija drugim serotipom (Brnčić i sur., 2013).

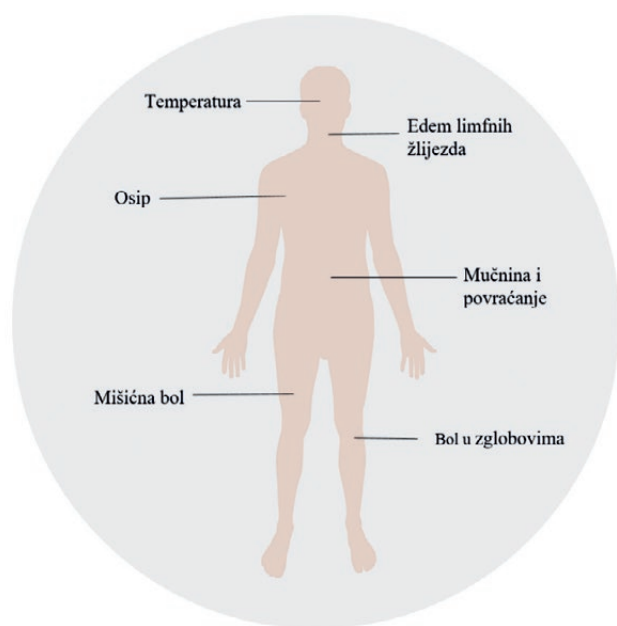
VIRUS ZAPADNOG NILA WEST NILE VIRUS

Virus Zapadnog Nila (VZN) je ovijeni, jednolančani RNA virus iz roda flavivirusa, koji može izazvati infekciju kod ljudi, od asimptomatskih, preko blagih do teških neuroinvasivnih bolesti. Pripada serokompleksu japanskog encefalitisa. Prvi put je izoliran 1937. godine u regiji Zapadnog Nila u Ugandi (Smithburn i sur., 1940). Do devedesetih godina 20. stoljeća bio je prisutan u ruralnim područjima Afrike, Bliskog istoka i Azije. Tada se pojavljuju prve epi-

demije u urbanom području u Rumunjskoj, Rusiji i Sjevernoj Americi (Smithburn i sur., 1940; Hayes i sur., 1940). U Hrvatskoj prvi serološki dokazi infekcije VZN kod ljudi datiraju iz 1980. godine, dok su klinički slučajevi zabilježeni kontinuirano od 2012. – 2018. godine (Pem-Novosel i sur., 2012). Posljednja i najveća epidemija u Hrvatskoj, 2018. godine obuhvatila je 11 županija, a zabilježeno je 54 slučaja s neuroinvasivnom oblikom ove bolesti te 7 slučajeva s VZN groznicom (Vilibić-Čavlek i sur., 2019). Također su zabilježene infekcije kod konja, ptica i peradi (Vilibić-Čavlek i sur., 2021).

Čovjek se može zaraziti ovim virusom nakon uboda komarca, najčešće vrste *Culex*, *Aedes* i *Ochlerotatus* (Komar, 2000). Ptice su idealni domaćini koji omogućavaju širenje virusa, dok se infekcije ljudi i drugih sisavaca smatraju slučajnim. Većina sisavaca, osim konja, zbog niske i prolazne razine virusa u krvi nemaju ulogu u ciklusu prijenosa (Peterson i sur., 2013).

Kada komarac ubode zaraženu pticu, virus prodire u crijeva, replicira se u tkivima i proizvodi citopatski učinak koji traje doživotno (Davis i sur., 2006). Za novi godišnji ciklus infekcije nužno je prezimljavanje virusa, bilo u hibernirajućim ženjkama komaraca ili bilo kao vertikalni prijenos na njihovo potomstvo (Reisen i Brault, 2007). Ubodom zaraženog komarca virus se prenosi u domaćina. Odgovor imunološkog sustava na VZN ima značajnu ulogu u ograničavanju infekcije. Smanjen odgovor bilo kojeg od ovih mehanizama može rezultirati težim oblicima bolesti pa čak i smrtnim ishodom (Diamond i sur., 2003; Shrestha i Diamond, 2004). Oko 80 % infekcija VZN je asimptomatsko, a 20 % se razvija u samoograničavajuću bolest, sličnu gripi.



Slika 3. Simptomi infekcije virusom zapadnog Nila
Figure 3. Symptoms of West Nile virus infection

Simptomi se pojavljuju od 2.-14. dana nakon infekcije virusom, a najčešće prolaze nakon 3.- 6. dana. Manje od 1 % zaraženih ljudi, uglavnom starije i imunokompromitirane osobe, razviju bolest sa težim simptomima (Sambri i sur., 2013; Watson i sur., 2004) (Slika 3.).

Trenutno ne postoji učinkovit lijek protiv bolesti, već se pruža simptomatsko liječenje (Petersen i sur., 2013). Preventivne mjere obuhvaćaju suzbijanje komaraca i osobnu zaštitu (Fradin i sur., 2000). Slučajevi infekcije VZN trebali bi se prijaviti Europskom centru za prevenciju i kontrolu bolesti (ECDC) prema definiciji slučaja EU-a iznesenoj u Odluci (EU 2018/945/2018/EZ).

