



Europska Unija
Zajedno do fondova EU



Operativni program
**KONKURENTNOST
I KOHEZIJA**



REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo gospodarstva
i održivog razvoja



FOND ZA ZAŠTITU OKOLIŠA I
ENERGETSKU UČINKOVITOST

ŠTO O KONTROLI KOMARACA TREBA ZNATI?



Prilagodba mjera kontrole populacije
komaraca klimatskim promjenama u Hrvatskoj
KK.05.1.1.02.0008



Impressum

Naslov: Bruno Čaleta, Nikolina Stjepanović, Tamara Đerđ, Domagoj K. Hackenberger, Branimir K. Hackenberger, Tin Klanjšček - Što o kontroli komaraca treba znati?

Nakladnik: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Cara Hadrijana 8/A, 31000 Osijek

Sunakladnik: BioQuant d.o.o., Našička ulica 4, 31000 Osijek

Autori i urednici tekstova: Bruno Čaleta, Nikolina Stjepanović, Tamara Đerđ, Domagoj K. Hackenberger, Branimir K. Hackenberger, Tin Klanjšček

Autori fotografija: Tamara Đerđ, Domagoj K. Hackenberger, Branimir K. Hackenberger, Bruno Čaleta, Freepik.com

Grafičko oblikovanje i urednik: Bruno Čaleta

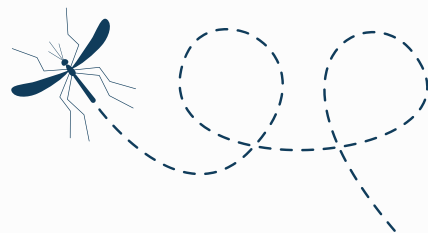
Izrađeno u sklopu projekta CADAPT - Prilagodba mjera kontrole populacije komaraca klimatskim promjenama u Hrvatskoj (KK.05.1.1.02.0008).
<http://cadapt.biologija.unios.hr/>

Za više informacija o EU fondovima posjetite web stranicu Ministarstva regionalnoga razvoja i fondova Europske unije.
www.strukturnifondovi.hr

Financirano iz Europskog fonda za regionalni razvoj 468.431,42 € (379.626,38 € bespovratna sredstava)
Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost 50.874.11 €

Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Osijek, veljača 2023



Sažetak i cilj projekta

Komarci su najsmrtonosnije životinje na Zemlji. Na području RH mjeri se i dokumentira povećanje populacija invazivnih, ali i pojedinih autohtonih vrsta. Razlog tome je, između ostalog i neprilagođenost mjera kontrole populacija komaraca klimatskim promjenama. Ovim projektom razvijen je sustav predviđanja dinamike populacija komaraca u ovisnosti o okolišnim parametrima, koji omogućava predviđanje posljedica klimatskih promjena na tu dinamiku te je razvijen sustav prilagodbe mjera kontrole klimatskim promjenama. Opsežna diseminacija rezultata projekta osigurat će održivost rezultata i podizanje svijesti o posljedicama klimatskih promjena u RH.

Cilj projekta je stvoriti sustav predviđanja potrebe i načina kontrole sa svrhom regulacije brojnosti populacija komaraca na cijelom teritoriju RH, u kontekstu promjena u okolišu kao posljedica klimatskih promjena. Osnovni rezultat projekta bit će prostorne karte RH na kojima će, za najmanje tri scenarija klimatskih promjena (RCP 2.6-8.5), biti identificirana područja u kojima se očekuju potrebe modificiranja metoda kontrole komaraca uzrokovanih klimatskim promjenama, s prijedlozima konkretnih mjera prilagodbe i monitoringa. Na temelju saznanja iz modela, izradit će se četiri strategije mjera prilagodbe klimatskim promjenama.



