



UNIWERSYTET GDAŃSKI

Joanna Gruchocka

*Kierunek studiów: **Biologia**
Specjalność: Ekologia zwierząt
Numer albumu: 222858*

**Wieloletnie zmiany terminów wiosennej wędrówki
piecuszka *Phylloscopus trochilus* i pierwiosnka *Ph. collybita*
na wybrzeżu Bałtyku w odpowiedzi na zmiany temperatury
i opadów**

Praca magisterska
wykonana
w Stacji Badania Wędrówek Ptaków
pod kierunkiem
dr hab. Magdaleny Remisiewicz

Gdańsk 2018

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że praca dyplomowa pt. „Wieloletnie zmiany terminów wiosennej wędrówki piecuszka *Phylloscopus trochilus* i pierwiosnka *Ph. collybita* na wybrzeżu Bałtyku w odpowiedzi na zmiany temperatury i opadów” wykonana pod kierunkiem dr hab. Magdaleny Remisiewicz przedstawiona w formie elektronicznej i wydrukowanej jest identyczna.

.....
Miejscowość, data

.....
Podpis Studenta

OŚWIADCZENIE

Ja, niżej podpisana oświadczam, iż przedłożona praca dyplomowa została wykonana przeze mnie samodzielnie, nie narusza praw autorskich, interesów prawnych i materialnych innych osób.

.....
Data

.....
Własnoręczny podpis

Podziękowania

*Dziękuję serdecznie mojej promotor
Pani dr hab. Magdalenie Remisiewicz
za nieocenioną pomoc merytoryczną,
okazaną życzliwość i wyrozumiałość.*

*Dziękuję wszystkim uczestnikom prac terenowych Akcji Bałtyckiej,
którzy przyczynili się do zbioru danych
oraz Stacji Badania Wędrówek Ptaków za ich udostępnienie.*

Dziękuję Rodzicom za wsparcie, motywację i wiarę we mnie.

*Praca została wykonana w ramach projektu „System wczesnego ostrzegania o
zmianach bioróżnorodności w wyniku zmian klimatu” (Projekt PL-RPA/BEW/01/2016),
finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (Polska)
i National Research Foundation (RPA) w ramach programu „Współpraca Polska-RPA”.*

Spis treści

1. Wstęp	6
1.1. Wpływ ocieplenia klimatu na ptaki	6
1.2. Obiekty badań	8
1.3. Strategie migracji piecuszka i pierwiosnka	10
1.4. Cele pracy	12
2. Teren badań	12
3. Materiał i metody	13
3.1. Materiał i metody prac terenowych	13
3.2. Metody analizy danych	15
4. Wyniki	17
4.1. Zmiany terminów wiosennego przelotu piecuszka i pierwiosnka	17
4.2. Korelacje przelotu piecuszka i pierwiosnka przez stacje Bukowo i Hel ze średnimi temperaturami wiosną na polskim wybrzeżu	19
4.3. Korelacje dat przelotu piecuszków i pierwiosnków przez stacje Bukowo i Hel ze średnimi temperaturami na zimowiskach	20
4.4. Korelacje terminów przelotu piecuszków i pierwiosnków przez stacje Bukowo i Hel ze średnimi sum opadów na zimowiskach	23
5. Dyskusja	26
5.1. Wieloletnie tendencje w terminach wiosennej wędrówki pierwiosnka i piecuszka przez polskie wybrzeże Bałtyku	26
5.2. Związek między terminem wędrówki wiosennej obu gatunków przez polskie wybrzeże a temperaturami wiosną nad Bałtykiem	28
5.3. Związek między terminem wędrówki wiosennej obu gatunków przez polskie wybrzeże a temperaturami na zimowiskach	28
5.4. Związek między terminem wiosennej wędrówki obu gatunków przez polskie wybrzeże a wielkością opadów deszczu na zimowiskach i trasach przelotu	30
5.5. Związek między strategią migracji a zmianami terminu wiosennego przelotu obu gatunków na polskim wybrzeżu	32
6. Podsumowanie	34
7. Bibliografia	35
8. Załączniki	41

1. WSTĘP

1.1. Wpływ ocieplenia klimatu na ptaki

Analizując terminy wędrówek ptaków należy wziąć pod uwagę trasy i strategie ich migracji (Bensch i in. 2009), zróżnicowanie populacji pod względem tych cech migracji oraz warunki klimatyczne na legowiskach i zimowiskach oraz trasach przelotu (Silllett i in. 2000, Webster i in. 2002, Matyjasiak 2013). W ciągu ostatnich kilkunastu lat obserwuje się wyraźnie postępujące ocieplenie klimatu na świecie (Maksymiuk i in. 2008), powodujące dramatyczne konsekwencje dla ekosystemów, siedlisk, organizmów, w tym i ptaków wędrownych (Walther i in. 2002, Parmesan i Yohe 2003, Bairlein i Hüppop 2004). Jednym z parametrów klimatu jest temperatura powietrza (Khromov i Mamontova 1974). Średnie temperatury na całym świecie wzrosły w ciągu ostatniego stulecia (Williams i in. 2003, Tøttrup i in. 2006). Podobne zjawisko zaobserwowano w XX wieku w Europie Środkowej i Wschodniej. W Polsce ocieplenie obserwuje się od drugiej połowy XX wieku, z wyraźnym wzrostem temperatur wiosennych o około 1°C. W tych rejonach Europy przewiduje się wzrost średniej rocznej temperatury między 1° a 3°C do połowy wieku XXI i do 5°C na końcu stulecia (Puhe i Ulrich 2001, Anders i in. 2014). Terminy migracji i lęgów wielu ptaków wróblowych w Europie uległy zmianom w związku z wieloletnimi zmianami klimatu na półkuli północnej (Sokolov i Payevsky 1998, Sokolov i in. 1998, Sokolov 1999, Tryjanowski 2002). W związku z ociepleniem klimatu wiele gatunków zmieniło swoje zachowania migracyjne w ostatnich dziesięcioleciach, np. zmieniając lub skracając trasy wędrówek, przybywając na wiosnę wcześniej na legowiska i wyprowadzając wcześniej lęgi (Sokolov i in. 1998, Walther i in. 2002, Marra i in. 2005, Jonzén i in. 2006, Newton 2010, Åkesson 2017), czy też opóźniając wędrówkę jesienną (Gordo 2007). Wpływ ocieplenia klimatu na cykl życiowy ptaka może zależeć od regionalnych lub lokalnych cech klimatu (Žalakevičius 2005). W zależności od gatunku, terminy przylotu na wiosnę mogą zależeć od temperatur na zimowiskach, na trasie wędrówki i na legowiskach, i należy uwzględnić, że klimat na tych obszarach nie zmienia się w tym samym stopniu (Both i Bouwhuis 2006). Warunki panujące w danym miejscu w okresie kiedy przebywają w nim ptaki na ogół różnią się między latami i trudno przewidzieć czy zasoby pożywienia w danym roku pokryją zapotrzebowanie ptaków z danego gatunku (Bauer i in. 2016). Dlatego na termin wędrówki ptaków, oprócz ich zegara biologicznego, wpływają także czynniki

