

Paweł Stefanoff¹, Ewa Staszewska¹, Zbigniew Ustrnul², Justyna Rogalska¹,
Aleksandra Łankiewicz¹, Magdalena Rosińska¹

BADANIA EKOLOGICZNE RYZYKA ZACHOROWAŃ NA KLESZCZOWE ZAPALENIE MÓZGU W POLSCE – OMÓWIENIE METODY

1 Zakład Epidemiologii Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego
– Państwowego Zakładu Higieny
Kierownik: prof. dr hab. Andrzej Zieliński

2 Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie
Kierownik: prof. dr hab. Bolesław Domański

W pracy omówiono metodologię aktualnie prowadzonych badań ekologicznych kleszczowego zapalenia mózgu (kzm) na terenie Polski. W celu oceny wpływu zróżnicowanych czynników środowiskowych, klimatycznych oraz społecznych na występowanie kzm w różnych regionach Polski zostanie przeprowadzona wieloczynnikowa analiza statystyczna na poziomie gmin dla lat 1999-2006.

Słowa kluczowe: kleszczowe zapalenie mózgu, epidemiologia, model ekologiczny
Key words: tick-borne encephalitis, epidemiology, ecologic model

Wprowadzenie

Kleszczowe zapalenie mózgu (kzm) jest chorobą wirusową przenoszoną przez kleszcze *Ixodes ricinus* (1, 2). Wirus przekazywany jest pomiędzy zakażonymi stadiami kleszczy, transowarialnie, jak również może przenosić się pomiędzy kleszczami odżywiającymi się równocześnie na jednym gospodarzu. Rezerwuarem wirusa są drobne gryzonie oraz, w mniejszym stopniu, duże ssaki. Wirus namnaża się w organizmach gryzoni w czasie posiłków kleszczy. W celu wytworzenia wystarczającej liczby kopii wirusa umożliwiającej szerzenie się zachorowań wśród ludzi, na jednym gryzoni musi żywić się jednocześnie wiele zakażonych larw wraz z nimfami (3). W ten sposób namnożone patogeny przechodzą do przewodu pokarmowego kleszczy, gdzie przebywają uśpione w ich gruczołach ślinowych. Ludzie zakażają się głównie na skutek ukłucia zakażonych kleszczy lub spożywania niepasteryzowanego mleka świeżo zakażonych zwierząt hodowlanych. Objawy choroby są bardzo zróżnicowane – od przebiegu bezobjawowego do ciężkich postaci zapalenia mózgu z porażeniami nerwów i utratą przytomności. W większości przypadków choroba ma łagodny przebieg, jednak obserwuje się wieloletnie następstwa neurologiczne i psychiatryczne.

Zachorowania na kzm mają w Polsce ograniczony zasięg terytorialny, co jest uwarunkowane szeregiem czynników. Prawdopodobne przyczyny zwiększenia częstości kzm na określonych terenach można podzielić na trzy grupy:

1. Czynniki sprzyjające rozwojowi populacji kleszczy: zmiany zachodzące w zagospodarowaniu terenu, w szczególności przekształcanie pól uprawnych w ugory i tereny leśne, aktualne zmiany klimatyczne, inne czynniki wpływające na głównych żywicieli kleszczy – małe i średnie ssaki.
2. Czynniki sprzyjające namnażaniu się wirusa na danym terenie: optymalne warunki dla utrzymywania się licznej populacji gryzoni, współistnienie odpowiednich warunków klimatycznych w kolejnych sezonach.
3. Czynniki sprzyjające kontaktom kleszczy z ludźmi: popularne tereny rekreacyjne, korzystne warunki pogodowe, status społeczno-ekonomiczny wpływający na częstsze przebywanie na świeżym powietrzu oraz dostępność szczepionki.

