

Wpływ zmian klimatycznych na występowanie wybranych chorób zakaźnych

Patrycja Dopieralska¹, Henryk Krukowski¹

¹ Katedra Higieny Zwierząt i Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Dopieralska P, Krukowski H. Wpływ zmian klimatycznych na występowanie wybranych chorób zakaźnych. Med Og Nauk Zdr. 2017; 23(2): 152–157. doi: 10.26444/monz/75508

Streszczenie

Wprowadzenie i cel pracy. Polska, podobnie jak duża część Europy, leży w strefie klimatu umiarkowanego. Większość danych dotyczących klimatu pochodzi z obserwacji temperatury. Prawdopodobnie wzrost średniej temperatury powietrza będzie coraz bardziej odczuwalny, a tym samym możliwy jest wzrost zapadalności na niektóre choroby zakaźne. Celem pracy jest zaprezentowanie zarysu klimatu Polski, jak również klimatu Europy, przedstawienie zależności między zachodzącymi zmianami klimatycznymi a występowaniem chorób zakaźnych.

Skrócony opis stanu wiedzy. W klimacie umiarkowanym najwięcej przypadków zachorowań na choroby układu oddechowego zostaje odnotowywanych podczas zimnych, suchych zim o małym usłonecznieniu. Prawdopodobnie zmiany klimatu mogą stać się poważnym zagrożeniem dla zdrowia na świecie w XXI wieku. Do ważnych czynników środowiskowych wpływających na patogeny są temperatura, opady i wilgotność powietrza. Niektóre choroby zakaźne mają tendencje do cykliczności sezonowej, która może zostać wytłumaczona jako wpływ klimatu. Pomimo trudności w przedstawieniu wpływu klimatu na choroby zakaźne, obserwuje się postępy w ocenie wpływu na nie nieproporcjonalnego zwiększenia temperatury zimą, jak również zwiększonego natężenia i częstości występowania zjawisk pogodowych.

Podsumowanie. Klimat zmienia się zarówno w Europie, jak i na całym świecie, prawdopodobnie w niektórych środowiskach te zmiany będą bardziej odczuwalne. Klimat wpływa na środowisko, gospodarza oraz na patogeny. Niektóre choroby zakaźne są bardzo wrażliwe na zmiany klimatu, takie jak temperatura i wilgotność. Konsekwencje zmian klimatu są trudne do oceny, ale również nieuniknione, należy się spodziewać, że zmiany klimatu staną się poważnym zagrożeniem dla ludzi.

Słowa kluczowe

zmiany klimatyczne, zapadalność, choroby zakaźne

WPROWADZENIE

Informacje o zmianach klimatu występujących zarówno w Europie, jak i w Polsce pochodzą głównie z pomiarów temperatury powietrza. Większość tych danych została pozyskana z danych historycznych, dlatego zawierają one głównie informacje o występowaniu ekstremalnych wartości temperaturowych [1]. Obecne globalne ocieplenie klimatu charakteryzuje się szybkim wzrostem średnich temperatur powietrza atmosferycznego oraz nagłym i częstym występowaniem zjawisk hydrometeorologicznych [2]. Zmiany klimatu i warunków klimatycznych mogą mieć wpływ na zdrowie ludzi za pośrednictwem zachodzących zmian w procesach biologicznych i ekologicznych, które z kolei wpływają na przenoszenie chorób zakaźnych. Od stuleci ludzie wiedzieli, że istnieje związek między warunkami klimatycznymi a epidemiami, przykładem tego byli rzymscy arystokraci, którzy ukrywali się w schronach każdego lata w obawie przed malarią. Innym przykładem jest zanotowane rekordowe zjawisko El Nino w roku 1878 oraz najpoważniejszy przypadek żółtej febry latem tego samego roku w południowych Stanach Zjednoczonych [3]. Trudno przewidzieć konsekwencje wpływu zmian klimatu na choroby zakaźne na obszarze Europy, jednak są one nieuniknione. Warunki klimatyczne mogą wywierać zarówno pośredni, jak i bezpośredni wpływ na rozprzestrzenianie się chorób zakaźnych ludzi i zwierząt [4].

Na częstość występowania chorób zakaźnych wpływa wiele czynników. Jednym z nich jest klimat, ale oprócz niego są to również: migracje ludzi, transport, odporność na leki, sposób odżywiania czy też wylesianie oraz rozwój rolnictwa. Do czynników środowiskowych wpływających na rozprzestrzenianie się drobnoustrojów należą temperatura oraz wilgotność powietrza. Patogeny chorobotwórcze mogą również rozprzestrzeniać się za pośrednictwem innych organizmów, takich jak komary, kleszcze. Choroby zakaźne są klasyfikowane ze względu na charakterystykę pochodzenia drobnoustrojów, dzieli się je zatem na wirusowe i bakteryjne [3]. Do najczęściej występujących chorób zakaźnych na świecie należą choroby układu oddechowego, które objawiają się przede wszystkim złym samopoczuciem, bólami mięśni i głowy, katarą, kaszlem, dusznościami oraz innymi objawami wykazującymi na niewydolność oddechową. Pomimo że przyczyną takich objawów mogą być również bakterie, najczęściej wywołują je wirusy – aż 70–90% przypadków jest wynikiem działania wirusów na organizmy [5]. Wirusy nie są w stanie rozmnażać się w sposób samodzielny, potrzebują do tego obcej komórki gospodarza, którą wykorzystują, zmuszając do wykonywania „pracy” służącej do ich potrzeb [6].