klimatyczne, w tym temperatura i opady (Xiao 2007). Temperatura może mieć bezpośredni wpływ na ptaki w czasie migracji, oraz pośredni poprzez wpływ na zasoby żywności, ponieważ termin topnienia pokrywy śnieżnej, wzrost roślin i zachowania owadów zależą od temperatury (Newton 2010). Im większy dystans migracji, tym większe ryzyko, że ptak rozminie się z optymalnymi lokalnymi warunkami pogodowymi i zasobami żywności na lęgowiskach (Carey 2009). Przykładem może być brak synchronizacji między terminami lęgów bogatki (*Parus major*) a szczytem liczebności gąsienic piędzika przedzimka (*Operophtera brumata*) (Harrington i in. 1999). Dystans migracji populacji sikory bogatki *Parus major* i modraszki zwyczajnej *Parus caeruleus* z lęgowisk w Europie Północnej wędrujących przez polskie wybrzeże uległ skróceniu, a w populacjach z Europy Środkowej spadła intensywność migracji w okresie 1961-2006, co również może być efektem ocieplenia klimatu (Nowakowski 2006). Wielu autorów uważa, że w kształtowaniu zachowań migracyjnych ptaków, oprócz temperatury, ważne są także inne czynniki meteorologiczne tj. zmiany ciśnienia powietrza, wiatr, czy opady (Sokolov 1999). Opady mogą mieć bezpośredni wpływ na migrację ptaków, ponieważ tworzą fizyczne warunki w trakcie lotu ptaków, oraz pośredni, przez wpływ na bazę pokarmową oraz warunki żerowania dla wędrownych ptaków. Przykładem pośredniego wpływu opadów na migracje może być związek między wcześniejszym przybyciem na lęgowiska pięciu gatunków migrantów (kukułki *Cuculus canorus*, jerzyka *Apus apus*, dudka *Upupa epops*, dymówki *Hirundo rustica*, słowika rdzawego *Luscinia megarhynchos*), a deszczowymi latami w Afryce, szczególnie w rejonie Sahelu (Gordo 2007). Duża wilgotność powoduje zwiększenie zasobów pokarmu ptaków w Afryce, co ułatwia zimującym tam ptakom żerowanie, i w ten sposób wpływa na poprawę ich kondycji i umożliwia odłożenie przez nie zapasów energetycznych na wędrówkę (Katti i Price 1999). W związku z tym ptaki mogą wcześniej opuścić zimowiska, a co za tym idzie wcześniej przylecieć na lęgowiska (Rodríguez-Teijeiro 2005, Gordo 2007, Studds i Marra 2007). Na przykład jaskółki dymówki (*Hirundo rustica*) przybywały na lęgowiska wcześniej w latach, gdy indeks stanu roślinności (NDVI) był wysoki na ich zimowiskach w Afryce Zachodniej i żerowiskach na północ od Sahary (Studds i Marra 2011). Celem tej pracy jest zatem zbadanie, czy temperatura oraz opady na zimowiskach oraz na trasie migracji mają wpływ na terminy wiosennej wędrówki piecuszka i pierwiosnka obserwowane na polskim wybrzeżu, oraz czy migranty te porównywalnie zareagowały na zmiany klimatu.

1.2. Obiekty badań

Piecuszek *Phylloscopus trochilus* i pierwiosnek *Phylloscopus collybita* to gatunki, które w terenie są niemal niezróżnialne na pierwszy rzut oka, nawet dla najbardziej zagorzałych miłośników ptaków. Należą do rzędu wróblowych Passeriformes, niegdyś zaliczano je do pokrzewkowatych, obecnie klasyfikowane są do rodziny świstunek Phylloscopidae (worldbirdnames.org, 2018). Oba gatunki zamieszkują podobne nisze ekologiczne i prowadzą bardzo podobny tryb życia (Sæther 1983, Ciach 2009, Barszcz 2012). Oba gatunki są pospolite w Europie i zarówno piecuszek, jak i pierwiosnek mają status LC (gatunek najmniejszej troski) w Czerwonej Księdze gatunków zagrożonych IUCN (iucnredlist.org, 2018).

Piecuszek (Ryc. 1) to mały ptak owadożerny, licznie gniazdujący w niemal całej Palearktyce (Ryc. 2), w tym w Polsce. Wiosną i jesienią licznie wędruje przez całą Polskę, w tym przez polskie wybrzeże Bałtyku (Bensch i in. 1999, Tomiałojć i Stawarczyk 2003, Ergen i in. 2017). Piecuszki zasiedlają różnorodne siedliska, obfite w zarośla, młode lasy takich gatunków drzew jak brzoza *Betula spp.*, olcha *Alnus glutinosa*, czy wierzba *Salix spp.*, gdzie łatwo znajdują pokarm (Morrison 2011).



Ryc. 1. Od lewej: piecuszek *Phylloscopus trochilus*, pierwiosnek *Phylloscopus collybita*.