Autorzy planują przeprowadzić kompleksową analizę czynników wpływających na ryzyko zachorowań na kzm. Sytuacja epidemiologiczna kzm w Polsce różni się od sytuacji w krajach sąsiednich, ponieważ zachorowania są systematycznie zgłaszane na bardzo ograniczonych terenach kraju. Wiele więc może wniesić szczegółowe porównanie grupy czynników które warunkują zarówno występowanie zachorowań na niektórych terenach, jak i brak zachorowań w innych, niekiedy sąsiadujących regionach. Szczególnie wiele wniesić może analiza czynników mogących wpływać na pojawienie się zachorowań w miejscach, w których zachorowań nie było przez wiele lat. W celu przeprowadzenia tej analizy konieczne będzie skonstruowanie modelu matematycznego, tzw. modelu ekologicznego, który będzie analizował zależności na poziomie grupowym, a nie – indywidualnych zachorowań. Związki wykryte na poziomie ekologicznym niekoniecznie muszą odzwierciedlać zależności na poziomie indywidualnym. Z drugiej strony jednak nie da się oceniać wpływu czynników środowiskowych na zachorowania na poziomie indywidualnym. W związku z ograniczeniem terytorialnym występowania badanej choroby, zdecydowaliśmy się przeprowadzić analizę na najniższym poziomie administracyjnym, w gminach. Pozwoli to na uzyskanie wysokiej rozdzielczości planowanej analizy (ryc. 1).



Ryc. 1. Rozdzielczość geograficzna analizy na poszczególnych poziomach podziału administracyjnego Polski

Fig. 1. Geographic resolution of the analysis at different levels of to the administrative division of Poland

W planowanym modelu zmienną wyjaśnianą będzie zapadalność kzm rejestrowana w gminach ($n = 2\,489$), natomiast zmiennymi wyjaśniającymi będą rutynowo dostępne dane uzyskane z następujących instytucji: Państwowej Inspekcji Sanitarnej, Głównego Urzędu Statystycznego, Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej oraz Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych. Badania ekologiczne były

stosowane od kilkunastu lat do określenia warunków sprzyjających wzrostowi populacji kleszczy (4, 5), jak również w badaniu czynników wpływających na szerzenie się zachorowań na kzm (6, 7). Większość z powyższych badań stosowało analizę ekologiczną do oceny wpływu pojedynczego czynnika (roślinności lub czynników meteorologicznych) na aktywność kleszczy.

Zagadnienia związane z badaniem zapadalności na kzm

Proponowany model matematyczny będzie miał na celu ocenę wpływu zmienności różnorodnych czynników środowiskowych na występowanie kzm w poszczególnych gminach. Ponieważ zachorowania na badaną chorobę są zdarzeniami rzadkimi, do ich badania zastosujemy rozkład Poissona. W uproszczeniu – naszą zmienną wyjaśnianą będzie zapadalność, czyli liczba zachorowań w odniesieniu do liczby osób narażonych. Liczba zachorowań zostanie przypisana do każdej gminy w oparciu o zgłoszenia oficjalnie zarejestrowane przez Inspekcję Sanitarną w okresie roku kalendarzowego. Podstawowym mianownikiem określającym narażoną populację będzie liczba mieszkańców gminy.

Jednak w niektórych gminach w ciągu wakacji przebywa wielokrotnie więcej turystów niż samych mieszkańców. Problem ten postanowiliśmy rozwiązać poprzez utworzenie dwóch modeli:

1. Model 1: licznik: zachorowania według miejsca zamieszkania, mianownik: liczba mieszkańców gmin wg GUS;
2. Model 2: licznik: zachorowania według miejsca narażenia, mianownik: liczba mieszkańców wg GUS + liczba turystów odwiedzających gminę wg GUS.

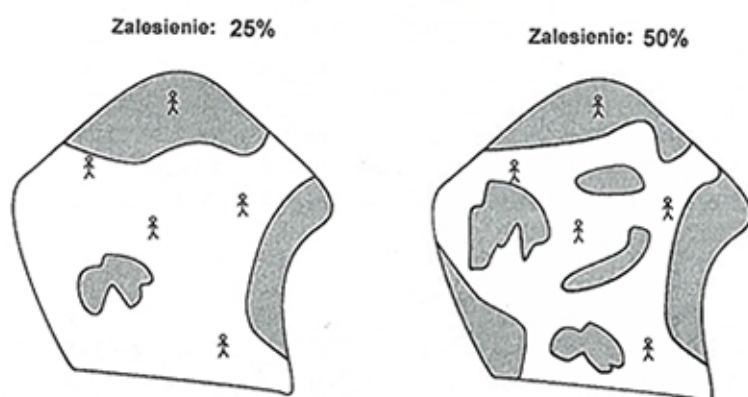
Wpływ roślinności oraz użytkowania terenu