CEL PRACY

Celem pracy jest zaprezentowanie zarysu klimatu Polski, zachodzących zmian klimatycznych i przedstawienie zależności między tymi zmianami a występowaniem chorób zakaźnych.

Adres do korespondencji: Henryk Krukowski, Katedra Higieny Zwierząt i Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
E-mail: henryk.krukowski@up.lublin.pl

Nadesłano: 7 Grudnia 2016; Zaakceptowano do publikacji: 28 kwietnia 2017

STAN WIEDZY

Klimat polski

Klimat Polski wykazuje ściśle powiązanie z klimatem całej Europy. Polska, podobnie jak większość Europy, położona jest w strefie umiarkowanych szerokości geograficznych. Klimat Europy jest kształtowany przez dwa centra stałe i dwa centra sezonowe działania atmosfery. Znajdujące się nad Oceanem Atlantyckim Wyż Azorski i Niż Islandzki przez cały rok wpływają na klimat Europy, w tym również na klimat Polski. W zimie największy wpływ wywiera Wyż Syberyjski znajdujący się nad Azją, natomiast latem – Niż Azjatycki. Wyż Arktyczny również wykazuje wpływ na klimat kontynentu. W literaturze często klimat Polski określany jest jako klimat przejściowy ze względu na cechy klimatu morskiego, jak również klimatu lądowego [7].

Masy powietrza morskiego wpływają na klimat Polski w okresie zimowym ocieplając natomiast w okresie letnim – ochładzając. Odwrotny wpływ mają masy powietrza kontynentalnego we wspomnianych porach roku. Do opisu stosunków termicznych danego obszaru najczęściej wykorzystuje się wskaźnik średniej rocznej temperatury powietrza. Z analizy średnich rocznych temperatur powietrza w Polsce wynika, że temperatura obniża się od południowego zachodu w kierunku północno-wschodnim [7].

Od XIX wieku zaczęto badać zjawiska zachodzące w przyrodzie, które regularnie powtarzają się w cyklach dobowych i rocznych. Na podstawie obserwowanych regularnych zmian zjawisk astronomicznych określono astronomiczne pory roku. Granicami ich są momenty przejścia Słońca przez punkty ekliptyki Barana, Raka, Wagi i Koziorożca. Daty początku tych pór mogą różnić się o jeden dzień w każdą stronę od dat średnich, którymi są 21 III, 22 VI, 23 IX, 22 XII. Daty te stanowią początki kalendarzowych pór roku, a odchylenie o jeden dzień jest wynikiem niejednakowej długości lat kalendarzowych, lata, w których występuje takie odchylenie są nazywane przestępnymi. W umiarkowanych szerokościach geograficznych na półkuli północnej zazwyczaj najwyższe temperatury są notowane w lipcu, natomiast najniższe w styczniu. Charakterystyczne zjawiska termiczne wykazują związek z astronomicznymi porami roku, dlatego też bardziej przydatnym określeniem stała się klimatyczna pora roku bądź sezon klimatyczny [7].

Najczęstszym wykorzystywanym kryterium podziału roku na sezony jest ich termiczność. W Polsce przyjęto osiem termicznych pór roku. Wyróżnia się zatem przedwiosnie ze średnią temperaturą dobową wynoszącą od 0°C do 5°C, wiosnę, kiedy średnia temperatura dobowa wynosi od 5°C do 10°C, przedlecie, gdy średnia temperatura dobowa jest notowana w zakresie od 10°C do 15°C, lato ze średnią dobową temperaturą powyżej 15°C, polecie z temperaturą 15°C – 10°C, następnie jesień, w której średnia temperatura dobowa wynosi od 10°C do 5°C, przedzimie ze średnią dobową temperaturą w granicach od 5°C do 0°C oraz zimę ze średnią dobową temperaturą poniżej 0°C [7].

Najcieplejszym regionem kraju w najzimniejszym miesiącu (styczeń) jest Wybrzeże, region, gdzie temperatura nie jest zbyt niska, ale również nie wzrasta tak bardzo jak na zachodzie kraju i który charakteryzuje się stabilnymi warunkami termicznymi. Najłagodniejsze warunki termiczne występują w Świnoujściu, średnia temperatura w styczniu wynosi tam -0,2°C. Uznawane za „biegun zimna” Suwałki charakteryzują się najniższą średnią temperaturą, w styczniu

wynoszącą -4,6°C (wyjątkiem są góry, np. na Kasprowym Wierchu w Tatrach średnie temperatury ujemne występują pięć miesięcy w roku, a średnia temperatura w najcieplejszym miesiącu – lipcu jest porównywalna ze średnimi temperaturami w kwietniu w regionach nizinnych) [8].