Korisnik

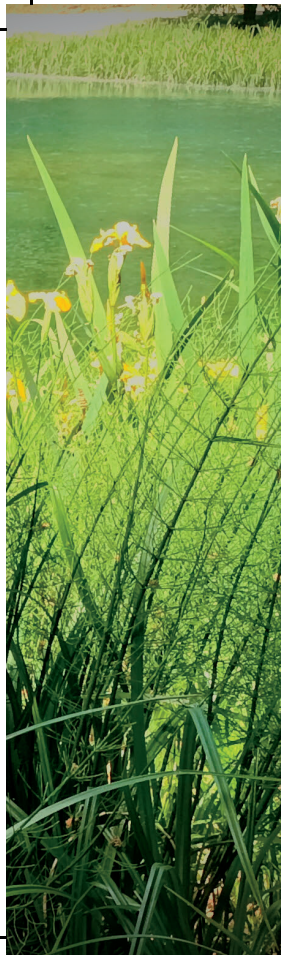
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju
Cara Hadrijana 8/A 31 000 Osijek
OIB: 78808975734



Partner

Institut Ruder Bošković
Bijenička Cesta 54, 10000 Zagreb
OIB: 69715301002





Komarci su vektori brojnim bolestima koje prenose na ljude, zbog čega je učinkovita **kontrola** njihovih populacija ključan segment javnog zdravstva. Cilj kontrole populacija komaraca održavanje je njihove brojnosti na razinama sigurnim za ljude, u smislu smanjivanja rizika zaraze tj. ograničavanja širenja pojedinih bolesti. Taj cilj postiže se kombinacijom monitoringa populacija, pogodnih mjera suzbijanja i stručnog nadzora. **Monitoring** uključuje praćenje brojnosti i sastava populacija te detekciju tzv. *hot spot* područja na kojima se komarci masovno razmnožavaju i tvore populacije najveće gustoće. **Mjere suzbijanja** uključuju različite metode prevencije brzih nastanka velikih populacija (tzv. invazija) te metode smanjenja ukupne brojnosti populacija komaraca. **Stručni nadzor** osigurava sigurno i učinkovito provođenje monitoringa i mjera suzbijanja, za što su u Republici Hrvatskoj odgovorni zavodi za javno zdravstvo, sanitarne inspekcije te ovlašteni izvođači mjera suzbijanja.

Promjene u okolišu uzrokovane **klimatskim promjenama** kontinuirano utječu na rasprostranjenost i životni ciklus komaraca. Zbog toga je prilagodba cjelokupnog sustava kontrole komaraca od krucijalnog značaja za njihovu učinkovitost. Primijenjena istraživanja utjecaja klimatskih promjena na komarce pružaju nam nove zaključke na temelju kojih se mogu donositi optimalne odluke. Za uspjeh istraživanja važan je **interdisciplinarni pristup** koji obuhvaća: terenska uzorkovanja, korištenje aktualnih i povijesnih terenskih podataka, daljinska istraživanja, validirane prostorne matematičke modele te suvremene tehnologije podatkovne znanosti i strojnoga učenja. Prednost ovakvog pristupa je mogućnost razvoja sustava na temelju kojega je moguće utvrditi optimalne mjere koje je potrebno provoditi u budućnosti za učinkovitu kontrolu populacija komaraca i smanjenje rizika bolesti koje komarci prenose.

Monitoring populacija komaraca



Cjeloviti pristup monitoringu ključan je za uspješnu kontrolu populacija komaraca i smanjenje rizika od bolesti koje prenose. Napori stručnjaka na terenu i suvremene tehnologije omogućavaju precizno određivanje prostornih odrednica na kojima su komarci najaktivniji te na koje je potrebno usmjeriti fokus mjera suzbijanja i ranog otkrivanja potencijalnih prijenosnika bolesti. Za uspješno implementiranje ovakvog pristupa nužna je suradnja i informiranost svih dionika u kontroli komaraca od ovlaštenih izvođača kontrole do zavoda za javno zdravstvo i znanstvenika. U cjelokupan proces je edukacijom i motiviranjem za aktivnim sudjelovanjem u pojedinim aktivnostima potrebno uključiti i lokalnu zajednicu te širu javnost kako bi se osigurao siguran i učinkovit integrirani sustav kontrole komaraca. Monitoring populacija komaraca uključuje praćenje broja jedinki i sastava u svim životnim stadijima ovih životinja, od stadija jajašaca preko ličinki i kukuljica do odraslih jedinki.

