

PRACE ORYGINALNE

EKSTENSYWNOŚĆ ZAKAŻENIA POPULACJI *IXODES RICINUS* KRĘTKAMI *BORRELIA BURGdorFERI* SENSU LATO W LASACH PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ POLSKI

MIROSŁAWA HUMICZEWSKA¹, WANDA KUŻNA-GRYGIEL²,
LIDIA KOŁODZIEJCZYK², SYLWIA BIAŁEK¹, ANNA KOZŁOWSKA¹,
WITOLD ROZEN² I ZBIGNIEW SYCH³

¹Instytut Biologii i Ochrony Środowiska, Pomorska Akademia Pedagogiczna, ul. Arciszewskiego 22, 76-200 Słupsk; ²Zakład Biologii i Parazytologii Medycznej, Pomorska Akademia Medyczna; ³Zakład Higieny, Pomorska Akademia Medyczna, Al. Powstańców Wlk. 72, 70-111 Szczecin

ABSTRACT. Prevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in *Ixodes ricinus* population in forests of north-western Poland. The ticks *Ixodes ricinus* were collected during three growing seasons in forested areas of north-western Poland. The ticks were collected by flagging at 30 sites. The specimens collected (nymphs and adults) were subjected, after an appropriate treatment, to indirect immunofluorescence analysis (IFA). In addition, effects of temperature and atmospheric precipitation on the tick infection with the spirochaete *Borrelia burgdorferi* were investigated based on data supplied by the Institute of Meteorology.

A total of 8519 individuals of *I. ricinus* were collected at the sampling sites within May-October of three consecutive years. The pool of individuals obtained consisted of 7356 nymphs, 559 females, and 604 males. The *B. burgdorferi* prevalence varied rather widely, from 10 to 19%. Compared to nymphs, adult individuals showed a higher infection rate. A relationship between infection rate and *I. ricinus* activity in different years and months was studied in detail. The boreliosis risk was found to increase with increasing tick activity. On the other hand, no correlation was found between the meteorological parameters (temperature, precipitation), tick abundance, and the *B. burgdorferi* infection rate.

Key words: *Borrelia burgdorferi*, environmental factors, infection rate, *Ixodes ricinus*.

WSTĘP

Kleszcze z rodzaju *Ixodes*, w tym na terenie Europy głównie *Ixodes ricinus*, są istotnym wektorem w przenoszeniu *Borrelia burgdorferi*, krętków z grupy *Spirochetes*, wywołujących boreliozę z Lyme. Intensywność transmisji i rozprzestrzenienie *B. burgdorferi* w Europie badano w wielu krajach (Hubalek i wsp. 1990, 1998;

¹Praca finansowana przez KBN, projekt badawczy nr 4 PO5D 043 11

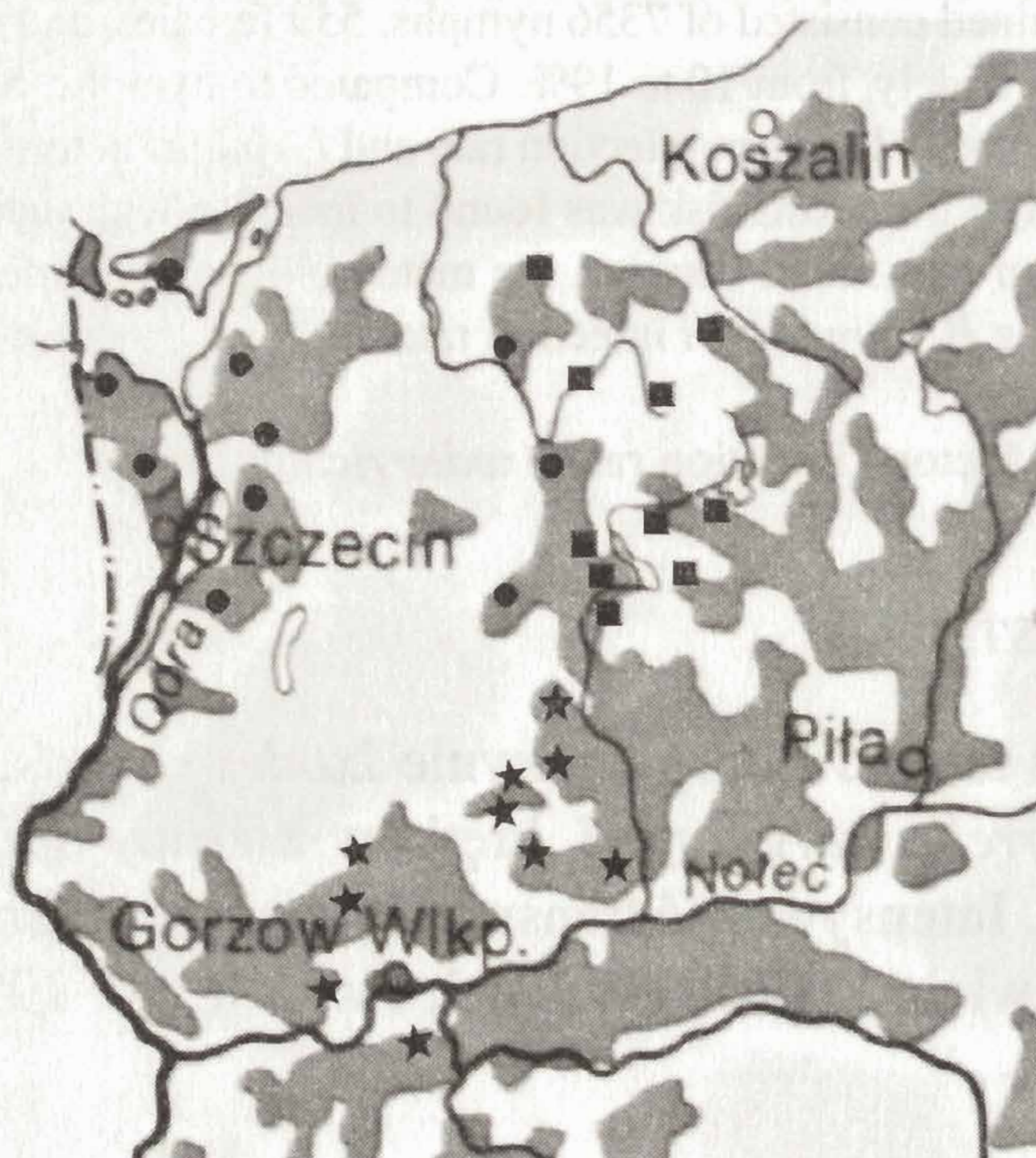
Gray i wsp. 1992, 1998; Matuschka i wsp. 1992; Telford i wsp. 1992; Humair i wsp. 1993; Talleklint i wsp. 1993; Randolph i wsp. 1996; Talleklint i Jaenson 1996; O`Connel i wsp. 1998). Proces ten jest zależny od wielu czynników środowiskowych i, jak wykazali m. inn. Talleklint i wsp. (1993) i Gray i wsp. (1998), wykazuje duże właściwości sezonowe. Jest to związane z aktywnością żerowania *I. ricinus* i zwykle jest wyrażone przez dwa szczyty: wiosenny i jesienny.

Również w Polsce, w związku ze wzrostem zachorowań ludzi na boreliozę, w wielu ośrodkach podjęto badania nad tym zagadnieniem (Wegner i wsp. 1994, 1995, 1997; Siński i wsp. 1994; Chodyncka i wsp. 1995; Humiczewska 1995; Fliśiak i wsp. 1996; Humiczewska i wsp. 1997, 1998a, b; Siński i Rijpkema 1997). Dotychczasowe badania populacji *I. ricinus* z zalesionych terenów różnych regionów Polski wykazały, że są one zakażone krętkami *Borrelia burgdorferi*, a odsetek zakażenia waha się od kilku do kilkudziesięciu procent (Siński i wsp. 1994; Wegner i wsp. 1994; Chodyncka i wsp. 1995; Humiczewska i wsp. 1997, 1998b; Siński i Rijpkema 1997; Stańczak i wsp. 1999). Jednak rezerwuuar zoonotyczny oraz udział kleszczy w transmisji tego patogenu w środowisku naturalnym jest nadal nie do końca poznany (Siuda 1996, Siński 1999).

Z uwagi na odnotowane przypadki zachorowań na boreliozę na Pomorzu Zachodnim (Januskiewicz 1984; Januskiewicz i Kieda 1987; Niścigorska 1997, 1999) celowe było przeprowadzenie oceny ekstensywności zakażenia kleszczy *Ixodes ricinus* krętkami *Borrelia burgdorferi* w różnych okresach ich sezonowej aktywności na obszarze północno-zachodniej Polski.

