



**KLIMAT W OKRESIE WEGETACYJNYM W PUSZCZY
ZIELONKA ORAZ W WIELKOPOLSKIM PARKU
NARODOWYM W LATACH 1848-2016**

Antoni T. Miler

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

***CLIMATE OF VEGETATION SEASON IN ZIELONKA FOREST
AND IN WIELKOPOLSKI NATIONAL PARK IN PERIOD 1848-2016***

Streszczenie

Puszcza Zielonka i Wielkopolski Park Narodowy stanowią duże kompleksy leśne w sąsiedztwie aglomeracji poznańskiej. Przyjęto jako referencyjne dane meteorologiczne dla Puszczy Zielonka i dla Wielkopolskiego Parku Narodowego dane ze stacji meteorologicznej w IMGW-PIB Poznaniu-Ławicy. Klimat w Puszczy Zielonka i Wielkopolskim Parku Narodowym wykazuje stosunkowo dużą stacjonarność. Temperatura powietrza (T) dla tych obszarów leśnych, w latach 1848-2016, wykazuje w okresach wegetacyjnych, dodatni trend $0,004$ °C/rok (Sen's slope) na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Natomiast opady atmosferyczne (P) oraz wskaźnik hydrotermiczny Sielianinova (HTC) nie wykazują istotnych statystycznie zmian. Analiza Fouriera okresowości temperatury powietrza (T) wskazuje na dominujące cykle: 84,5-; 56,3-; 15,4-; 3,5 – i 3,3-letnie. Analogiczne analizy wskazują na okresowości opadu atmosferycznego (P): 7,0-; 4,0-; 3,6-; 3,3 – i 2,8-letnie. Bardzo podobne, okresowości dominujące uzyskano dla wskaźnika hydrotermicznego Sielianinova (HTC) tj.: 7,0-; 3,9-; 3,3-; 2,8 – i 2,1 – letnie. Można wskazać, iż w Poznaniu, a zatem również w Puszczy Zielonka i w Wielkopolskim Parku Narodowym, w okresach wegetacyjnych, w latach 1848-2016 (nieomal 170

lat) temperatura powietrza (T) wzrosła o około $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, natomiast opad atmosferyczny (P) pozostał na niezmiennym poziomie. Wskaźnik hydrotermiczny Sielianinowa (HTC), będący kompleksową oceną warunków opadowych i termicznych, również pozostał na niezmiennym poziomie.

Słowa kluczowe: Puszcza Zielonka, Wielkopolski Park Narodowy, wskaźnik hydrotermiczny Sielianinowa

Abstract

The Puszcza Zielonka and the Wielkopolski National Park are a big forest complex near the Poznan city. Is taken as the reference meteorological data for the Puszcza Zielonka and the Wielkopolski National Park based on data from the Poznan gauge station. The climate in the Puszcza Zielonka and in the Wielkopolski National Park shows relatively high stationarity. Air temperature (T) for these forest areas, from 1848-2016, shows in vegetation seasons, the positive trend of $0.004\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{year}$ (Sen's slope) on the significance level $\alpha = 0.05$. While precipitation (P) and Sielianinow's hydrothermal coefficient (HTC) do not exhibit statistically significant changes. Fourier analysis of periodicity of air temperature indicates the dominant cycles: 84.5-; 56.3-; 15.4-; 3.5 – and 3.3-years. An analogous analysis indicate the periodicity of precipitation: 7.0-; 4.0-; 3.6-; 3.3 – and 2.8-years. Very similar, periodicity dominant was obtained for Sielianinow's hydrothermal coefficient ie.: 7.0-; 3.9-; 3.3-; 2.8 – and 2.1-year. You can indicate that in Poznan, and therefore also in the Puszcza Zielonka and in the Wielkopolski National Park, in vegetation seasons, between 1848-2016 (almost 170 years) air temperature has increased by about $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, while precipitation remained on unchanged level. Sielianinow's hydrothermal coefficient, which is a comprehensive assessment of the conditions falls and thermal, also remained on unchanged level.

Keywords: Zielonka Forest, Wielkopolski National Park, Sielianinow's hydrothermal coefficient

WSTĘP

Puszcza Zielonka wraz z Wielkopolskim Parkiem Narodowym stanowi trudne do przecenienia zaplecze rekreacyjno-wypoczynkowe aglomeracji poznańskiej (Kasprzak 1996).

Puszczą Zielonka (PZ) nazywa się stosunkowo zwarty obszar leśny położony około 6 km na północny-wschód od granic miasta Poznania. Powierzchnia tego kompleksu leśnego szacowana jest na około 15 tys. hektarów. Z uwagi

na wysokie walory przyrodnicze od 1993 roku znaczna część puszczy weszła w skład Parku Krajobrazowego Puszcza Zielonka, który obejmuje ochroną blisko 12 tys. ha gruntów (Rozporządzenie... 2004). Według regionalizacji przyrodniczo-leśnej PZ znajduje się w obrębie III krainy Wielkopolsko-Pomorskiej, 7 dzielnic Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej, mezoregionie 7b Pojezierza Wielkopolskiego (Trampller i in. 1990). Pod względem klimatycznym obszar Puszczy należy do Regionu Środkowowielkopolskiego (Woś 1994). Krajobraz naturalny ukształtowany został w wyniku działania ostatniego okresu lodowcowego tj. poznańskiego stadiału zlodowacenia bałtyckiego. Warunki glebowe na terenie Puszczy są bardzo urozmaicone. Występuje tu cały szereg gleb o różnym pochodzeniu. Przeważają gleby rdzawe (54%) i brunatne (34%), a tylko nieznaczne powierzchnie zajmują gleby płowe (3%) i biellicowe (3%). Lasy PZ reprezentują charakterystyczne cechy szaty geobotanicznej okręgu Poznańsko-Gnieźnieńskiego Krainy Wielkopolsko-Kujawskiej (Kasprzak 1996).