TULAREMIJA TULAREMIA

Tularemijska je zoonoza koju uzrokuje gram-negativna, fakultativno unutarstanična bakterija *Francisella tularensis*. Dvije podvrste *F. tularensis*, subsp. *tularensis* (tip A) i subsp. *holarctica* (tip B) vrlo su značajne jer uzrokuju bolest kod imunokompetentnih ljudi i životinja (Gurcan i sur., 2014). Tip A se uglavnom može pronaći u Sjevernoj Americi, dok je Tip B rasprostranjen širom sjeverne polutke (Europa, Azija i Sjeverna Amerika). *F. tularensis* iznimno je virulentna bakterija, samo 10 do 50 bakterijskih stanica može uzrokovati bolest. *F. tularensis* uzrokuje bolest u više od 250 životinjskih vrsta te može inficirati široki spektar kralježnjaka i beskralježnjaka, no glavni rezervoar ovog patogena još uvijek nije identificiran. Krpelji, muhe i komarci smatraju se samo nekim od vektora prijenosa tularemije na sisavce (Petersen i sur., 2009). Do sada je uočena snažna povezanost *Francisella* vrsta sa slatkovodnim okolišem i slobodnoživućim amebama. Ličinke komaraca hrane se vodenim protozoama, stoga se mogu zaraziti s *F. tularensis* tijekom razvoja u svom prirodnom vodenom okruženju (Lundstorm i sur., 2011). Također, ljudi se mogu zaraziti udisanjem kontaminiranog aerosola, konzumacijom kontaminirane hrane ili vode, kontaktom sa zaraženom životinjom te ugrizom zaraženog krpelja, muhe ili komarca. Prijenos patogena na ljude putem komaraca može se dogoditi na mehanički ili biološki način (Abdellahoum i sur., 2020). Mehanički prijenos podrazumijeva da komarac nosi zarazni agens, ali se u njemu ne razmnožava. Biološki prijenos podrazumijeva da se patogen razmnožava unutar komarca, u žlijezdama slinovnicama, a prijenos i infekcija domaćina događaju se automatski tijekom sisanja krvi.

Poznati slučajevi tularemije nakon uboda komaraca većinom su prijavljeni u Švedskoj i Finskoj (Abdellahoum i sur., 2020; Christenson i sur., 1984). Bolest se očitovala nastankom kožnih lezija na nogama, rukama, licu ili vratu s aksilarnom ili cervikalnom limfadenopatijom, odnosno ulceroglandularnim oblikom tularemije (Abdellahoum i sur., 2020; Maurin i Gyuranecz, 2016) te povišenom temperatu-

rom i bolovima u tijelu. Simptomi se obično javljaju nakon 3 do 5 dana inkubacije, a inkubacija može trajati čak do 3 tjedna (Maurin i Gyuranecz, 2016).

U Europi je Skandinavija (Švedska i Finska) primarno endemsko područje ove bakterije, zatim slijede Kosovo, Mađarska, Turska, Slovačka, Češka, Srbija, Bugarska, Norveška, Njemačka, Španjolska, Poljska, Gruzija i Francuska (Gurcan, 2014; Grunow i sur., 2012; Ulu-Kilic i Doganay, 2014). Prema podacima Europskog centra za kontrolu i prevenciju bolesti u Republici Hrvatskoj je 2015. godine prijavljeno 13 slučajeva tularemije, dok je u periodu od 2016. – 2019. godine prijavljeno ukupno 6 slučajeva tularemije (ECDC, 2019). Međutim, među prijavljenim slučajevima, u Hrvatskoj nije potvrđen prijenos ubodom komarca. Do sada nije razvijeno učinkovito cjepivo koje bi moglo utjecati na prevenciju nastanka tularemije.

KONTROLA BROJNOSTI KOMARACA MOSQUITO ABUNDANCE CONTROL

Prevenција – *Prevention*

Sukladno smjernicama Svjetske zdravstvene organizacije (WHO), Europskog centra za prevenciju i kontrolu bolesti (ECDC) te Europskog udruženja za kontrolu komaraca (EMCA), a radi praćenja vektora zaraznih bolesti, županijski zavodi za javno zdravstvo te Nastavni zavod za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“ razvijaju regionalni okvir kontinuiranog monitoringa invazivnih komaraca. Okvir podrazumijeva istraživanja o prisutnosti vrsta, brojnosti, širenju, potencijalu prijenosa patogena, a sve u svrhu procjene rizika od pojave mogućih epidemija, kao i planiranja aktivnosti za učinkovitu prevenciju, pravovremeno suzbijanje te evaluaciju provedenih mjera (ECDC, 2012).

Važna komponenta u kontroli komaraca je edukacija stanovništva, budući da podizanje svijesti o važnosti poduzimanja preventivnih radnji svakog pojedinca predstavlja najkvalitetnije suzbijanje i kontrolu prisutnosti komaraca nekog područja.

Suzbijanje komaraca – *Mosquito control*

Suzbijanje komaraca i njihovih razvojnih oblika provodi se radi sprječavanja pojave zaraznih bolesti pučanstva, kao i kožnih bolesti poput urtikarija, eritema, alergijskih promjene nastalih ubodima komaraca (Becker, 2010). Preparati koji se koriste za suzbijanje komaraca moraju biti ekološki prihvatljivi, učinkoviti te propisno registrirani i dopušteni za primjenu u Republici Hrvatskoj.

Kontrola komaraca podrazumijeva skup radnji različitih subjekata (monitoring, provedba mjera suzbijanja te stručni nadzor nad provođenjem mjera suzbijanja) s ciljem smanjenja broja komaraca na biološki prihvatljiv minimum na

području pojedine jedinice lokalne samouprave. Poznavanje biologije komaraca od iznimne je važnosti za izbor odgovarajućeg insekticida i njegovu primjenu na terenu. Trenutno je u svijetu ekološki najprihvatljivija biološka kontrola komaraca, koja bi u budućnosti trebala biti primarna metoda u suzbijanju njihove brojnosti.