MATERIAŁ I METODY

Charakterystyka terenu badań



Obszar Pomorza Zachodniego, na którym prowadzono badania, obejmował trzy byłe województwa: szczecińskie, koszalińskie i gorzowskie (wg podziału administracyjnego Polski do końca 1998 r.). W skład omawianego obszaru wchodzi dwa makroregiony – Pojezierze Zachodniopomorskie i Pojezierze Południowopomorskie oraz Pobrzeże Południowobałtyckie (Kon-dracki 1978). Przeważającą część zalesionych powierzchni Pomorza stano-

Rys.1. Lokalizacja stanowisk odłowu *Ixodes ricinus*: ● – woj. Szczecińskie, ■ – woj. Koszalińskie, * -woj. Gorzowskie

wią drzewostany iglaste – ok. 80%, pozostałe 20% to lasy mieszane i liściaste (Jasnowska i Jasnowski 1983).

Wytypowano 30 stanowisk odłowu kleszczy, głównie w lasach liściastych i mieszanych, po 10 punktów w każdym z wymienionych byłych województw (Rys. 1). Stanowiska te zlokalizowane były w przeważającym stopniu w następujących zbiorowiskach leśnych: w typie siedliskowym boru mieszanego (*Fago-Quercetum* i *Pino-Quercetum*) oraz buczynach typu *Melico-Fagetum* (Matuszkiewicz 1982) w następujących miejscowościach: woj. Szczecińskie – Babigoszcz, Dargobądz, Dobieszczyn, Goleniów – lotnisko, Ińsko, Jez. Głębokie (Szczecin), Kliniska, Łobez, Puszcza Bukowa (Szczecin), Resko; woj. Gorzowskie – Bierzwnik, Bogdaniec, Danków, Drawno, Drezdenko, Jastrzębiec, Krzynka, Przyłęg, Renice, Trzebiszewo; woj. Koszalińskie: Bobrowo, Borkowo, Czaplinek, Konotop, Leszczyn, Oleszno, Poźrzadło Wlk., Słonowice, Toporzyk, Wygoda.

Metody odłowu kleszczy

Kleszcze odławiano od maja do października w latach 1996-1998 metodą flagowania z krzewów, traw i ściółki leśnej. Zbioru dokonywano między godziną 9 a 16. W 1998 r. warunki meteorologiczne pozwoliły na zebranie kleszczy również w kwietniu. Jednak przy analizie porównawczej nie uwzględniono wyników badań z tego miesiąca. Wyniki badań z 1998 r. z uwzględnieniem kwietnia zostały opracowane oddzielnie (Humiczewska i wsp. 1998b). Z zebranych nimf i postaci dojrzałych *Ixodes ricinus* sporządzano preparaty do badań immunologicznych. Nimfy rozgniatały w oczkach szkiełek w 4 μ l buforu PBS (pH=7,4). Dorosłe osobniki, po przemyciu 70% alkoholem etylowym, rozcinano i wyciskano narządy wewnętrzne w 20 μ l PBS. Z każdego osobnika 10 μ l zawiesiny przenoszono na szkiełko mikroskopowe. Szkiełka z materiałem do badań, po wysuszeniu w temperaturze pokojowej i utrwaleniu w acetonie (15 min.), przechowywano w temp. -20° C.

Metody wykrywania krętków *Borrelia burgdorferi*

Krętki wykrywano metodą immunofluorescencji pośredniej (IFA) z użyciem króliczych przeciwciał anti-*Borrelia burgdorferi*, szczep 1B29 otrzymanych z Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin w Berlinie, oraz kozich przeciwciał anti-króliczych IgG, znakowanych izotiocjanatem fluoresceiny (FITC), firmy Sigma. Kontrolę pozytywną stanowił amerykański szczep *B. burgdorferi* – B31, firmy bioMérieux. Preparaty oceniano w mikroskopie fluorescencyjnym AXIOLAB. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z zastosowaniem testu χ^2 z poprawką Yatesa lub dokładnego testu Fishera. Za istotne uznano wartości dla $p < 0,05$.

Czynniki meteorologiczne

Na badanym obszarze wybrano 3 posterunki meteorologiczne (Szczecin, Przelewice i Resko), dla których uzyskano dane dotyczące średnich temperatur miesięcz-

nych i sumy miesięcznych opadów z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Oddziału Morskiego w Gdyni (Tabele 1, 2).

Tabela 1. Średnia temperatura powietrza w badanym okresie

	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Szczecin							
1996	8,3	11,7	15,8	15,8	18,4	11,2	9,5
1997	6,0	12,5	16,2	17,7	20,0	13,7	8,0
1998	9,6	14,2	16,8	16,7	15,8	13,2	8,1
Berlinek							
1996	8,1	11,7	15,8	15,6	17,9	10,4	9,1
1997	5,4	12,6	16,6	17,9	20,2	13,5	7,4
1998	9,5	14,3	17,0	17,0	16,2	13,5	7,9
Drawsko							
1996	7,5	11,3	15,4	15,3	18,0	10,1	9,0
1997	5,1	11,8	16,3	17,4	19,7	13,0	7,0
1998	8,9	13,7	16,2	16,3	15,3	13,1	7,8

Tabela 2. Sumy miesięcznych opadów atmosferycznych (mm) w badanym okresie

	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Szczecin							
1996	11	101	50	134	79	50	50
1997	48	50	90	136	43	21	39
1998	41	96	44	76	59	46	71
Berlinek							
1996	11	78	54	140	69	32	33
1997	38	36	890	107	61	37	44
1998	65	45	62	50	52	42	66
Drawsko							
1996	20	85	69	173	80	77	61
1997	45	59	57	82	32	37	83
1998	66	69	69	114	106	61	81

W celu określenia ewentualnego wpływu tych czynników na liczebność i stopień zakażenia kleszczy przez *B. burgdorferi*, poddano analizie statystycznej sumę kleszczy zebranych w poszczególnych miesiącach oraz odsetek zakażonych osobników z 5 punktów każdego z posterunków meteorologicznych (w Barlinku w pobliżu Przelewic i w Drawsku w pobliżu Reska) oraz miesięczne sumy opadów i średnie temperatury.

Uwzględniając fakt, że jedna z cech poddanych analizie – liczebność – nie jest cechą ciągłą, co wykazano testem Shapiro-Wilka, zastosowano nieparametryczny test statystyczny – współczynnik korelacji rang Spearmana wykorzystując program komputerowy STATISTICA.

WYNIKI I DYSKUSJA

Porównanie sezonowej aktywności *Ixodes ricinus* w latach 1996-1998

W miesiącach od maja do października w trzech kolejnych latach: 1996, 1997 i 1998 z wytypowanych miejsc zebrano łącznie 8519 osobników *Ixodes ricinus*, w tym 7356 nimf, 559 samic i 604 samców.

Wyniki badań dynamiki liczebności kleszczy (Tabele 3-5, Rys. 2) wskazują na występowanie dwóch szczytów sezonowej aktywności: w 1996 w maju i niewielki wzrost liczebności populacji we wrześniu; w 1997 r. niewielki wzrost liczebny w czerwcu i drugi bardzo wysoki we wrześniu; w 1998 r. najliczniejsza populacja *I. ricinus* była w maju, a drugi stosunkowo niewielki wzrost liczebności stwierdzono w sierpniu.