Roślinność występująca na danym terenie może odgrywać znaczną rolę w ocenie ryzyka zachorowań na kzm. Las dostarcza schronienia dla najważniejszych żywicieli kleszczy: gryzoni, ale także średnich oraz dużych ssaków będących głównymi żywicielami ich dorosłych stadiów. Ściółka leśna o optymalnej dla kleszczy wilgotności stanowi również dla nich idealne środowisko bytowania, ponieważ w czasie gorących dni mogą one znaleźć schronienie utrzymujące wysoką wilgotność. Na podstawie dotychczasowych badań (4, 6) ustalono, że następujące typy roślinności wiążą się z wysoką aktywnością kleszczy:

- obszary przejściowe między dwoma różnymi typami roślinności (ekotony) – brzegi lasów z graniczącymi łąkami, polany, błonia nad rzekami i stawami, zagajniki z zaroślami, obszary przejścia lasu liściastego w iglasty lub wysokiego w niski, obszary zarośnięte paprociami, jeżynami, czarnym bzu i leszczyną;
- tereny trawiaste, porośnięte niskimi krzakami;
- lasy mieszane i liściaste.

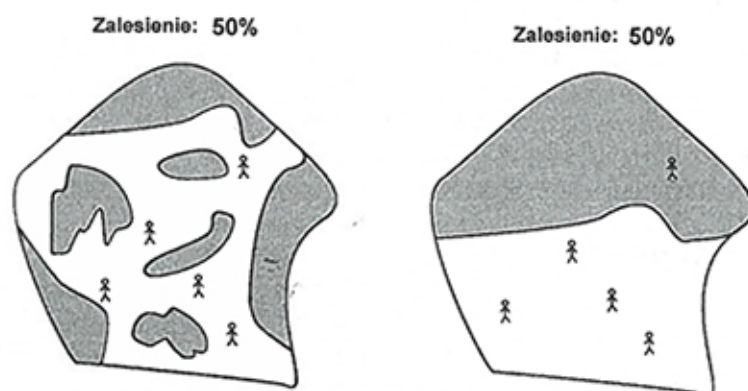
W związku z prowadzeniem analizy na poziomie ekologicznym mapy lasów o wysokiej rozdzielczości mogą służyć jedynie do uogólnienia powierzchni określonego zagospodarowania terenu do poziomu gminy. W typowych sytuacjach odsetek powierzchni gminy pokryty przez określony typ roślinności jest proporcjonalny do ryzyka zetknięcia się z nią mieszkańców gminy. Rycina 2 schematycznie obrazuje tę zależność: im wyższe zalesienie gminy tym bliżej przeciętni jej mieszkańcy mieszkają od granicy lasu. Jednak w niektórych nietypowych sytuacjach mieszkańcy różnych części gminy będą mieli różne szanse przebywania na terenie, na którym istnieje podwyższone ryzyko (8). Im większe będzie rozproszenie skupisk leśnych na terenie gminy tym bliżej przeciętny jej mieszkaniec będzie miał do granicy lasu (ryc. 3). Najlepszą miarą rozproszenia skupisk leśnych będzie długość granic obszarów leśnych, która będzie wzrastała wraz ze zwiększeniem ich rozproszenia. W planowanej analizie postanowiono

uwzględnić zarówno dane o powierzchni lasów w gminach, jak również wykorzystać ogólnopolskie mapy do wyodrębnienia długości granic lasów – terenów granicznych pomiędzy lasami a innymi formami zagospodarowania terenu – za pomocą analizy przestrzennej. Kolejnym problemem do rozwiązania jest niewielki rozmiar gmin wpływający na istotną rolę warunków panujących w sąsiadujących gminach na mieszkańców terenów przygranicznych, którzy często stanowią znaczną część populacji. Ten problem postanowiono rozwiązać przez dołączenie warunków w sąsiadujących gminach w analizie środowiskowych zmiennych wyjaśniających. Będzie to umożliwiła przestrzenna analiza sąsiadujących powierzchni gmin (analiza styczności).