Wielkopolski Park Narodowy (WPN) położony jest w środkowej części dorzecza Warty, w centralnej części Wielkopolski (<http://www.wielkopolskipn.pl>), w zachodniej części Wielkopolsko-Mazowieckiego regionu klimatycznego (Woś 1994). Krajobraz naturalny jest typu polodowcowego plejstocenijskiej i holocenijskiej budowy. WPN od 1996 roku, ma 7 584 ha powierzchni, a wraz z tzw. otuliną, powierzchnia Parku wynosi 14 840 ha. Park leży około 15 km na południe od Poznania. Utworzono tu 18 obszarów ochrony ścisłej o łącznej powierzchni 259 ha (Nowak i in. 2000). Chronią one rozmaite formy krajobrazu polodowcowego oraz najbardziej naturalne zbiorowiska roślinne, a także związane z nimi zwierzęta (Anders i in. 1999). WPN pełni także bardzo ważną funkcję rekreacyjną dla mieszkańców aglomeracji poznańskiej (Miler, Krysztofiak 2003). Na obszarze Parku występują głównie gleby płowe (47%) oraz rdzawe (30%), pozostałe to: biellicowe (7%), brunatne właściwe (6%), mady rzeczne (3%), deluwialne (2%), antropogeniczne (1%), arenosole (1%), murszowe (1%), czarne ziemie (1%) i brunatne kwaśne (1%) (Nowak 1999). Sosna zwyczajna (*Pinus silvestris*) jest gatunkiem panującym, ale także obecne są tam: dąb (*Quercus robur*), brzoza (*Betula pendula*), olsza (*Alnus glutinosa*) i buk (*Fagus sylvatica*). Największą powierzchnię w WPN zajmują siedliska leśne reprezentowane przez 10 typów siedliskowych: las świeży (Lśw) 55%, las mieszany świeży (LMśw) 24%, bór mieszany świeży (BMśw) 13%, las łęgowy (Lł) 3%, bór świeży (Bśw) 3%, las wilgotny (Lw) 1%, ols jesionowy (OIJ) 1%, ols (Ol) (Bałazy 1994, Miler i Krysztofiak 2006).

Celem pracy jest ocena zmian temperatury powietrza i opadu atmosferycznego oraz wskaźnika hydrotermicznego Sielianiowa, występujących na terenach PZ i WPN w okresach wegetacyjnych (IV-X), w okresie 1848-2016.

MATERIAŁY I METODY

Klimat i jego zmiany ocenia się na podstawie długich (minimum 30 lat, wg WMO i IPCC) ciągów bezpośrednich obserwacji. Dla PZ i WPN takich ciągów nie ma. Ze stacji meteorologicznej w Zielonce, położonej w centrum Puszczy, dostępne są dane z okresu 1986-2009. Natomiast ze stacji ekologicznej w Jeziorach, położonej w centrum Parku, dostępne są jedynie dane z okresu 2001-2016. Długi okres obserwacji temperatury powietrza i opadów atmosferycznych jest natomiast dla Poznania (1848-2016, 169 lat). Stacja Zielonka położona jest około 30 km na wschód od stacji meteorologicznej Poznań, a stacja w Jeziorach położona jest około 20 km na południe od stacji meteorologicznej Poznań. Przyjęto zatem jako referencyjne dane meteorologiczne dla PZ jak i dla WPN dane ze stacji Poznań.

Dla oceny trendów zmian temperatury powietrza (T), opadu atmosferycznego (P) oraz wskaźnika hydrotermicznego Sielianinova (HTC) zastosowano metodykę opartą na nieparametrycznym teście Manna-Kendalla (Gilbert 1987), który wykorzystywany jest m.in. do oceny trendów parametrów hydrologicznych oraz klimatycznych (Hirsch, Slack 1984; Chiew, McMahon 1993; Yue i in. 2002; Khambhammettu 2005; Banasik i in. 2013). Wartość statystyki S w teście wyznaczono na podstawie poniższego wzoru:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \operatorname{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

$$\text{gdzie: } \operatorname{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{dla } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{dla } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{dla } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

x_j, x_k – wartości danych w czasie j i k ,

n – długość (liczebność) zbioru danych.

Wartości danych x_i porównywano w stosunku do wszystkich kolejnych wartości danych. Początkowa wartość statystyki S Manna-Kendalla przyjmowana była jako 0 (brak trendu). Jeśli wartość kolejnego elementu szeregu była większa niż wartość poprzednia, to S był zwiększany o 1. Natomiast jeżeli wartość kolejnego elementu szeregu była mniejsza niż wartość poprzednia, to S był zmniejszany o 1. W efekcie tych wyliczeń otrzymano ostateczną wartość S . Obliczenia wariancji S ($Var(S)$) wykonano uwzględniając poprawki dotyczące liczby danych szeregu powyżej 40 z powtarzającymi się wartościami w grupie danych (Gilbert 1987):

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p-5)}{18} \quad (2)$$

gdzie:

n – długość (liczebność) zbioru danych,

g – ilość grup danych z powtarzającymi się wartościami,

t_p – ilość powtarzających się wartości danych w grupie.