ZMIANY KLIMATYCZNE

Zmiany klimatu stały się problemem globalnym, a jego skutki mogą spowodować, że niektóre bardziej ubogie kraje odczują konsekwencje zmian klimatu bardziej od innych pod względem nieurodzaju, powodzi i chorób zakaźnych [9]. Według WHO tylko w Południowo-Wschodniej Azji rocznie odnotowywanych jest 14 mln zgonów, z czego 40% jest spowodowanych chorobami zakaźnymi [10]. Jest bardzo prawdopodobne, że zmiany klimatyczne w niektórych środowiskach mogą spowodować wzrost zachorowalności na niektóre choroby wywołane wirusami, natomiast w innych spadek zapadalności na te zakażenia [11]. Globalne ocieplenie klimatu postępuje, z roku na rok odnotowywany jest wzrost temperatury. Przyczyny tego zjawiska podlegają dyskusji, natomiast faktem jest, że skutki są nieuniknione. Konsekwencje zmian klimatu obserwuje się w postaci topnienia lodowców, wzrastającego poziomu mórz, zmian w rozkładzie opadów atmosferycznych oraz zwiększonej częstotliwości niekorzystnych zjawisk pogodowych [12]. Pomimo kontrowersji dotyczących przyczyn oraz skutków zmian klimatu można stwierdzić, że zjawiska te będą miały wpływ na choroby zakaźne na terenie Europy. Na przełomie XX i XXI wieku zaobserwowano wzrost tempa ocieplenia klimatu Polski, co jest widoczne nie tylko w okresie zimowo-wiosennym, czyli w miesiącach od stycznia do maja, ale także w cieplejszych porach roku. Ocieplenie w okresie zimowym i wiosennym najprawdopodobniej było wynikiem zwiększonej intensywności wpływu cyrkulacji atmosferycznej morskiej na umiarkowane szerokości geograficzne półkuli północnej. Średnia roczna temperatura powietrza atmosferycznego w Polsce w ostatnich latach XX wieku, jaką odnotowano, oscylowała wokół wartości 0°C [9]. Przyjmuje się, że największe ocieplenie będzie odczuwalne w Polsce centralnej i południowo-wschodniej, postępujące ocieplenie klimatu nie powinno jednak powodować skutków na skalę katastrofalną [8]. Przeprowadzane badania pomiędzy zależnością czasowej i przestrzennej zmienności klimatu i rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych można podzielić na zależności pomiędzy krótkoterminowymi i długoterminowymi zmianami klimatu a występowaniem chorób zakaźnych w ostatnich latach oraz na modelowanie przyszłych chorób prognozowanych przez warunki klimatyczne [3]. Długoterminowe zmiany klimatu zazwyczaj wynikają ze zmian statystycznych pogodowych pochodzących z danych o średnich warunkach lub zjawiskach pogodowych lub z występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych. Europejska Agencja Środowiska (EEA) ustaliła, że w XX wieku średnia temperatura powierzchni Ziemi wzrosła o 0,74°C, a poziom mórz i oceanów wzrasta o 1,8 mm na rok od 1961 roku. Według prognoz Międzynarodowego Zespołu do spraw Zmian Klimatu (IPCC) w XXI wieku średnia temperatura wzrośnie o 1,5–5,8°C na świecie oraz towarzyszyć temu będą anomalie pogodowe, takie jak powodzie, susze, fale upałów. Prawdopodobnie w rejonach tropikalnych nie będą odnotowywane częste i ekstremalne fale upałów, natomiast zwiększona będzie liczba oraz

intensywność opadów atmosferycznych. W rejonach subtropikalnych i umiarkowanych opady będą rzadziej obserwowane, natomiast będą bardziej intensywne oraz coraz bardziej powszechne staną się okresy z długimi suszami [11]. Przewiduje się, że zmiany klimatu mogą stać się poważnym zagrożeniem dla zdrowia na świecie w XXI wieku. Mogą one powodować choroby wywołane kłęskami żywiołowymi, takimi jak fale upałów, powodzie, susze [4].

ZMIANY KLIMATU A WYSTĘPOWANIE CHOROÓB ZAKAŹNYCH

Zmiany klimatu mogą wpływać na zdrowie ludzi m.in. poprzez choroby zakaźne. Dla występowania większości chorób zakaźnych niezbędne są trzy składowe: patogen, wektor oraz środowisko rozprzestrzeniania. Właściwe warunki klimatyczne są niezbędne dla rozwoju patogenów, zmiany tych warunków mogą wpływać na funkcjonowanie czynników chorobotwórczych. Długotrwałe ocieplenie klimatu oraz pojawiające się coraz częściej ekstremalne zjawiska pogodowe mogą mieć wpływ na pojawiające się ogniska chorobowe [13]. Pogoda wpływa na termin oraz intensywność wybuchu ognisk chorób zakaźnych. Bardziej intensywne zjawiska pogodowe stwarzają warunki do powstawania ognisk chorób zakaźnych, przykładem są ulewne deszcze, które stwarzają miejsce do rozrodu owadów, będących nosicielami chorób zakaźnych. Zmiany klimatu wpływają na choroby zakaźne, m.in. przesuwając zakres występowania geograficznego oraz skracając okres inkubacji patogenu [14].

Wszystkie zakażenia wiążą się z patogenem, gospodarzem i środowiskiem. Niektóre patogeny wymagają żywiciela pośredniego, aby zakończyć swój cykl życia. Klimat może wpływać na patogeny, gospodarza oraz na środowisko, w jakim się znajduje [15]. Przedłużające się okresy suszy w danym regionie mogą wpływać na organizmy, które są nosicielami chorób zakaźnych w postaci zmniejszenia liczebności populacji, natomiast na zwiększenie liczebności populacji może mieć wpływ ilość opadów deszczu [11].

