UNIWERSYTET GDAŃSKI

WYDZIAŁ BIOLOGII
UNIWERSYTET GDAŃSKI

Janusz Stanisławski

Kierunek studiów: ***Biologia***
Numer albumu: 254174

Wieloletnie zmiany terminów jesiennej wędrówki piecuszka (*Phylloscopus trochilus*) przez polskie wybrzeże Bałtyku i ich związek z temperaturami na lęgowiskach i trasach jesiennej migracji.

Praca licencjacka
wykonana
w Stacji Badania Wędrówek Ptaków
pod kierunkiem
dr hab. Magdaleny Remisiewicz, prof. UG

Gdańsk 2020

Abstract

Long term changes in autumn migration timing of Willow Warbler (*Phylloscopus trochilus*) at the Polish coast of Baltic and their relations to temperatures at breeding grounds and autumn migration routes.

Global climate warming influence ecosystems and migratory birds that inhabit the northern hemisphere. Birds shift dates of their autumn migration in response to these changes. I aimed to determine the impact of temperatures at breeding grounds and on migration routes on the shifts if the autumn migration timing of the Willow Warbler *Phylloscopus trochilus* through the Baltic coast of Poland. I used data on young Willow Warblers ringed at ringing stations Bukowo-Kopań and Mierzeja Wiślana within the research programme Operation Baltic during autumn migration (August 14th – October 1st) in 1965-2018. I identified the dates of 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90%, 95% of all Willow Warblers caught every autumn at each station. I correlated dates of those percentiles with temperatures on breeding grounds and autumn migration routes. At Mierzeja Wiślana migration of Willow Warbler's advanced 7-15 days over 46 years of research (1965-2010). At Bukowo-Kopań no advance in autumn migration timing was found in 1971-2018. Willow Warbler's migrations timing at Mierzeja Wiślana were negatively correlated with temperatures of September in Finland and northwestern Russia. It may be the effect of early breeding and rapid maturation of Willow Warblers, which then start their migration earlier in warm summers. Willow Warbler's migration timing at Bukowo-Kopań was positively correlated with temperatures of September and October in Norway and Sweden. This could be caused by a longer stay of the bird in these regions to take advantage of the extended presence of insects to replenish energy reserves for further travel. The results suggest that in autumn at Bukowo-Kopań most Willow Warblers come from breeding grounds in Norway and Sweden, and at Mierzeja Wiślana from Finland and northwestern Russia.

Spis treści

1. Wstęp 5

2. Cel badań 7

3. Teren badań 7

4. Metody i materiały 8

5. Wyniki: 12

5.1 Wieloletnie zmiany w terminach migracji przez stację stacje Bukowo-Kopań i Mierzeja Wiślana. 12

5.2 Korelacje terminów jesiennej wędrówki między stacjami Mierzeja Wiślana i Bukowo-Kopań. 13

5.3 Korelacje dat percentyli przelotu piecuszka przez stację Mierzeja Wiślana i Bukowo-Kopań ze średnimi temperaturami na lęgowiskach. 13

5.4 Korelacje dat percentyli przelotu piecuszka przez stację Mierzeja Wiślana i Bukowo-Kopań ze średnimi temperaturami na trasach jesiennej migracji. 16

6. Dyskusja: 22

6.1 Wieloletnie trendy w terminach jesiennej wędrówki piecuszka przez stacje Akcji Bałtyckiej w porównaniu z innymi gatunkami migrantów dalekodystansowych. 22

6.2 Związek między terminami jesiennej migracji piecuszka przez polskie wybrzeże Bałtyku a temperaturami na lęgowiskach i na trasach jesiennej migracji. 23

6.3 Przyczyny różnic w terminach migracji piecuszków przez Mierzeje Wiślaną i Bukowo-Kopań. 24

7. Wnioski 25

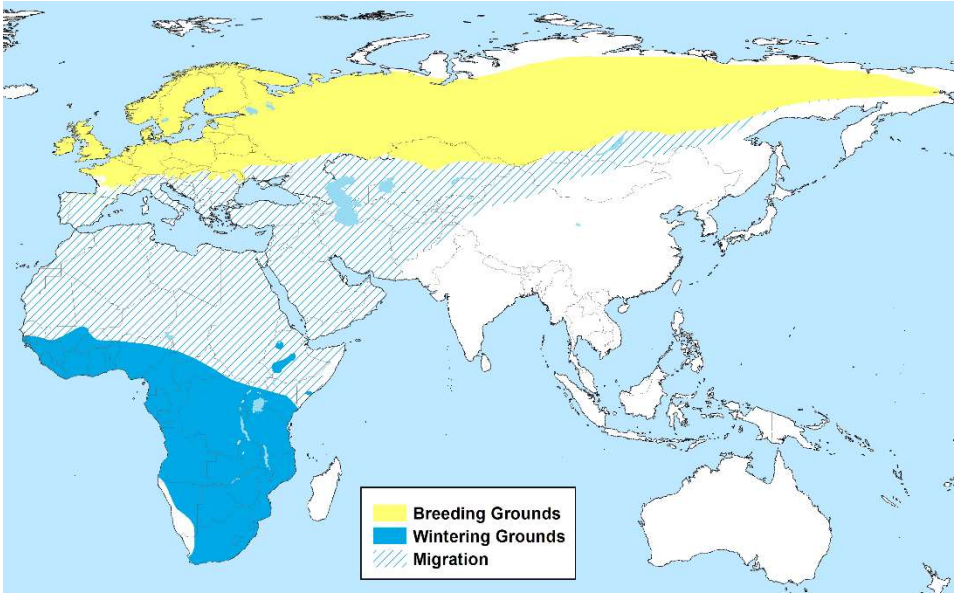
8. Bibliografia 26

1. Wstęp

W ciągu XX w. Globalne temperatury wzrosły o 0,5°C (Easterling i inni 1997), a postępujące ocieplanie klimatu ma wpływ na ekosystemy, w tym na migrujące gatunki ptaków (Bairlein i Hüppop 2004), zwłaszcza na te zamieszkujące półkulę północną (Tøttrup i inni 2006). Terminy migracji ptaków kontrolowane są endogennie, a sygnałem do zachowań wędrówkowych jest zmiana długości dnia (Gwinner 1996). Jednym z czynników zewnętrznych wpływających na terminy jesiennej wędrówki są temperatury jakie działają na ptaki na lęgowiskach oraz w czasie jesiennej wędrówki (Forchhammer i inni 2002, Vähätalo i inni 2004). Terminy jesiennej wędrówki zależą od wieloletnich zmian w wiosennych temperaturach na lęgowiskach (Ellegren 1990, Sokolov i inni 1999). Cieplejsze wiosny i wcześniejsze przystąpienie do rozmnażania potencjalnie przyspiesza ukończenie cyklu rozrodczego. Możemy spodziewać się zatem szybszego rozpoczęcia jesiennej migracji po ciepłej wiośnie (Tøttrup i inni 2006). Jednakże adaptacje strategii lęgowych oraz terminów migracji zależne są od gatunku i jego biologii. Migranty dalekodystansowe powinny rozpocząć odlot z lęgowisk jak najwcześniej aby dotrzeć na zimowiska na czas, podczas gdy migranty krótkodystansowe mogą wykorzystać ciepłe lato aby złożyć dodatkowy lęg, i zwiększając ilość potomstwa zapewnić sobie większy sukces reprodukcyjny (Tøttrup i inni 2006). Wysokie temperatury latem podczas lęgów mogą pozwolić na szybsze dorastanie i gotowość do wędrówki młodych osobników (Huin and Sparks 2000, Pinszke 2017, Redlisiak i inni 2018). Także temperatury w trakcie jesiennego przelotu mogą wpływać na terminy jesiennej wędrówki (Forchhammer et al. 2002, Ahola i inni 2004, Hüppop i Hüppop 2004, Pinszke 2017). Można to zauważyć u migrantów krótko i dalekodystansowych (Jenni & Kéry 2003, Tøttrup i in. 2006, Redlisiak i inni, Pniszke 2017).

Piecuszek (*Phylloscopus trochilus*) (Ryc. 1) jest gatunkiem należącym do rodziny świstunek (Phylloscopidae). Występuje w wiklinach i łozowiskach, a także w młodnikach leśnych, zagajnikach, rzadziej w dojrzałych lasach, parkach lub ogrodach (Svensson 2017). Lęgowiska piecuszka obejmują większą część Europy i północną Azję (Ryc. 2). Wyprowadza jeden lęg w roku, rzadko dwa (Robinson 2005). Ptaki przelatujące jesienią i wiosną przez stacje Akcji Bałtyckiej pochodzą głównie ze Szwecji oraz Finlandii, a piecuszki wędrujące przez Bukowo-Kopań oraz Mierzeje Wiślaną nie różnią się widocznie lęgowiskami (Maciąg 2017). Piecuszek zimuje w Afryce na południe od Sahary, od zachodniej, przez środkową, aż do krańca południowej Afryki (Ryc. 2).