Za pomocą znormalizowanej statystyki testowej Z obliczonej na podstawie równania:

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{[(\text{Var}(S))^{1/2}]} & \text{dla } S > 0 \\ 0 & \text{dla } S = 0 \\ \frac{S + 1}{[(\text{Var}(S))^{1/2}]} & \text{dla } S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

obliczono prawdopodobieństwo związane ze statystyką testową Z . Przyjmuje się, że trend jest malejący gdy Z jest mniejsze od zera, a prawdopodobieństwo jest mniejsze niż przyjęty poziom istotności $\alpha=0,05$. Jednocześnie trend uznawany jest za rosnący, gdy Z jest większe od zera, a prawdopodobieństwo jw.

Ciąg chronologiczny – szereg czasowy $F(t)$ dla danego parametru (np. T , P , HTC) można opisać następująco:

$$F(t) = A_0 + A \cdot t + \sum_{i=1}^{\infty} (B_i \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \Pi}{T_i} \cdot t\right) + C_i \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \Pi}{T_i} \cdot t\right)) + \varepsilon(t) \quad (4)$$

gdzie:

A_0 – wartość stała, A – tendencja zmian (trend), t – czas, B_i , C_i – amplitudy harmonicznnych, T_i – okresy harmonicznnych.

Periodogram $P(i)$ definiuje się następująco:

$$P(i) = (B_i^2 + C_i^2) \cdot \frac{N}{2} \quad (5)$$

gdzie:

B_i , C_i – jak wyżej, N – liczebność obserwacji.

Funkcję $P(i)$ wykorzystano w niniejszej pracy dla oszacowywania okresowości T , P , HTC .

Ocenę warunków hydrotermicznych dla okresu wegetacyjnego (IV-X) w badanym okresie 1848-2016 przeprowadzono w oparciu o wskaźnik hydrotermiczny (HTC) Sielianinova (Sielianinov 1966; Skowera, Puła 2004; Kuchar i in. 2017) w postaci:

$$HTC = \frac{10 \cdot \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (6)$$

gdzie:

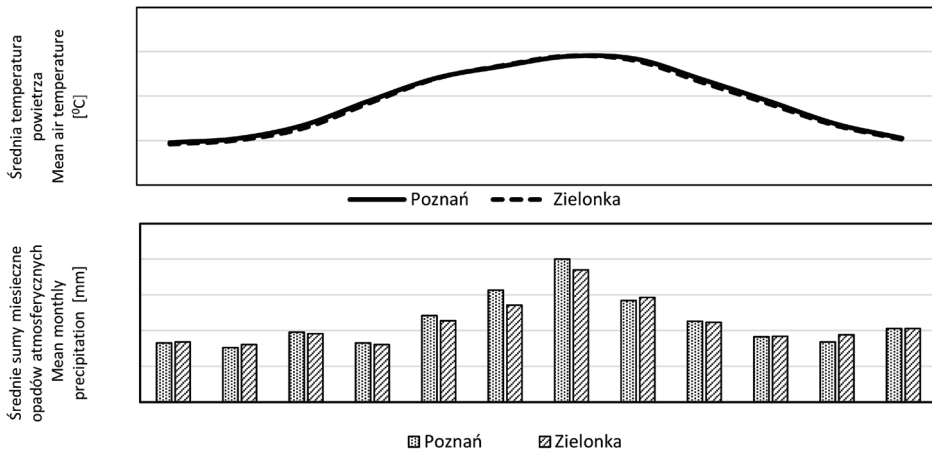
n – długość rozważanego okresu w dniach; P_i – wysokość opadów w i -tym dniu (mm); t_i – średnia dobowa temperatura w i -tym dniu ($^{\circ}\text{C}$).

Wartości wskaźnika HTC pozwalają na interpretację danego okresu:

$HTC \leq 0,4$	skrajnie suchy
$0,4 < HTC \leq 0,7$	bardzo suchy
$0,7 < HTC \leq 1,0$	suchy
$1,0 < HTC \leq 1,3$	dość suchy
$1,3 < HTC \leq 1,6$	optymalny
$1,6 < HTC \leq 2,0$	dość wilgotny
$2,0 < HTC \leq 2,5$	wilgotny
$2,5 < HTC \leq 3,0$	bardzo wilgotny
$HTC > 3,0$	skrajnie wilgotny.

