

Tatjana Lejko Zupanc¹

Vpliv podnebnih sprememb na prenašalce in obolenja pri popotnikih

The Impact of Climate Change on Vectors and Disease in Travelers

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: podnebne spremembe, prenašalci, povzročitelji, okolje, vlažnost, temperatura

Podnebje vpliva na vsa živa bitja, prav tako tudi na povzročitelje nalezljivih bolezni, njihove prenašalce in gostitelje, s tem pa tudi na nalezljive bolezni. Povzročitelji nalezljivih bolezni za svoje preživetje potrebujejo ustrezno temperaturno območje in vlažnost. Kar veliko povzročiteljev potrebuje za svoj življenjski krog vmesnega gostitelja ali prenašalca (vektorja). Tudi ti se razvijajo najboljše v okolju z za njih najboljšimi možnimi pogoji. Spremembe podnebja lahko v veliki meri prispevajo k spremembi epidemiološke slike nalezljivih bolezni. Nekatere nalezljive bolezni se bodo pričele pojavljati v krajih, kjer jih do sedaj nismo poznali, nekatere pa bodo iz krajev, kjer so endemične, lahko tudi izginile. Povsem možno je tudi, da se bodo povzročitelji prilagodili na druge prenašalce in/ali gostitelje. Napovedovanje sprememb je nevhvaležno in nezanesljivo, vendar možno z upoštevanjem danih omejitev. Poseben pomen imajo skrajni vremenski dogodki, ki so vse bolj pogosti. Popotniki so lahko ogroženi, ker se epidemiološke razmere spreminjajo. Pri svetovanju moramo torej tudi te spremembe upoštevati.

ABSTRACT

KEY WORDS: climate change, vectors, pathogens, environment, humidity, temperature

Climate affects all living things, as well as infectious disease agents, their vectors and hosts, and thus also infectious diseases. The causative agents of infectious diseases need a suitable temperature range and humidity for their survival. Many causative agents need an intermediate host or carrier (vector) for their life cycle. They also develop best in an environment that is optimal for them. Changes in climate can largely contribute to changing the epidemiological picture of infectious diseases. Some infectious diseases will begin to appear in places where we have not known them until now, and some may even disappear from places where they are endemic. It is also possible that agents will adapt to other vectors and/or hosts. Predicting changes is ungrateful and unreliable, but possible within given limitations. Of particular importance are extreme weather events, which are becoming more frequent. Travelers may be at risk because the epidemiological situation is changing. Therefore, we must also take these changes into account when giving advice.

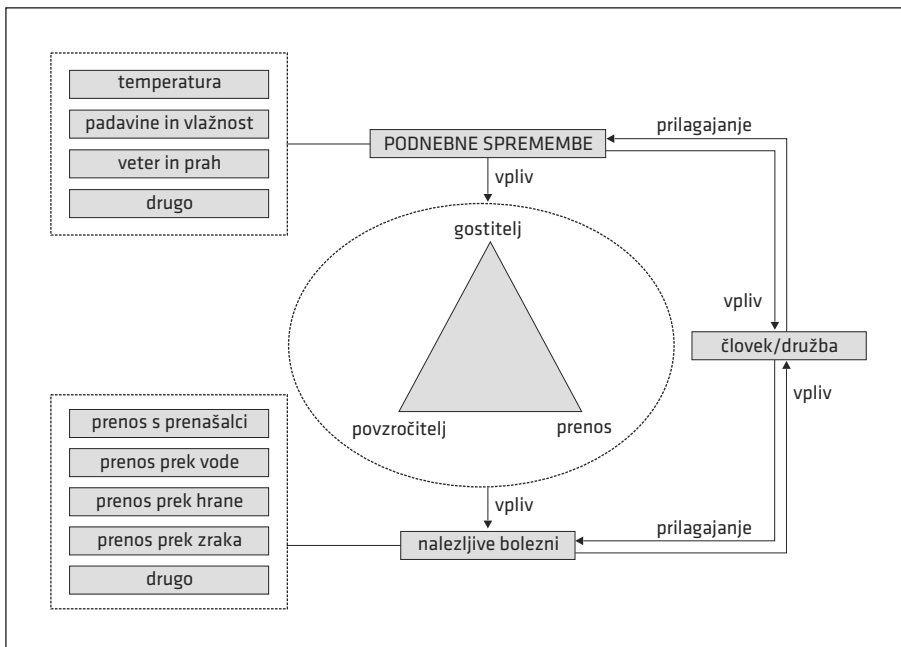
¹ Izr. prof. dr. Tatjana Lejko Zupanc, dr. med., Klinika za infekcijske bolezni in vročinska stanja, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Japljeva 2, 1000 Ljubljana; Katedra za infekcijske bolezni in epidemiologijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Japljeva ulica 2, 1000 Ljubljana; tatjana.lejko@kclj.si