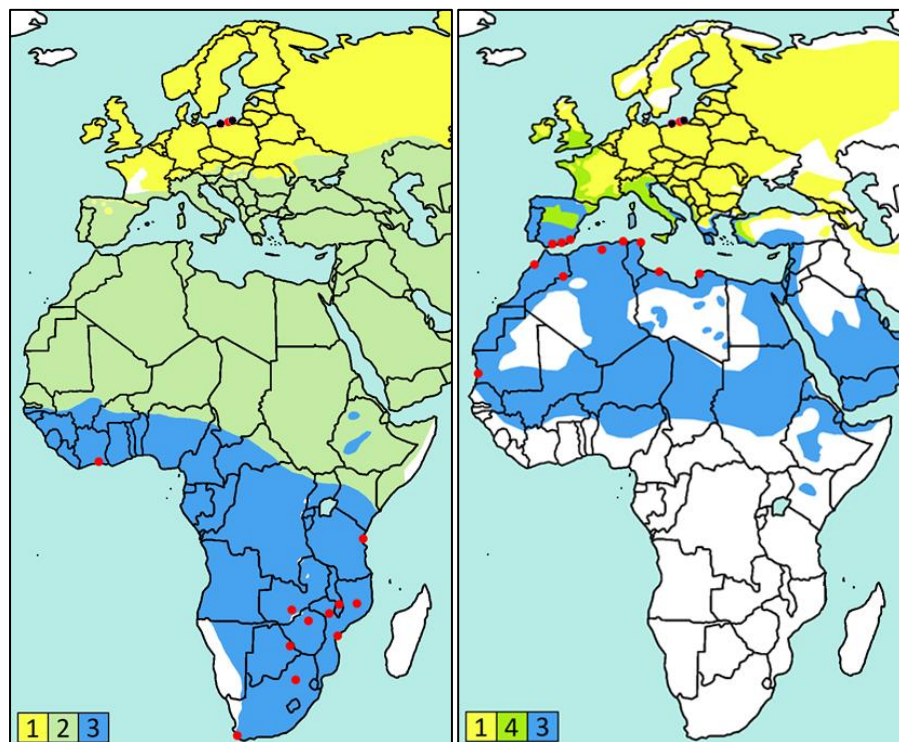
Fot. Paweł Głowacki, <http://ptakoholizm.pl/>

Wyróżniono kilka podgatunków piecuszka: *P. trochilus trochilus*, *P. t. acredula* i *P. t. yakutensis* (Williamson 1976). Spośród nich dwa pierwsze gniazdują w Polsce: *P. t. trochilus* w całym kraju, a *P. t. acredula* na Pojezierzu Mazurskim i Podlasiu (Ciach 2009, Ergen i in. 2017). Piecuszek jest rzadkim wyjątkiem wśród wróblowych, ponieważ przechodzi dwukrotne pełne pierzenie w ciągu roku – raz na

lęgówiskach po wyprowadzeniu lęgów, i drugi raz na zimowiskach (Underhill i in. 1992, Weber i in. 2005).

Pierwiosnek, równie szeroko rozpowszechniony w Palearktyce, zamieszkuje lasy liściaste tj. grądy, olsy, łęgi, ale też bory oraz zadrzewienia i również żywi się owadami. U pierwiosnka zróżnicowanie między podgatunkami jest znacznie większe niż u piecuszka. Wyróżnia się następujące podgatunki piecuszka: *P. c. abietinus*, *P. c.*, *P. c. tristis*, *P. c. brevirostris*, *P. c. caucasicus* i *P. c. menzbierii*. Podgatunek *P. c. abietinus* występuje na wschodzie Polski, i stopniowo ku zachodowi kraju jest zastępowany przez *P. c. collybita* (Tomiałojć i Stawarczyk 2003, Ciach 2009). Określenie granic zasięgu występowania tych podgatunków w Środkowej Europie jest trudne, jako że podgatunki różnych gatunków krzyżują się między sobą (Perez-Tris i in. 2003, Ciach 2009).

Pomimo licznych podobieństw między piecuszkiem i pierwiosnikiem, ich zasięgi zimowania, a co za tym idzie trasy i strategię migracji, zasadniczo się różnią (Ryc. 2).



Ryc. 2. Zasięg występowania piecuszka (po lewej) i pierwiosnka (po prawej). Na czarno zaznaczono stacje ornitologiczne, na czerwono wybrane stacje meteorologiczne, z których pochodzą dane wykorzystane w pracy.

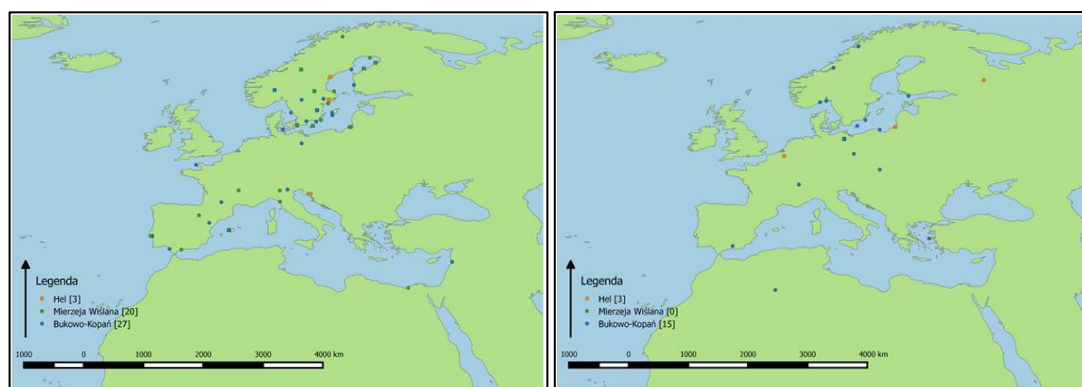
1-lęgówiska, 2-obszar wędrowek, 3-zimowiska, 4-obszar gdzie gatunek jest osiadły (za: birdlife.org).