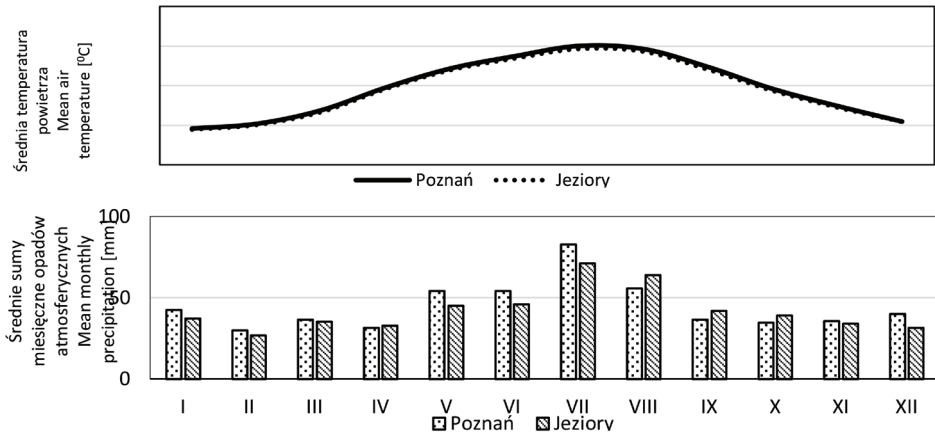
WYNIKI

Współczynniki korelacji w okresie 1986-2009, dla T i P w Zielonce i stacji IMGW-PIB w Poznaniu-Ławicy wynoszą odpowiednio 0,9981 i 0,8922 są bardzo istotne statystycznie ($\alpha < 0,0000005$) oraz. Na rysunku 1 zestawiono wartości miesięczne T i P dla Poznania i Zielonki.



Rysunek 1. Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza i średnie miesięczne wartości sumy opadów atmosferycznych dla poszczególnych miesięcy (I –XII), dla Poznania i dla Zielonki (PZ)

Figure 1. Mean monthly air temperature and mean monthly total precipitation at the individual months (I –XII) in Poznań and in Zielonka (PZ)



Rysunek 2. Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza i średnie miesięczne sumy opadów atmosferycznych dla poszczególnych miesięcy (I –XII), dla Poznania i dla Jezior (WPN)

Figure 2. Mean monthly air temperature and mean monthly total precipitation at the individual months (I –XII) in Poznań and in Jeziory (WPN)

Analogicznie, współczynniki korelacji w okresie 2001-2016, dla temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Jeziorach i stacji IMGW-PIB w Poznaniu-Ławicy wynoszą odpowiednio 0,9985 i 0,7832 są również bardzo istotne statystycznie ($\alpha < 0,0000005$) oraz. Na rysunku 2 zestawiono wartości miesięczne T i P dla Poznania i Jezior.

Zasadne jest więc założenie, że trendy zmian T , P i HTC obliczone dla Poznania pozostaną na tym samym poziomie w PZ (Zielonka) oraz WPN (Jezior).

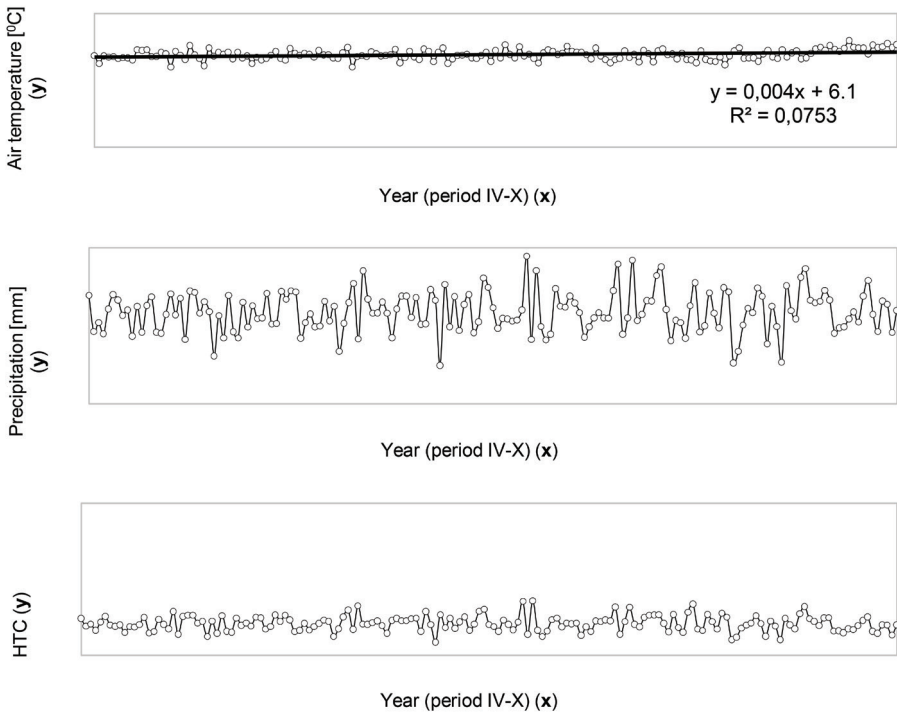
W okresach jednoczesnych obserwacji temperatur powietrza i opadów atmosferycznych w stacjach Poznań-Ławica i Zielonka (1986-2009) oraz Poznań-Ławica i Jezior (2001-2016) testy parametryczne F-Snedecora oraz Z-Fishera wykazują, iż nie ma podstaw do odrzucenia hipotez o równościach stosowanych wariancji. Wartości statystyk F są w zakresie 1,044÷1,068, a statystyk $|Z|$ w zakresie 0,363÷0,559. Wartości krytyczne tych statystyk dla $\alpha=0,05$ to odpowiednio 1,263 i 1,975. Wskazuje to na genetyczną jednorodność obserwacji w ww. stacjach.