Monitoring legla

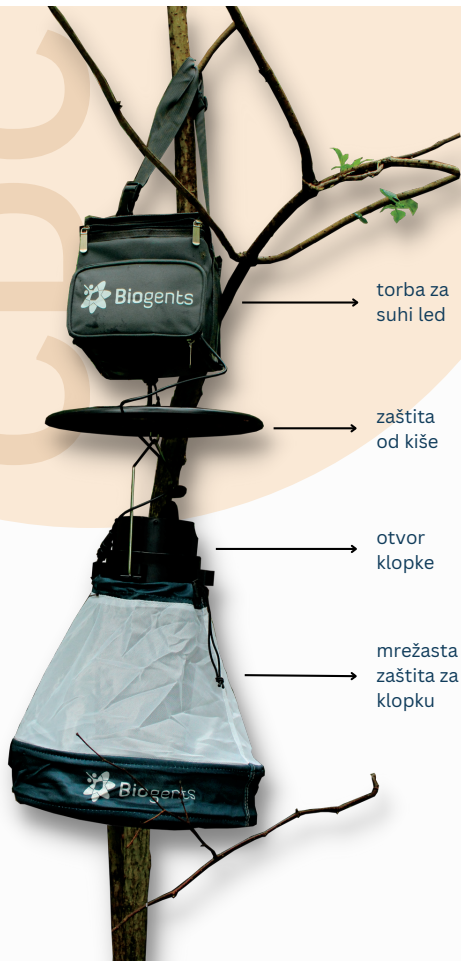
Jedan od ključnih čimbenika u kontroli komaraca identifikacija je njihovih legla. Kako bi se legla identificirala, stručnjaci koriste jednostavnu opremu za uzorkovanje ličinki kao što su *dipper* i mrežice. Za kvantifikacije legla koriste se različiti biološki indeksi. Važan dio procesa kontrole komaraca je i educiranje javnosti o potrebi uklanjanja potencijalnih mikrostaništa u kojima se komarci mogu razmnožavati, kao što su različite posude ili spremnici u okolišu u kojima zaostaje voda. Sam monitoring legla komaraca najčešće se provodi na dva načina, **ovipozicijskim klopama** ili izravnim **uzorkovanjem ličinki** (mrežicom ili *dipperom*). Ovipozicijske klopke posebno su korisne za monitoring komaraca roda *Aedes*. Ove klopke su u obliku malih crnih posuda s otvorom na vrhu i unutarnjom pločicom od lesonita na koju komarci polažu svoja jajašca. Klopka se postavlja na tlo u sjenovitim područjima u blizini vegetacije, a najbolje doba za njihovo uzorkovanje je razdoblje od kolovoza do listopada kada je aktivnosti komaraca roda *Aedes* najveća.



Monitoring odraslih komaraca

Monitoring odraslih komaraca pomaže nam utvrditi prisutnost, brojnost i sastav vrsta populacije komaraca na određenom području. Monitoring odraslih komaraca ključan je u kontroli zaraznih bolesti i provedbi prikladnih javnozdravstvenih mjera. Ovaj monitoring obično se provodi korištenjem različitih klopki. Svaka klopka ima svoje prednosti i ograničenja u monitoringu komaraca.

Tijelo **CDC klopke** nalazi se u vanjskoj mrežastoj zaštiti, a sama klopka rasklopivi je cilindar sastavljen od plastičnog poklopca, elektromotora za pokretanje lopatica ventilatora i mrežice za hvatanje komaraca. Klopka se vješa na prirodnu ili umjetnu strukturu na visini od 1-1.5 metar. Uz klopku se postavlja atraktant, najčešće ugljikov dioksid u obliku suhog leda ili iz spremnika u kojem je komprimiran. Kada komarac privučen atraktantom preleti iznad klopke, struja zraka koju stvara ventilator uvlači ga unutar plastičnog cilindra te komarac biva zarobljen unutar mrežice. Lokacija za uzorkovanje i trajanje uzorkovanja određuje se na temelju veličine područja na kojemu se vrši monitoring, a samo uzorkovanje može trajati neprestano kroz cijelu sezonu komaraca. Ukoliko se na CDC klopku doda izvor svjetlosti, onda se takav tip klopke naziva **EVS klopka**. Dodatno osvjetljenje funkcionira kao atraktant, a kao posebno dobar atraktant ističe se plavo svjetlo.