Ova metoda uključuje uvođenje bakterija roda *Wolbachia* koja suzbija razmnožavanje patogenih virusa u komarcu, zatim uvođenje transgeničnih mužjaka komaraca koji nose dominantan „letalni gen“ (Weaver, 2013). Efikasna je i genetička kontrola populacije komaraca samo-limitirajućim sustavom u kojem se oslobađaju sterilni ili inkompatibilni mužjaci, čime se prirodna vektorska populacija zamjenjuje populacijom čiji je vektorski potencijal puno niži (Foster i Walker, 2019). Mehaničke metode podrazumijevaju korištenje prepreka kojima se smanjuje mogućnost ulaska komaraca u objekte. U fizikalne metode spadaju regulacija temperature, količina svjetlosti, zračenje i ultrazvuk, međutim ova metoda nema veću primjenu (Korunić, 2021). U kemijske metode spada upotreba biocida (repelenata, atraktanata te regulatora rasta), a provodi se primjenom raznih kemijskih pripravaka koji imaju izraženo toksično djelovanje na kukce ili njihove razvojne oblike. Moderan pristup kontroli komaraca bazira se na larvicidnim tretmanima u vodi, osim što selektivno djeluje isključivo na ličinke komaraca. Po prelasku u adultni oblik zauzimaju puno veći i za tretiranje nepovoljniji medij, zrak (Strategija Osječko-baranjska županija, 2019).

Zbog prilagodbe na klimatske promjene, u novije se vrijeme u urbanim sredinama stvaraju inovativna rješenja poput „zelenih gradova“ koji međutim, predstavljaju pogodna mjesta za razvoj komaraca. Razumijevanje načina na koji komarci stupaju u interakciju s novim okruženjem i klimom posebno je važno u predikciji zoonoza. Urbano ekološko planiranje ključno je u borbi protiv komaraca i bolesti koji one prenose. Procjenjuje se da 54 % ljudske populacije živi u urbanim područjima. Trenutno u svijetu postoji 28 „mega -gradova“ s preko 10 milijuna stanovnika (Medeiros-Sousa i sur., 2017). Ljudska naselja predstavljaju jedinstvena, ali fragmentirana staništa koja su trajno toplija od ruralnih područja (Löhmus i Balbus, 2015).

Urbanizacija može utjecati na smanjenje brojnosti vrsta komaraca ili čak uzrokovati lokalno izumiranje autohtonih vrsta. Posljedično ostaju vrste koje se lakše mogu prilagoditi antropogenim promjenama, a mogu postati ključni čimbenik naglog širenja novog patogena u nova područja (Löhmus i Balbus, 2015). Kao posljedica uništavanja i fragmentacije staništa, urbana područja rijetko podržavaju visoku razinu biološke raznolikosti.

Područja gradova s većim zelenim površinama, imaju manju incidenciju bolesti koje prenose komarci, u odnosu na područja s manjim i vrstama siromašnijim zelenim povr-



Slika 4. Zelene stambene zgrade s niskim udjelom ugljika u Chengduu u Kini

Figure 4. Low-carbon green residential buildings in Chengdu, China

https://gigazine.net/gsc_news/en/20200916-chinese-vertical-forest-mosquitoes/

šinama. Smanjenje veličine staništa urbanih zelenih površina također smanjuje broj prirodnih predatora komaraca. U takvim staništima ostaju rijetke populacije komaraca, uglavnom prijenosnika ljudskih patogena kao što su *Aedes albopictus*, *Aedes aegypti* i *Culex quinquefasciatus* (Medeiros-Sousa i sur., 2017).

Danas arhitekti projektiraju zelene zgrade, no takvi su projekti vrlo zahtjevni, a da bi opstali moraju se redovito održavati. Primjerice, u kineskom gradu Chengdu gdje prevladava monsunska klima izgrađeno je ogromno zeleno eksperimentalno stambeno naselje, koje je zbog neodržavanja zelenila rezultiralo pošašću komaraca, za razliku od milanskog „Bosco Verticale“ s pomno odabranom florom i održavanjem, koje je zaživjelo u pozitivnom smislu te su stanari ostali živjeti u njemu. Primjeri ovih projekta pokazuju da pravilno planiranje i održavanje uz odgovarajući odabir vegetacije može dati dobre rezultate (Slika 4.) (Wong, 2016).

Ustanovljeno je da relativna brojnost vektorske vrste komarca *Culex quinquefasciatus* na golim krovovima je oko pet puta veća nego na zelenim, što se pripisuje zadržavanju oborinske vode u udubljenjima na golim krovovima (Wong, 2018).