Tabela 3. Liczebność i odsetek kleszczy *Ixodes ricinus* zakażonych krętkami *Borrelia burgdorferi* w północno-zachodniej Polsce w 1996 roku

Miesiąc	Liczba odłowionych kleszczy				Zakażone osobniki					
	Ogółem	Nimfy	Samice	Samce	Ogółem		Nimfy		Dojrzałe	
					N	%	N	%	N	%
Maj	590	471	57	62	92	15,6	69	14,6	23	19,3
Czerwiec	426	310	52	64	56	13,1	40	12,9	16	13,8
Lipiec	375	210	77	88	56	14,9	30	14,3	26	15,8
Sierpień	202	136	33	33	25	12,4	17	12,5	8	12,1
Wrzesień	327	284	17	26	45	13,8	41	14,4	4	9,3
Październik	110	82	15	13	14	12,7	12	14,6	2	7,1
Ogółem	2030	1493	251	286	288	14,2	209	14,0	79	14,7

Tabela 4. Liczebność i odsetek kleszczy *Ixodes ricinus* zakażonych krętkami *Borrelia burgdorferi* w północno-zachodniej Polsce w 1997 roku

Miesiąc	Liczba odłowionych kleszczy				Zakażone osobniki					
	Ogółem	Nimfy	Samice	Samce	Ogółem		Nimfy		Dojrzałe	
					N	%	N	%	N	%
Maj	519	443	30	46	50	9,6	37	8,4	13	17,0
Czerwiec	609	533	37	39	69	11,3	55	10,3	14	18,4
Lipiec	454	395	22	37	71	15,6	56	14,2	15	25,4
Sierpień	591	559	16	16	68	11,5	62	11,2	6	18,8
Wrzesień	1007	949	27	31	125	12,4	107	11,3	18	31,0
Październik	228	224	0	4	28	12,3	28	12,5	0	0
Ogółem	3408	3103	132	173	411	12,1	345	11,1	66	21,6

W każdym badanym roku najmniejszą liczebność kleszczy stwierdzano w październiku. Zmiany liczebności nimf są proporcjonalne do zmian liczebności całej zebranej próby *I. ricinus*, natomiast zmiany liczebności postaci dojrzałych nie pokrywają się z dynamiką ogólnej liczebności. W 1996 r. najwięcej osobników dojrzałych w stosunku do wszystkich zebranych kleszczy było w lipcu (50,7%) i sierp-

niu (32,7%), w miesiącach, w których notowano spadek ogólnej liczebności kleszczy. Podobnie w 1998 r. osobniki dorosłe stanowiły największy odsetek w lipcu, kiedy zmniejszyła się ogólna liczebność populacji.

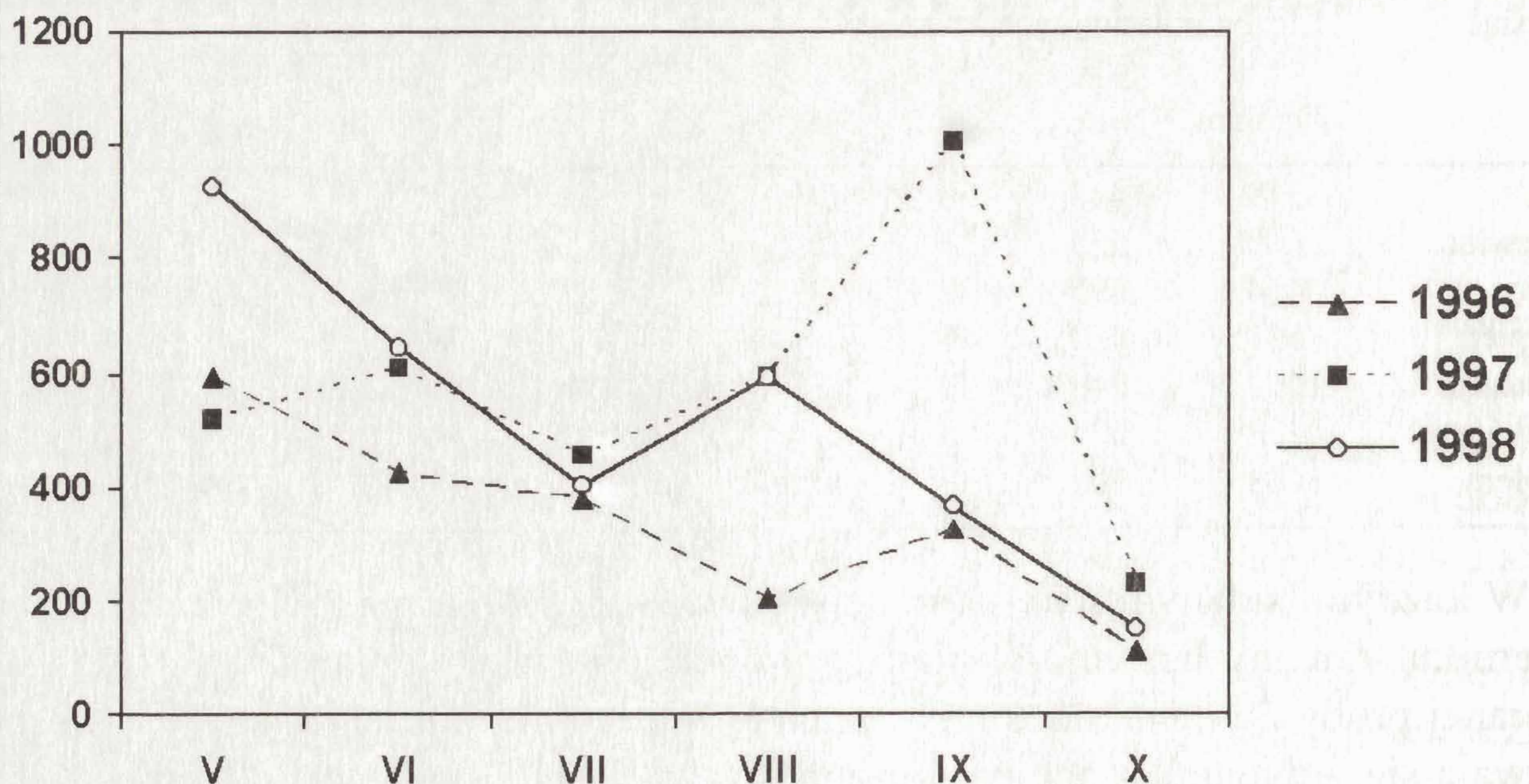
Tabela 5. Liczebność i odsetek kleszczy *Ixodes ricinus* zakażonych krętkami *Borrelia burgdorferi* w północno-zachodniej Polsce w 1998 roku

Miesiąc	Liczba odłowionych kleszczy				Zakażone osobniki					
	Ogółem	Nimfy	Samice	Samce	Ogółem		Nimfy		Dojrzałe	
					N	%	N	%	N	%
Maj	926	809	55	62	179	19,3	152	18,8	27	23,1
Czerwiec	643	582	33	28	114	17,7	92	15,8	22	36,1
Lipiec	403	348	36	19	66	16,4	53	15,2	13	23,6
Sierpień	592	538	30	24	106	17,9	88	16,4	18	33,3
Wrzesień	36	348	13	5	49	13,4	44	12,6	5	27,8
Październik	151	135	9	7	16	10,6	12	8,9	4	25,0
Ogółem	3081	2760	176	145	530	17,2	441	16,0	89	27,7

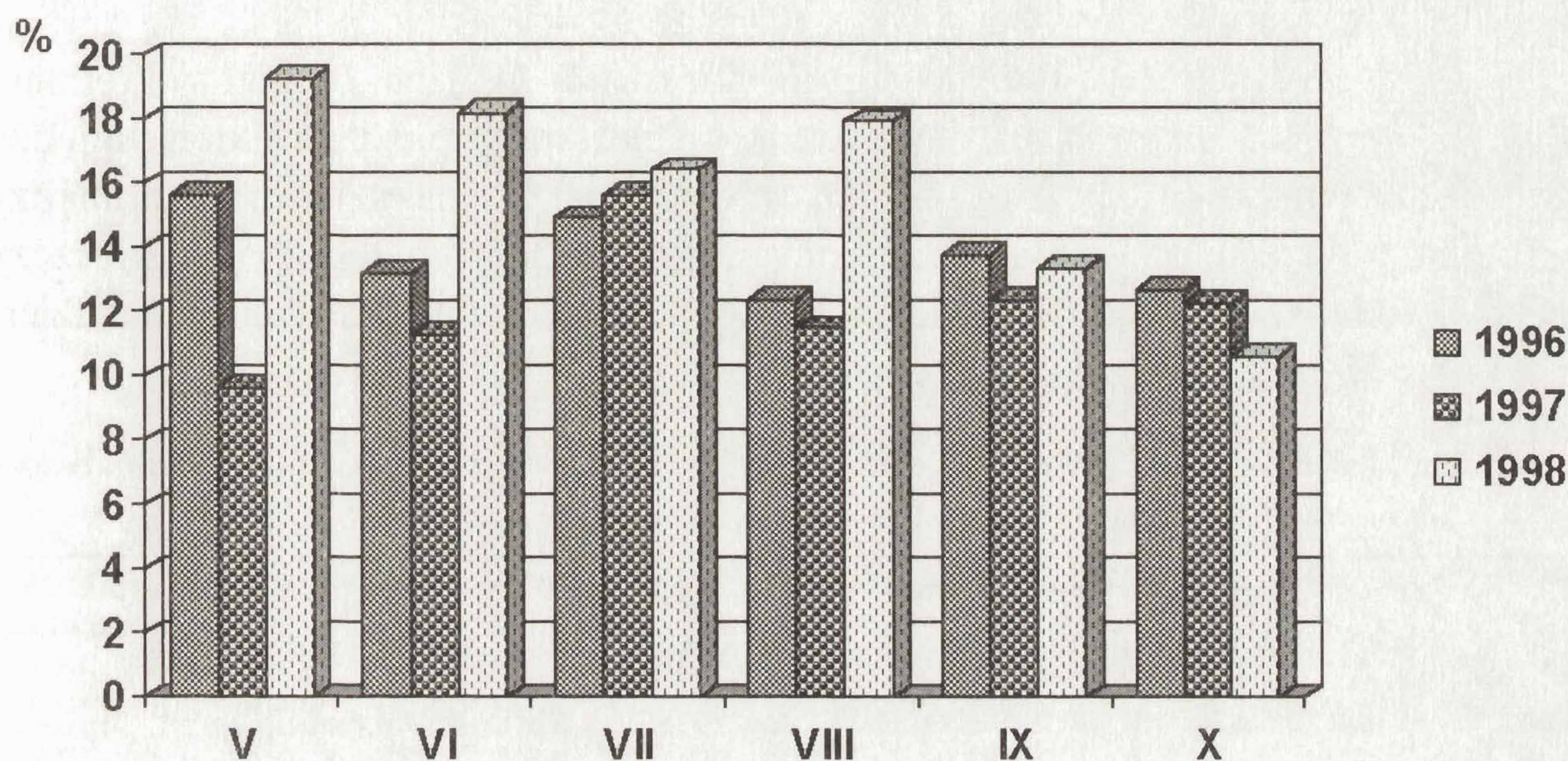
Porównanie ekstensywności zakażenia populacji *Ixodes ricinus*