Sentinel klopka od CDC klopke razlikuje se u načinu postavljanja i atraktantu. Ova klopka postavlja se niže od CDC klopke, a najčešće se stavlja direktno na tlo. Kao atraktant koriste se različiti komercijalni pripravci s mirisom koji podsjećaju na miris ljudskog tijela. Moguće je kao dodatni atraktant koristiti i ugljikov dioksid. Izostavljanjem ugljikova dioksida u klopku moguće je privlačiti samo ciljne vrste komaraca, što je posebno korisno u monitoringu komaraca koji prenose virus žute groznice.

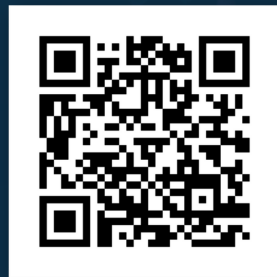
Uzorkovanje odraslih jedinki različitim klopkama može trajati 12-24 sata. Sakupljeni komarci potom se donose u laboratorij gdje se vrši daljnja analiza. Analiza uključuje **prebrojavanje** uhvaćenih komaraca te **determinaciju** vrsta komaraca s ciljem određivanja sastava populacije nekog područja. Sama determinacija provodi se korištenjem različitih ključeva za determinaciju u pisanom ili digitalnom obliku poput računalnog ključa *MosKey Tool* korištenog u okviru provedbe ovog projekta.

Sentinel klopka



Matematički modeli u kontroli komaraca

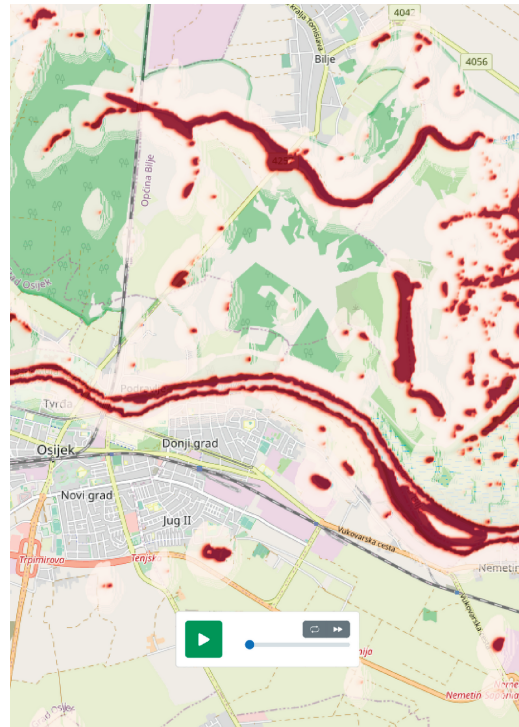
Matematički modeli u ekološkim istraživanjima pružaju bolji uvid u složene interakcije i procese unutar ekoloških sustava. Jedna od istaknutih prednosti modeliranja mogućnost je predviđanja populacijske dinamike s obzirom na buduće uvjete. Matematičke modele stoga je moguće koristiti za donošenje optimalnih odluka prilikom kontrole populacije neke vrste. Još jedna važna uloga matematičkih modela u ekologiji je u proučavanju posljedica promjena u okolišu na ekološke sustave. Najbolji primjer današnjice klimatski su modeli koji nam služe kako bismo predvidjeli učinak klimatskih čimbenika na rasprostranjenost i brojnost različitih vrsta. Informacije koje nam pružaju klimatski modeli mogu uvelike povećati učinkovitost strategija za prilagodbu na klimatske promjene. Unatoč svojoj neupitnoj koristi, matematički modeli nisu savršeni te imaju određena ograničenja jer se temelje na određenim pretpostavkama i pojednostavljenim verzijama stvarnog svijeta, a njihova predviđanja ne odgovaraju uvijek potpuno opažanjima. Međutim, ako se koriste u sprezi s terenskim opažanjima, matematički modeli pružaju čvrstu osnovu za donošenje optimalnih odluka.