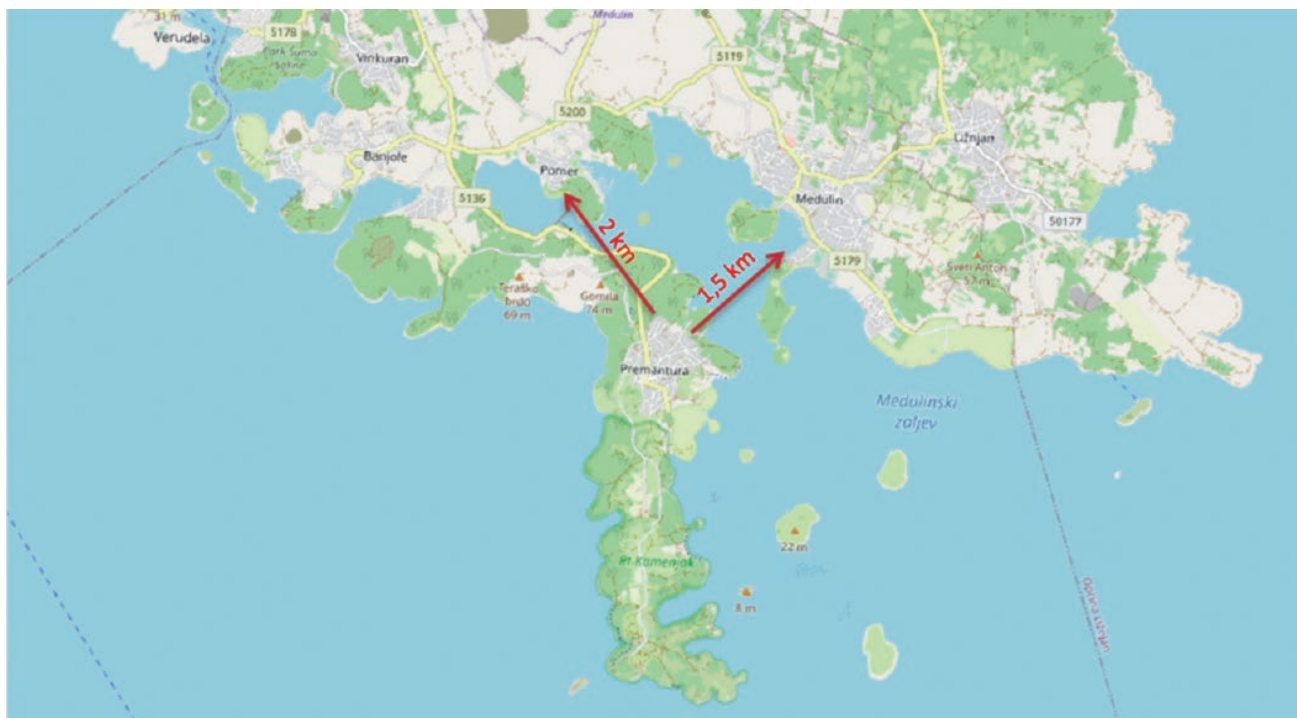
U Republici Hrvatskoj je prihvaćena Odluka o donošenju Programa razvoja zelene infrastrukture u urbanim područjima za razdoblje 2021. do 2030. godine, a upravo Europska unija u idućem razdoblju planira putem fondova ulagati u taj oblik infrastrukture (Službeni list, NN 147/21). Međutim, spomenutim Programom se ne spominje mogućnost porasta broja komaraca implementacijom zelene infrastrukture.

Ubrzano širenje komaraca kao vektora bolesti potaknulo je Svjetsku zdravstvenu organizaciju da predloži hitnu po-

trebu za alternativne metode kontrole vektora u svom Globalnom odgovoru vektorske kontrole (WHO, 2017), koje su odobrene od strane Svjetske zdravstvene organizacije (WHO, 2009). Opći cilj kontrole vektora je smanjenje populacije vektora, što dovodi do smanjenja smrtnosti ili morbiditeta u ljudi kako na regionalnoj razini, tako i na razini zajednice i pojedinca.

Jedna od alternativnih tehnologija u kontroli vektora je tehnika sterilnih kukaca, „metoda kontrole štetnika masovnim puštanjem sterilnih kukaca na velikom području kako bi se smanjila reproduktivnost populacije iste vrste“ (FAO, 2007). Stoga tehnika sterilnih kukaca (SIT - Sterile Insect Technique) ima potencijal snažnog smanjivanja gustoće prirodne populacije ciljanog kukca, ponekad do iskorjenjenja. Postupak je uspješno implementiran u poljoprivredi protiv brojnih insekata (Dyck i sur., 2006) i trenutno je u tijeku razvoja protiv komaraca (Lees i sur., 2015). Ova tehnika je nadopuna postojećim mjerama kontrole vektora unutar integrirane strategije upravljanja za cijelo područje suzbijanja komaraca. Mužjaci komaraca koji će se modificirati biraju se po stupnju razvoja i spolne zrelosti. Ozračuju se u posebnim kontejnerima. Određivanje doze koja će uzrokovati sterilitet u kukaca najvažniji je dio SIT programa. Iznimno niske doze zračenja steriliziraju mužjake komaraca, međutim nemaju utjecaj na njihov životni vijek, ponašanje u prirodi i sposobnost parenja. S porastom apsorbirane doze povećava se sterilitet, ali ujedno njihova kompetitivnost u prirodi može opasti, a time i učinkovitost samog SIT programa. Preporučene vrijednosti doza kojima se ozračuju svi kukci dana je u dokumentu IDIDAS 2018 (International Database on Insect Disinfestation and Sterilization - International Atomic Energy Agency, IAEA, 2018.). Nakon ozračivanja, komarci se u prirodu ispuštaju pomoću uređaja s tla ili iz zraka. Ispuštanje u prirodu provodi se planski kako bi se osigurala što bolja konkurentnost sterilnih mužjaka naspram mužjaka u prirodi. Da bi metoda bila što učinkovitija, omjer sterilnih mužjaka naspram mužjaka u prirodi mora biti minimalno 10:1.

Takav pilot projekt sterilizacije i ispuštanja u okoliš mužjaka vrste *Aedes albopictus* prvi se puta provodi u Republici Hrvatskoj na području naselja Premanture (površine oko 70 ha), na samom jugu Istre. Budući da je naselje s tri strane okruženo morem, a samo na sjevernoj strani kopnom gdje se na udaljenosti od oko 2 km zračne linije nalazi prvo sljedeće naselje Pomer, Premantura predstavlja idealno mjesto za provođenje SIT tehnike sterilizacije mužjaka *Aedes albopictus* čiji je radijus kretanja oko 200 metara, čime se osigurava praćenje jednog soja populacije komaraca (Slika 5). Tijekom sezone komaraca u 2022. godini ispuštalo se u četiri navrata po 50 000 sterilnih mužjaka (ozračenih X zrakama dozom od 55 Gy, kroz 12 min), a tijekom 2023. godine planira se ispuštiti u 12 navrata po 100 000 jedinki.