1.3. Strategie migracji piecuszka i pierwiosnka

Odpowiedni czas migracji ptaków wędrownych to klucz do ich przetrwania i sukcesu lęgowego (Tryjanowski i in. 2013). Piecuszek to migrant dalekodystansowy, który zimuje na większości obszaru Afryki na południe od Sahary (Ryc. 2), gdzie zasiedla sawanny oraz leśne polany (Chamberlain i in. 2000). Przyjmuje się, że populacje piecuszka z lęgowisk w Europie Zachodniej migrują głównie na południowy zachód, do Afryki Zachodniej, a populacje z Finlandii i z Europy Wschodniej na południowy wschód, do Afryki Wschodniej i Południowej (Ryc. 2; Cepák i in. 2008, Fransson i Hall-Karlsson 2008, Valkama i Vepsäläinen 2015). Populacje ze Szwecji wędrują w obu kierunkach: te gniazujące na południu Szwecji do Afryki Zachodniej, a te z północy Szwecji na południowy wschód do Afryki Wschodniej i Południowej (Hedenström i Pettersson 1984 i 1987, Lundberg i in. 2017). Podobnie, piecuszki gniazdujące i migrujące przez Polskę, w tym przez stacje Akcji Bałtyckiej, wędrują w obu kierunkach (Ryc. 3; Maciąg 2017, Stacja Ornitologiczna MiIZ PAN - dane niepublikowane). Piecuszek gniazduje w Europie od kwietnia do początku sierpnia, na zimowiska migruje od początku sierpnia do początku października, a wiosną wędruje przez Europę na północ najliczniej w kwietniu do połowy maja (Sokołowski 1979, Tomiałojć 1990, Tomiałojć i Stawarczyk 2003, Ciach 2009). Piecuszek na ogół wyprowadza jeden lęg w roku, w połowie maja, czasem dwa w zależności od długości sezonu lęgowego (Sauer 1995).

W przypadku pierwiosnka, który jest migrantem średniodystansowym, większość populacji z Europy Zachodniej, Wschodniej i Północnej to migranty obligatoryjne. Pierwiosnki z Europy Zachodniej wędrują na południowy zachód, do krajów śródziemnomorskich i krajów Afryki Zachodniej na północ od równika (Ryc. 2), a pierwiosnki z Europy Wschodniej i Północnej wędrują na południowy wschód, do Afryki Wschodniej i do północnych Indii (Ryc. 2; Piotrowska i Wesołowski 1989, Adamska i Filar 2005, Catry i in. 2005, Cepák 2008, Fransson i Hall-Karlsson 2008, Valkama i Vepsäläinen 2015). Pierwiosnki migrujące przez Polskę, w tym przez stacje Akcji Bałtyckiej, wędrują w obu kierunkach (Ryc. 3; Maciąg 2017). Gniazdują od końca marca do połowy sierpnia, na zimowiska migrują od połowy sierpnia do końca października, a wędrówka wiosenna na północ trwa od marca do maja (Tomiałojć 1990, Tomiałojć i Stawarczyk 2003). Wyprowadzają dwa lęgi w całej

Europie, pierwszy od marca do początku maja i drugi do sierpnia włącznie (Glutz von Blotzheim 1991, Clement i in. 1998, Perez-Tris i in. 2003, Catry i in. 2005).



Ryc. 3. Rozmieszczenie wiadomości powrotnych o piecuskach (po lewej) i pierwiosnkach (po prawej) stwierdzonych na Akcji Bałtyckiej (za Maciąg 2017).

1.4. Cele pracy

U ptaków wróblowych czynniki endogenne (Newton 2010, Carey 2009) oraz czynniki egzogenne, takie jak m.in. temperatura i opady, wpływają na terminy odlotu ptaków z lęgówisk i rozpoczęcia wędrówki, oraz na sam przebieg migracji (Nowakowski i in. 2005, Jonzén i in. 2007, Bobrek i in. 2016). Ptaki regularnie wędrujące na krótsze dystanse, które zimują stosunkowo blisko lęgówisk, prawdopodobnie łatwiej dostosowują się do zmian klimatycznych, niż migranci dalekodystansowe, które nie są w stanie przewidzieć warunków na lęgówiskach położonych daleko od ich zimowisk (Berthold 1984, Both i Visser 2001, Butler 2003, Both i Sanz 2006, Jozén 2006, Åkesson 2017).

U obu badanych gatunków zaznaczył się wpływ zmian klimatu na wędrówki (Mason 1995, Sokolov i in. 1998, Tryjanowski 2002, Robinson i in. 2005, Askeyev 2007). Jednak pierwiosnek jest migrantem średniodystansowym a piecuszek dalekodystansowym, i gatunki te mają różne zimowiska (Ryc. 2). Warunki na tych zimowiskach oraz na trasach wędrówek na lęgówiska różnią się i mogą odmiennie wpływać na terminy wiosennego przelotu obu gatunków.

Wiele publikacji potwierdza skuteczność monitoringu prowadzonego w stacjach obrączkowania ptaków, który m.in. w odzwierciedla rzeczywistą intensywność migracji (Nowakowski 2002, 2003, Nowakowski i in. 2005). Polskie wybrzeże Bałtyku to idealne miejsce do obserwacji przelotu wielu gatunków średnio-

i dalekodystansowych wyprowadzających lęgi m.in. na północy kontynentu (Nowakowski 2006).

Cele tej pracy to:

1. Określenie wieloletnich tendencji w terminach wiosennej wędrówki pierwiosnka i piecuszka przez polskie wybrzeże Bałtyku.
2. Porównanie tempa wieloletnich zmian terminów wiosennej wędrówki między tymi gatunkami.
3. Stwierdzenie czy terminy wiosennej wędrówki obu gatunków są związane z temperaturami na zimowiskach i trasach przelotu na początku wędrówki (luty-marzec) i w czasie jej kontynuacji na wybrzeżu Bałtyku (kwiecień-maj).
4. Stwierdzenie czy terminy wiosennej wędrówki obu gatunków są związane ze sumą opadów deszczu na zimowiskach i na trasach przelotu na początku wędrówki (luty-marzec) i w czasie jej kontynuacji na wybrzeżu Bałtyku (kwiecień-maj).