Głównymi czynnikami mającymi wpływ na rozprzestrzenianie się chorób zakaźnych wśród ludzi są zjadliwość lub zdolność przenoszenia czynników zakaźnych oraz wzrost prawdopodobieństwa narażenia ludzi i wzrost wrażliwości ludzi na zakażenia. Zmiany klimatu w różnym stopniu mają wpływ na te czynniki [11]. Pomimo trudności w przedstawieniu wpływu klimatu na choroby zakaźne, następują postępy w ocenie wpływu nieproporcjonalnego zwiększenia temperatury zimą, zwiększonego natężenia i częstości występowania zjawisk pogodowych [16].

Do ważnych czynników środowiskowych wpływających na patogeny należą temperatura, opady i wilgotność. Niektóre choroby zakaźne mają tendencje do cykliczności sezonowej, która może zostać wytłumaczona jako wpływ klimatu. W różnych rejonach świata obserwowane są zjawiska cykliczności, przykładem jest zakażenie układu pokarmowego wywołane przez *Campylobacter* w Szkocji, pojawiające się na wiosnę. W Bangladeszu występują ogniska cholery w porze monsunowej, natomiast w Afryce Subsaharyjskiej meningokokowe zapalenie opon mózgowych jest monitorowane w gorącym i suchych sezonie, zaś ustępuje wraz z początkiem sezonu deszczowego.

Choroby wirusowe układu oddechowego

Największa liczba przypadków zachorowań na choroby układu oddechowego w klimacie umiarkowanym zostaje odnotowana podczas występowania zimnych, suchych zim o małym usłonecznieniu. Zakażenia dróg oddechowych wywołane wirusem grypy są dużym problemem zdrowotnym na całym świecie, powodując 3–5 mln infekcji klinicznych oraz 250–500 tys. zgonów rocznie.

Wirus grypy, należący do rodziny *Orthomyxoviridae* (RNA), zakaża i uszkadza komórki nabłonkowe układu oddechowego u zwierząt (ssaki i ptaki) oraz ludzi [17]. Początek sezonu grypowego w Polsce przypada na połowę września lub przełom września i października. Od tego momentu mniej więcej do końca listopada zachorowań rośnie. Grudzień i styczeń są okresem stabilizacji, ponowny wzrost zachorowań rozpoczyna się w lutym i trwa do końca marca lub utrzymuje się jeszcze w kwietniu (zależnie od typu wirusa oraz warunków pogodowych) [18].

W strefie klimatu umiarkowanego szczyt zachorowań na grypę jest związany z występowaniem zimna i suchego powietrza, natomiast w regionach tropikalnych aktywności grypy sprzyjają warunki wilgotne i deszczowe. Przeprowadzone badania nad sezonowością występowania grypy wykazały, że w każdym sezonie początek epidemii rozpoczął się w momencie, gdy po raz pierwszy średnia temperatura w danym sezonie spadała poniżej punktu zamarzania (0°C) oraz ciśnienie atmosferyczne ulegało zmniejszeniu o 4 hPa. Nagły spadek temperatury powietrza w klimacie umiarkowanym może ułatwić rozprzestrzenianie się patogenów odpowiedzialnych za choroby układu oddechowego w suchym powietrzu [19]. Wirus grypy przy występowaniu korzystnych dla niego warunków w powietrzu może samoistnie przemieścić się nawet o kilka kilometrów. Spadek wilgotności powietrza może przyczynić się do podziału aerozoli na mniejsze cząsteczki, które to z kolei wpływają na czas utrzymywania się wirusa w powietrzu, wydłużając go z 1 godziny do nawet 24 godzin [20]. Skłonność do infekcji grypowych może być spowodowana zwiększeniem ekspozycji na promieniowanie ultrafioletowe oraz niedożywieniem związanym z stresem klimatycznym [14].

Największa z ostatnio występujących epidemii grypy ptaków rozpoczęła się w 2003 roku w wielu krajach azjatyckich jednocześnie. Zachorowania wywołane były przez wysoce patogenny szczep podtypu A/H5N1. Rozprzestrzenił się on przez migrujące ptaki, trafiając do ponad 60 państw na trzech kontynentach – azjatyckim, europejskim i afrykańskim [21]. Ekstremalne zjawiska klimatyczne mogą stymulować nietypowy rozkład populacji ptaków. Na przykład w 2006 roku migracja łabędzi w rejon Morza Kaspijskiego w celu uniknięcia zimna prawdopodobnie była przyczyną rozprzestrzenienia wirusa ptasiej grypy w Europie Zachodniej [22]. Straty ekonomiczne spowodowane przez grypę ptaków były ogromne, szacuje się, że padło lub zostało zlikwidowanych ok. 500 mln ptaków. Tak masowe zachorowania drobiu nie stały się przyczyną epidemii u ludzi. Zanotowano jedynie 442 przypadki grypy ptaków u ludzi, z czego zmarły 262 osoby. Nie można wykluczyć, że w przyszłości pochodzące od drobiu wirusy grypy nabeżdżą zdolność infekcji człowiek–człowiek, co mogłoby doprowadzić do pandemii [21]. Pojawienie się w Polsce wirusa u dziko żyjących ptaków jest związane ze zmianami klimatycznymi, bowiem przelot ptaków powinien zakończyć się w listopadzie, a trwa jeszcze w styczniu.