Slika 5. Naselje Premantura, Pula, Istarska županija, Republika Hrvatska, u kojem se 2022. godine započelo s uvođenjem sterilnih mužjaka vrste *Aedes albopictus*

Figure 5. Premantura settlement, Pula, Istria County, Republic of Croatia, where introduction of sterile males of the *Aedes albopictus* started in 2022

Osim samog procesa ozračivanja, potrebno je periodično provjeravati i konkurentnost sterilnih kukaca kako bi se osigurala učinkovitost SIT programa (Food and Agriculture Organization – FAO, 2017.). Budući da je će svaka generacija biti manja od prethodne, puštanje sličnog broja sterilnih mužjaka s vremenom ima jači učinak. Prednosti ove metode su dostupnost mužjaka komarca područjima kojima je ljudski pristup često onemogućen, mehanizam je usmjeren na isključivo jednu vrstu komaraca te nema javnozdravstvene posljedice za okoliš. Nedostaci ove metode su čitav niz prethodnih pokusa i studija kako bi se metoda učinila prihvatljivom, kao i skupocjena tehnologija.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Više od polovice svjetske populacije izloženo je bolestima koje komarci prenose, poput malarije, groznica - denge, zika, chikungunye, zapadnog Nila itd. Navedene bolesti imaju sezonski karakter, a njihova pojavnost i rasprostranjenost ovisi o klimatskim promjenama koje uzrokuju povećanje prosječnih vrijednosti temperature i veću količinu oborina, što pogoduje razmnožavanju komaraca. Učestalost arbovirusnih bolesti koje prenose komarci roda *Aedes* dramatično je porasla posljednjih desetljeća, te se procjenjuje da je trenutno oko jedne trećine svjetske populacije

u opasnosti od epidemija koje prenose komarci roda *Aedes*, od kojih je 99 uzrokovano samo od dvije vrste, *Aedes albopictus* i *Aedes aegypti*. U Hrvatskoj je invazivna vrsta *Aedes albopictus* već široko rasprostranjena, dok se vrste *Aedes aegypti* i *Aedes koreicus* tek očekuju. Radi praćenja vektora zaraznih bolesti, županije su dužne na području svoje nadležnosti provoditi program kontinuiranog monitoringa. Procjena rizika prijenosa patogena neophodna je zbog provođenja pravovremenih mjera i aktivnosti za učinkovitu prevenciju, suzbijanje zaraznih bolesti, evaluaciju provedenih mjera te predikciju mogućih epidemija. Suzbijanje komaraca i njihovih razvojnih oblika provodi se radi sprječavanja pojave zaraznih bolesti pučanstva. Preparati koji se koriste za suzbijanje komaraca moraju biti ekološki prihvatljivi, učinkoviti te propisno registrirani i dopušteni za primjenu u Republici Hrvatskoj. Kontrola komaraca podrazumijeva skup radnji različitih subjekata s ciljem smanjenja broja komaraca na području jedinice lokalne samouprave. Jedna od alternativnih tehnologija u kontroli vektora je metoda kontrole štetnika masovnim puštanjem sterilnih kukaca (SIT tehnika) na velikom području kako bi se smanjila reproduktivnost iste vrste. Pilot projekt sterilizacije mužjaka vrste *Aedes albopictus* prvi se puta provodi u Republici Hrvatskoj na području naselja Premanture na jugu Istre. Praćenje rezultata provedene metode otvorit će nove mogućnosti smanjenja brojnosti ciljane vrste i na širem području Republike Hrvatske.