Cele te zostaną osiągnięte w oparciu o dane dotyczące migracji tych gatunków zebrane na Akcji Bałtyckiej w stacji Bukowo-Kopań w latach 1982-2016 i w stacji Hel w latach 1968-2016, oraz dane dotyczące temperatury i opadów ze stacji meteorologicznych położonych na zimowiskach i trasach przelotu obu gatunków.

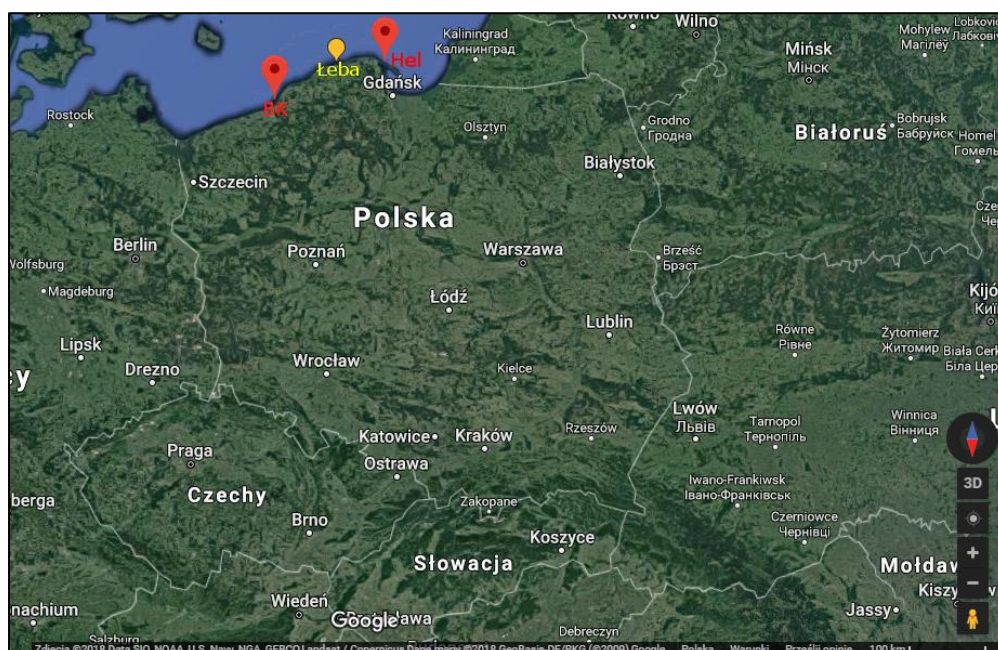
2. TEREN BADAŃ

Teren badań w trakcie sezonów wiosennych analizowanych w pracy obejmował stacje ornitologiczne: Bukowo-Kopań oraz Hel.

Stacja Bukowo-Kopań (dalej w tekście Bukowo) (54°21'56.50"N; 19°23'24.60"E) jest położona w środkowej części polskiego wybrzeża Bałtyku w województwie zachodniopomorskim (Ryc. 4). W latach 1961-1984 stacja obrączkowania znajdowała się na mierzei między Bałtykiem a jeziorem Bukowo, a od 1983, w podobnym siedlisku, 15 km na północny wschód w wąskim pasie lasu między morzem a wilgotnymi łąkami w pobliżu jeziora Kopań (Nowakowski 2001). W roku 2012 stacja została przeniesiona do pierwotnej lokalizacji, gdzie działa do chwili obecnej (akbalt.ug.edu.pl, 2018). W stacji tej ptaki chwymano w strefie

przybrzeżnych wydmy; głównie na plantacjach młodej sosny, lecz także w borze sosnowym i olchowym z domieszką brzozy i osiki oraz w zaroślach wierzby i jeżyny (Busse 1994, Meina 2007, Stępniewski i Stępniewska 2015).

Stacja Hel, (54°44'25.00"N; 18°33'49.00"E) to stacja nadbrzeżna zlokalizowana na Półwyspie Helskim między miejscowościami Chałupy i Kuźnica w województwie pomorskim (Ryc. 4). Od roku 1962 ptaki chwymano takich siedliskach jak las świerkowy z domieszką brzóz, drągowina sosnowa bez podszytu, las klonowo-olchowo-osikowy z podrostem jarzębin i dzikich bzów czarnych oraz trzcinowiska (Busse 1994, Nowakowski i in. 2010).



Ryc. 4. Lokalizacje polskich stacji ornitologicznych Bukowo-Kopań i Hel oraz stacji meteorologicznej Łeba, z których materiał wykorzystałam w pracy (maps.google.com).

3. MATERIAŁ I METODY

3.1. Materiał i metody prac terenowych

Dane wykorzystane w pracy dla obu gatunków z Helu pochodziły z okresu od 26 marca od 15 maja 1968-2016, a z Bukowa od 26 marca do 15 maja 1982-2016. Terminy te obejmowały cały okres przelotu wiosennego pierwiosnka i piecuszka. Łącznie w tym czasie zaobserwowano 1569 piecuszków na Helu oraz 4508 na Bukowie, a pierwiosnków 592 na Helu oraz 2636 na Bukowie (Tab. 1). Dane zbierane były przez pracowników stacji, wolontariuszy oraz studentów w ramach prac Akcji Bałtyckiej. Prace terenowe podporządkowano zasadom metodyki Akcji

Bałtyckiej (Busse i Kania 1970, Busse 2000). Każdego dnia, od świtu do godziny po zmierzchu kontrolowano sieci ornitologiczne (około 50 na każdej stacji) co godzinę lub częściej, gdy warunki pogodowe były niesprzyjające (Nowakowski i Małecka 1999,. Następnie ptaki poddawano obrączkowaniu i pomiarom tuż po ich schwytaniu, co zapobiegało dodatkowemu stresowi związanemu z dłuższym przebywaniem w sieci (Adamska 2005). Dane obrączkowania każdego osobnika były zapisywane, co pozwoliło na zliczenie ile ptaków danego gatunku zostało schwytanych w kolejnych dniach.

Tab. 1. Liczebności pierwiosnków i piecuszek zaobrączkowanych na Akcji Bałtyckiej na stacjach Bukowo i Hel w latach 1968-2016. Puste pola – lata z których danych nie wykorzystano w pracy, ponieważ nie było w nich chwytności na danej stacji lub liczebności ptaków były mniejsze niż 10.