Ryc. 1 Piecuszek *Phylloscopus trochilus* (fot. Aleksandra Derlicka).



Ryc. 2 Zasięg występowania piecuszka. Żółty – lęgowiska, niebieski – zimowiska, obszar kreskowany na niebiesko – obszar przez który wędrują piecuszki (https://en.wikipedia.org/wiki/Willow_warbler#/media/File:Phylloscopus_trochilus_Range_Map.png)

2. Cel badań

Celem moich badań jest określenie wpływu temperatur na lęgowiskach oraz trasach jesiennej wędrówki na wieloletnie zmiany terminów jesiennej wędrówki piecuszka *Phylloscopus trochilus,* z wykorzystaniem danych ze stacji obrączkowania ptaków Akcji Bałtyckiej Bukowo-Kopań oraz Mierzeja Wiślana na polskim wybrzeżu Bałtyku zebranych w latach 1965-2018.

3. Teren badań

Teren badań obejmuje dwie stacje obrączkowania ptaków Akcji Bałtyckiej: Bukowo-Kopań (54°20’13″N, 16°14’36″E) i Mierzeja Wiślana (54°21’57″N, 19°23’30″E). Mierzeja jeziora Bukowo składa się z dwóch części. Od strony morza występuje wał wydmowy porośnięty młodnikiem sosnowym, wierzbami, tarniną, różą i roślinnością charakterystyczną dla białej wydmy, a od strony jeziora znajduje się żyzny łęg olszowo-jesionowy, w tych siedliskach chwytano ptaki (Maciąg 2017). Mierzeja Wiślana jest porośnięta borem sosnowym, który od strony zalewu przechodzi w zakrzaczenia z elementami olsu, a na brzegu zalewu występuje trzcinowisko o szerokości do 300m i w tych siedliskach prowadzono odłowy (Maciąg 2017).

Ryc. 3 Lokalizacja stacji obrączkowania ptaków Akcji Bałtyckiej. MW- Mierzeja Wiślana, BK- Bukowo-Kopań (Google Maps 2020).

4. Metody i materiały

Dane wykorzystane w pracy zebrano w dwóch stacjach obrączkowania ptaków Bukowo-Kopań i Mierzeja Wiślana należących do programu badawczego Akcja Bałtycka, prowadzonego przez Stację Badania Wędrówek Ptaków UG. Prace terenowe odbywały się podczas jesiennego przelotu ptaków na zimowiska w latach 1965-2018 (Mierzeja Wiślana) i 1971-2018 (Bukowo-Kopań) od 14 sierpnia do 1 listopada. Okres ten obejmował cały przelot piecuszka.

Ptaki chwytane były w sieci ornitologiczne, a liczba sieci nie zmieniała się w danym sezonie. Okresy pomiędzy kontrolami sieci, prowadzonymi codziennie od świtu do zmroku, wynosiły godzinę, a czas ten zmniejszał się w przypadku dużej liczby ptaków bądź złych warunków meteorologicznych, ze względu na bezpieczeństwo ptaków (Busse i Meissner 2015).

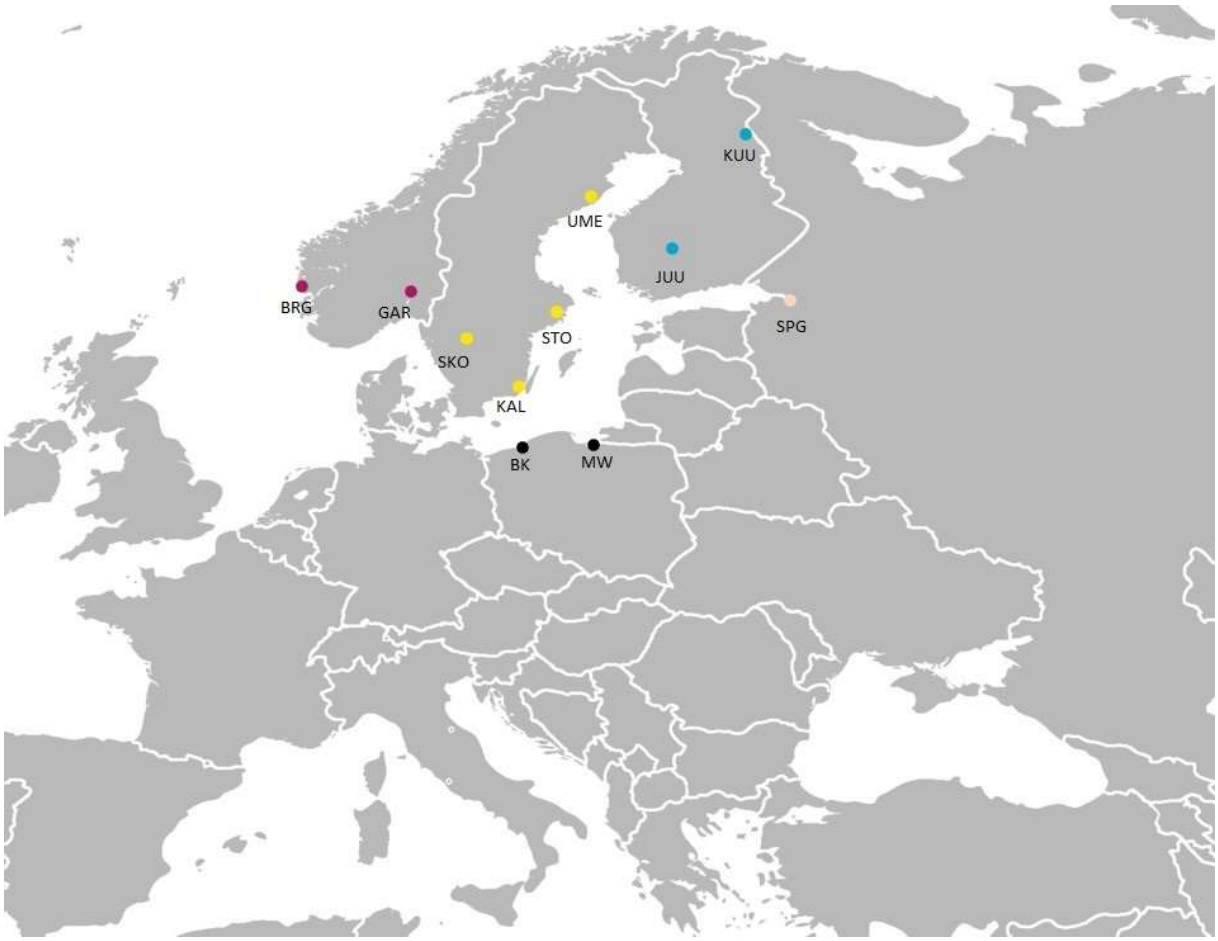
Schwytane ptaki następnie obrączkowano, mierzono i ważono według określonych standardów Akcji Bałtyckiej (Busse i Meissner 2015). Ptaki dzielono na młode i dorosłe, wiek osobnika określano na podstawie upierzenia. Wszystkie dane dotyczące badanego ptaka były zapisane do zeszytu terenowego, a następnie wpisane do komputerowej bazy danych Stacji Badania Wędrówek Ptaków UG, skąd udostępniono dane do mojej pracy.

W pracy wykorzystałem jedynie dane o młodych piecuszkach ze względu na małą liczbę osobników dorosłych dostępną do analiz. Wykluczyłem z analiz także lata, w których liczba osobników wynosiła mniej niż 10 (Tab. 1.). W przypadku gdy liczba osobników danego dnia była nieznana, ponieważ nie chwytano ptaków z przyczyn losowych, do tego dnia przypisana została średnia liczba schwytanych piecuszków danego dnia w sześciu poprzednich i sześciu następnych latach badań na danej stacji (Redlisiak i inni 2018).

Tabela 1. Liczba schwytanych piecuszków w stacjach obrączkowania ptaków Bukowo-Kopań (BK) oraz Mierzeja Wiślana (MW). Kolor czarny - lata, w których liczebność piecuszka nie przekroczyła 10 osobników, "x" - brak danych.