UVOD

Izraz podnebne spremembe se nanaša na dolgoročne statistično značilne spremembe vremena, bodisi da gre za spremembe povprečnih vrednosti vremenskih spremenljivk bodisi za spremenjeno porazdelitev vremenskih razmer okoli povprečja (tj. vremenski dogodki). Splošno je sprejeto mnenje, da se globalno podnebje spreminja in da ima človek pri tem pomembno vlogo (1). Po podatkih Evropske agencije za okolje (European Environmental Agency, EEA) se je v 20. stoletju povprečna svetovna temperatura glede na poznane temperature v predindustrijski dobi povečala za 0,74 °C, gladina morja se je od leta 1961 dvignila za 1,8 mm na leto, arktični morski led pa se je skrčil za 2,7 % na desetletje. Krčijo se gorski ledeniki, morska voda postaja bolj kisla, vse bolj pogosti pa so tudi skrajni vremenski dogodki (2). Medvladni odbor za podnebne spremembe (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) je za 21.

stoletje napovedal dvig povprečne temperature na svetu za 1,5–5,8 °C, to pa bodo spremljali pogostejši in resnejši skrajni vremenski dogodki, kot so poplave, suše, vročinski valovi in neurja (3). Poročilo svetovne meteorološke organizacije (World Meteorological Organization, WMO), objavljeno marca 2023, ugotavlja, da so se v Evropi v zadnjih treh desetletjih temperature zvišale kar dvakrat hitreje od svetovnega povprečja. Povprečna temperatura se je samo v zadnjih 30 letih dvignila za približno 1,5 °C (4).

Podnebne spremembe lahko vplivajo na zdravje ljudi, tudi kadar gre za nalezljive bolezni. Pri nastanku velikega števila nalezljivih bolezni je za nastanek bolezni potrebnih več dejavnikov: povzročitelj (patogen), gostitelj, prenašalec (vektor) in okolje, kjer se dogajajo prenosi. Prenosilci in gostitelji za preživetje potrebujejo ustrezne podnebne in vremenske razmere. To pa velja tudi za razmnoževanje, širjenje in prenos



Slika 1. Razmerja med podnebnimi spremembami, človeškimi nalezljivimi boleznimi in človeško družbo, ki tvori okvir (22).

povzročiteljev bolezni. Globalno segrevanje spodbuja širjenje nekaterih nalezljivih bolezni, skrajni vremenski dogodki pa ustvarjajo ugodne okoliščine za izbruhe bolezni, ki se lahko pojavijo tudi na neobičajnih mestih in/ali ob neobičajnem času. Človeštvo dejavno vpliva na podnebne spremembe (5). Slika 1 prikazuje razmerja med podnebnimi spremembami, človeškimi nalezljivimi boleznimi in človeško družbo, ki tvori okvir (6).

Zemljepisna in sezonska porazdelitev nalezljivih bolezni je omejena s podnebnimi razmerami, vreme pa vpliva tudi na čas in intenzivnost izbruhov bolezni. Spreminja se tudi teža posameznih bolezni. Pojavljajo se nove nalezljive bolezni, nekatere že znane in obvladane se ponovno pojavljajo v novi ali v težji obliki. Številne pomembne nalezljive bolezni, kot npr. denga, malarija, hemoragične mrzlice in druge, ki jih širijo prenašalci, so zelo občutljive na spremembe podnebja in so zaradi tega njihovi izbruhi pogostejši, prav tako kot izbruhi salmoneloze, kolere in giardioze (7, 8).

Ker se epidemiološke razmere spreminjajo, se nekatere bolezni pojavljajo na mestih, kjer jih sicer ne pričakujemo (npr. malarija v visokogorju). Zato moramo pomisliti na tropske in nenavadne bolezni tudi pri popotnikih, ki se vračajo iz krajev, ki jih do sedaj nismo smatrali kot epidemiološko pomembne za določeno bolezen.

PODNEBNE SPREMEMBE IN POVZROČITELJI BOLEZNI

Podnebne razmere neposredno vplivajo na povzročitelje, saj pogojujejo njihovo preživetje, razmnoževanje in življenjski krog. Posledično se ne spremeni samo pogostost, ampak tudi zemljepisna in sezonska porazdelitev povzročiteljev. Večina mikroorganizmov ima dokaj natančno določeno temperaturno območje, v katerem preživijo in se lahko razmnožujejo. V medsebojnem odnosu virusa japonskega encefalitisa (angl. *japanese encephalitis virus*, JEV) z dejavniki