Rok	Pierwiosnek		Piecuszek	
	Bukowo	Hel	Bukowo	Hel
1968		12		131
1969				
1970		47		141
1971		18		79
1978		19		28
1979		73		62
1980		37		49
1981		19		62
1982	90	12	1016	96
1983	100	30	498	148
1984	52		180	21
1985	39	12	189	22
1986	29	30	62	12
1987	42		76	11
1988	28		64	
1989	48		84	
1990	31		34	
1991	77		52	
1992	18		31	
1993	73			
1994	58		71	
1995	59	14	79	83
1996	51	29	108	122
1997	63	16	161	144
1998	92	33	80	44
1999	70	25	133	103
2000	85	12	72	28
2001	91	17	95	45
2002	61		92	16
2003	91	12	58	14
2004	92		99	
2005	132		177	11
2006	108		107	
2007	87	13	147	16
2008	129		115	
2009	131		107	
2010	148		85	16
2011		14		17
2012	89	14	168	
2013	88	18	85	14
2014	120	25	71	14
2015	75	17	42	11
2016	89	24	69	
	2636	592	4508	1569
	3228		6077	

W pracy wykorzystałam średnie temperatury kwietnia i maja ze stacji meteorologicznej Łeba (Ryc. 4) z lat 1972-2012, uzyskane ze strony Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI, 2016). Jest to stacja meteorologiczna położona na wybrzeżu najbliższej stacji obrączkowania ptaków, z której były dostępne wieloletnie serie danych. Przy wyborze stacji meteorologicznych z zimowisk wykorzystałam mapy zasięgu obu gatunków wskazujące zimowiska dla wszystkich populacji europejskich (Ryc. 2). W obrębie tych zimowisk, wybrałam te stacje meteorologiczne (Ryc. 2), dla których były dostępne najdłuższe kompletne serie danych dotyczących temperatury i opadów. Temperatury i opady na zimowiskach pierwiosnka i piecuszka, jako dane dziennie z miesięcy luty i marzec z lat 1978-2016, dla stacji meteorologicznych w Europie oraz w Afryce (Ryc. 2) uzyskałam ze zbiorów Tutiempo Network S.L. (2018).

3.2. Metody analizy danych

Liczebności dzienne schwytanych ptaków zostały zestandaryzowane na 50 sieci o długości 8 m. Z analizy wykluczyłam te lata, w których zaobrączkowano 10 i mniej ptaków, taka sytuacja była tylko na Helu. Łącznie uwzględniłam 29 lat na Helu i 33 lata na stacji Bukowo dla piecuszka oraz 26 lat na Helu i 34 lata na stacji Bukowo dla pierwiosnka (Tab. 1). Na podstawie danych udostępnionych w takiej formie, określiłam daty pierwszego wiosennego stwierdzenia, tj. kiedy w danej stacji liczba pierwiosnków i piecuszków osiągnęła 5%, 25%, 50%, 75%, 90% i 95% ptaków zaobrączkowanych w danym sezonie wiosennym. Kryterium to umożliwiło mi sporządzenie wykresów trendów w datach pojawu 5%, 50% i 95% za pomocą linii regresji w programie Microsoft Excel 2016. Dla określenia istotności różnic pomiędzy współczynnikami korelacji (przelot piecuszka na Helu z przelotem piecuszka na Bukowie, przelot pierwiosnka na Helu z przelotem pierwiosnka na Bukowie, przelot piecuszka z przelotem pierwiosnka na każdej ze stacji) wykonałam test dwustronny Z w programie STATISTICA 13.1 [Dell Inc. Statistica 2016].

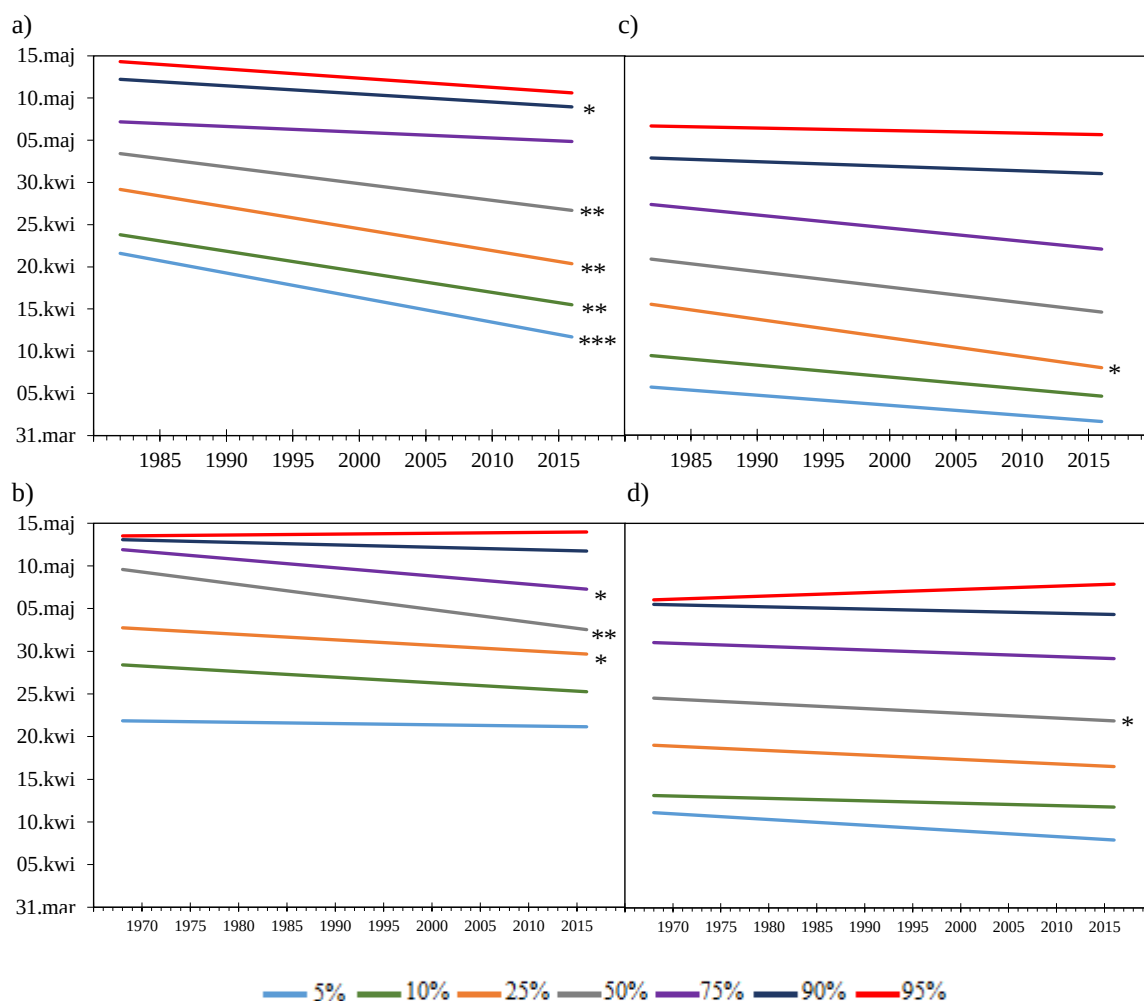
Dla miesięcy luty i marzec na podstawie danych z kolejnych dni, wyliczyłam średnią miesięczną temperaturę i średnią miesięczną sumę opadów w latach 1978-2016 w stacjach meteorologicznych na zimowiskach. Wykluczyłam z analiz lata, dla których w danym miesiącu brakowało danych dla więcej niż 10 dni. Analogicznie