Do obliczenia statystycznej jednorodności ciągów pomiarowych temperatur powietrza i opadów atmosferycznych w Poznaniu w okresie 1848-2017, wydzielono dwa 85-letnie okresy 1848-1932 i 1933-2017. Obliczone statystyki testu nieparametrycznego sumy rang Kruskala-Wallisa χ^2 (Ozga-Zieliński 1987) dla temperatur powietrza i opadów atmosferycznych odpowiednio wynoszą: 5,993 i 0,459 przy wartości krytycznej $\chi_{\alpha}^2 = 3,841$ dla $\alpha=0,05$. Wskazuje to, że

hipotezę H_0 o jednorodności obserwacji temperatur powietrza należy odrzucić, natomiast nie ma podstaw od odrzucenia takiej hipotezy dla opadów atmosferycznych. Temperatury powietrza były wyższe w okresie 1933-2017.

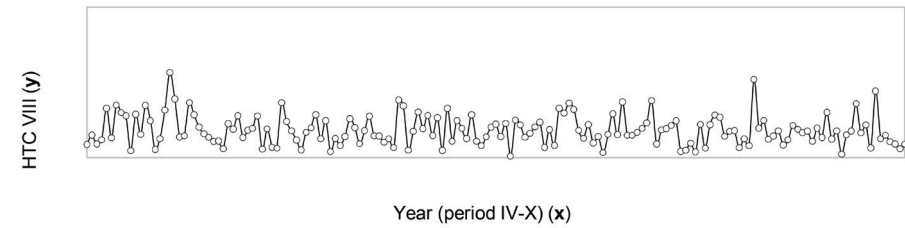
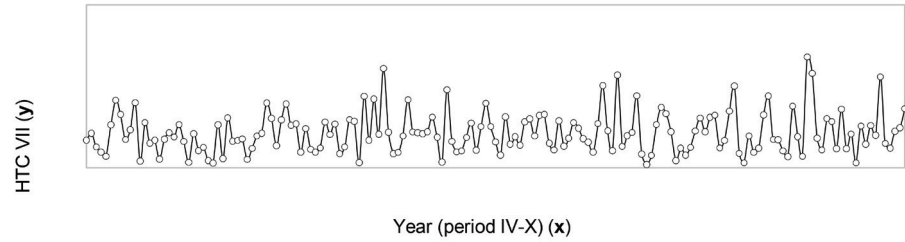
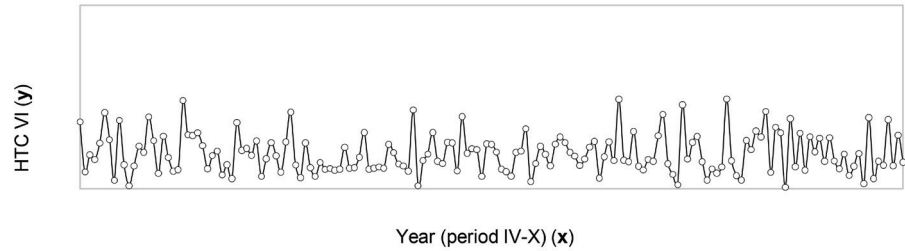
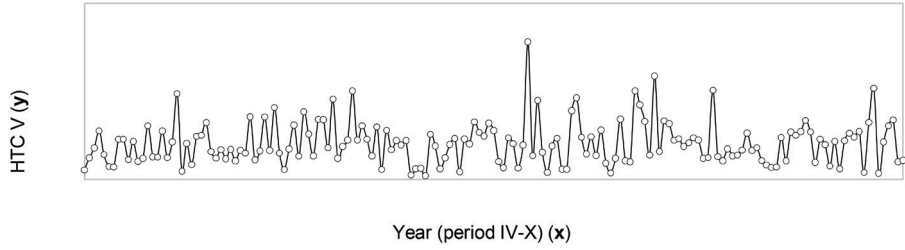
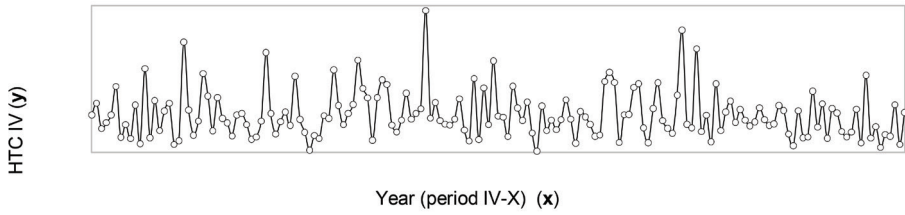
Badania nad jednorodnością genetyczną ciągów obserwacji temperatur powietrza i opadów atmosferycznych są w finalnym etapie badań, prowadzonych przez zespół prof. Leszka Kolendowicza z Zakładu Klimatologii UAM w Poznaniu.