okolja imata npr. ključno vlogo dve prazni vrednosti: najvišja temperatura 22–23 °C za razvoj komarjev in najnižja temperatura 25–26 °C za prenos JEV (9, 10). Razvoj parazita malarije (*Plasmodium (P) falciparum*, *P. vivax*) preneha, ko temperatura preseže 33–39 °C. Dvig temperature lahko vpliva na razmnoževanje in ekstrinzično inkubacijsko dobo (angl. *extrinsic incubation period*, EIP) povzročiteljev. Npr. EIP za *P. falciparum* se zmanjša s 26 dni pri 20 °C na 13 dni pri 25 °C (11). Nasprotno nižja temperatura okolja podaljša EIP, kar lahko posledično zmanjša prenos bolezni, kot je denga, ker manj komarjev preživi dovolj dolgo. Daljša obdobja vročega vremena lahko zvišajo povprečno temperaturo vodnih teles, kar ima za posledico hitrejšo razmnoževanje mikroorganizmov in cvetenje alg. *Salmonella* spp., povzročitelj črevesnih okužb, se prenaša s hrano in vodo; razmnoževanje teh bakterij se poveča, ko se temperatura dvigne v območje 7–37 °C (12). Naraščajoča temperatura lahko tudi omeji širjenje povzročitelja, ker bolj ustreza mikroorganizmom, ki tekmujejo za isti življenjski prostor. Ugotovljeno je bilo npr., da se bakterija *Campylobacter* spp. bolj zgoščuje v površinski vodi nizke temperature, višja temperatura pa je ugodnejša za druge bakterije (13).

Pomembno vlogo pri razvoju povzročiteljev bolezni, ki se prenašajo z vodo, imajo padavine, te pa so v neposredni povezavi s podnebnimi spremembami. Spreminjajo se količina padavin in padavinski vzorci. V deževni sezoni se povečuje število fekalnih mikroorganizmov v zgornjih vodnih plasteh, ker močno deževje dviguje usedline v vodi. Podobno se zgodi, če po dolgi suši, ko so vodostaji nizki, nastopijo obilne padavine. Vse naštetu lahko vodi do izbruha bolezni.

Na povzročitelje nalezljivih bolezni vplivajo tudi spremembe zračne vlažnosti. Prenos povzročiteljev nalezljivih bolezni, ki se prenašajo po zraku, kot je npr. gripa, je neposredno odvisen od vlažnosti zraka. Za

širjenje virusa influence sta dokazano najugodnejša nizka temperatura in nizka relativna vlažnost (14). Sprememba vlažnosti vpliva tudi na viruse, ki se prenašajo z vodo. Vлага vpliva na razvoj parazitov malarije v komarju *Anopheles* spp. Vročina in vlažnost v deževnem obdobju podpirata širjenje virusa denga pri komarjih, to pa prispeva k izbruhom bolezni (15).

Osončenost je še ena pomembna podnebna spremenljivka, ki lahko vpliva na povzročitelje nalezljivih bolezni. Npr. število ur sonca in temperatura okolja med obdobji kolere delujeta sinergistično in ustvarjata ugodne pogoje za razmnoževanje *Vibrio cholerae* v vodnem okolju (16). Veter pa je ključni dejavnik, ki vpliva na povzročitelje bolezni, ki se prenašajo po zraku. Literatura nakazuje pozitivno povezavo med prašnimi delci, njihovim pritrjevanjem in preživetjem oz. prenosom virusov. Poročali so, da je prisotnost puščavskega prahu v ozračju med azijskimi prašnimi nevihtami povezana s povišanimi koncentracijami bakterij, gliv in njihovih spor in da je bila koncentracija virusa influence A bistveno višja v dneh prašnih neviht kot v običajnih dneh. Raziskave kažejo, da je možen prenos virusov s prašnimi delci tudi preko oceana (17).

PODNEBNE SPREMEMBE IN PRENAŠALCI

Izraz gostitelji se nanaša na žive živali ali rastline, na/v katerih prebivajo in se razmnožujejo povzročitelji bolezni. Prenášalci so vmesni gostitelji in prenašajo povzročitelje na žive organizme, ki postanejo gostitelji. V tabeli 1 so prikazane glavne svetovne in področne bolezni, ki jih širijo prenašalci. Zemljepisna razprostranjenost in spremembe v številu in vrstah žuželk prenašalcev so tesno povezane s temperaturo okolja. Ker temperatura po svetu še naprej narašča, lahko žuželke v področjih nizke zemljepisne širine najdejo nov življenjski prostor v področjih srednje ali visoke zemlje-

pisne širine in v območjih z visoko nadmorsko višino, to pa vodi v zemljepisno razširitev ali premik žarišč bolezni na nova nepričakovana mesta bolezni. Nedavne raziskave so pokazale, da so se nekatere nalezljive bolezni, ki jih prenašajo prenašalci, vključno z malarijo, afriško tripanosomozo, lajmsko boreliozo, klopnim encefalitisom, rumeno mrzlico, kugo in dengo, razširile v širša zemljepisna področja (20). Življenjski prostor večine teh bolezni se je razširil na območja višje zemljepisne širine in sledi širjenju prenašalcev (komarjev, kloпов in mušic). Na Kitajskem, kjer se zimske temperature še naprej dvigujejo, se je *Oncomelania hupensis*, vmesni gostitelj *Schistosoma japonicum*, razširila na nova območja, vključno s severno Kitajsko (21).