Choroby przenoszone przez wodę i żywność

Badania epidemiologiczne dotyczące zależności między występowaniem infekcji jelitowych a temperaturą otoczenia wykazały, że wzrost temperatury otoczenia o 1°C zwiększa częstość występowania biegunek aż o 3–11%. Przykładem są wyniki badań z Peru, które wykazały, że wzrost temperatury w okresie zimowym o 5°C spowodował większą liczbę przyjęć do szpitala z powodu biegunek nawet o 77%, natomiast w okresie letnim wzrost temperatury spowodował większą liczbę zachorowań o 21% [23]. Zmiany klimatu wpływają na występowanie chorób przenoszonych przez wodę i żywność (cholera, dur brzuszny i inne salmonellozy, szigelozę, kamylobakteriozę) na wiele sposobów. Obfite opady i powodzie mogą zanieczyszczać wodę lub powodować zagrożenie dla oczyszczalni ścieków (systemy kanalizacyjne w związku z ulewnymi deszczami mogą być niewydolne i miasta mogą być zalane ściekami). Na przykład w Indiach stwierdzono związek pomiędzy ekstremalnymi opadami atmosferycznymi a hospitalizacją związaną z chorobami przewodu pokarmowego. Z kolei susze mogą z jednej strony zmniejszać dostępność bezpiecznej wody pitnej, z drugiej zaś, gdy dostępność wody jest niższa, słaba higiena może prowadzić do zwiększonej zachorowalności na choroby przewodu pokarmowego [22, 24, 25]. Średnie dobowe opady wykazywały interakcje z częstością występowania posocznicy wywołanej przez *Vibrio vulnificus* (*Vibrio vulnificus* septicemia – VVS) i szigelozę w Korei Południowej [26].

Gram-ujemna pałeczka jelitowa *Salmonella enterica* serotyp typhi wywołująca dur brzuszny jest patogenem kosmopolitycznym, jednakże jej zwiększoną częstość występowania obserwuje się na obszarach o klimacie gorącym. Azja Południowa i Wschodnia, Afryka, Ameryka Środkowa i Południowa to kontynenty, gdzie dur brzuszny występuje endemicznie, a zapadalność na tę chorobę na endemicznych terenach wynosi od 227 do 810 na 100 000 mieszkańców. Katastrofy naturalne i kłęski żywiołowe związane ze zmianami klimatycznymi (powodzie, huragany) oraz lokalne konflikty zbrojne w znaczący sposób zwiększają ryzyko wystąpienia duru brzuszego w formie epidemii [25, 26, 27].

Choroby przenoszone przez wektory

Rozprzestrzenianie się chorób zakaźnych za pośrednictwem nosicieli, takich jak komary, kleszcze, gryzonie czy ptaki, pokazują, jak zmieniają się warunki klimatyczne i nisze ekologiczne [15]. Zarazki przenoszone przez komary są szczególnie wrażliwe na zmiany warunków klimatycznych. Komary, które giną przy nadmiernie wysokiej temperaturze, natomiast przy niższej, ale nadal w ciepłych warunkach termicznych zwiększają zdolności reprodukcyjne i aktywność do ukąszenia, występują zazwyczaj w trakcie lub po ciepłych sezonach.

Najbardziej znaną chorobą przenoszoną przez kleszcze (z rodzaju *Ixodes*) jest borelioza, nazywana również chorobą z Lyme, która po raz pierwszy została opisana w 1977 roku w mieście Old Lyme w stanie Connecticut w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej, gdzie stwierdzono 12 przypadków zapalenia stawów u dzieci o niewyjaśnionej etiologii. Borelioza występuje na całej półkuli północnej i jest zaliczana do grupy metazooz. Choroba z Lyme jest chorobą powodowaną przez bakterie (krętki) należące do rzędu *Spirochaetales*, rodziny *Spirochaetaceae*, rodzaju *Borrelia*, gatunku *Borrelia burgdorferi*. Szybkie przystosowanie się krętków do nowych warunków następuje w wyniku selektywnej

ekspresji poszczególnych genów. Zmiany temperatury otoczenia determinują zwiększenie lub zmniejszenie ekspresji poszczególnych genów. Ekspozycja ludzi i zwierząt na ten patogen (poprzez ukąszenie kleszcza) jest determinowana przez warunki atmosferyczne [28, 29].

Z kolei za pośrednictwem komarów, które występują w rejonie tropikalnym przenoszona jest malaria (zimnica), która jest ciężką chorobą ogólnoustrojową, wywołaną przez wewnątrzkomórkowego pierwotniaka z rodzaju *Plasmodium*. Wraz z gruźlicą i zakażeniem HIV, malaria należy aktualnie do najważniejszych problemów zdrowotnych w skali ogólnoswiatowej. Zarówno temperatura, jak i wilgotność otoczenia mają istotny wpływ na rozprzestrzenienie geograficzne i natężenie wektora (komary) malarii w środowisku człowieka. Zakażenie pierwotniakami *Plasmodium* spp. nie występuje w rejonach, gdzie temperatura w ciągu doby spada poniżej 16°C lub przekracza 33°C, na wysokości powyżej 2000–2200 m n.p.m. oraz na obszarach pustynnych. Zasięg geograficzny malarii stale się poszerza i nieustannie zmienia. Globalne ocieplenie klimatu i inne czynniki środowiskowe, ale też ingerencja człowieka w przyrodę decydują o powrocie malarii na terytoria wcześniej uwolnione od tej groźnej dla życia choroby pasożytniczej [30]. Okres inkubacji pierwotniaków wywołujących malarię zależy od temperatury. W temperaturze 20°C okres inkubacji wynosi 26 dni, natomiast w temperaturze 25°C skraca się do 13 dni. Komary przenoszące malarię żyją tylko kilka tygodni, tak więc wyższe temperatury umożliwiają rozwinięcie się i zakażenie osobnika [15]. Przewiduje się, że ocieplenie klimatu spowoduje rozszerzenie zasięgu występowania komarów poza rejony tropikalne. Nowy rodzaj zagrożenia, jaki może mieć wpływ na zdrowie ludzi obserwowany jest w postaci pojawienia się w południowej części Europy chorób, które nie były tam dotychczas odnotowywane. Szacuje się, że do roku 2020 liczba zachorowań na malarię wzrośnie o 60% [14].