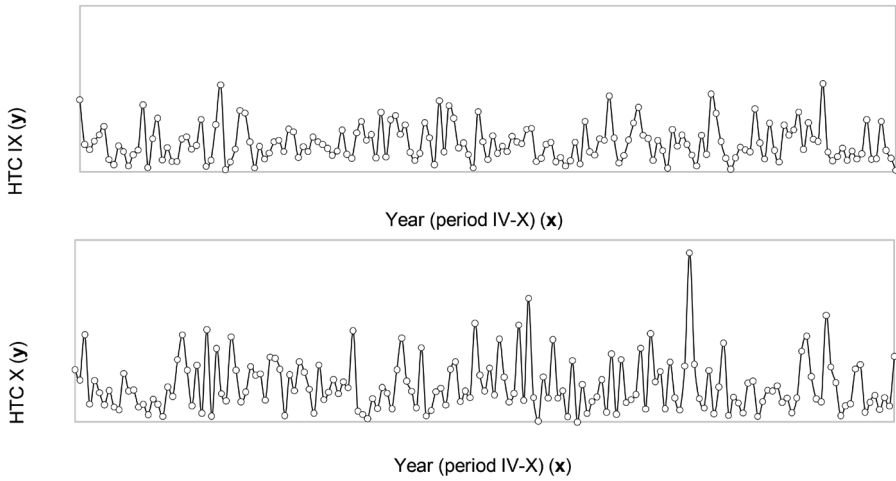
Obliczenia trendów zmian T , P i HTC w Poznaniu w okresie wegetacyjnym w latach 1848-2016, przy użyciu metodyki (Mann-Kendall trend tests) tj. hipotez: H_0 : nie ma trendu w serii oraz H_a : jest trend w serii, dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$, wskazują na istnienie istotnego statystycznie dodatniego trendu dla rocznych T oraz braku trendów dla rocznych P i HTC , a także braku trendów dla miesięcznych HTC (IV-X) (rys. 3 i 4).



Rysunek 3. Serie czasowe temperatury powietrza (T), opadu atmosferycznego (P) i wskaźnika hydrotermicznego Sielianinova (HTC) w sezonach wegetacyjnych, w latach 1848-2016

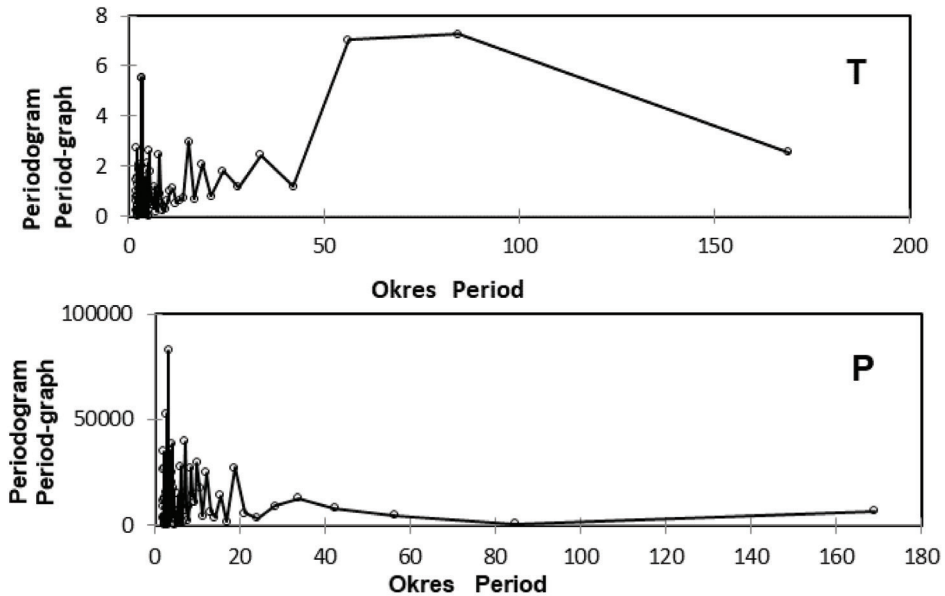
Figure 3. Time series of air temperature (T), precipitation (P) and Sielianinov's hydrothermal coefficient (HTC) in vegetation seasons, in years 1848-2016

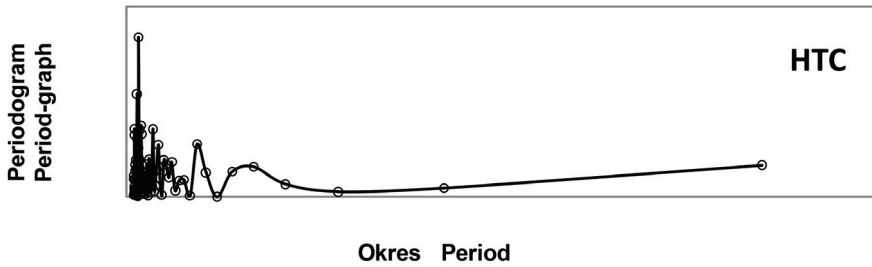




Rysunek 4. Serie czasowe wskaźnika hydrotermicznego Sielianinowa (*HTC*) w sezonach wegetacyjnych, dla miesięcy IV-X, w latach 1848-2016
Figure 4. Time series of Sielianinov's hydrothermal coefficient (*HTC*) in vegetation seasons, for month IV – X, in years 1848-2016

Na rysunku 5 zestawiono periodogramy *T*, *P* i *HTC* dla Poznania w analizowanym okresie. Dominujące okresowości dla tych parametrów zestawiono w tabeli 1.