Sprememba temperature okolja prav tako omeji prerazporeditev prenašalcev bolezni. Npr. *Aedes (A.) aegypti* (komar ščitar) je komar, gostitelj virusa rumene mrzlice in mrzlice denga. Rezultati laboratorijskih poskusov so pokazali, da ličinke *A. aegypti* poginejo, ko temperatura vode preseže 34 °C, odrasli komarji pa začnejo poginjati, ko je temperatura zraka nad 40 °C. Ko se globalno segrevanje nadaljuje, lahko prenašalci, kot je *A. aegypti*, izginejo s področij, kjer se temperatura dvigne čez njihov prag preživetja. Malarija, ki jo povzroča *P. falciparum* in prenašajo komarji mrzličarji (rod *Anopheles*), se večinoma pojavi pri temperaturah nad 16 °C. Prenášalci bolezni oz. gostitelji lahko preživijo podnebne spremembe, če najdejo v okolju zaščitena območja, kjer se temperatura okolja ne spreminja. Ugotovljeno je bilo npr., da se komar *A. aegypti* v Rajasthanu v Indiji skriva pred hudo poletno vročino v gospodinjskih vrčih ali podzemnih cementnih rezervoarjih za vodo. Opazovanja na terenu so dokazala žive ličinke *A. aegypti* v zaledeneli vodi (22).

Pojavnost številnih nalezljivih bolezni, ki jih širijo prenašalci, je pozitivno povezana s padavinami. Razvoj ličink nekaterih

komarjev se pospeši z močnejšim deževjem in naraščajočo temperaturo. Odrasli komar mrzličar, prenašalec malarije, se razmnožuje v majhnih naravnih ribnikih s čisto vodo; suše lahko omejijo količino in kakovost vode za razmnoževanje teh komarjev, kar ima za posledico zmanjšanje populacije prenašalcev in manjši prenos bolezni. Izbruhi Cocoliztli v Mehiki so dokazali, da lahko padavine s svojim vplivom na populacijo glodavcev vplivajo na izbruhe bolezni, ki jih te živali prenašajo (22). Prekomerne padavine imajo lahko uničujoče posledice za populacijo komarjev, saj lahko močan dež odnese njihova gnezdišča. Nasprotno suša

v mokrih območjih lahko zmanjša hitrost toka v potokih in komarjem zagotovi več stoječih bazenov vode za razmnoževanja. Primarni prenašalec virusa Zahodnega Nila so komarji iz rodu *Culex*, ki se običajno razmnožujejo pod zemljo v umazanih vodnih bazenih v mestnih odtokih in zbiralnikih, odpadnih avtomobilskih gumah in sodih. Suša omogoča, da se v njih kopičijo gnile organske snovi, kar omogoča najboljše okolje za razmnoževanje komarjev. Močne padavine bi odtoke izprale, bazene pa zalile in s tem omejile razmnoževanje komarjev ter posredno omejile širjenje virusa Zahodnega Nila (23).

Tabela 1. Glavne svetovne in področne bolezni, ki jih širijo prenašalci (18, 19). A. – *Aedes*, WHO – Svetovna zdravstvena organizacija (World Health Organization).

Bolezen	Povzročitelj	Primarni prenašalec	Primarni nehumani rezervoar (gostitelj)
malarija	<i>Plasmodium</i> spp.	komar <i>Anopheles</i> spp.	nehumani gostitelji majhnega pomena
denga ^a	flavivirus	komar <i>A. aegypti</i> in <i>A. albopictus</i>	nehumani gostitelji majhnega pomena
rumena mrzlica	flavivirus	komar <i>A. aegypti</i> in <i>A. albopictus</i>	nehumani primati
Zika	flavivirus	komar <i>A. aegypti</i> in <i>A. albopictus</i>	nehumani gostitelji majhnega pomena
chikungunya ^a	alfavirus	komar <i>A. aegypti</i> in <i>A. albopictus</i>	nehumani gostitelji majhnega pomena
limfatična filarioza ^a	filarijski nematodi	različne vrste komarjev	nehumani gostitelji majhnega pomena
shistosomoza ^a	<i>Schistosoma</i> spp.	polži	nehumani gostitelji majhnega pomena
onhoserkoza ^a	<i>Onchocerca volvulus</i>	črna mušica <i>Simulium</i> spp.	/
Chagasova bolezen	<i>Trypanosoma cruzi</i>	stenice	sesalci
lišmanioza ^a	<i>Leishmania</i> spp.	peščena muha <i>Phlebotomus</i> spp.	glodavci, psi, drugi sesalci
japonski encefalitis	flavivirus	komar <i>Culex</i> spp.	prašiči, ptiči
afriška tripanosomoza ^a	<i>Trypanosoma brucei</i>	muha cece <i>Glossina</i> spp.	divje in domače živali
lajmska borelioza	<i>Borrelia</i> spp.	klopi <i>Ixodes</i> spp.	miši in drugi mali sesalci, ptice
klopi meningoencefalitis	flavivirus	klopi <i>Ixodes</i> spp.	mali glodavci
mrzlica Zahodnega Nila	flavivirus	komar <i>Culex</i> spp.	ptice

^a WHO jih obravnava kot zastopljene tropske bolezni.