Ryc. 2. Schematyczne przedstawienie stopnia, w którym odsetek zalesienia obszaru gminy jest miarą odległości od miejsca zamieszkania przeciętnego mieszkańca do granicy lasu

Fig. 2. Schematic presentation of how the percent wood cover of a given area determines average inhabitant's distance from place of accommodation to forest border



Ryc. 3. Schematyczne przedstawienie wpływu różnic w koncentracji skupisk lasów w gminie na odległość od miejsca zamieszkania przeciętnego mieszkańca do granicy lasu

Fig. 3. Schematic presentation of how the different wood areas' concentration determines average inhabitant's distance from place of accommodation to forest border

Na chwilę obecną uzyskanie najbardziej kompletnej informacji na temat zalesienia jednostek administracyjnych umożliwiają dane gromadzone przez Główny Urząd Statystyczny (lasy ogółem w ha) oraz mapy CORINE LandCover. Zestawienie powstałe w wyniku projektu Europejskiego CORINE obejmuje mapy wektorowe o rozdzielczości 1:100 000 zawierające klasyfikację terenu Polski przy użyciu 44 kategorii zagospodarowania terenu (m.in. obejmuje granice lasów iglastych, liściastych i mieszanych). Duże znaczenie może odegrać objęcie analizą typów siedliskowych lasów, które zostaną pozyskane od Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych (9) w oparciu o leśną mapę numeryczną obejmującą teren Polski w skali 1:50 000. Obejmują one powierzchnie leśne o zbliżonych warunkach siedliskowych, które wynikają z żyzności i wilgotności gleb, podobieństwa cech klimatu oraz ukształtowania terenu i jego budowy geologicznej, czyli wszystkie te czynniki, które wpływają na aktywność kleszczy. Planujemy połączyć w grupy typy siedliskowe cechujące się różnym stopniem wilgotności (tab. 1). Z powyższych źródeł danych, obecnie jedynie dane GUS pozwalają na pozyskanie danych dla każdego roku analizy (1999-2006), pozostałe źródła przedstawiają stan w pewnym punkcie czasowym, bez możliwości wskazania zmian zagospodarowania terenu. W tym szczególnym przypadku dopuszczalne jest założenie niewielkiej dynamiki zmian zagospodarowania terenu i przyjęcie tych samych wartości zmiennych uzyskanych dla gmin w poszczególnych latach.

Wpływ warunków meteorologicznych

Jak wynika z przeglądu literatury, warunkom pogodowym i klimatycznym przypisuje się duży wpływ na rozwój kleszczy, a także na przeżycie wirusa kzm. Choć w wielu pracach wykazuje się znaczną korelację pomiędzy warunkami meteorologicznymi a kzm to jednak wiadomo, że związek ten nie jest bezpośredni. Według badań eksperymentalnych potwierdzonych obserwacjami terenowymi, szybkie jesienne ochłodzenie sprzyja rozpoczęciu hibernacji dużej liczby larw, które nie zdążyły pożywić się po wykluciu z jaj w okresie letnim. Jeżeli będzie temu towarzyszyło szybkie ocieplenie wczesną wiosną, duże ilości nie napitych larw i nimf będą się żywiły na gryzoniach, w organizmie gospodarzy wirus ulegnie amplifikacji i będzie go wystarczająco dużo, aby nimfy oraz dorosłe postaci kleszczy mogły zakażać ludzi (3). Jednak sama obecność zakażonych kleszczy nie wystarcza do wzrostu częstości zakażeń u ludzi. W razie niekorzystnych warunków pogodowych w danym okresie, ludzie nie będą odwiedzali miejsc żerowania zakażonych kleszczy.