Rok	MW	BK	Rok	MW	BK	Rok	MW	BK
1965	499	X	1983	162	415	2001	301	141
1966	190	X	1984	75	156	2002	211	233
1967	341	X	1985	84	173	2003	66	127
1968	824	X	1986	151	78	2004	42	159
1969	360	X	1987	272	36	2005	26	78
1970	545	X	1988	257	35	2006	20	152
1971	569	213	1989	182	51	2007	12	136
1972	176	104	1990	245	228	2008	34	72
1973	264	195	1991	63	43	2009	16	98
1974	433	210	1992	87	102	2010	26	49
1975	306	88	1993	199	260	2011		
1976	338	198	1994	68	140	2012		45
1977	339	172	1995	117	234	2013		104
1978	309	178	1996	178	317	2014		135
1979	79	142	1997	128	126	2015		108
1980	77	95	1998	38	502	2016		63
1981	109	765	1999	45	147	2017		62
1982	282	1048	2000	37	190	2018		78
						Razem	9182	8481
						Suma	17663	

Następnie na podstawie otrzymanych danych wyznaczyłem daty schwytania 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90% i 95% piecuszków w danym sezonie przelotu jesiennego na danej stacji. Dzień 14 sierpnia wyznaczyłem jako dzień 1. Powtórzyłem to dla wszystkich lat dla obu stacji. Następnym krokiem było wykonanie wykresów dla każdego z badanych percentyli dla każdej stacji osobno oraz sporządzenie na ich podstawie linii trendów za pomocą regresji liniowej. Określiłem także długość przelotu młodych piecuszków biorąc pod uwagę liczbę dni, która upłynęła pomiędzy przelotem 5%, a 95% osobników w danym sezonie. Wszystkie te etapy wykonałem tak jak w pracach Redlisiak i inni (2018), Remisiewicz i inni (2020), Rybant (2020), w programie Microsoft Office. Istotność regresji terminów przelotu kolejnych percentyli piecuszków dla obu stacji obliczyłem przy pomocy programu Statistica 13.1 (Dell Inc. 2016). Te regresje wykonałem dla wszystkich lat, w których był wystarczający materiał dla każdej stacji, czyli 1965-2010 dla Mierzei Wiślanej i 1971-2018 dla Bukowa Kopań (Tab. 1).



Ryc. 4. Stacje obrączkowania ptaków Akcji Bałtyckiej - MW (Mierzeja Wiślana) i BK (Bukowo-Kopań) oraz stacje meteorologiczne na lęgowiskach wykorzystane w pracy, kolory jak w Tab. 2.

Tabela 2. Stacje meteorologiczne (Ryc 1), z których wykorzystano średnie miesięczne temperatury, kolory jak na Ryc. 4.

Stacje	Skrót	Kraj
Gardermoen	GAR	Norwegia
Bergen	BRG	Norwegia
Umea	UME	Szwecja
Kalmar	KAL	Szwecja
Skovde	SKO	Szwecja
Sztokholm	STO	Szwecja
Juupajoki	JUU	Finlandia
Kuusamo	KUU	Finlandia
St. Petersburg	SPG	Rosja

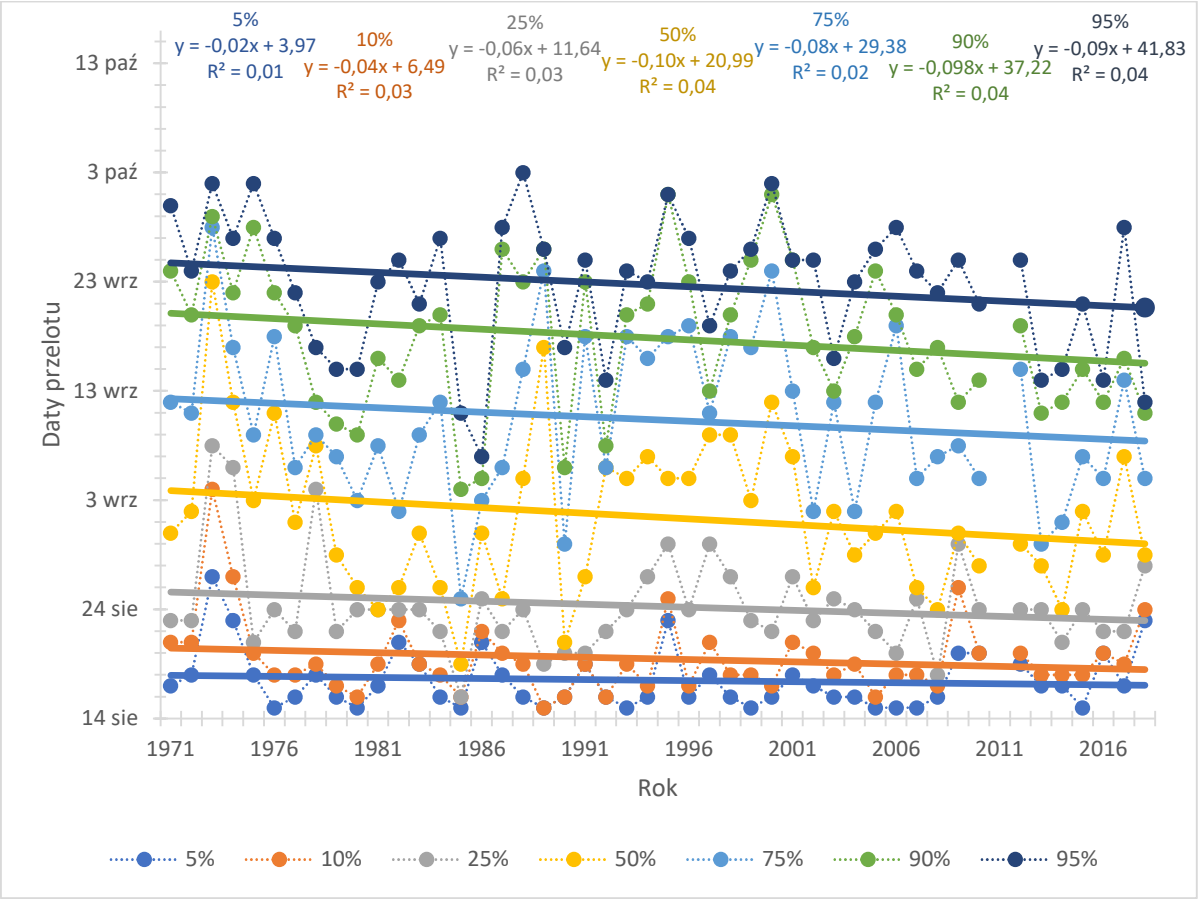
W mojej pracy wykorzystałem średnie miesięczne temperatury ze stacji meteorologicznych na terenach lęgowych piecuszków (Tab. 2). Dane meteorologiczne, wykorzystane w poprzednich pracach licencjackich i magisterskich (Pinszke 2017,2019; Niedziela 2020), otrzymałem od promotorki. Wykorzystałem temperatury dla miesięcy czerwiec-październik, z czego miesiące czerwiec-lipiec to okres lęgowy, a sierpień-październik obejmują okres jesiennej migracji piecuszków.

Następnie wykonałem korelacje średnich dat przelotu 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90% i 95% osobników dla każdej stacji z tymi miesięcznymi średnimi temperatur oraz korelacje dla poszczególnych percentyli przelotu pomiędzy stacjami Mierzeja Wiślana a Bukowo-Kopań, przy użyciu programu Statistica 13.1 (Dell Inc. 2016). Te korelacje wykonałem dla wspólnych lat, w których był wystarczający materiał dla obu stacji, czyli dla okresu 1971-2010 (Tab. 1).

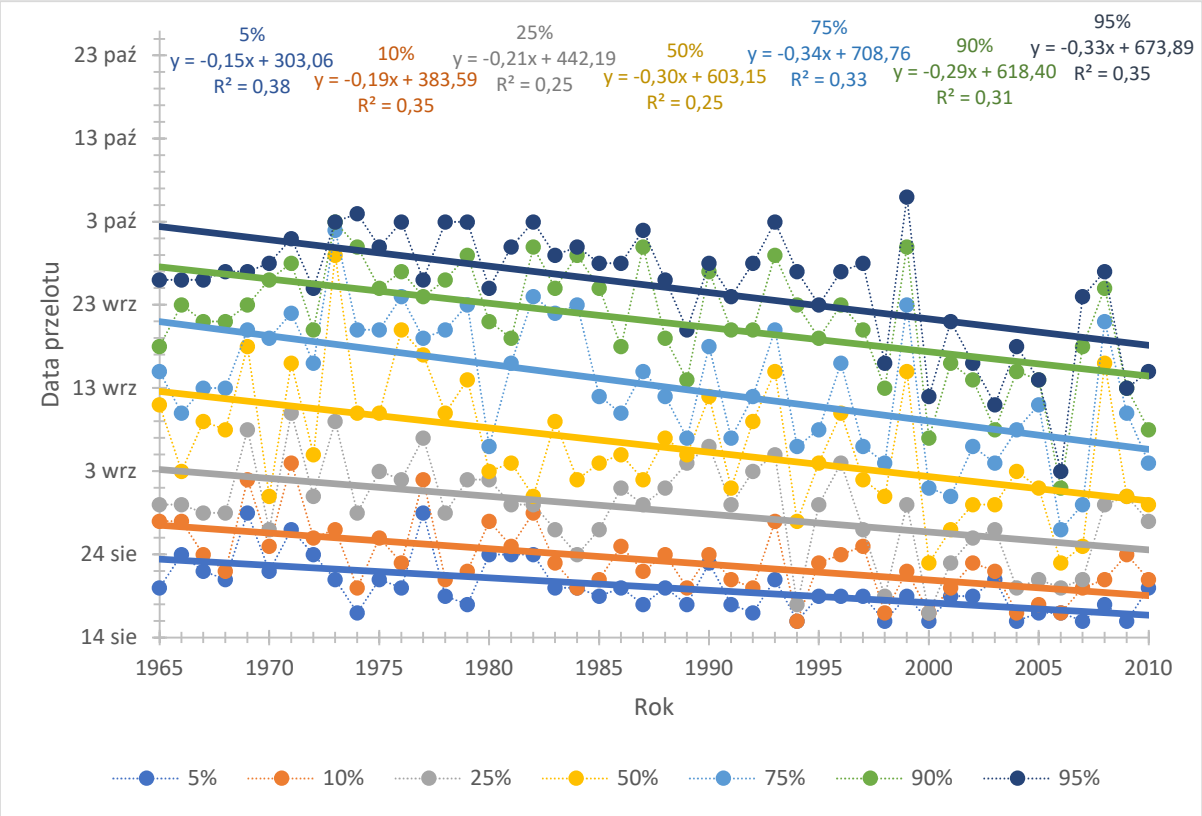
5. Wyniki:

5.1 Wieloletnie zmiany w terminach migracji przez stację stacje Bukowo-Kopań i Mierzeja Wiślana.

Dla stacji Bukowo-Kopań terminy jesiennej wędrówki piecuszka nie uległy istotnemu przyspieszeniu w okresie 1971-2018 dla żadnego z percentyli przelotu (Ryc. 2.). W przypadku stacji Mierzeja Wiślana terminy te uległy przyspieszeniu o średnio 7 do 15 dni dla różnych percentyli w okresie 1965-2010 (Ryc. 3.).



Ryc. 5. Wieloletnie trendy migracji jesiennej 5%, 10%, 15%, 25%, 50%, 75%, 90%, 95% całkowitej liczby schwytanych młodych piecuszków oraz linie trendu dla stacji Bukowo-Kopań w latach 1971-2018. Żadna z nich nie wykazywała istotności statystycznej – $p < 0,05$.



Ryc. 6. Wieloletnie trendy migracji jesiennej 5%, 10%, 15%, 25%, 50%, 75%, 90%, 95% całkowitej liczby schwytanych młodych piecuszków oraz linie trendu dla stacji Mierzeja Wiślana w latach 1965-2010. Wszystkie linie regresji były istotne na poziomie – $p < 0,001$.

5.2 Korelacje terminów jesiennej wędrówki między stacjami Mierzeja Wiślana i Bukowo-Kopań.

Korelacje dat dla kolejnych percentyli przelotu pomiędzy stacjami Mierzeja Wiślana a Bukowo–Kopań nie były istotne statystycznie (Tab. 3.).

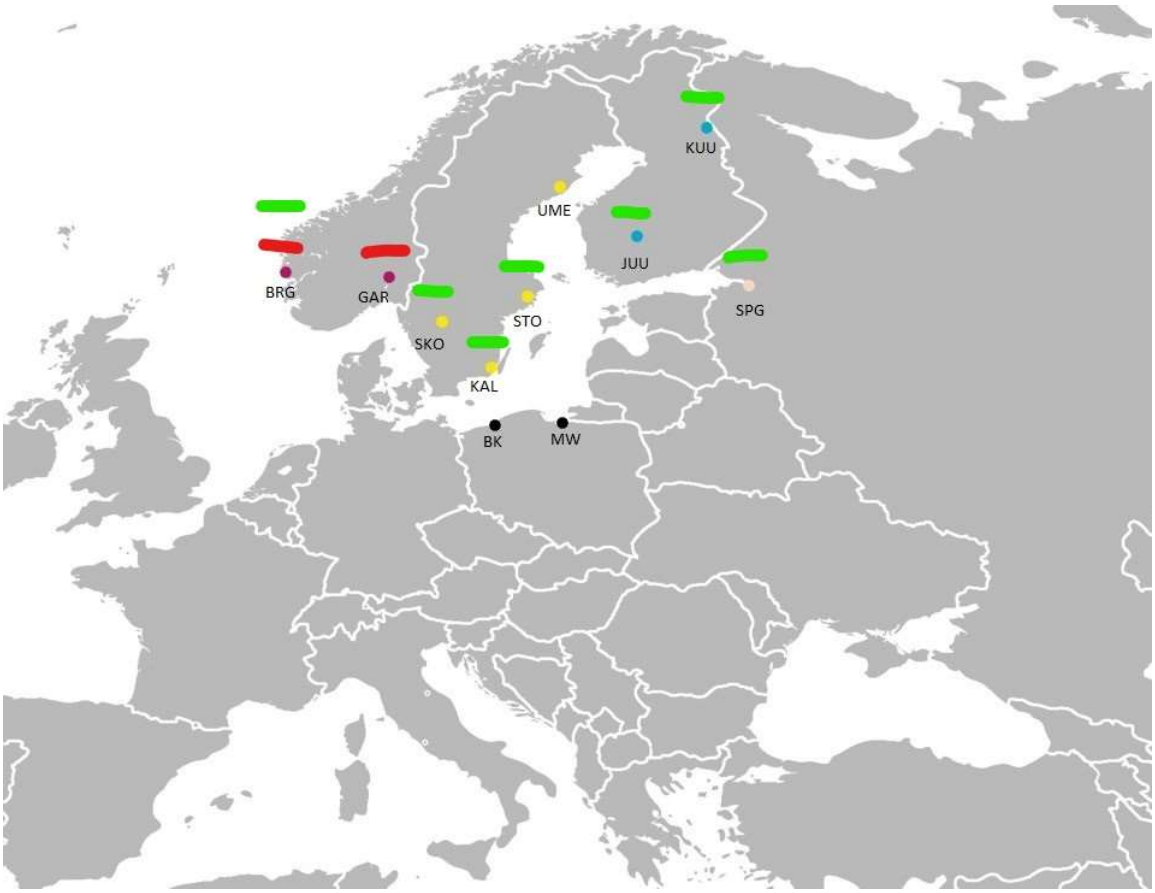
Tabela 3. Korelacje dat przelotu 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90% i 95% młodych piecuszków pomiędzy stacjami Bukowo-Kopań, a Mierzeja-Wiślana w latach 1971-2010, w których były dane dla obu stacji (Tab. 1); r- współczynnik korelacji Pearsona.

Percentyle	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
R	0,291	0,041	0,041	0,255	0,016	0,015	-0,081

5.3 Korelacje dat percentyli przelotu piecuszka przez stację Mierzeja Wiślana i Bukowo-Kopań ze średnimi temperaturami na lęgowiskach.

Terminy przelotu 90% młodych piecuszków przez Bukowo Kopań w latach 1971-2018 były ujemnie skorelowane ze średnimi temperaturami czerwca w stacjach Gardermoen i Bergen, co

oznacza, że wyższe temperatury w tym miesiącu są związane ze wcześniejszym terminem migracji (Tab. 4, Ryc. 4). Terminy przelotu 75% osobników przez stację Mierzeja-Wiślana były ujemnie skorelowane ze średnimi temperaturami lipca w Bergen i St. Petersburg i Bergen, terminy 90% z temperaturami w Bergen, Kalmar, Sztokholm, Juupajoki i St. Petersburg, a daty 95% z temperaturami Bergen, Kalmar, Skovde, Sztokholm, Juupajoki, Kuusamo i St. Petersburg (Tab. 4, Ryc. 4). Długość przelotu przez stację Mierzeja Wiślana była ujemnie skorelowana z temperaturami lipca w Bergen, Kalmar, Skovde, Juupajoki, Kuusamo i St. Petersburg(Tab. 4), co oznacza, że wyższe temperatury w tym miesiącu były związane ze skróceniem okresu jesiennej migracji.



Ryc. 7 Stacje meteorologiczne na lęgowiskach piecuszka oraz stacje obrączkowania Bukowo-Kopań (BK) i Mierzeja Wiślana (MW), kolory jak w Tab. 2. Minusy oznaczają istotne negatywne korelacje między terminami niektórych percentyli przelotu piecuszka przez stacje obrączkowania, a średnimi temperaturami w stacjach meteorologicznych w czerwcu i lipcu (Tab. 4). Czerwony kolor oznacza istotne korelacje dla BK, zielony dla MW.

Tabela 4. Korelacje Pearsona (r) pomiędzy terminami przelotu młodych piecuszków, a średnią temperaturą we wskazanych stacjach meteorologicznych na lęgowiskach w miesiącach czerwiec i lipiec. Korelacje dotyczą lat 1971-2010, w których był wystarczający materiał dla obu stacji.