Mnogi prenašalci bolezni se močno odzivajo na spremembo vlažnosti. Relativna vlažnost vpliva na prenos malarije, tako da vpliva na dejavnost in preživetje komarjev. Če je srednja mesečna relativna vlažnost zraka pod 60 %, postane življenjska doba komarjev mrzličarjev prekratka, da bi lahko omogočili prenos malarije. Kadar je mokro in toplo vreme presekano s sušnimi obdobji, se prenašalci virusa Zahodnega Nila in *Borrelia* spp. lahko preselijo v neobičajna območja. Tak primer sta Kanada in Skandinavija. Nizka vlažnost lahko negativno vpliva na preživetje odraslih komarjev *A. aegypti*, zato zmanjša prenos denge. Na splošno nizka vlažnost, zlasti združena z visoko temperaturo, tvori neugodne pogoje za klope in bolhe (npr. travniki ali gozdovi) in omejuje prenos povezanih nalezljivih bolezni (18).

Veter ima dvojni učinek na prenašalce. Na cikel malarije vpliva lahko tako pozitivno kot negativno. Močan veter lahko zmanjša možnosti pika za komarje, lahko pa podaljša razdaljo njihovega leta. V monsunski sezoni lahko veter spremeni zemljepisno porazdelitev komarjev.

SKRAJNI VREMENSKI DOGODKI IN NALEZLJIVE BOLEZNI

Skrajni vremenski dogodki se nanašajo na vrednosti vremenske ali podnebne spremenljivke, ki presega prag blizu zgornjega (ali spodnjega) konca razpona opazovanih vrednosti. Vključujejo skrajne vremenske dogodke v svetovnem merilu (npr. *El Niño*, *La Niña* in lažno dvoletno nihanje (angl. *quasi-biennial oscillation*, QBO)) in področne ali krajevne meteorološke nevarnosti (npr. suša, vročinski valovi, poplave, neurja). Čeprav so ti dogodki redki in se pojavijo v manj kot 5 % časa, njihova pogostost in intenzivnost raste, kar predstavlja pomemben vidik globalnih podnebnih sprememb. Te dogodke običajno spremljajo velike spremembe ene ali več podnebnih spremenljivk in lahko spremenijo dinamiko človeških

nalezljivih bolezni z vplivom na povzročitelje, prenašalce ali poti prenosa. Večina raziskav, ki preučujejo povezavo skrajnih dogodkov z nalezljivimi boleznimi, je empiričnih in ne nudijo celovitega razumevanja mehanizma, kako vremenske razmere vplivajo na vzorce bolezni. To je verjetno tudi razlog za protislovne ugotovitve o razmerju med skrajnimi vremenskimi dogodki in boleznimi, ki si včasih nasprotujejo. Vse ugotovitve pa nastajajo v krajevnih okoliščinah in jih je težko preslikati na širša področja (24).

POSLEDICE PODNEBNIH SPREMOMB NA ŠIRJENJE BOLEZNI S PRENAŠALCI

Napovedovanje vpliva prihodnjih podnebnih sprememb na bolezni, ki jih širijo prenašalci, je zelo negotovo. Ni dobrih napovedi, kako se bo spremenilo podnebje oz. kako bodo vplivali ukrepi za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov. Nepredvidljivi so tudi vplivi dejavnikov, nepovezanih s podnebjem, npr. razvoj učinkovitejših posegov javnega zdravja (nadzor prenašalcev in/ali razvoj cepiva) ter politična volja za trajna prizadevanja za nadzor bolezni, ki se širi s prenašalcem. Čeprav točno napovedovanje ni mogoče, je bilo vložena veliko truda v razvoj različnih modelov za napovedovanje različnih možnih prihodnosti. Predvidevanja prihodnje pojavnosti in porazdelitve določenih bolezni, ki se širijo s prenašalcem, temeljijo na povezovanju prihodnjega scenarija podnebnih sprememb (ocenjenega na podlagi predvidenih izpustov toplogrednih plinov) z znanim modelom bolezni, ki se širijo s prenašalcem, narejenim na osnovi opazovalnih zgodovinskih raziskav. Pri tem modeliranju se gonilniki sprememb, ki ne izvirajo iz podnebnih sprememb (npr. potovanja, družbeno-ekonomski dejavniki, napredek javnega zdravja), običajno ne upoštevajo. Navedeni modeli nam pokažejo, kako bi potekalo širjenje bolezni, ki se širijo s prenašalcem, če bi se