Gorączka Zachodniego Nilu to ostra choroba wirusowa przenoszona przez komary (większość z rodziny *Culex*), która atakuje człowieka, ptaki wędrowne, konie oraz inne ssaki, a także gady. Choroba występuje przede wszystkim w strefach wilgotnych, gdzie żyją głównie dzikie ptaki migrujące, które tworzą naturalne ognisko infekcji i odgrywają ważną rolę w rozprzestrzenianiu się wirusa. Wirus gorączki Zachodniego Nilu (rodzaj *Filovirus*) został wyizolowany po raz pierwszy w 1937 roku od kobiety z regionu położonego na zachód od Nilu w Ugandzie. Transmisja wirusa z zakażonego człowieka na komara jest niemożliwa, bowiem ilość wirusa w krwi ludzkiej jest zbyt niska. Pojawienie się epidemii jest wynikiem obecności czynników klimatycznych powodujących wzrost liczby komarów, takich jak opady czy wysokie temperatury, jak również środowiska sprzyjającego rozmnażaniu się komarów (tereny bagienne) [31, 32].

Wirus Zika należy do wirusów RNA z rodziny *Flaviviridae*, na człowieka przenoszą go komary z rodziny *Aedes* podczas ssania krwi, zwłaszcza komar tygrysi (*A. albopictus*), który jest ponadto wektorem wirusa denga. Naturalnym środowiskiem *A. albopictus* są rejony Azji, jednak gatunek ten coraz częściej występuje także w Europie. Światowa Organizacja Zdrowia określiła wirus Zika jako zagrożenie epidemiczne o potencjalnie światowym zasięgu. Wirus Zika najczęściej wywołuje łagodne objawy grypopodobne, jednak coraz więcej obserwacji wskazuje na związek pomiędzy zakażeniem ciężarnej matki wirusem Zika a małą głową (microcefalia) u dzieci, jak również na możliwość transferu wirusa nie tylko

przez komary, ale też przez kontakty płciowe i transfuzje krwi. W maju 2015 roku wystąpiła epidemia w Brazylii (chorowało 1,5 mln ludzi), która rozprzestrzeniła się na pozostałe kraje prawdopodobnie dzięki kibicom. W Brazylii rodzi się obecnie 10–20-krotnie więcej dzieci z małopłóciem w porównaniu z latami poprzednimi. Wirus przedostał się wraz z zakażonymi turystami w 2014 roku w trakcie piłkarskiego mundialu bądź za pośrednictwem uczestników Światowego Dnia Młodzieży, który obchodzony był w 2013 roku w Rio de Janeiro. Problem patogenności wirusa Zika dla zwierząt towarzyszących człowiekowi i zwierząt gospodarskich jest ciągle otwarty i nie ma podstaw do wykluczenia takiej możliwości [33, 34, 35].

Gośćca Doliny Rift (*Rift Valley fever* – RVF) jest zoonotyczną chorobą wirusową wywołaną przez *Phlebovirus* (*Bunyaviridae*), która atakuje zwierzęta domowe głównie w Afryce oraz posiada zdolność do wywołania epidemii wśród ludzi. Wektorem wirusa są komary z rodzajów: *Culex*, *Aedes*, *Anopheles*, *Mansonia* i *Eretmapodites*. Wirus gośćca Doliny Rift (RVFV) wyizolowano w 1931 roku od chorych owiec z farmy usytuowanej w dolinie rzeki Rift w Kenii (stąd nazwa). Gdy po silnych opadach zdarzają się ronieńia i śmierci jagniąt, kozłat i cieląt i równocześnie chorują wśród objawów grypopodobnych farmerzy i rzeźnicy, należy podejrzewać gośćca Doliny Rift. Gośćca Doliny Rift należy do tzw. chorób egzotycznych, które dotychczas nie występowały na terenie Polski, ale których pojawienie się jest możliwe ze względu na globalizację gospodarki oraz zmiany klimatyczne. Wszystkie znane epidemie z powodu gośćca Doliny Rift (RVF) w Kenii w latach 1950–1998 wystąpiły po okresach nadzwyczajnie wysokich opadów deszczu, co jest związane ze zjawiskiem El Nino [36, 37].