Stopień zakażenia populacji *I. ricinus* w poszczególnych latach wykazywał duże wahania (Rys. 3, Tabele 3-5). W 1996 r. około 14% populacji było zakażonych krętkami *B. burgdorferi*. W 1997 r. odsetek zakażonych osobników był mniejszy niż w 1996 r. Najwyższy odsetek zakażonych kleszczy (ponad 17% populacji) wystąpił w 1998 r. W każdym roku największy odsetek zakażonych osobników stanowiły postacie dojrzałe.

Porównując odsetek zakażenia w całych zebranych próbach *I. ricinus* w badanych latach stwierdzono różnice statystycznie znamienne. Przy porównaniu lat: 1996 z 1997, $p < 0,001$; 1996 z 1998, $p < 0,001$; 1997 z 1998, $p < 0,0001$.



Rys. 2. Sezonowa aktywność *Ixodes ricinus* w północno-zachodniej Polsce w latach 1996-1998



Rys. 3. Ekstensywność zakażenia *Ixodes ricinus* krętkami *Borrelia burgdorferi* w lasach północno-zachodniej Polski w latach 1996-1998.

Częstość zakażenia kleszczy w poszczególnych miesiącach 1996 r. wahała się w granicach 12,4-15,6%, ale różnice te nie były istotne (Tabela 6). Największy odsetek zakażenia (15,6%), jaki odnotowano w maju, pokrywał się z największą liczebnością populacji w tym miesiącu (Tabela 3; Rys. 2, 3).

Tabela 6. Wskaźniki istotności różnic częstości zakażenia *Ixodes ricinus* krętkami *Borrelia burgdorferi* w miesiącach od maja do października 1996 r.

Miesiąc	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik
Maj	$p > 0,27$	$P > 0,78$	$p > 0,26$	$p > 0,45$	$p > 0,44$
Czerwiec		$P > 0,46$	$p > 0,78$	$p > 0,80$	$p > 0,90$
Lipiec			$p > 0,39$	$p > 0,65$	$p > 0,56$
Sierpień				$p > 0,64$	$p > 0,92$
Wrzesień					$p > 0,78$

Tabela 7. Wskaźniki istotności różnic częstości zakażenia *Ixodes ricinus* krętkami *Borrelia burgdorferi* w miesiącach od maja do października 1997 r.

Miesiąc	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik
Maj	$p > 0,35$	$p < 0,005$	$p > 0,31$	$p > 0,10$	$p > 0,27$
Czerwiec		$p < 0,04$	$p > 0,92$	$p > 0,51$	$p > 0,70$
Lipiec			$p > 0,05$	$p > 0,09$	$p > 0,24$
Sierpień				$p > 0,59$	$p > 0,75$
Wrzesień					$p > 0,95$

W 1997 r. stwierdzono różnicę istotną statystycznie między majem i czerwcem a lipcem oraz między lipcem a sierpnem i wrześniem (Tabela 7). Najczęściej wy-

krywano *B. burgdorferi* w kleszczach odłowionych w lipcu, kiedy liczebność kleszczy była niższa niż w czerwcu i wrześniu (Tabela 4; Rys. 2, 3).

W 1998 r. różnice statystycznie istotne w częstości zakażenia kleszczy krętkami *B. burgdorferi* stwierdzono między majem a wrześniem i październikiem, między czerwcem a wrześniem i październikiem, między lipcem a październikiem i między sierpniem a wrześniem i październikiem (Tabela 8). Odsetek zakażonych kleszczy wahał się od 10,6 % do 19,3 % i wartości te odpowiadają najmniejszej (w październiku) i największej (w maju) liczebności kleszczy (Tabela 5; Rys. 2, 3).

Tabela 8. Wskaźniki istotności różnic częstości zakażenia *Ixodes ricinus* krętkami *Borrelia burgdorferi* w miesiącach od maja do października 1998 r.

Miesiąc	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik
Maj	p > 0,42	p > 0,20	p > 0,48	p < 0,02	p < 0,01
Czerwiec		p > 0,57	p > 0,93	p > 0,07	p < 0,04
Lipiec			p > 0,53	p > 0,24	p > 0,08
Sierpień				p > 0,06	p < 0,04
Wrzesień					p > 0,38

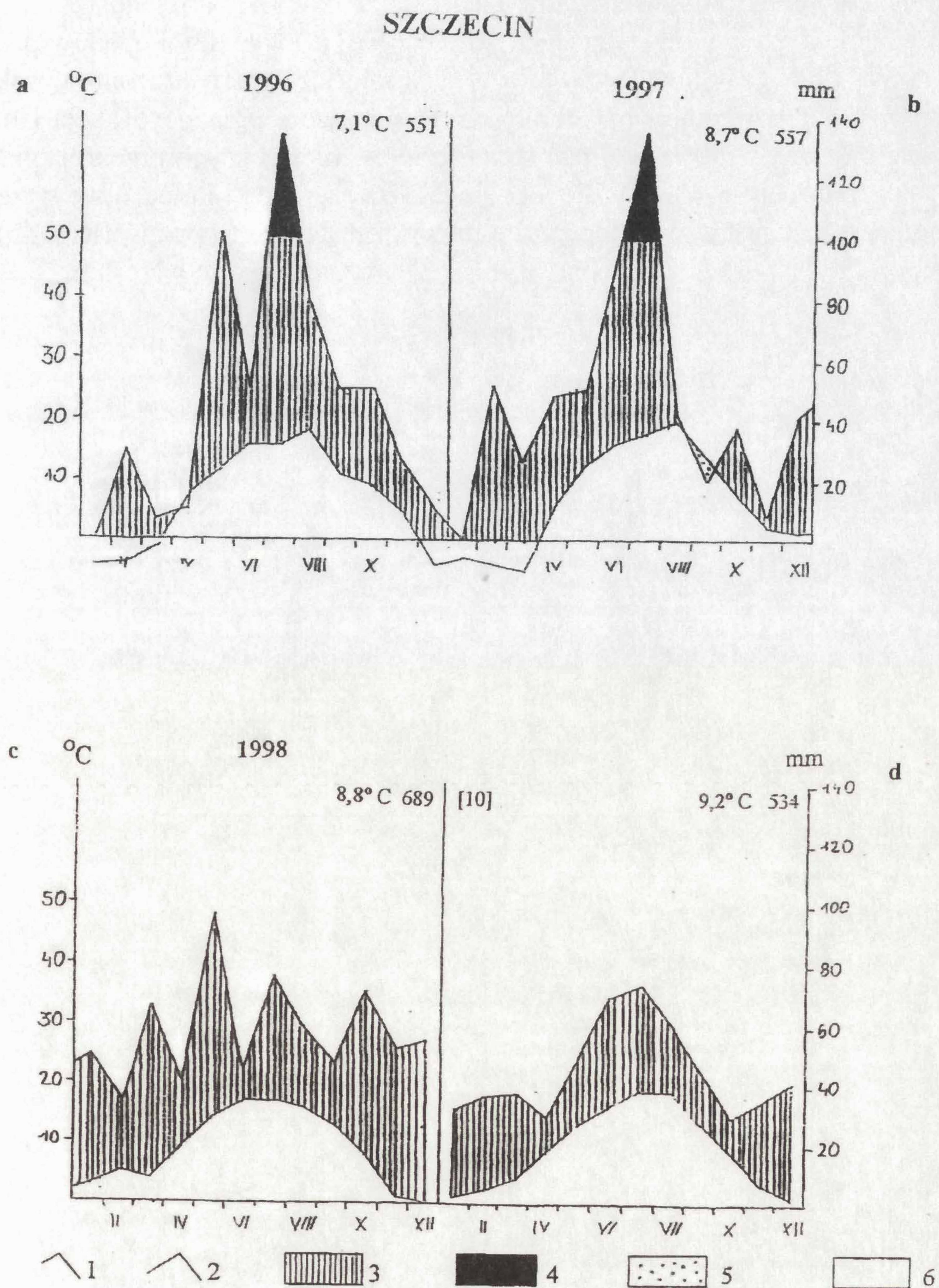
Tabela 9. Wskaźniki istotności różnic zakażenia *Ixodes ricinus* krętkami *Borrelia burgdorferi* w latach 1996-1998