podnebje spremenilo v skladu z vnaprej določenimi scenariji, vsi ostali dejavniki (kot npr. sprememba življenjskega prostora zaradi človekove aktivnosti, propad ekosistema ipd.) pa bi ostali nespremenjeni. Čeprav je ta pristop preprost, lahko pomaga pri dolgoročnem načrtovanju (22). IPCC je razvil štiri reprezentativne scenarije (reprezentativna koncentracijska pot (angl. *representative concentration pathway*, RCP)) za izpuste toplogrednih plinov, ki segajo od visokih izpustov do scenarija z agresivnim manjšanjem izpustov. Ta meteorološka predvidevanja pa se lahko uporabijo tudi v modelu bolezni, ki se prenašajo s prenašalci. Po najslabšem scenariju za severno Evropo do leta 2100 bodo imele spremembe v temperaturah in dnevni temperaturni razpon za posledico veliko povečanje prenašalskih kapacitet *A. aegypti* za prenos denge. Primerjava modela za obdobje 2069–2099 z obdobjem 1980–2010 kaže dosledno podaljševanje obdobja prenosa malarije v visokogorskih področjih povsod po svetu skupaj z doslednim krajšanjem v tropskih področjih. Z uporabo empiričnih globalnih podatkov o razširjenosti komarjev, meteoroloških spremenljivk, mer urbanizacije in človeške mobilnosti so izdelali model zgodovinskega zemljepisnega širjenja *A. aegypti* in *A. albopictus*, ki so ga uporabili za predvidevanje širjenja do leta 2080 pod različnimi RCP-scenariji. Raziskovalci so ugotovili, da bi lahko zgodovinsko širjenje teh prenašalcev kot tudi napoved širjenja v naslednjih 5–15 letih sprva pojasnili z vzorcem človeškega premikanja, medtem ko bodo v poznejših letih poganjale širitev predvsem podnebne spremembe (zlasti zvišanje temperature) in urbanizacija, povezana z višjimi izpusti toplogrednih plinov (25, 26).

SOCIALNI IN EKONOMSKI DEJAVNIKI

Socialni in ekonomski dejavniki igrajo pomembno vlogo pri oceni tveganja za nalezljive bolezni, ki jih povzročajo podnebne

spremenbe. Nekatera področja in družbe tveganja bolj ogrožajo kot druge, saj se niso sposobne učinkovito odzvati na stres in izzive, ki jih povzročajo podnebne spremembe. Ranljivost družbe za nalezljive bolezni, ki jih povzročajo podnebne spremembe, je povezana z njenim razvojem, obstoječim javnim zdravstvenim sistemom in infrastrukturo in je deloma odvisna od programov in ukrepov, ki se izvajajo za zmanjšanje obremenitve podnebno občutljivih dejavnikov zdravja in deloma rezultat uspeha tradicionalnih javnozdravstvenih praks (dostop do čiste pitne vode in izboljšani sanitarni pogoji, programi nadzora za prepoznavanje in odzivanje na izbruhe nalezljivih bolezni) (27, 28). Po tropskih ciklonih nalezljive bolezni pogosto izbruhnejo v državah v razvoju (Gvatemala, Nikaragva, Portoriko, Dominikanska republika itd.), v razvitih državah pa se to zgodi redko. V Indiji je k širjenju malarije *P. vivax* in denge prispevala nenačrtovana urbanizacija. Ker se obolevnost za drisko poveča, ko primanjkuje vode, so bolj ranljivi deli prebivalstva, ki imajo omejen dostop do čiste pitne vode. Družbe, ki lahko uporabljajo napredne tehnologije in imajo izdatna finančna sredstva za odpravo ali ublažitev pomanjkanja vode, podnebnih vplivov ne čutijo v taki meri kot države v razvoju, ki so bolj občutljive na povečano zdravstveno tveganje zaradi podnebnih sprememb, ker nimajo zadostnih virov, njihov javnozdravstveni sistem pa se ne zmore učinkovito odzvati na različne izzive. Orkan Flora je leta 1963 povzročil hude motnje v delovanju javnega zdravstvenega sistema, vključno z opustitvijo škropljenja proti malariji na Haitiju, kar povzročilo več kot 75.000 primerov malarije *P. falciparum* (29). Po orkanu Mitch leta 1998 se je obolevnost za dengo v Gvatemali in Hondurasu povečala, prav tako obolevnost za malarijo v Gvatemali in Nikaragvi. Prišlo je do časovno odloženega povečanja nalezljivih bolezni (vključno s tifusom in paratifusom,

infekcijskim hepatitisom, infekcijskimi driskami in ošpicami) pet mesecev po orkanih David in Fredrick v Dominikanski republiki leta 1979. Zelo verjetno je to zakasnelo pojavljanje nalezljivih bolezni posledica dolgotrajnega bivanja prebivalcev, prizadetih zaradi orkanov, v prenatrpanih stanovanjih, kjer sanitarni pogoji niso bili ustrezni, oskrba s hrano in vodo je bila motena, voda onesnažena, stopnje imunizacije pa nizke (22).