Simulirajte
sami!

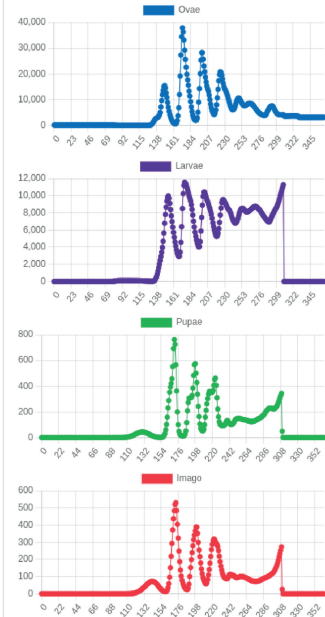


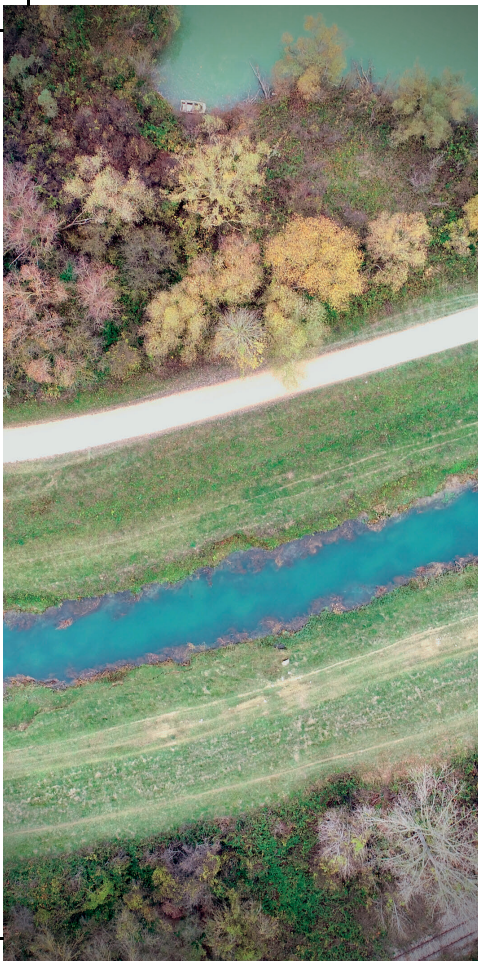
Kada se pokušava razumjeti složenost funkcioniranja našega svijeta, **simulacije** su izvrstan alat koji nam pomaže, osim u razumijevanju, i u predviđanju određenih ishoda. Simulacije ovise o različitim ulaznim varijablama matematičkih modela, kao što su brojnost populacije, uzorci vremenskih prilika i ekološke interakcije. Simuliranjem se kreiraju izlazne varijable koje pružaju pogled u budućnost. Statističko modeliranje izlaznih varijabli simulacija završni je korak u interpretaciji rezultata koje matematički modeli ispoljavaju i pruža nam najjasniji uvid u podatke. U okviru našega projekta razvijaju se simulacije na temelju čijih izlaznih podataka će biti moguće precizno planirati i optimizirati monitoring i mjere suzbijanja prilikom kontrole komaraca u vidu klimatskih promjena uz najmanju količinu upotrijebljenog vremena i sredstava.