Miesiąc	Stacja	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	Długość przelotu
Gardermoen									
Czerwiec	BK	-0,05	0,01	0,11	0,13	-0,15	-0,37	-0,25	-0,22
	MW	-0,11	-0,04	0,08	0,04	-0,14	-0,22	-0,13	-0,09
Lipiec	BK	0,04	0,02	-0,12	0,05	0,15	0,15	0,11	0,09
	MW	-0,10	-0,17	-0,27	-0,27	-0,25	-0,28	-0,30	-0,28
Bergen									
Czerwiec	BK	-0,04	-0,01	0,13	-0,07	-0,27	-0,43	-0,26	-0,24
	MW	-0,08	0,02	0,01	-0,12	-0,15	-0,13	-0,10	-0,07
Lipiec	BK	-0,03	0,01	-0,05	-0,05	0,07	0,02	0,08	0,09
	MW	-0,13	-0,18	-0,27	-0,30	-0,37	-0,42	-0,50	-0,48
Umea									
Czerwiec	BK	0,15	0,16	0,21	0,18	0,00	-0,15	-0,16	-0,22
	MW	-0,09	-0,03	0,11	0,08	-0,09	-0,08	-0,05	-0,01
Lipiec	BK	0,16	0,22	0,15	0,16	0,18	0,07	0,07	0,00
	MW	-0,02	-0,07	-0,17	-0,18	-0,21	-0,24	-0,26	-0,27
Kalmar									
Czerwiec	BK	-0,19	-0,15	0,00	0,17	-0,02	-0,24	-0,23	-0,14
	MW	-0,11	-0,12	0,01	0,06	-0,22	-0,30	-0,23	-0,20
Lipiec	BK	0,12	0,09	-0,05	0,12	0,17	0,12	0,09	0,03
	MW	-0,11	-0,19	-0,23	-0,29	-0,31	-0,39	-0,37	-0,35
Skovde									
Czerwiec	BK	-0,06	0,00	0,12	0,22	-0,05	-0,31	-0,22	-0,19
	MW	0,00	0,03	0,16	0,15	-0,09	-0,22	-0,15	-0,15
Lipiec	BK	0,11	0,09	-0,06	0,10	0,18	0,15	0,16	0,10
	MW	-0,07	-0,16	-0,20	-0,21	-0,21	-0,30	-0,32	-0,31
Sztokholm									
Czerwiec	BK	0,01	0,04	0,10	0,20	-0,02	-0,19	-0,21	-0,21
	MW	-0,01	0,00	0,15	0,20	-0,03	-0,12	-0,07	-0,07
Lipiec	BK	0,13	0,14	0,01	0,13	0,19	0,18	0,14	0,08
	MW	-0,10	-0,16	-0,22	-0,23	-0,27	-0,34	-0,32	-0,30

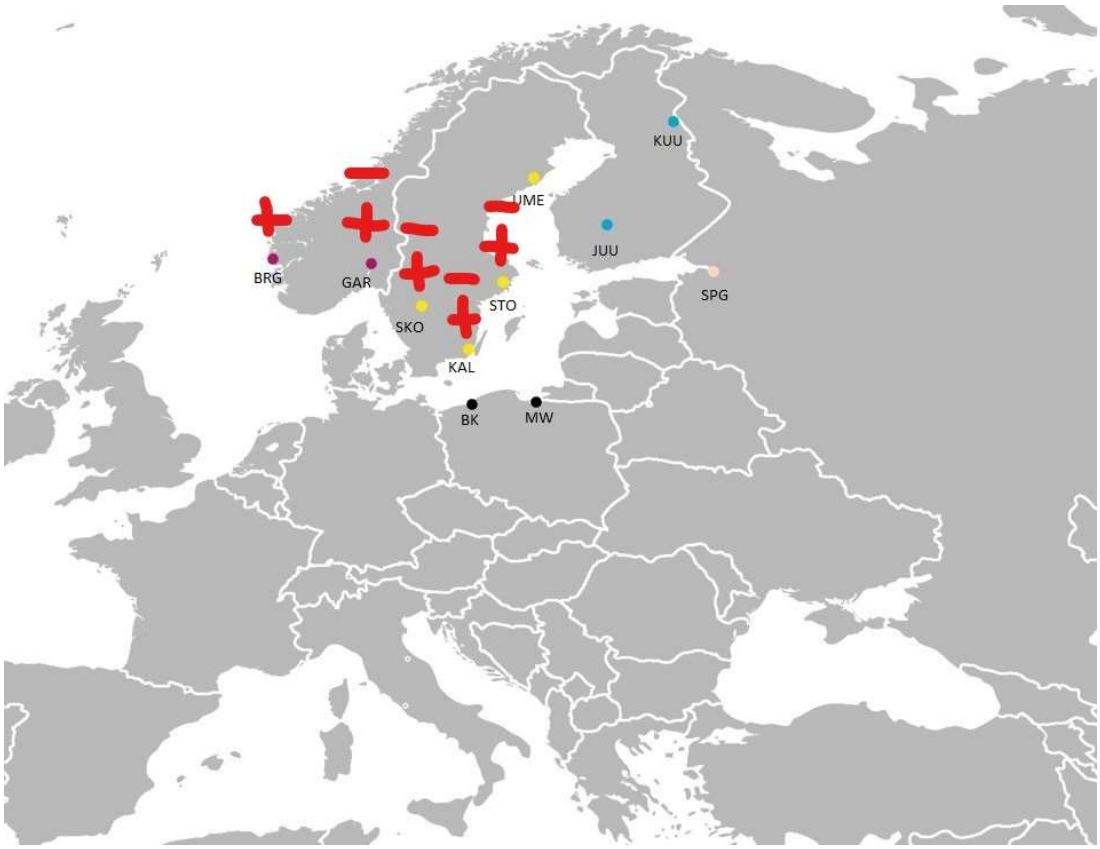
Miesiąc	Stacja	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	Długość przelotu
Juupajoki									
Czerwiec	BK	0,13	0,12	0,18	0,22	0,10	-0,04	-0,12	-0,17
	MW	0,00	0,04	0,13	0,09	-0,10	-0,08	0,01	0,01
Lipiec	BK	0,19	0,22	0,14	0,12	0,10	0,08	0,09	0,00
	MW	0,06	-0,06	-0,21	-0,27	-0,30	-0,40	-0,35	-0,40
Kuusamo									
Czerwiec	BK	0,10	0,12	0,13	0,26	0,18	0,09	-0,04	-0,08
	MW	-0,19	-0,19	-0,07	-0,07	-0,26	-0,19	-0,16	-0,09
Lipiec	BK	0,22	0,30	0,28	0,27	0,20	0,12	0,10	0,01
	MW	0,03	-0,08	-0,25	-0,12	-0,15	-0,30	-0,32	-0,35
St. Petersburg									
Czerwiec	BK	0,12	0,12	0,12	0,21	0,23	0,18	0,09	0,03
	MW	-0,06	-0,04	0,06	0,00	-0,18	-0,16	-0,08	-0,06
Lipiec	BK	0,15	0,17	0,11	0,15	0,12	0,12	0,11	0,04
	MW	-0,02	-0,14	-0,24	-0,27	-0,33	-0,47	-0,40	-0,41

5.4 Korelacje dat percentyli przelotu piecuszka przez stację Mierzeja Wiślana i Bukowo-Kopań ze średnimi temperaturami na trasach jesiennej migracji.