LITERATURA

LITERATURE

- Abdellahoum Z., M. Maurin, I. Bitam. 2020. Tularemia as a Mosquito-Borne Disease. *Microorganisms*. 9(1):26. doi: 10.3390/microorganisms9010026.
- Ahammad F., T.R.T.Abd Rashid, M. Mohamed, S. Tanbin, F.A.A. Fuad. 2019. Contemporary strategies and current trends in designing antiviral drugs against dengue fever via targeting host-based approaches. *Microorganisms*. 7(9). <https://doi.org/10.3390/microorganisms7090296>
- Asaj A., 1999 *Zdravstvena dezinfekcija u nastambama i okolišu*. Medicinska naklada, Zagreb. ISBN 953-176-088 8; 54 – 55; 117 – 118
- Becker, N., D., Petrić, M., Zgomba, C., Boase, M., Madon, C., Dahl, A., Kaiser. 2010. *Mosquitoes and their Control*. (2 ed.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, DOI: 10.1007/978-3-540-92874-4_10
- Benvin I., V. Stevanović, T. Vilibić-Čavlek, S. Kovač, L.J. Barbić. 2021. Rezultati praćenja proširenosti West Nile virusa u konja u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2010. do 2020. Godine u (Re-)emergentni arbovirusi u sjeni pandemije COVID- 19: program i zbornik sažetaka u Vilibić-Čavlek, T. L.J. Barbić, V. Savić, I. Tabain, B. Kaić, 202.Zagreb: Hrvatski zavod za javno zdravstvo, 26-27
- Brnčić N., I. Kruljac I, Đ. Pahor. 2013. Azijski tigrasti komarac i autohtona denga groznica u Hrvatskoj. *Medicina Fluminensis*, 49:42-9
- Capelli, G.A. Drago, S. Martini, et al. 2011. First report in Italy of the exotic mosquito species *Aedes (Finlaya) koreicus*, a potential vector of arboviruses and filariae. *Parasites Vectors* 4, 188 (2011)., doi.org/10.1186/1756-3305-4-188
- Christenson B. 1984. An outbreak of tularemia in the northern part of central Sweden. *Scand J Infect Dis*. 16(3):285-90. doi: 10.3109/00365548409070402.
- Danabalan R., M.T. Monaghan, D.J. Ponsonby, Y.M. Linton. 2014. Occurrence and host preferences of *Anopheles maculipennis* group mosquitoes in England and Wales. *Med Vet Entomol*.28(2):169-78. doi: 10.1111/mve.12023.
- Davis L.E., R. DeBiasi, D.E. Goade, K.Y. Haaland, J.A. Harrington, J.B. Harnar., S.A. Pergam, M.K. King, B.K. DeMasters, K.L. Tyler. 2006. West Nile virus neuroinvasive disease. *Ann Neurol*. 60(3):286-300. doi: 10.1002/ana.20959.
- Diamond M.S., B. Shrestha, E. Mehlhop, E. Sitati, M. Engle. 2003. Innate and adaptive immune responses determine protection against disseminated infection by West Nile encephalitis virus. *Viral Immunol*. 16(3):259-78. doi: 10.1089/088282403322396082.
- Dyck V.A., J. Hendrichs, A.S. Robinson.2021. *Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003035572>
- European Centre for Disease Prevention and Control. 2012 *Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe*. Stockholm: ECDC. ISBN 978-92-9193-378-5; doi 10.2900/61134
- European Centre for Disease Prevention and Control. Tularemia. In: ECDC. Annual epidemiological report for 2019. Stockholm: ECDC; 2021 <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/AER-tularaemia-2019.pdf>
- European Union 2018 Decision No 2018/945/EC of the European Parliament and of the Council on the communicable diseases and related special health issues to be covered by epidemiological surveillance as well as relevant case definitions. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018D0945>
- Food and Agriculture Organization (FAO) 2007 *International Standards for Phytosanitary Measures No. 5*. Secretariat of the International Plant Protection Convention. FAO; 07-26.
- Food and Agriculture Organization (FAO) 2015 *International Database on Insect Disinfestation and Sterilization*. Food and Agriculture organization of the United Nations, Basis text, Volumes I and II
- Foster, W.A., E.D. Walker. 2019 *Mosquitoes (Culicidae)*, Medical and Veterinary Entomology. Academic Press, 2019, 261-325, ISBN 9780128140437
- Fradin, M. S. 1998. Mosquitoes and Mosquito Repellents: A Clinician's Guide. *Annals of Internal Medicine*, 128(11), 931. doi:10.7326/0003-4819-128-11-19980610-00013
- Gjenero-Margan I, B. Aleraj, D. Krajcar, V. Lesnikar, A. Klobučar, I. Pem-Novosel, S. Kurečić-Filipović, S. Komparak, R. Martić, S. Duričić, et al. 2011. Autochthonous dengue fever in Croatia, *Eurosurveillance* 16(9):1–4. <https://doi.org/10.2807/ese.16.09.19805-en>
- Golding N., M.A. Nunn, J.M. Medlock, B.V. Purse, A.G. Vaux, S.M. Schäfer. 2012. West Nile virus vector *Culex modestus* established in southern England. *Parasit Vectors*. 5:32. doi: 10.1186/1756-3305-5-32.
- Grunow R., A. Kalaveshi, A. Kühn, G. Mulliqi-Osmani, N. Ramadani. 2012. Surveillance of tularaemia in Kosovo, 2001 to 2010. *Euro Surveill*. 17(28):20217. doi: 10.2807/ese.17.28.20217-en.
- Guzman MG., E. Harris. 2015. Dengue. *Lancet*. 385(9966): 453–465. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60572-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60572-9)
- Hayes C.G., West Nile virus: Uganda, 1937, to New York City, 1999. 2001. *Ann N Y Acad Sci*. 951:25-37. doi: 10.1111/j.1749-6632.2001.tb02682.x.
- Heinz F.X., K. Stiasny. 2012. Flaviviruses and flavivirus vaccines. *Vaccine*.30(29):4301-6. doi: 10.1016/j.vaccine.2011.09.114.
- Holmes E.C., S.S. Twiddy. 2003. The origin, emergence and evolutionary genetics of dengue virus. *Infect Genet Evol*. (1):19-28. doi: 10.1016/s1567-1348(03)00004-2.
- Kalan, K., J. Šušnjar, V. Ivović, V. E. Buzan. 2017. First record of *Aedes koreicus* (Diptera, Culicidae) in Slovenia. *Parasitol Res* 116, 2355–2358; <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5532-9>
- Klobučar A., V. Savić, M. Curman Posavec, S. Petrinić, U. Kuhar, I. Toplak, J. Madić, T. Vilibić-Čavlek T. 2021. Screening of Mosquitoes for West Nile Virus and Usutu Virus in Croatia, 2015–2020. *Trop Med Infect Dis*. 6(2):45. doi: 10.3390/tropicalmed6020045.
- Klobučar, A., I. Vručina 2019. Invazivna vrsta komaraca *Aedes koreicus* (Edwards, 1917) - u iščekivanju nalaza u Hrvatskoj. In: Korunić d.o.o. (ed.) *Znanstveno-stručno edukativni seminar DDD i ZUPP – Zbornik radova*; Zagreb, 2019; 97-104
- Klobučar, A., S. Petrinić, V. Savić , J. Madić, V. Tešić, L. Barbić, V. Stevanović, T. Vilibić-Čavlek, 2018 First detection of arboviruses in mosquitoes in Croatia. 13. Croatian Biological Congress with International Participation, Book of Abstracts: 21-22