Results

Export data (.csv)





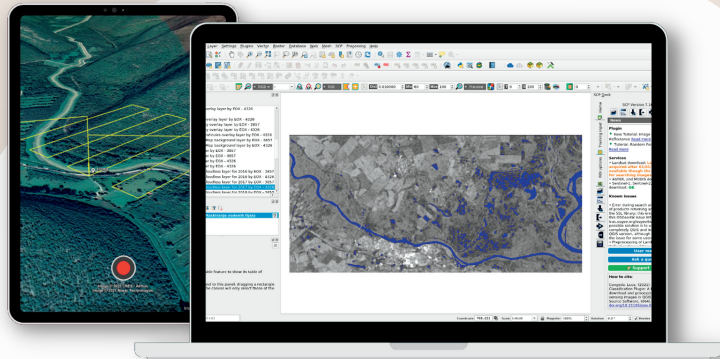
Daljinska istraživanja u kontroli komaraca



Bespilotne letjelice mogu revolucionarizirati način na koji se izvode monitoring i kontrola populacija komaraca. Ove letjelice mogu biti opremljene naprednim uređajima za snimanje koji znanstvenicima i stručnjacima omogućavaju identifikaciju staništa za razmnožavanje komaraca u urbanim i prigradskim područjima. Bespilotne letjelice opremljene alatima za računalni vid mogu brzo i precizno prepoznati mikrolokalitete koji sadrže stajaću vodu u koju komarci mogu polagati jajašca. Uz to, različiti prostorni podaci prikupljeni bespilotnim letjelicama mogu se koristiti za treniranje algoritama strojnog učenja, kao što su konvolucijske neuronske mreže. Zahvaljujući bespilotnim letjelicama, možemo otkriti staništa komaraca u područjima koja su prije bila teško dostupna, poput krovnih oluka, nadzemnih spremnika vode i krovova.



Satelitske snimke posljednjih se godina sve više koriste kao podrška u kontroli komaraca. Dostupni neobrađeni podaci satelita (*Sentinel-1*, *Sentinel-2*, *Landsat-8*...), ali i podaci proizašli obradom njihovih snimki mogu se koristiti u kombinaciji s matematičkim modelima ili tehnikama strojnog učenja kako bi se pouzdano modelirali različiti populacijski parametri važni u kontroli komaraca. Primjerice, snimke satelita Sentinel-1 mogu se koristiti kako bi se pružila precizna informacija o prisutnosti vodenih tijela i vodenih mikrostaništa na nekom području u određenom vremenskom intervalu. Na taj se način mogu točno identificirati područja i staništa koja komarcima mogu služiti za razmnožavanje. Ovakve informacije ključne su kako bi se koordinirale intervencije s ciljem kontrole populacija komaraca i smanjenja rizika od bolesti koje komarci prenose.



Mjere suzbijanja u

Suzbijanje populacija komaraca postao je ključan segment javnog zdravstva zbog uloge komaraca kao vektora različitih bolesti. Primjenjivanje učinkovitih mjera suzbijanja postalo je neophodno u kontroli njihovih populacija. Upravljanje okolišem, uklanjanje staništa za razmnožavanje komaraca, te korištenje bioloških i kemijskih tretmana, primarne su metode za suzbijanje komaraca.

Kemijska kontrola

Kemijska kontrola komaraca uključuje korištenje biocida koji mogu ciljano djelovati na ličinke ili odrasle jedinke. Biocide koji utječu na ličinke nazivamo **larvicidima**, a biocide koji utječu na odrasle jedinke nazivamo **adulticidima**. Iako imaju trenutni učinak, adulticidi bi trebali biti korišteni samo kao dopuna učinkovitijim larvicidnim tretmanima. Adulticidni tretmani imaju ograničenu učinkovitost te mogu predstavljati prijetnju normalnom funkcioniranju ekoloških sustava neselektivno ciljajući ne samo odrasle komarce već i druge kukce, pa i druge životinje, narušavajući ravnotežu ekoloških sustava.