obliczyłam średnie temperatury kwietnia i maja w stacji meteorologicznej w Łebie. Następnie skorelowałam daty przelotu 5%, 25%, 50%, 75%, 90% i 95% ptaków w kolejnych latach dla każdej stacji ze średnimi miesięcznymi temperaturami oraz średnim poziomem opadów w lutym i marcu w stacjach meteorologicznych na zimowiskach, oraz w kwietniu i maju w Łebie w odpowiadających latach. W tych analizach wykorzystałam współczynnik korelacji Pearsona, określający zależności pomiędzy dwoma zmiennymi (Meissner 2014). Istotność równań regresji oraz współczynników korelacji Pearsona testowano w programie R 3.3.0 (R Foundation for Statistical Computing 2016) i RStudio 0.99.902 (RStudio: Integrated development environment for R 2016). Korelacje uznałam za istotne gdy $p=0,05$ lub $p<0,05$ (Łomnicki 2012).

4. WYNIKI

4.1. Zmiany terminów wiosennego przelotu piecuszka i pierwiosnka.

Na Bukowie w latach 1982-2016 termin przelotu 5% piecuszków uległ istotnemu przyspieszeniu średnio o 10 dni, dla 10% oraz 25% przelotu o 9 dni, dla 50% o 7 dni, a dla 90% o 3 dni (Ryc. 5a, Tab. Z1a). Terminy przelotu piecuszków dla 75% i 95% również uległy przyspieszeniu, lecz nie było ono istotne statystycznie (Tab. Z1a). Średnia długość okresu przelotu 90% piecuszków (między 5% a 95% ptaków) na Bukowie w ciągu tych 35 lat uległa istotnemu wydłużeniu średnio o 8 dni ($F_{32}=0,155$; $p=0,02$).

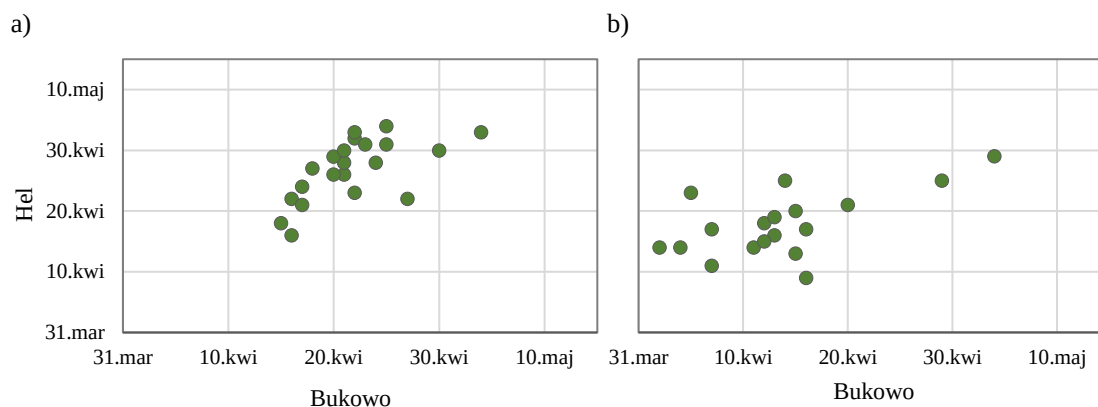


Ryc. 5. Proste regresji dla terminów przelotu 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90%, 95% piecuszków: a) na Bukowie w latach 1982-2016 i b) na Helu w latach 1968-2016, oraz dla terminów przelotu 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90%, 95% pierwiosnków: c) na Bukowie w latach 1982-2016 i d) na Helu w latach 1968-2016; Poziomy istotności dla równań regresji w teście F: * - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,0001$.

Na Helu w latach 1968-2016 istotne były przyspieszenia przelotu 25% piecuszków średnio o 6 dni, 50% o 7 dni, oraz 75% o 5 dni. Dla 5%, 10% i 90% można również zauważyć przyspieszenie przelotu, choć nieznaczne z nieistotnymi liniami trendu (Ryc. 5b, Tab. Z1b). Korelacje dat przelotu 10%, 25% oraz 50% piecuszków na Bukowie i na Helu były istotne. Wszystkie z nich były umiarkowane, ale istotne (Tab. 2). Dla pierwiosnka również zaznaczyło się przyspieszenie wiosennej migracji, jednak było ono istotne tylko dla 25% przelotu (średnio o 10 dni) na stacji Bukowo (Ryc. 5c, Tab. Z2a), oraz dla 50% (średnio o 1 dzień) na stacji Hel (Ryc. 5d, Tab. Z2b). Terminy przelotu 25%, 50%, 90% i 95% pierwiosnków w latach 1982-2016 przez stacje Hel i Bukowo były umiarkowane lecz istotnie skorelowane ze sobą statystycznie, dla dat przelotu 75% korelacja była słaba, lecz istotna (Tab. 2).