- Komar, N. 2000. West Nile viral encephalitis. *Rev Sci Tech.* (1):166-76. doi: 10.20506/rst.19.1.1201.
- Korunić, J. 2021. Cjelovito (integrirano) suzbijanje komaraca: zbornik predavanja: 10. tema u programu DDD Trajne edukacije. Zagreb: Korunić.
- Krajcar D., 2001 Dezinsekcija, dezinsekcija, deratizacija. Zavod za javno zdravstvo grada Zagreba, Visoka zdravstvena škola, Zagreb. ISBN 953-97699-2-3, 148 – 157
- 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, 2016. *Parasitol Res.* 115(12):4687-4689. doi: 10.1007/s00436-016-5229-5.
- Lees RS, J.R.Gilles, J.Hendrichs, M.J., Vreysen, K. Bourtzis. 2015. Back to the future: the sterile insect technique against mosquito disease vectors. *Current Opinion in Insect Science.* 10: 156–162. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.011>
- Leta S., T.J. Beyene, E.M. De Clercq, K. Amenu, M.U.G. Kraemer, C.W. Revie. 2018. Global risk mapping for major diseases transmitted by *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*, *Int J Inf Diseases*, 67; 25-35, <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2017.11.026>.
- Löhmus M., J. Balbus. 2015. Making green infrastructure healthier infrastructure. *Infect Ecol Epidemiol.* 5:30082. doi: 10.3402/iee.v5.30082.
- Lundström J.O., A.C Andersson., S. Bäckman, M.L.Schäfer, M. Forsman, J. Thelaus. 2011. Transstadial transmission of *Francisella tularensis holarctica* in mosquitoes, Sweden. *Emerg Infect Dis.* (5):794-9. doi: 10.3201/eid1705.100426.
- Martina B.E.E., P. Koraka P, A.D.M.E. Osterhaus. 2009. Dengue virus pathogenesis: An integrated view. *Clin Microbiol Rev.* 22(4):564–581. <https://doi.org/10.1128/CMR.00035-09>
- Maurin M., M. Gyuranecz. 2016. Tularaemia: clinical aspects in Europe. *Lancet Infect Dis.* (1):113-124. doi: 10.1016/S1473-3099(15)00355-2.
- Medeiros-Sousa A. R., A. Fernandes, W. Ceretti-Junior, A. Barreto Bruno, W. Toledo Marrelli. 2017. Mosquitoes in urban green spaces: using an island biogeographic approach to identify drivers of species richness and composition. *Sci Rep* 7, 17826 <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18208-x>
- Medlock J.M., K.M. Hansford, F. Schaffner, V. Versteirt, G. Hendrickx, H. Zeller, W. Van Bortel. 2012. A review of the invasive mosquitoes in Europe: ecology, public health risks, and control options. *Vector Borne Zoonotic Dis.* (6):435-47. doi: 10.1089/vbz.2011.0814.
- Merdić, E, A. Klobučar, T. Žitko, M. Sudarić Bogojević, I. Vrućina, N. Turić, G. Vignjević. 2020, Updated checklist of the mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Croatia. *Journal of Vector Ecology*, 45: 135-139.
- Merdić, E., I Vrućina, A. Klobučar, M.Sudarić Bogojević, G. Vignjević, N. Turić, T. Žitko, N., Bušić. 2020. Komarci Hrvatske. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, ISBN: 978-953-8154-12-6
- Merdić, E., Ž. Zahirović, I. Vrućina. (2008). Procjena rizika za bolesti koje prenose komarci u odnosu na klimatske promjene i ulaza egzotičnih vrsta. *Infektološki glasnik*, 28 (1), 17-21.
- Muller D.A., A.C.Depelsenaire, P.R. Young. 2017. Clinical and Laboratory Diagnosis of Dengue Virus Infection. *J Infect Dis.* 215(suppl_2):S89-S95. doi: 10.1093/infdis/jiw649.
- Osječko-baranjska županija, propisi/zdravstvena skrb. 2019. Strateške smjernice kontrole komaraca u Osječko – baranjskoj županiji 2019-2024, Osječko-baranjska županija, Republika Hrvatska
- Pem-Novosel I, T. Vilibić-Čavlek, I. Gjenero-Margan, N: Pandak, L.J. Perić, L. Barbić, E. Listes, A. Cvitković, V. Stevanović, G. Savini. 2014. First outbreak of West Nile virus neuroinvasive disease in humans, Croatia, 2012. *Vector Borne Zoonotic Dis.* (1):82-4. doi: 10.1089/vbz.2012.1295.
- Petersen L.R., A.C. Brault, R.S. Nasci. 2013. West Nile virus: review of the literature. *JAMA.* 310(3):308-15. doi: 10.1001/jama.2013.8042.
- Radošević, M, Završni rad: Medicinski značaj porodice komaraca (Diptera, Culicidae), PMF, Zagreb, 2020; <https://repositorij.pmf.unizg.hr/en/>
- Reisen W., A.C. Brault. 2007. West Nile virus in North America: perspectives on epidemiology and intervention. *Pest Manag Sci.* 63(7):641-6. doi: 10.1002/ps.1325.
- Renshaw M., M.W. Service, M.H. Birley. 1994. Host finding, feeding patterns and evidence for a memorized home range of the mosquito *Aedes cantans*. *Med Vet Entomol.* 8(2):187-93. doi: 10.1111/j.1365-2915.1994.tb00162.x.
- Sambri V., M. Capobianchi, R. Charrel, M. Fyodorova, P. Gai-bani, E. Gould, M. Niedrig, A. Papa, A. Pierro, G. Rossini, S. Varani, C. Vocale, M.P. Landini. 2013. West Nile virus in Europe: emergence, epidemiology, diagnosis, treatment, and prevention. *Clin Microbiol Infect.* ;19(8):699-704. doi: 10.1111/1469-0691.12211.
- Schaffner, F., J.M. Medlock, A.W. Van Bortel. 2013. Public health significance of invasive mosquitoes in Europe. *Clinic microbiol infection*, 19(8), 685-692.
- Shrestha B., M.S. Diamond. 2004. Role of CD8+ T cells in control of West Nile virus infection. *J Virol.* 78(15):8312-21. doi: 10.1128/JVI.78.15.8312-8321.2004.
- Službeni list NN 147/21. Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske - Nacrt prijedloga Programa razvoja zelene infrastrukture u urbanim područjima za razdoblje 2021. do 2030. godine, Hrvatski sabor
- Smithburn K.C., T.P. Hughes, A.W. Burke, J.H. Paul. 1940 A Neurotropic Virus Isolated from the Blood of a Native of Uganda. *American Journal of Tropical Medicine.* 20:471–2.
- Ulu-Kilic A., M. Doganay M. 2014. An overview: tularaemia and travel medicine. *Travel Med Infect Dis.* 12(6 Pt A):609-16. doi: 10.1016/j.tmaid.2014.10.007.
- Vignjević, G. 2014. Molekularna identifikacija i distribucija vrsta komaraca *Anopheles maculipennis* kompleks u Hrvatskoj, Doktorska disertacija. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i Institut Ruder Bošković Zagreb. <http://zpio.unios.hr/wp-content/uploads/radovi/dokt.disert/goran.vignjevic.pdf>
- Vilibić-Čavlek T., V. Savić, A. Klobučar, T. Ferenc, M. Ilić, M. Bogdanić, I. Tabain, V. Stevanović, M. Santini, M. Curman Posavec, S. Petrinić, I. Benvin, I. Ferenčak, V. Rozac, L. Barbić. 2021. Emerging Trends in the West Nile Virus Epidemiology in Croatia in the 'One Health' Context, 2011-2020. *Trop Med Infect Dis.* 6(3):140. doi: 10.3390/tropicalmed6030140.
- Vilibić-Čavlek T., V. Savić, D. Sabadi, L.J. Perić, L. Barbić, A. Klobučar, B. Miklaušić, I. Tabain, M. Santini, M. Vucelja, E. Dvorski, T. Butiga, G. Kolarić-Sviben, T. Potočnik-Hunjadi, M. Balenović, M. Bogdanić, Z. Andrić Z, V. Stevanović, K. Capak, M. Baličević, E. Listes, G. Savini. 2019. Prevalence and molecu-