	1996/1997	1996/1998	1997/1998
Maj	p < 0,01	p > 0,06	p < 0,001
Czerwiec	p > 0,3	p < 0,05	p < 0,001
Lipiec	p > 0,7	p > 0,5	p > 0,7
Sierpień	p > 0,7	p > 0,06	p < 0,002
Wrzesień	p > 0,5	p > 0,8	p > 0,6
Październik	p > 0,9	p > 0,5	p > 0,6

Na uwagę zasługuje wyraźnie wyższy stopień zakażenia krętkami osobników dojrzałych kleszczy w porównaniu z nimfami zarówno w całej próbie, jak i w poszczególnych miesiącach lat 1997 i 1998 (Tabela 4, 5). Tylko w roku 1996 w niektórych miesiącach liczba zakażonych nimf była podobna lub wyższa niż liczba zakażonych osobników dorosłych (Tabela 3).

Analiza statystyczna wyników wykazała, że najbardziej istotne różnice w zakażeniu *I. ricinus* krętkami występowały między latami 1997/1998 w maju oraz czerwcu (p < 0,001) i w sierpniu (p < 0,002). Również istotne statystycznie różnice wystąpiły między latami 1996/1997 w maju (p < 0,01) oraz w czerwcu i sierpniu między latami 1996/1998 (p < 0,05) (Tabela 9).

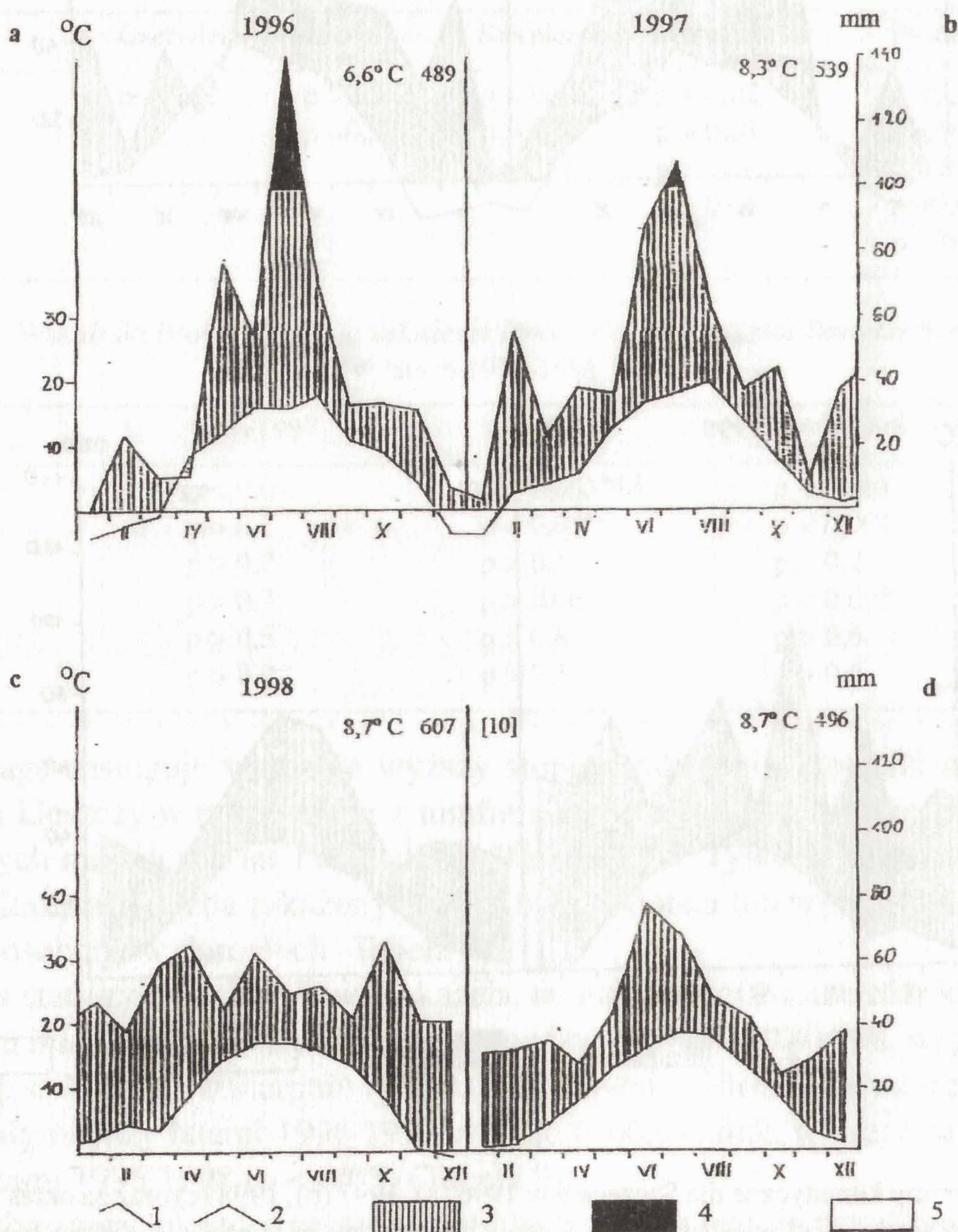
Aby zobrazować niektóre cechy klimatu na badanym terenie przedstawiono dane z IMGW (Tabele 1, 2) w postaci diagramów klimatycznych opracowanych metodą Waltera-Gaussena dla lat 1996, 1997 i 1998. (Rys. 4-6). Diagramy sporządzone na podstawie średnich danych z 10 lat obrazują cechy makroklimatu (Rys. 4d, 5d, 6d).



Rys. 4. Diagramy klimatyczne dla Szczecina w 1996 (a), 1997 (b), 1998 (c) oraz za okres 10 lat (1988-1997) (d). 1 – średni opad miesięczny, 2 – średnia temperatura miesięczna, 3 – okres humidowy (gdy opad przewyższa potencjalne parowanie – zastąpione temperaturą), 4 – okres perhumidowy (gdy suma opadów przewyższa 100 mm), 5 – okres aridowy (potencjalne parowanie przeważa nad opadami, czyli krzywa temperatur przewyższa krzywą opadów – okres posuchy), 6 – ciepły okres roku (dzienna temperatura $> 0^{\circ}\text{C}$).