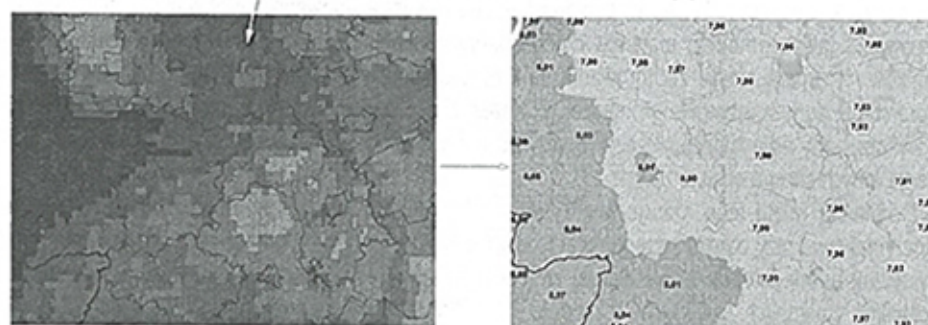
W następstwie współpracy z Instytutem Meteorologii i Gospodarki Wodnej uzyskane zostaną pomiary meteorologiczne uśrednione dla każdej gminy za pomocą analiz przestrzennych, polegających na interpolacji rozkładu przestrzennego wartości pomiarów ze stacji meteorologicznych. Metody krigingu, krigingu resztowego oraz regresji wielokrotnej zostaną wykorzystane na podstawie dotychczasowych doświadczeń współautora (10). Rycina 4 obrazuje sposób przenoszenia interpolowanych danych z mapy Polski na poszczególne gminy. We wstępnej fazie rozpatrywano dane meteorologiczne z rozdzielczością dobową. Były to dane o temperaturze powietrza (średniej dobowej, maksymalnej i minimalnej), sumie dobowej opadu, wysokości pokrywy śnieżnej, wilgotności względnej. Jednak po wstępnych analizach zdecydowano się uwzględnić tylko dane dotyczące temperatury powietrza i opadów atmosferycznych. Jednocześnie dane te uśredniono dla okresów dekadowych (10-dniowych), które pozwolą ustalić czy współwystępowanie określonych warunków klimatycznych w szeregu dekadach ma wpływ na wzrost lub spadek zapadalności kzm w poszczególnych gminach. Z powodu ogromnej liczby pomiarów w każdym roku będzie konieczne przeprowadzenie wstępnych analiz eksplorujących związki pomiędzy warunkami w dekadach oraz zapadalnością na kzm. Końcowy model będzie zawierał jedynie informacje o wstępnie wytypowanych dekadach. Wpływ czynników klimatycznych na zachowania ludzi

(przebywanie w lesie) będzie wymagał osobnego rodzaju analizy szeregów czasowych, a więc uwzględniającej datę zachorowania dla każdego przypadku kzm (z odpowiednim przesunięciem czasowym uwzględniającym okres inkubacji choroby) oraz dzienne pomiary meteorologiczne.

Średnia temperatura w 2003 r. w woj. warmińsko-mazurskim



Przypisanie gminom uśrednionej wartości pomiarów z mapy meteorologicznej (wybrany obszar województwa warmińsko-mazurskiego)



Ryc. 4. Schematyczne przedstawienie sposobu przypisywania pomiarów meteorologicznych do poszczególnych jednostek administracyjnych za pomocą narzędzi analizy przestrzennej

Fig. 4. Schematic presentation of the way in which meteorological data from different administrative areas would be introduced into the model

Wpływ statusu społeczno-ekonomicznego ludności

Oprócz warunków sprzyjających aktywności kleszczy oraz przetrwaniu wirusa na danym terenie, istotnym elementem układanki jest długość i częstość przebywania na świeżym powietrzu ludności miejscowej oraz turystów. Z jednej strony wyższy status ekonomiczny umożliwia częstsze przemieszczanie się np. mieszkańców dużych miast do terenów endemicznych. Z drugiej strony niższy status ekonomiczny części ludności zamieszkującej tereny endemiczne zwiększa prawdopodobieństwo pracy na świeżym powietrzu, zbierania przez nich runa leśnego na własne potrzeby oraz w celach zarobkowych, jak również ogranicza dostęp do szczepień. W celu sprawdzenia znaczenia statusu społeczno-ekonomicznego mieszkańców gmin dla rozprzestrzeniania się zachorowań na kzm planuje się analizowanie takich wskaźników jak: dochód na mieszkańca gminy, odsetek bezrobotnych w gminach. Innymi często

stosowanymi w badaniach ekologicznych wskaźnikami statusu społeczno-ekonomicznego są: stan wykształcenia mieszkańców oraz najczęściej wykonywane zawody (11). Te dwie ostatnie miary są najtrudniejsze do uogólnienia na poziomie administracyjnym gminy.