Biološka kontrola

Biološka kontrola komaraca uključuje uvođenje prirodnih **predatora** i **patogena** komaraca, a može biti sigurnija i učinkovitija u kontroli populacije komaraca od ostalih metoda. Ove mjere uključuju uvođenje različitih vrsta oblića, insekata, riba i rakova u okoliš u kojemu se nalaze komarci. Predatori mogu izravno smanjiti brojnost populacije hranjenjem komarcima u različitim životnim stadijima. Međutim, predatori također mogu narušiti staništa u kojima se ličinke komaraca razvijaju, npr. hraneći se vodenom vegetacijom. Moguće je uvoditi i patogene koji su smrtonosni specifično za komarce kao što su *Bacillus thuringiensis israelensis* i *Wolbachia*, ili pak koristiti samo specifičan toksin čime se ovakve mjere suzbijanja mogu provoditi ciljano i sigurnije za okoliš.

kontroli komaraca

Genetička kontrola

Tehnika sterilnih mužjaka spada u najsuvremenije mjere suzbijanja komaraca, a koristi se u **genetičkoj kontroli** populacija komaraca uvođenjem steriliziranih mužjaka u okoliš. Mužjaci se steriliziraju radijacijom ili genetičkim inženjeringom kojim se komarcima daju nove nasljedne značajke poput ograničene plodnosti. Mužjaci su tako spriječeni u stvaranju održivog potomstva kada se pare s divljim ženjkama, te se na taj način smanjuje rast njihovih populacija i potencijal širenja bolesti. Ova metoda mogla bi u potpunosti promijeniti načine kojima se danas kontroliraju populacije komaraca selektivnim uništavanjem samo određenih vrsta koje su posebno štetne za ljude, bez mjerljivih negativnih učinaka na cjelokupan ekološki sustav.


Okolišno upravljanje

Kontrolom komaraca modifikacijama okoliša nastoji se strateški i sistematski narušiti njihova staništa. **Upravljanjem okolišem** kontroliraju se populacije komaraca primjenom trajnih mjera kao što su uređenje vodotokova i kanalske mreže te uklanjanjem mjesta s potencijalom zadržavanja vode. Na taj način transformiraju se fizikalne, hidrološke i biološke značajke okoliša u kojemu se komarci razmnožavaju. Moguće je koristiti postojeće materijale i prirodne procese nekoga okoliša, ali važno je imati na umu kako kako će svaki zahvat imati određene učinke na okoliš. Tijekom faze dizajna modifikacija okoliša važno je razmotriti sve potencijalne učinke koje će provedene promjene imati na ekološki sustav. Pravilnim i smislenim upravljanjem okolišem moguće je smanjiti prisutnost komaraca te promovirati zdraviji i sigurniji okoliš.



An aerial photograph of a river delta, showing a wide, shallow river channel with a light brown, silty water surface. The river branches out into smaller channels and distributaries, creating a complex network of waterways. The surrounding land is a mix of green vegetation and brown, eroded soil. A large, semi-transparent green rectangular box is overlaid on the center of the image, containing white text.

Klimatske promjene i kontrola populacija komaraca



Klimatske promjene rastuća su prijetnja i izazov čovječanstvu s utjecajem na sve segmente okoliša i gospodarstva. Republika Hrvatska je pod neupitnim utjecajem klimatskih promjena, a njena ranjivost na klimatske promjene ocjenjuje se kao velika budući da se velikim dijelom nalazi u Sredozemnoj regiji karakteriziranoj kao “vruća točka” (*hot spot*) s posebno izraženim utjecajima klimatskih promjena. Prema Europskoj agenciji za okoliš, **Hrvatska spada u skupinu zemalja koje trpe najveće ekonomske i gospodarske štete od ekstremnih vremenskih i klimatskih događaja**. Stoga je od prioritetne važnosti pokrenuti društveni proces prihvaćanja koncepta prilagodbe klimatskim promjenama, istražiti i jasno definirati utjecaj klimatskih promjena i posljedice te sukladno tome razviti prikladne strategije za ublažavanje negativnog utjecaja klimatskih promjena.