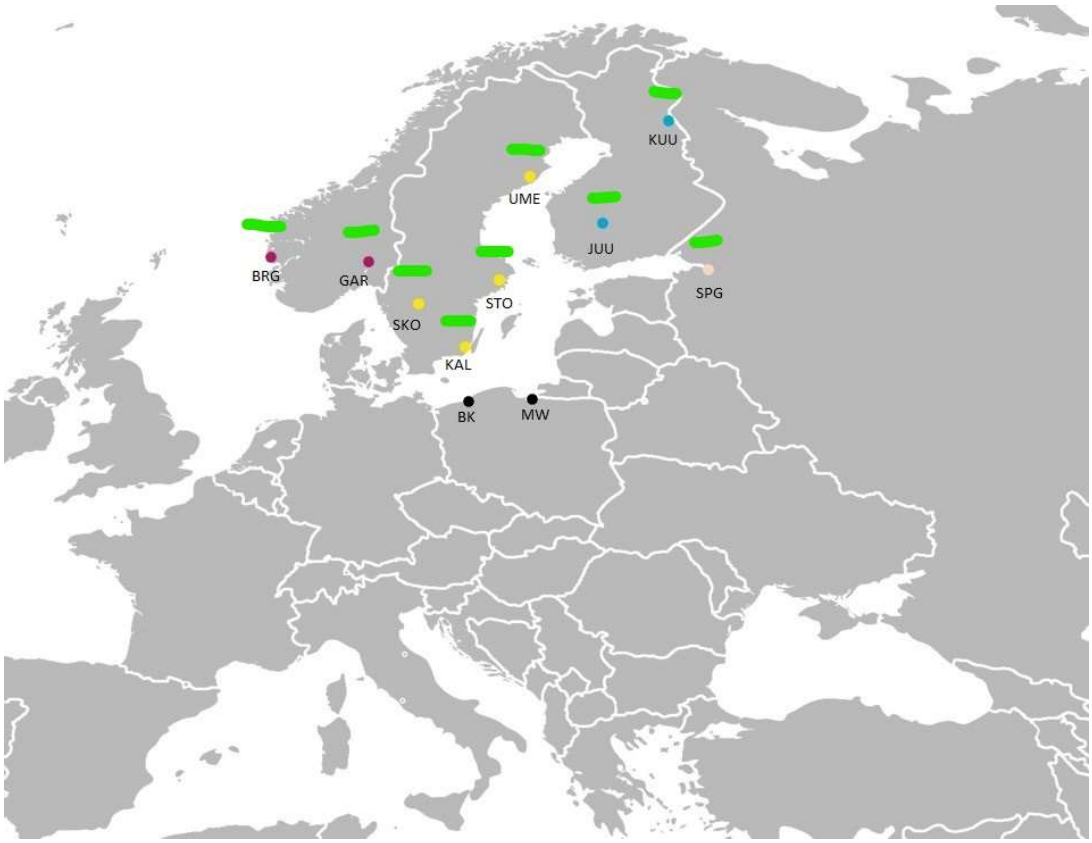
Dla stacji Bukowo-Kopań terminy przelotu 25% młodych piecuszków w latach 1971-2010 były ujemnie skorelowane ze średnią temperatur w październiku w stacjach meteorologicznych Gardermoen, Kalmar, Skovde i Sztokholm (Tab. 5, Ryc. 4). Terminy przelotu 75% były dodatnio skorelowane ze średnimi temperaturami września w Bergen. Długość przelotu 90% osobników była dodatnio skorelowana ze średnimi temperatur września i października w Bergen oraz października w Gardermoen, Kalmar, Skovde oraz Sztokholm, 95% piecuszków ze średnimi temperaturami września i października w Bergen oraz Kalmar i października w stacji Sztokholm. Dodatnie korelacje oznaczają, że wysokie temperatury w tych miesiącach wpływają na opóźnienie się ostatniego etapu migracji piecuszka. Długość przelotu była dodatnio skorelowana ze średnią temperatur września Gardermoen, Bergen, Kalmar i Sztokholm oraz średnią temperatur października w stacjach Bergen, Kalmar i Sztokholm (Tab.5, Ryc. 4). Dodatnie korelacje oznaczają, że wysokie temperatury w tych miesiącach wpływają na wydłużenie się długości przelotu piecuszka przez Bukowo-Kopań.

Dla stacji Mierzeja Wiślana wieloletnie terminy przelotu 5% piecuszków były ujemnie skorelowane ze średnimi temperaturami września dla stacji meteorologicznych Kalmar, Sztokholm, Juupajoki, Kuusamo i St. Petersburg (Tab. 5, Ryc. 4). Oznacza to, że wysokie

temperatury w tych stacjach meteorologicznych miały związek z wcześniejszymi terminami początku jesiennej migracji piecuszka na Mierzei Wiślanej. Terminy przelotu 10% były ujemnie skorelowane z temperaturami września w stacjach Kalmar, Sztokholm, Juupajoki, Kuusamo i St. Petersburg oraz października w St. Petersburg, 25% z temperaturami września i października w Gardemoen, Umea, Juupajoki, Kuusamo i St. Petersburg oraz września w Bergen, Skovde i Sztokholm (Tab. 5, Ryc. 4). Daty przelotu 50% były ujemnie skorelowane ze średnimi temperaturami września w Gardemoen, Umea, Skovde, Sztokholm, Juupajoki, Kuusamo i St. Petersburg oraz października w Gardermoen, Juupajoki, Kuusamo i St. Petersburg (Tab. 5, Ryc. 4). Daty przelotu 75% ptaków były ujemnie skorelowane z temperaturami sierpnia i września w Umea, Juupajoki, Kuusamo i St. Petersburg, oraz z temperaturami września w Gardemoean, Skovde i Sztokholm. Terminy 90% były skorelowane z temperaturami września w Gardermoen, Bergen, Kalmar, Skovde i Sztokholm. Daty 95% były skorelowane z temperaturami sierpnia w Kuusamo, września w Gardermoen, Kalmar i Sztokholm oraz sierpnia i września w Bergen, Umea, Juupajoki i St. Petersburg (Tab. 5, Ryc. 4). Oznacza to, że im cieplejsze były te miesiące w podanych stacjach meteorologicznych tym wcześniejsze były terminy przelotu piecuszka przez Mierzeje Wiślaną. Długość przelotu była ujemnie skorelowana ze średnią temperatur sierpnia w Kuusamo i St. Petersburg, września w Gardermoen, Bergen, Skovde, Sztokholm oraz sierpnia i września w Umea i Jupajoki (Tab. 5, Ryc. 4). Oznacza to, że im cieplejsze były te miesiące na podanych stacjach meteorologicznych tym krótsza była długość przelotu przez Mierzeje Wiślaną.



Ryc. 8 Stacje meteorologiczne na lęgowiskach piecuszka oraz stacje obrączkowania Bukowo-Kopań (BK) i Mierzeja Wiślana (MW), kolory jak w (Tab. 2). Minusy oznaczają istotne negatywne, a plusy istotne pozytywne korelacje między terminami niektórych percentyli przelotu piecuszka przez stację Bukowo-Kopań, a średnimi temperaturami na lęgowiskach w miesiącach sierpień-październik (Tab. 5). Kolory jak na Ryc. 7.



Ryc. 9 Stacje meteorologiczne na lęgowiskach piecuszka oraz stacje obrączkowania Bukowo-Kopań (BK) i Mierzeja Wiślana (MW), kolory jak w (Tab. 2). Minusy oznaczają istotne negatywne korelacje między terminami niektórych percentyli przelotu piecuszka przez stację Mierzeja Wiślana, a średnimi temperaturami na lęgowiskach w miesiącach sierpień-październik (Tab. 5). Kolory jak na Ryc. 7.

Tabela 5. Korelacje Pearsona (r) pomiędzy terminami przelotu młodych piecuszków, a średnią temperaturą we wskazanych stacjach meteorologicznych na lęgowiskach w miesiącach sierpień-październik. Korelacje dotyczą lat 1971-2010, w których był wystarczający materiał dla obu stacji.

Miesiąc	Stacja	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	Długość przelotu
Gardermoen									
Sierpień	BK	-0,04	-0,01	-0,01	-0,06	-0,01	0,13	0,24	0,26
	MW	-0,12	-0,12	-0,28	-0,28	-0,26	-0,29	-0,31	-0,28
Wrzesień	BK	-0,15	-0,07	-0,11	-0,04	0,11	0,16	0,27	0,33
	MW	-0,29	-0,30	-0,40	-0,44	-0,41	-0,52	-0,53	-0,44
Październik	BK	-0,17	-0,28	-0,37	-0,20	0,05	0,34	0,23	0,30
	MW	-0,09	-0,24	-0,36	-0,36	-0,23	-0,16	-0,16	-0,13
Bergen									
Sierpień	BK	-0,12	-0,06	-0,03	-0,13	-0,10	0,03	0,17	0,22
	MW	-0,12	-0,08	-0,20	-0,23	-0,27	-0,30	-0,34	-0,31
Wrzesień	BK	-0,17	-0,07	-0,01	0,12	0,35	0,35	0,41	0,48
	MW	-0,22	-0,29	-0,31	-0,22	-0,27	-0,41	-0,45	-0,38
Październik	BK	-0,15	-0,21	-0,30	-0,11	0,07	0,38	0,35	0,41
	MW	0,02	-0,15	-0,22	-0,20	-0,06	-0,07	-0,13	-0,14
Umea									
Sierpień	BK	-0,13	-0,07	-0,08	-0,03	0,07	-0,02	0,13	0,18
	MW	-0,19	-0,18	-0,25	-0,32	-0,36	-0,38	-0,47	-0,42
Wrzesień	BK	-0,15	-0,12	-0,03	0,00	0,00	0,05	0,15	0,21
	MW	-0,26	-0,30	-0,37	-0,47	-0,45	-0,47	-0,48	-0,40
Październik	BK	-0,11	-0,21	-0,29	-0,27	0,00	0,31	0,21	0,25
	MW	-0,05	-0,18	-0,32	-0,28	-0,15	-0,04	-0,08	-0,07
Kalmar									
Sierpień	BK	0,05	0,03	0,01	-0,02	-0,05	0,05	0,13	0,11
	MW	-0,16	-0,12	-0,24	-0,29	-0,29	-0,28	-0,29	-0,24
Wrzesień	BK	-0,02	0,06	0,07	0,14	0,21	0,25	0,32	0,32
	MW	-0,36	-0,36	-0,38	-0,29	-0,30	-0,36	-0,39	-0,26
Październik	BK	-0,17	-0,23	-0,32	-0,05	0,17	0,43	0,33	0,40
	MW	-0,07	-0,22	-0,34	-0,29	-0,19	-0,16	-0,22	-0,20