Wykorzystanie nietypowych zmiennych

Na podstawie wcześniejszych badań autora, postanowiono wykorzystać liczbę zachorowań na boreliozę w gminie jako zbiorczy wskaźnik aktywności kleszczy oraz prawdopodobieństwa kontaktu ludzi z kleszczami (12). Nadzór epidemiologiczny nad boreliozą, jak również badania rozpowszechnienia krętków *Borrelia* w kleszczach oraz przeglądy serologiczne ludności wskazują na równomierne występowanie ryzyka zachorowania na boreliozę na terenie kraju, zarówno na obszarach wiejskich, jak i miejskich (13, 14). Zapadalność na boreliozę przebiegającą pod postacią rumienia wędrującego można uznać za czuły wskaźnik aktywności kleszczy i ryzyka zetknięcia się ludzi z kleszczami. Informacje o liczbie zachorowań według miejsca narażenia zostaną pozyskane z wywiadów przesyłanych do Zakładu Epidemiologii NIZP-PZH w latach 1999-2006.

Analiza statystyczna

Analiza tej ilości danych będzie wymagała podejścia wieloetapowego. Jej głównym celem będzie opracowanie takiego modelu matematycznego, który najlepiej będzie opisywał łączny wpływ wielu czynników na zmiany ryzyka zachorowania na kzm w gminach. W związku z tym, że planowane jest wykorzystanie danych rutynowo gromadzonych przez różne instytucje w Polsce, model ten będzie mógł być wykorzystany do walidacji bieżącej analizy po upływie kilku lat. Będzie go można wykorzystać do badania innych chorób odzwierzęcych.

Zasadniczą zaletą tego rodzaju analizy jest badanie łącznego wpływu wielu czynników (analiza wieloczynnikowa) przy bardzo szczegółowej rozdzielczości geograficznej. W tego typu analizie program statystyczny będzie oceniał wpływ każdej zmiennej przy uwzględnieniu łącznego wpływu wszystkich pozostałych zmiennych zawartych w modelu. Ponadto model będzie oceniał związki jednocześnie w blisko 2 500 jednostkach analizy (gminach) dla każdego roku (1999-2007), a więc będzie prowadził jednocześnie ponad 22 000 analiz związku pomiędzy zapadalnością kzm a zestawem czynników wyjaśniających. Można więc przypuszczać, że jeżeli istnieje optymalne zestawienie cech wyjaśniające pojawianie się i ustępowanie zachorowań w danym terenie, model je wykryje. Analizy takie stały się obecnie możliwe dzięki dynamicznemu rozwojowi sprzętu komputerowego oraz narzędzi statystycznych.

Analizę wieloczynnikową będziemy prowadzić, zgodnie z wcześniejszymi doświadczeniami (12) za pomocą regresji Poissona lub jej odmiany – regresji ujemnej dwumianowej. Metoda uogólnionych równań estymujących (GEE) zostanie użyta w celu dostosowania modelu do wielu skorelowanych ze sobą pomiarów w gminach. Ponieważ kzm jest ograniczone do niewielkiego regionu Polski planuje się analizę, w której model najpierw przewidzi wystąpienie co najmniej jednego zachorowania w gminie, natomiast kolejna analiza będzie sprawdzała wpływ zmiennych ekologicznych tylko w regionach „endemicznych”.