Postojeći programi kontrole populacija komaraca zasnovani su na pretpostavkama stalne klime, poznatih vrsta komaraca, i sa ciljevima supresije autohtonih bolesti. Ovakvi programi ne mogu se nositi s posljedicama klimatskih promjena, te je potrebno izraditi strategiju prilagođenu suvremenim saznanjima o klimatskim promjenama. Prema Regionalnom klimatskom modelu (RegCM), u narednom razdoblju u Hrvatskoj se očekuje porast srednje godišnje temperature za 1-1.4°C, povećanje učestalosti toplih i smanjenje hladnih razdoblja, smanjenje srednje godišnje količine oborine, povećanje evapotranspiracije i smanjenje vlažnosti tla te povećanje vlažnosti zraka. S takvim će se promjenama znatno mijenjati i dinamika populacija autohtonih komaraca, a za očekivati je širenje tropskih vrsta komaraca na sjever. Stoga se može očekivati i pojava tropskih bolesti kojima su tropske vrste komaraca prijenosnici. Ti procesi već su primijećeni i dokumentirani u SAD i Europi te postaju globalni.

Istraživanje u okviru ovog projekta, ali i druga istraživanja utjecaja klimatskih promjena na dinamiku populacija komaraca, nužna su kako bi se što točnije i detaljnije razumjelo koje promjene u populacijama komaraca je moguće očekivati. Iz boljeg razumijevanja proizlaze učinkovitije strategije prilagodbe procesa kontrole populacija komaraca klimatskim promjenama u budućnosti. Ovakav pristup olakšat će i donošenje odluka s ciljem smanjenja negativnog utjecaja na ekološke sustave i usluge, gospodarstvo, društvo te zdravlje i dobrostanje ljudi, tj. biti će moguća održiva kontrola populacije komaraca uz najviše moguće smanjenje rizika od zaraznih bolesti koje komarci prenose.



Članovi projektnog tima

Voditelj projekta: prof. dr. sc. Branimir K. Hackenberger

Istraživač 1: dr. sc. Tin Klanjšček

Istraživač 2: doc. dr. sc. Željka Lončarić

Istraživač 3: izv. prof. dr. sc. Jadranka Pečar Ilić

Istraživač 4: dr. sc. Sunčana Geček

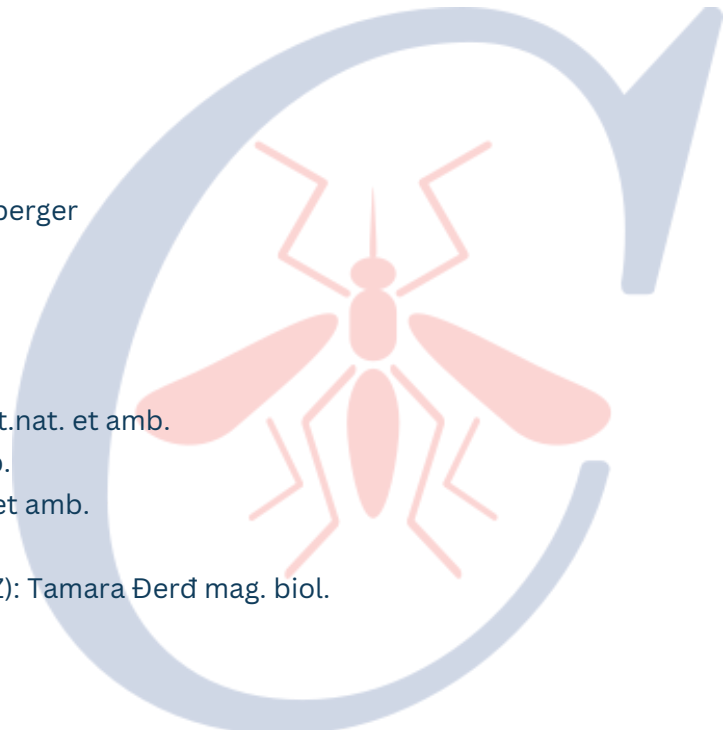
NZI_1_SJJOS: Domagoj K. Hackenberger mag. prot.nat. et amb.

NZI_2_SJJOS: Bruno Čaleta mag. prot. nat. et amb.

NZA_SJJOS: Nikolina Stjepanović mag. prot. nat. et amb.

SS_IRB: Roman Ozimec mag. sc. biol et oecol.

Istraživač na projektu (financiran projektom HRZZ): Tamara Đerđ mag. biol.





Sznaj više:



Prati nas na:



<https://www.facebook.com/Cadapt.Unios/>