PODSUMOWANIE

Klimat zmienia się zarówno w Europie, jak i na całym świecie. Obserwowane zmiany nie występują w takim samym stopniu w różnych środowiskach, dlatego prawdopodobnie niektóre kraje odczuwają je bardziej niż inne. Polska, podobnie jak większa część Europy, położona jest w strefie klimatu umiarkowanego. W klimacie umiarkowanym najczęściej obserwuje się choroby układu oddechowego, które występują podczas suchych, zimnych zim o małym usłonecznieniu.

Wiele czynników wpływa na rozprzestrzenianie się chorób zakaźnych, niektóre z nich to transport, migracje ludzi, odporność na leki, jak również zmiany klimatu. Klimat może wpływać na rozprzestrzenianie się chorób w sposób pośredni lub bezpośredni. Klimat wpływa na środowisko, gospodarza oraz na patogeny. Niektóre choroby zakaźne są bardzo wrażliwe na zmiany klimatu, takie jak zmiany temperatury i wilgotności powietrza.

Wzrost temperatury może spowodować zwiększenie liczby przypadków zachorowań na infekcje jelitowe, jak również stworzyć odpowiednie warunki do wzrostu i rozprzestrzeniania się wektorów, takich jak komary, kleszcze, szczury, ptaki, które są nosicielami chorób zakaźnych. Spadek wilgotności powietrza może podzielić aerozole na mniejsze cząsteczki, które z kolei mogą przeniesić na większe odległości te wirusy, które rozprzestrzeniają się drogą kropelkową.

Konsekwencje zmian klimatu na terenie Europy są trudne do oceny, ale również nieuniknione. Prawdopodobnie zmiany klimatu staną się poważnym zagrożeniem nie tylko

w postaci występowania coraz częściej ekstremalnych zjawisk pogodowych, ale również w formie rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych. Przypuszcza się, że zwiększy się częstotliwość zachorowań na choroby zakaźne w Europie, jak również będą obserwowane przypadki zachorowań na choroby zakaźne, które nie występowały wcześniej. W związku z tym zaleca się następujące działania dostosowawcze: 1) wykracanie poza empiryczne obserwacje związku między zmianami klimatycznymi i chorobami zakaźnymi oraz opracowanie bardziej naukowego ich wyjaśnienia, 2) poprawy przewidywania czasowego procesu zmian klimatycznych i związanych z nimi zmian chorób zakaźnych na różnych skalach przestrzennych i czasowych, oraz 3) stworzenie lokalnie skutecznych systemów wczesnego ostrzeżenia o skutkach zdrowotnych przewidywanej zmiany klimatu [13].

PIŚMIENNICTWO

1. Przybylak R. Zmiany klimatu Polski i Europy w ostatnich stuleciach. Kosmos. Probl Nauk Biol. 2008; 57, 3–4(280–281): 195–208.
2. Starkel L. Globalne ocieplenie i zmiany towarzyszące – analogi z przeszłości. Kosmos. Probl Nauk Biol. 2008; 57, 3–4(280–281): 183–193.
3. Climate change and human health: risk and responses. WHO Geneva. 2003; pp.103–132.
4. Semenza J C, Menne B. Climate change and infectious disease in Europe. The Lancet Inf Dis. 2009; 9(6): 365–375.
5. Costilla-Esquivel A, Corona-Villavivencio F, Velasco-Castanon JG, Medina-De La Garza CE, Martinez-Villarreal RT, Cortes-Hernandez DE, Ramirez-Lopez LE, Gonzalez-Farias G. A relationship between acute respiratory illnesses and weather. Epidemiol Infect. 2014; 142(7): 1375–1383.
6. Ziemińska E, Płatek R, Skup M. Oblaskawione wirusy w służbie nauki i medycyny. Kosmos Probl Nauk Biol. 2011; 60, 3–4(292–293): 357–371.
7. Woś A. Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku. Wyd. Nauk. UAM. Poznań. 2010.
8. Koźuchowski K. Meteorologia i klimatologia. PWN, Warszawa, 2009.
9. Żmudzka E. Współczesne zmiany klimatu. Acta Agroph. 2009; 13(2): 555–568.
10. Kumaresan J, Sathiakumar N. Climate change and its potential impact on health: a call for integrated action. Bull World Health Organization. 2010; 88: 163.
11. Clegg JC. Influence of climate change on the incidence and impact of arenavirus disease: a speculative assessment. Clin Microbiol Infect. 2009; 15(6): 504–509.
12. Kaffenberger BH, Sheltar D, Norton S, Rosenbach M. The effect of climate change skin disease in North America. J Acad Dermatol. 2017; 76(1): 140–147.
13. Wu X, Lu Y, Zhou S, Chen L, Xu B. Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. Environ Int. 2016; 2016; 86: 14–23.
14. Bezirtzoglou C, Dekas K, Charvalos E. Climate changes, environment and infection: Facts, scenarios and growing awareness from the public health community within Europe. Anaerobe. 2011; 17: 337–340.
15. Epstein PR. Climate change and emerging infectious diseases. Microbes Infect. 2001; 3(9): 747–754.
16. Lafferty K D, Mordecai E A. The rise and fall of infectious disease in a warmer world. F1000 Res. 2016; 5(F1000FacultyRev): 2040.
17. Wierzbicka-Woś A, Tokarz-Deptuła B, Deptuła W. Układ odpornościowy a wirus grypy. Postępy Hig Med Dosw. 2015; 69: 214–220.
18. Zagrożenia okresowe występujące w Polsce. Wydział Analiz i Prognoz Biura Monitorowania i Analiz Zagrożeń RCB. Wrzesień 2010.
19. Sundell N, Andersson LM, Brittain-Lang R, Lindh M, Westin J. A four year seasonal survey of the relationship between outdoor climate and epidemiology of viral respiratory tract infection in a temperature climate. J Clin Virol. 2016; 84: 59–63.
20. Iwańczak B. Zróżnicowanie przestrzenne zagrożenia grypą w Polsce. Prace i Studia Geograficzne. 2015; 57: 127–144.
21. Wijaszka T, Trusczyński M. Zagrożenia zdrowia człowieka ze strony drobnoustrojów zoonotycznych. Nauka. 2010; 4: 61–67.
22. Mirski T, Bartoszcze M, Bielawska-Drozd A. Impact of climate change on infectious diseases. Polish J Environl Stud. 2012; 21(3): 525–532.