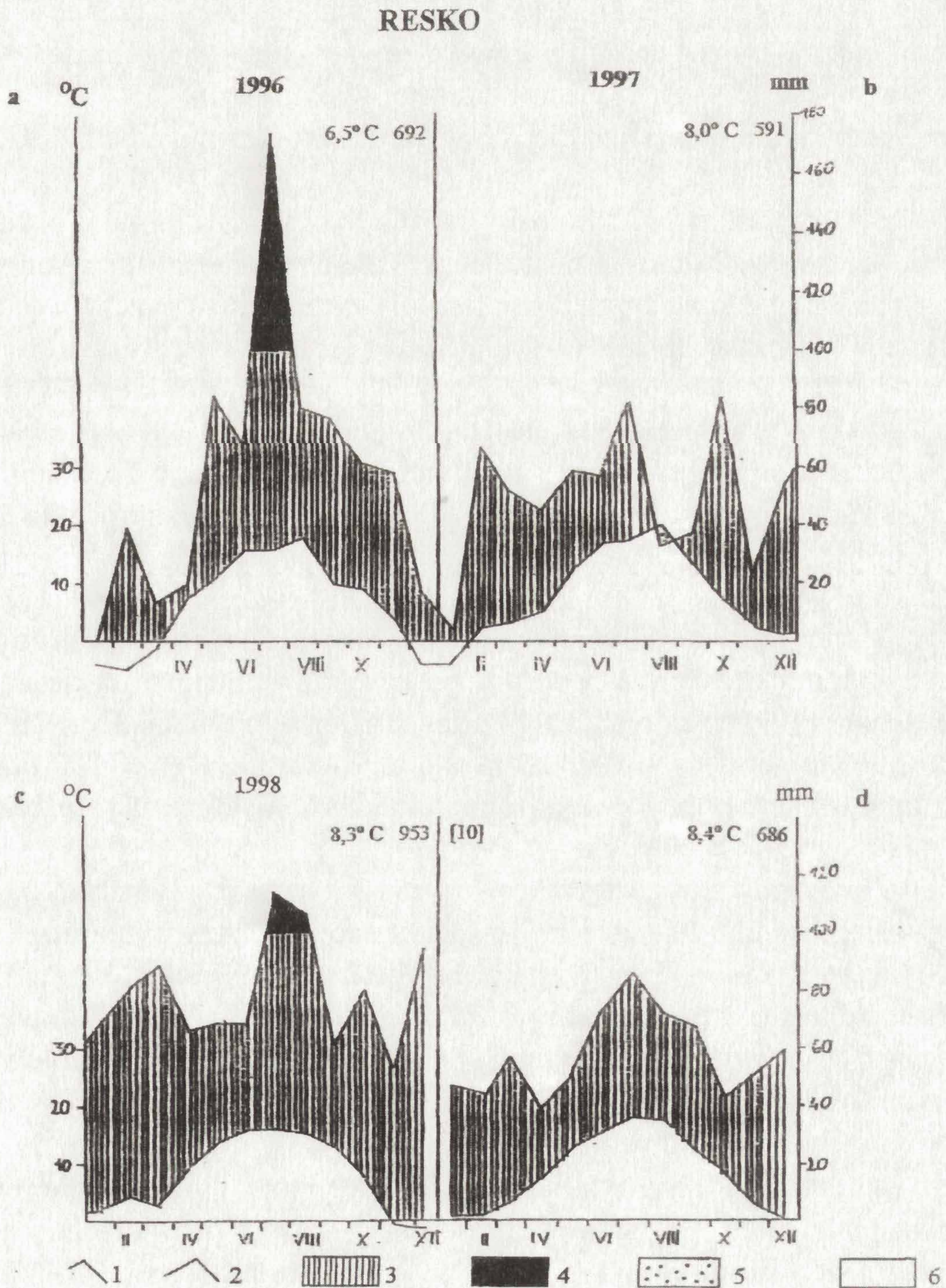
Średnia temperatura powietrza dla Szczecina za okres 10 lat wynosi $9,2^{\circ}\text{C}$, zaś suma opadów rocznych 534 mm (Rys. 4d). W 1996 r. maksimum opadów przypadało na maj i lipiec (Rys. 4a). Również w tych miesiącach stwierdzono wysoką liczebność *I. ricinus* zbieranych w okolicach stacji meteorologicznej (Tabela 10). Zarówno w 1996 jak i 1997 r. w lipcu suma opadów miesięcznych przekroczyła 100 mm. Maksimum opadów w 1997 r. przypadało na czerwiec i lipiec, a we wrześniu wystąpiła posucha – krzywa temperatur przewyższała krzywą opadów (Rys. 4b) Pomimo posuchy największą liczebność kleszczy stwierdzono we wrześniu.

PRZELEWICE



Rys. 5. Diagramy klimatyczne dla Przelewic w 1996 (a), 1997 (b), 1998 (c) oraz za okres 10 lat (1988-1987) (d). Objasnienia jak na rys. 4.

Z porównania załączonych diagramów klimatycznych z 1996, 1997 i 1998 r. wynika, że rok 1998 charakteryzował się większą ilością opadów (689 mm) (Rys. 4a-c). W tym roku stwierdzono szczególnie wysoką liczebność kleszczy (Tabela 5). Szczyty opadów wystąpiły w maju, lipcu i październiku (Rys. 4a-c). Odnotowany wzrost liczebności kleszczy w czerwcu i sierpniu mógł być następstwem dużej ilości opadów w miesiącach poprzedzających (maju i lipcu).



Rys. 6. Diagramy klimatyczne dla Reska w 1996 (a), 1997 (b), 1998 (c) oraz za okres 10 lat (1988-1997) (d). Objaśnienia jak na rys. 4.

Dla Przelewic średnia temperatura powietrza za okres 10 lat wynosi $8,7^{\circ}\text{C}$, a suma opadów rocznych 496 mm (Rys. 5d). Maksimum opadów w 1996 i 1997 r. wystąpiło w lipcu (Rys. 5a, b), natomiast maksymalną liczebność kleszczy zanotowano w 1996 r. w kwietniu, a w 1997 r. w czerwcu. W 1998 r. suma opadów rocznych znacznie przekroczyła średnią 10-letnią i wynosiła 607 mm, a szczyty opadów wystąpiły w kwietniu, czerwcu oraz październiku (Rys. 5c). W 1998 r. nie było znacznych różnic w sumach miesięcznych opadów, mimo znacznego przekroczenia sumy rocznych opadów w porównaniu ze średnią 10-letnią. Wysoką liczebność kleszczy w kwietniu można tłumaczyć utrzymywaniem się dużej wilgotności w lasach spowodowaną opadami w miesiącach wcześniejszych.

Średnia temperatura powietrza dla Reska za okres 10 lat wynosi $8,4^{\circ}\text{C}$, a suma opadów rocznych 686 mm (Rys. 6d). Maksimum opadów w 1996 wystąpiło w lipcu (173 mm), natomiast w 1997 r. opady roczne były znacznie mniej obfite w porównaniu ze średnią wieloletnią i wynosiły jedynie 591 mm, a w sierpniu wystąpił nawet okres posuchy. Mimo posuchy w sierpniu liczebność kleszczy we wrześniu była relatywnie wysoka (Tabela 4). W 1997 r. wystąpiły 2 szczyty opadów w lipcu i październiku (Rys. 6b). Wysoki szczyt sezonowej aktywności kleszczy we wrześniu może być skutkiem opadów w miesiącach letnich. Rok 1998 obfitował w opady – suma roczna wyniosła 953 mm, a zasadnicze szczyty opadowe wystąpiły w lipcu oraz w sierpniu, w których suma miesięcznych opadów przekroczyła 100 mm (Rys. 6c).

Analiza korelacji pomiędzy liczebnością *I. ricinus* i częstością zakażenia krętkami *B. burgdorferi* kleszczy zbieranych w okolicach stacji meteorologicznych (Tabela 10), a opadami i średnią temperatur w poszczególnych latach wykazała istotny związek jedynie w dwóch przypadkach: pomiędzy procentem zakażonych osobników *I. ricinus* a temperaturą w 1998 r. dla okolic Szczecina ($R_S = 0,893$ przy $p < 0,01$) oraz pomiędzy sumą opadów a liczebnością kleszczy dla okolic Reska w 1997 r. ($R_S = -0,829$ przy $p < 0,04$).

W świetle przedstawionych wyników można stwierdzić, że badane parametry meteorologiczne, charakteryzujące makroklimat danego obszaru, nie mają istotnego wpływu ani na liczebność kleszczy ani na ekstensywność ich zakażenia krętkami. Brak korelacji należy tłumaczyć tym, że zarówno liczebność jak i stopień zakażenia populacji *I. ricinus* przez *B. burgdorferi* jest wypadkową oddziaływań wielu różnorodnych czynników ekologicznych, a nie jedynie temperatury i opadów. Prawdopodobnie większy, bo bezpośredni wpływ na liczebność populacji *I. ricinus* ma mikroklimat, między innymi wilgotność i temperatura ściółki, w której bytują kleszcze. Do podobnych wniosków doprowadziły badania prowadzone wcześniej w innych regionach Europy (Gray i wsp. 1992, Talleklint i wsp. 1993, Mameteau i wsp. 1998, Lindgren i Gustafson 2001).