Tabela 1. Typy siedliskowe lasów stosowane w Leśnej Mapie Numerycznej koordynowanej przez Generalną Dyрекcję Lasów Państwowych (10)

Table 1. Forest types as applied in Forest Numerical Map coordinated by public forest administration

Symbol	Nazwa siedliska	Grupa wilgotnościowa
BS	bory suche	siedlisko suche
Bśw	bory świeże	siedlisko świeże
Bmw	bory mieszane świeże	
BMwyżśw	bory mieszane świeże wyżynne	
BGśw	bory świeże regla dolnego	
BMGśw	bory mieszane świeże regla dolnego	
Lśw	lasy świeże	
Lwyżśw	lasy świeże wyżynne	
LGśw	lasy świeże regla dolnego	
LMśw	lasy mieszane świeże	
LMwyżśw	lasy mieszane świeże wyżynne	
LMGśw	lasy mieszane świeże regla dolnego	
Bw	bory wilgotne	siedlisko wilgotne
BGw	bory wilgotne regla dolnego	
Bmw	bory mieszane wilgotne	
BMwyżw	bory mieszane wilgotne wyżynne	
BMGw	bory mieszane wilgotne regla dolnego	
Lw	lasy wilgotne	
Lwyżw	lasy wilgotne wyżynne	
LGw	lasy wilgotne regla dolnego	
LMw	lasy mieszane wilgotne	
LMwyżw	lasy mieszane wilgotne wyżynne	
LMGw	lasy mieszane wilgotne regla dolnego	
Bb	bory bagienne	siedlisko bagienne
BMb	bory mieszane bagienne	
BMGb	bory mieszane bagienne regla dolnego	
BGb	bory bagienne regla dolnego	
OL	lasy bagienne (ols)	
LMb	lasy mieszane bagienne	
Lł	lasy łęgowe wilgotne	siedlisko łęgowe
OLJ	lasy łęgowe bagienne (ols jesionowy)	
Lłwyż	lasy łęgowe wilgotne	
OLJwyż	lasy łęgowe bagienne	
LłG	lasy łęgowe regla dolnego	
OLJG	lasy łęgowe bagienne regla dolnego	

Podsumowanie

Poznanie uwarunkowań rozwoju kzm pozwoli na zaplanowanie programów profilaktycznych dotyczących ochrony osobistej oraz szczepień ochronnych, skierowanych do najbardziej zagrożonych grup ludności. Skuteczność tworzonego modelu w przewidywaniu zmian rozpowszechnienia zachorowań na kzm będzie sprawdzana w kolejnych latach.

Podjęcie tematu ekologicznych uwarunkowań zachorowań na kzm jest na wskroś interdyscyplinarnym wyzwaniem, które wymaga współpracy badaczy z kilku dość odległych sobie dyscyplin naukowych. Prowadzenie badań w tym zakresie musi być ponadto oparte na bardzo dużej liczbie danych, których charakter, dokładność i jednorodność znacznie się mogą różnić. Wymaga to bardzo wnikliwego i jednocześnie szerokiego spojrzenia, w celu właściwej interpretacji zauważonych związków. Jak już wcześniej stwierdzono, niekiedy związki pomiędzy warunkami środowiskowymi a kzm choć są ewidentne, to jednak nie są zależnościami bezpośrednimi.

Obecnie trwają ogólnoeuropejskie badania czynników ekologicznych warunkujących zróżnicowane rozpowszechnienie najczęściej występujących chorób odkleszczowych w Europie, w ramach projektu EDEN (7). Aby zapewnić prawidłową interpretację wyników planowanych badań oraz ich kompatybilności z badaniem ogólnoeuropejskim, zaproszono ich koordynatorkę – prof. Sarah Randolph – do konsultowania analizy prowadzonej przez NIZP-PZH. Zapewni to uzupełnianie się wyników analiz, które są prowadzone na z różną rozdzielczością geograficzną.

Podziękowania

Badania są finansowane z grantu NIH/FIC (Global Research Initiative Program for New Foreign Investigators – GRIP) nr 1R01TW007248. Współwykonawcami badania ekologicznego w ramach tego projektu są: dr Dennis White, dr Dale Morse (New York State Health Department), dr Steven Samuels (niezależny konsultant) oraz prof. Sara Randolph (Uniwersytet w Oksfordzie).