23. Mellor JE, Levy K, Zimmerman J, Elliott M, Bartram J, Carlton E, Clasen T, Dillingham R, Eisenberg J, Guerrant R, Lantagne D, Mihelcic J, Nelson K. Planning for climate change: The need for mechanistic systems based approaches to study climate change impacts on diarrheal diseases. *Sci Total Environ*. 2016; 1(548–549): 82–90.
24. Levy BS, Patz JA. Climate change, human rights, and social justice. *Ann Glob Health*. 2015; 81(3): 310–312.
25. Ahmed T, Scholz M, Al-Faraj F, Niaz W. Water-related impacts of climate change on agriculture and subsequently on public health: a review for generalists with particular reference to Pakistan. *Int J Environ Res Public Health*. 2016; 13, 1051.
26. Na W, Lee KE, Myung HN, Jo SN, Jang JY. Incidences of waterborne and foodborne diseases after meteorologic disasters in South Korea. *Ann Glob Health*. 2016; 82: 848–857.
27. Paul M. Dur brzuszny niedocenianym zagrożeniem zdrowotnym dla Polaków podróżujących do krajów strefy tropikalnej. *Probl Hig Epidemiol*. 2013; 94(4): 701–709.
28. Mączka I, Tylewska-Wierzbanowska S. Cykl krążenia krętków *Borrelia burgdorferi* w środowisku. *Post Mikrobiol*. 2010; 49: 25–32.
29. Zygnier W. Borelioza u psów. *Życie Wet*. 2008; 83(10): 816–818.
30. Paul M, Mrówka K, Stefaniak J. Wpływ uwarunkowań geograficzno-środowiskowych oraz czynników behawioralnych na występowanie malarii importowanej do Polski przez turystów i misjonarzy powracających z krajów strefy tropikalnej. *Probl Hig Epidemiol*. 2014; 95(2): 256–267.
31. Bollino G. Gorączka Zachodniego Nilu i japońskie zapalenie mózgu. *Wiad Zoot*. 2009; 47(4): 11–22.
32. Popiel M, Sygitowicz G, Laskus T. Wirus Zachodniego Nilu. *Post Mikrobiol*. 2014; 53(4): 335–344.
33. Gliński Z, Kostro K. Czy jest możliwe zakażenie zwierząt domowych wirusem Zika? *Życie Wet*. 2016; 91(4): 228–231.
34. Pomorska D, Kuchar E. Zakażenie wirusem Zika – nowe zagrożenie epidemiczne. *Pediatr Med Rodz*. 2016; 12(2), 150–156.
35. Rossati A. Global warming and its health impact. *Int J Occup Environ Med*. 2017; 8: 7–20.
36. Anyamba A, Linthicum KJ, Tucker CJ. Climate-disease connections: Rift Valley fever in Kenya. *Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro*, 17(Suplemento): 133–140, 2001.
37. Gliński Z, Kostro K. Gorączka Doliny Rift. *Życie Wet*. 2009; 84(11): 885–887.

Effect of climate change on the occurrence of selected infectious diseases

Abstract

Introduction and objective. Poland, similar to a large part of Europe, lies in the zone of moderate climate, and most of the data concerning climate originates from the observation of temperature. An increase in the mean air temperature will probably be more perceptible and, consequently, an increase in morbidity due to some infectious diseases is possible. The objective of the study is the presentation of an outline of the climate in Poland and Europe, and to demonstrate the relationship between the ongoing climatic changes and infectious diseases.

Brief description of the state the knowledge. In moderate climate, the largest number of cases of respiratory diseases are recorded during the occurrence of cold, dry winters with low insolation. In the 21st century, climatic changes will probably become a serious health risk worldwide. Temperature, precipitation and humidity are important environmental factors affecting the pathogens. Some infectious diseases show a tendency towards seasonal cyclical patterns, which may be explained by the effect of climate. Despite difficulties in presenting the impact of climate on infectious diseases, progress takes place in assessment of the effect of disproportionate increase in winter temperatures, increased intensity and frequency of weather phenomena.

Summing up. Climate changes are observed both in Europe and worldwide, and probably in some environments these changes will be more perceptible. Climate exerts an effect on the environment, host, and pathogens. Some infectious diseases are very sensitive to changes in climate, such as temperature and humidity. The consequences of climate change are difficult to assess, but also inevitable, and possibly climate change will become a serious threat to humans.

Key words

climate change, morbidity, infectious diseases