Badania liczebności populacji *I. ricinus* oraz zakażenie ich krętkami *B. burgdorferi* prowadzone są (jak zaznaczono na wstępie) w wielu ośrodkach naukowych

w Polsce, a także w wielu krajach Europy. Wzrost zainteresowania tym zagadnieniem w ostatnich latach wiąże się ze stałym wzrostem zachorowań na boreliozę w wielu krajach Europy, w tym również w Polsce (Burgdorfer 1991; Flisiak i wsp. 1994, 1996; Flisiak i Prokopowicz 1995; Niścigorska 1997, 1999; Weber 2001). Światowa Organizacja Zdrowia uznała całą Europę za teren endemiczny boreliozy z Lyme, a liczba zachorowań waha się, w poszczególnych krajach od kilku do ponad 100 przypadków na 100.000 mieszkańców (WHO 1995).

Borelioza jest chorobą odzwierzęcą, głównie przenoszona przez gatunki kleszczy z rodzaju *Ixodes*. Ale istnieją również doniesienia o możliwości przenoszenia krętków przez kleszcze z rodzaju *Hyalomma*, *Amblyoma* i *Dermacentor* (Magnarelli i Anderson 1988, Piesmann i Sinsky 1988). Pewną rolę w przenoszeniu krętków *B. burgdorferi* odgrywają owady krwiopijne: komary z rodzaju *Aedes* i *Culex* oraz muchówki – *Chrysops*, *Tabanus*, *Hybomitra* (Magnarelli i wsp. 1986, Magnarelli i Anderson 1988, Burgdorfer i wsp. 1991, Hubalek i wsp. 1998).

Niewątpliwie kleszcze *I. ricinus* odgrywają dominującą rolę w epidemiologii boreliozy i dlatego szczególnie interesujące jest pytanie, czy występują zależności między ich sezonową aktywnością a ekstensywnością zakażenia. W naszej pracy analiza sezonowej aktywności całej zebranej próby wykazywała dwa szczyty: wiosenno – letni oraz jesienny (Tabele 3-5). Podobne zmiany liczebności kleszczy stwierdzili inni autorzy (Nilsson 1988, Wegner i wsp. 1997). Różnice w zmianach liczebności populacji kleszczy na różnych terenach i w różnych latach są wynikiem wpływów klimatycznych, fenologicznych oraz oddziaływania ekosystemu. Udział tych czynników w kształtowaniu liczebności populacji *I. ricinus* przedstawił w swoich badaniach na terenie Szwecji Talleklint i wsp. (1993), oraz Lindgren i Gustafson (2001), a we Francji Mameteau i wsp. (1998). Duże znaczenie mogą mieć również zmiany w składzie gatunkowym i liczebnym ssaków, będących żywicielami poszczególnych stadiów rozwojowych *I. ricinus*.

Na podstawie przeprowadzonych badań można wnioskować, że ryzyko zakażenia boreliozą w lasach Pomorza Zachodniego rośnie wraz z nasileniem aktywności kleszczy. Wskazuje na to korelacja liczebności kleszczy i stopnia ich zakażenia krętkami w latach 1996 i 1998 (Tabele 3 i 5). Wyników tych nie można jednak uogólniać ponieważ nie stwierdziliśmy stałej zależności – w trzech kolejnych latach – ekstensywności zakażenia populacji *I. ricinus* krętkami *B. burgdorferi* i ich sezonowej aktywności (Tabela 4). Również badania Wegner i wsp. (1997) przeprowadzone na małych obszarach rekreacyjnych nie wykazały takiej zależności. Można sądzić, że zależność między liczebnością a ekstensywnością zakażenia populacji *I. ricinus* potwierdza się w badaniach na dużej liczbie osobników i niewątpliwie uwarunkowana jest ona różnorodnymi czynnikami ekologicznymi w danym ekosystemie. Rozstrzygnięcie tego zagadnienia wymaga badań prowadzonych w dłuższym okresie czasowym, aniżeli trzyletni.

Tabela 10. Liczebność i stopień zakażenia *Ixodes ricinus* krętkami *Borrelia burgdorferi* z okolic stacji meteorologicznych w latach 1996-1998

	IV n/nz (%)	V n/nz (%)	VI n/nz (%)	VII n/nz (%)	VIII n/nz (%)	IX n/nz (%)	X n/nz (%)
Szczecin							
1996		186/30(16,1)	122/19(15,6)	136/19(14,0)	37/8(22,5)	75/9(12,0)	16/4(25,0)
1997		198/21(10,6)	65/4(6,2)	53/9(17,0)	86/15(17,4)	218/29(13,5)	16/4(25,0)
1998	215/30(13,9)	289/49(17,0)	344/72(20,9)	100/22(22,0)	263/49(18,6)	126/23(18,2)	51/8(15,8)
Barlinek							
1996		123/72(17,9)	84/10(11,9)	76/14(18,4)	34/3(8,8)	68/14(20,6)	16/2(12,5)
1997		20/4(20,0)	218/33(15,1)	160/28(17,5)	83/10(12,1)	146/24(16,4)	58/6(10,3)
1998	148/23(15,5)	69/12(17,4)	58/7(12,1)	76/11(14,5)	80/13(16,3)	55/5(9,1)	30/3(10,0)
Drawsko							
1996		104/13(12,5)	92/11(12,0)	88/12(13,60)	93/8(8,6)	156/15(9,6)	58/4(6,9)
1997		98/8(8,2)	84/8(9,5)	65/9(13,8)	147/15(10,2)	293/29(9,9)	76/7(9,2)
1998	190/37(19,5)	208/48(23,1)	38/7(18,4)	82/13(15,9)	90/15(16,7)	73/10(13,7)	20/2(10,0)

n – liczba zbadanych kleszczy, nz – liczba zarażonych, % – procentowy udział zarażonych kleszczy w próbie

WNIOSKI

(1) Wyniki badań wskazują na wysoki poziom zakażenia *Ixodes ricinus* przez *Borrelia burgdorferi* w lasach północno-zachodniej Polski, wyższy aniżeli w innych makroregionach Polski (badanych przez innych autorów).

(2) Pomimo, że częstość zakażenia kleszczy dojrzałych znacznie przewyższa częstość zakażenia nimf, to jednak ze względu na liczebność, istotniejszą rolę w epidemiologii boreliozy w naturalnym środowisku, odgrywają nimfy.

(3) Na podstawie przeprowadzonych badań w trzech kolejnych latach, nie można stwierdzić stałej korelacji między ekstensywnością zakażenia populacji *Ixodes ricinus* krętkami *Borrelia burgdorferi* a sezonową aktywnością kleszczy. Można jednak wnioskować, że w pewnych warunkach ryzyko zakażenia boreliozą rośnie wraz z nasileniem aktywności kleszczy.

(4) Badane parametry meteorologiczne (temperatura, opady) charakteryzujące makroklimat nie mają istotnego wpływu na liczebność kleszczy i odsetek ich zakażenia krętkami.

(5) Liczebność kleszczy i częstość ich zakażenia przez krętki *B. burgdorferi* jest wypadkową oddziaływań różnorodnych czynników ekologicznych składających się na mikroklimat siedlisk, w których bytują kleszcze.

LITERATURA

- Burgdorfer W., Anderson J.F., Gern L., Hayes S.F., Lane R.S. 1991. Erythema chronicum migrans – a tick borne spirochetosis. *Scandinavian Journal of Infection* 77: 35-40.
- Chodyncka B., Łukaszuk C., Puciło K., Poczobut P., Flisiak I., Trybuła J. 1995. Wstępne badania nad występowaniem krętków *Borrelia* w kleszczach na terenie Białostoczczyzny. W: *Międzynarodowe Sympozjum „Borelioza z Lyme i inne choroby przenoszone przez kleszcze”*, Białowieża 28-29 kwietnia 1995, 56.
- Flisiak R., Prokopowicz D. 1995. Charakterystyka epidemiologiczno-kliniczna boreliozy z Lyme w regionie północno-wschodnim Polski. *Polski Tygodnik Lekarski* 74: 40-45.
- Flisiak R., Prokopowicz D., Flisiak I., Bobrowska E., Okołów C. 1994. Zagrożenie endemiczne boreliozą z Lyme w regionie Puszczy Białowieskiej. *Przegląd Epidemiologiczny* 48: 211-218.
- Flisiak R., Wiercińska-Drapała A., Kalinowska A., Prokopowicz D. 1996. Seasonal prevalence of antibodies against *Borrelia burgdorferi* in Białowieża habitats. *Roczniki Akademii Medycznej w Białymstoku* 41: 96-102.
- Gray J.S., Kahl O., Janetzki C., Stein J. 1992. Studies on the ecology of Lyme disease in a deer forest in County Galway, Ireland. *Journal of Medical Entomology* 29: 915-920.
- Gray J.S., Kahl O., Janetzki C., Stein J., Gui E. 1998. The spatial distribution of *Borrelia burgdorferi*-infected *Ixodes ricinus* in the Connemara region of Co. Galway, Ireland. *Experimental Applied of Acarology* 18: 485-491.
- Hubalek Z., Korenberg E.I., Juricova Z., Kovalewskij J.V., Holouzka J., Scerbakov S.V. 1990. Prevalence of borreliae in *Ixodes ricinus* ticks from southern Moravia, Czechoslovakia. *Folia Parasitologica* 37: 359-362.
- Hubalek Z., Holouzka J., Juricova Z. 1998. Prevalence rates of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in host-seeking *Ixodes ricinus* ticks in Europe. *Folia Parasitologica* 45: 67-72.