- lar epidemiology of West Nile and Usutu virus infections in Croatia in the 'One health' context, 2018. *Transbound Emerg Dis.* 66(5):1946-1957. doi: 10.1111/tbed.13225.
- Watson J.T., P.E. Pertel, R.C. Jones, A.M. Siston, W.S. Paul, C.C. Austin, S.I. Gerber. 2004. Clinical characteristics and functional outcomes of West Nile Fever. *Ann Intern Med.* 141(5):360-5. doi: 10.7326/0003-4819-141-5-200409070-00010.
 - Weaver S.C. 2013. Urbanization and geographic expansion of zoonotic arboviral diseases: Mechanisms and potential strategies for prevention. *Trends Microbiol* 21(8):360–363.
 - Wong, G.K.L., C.Y. Jim. 2016. Do vegetated rooftops attract more mosquitoes? Monitoring disease vector abundance on urban green roofs. *Sci Total Environ*, 573, 222–232.
 - Wong, G.K.L., C.Y. Jim. 2018. Abundance of urban male mosquitoes by green infrastructure types: implications for landscape design and vector management. *Landscape Ecol* 33,475–489
 - World Health Organisation. 2009. Dengue: Guidelines for Diagnosis, Treatment, Prevention and Control. *Dengue: Guidelines for Diagnosis, Treatment, Prevention and Control.* Geneva: World Health Organization. 1-147.
 - World Health Organization. 2017. Global vector control response 2017–2030, <https://www.zjzdnz.hr/kampanje/prestanimo-uzgajati-komarce/biologija-komaraca>, (preuzeto 10.03.2023.)
 - <https://www.who.int/publications/i/item/9789241512978>, (preuzeto 12.02.2023.)

SUMMARY

Today, the protection of nature and the environment is an integral part of economic and general social development. By raising awareness, thinking and acting proactively, we can count on the sustainable development of future generations. Nevertheless, changes in the ecosystem also have an impact on the number of individual insect species. Mosquitoes are cosmopolitan animals belonging to the family *Culicidae*. They are carriers of many pathogens that cause numerous diseases in humans and animals: Dengue fever, yellow fever, *West Nile fever*, tularemia, *Japanese encephalitis*, malaria, Zika fever, etc. The aim of this review is to summarize the current scientific knowledge about mosquitoes, their life cycle, the species present in the Republic of Croatia, the mode of transmission of microorganisms and the diseases transmitted by certain mosquito species in Croatia, and to present the most modern solutions for prevention and control of invasive vector species of mosquito *Aedes albopictus* using the technique of sterile males (SIT), which is considered one of the most environmentally friendly and developed methods of insect pest control.

KEY WORDS: diseases, Croatia, mosquito control, mosquitoes, sterile mosquitoes, vectors