Miesiąc	Stacja	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	Długość przelotu
Skovde									
Sierpień	BK	0,07	0,08	0,06	0,01	-0,01	0,12	0,22	0,19
	MW	-0,14	-0,09	-0,21	-0,23	-0,21	-0,22	-0,25	-0,21
Wrzesień	BK	-0,11	-0,04	-0,08	-0,04	0,05	0,12	0,21	0,25
	MW	-0,28	-0,28	-0,36	-0,39	-0,39	-0,45	-0,48	-0,39
Październik	BK	-0,18	-0,26	-0,36	-0,14	0,09	0,33	0,23	0,30
	MW	0,00	-0,16	-0,28	-0,28	-0,18	-0,16	-0,19	-0,20
Sztokholm									
Sierpień	BK	0,04	0,06	0,03	0,01	0,02	0,10	0,21	0,19
	MW	-0,18	-0,12	-0,22	-0,22	-0,21	-0,24	-0,28	-0,22
Wrzesień	BK	-0,14	-0,06	-0,05	0,05	0,14	0,22	0,29	0,34
	MW	-0,34	-0,34	-0,40	-0,41	-0,39	-0,45	-0,47	-0,35
Październik	BK	-0,15	-0,21	-0,35	-0,13	0,15	0,43	0,33	0,38
	MW	-0,04	-0,19	-0,29	-0,26	-0,14	-0,11	-0,17	-0,16
Juupajoki									
Sierpień	BK	-0,04	0,00	-0,08	-0,12	-0,08	-0,09	0,07	0,09
	MW	-0,11	-0,10	-0,24	-0,34	-0,39	-0,43	-0,47	-0,45
Wrzesień	BK	-0,13	-0,14	-0,08	-0,05	-0,08	0,03	0,10	0,16
	MW	-0,35	-0,42	-0,45	-0,50	-0,45	-0,50	-0,50	-0,38
Październik	BK	-0,11	-0,20	-0,26	-0,26	0,07	0,29	0,18	0,23
	MW	-0,12	-0,27	-0,38	-0,34	-0,23	-0,13	-0,15	-0,11
Kuusamo									
Sierpień	BK	-0,15	-0,03	0,00	0,06	0,18	0,04	0,17	0,24
	MW	-0,24	-0,18	-0,22	-0,30	-0,38	-0,40	-0,47	-0,40
Wrzesień	BK	-0,10	-0,13	0,00	-0,01	-0,01	-0,13	-0,02	0,02
	MW	-0,38	-0,39	-0,37	-0,40	-0,32	-0,34	-0,31	-0,17
Październik	BK	-0,03	-0,13	-0,17	-0,29	-0,01	0,27	0,19	0,20
	MW	-0,20	-0,30	-0,46	-0,42	-0,26	-0,18	-0,18	-0,11
St. Petersburg									
Sierpień	BK	-0,05	-0,08	-0,21	-0,23	-0,20	-0,14	-0,05	-0,03
	MW	-0,13	-0,15	-0,27	-0,40	-0,42	-0,44	-0,43	-0,41
Wrzesień	BK	-0,11	-0,12	-0,07	-0,01	0,00	0,13	0,18	0,23
	MW	-0,43	-0,49	-0,47	-0,48	-0,41	-0,46	-0,46	-0,31
Październik	BK	-0,09	-0,18	-0,24	-0,28	0,07	0,22	0,16	0,20
	MW	-0,24	-0,38	-0,44	-0,40	-0,27	-0,20	-0,22	-0,14

6. Dyskusja:

6.1 Wieloletnie trendy w terminach jesiennej wędrówki piecuszka przez stacje Akcji Bałtyckiej w porównaniu z innymi gatunkami migrantów dalekodystansowych.

Na stacji Mierzeja Wiślana termin przelotu piecuszków uległ przyspieszeniu o 7 do 15 dni w okresie 1965-2010, z czego początek przelotu na Mierzei Wiślanej uległ mniejszemu przyspieszeniu niż jego końcówka. Podobnie, a duńskiej wyspie Christiansø na Bałtyku, końcówka przelotu piecuszków uległa przyspieszeniu w latach 1976-1997, jednak początek przelotu nie był coraz wcześniejszy (Tøttrup i inni 2006). Może to wynikać z pochodzenia piecuszków na obu stacjach z nieco innych lęgowisk. Podobne wyniki otrzymała w swojej pracy dotyczącej młodych gajówek Pinszke (2017), gdzie końcówka ich jesiennego przelotu przez Mierzeje Wiślaną uległa przyspieszeniu w latach 1965-2016, jednak nie wystąpiły istotne zmiany dotyczące początku przelotu. Za to u muchołówki szarej, zauważono brak istotnych zmian w terminach przelotu młodych ptaków przez tą samą stacje (Niedziela 2020).

Na stacji Bukowo-Kopań terminy przelotów określonych percentyli młodych osobników również uległy niewielkiemu przyspieszeniu, w późniejszym okresie 1971-2018, jednak te zmiany nie były istotne. Wpływ na te różnice mogły mieć różne lata badań na obu stacjach. Różnice mogą także wynikać z przelotu przez obie stacje piecuszków z tych samych lęgowisk lecz w różnych proporcjach. Za to u muchołówki szarej wystąpiło istotne przyspieszenie początku przelotu (Niedziela 2020), a u gajówki przyspieszenie końcówki jesiennej migracji przez tą stację (Pinszke 2020).

Różnice w długoterminowych trendach terminów jesiennej wędrówki między piecuszkiem a podanymi gatunkami migrantów dalekodystansowych mogą wynikać z odmiennych adaptacji ich strategii lęgowych i terminów migracji do ocieplenia się klimatu na ich różnych lęgowiskach i zimowiskach. Jednak u wszystkich tych gatunków zauważalny jest ogólny trend do przyspieszania terminów jesiennej migracji, co może wynikać z rosnących temperatur na lęgowiskach. Dla piecuszka wykazano wieloletnie przyspieszenie wiosennej migracji przez polskie wybrzeże, co mogło przełożyć się na coraz wcześniejsze rozpoczęcie okresu lęgowego (Remisiewicz i Underhill 2020). Cieplejsze lata mogą umożliwić wcześniejsze złożenie jaj i szybszy wzrost młodych osobników, co przekłada się na ich wcześniejszą gotowość do opuszczenia lęgowisk, niż w latach z chłodniejszymi i deszczowymi miesiącami letnimi (Redlisiak i inni 2018).

6.2 Związek między terminami jesiennej migracji piecuszka przez polskie wybrzeże Bałtyku a temperaturami na lęgowiskach i na trasach jesiennej migracji.

W obu stacjach wykazano korelacje między temperaturami na lęgowiskach i na trasach jesiennej migracji a terminami przelotu. Dla stacji Mierzeja Wiślana wystąpiło więcej korelacji terminów jesiennej migracji z badanymi temperaturami, niż dla stacji Bukowo-Kopań, odwrotnie niż dla muchołówki szarej, gdzie dla stacji Bukowo-Kopań wykazano więcej analogicznych związków (Niedziela 2020). Tłumaczyć to mogą różnice między populacjami piecuszka przelatującymi przez stację Bukowo-Kopań, a tym wędrującymi przez stację mierzeja Wiślana w ich odpowiedzi na wzrost temperatur na lęgowiskach i trasach jesiennej migracji.

Dla stacji Bukowo-Kopań odnotowano dodatnią korelację terminów 90-95% percentyli z temperaturami września i października w Szwecji (Tab. 5), czyli im cieplejsze były te miesiące w Szwecji tym później piecuszki migrowały przez Bukowo-Kopań. Piecuszki migrujące przez tą stację mogły skorzystać z wyższych temperatur miesięcy jesiennych i dłuższej dostępności owadów, ich głównej bazy pokarmowej i uzupełnić zapasy energetyczne na dalszą wędrówkę. Mogło to w efekcie opóźnić ich koniec migracji przez Bukowo-Kopań w ciepłych latach.