Rysunek 5. Peroodogramy temperatury powietrza (T), opadów atmosferycznych (P) i wskaźnika hydrotermicznego Sielianinowa (HTC) w sezonach wegetacyjnych, w latach 1848-2016

Figure 5. Period-graphs of air temperature (T), precipitation (P) and Sielianinov's hydrothermal coefficient (HTC) in vegetation seasons, in years 1848-2016

Tabela 1. Dominujące okresowości (periodogram $P(i)$) dla temperatury powietrza (T), opadu atmosferycznego (P) i wskaźnika hydrotermiczny Sielianinowa (HTC) dla Poznania w okresie wegetacyjnym w latach 1848-2016

Table 1. Dominant periodicity (periodograph $P(i)$) for air temperature (T), precipitation (P) and Sielianinov's hydrothermal coefficient (HTC) for Poznan in vegetation period in 1848-2016

T		P		HTC	
$P(i)$	Okres Period [lata] [years]	$P(i)$	Okres Period [lata] [years]	$P(i)$	Okres Period [lata] [years]
7,269	84,5	82 718	3,3	1,257	3,3
7,043	56,3	52 986	2,8	0,811	2,8
5,547	3,5	39 677	7,0	0,563	3,9
5,537	3,3	38 828	4,0	0,536	2,1
2,988	15,4	35 807	3,6	0,534	7,0

DYSKUSJA

Podobnie krótkookresowe (do 10 lat) trendy wykazano w przypadku temperatury rocznej w Europie Centralnej i Zachodniej dla długich serii pomiarowych (Jones, Mann 2004; Luterbacher i in. 2004; Boryczka, Stopa-Boryczka 2007; Kożuchowski, Żmudzka 2001; Zawora 2005).

Dla opadów na obszarach PZ i WPN nie znaleziono istotnych statystycznie zmian trendów dla całego okresu 1848–2016, a jedynie zmiany cykliczne. Podobny rezultat uzyskali Boryczka i Stopa-Boryczka (2004) oraz Żmudzka (2009), analizując opady w Polsce oraz Pauling i in. (2005) dla obszaru Europy Środkowej w przypadku długich serii pomiarowych.

W przypadku temperatury i opadów w PZ i w WPN znaczny udział mają cykle o okresach krótkich. Dominację cykli o krótkich okresach dla temperatury w strefie klimatu umiarkowanego Europy potwierdzają liczne prace (Żmudzka 1995; Boryczka, Stopa-Boryczka 2004; Paluš, Novotná 2006; Nicolay i in. 2009; Okoński, Miler 2012). W przypadku opadów cykle o krótkich okresach stwierdzili m.in. Brádzil i in. (1985), Boryczka i Stopa-Boryczka (2004) oraz Paul i David (2006).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Klimat w Puszczy Zielonce i Wielkopolskim Parku Narodowym wykazuje stosunkowo dużą stacjonarność.

1. Temperatura powietrza (T) dla tych obszarów leśnych, w latach 1848–2016, wykazuje w okresach wegetacyjnych, dodatni trend $0,004\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{rok}$ (Sen's slope) na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Natomiast opady atmosferyczne (P) oraz wskaźnik hydrotermiczny Sielianinova (HTC) nie wykazują istotnych statystycznie zmian. Podobnie HTC dla poszczególnych miesięcy wegetacyjnych IV-X nie wykazuje istotnych statystycznie zmian.
2. Analiza Fouriera okresowości temperatury powietrza wskazuje na dominujące cykle: 84,5-; 56,3-; 15,4-; 3,5 – i 3,3-letnie. Analogiczne analizy wskazują na okresowości opadu atmosferycznego: 7,0-; 4,0-; 3,6-; 3,3 – i 2,8-letnie. Bardzo podobne, okresowości dominujące uzyskano dla wskaźnika hydrotermicznego Sielianinova tj.: 7,0-; 3,9-; 3,3-; 2,8 – i 2,1 – letnie.
3. Można wskazać, iż w Poznaniu, a zatem również w Puszczy Zielonka i w Wielkopolskim Parku Narodowym, w okresach wegetacyjnych, w latach 1848–2016 (prawie 170 lat) temperatura powietrza wzrosła o około $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, natomiast opad atmosferyczny pozostał na niezmiennym poziomie. Wskaźnik hydrotermiczny Sielianinova, będący kompleksową oceną warunków opadowo-termicznych, również pozostał na niezmiennym poziomie.

LITERATURA

- Anders, P., Kasprzak, K., Raszka, B. (1999). *Wielkopolski Park Narodowy*. Poznań: Wyd. WBP.
- Bałazy, S. (1994). *Wartości przyrodnicze oraz problemy ochrony rezerwatowej lasów Wielkopolskiego Parku Narodowego*. *Morena*, 2(54): 99–104.
- Banasik, K., Hejduk, L., Hejduk, A., Kaznowska, E., Banasik, J., Byczkowski, A. (2013). *Wieloletnia zmienność odpływu z małej zlewni rzecznej w regionie Puszczy Kozienickiej*. *Sylvan*, 157(8): 578–586.
- Boryczka, J., Stopa-Boryczka, M. (2004). *Cykliczne wahania temperatury i opadów w Polsce w XIX–XXI w.* *Acta Agrophysica*, 3(1): 21–33.
- Boryczka, J., Stopa-Boryczka, M. (2007). *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy w XVIII wieku i ich przyczyny*. *Acta Agrophysica*, 9(3): 555–570.
- Brädzil, R., Samaj, F., Valovic, S. (1985). *Variation of spatial annual precipitation sums in Central Europe in the period 1881–1980*. *Journal of Climate*, 5: 617–631.
- Chiew, F., McMahon, T. (1993). *Detection of trend or change in annual flow of Australian rivers*. *International Journal of Climatology*, 13: 643–653.
- Gilbert, R. (1987). *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. John Wiley & Sons, New York, 320.
- Hirsch, R., Slack J. (1984). *Non-parametric trend test for seasonal data with serial dependence*. *Water Resources Research*, 20 (6): 727–732.
- <http://www.wielkopolskipn.pl/> (dostęp 16.12.2017).
- Jones, P., Mann, M. (2004). *Climate over past millennia*. *Reviews of Geophysics* 42, doi: 10.1029/203RG000143.
- Kasprzak, K. (1996). *Park Krajobrazowy „Puszcza Zielonka”*. *Kronika Wielkopolski*, 3(82).
- Khambhammettu, P. (2005). *Annual Groundwater Monitoring Report, Appendix MannKendall Analysis for the Fort Ord Site*. Rep., California, 1–7.
- Kożuchowski, K., Żmudzka, E. (2001). *Ocieplenie w Polsce: Skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku*. *Przegląd Geofizyczny*, 1–2: 81–90.
- Kuchar, L., Iwański, S., Diakowska, E., Gąsiorek, E. (2017). *Ocena suszy meteorologicznej w 2015 roku (HTC) w kontekście zmian klimatycznych*. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, PAN, Oddz. Kraków, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi, 1(2): 257–273, doi: <http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2017.1.2.019>.