- Humair P.F., Turrian N., Aeschliemann A., Gern L. 1993. *Borrelia burgdorferi* in a focus of Lyme borreliosis: epizootiologic contribution of small mammals. *Folia Parasitologica* 40: 65-70.
- Humiczewska M. 1995. Zakażenia przenoszone przez kleszcze. *Medycyna po Dyplomie* 4: 119-122.
- Humiczewska M., Kołodziejczyk L., Kuźna-Grygiel W. 1997. Wstępna ocena stopnia zakażenia populacji *Ixodes ricinus* krętkami *Borrelia burgdorferi* sensu lato w lasach północno-zachodniej Polski. W: *Xth Wrocław Parasitological Conference „Parasites sensu lato in the modern laboratories of the world”*. Karpacz, 27.
- Humiczewska M., Kuźna-Grygiel W., Kołodziejczyk L. 1998a. *Borrelia burgdorferi* sensu lato in *Ixodes ricinus* population from forested areas of north-western Poland in 1997. *Wiadomości Parazytologiczne* 44: 385.
- Humiczewska M., Kuźna-Grygiel W., Kołodziejczyk L. 1998b. The rate of the infection of *Ixodes ricinus* population with *Borrelia burgdorferi* from north-western Poland. 18. *Parasitologische Tagung*. Abstracts. Dresden, 57.
- Januszkiewicz J. 1984. Przypadek choroby z Lyme w Polsce. *Przegląd Epidemiologiczny* 38: 445-449.
- Januszkiewicz J., Kieda A. 1987. Przypadki boreliozy z Lyme na Pomorzu Zachodnim. *Przegląd Epidemiologiczny* 41: 324-329.
- Jasnowska J., Jasnowski M. 1983. Pojezierze Zachodniopomorskie. Wiedza Powszechna. Warszawa.
- Jenek J., Głazaczow A. 1996. Ocena występowania krętków *Borrelia burgdorferi* sensu lato w kleszczach *Ixodes ricinus* w wybranych rejonach Wielkopolski. *Przegląd Epidemiologiczny* 50: 383-386.
- Kondracki J. 1978. Geografia fizyczna Polski. PWN, Warszawa.
- Lindgren E., Gustafson R. 2001. Tick borne encephalitis in Sweden and climate change. *Lancet* 358 (9275): 16-28.
- Magnarelli L.A., Anderson J.F. 1988. Ticks and biting insects infected with the etiologic agent of Lyme disease, *Borrelia burgdorferi*. *Journal Clinical Microbiology* 26: 1482-1486.
- Magnarelli L.A., Anderson J.F., Barbour A.G. 1986. The etiologic agent of Lyme disease in deer flies, horse flies, and mosquitoes. *Journal of Infective Diseases* 154: 355-358.
- Mameteau S., Seegers H., Jolivet F., L'Hostis M. 1998. Assessment of the risk of infestation of pastures by *Ixodes ricinus* due to their phyto-ecological characteristics. *Veterinary Research* 29: 487-496.
- Matuschka F.R., Fischer P., Heiler M., Richter D., Spielman A. 1992. Capacity of european animals as reservoir hosts for the Lyme disease spirochete. *Journal of Infective Diseases* 165: 479-483.
- Matuszkiewicz W. 1982. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. PWN, Warszawa.
- Nillson A. 1988. Seasonal occurrence of *Ixodes ricinus* (Acari) in vegetation and on small mammals in southern Sweden. *Holarctic Ecology* 11: 161-165.
- Niścigorska J. 1997. Ocena częstości występowania zakażeń *Borrelia burgdorferi* w województwie szczecińskim na podstawie badań immunologicznych wybranych populacji. *Problemy Higieny* 54: 136-141.
- Niścigorska J. 1999. Aspekty epidemiologiczno-kliniczne boreliozy kleszczowej w województwie szczecińskim. *Annales Academiae Medicinae Stetinesis* 45: 157-173.
- O'Connell S., Granstrom M., Gray J.S., Stonek G. 1998. Epidemiology of European Lyme borreliosis. *Zentralblatt für Bacteriologie* 287: 229-240.
- Piesman J., Sinsky R.J. 1988. Ability of *Ixodes scapularis*, *Dermacentor variabilis* and *Amblyomma americanum* (Acari: Ixodidae) to acquire, maintain and transmit Lyme disease spirochetes (*Borrelia burgdorferi*). *Journal of Medical Entomology* 25: 336-339.
- Randolph S.E., Gern L., Nutall P.A. 1996. Co-feedings ticks: epidemiological significance for tick-borne pathogen transmission. *Parasitology Today* 12: 472-479.
- Siński E. 1999. Enzootyczne źródła nowych infekcji przenoszonych przez kleszcze *Ixodes ricinus*. *Wiadomości Parazytologiczne* 45: 135-142.

- Siński E., Rijpkema S.G.T. 1997. Występowanie zakażeń *Borrelia burgdorferi* u kleszczy *Ixodes ricinus* w miejskim i podmiejskim biotopie leśnym. *Przegląd Epidemiologiczny* 51:431-435.
- Siński E., Karbowski G., Siuda K., Buczek A., Jongejan F. 1994. Zakażenie kleszczy *Borrelia burgdorferi* w wybranych rejonach Polski. *Przegląd Epidemiologiczny* 48: 461-465.
- Siuda K. 1996. Bionomical and ecological characteristic of ticks (*Acari: Ixodida*) of significant medical importance on the territory of Poland. *Roczniki Akademii Medycznej w Białymstoku* 41:11-19.
- Stańczak J., Racewicz M., Kubica-Biernat B., Krumnis-Łozowska W., Dąbrowski J., Adamczyk A., Markowska M. 1999. Prevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in *Ixodes ricinus* ticks (*Acari, Ixodidae*) in different Polish woodlands. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 6: 127-132.
- Talleklint L., Jaenson T.G.T. 1996. Relationship between *Ixodes ricinus* (*Acari: Ixodidae*) density and the prevalence of infection with *Borrelia* like spirochetes and the density of infected ticks. *Journal of Medical Entomology* 33: 805-811.
- Talleklint L., Jaenson T.G.T., Mather T. 1993. Seasonal variation in the capacity of the bank vole to infect larvae ticks (*Acari: Ixodidae*) with the Lyme disease spirochete, *Borrelia burgdorferi*. *Journal of Medical Entomology* 30: 812-815.
- Telford S.R., Urioste S., Spielman A. 1992. Clustering of host-seeking nymphal deer ticks (*Ixodes dammini*) infected by Lyme disease spirochetes (*Borrelia burgdorferi*). *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 47: 55-60.
- Weber K. 2001. Aspects of Lyme borreliosis in Europe. *European Journal of Clinical Microbiology and Infection Disease* 20: 6-13.
- Wegner Z., Stańczak J., Racewicz M. 1994. Pierwsze doniesienie o występowaniu krętków *Borrelia* w kleszczach (*Ixodidae*) na wybranych terenach Polski. *Biuletyn Metodyczno-Organizacyjny Instytutu Medycyny Morskiej i Tropikalnej* 27: 67-68.
- Wegner Z., Stańczak J., Racewicz M., Krumnis-Łozowska W., Kubica-Biernat B. 1995. Występowanie krętków *Borrelia burgdorferi* w kleszczach *Ixodes ricinus* na terenie województwa białostockiego. W: *Międzynarodowe Sympozjum „Borelioza z Lyme i inne zakażenia przenoszone przez kleszcze”*. Białowieża. Streszczenia: 51-52.
- Wegner Z., Racewicz M., Kubica-Biernat B., Krumnis-Łozowska W., Stańczak J. 1997. Występowanie kleszczy *Ixodes ricinus* (*Acari, Ixodidae*) na zalesionych obszarach trójmiasta i ich zakażenie krętkami *Borrelia burgdorferi*. *Przegląd Epidemiologiczny* 51: 11-20.
- WHO. 1995. Report of WHO workshop on Lyme boreliosis diagnosis and surveilance. Warsaw, Poland.

Zaakceptowano do druku 12 czerwca 2003