S prilagoditvenimi ukrepi je možno zmanjšati ranljivost za nalezljive bolezni. Tako so npr. boljša drenaža stoječih voda, gradnja morskih sten, pogozdovanje in razsoljevanje med priporočenimi ukrepi za pomoč Afričanom pri zmanjševanju vplivov podnebnih sprememb. V večini Afrike so vzpostavljeni različni programi javnega zdravja za zmanjšanje obolevnosti in umrljivosti za malarijo. Predvideva se, da bodo podnebne spremembe lahko olajšale širjenje malarije na nekaterih visokogorskih območjih, zato je treba tam prav tako izvajati programe javnega zdravja za obvladovanje malarije, in sicer na osnovi skrbnega spremljanja širjenja prenašalcev (30).

POSLEDICE SPREMEB V EPIDEMIOLOGIJI BOLEZNI, KI SE ŠIRIJO S PRENAŠALCI, IN POPOTNIKI

Spremembe zemljepisnih in časovnih porazdelitev posameznih prenašalcev in posledično nekaterih nalezljivih bolezni imajo lahko pomembne posledice tudi za popotnike, ki sicer pred odhodom v kraje, kjer se pričakuje neka nalezljiva bolezen, dobijo informacije o običajnih zemljepisnih in časovnih vzorcih in temu primerne nasvete. Sprememba porazdelitve prenašalcev in posledično povzročiteljev lahko pomeni, da pride do okužbe izven običajnih časovnih obdobij ali pa na nepričakovanih krajih (značilno je spreminjanje življenjskega pro-

stora prenašalcev malarije in denge). Skrajni vremenski dogodki prav tako lahko prizadenejo popotnike, zato bi bilo v svetovanje pred potovanjem primerno vključiti tudi nasvete glede tega, kakšne dogodke lahko na krajih, kamor popotniki odhajajo, pričakujejo, obenem pa jih opremiti z informacijami, na koga naj se obrnejo v primeru naravnih nesreč. Tudi po vrnitvi domov mora zdravnik upoštevati nenavadne vzorce širjenja nalezljivih bolezni in to upoštevati pri diferencialni diagnozi popotnika, ki se vrne iz tujine s simptomi in znaki, skladnimi z določeno boleznijo, ki pa je v tistem področju sicer normalno ne pričakujemo. Preko okuženih popotnikov je pričakovati večji vnos bolezni, ki se širijo s prenašalci, v kraje z zmernim podnebjem, ki postajajo primerno bivališče za določene prenašalce, ki so sicer doma le subtropskih in tropskih podnebnih pasovih.

ZAKLJUČEK

Podnebne spremembe povzročajo razlike v vremenskih pogojih in vzorcih skrajnih vremenskih dogodkov. Učinki podnebnih sprememb na zdravje (vključno s spremembami podnebnih spremenljivk in skrajnimi vremenskimi dogodki) in na nalezljive bolezni, ki se prenašajo na človeka, se kažejo kot vplivi na povzročitelje, prenašalce in prenos bolezni. Nalezljive bolezni so zemljepisno in časovno omejene s podnebnimi spremenljivkami, ki vplivajo tudi na razvoj, preživetje in razmnoževanje povzročiteljev bolezni in njihov medsebojni vpliv s človekom. Spremembe vremenskih razmer zaradi skrajnih vremenskih dogodkov močno vplivajo na številne nalezljive bolezni. Zaradi našega nepopolnega poznavanja nekaterih od teh skrajnih vremenskih dogodkov ni možno natančno napovedati njihovih vzorcev in ocena njihovega vpliva na zdravje ljudi ostaja izziv.