Luterbacher, J., Dietrich, D., Xoplaki, E., Grosjean, M., Wanner, H. (2004). *European seasonal and annual temperature variability, trends and extremes since 1500*. Science, 303: 1499–1503.

Miler, A.T., Krysztofiak, A. (2003). *Stosunki wodne na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego*. W: Kształtowanie i ochrona środowiska leśnego, Red. A.T. Miler, Poznań: Wyd. AR, 171–178.

Miler, A., Krysztofiak, A. (2006). *Potencjalne zdolności retencyjne Wielkopolskiego Parku Narodowego*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, PAN, Oddział w Krakowie, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi, 3(1): 45–55.

Nicolay, S., Mabille, G., Fettweis, X., Ericum, M. (2009). *30 and 43 months period cycles found in air temperature time series using the Morlet wavelet method*. Climate Dynamics, 33: 1117–1129.

Nowak, G. (1999). *Struktura użytkowania gruntów w Wielkopolskim Parku Narodowym*. Morena, 6: 39–44.

Nowak, G., Kara, M., Bernat, Z., Cykowiak, Z. (2000). *Wybrane zagadnienia z planu ochrony ekosystemów leśnych Wielkopolskiego Parku Narodowego*. Morena, 7: 85–129.

Okoński, B., Miler, A.T. (2012). *Wieloletnia zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Puszczy Zielonka*. Sylwan, 156(6): 473–480.

Ozga-Zieliński, B. (1987). *Badania statystycznej niejednorodności ciągów pomiarowych*. Gospodarka Wodna, 2: 226–228.

Paluš, M., Novotná, D. (2006). *Quasibiennial oscillations extracted from monthly NAO index and temperature records are phasesynchronized*. Nonlinear Processes in Geophysics, 13: 287–296.

Paul, P., David, B.S. (2006). *Analysis of the Historical precipitation sums of Sulina Station by Means of Power Spectra in Relation to Sibiu Station and NAO and SOI indexes*. Geographia Technica, 2: 99–104.

Pauling, A., Steiner, D., Luterbacher, J., Casty, C., Wanner, H. (2005). *Five hundred years of gridded high-resolution precipitation reconstructions over Europe and the connection to large-scale circulation*. Climate Dynamics, 26(4): 387–405.

Rozporządzenie Wojewody Poznańskiego nr 10/04 z dnia 26 stycznia 2004r. zmieniające rozporządzenie Wojewody Poznańskiego w sprawie utworzenia Parku Krajobrazowego Puszcza Zielonka. Dz. Urz. Woj. Wlkp. nr 14, poz. 415.

Sielianinov, G.T. (1966). *Agroclimatic Map of the World*. Gidrometizdat, Leningrad.

Skowera, B., Puła, J. (2004). *Skrajne warunki pluwiotermiczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971–2000*. Acta Agrophysica, 3(1): 171–177.

Trampler, T., Kliczkowska, A., Dmyterko, E., Sierpińska, A. (1990). *Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych*. Warszawa: PWRiL.

Woś, A. (1994). *Klimat Niziny Wielkopolskiej*. Poznań: Wydawnictwo UAM.

Yue, S., Pilon, P., Cavadias, G. (2002). *Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series*. *Journal of Hydrology*, 259(1-4): 254–271.

Zawora, T. (2005). *Temperatura powietrza w Polsce w latach 1991–2000 na tle okresu normalnego 1961–1990*. *Acta Agrophysica*, 6(1): 281–287.

Żmudzka, E. (1995). *Tendencje i cykle zmian temperatury powietrza w Polsce w latach 1951–1990*. *Przegląd Geofizyczny*, 40 (2): 129–139.

Żmudzka, E. (2009). *Współczesne zmiany klimatu Polski*. *Acta Agrophysica*, 13 (2): 555–568.

prof. dr hab. Inż. Antoni T. Miler
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Katedra Inżynierii Leśnej
ul. Wojska Polskiego 71C
60-625 Poznań
Tel. (+48) 61 848 73 66,
E-mail: antoni.miler@up.poznan.pl

Wpłynęło: 16.02.2018

Akceptowano do druku: 11.04.2018