Dla Mierzei Wiślanej najsilniejsze były ujemne korelacje dat wszystkich percentyli przelotu z temperaturami września, szczególnie w fińskich i rosyjskiej stacjach meteorologicznych (Tab. 5, Ryc. 9). Oznacza to, że im wyższe temperatury panowały na początku migracji i na trasie jesiennego przelotu piecuszków z tego kierunku tym szybciej rozpoczynały one swój przelot przez Mierzeje Wiślaną. Wykazano także wcześniejszą wiosenną migrację piecuszków przez polskie wybrzeże w ciepłe wiosny, co mogło się przekładać na wcześniejsze rozpoczęcie okresu lęgowego (Remisiewicz i Underhill 2020). Dodatkowo cieplejsze lata mogą wpłynąć na szybszy wzrost młodych osobników, niż podczas chłodniejszych miesięcy letnich (Redlisiak i inni 2018). Stąd, ciepły wrzesień w koniec lata może sprzyjać wcześniejszej gotowości młodych piecuszków w Finlandii i Rosji do wędrówki i ich wczesnemu pojawowi na Mierzei Wiślanej. Wcześniejsza jesienna migracja może oznaczać szansę dla młodych piecuszków na szybsze dotarcie na zimowiska i uzyskanie lepszego terytorium na zimowiskach.

6.3 Przyczyny różnic w terminach migracji piecuszków przez Mierzeje Wiślaną i Bukowo-Kopań.

Korelacje kolejnych percentyli przelotu młodych piecuszków pomiędzy stacjami Mierzeja Wiślana i Bukowo-Kopań nie były istotne, co może wynikać z pochodzenia badanych ptaków z nieco odmiennych lęgowisk. Sugeruje to również różny układ korelacji terminów ich przelotu z temperaturami w różnych rejonach ich zasięgu lęgowego (Ryc. 7, 8, 9).

Terminy przelotu piecuszków przez stację Bukowo-Kopań były skorelowane z temperaturami miesięcy letnich i jesiennych w Norwegii i Szwecji (Ryc. 6, 8), a przez Mierzeję Wiślaną z danymi meteorologicznymi ze wszystkich badanych obszarów, w tym również Finlandii i północno zachodniej Rosji (Ryc. 6, 9). Może to wskazywać na różny skład populacyjny i częściowo odmienne trasy migracji piecuszków przelatujących przez podane stacje. Co prawda Maciąg (2017) nie zauważył szczególnych różnic co do tras migracji ptaków, w tym piecuszka przelatujących przez stacje Bukowo-Kopań i Mierzeja Wiślana, jednak niewielka liczba wiadomości powrotnych w jego pracy mogła uniemożliwić pokazanie takich różnic. Wyniki mojej pracy sugerują, że na stacji Bukowo-Kopań jesienią przeważają piecuszki z lęgowisk z Norwegii i Szwecji, a na Mierzei Wiślanej – z Finlandii i Rosji.

7. Wnioski

1. Terminy jesiennego przelotu piecuszka przez Mierzeje Wiślaną uległy przyspieszeniu o 7-15 dni w ciągu 46 lat badań (1965-2010), a dla stacji Bukowo-Kopań nie stwierdzono przyspieszenia terminów jesiennego przelotu w latach 1971-2018. Może to wynikać z różnych okresów badań obu stacji, a także z odmiennego składu populacyjnego piecuszków przelatujących przez te stacje.
2. Terminy przelotu piecuszków przez Mierzeje Wiślaną były najsilniej ujemnie skorelowane z temperaturami września w Finlandii i płn.- zach. Rosji. Może to wynikać ze wczesnych lęgów i szybkiego dojrzewania piecuszków, a w efekcie wczesnej wędrówki przez Mierzeje Wiślaną w ciepłe lata.
3. Im wyższe były temperatury w Norwegii i Szwecji we wrześniu i październiku, tym później piecuszki wędrowały jesienią przez Bukowo-Kopań. Mogło to wynikać z dłuższego zatrzymania się piecuszków w tych rejonach aby skorzystać z dłuższej obecności owadów dla uzupełnienia zapasów energetycznych na dalszą wędrówkę.
4. Różny układ korelacji terminów przelotu piecuszków przez obie stacje z temperaturami sugeruje, że na Bukowie-Kopań jesienią przeważają piecuszki z lęgowisk z Norwegii i Szwecji, a na Mierzei Wiślanej – z Finlandii i Rosji.

8. Bibliografia

1. Bairlein F., Hüppop O. (2004) Migratory fuelling and global climate change. Advances in Ecological Research 35, ss.: 33-47.
2. Busse P, Meissner W. (2015) Bird Ringing Station Manual. Warsaw/Berlin: De Gruyter Open.
3. Dell Inc. (2016) Dell Statistica (data analysis software system), version 13. software.dell.com.
4. Easterling D.R., Horton B., Jones P.D., Petersen T.C., Karl T.R., Parker D.E., Salinger M.J., Razuvayev V., Plummer N., Jamason P. & Folland C.K. (1997) Maximum and minimum temperature trends for the Globe. Science 277: 364–366.
5. Ellegren H. (1990) Timing of autumn migration in Blue-throats *Luscinia s. svecica* depends on timing of breeding. Ornis Fennica 67: 13–17.
6. Forchhammer M.C., Post E. & Stenseth N.C. (2002) North Atlantic Oscillation timing of long and short-distance migration. J. Anim. Ecol. 71: 1002–1014.
7. Gwinner E. (1996) Circannual clocks in avian reproduction and migration. Ibis 138: 47–63.
8. Huin N., Sparks TH. (2000) Spring arrival patterns of the Cuckoo *Cuculus canorus*, Nightingale *Luscinia megarhynchos* and Spotted Flycatcher *Muscicapa striata* in Britain. Bird Study 47, s. 22–31.
9. Hüppop O., Hüppop K. (2003) North Atlantic oscillation and timing of spring migration in birds. Proceedings of the Royal Society of London Series B, 270, s. 233–240.
10. Jenni L., Kéry M. (2003) Timing of autumn bird migration under climate change advances in long-distance migrants, delays in short-distance migrants. Proc. R. Soc. Lond. B 270, s. 1467–1471.
11. Maciąg T. (2017) Wieloletnie trendy liczebności wybranych gatunków wróblowych w trakcie wiosennej i jesiennej migracji przez polskie wybrzeże Bałtyku. Praca magisterska, Stacja Badania Wędrówek Ptaków, Wydział Biologii Uniwersytetu Gdańskiego.
12. Niedziela K. (2020) Wieloletnie zmiany terminów jesiennej wędrówki muchołówki szarej przez polskie wybrzeże Bałtyku i ich związek z temperaturami na lęgowiskach i trasach migracji. Praca magisterska, Stacja Badania Wędrówek Ptaków, Wydział Biologii Uniwersytetu Gdańskiego.

13. Pinszke A. (2017) Wieloletnie zmiany terminów jesiennej wędrówki gajówki *Sylvia borin* w rejonie Bałtyku w odpowiedzi na zmiany temperatury. Praca licencjacka, Stacja Badania Wędrówek Ptaków, Wydział Biologii Uniwersytetu Gdańskiego.
14. Pinszke A. (2019) Influence of temperatures on breeding grounds and migration routes on timing of autumn migration of Garden Warbler *Sylvia borin* and Lesser Whitethroat *S. curruca* at the Baltic coast. Praca magisterska, Stacja Badania Wędrówek Ptaków, Wydział Biologii Uniwersytetu Gdańskiego.
15. Redlisiak M., Remisiewicz M., Nowakowski J.K. (2018) Long-term changes in migration timing of Song Thrush *Turdus philomelos* at the southern Baltic coast in response to temperatures on route and at breeding grounds.
16. Remisiewicz M., Underhill L. G. (2020) Climatic variation in Africa and Europe has combined effects on timing of spring migration in a long-distance migrant Willow Warbler *Phylloscopus trochilus*. PeerJ 8, e8770.
17. Robinson, R.A. (2005) *BirdFacts: profiles of birds occurring in Britain & Ireland*. BTO, Thetford (http://www.bto.org/birdfacts, dostępny w dniu 23 Wrzesienia 2020)
18. Rybant M. (2020) Wieloletnie zmiany terminów wiosennej wędrówki pleszki (*Phoenicurus phoenicurus*) przez polskie wybrzeże Bałtyku i ich związek z temperaturami na zimowiskach i trasach wiosennej migracji. Praca licencjacka, Stacja Badania Wędrówek Ptaków, Wydział Biologii Uniwersytetu Gdańskiego.
19. Sokolov L.V., Markovets M.Y. & Morozov Y.G. (1999) Long-term dynamics of the mean date of autumn migration in passerines on the Courish Spit of the Baltic Sea. Avian Ecol. Behav. 2: 1–18.
20. Svensson L., Mullarney K., Zetterstrom D., Grant P. J. (2017) Przewodnik Collinsa: Ptaki Europy i Obszaru Śródziemnomorskiego.
21. Tøttrup, A. P., Thorup, K., & Rahbek, C. (2006). Changes in timing of autumn migration in North European songbird populations. Ardea, 94(3), 527-536.
22. Vähätalo A.V., Rainio K., Lehikoinen A. & Lehikoinen E. (2004) Spring arrival of birds depends on the North Atlantic Oscillation. J. Avian Biol. 35: 210–216.