Piśmiennictwo

1. Monath TP, Heinz FX. Flaviviruses. W: Fields BN, Knipe DM, Howley PM, i in., eds. Field's virology. 3rd ed. Vol. 1. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1996:961-1034.
2. Dumpis U, Crook D, Oksi J. Tick-borne encephalitis. Clin Infect Dis, 1999;28:882-90.
3. Randolph SE, Miklisova D, Lysy J, i in. Incidence from coincidence: patterns of tick infestation on rodents facilitate transmission of tick-borne encephalitis virus. Parasitology, 1999;118:177-86.
4. Estrada-Peña A. Distribution, abundance, and habitat preferences of *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) in northern Spain. J Med Entomol, 2001;38:361-70.
5. Brownstein JS, Holford TR, Fish D. A climate-based model predicts the spatial distribution of the Lyme disease vector *Ixodes scapularis* in the United States. Environ Health Perspect, 2003;111:1152-7.
6. Daniel M, Kolar J, Zeman P, i in. Predictive map of *Ixodes ricinus* high-incidence habitats and a tick-borne encephalitis risk assessment using satellite data. Exp Appl Acarol, 1998;22:417-33.
7. Sumilo D, Asokliene L, Bormane A, i in. Randolph S.E. Climate change cannot explain the upsurge of tick-borne encephalitis in the Baltics. PLoS ONE, 2007;2(6): e500. doi:10.1371/journal.pone.0000500.
8. Jackson LE, Hilborn ED, Thomas JC. Towards landscape design guidelines for reducing Lyme disease risk. Int J Epidemiol. 2006;35:315-22.

9. Materiały uzupełniające do instrukcji urządzania lasu – Wydane na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych, Warszawa 2006.
10. Ustrnul Z, Czekierda D. Metody analizy przestrzenno-czasowej w badaniach klimatologicznych (na przykładzie Polski). *Roczniki Geomatyki*, 2006;4: 147-56.
11. Diez-Roux AV, Kiefe CI, Jacobs DR Jr, i in. Area characteristics and individual-level socioeconomic position indicators in three population-based epidemiologic studies. *Ann Epidemiol*, 2001;11:395-405.
12. Stefanoff P. Factors influencing tick-borne encephalitis endemicity in Poland. Praca magisterska obroniona na University at Albany, State University of New York, 2004.
13. Stanczak J, Racewicz M, Kubica-Biernat B, i in. Prevalence of *Borrelia burgdorferi sensu lato* in *Ixodes ricinus* ticks (Acari, Ixodidae) in different Polish woodlands. *Ann Agric Environ Med*, 1999;6:127-32.
14. Chmielewski T, Tylewska-Wierzbowska S. Występowanie przeciwciał swoistych dla *Borrelia burgdorferi* u ludzi zdrowych na terenie Polski. *Przegl Epidemiol* 2002;56:33-8.

Paweł Stefanoff, Ewa Staszewska, Zbigniew Ustrnul, Justyna Rogalska,
Aleksandra Łankiewicz, Magdalena Rosińska

ECOLOGIC STUDY OF THE RISK OF TICK-BORNE ENCEPHALITIS IN POLAND – PRESENTATION OF THE METHOD

Summary

Currently an ecologic study assessing the relationship between tick-borne encephalitis (TBE) with diverse environmental and social factors at the lowest administrative level is developed for Poland. Because the disease is affecting only part of the country, the authors will try to identify factors which could explain this uneven geographic distribution of the disease. To increase precision of the analysis we will utilize the highest possible resolution of the analysis, for which routinely collected data are available. Part of the data at the commune level will be obtained from the Polish communicable disease surveillance system and the Central Statistical Office, and part will be obtained using GIS tools from maps prepared by diverse institutions. The outcome studied will be TBE cases assigned to commune of residence or to place of exposure. The explanatory variables will be: land use categories (percent of commune area and their border length), meteorological variables (temperatures, rainfall), socio-economic status of communes (income per capita, unemployment rate), and Lyme borreliosis incidence (as a complex indicator of tick activity and human to tick exposure).