LITERATURA

1. Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, et al., eds. Climate Change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability [internet]. Cambridge (UK): Cambridge University Press; c2007 [citirano 2023 Mar 20]. Dosegljivo na: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/contents.html
2. Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment. [citirano 2023 Mar 20]. Dosegljivo na: https://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4/pp20-36CC2008L_ch1to4_IntroductoryChapters.pdf/view
3. Watson RT, Team CW, eds. Climate Change 2001: Synthesis report. Cambridge (UK), and New York (USA): Cambridge University Press [citirano 2023 Mar 20]. Dosegljivo na: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_TAR_full_report.pdf
4. OCHA Services: WMO provisional state of the global climate 2022 [internet]. New York: The Office for the Coordination of Humanitarian Affairs; c2023 [citirano 2023 Mar 22]. Dosegljivo na: <https://reliefweb.int/report/world/wmo-provisional-state-global-climate-2022>
5. Thomson MC, Stanberry LR. Climate change and vectorborne diseases. *N Engl J Med*. 2022; 387 (21): 1969–78.
6. Kovats RS, Menne B, McMichael AJ, et al. Climate change and human health: Impact and adaptation. Geneva: WHO; 2000.
7. Epstein PR. Climate change and emerging infectious diseases. *Microbes Infect*. 2001; 3 (9): 747–54.
8. Romanello M, McGushin A, Di Napoli C, et al. The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: Code red for a healthy future. *Lancet*. 2021; 398 (10311): 1619–62.
9. Mellor PS, Leake CJ. Climatic and geographic influences on arboviral infections and vectors. *Rev Sci Tech*. 2000; 19 (1): 41–54.
10. Tian HY, Bi P, Cazelles B, et al. How environmental conditions impact mosquito ecology and Japanese encephalitis: An eco-epidemiological approach. *Environ Int*. 2015; 79: 17–24.
11. Bunyavanich S, Landrigan CP, McMichael AJ, et al. The impact of climate change on child health. *Ambul Pediatr*. 2003; 3 (1): 44–52.
12. The Interagency Working Group on Climate Change and Health. A human health perspective on climate change: A report outlining the research needs on the human health effects of climate change. Research Triangle Park (NC): National Institute of Environmental Health Sciences; 2010.
13. Obiri-Danso K, Paul N, Jones K. The effects of UVB and temperature on the survival of natural populations and pure cultures of *Campylobacter jejuni*, *Camp. coli*, *Camp. lari* and urease-positive thermophilic campylobacters (UPTC) in surface waters. *J Appl Microbiol*. 2001; 90 (2): 256–67.
14. Shaman J, Kohn M. Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2009; 106 (9): 3243–8.
15. Githeko AK, Lindsay SW, Confalonieri UE, et al. Climate change and vector-borne diseases: A regional analysis. *Bull World Health Organ*. 2000;78 (9): 1136–47.
16. Islam MS, Sharker MA, Rheman S, et al. Effects of local climate variability on transmission dynamics of cholera in Matlab, Bangladesh. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 2009; 103 (11): 1165–70.
17. Chen PS, Tsai FT, Lin CK, et al. Ambient influenza and avian influenza virus during dust storm days and background days. *Environ Health Perspect*. 2010; 118 (9): 1211–6.
18. Rocklöv J, Dubrow R. Climate change: An enduring challenge for vector-borne disease prevention and control. *Nat Immunol*. 2020; 21 (5): 479–83.
19. WHO: Neglected tropical diseases [internet]. Geneva: World Health Organization; c2023 [citirano 2023 Mar 22]. Dosegljivo na: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/neglected-tropical-diseases>
20. Harvell CD, Mitchell CE, Ward JR, et al. Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*. 2002; 296 (5576): 2158–62.
21. Zhou YB, Zhuang JL, Yang MX, et al. Effects of low temperature on the schistosome-transmitting snail *Oncomelania hupensis* and the implications of global climate change. *Molluscan Res*. 2010; 30: 102–8.
22. Wu X, Lu Y, Zhou S, et al. Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environ Int*. 2016; 86: 14–23.
23. Epstein PR. West Nile virus and the climate. *J Urban Health*. 2001; 78 (2): 367–71.
24. Salvador C, Nieto R, Vicente-Serrano SM, et al. Public health implications of drought in a climate change context: A critical review. *Annu Rev Public Health*. 2023.
25. Liu-Helmerson J, Stenlund H, Wilder-Smith A, et al. Vectorial capacity of *Aedes aegypti*: Effects of temperature and implications for global dengue epidemic potential. *PLoS One*. 2014; 9 (3): e89783.

26. Kraemer MUG, Reiner RC Jr, Brady OJ, et al. Past and future spread of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Nat Microbiol.* 2019; 4 (5): 854–63.
27. Campbell-Lendrum D, Manga L, Bagayoko M, et al. Climate change and vector-borne diseases: What are the implications for public health research and policy? *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2015; 370 (1665): 20130552.
28. UNEP: Africa faces sharp rise in climate adaption costs – UNEP [internet]. Nairobi: United Nations environment programme; 2013 [citirano 2023 Mar 22]. Dosegljivo na: <https://news.trust.org/item/20131119134543-8whnr>
29. Bissell RA. Delayed-impact infectious disease after a natural disaster. *J Emerg Med.* 1983; 1 (1): 59–66.
30. Tourapi C, Tsioutsis C. Circular policy: A new approach to vector and vector-borne diseases' management in line with the Global Vector Control Response (2017–2030). *Trop Med Infect Dis.* 2022; 7 (7): 125.