Tab. 2. Współczynniki korelacji (r) dat wskazanych percentyli przelotu na Helu i Bukowie w latach 1982-2016, oraz ich istotność statystyczna (p). Korelacje istotne statystycznie ($p \leq 0,05$) zaznaczone na czerwono.

Gatunek	Wyniki korelacji	Percentyle przelotu						
		5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
pierwiosnek	r	0,263	0,437	0,606	0,730	0,473	0,657	0,660
	p	0,291	0,070	0,008	0,001	0,048	0,003	0,003
piecuszek	r	0,339	0,638	0,567	0,623	0,239	0,253	0,111
	p	0,133	0,002	0,007	0,003	0,297	0,269	0,631

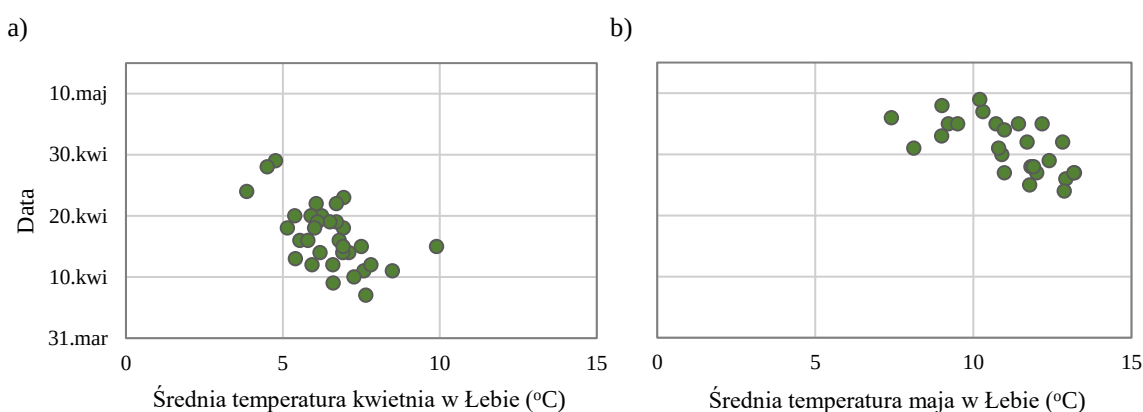


Ryc. 6. Wybrane korelacje dat wybranych początkowych percentyli przelotu na Helu i Bukowie w latach 1982-2016, a) dla 10% piecuszków oraz b) dla 25% pierwiosnków.

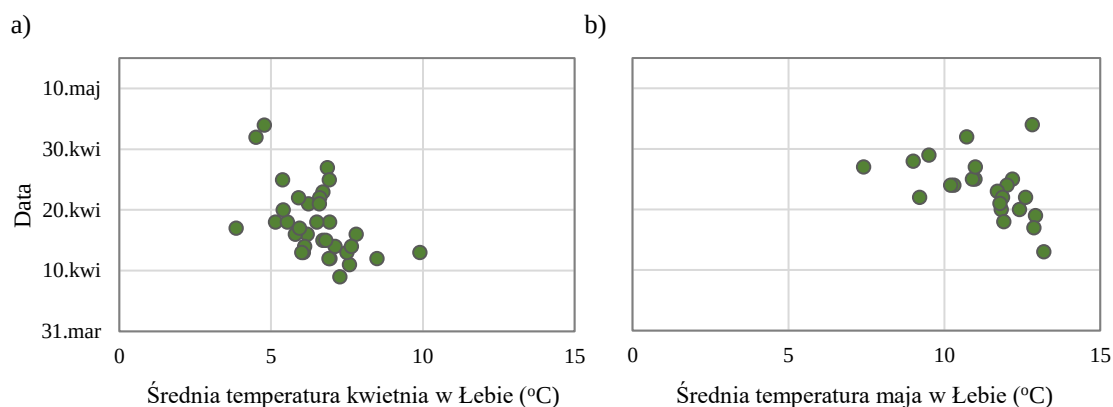
Porównanie współczynników nachylenia prostych regresji (beta) dla kolejnych percentyli przelotu na Bukowie z przelotem na Helu każdego z gatunków (Ryc. 5) było nieistotne, co wskazuje na brak większych różnic w tendencjach do zmian terminu przelotu (Tab. Z3, Tab. Z4).

4.2. Korelacje przelotu piecuszka i pierwiosnka przez stacje Bukowo i Hel ze średnimi temperaturami wiosną na polskim wybrzeżu.

U obu gatunków widać wyraźną korelację terminów pierwszej połowy ich przelotu (5-50%) przez stację Bukowo, i nieco mniej wyraźną przez stację Hel, ze średnimi temperaturami kwietnia w Łebie (Tab. 3). Brak istotnych korelacji przelotu przez Bukowo ze średnimi temperaturami maja, natomiast są one istotne dla obu gatunków dla stacji Hel. Dla pierwiosnka zaznacza się nieco mniej wyraźna tendencja do korelacji terminu mediany przelotu przez stację Hel ze średnimi temperatur kwietnia i maja (Tab. 3, Ryc. 9 i 10).



Ryc. 9. Wybrane korelacje: a) średniej temperatury kwietnia w Łebie i terminów przelotu 5% piecuszków przez Bukowo w latach 1982-2016 oraz b) średniej temperatury maja w Łebie i terminów przelotu 25% piecuszków przez Hel w latach 1978-2015.



Ryc. 10. Wybrane korelacje a) średniej temperatury kwietnia w Łebie i terminów przelotu 50% pierwiosnków przez Bukowo w latach 1982-2016 oraz b) średniej temperatury maja w Łebie i terminów przelotu 50% pierwiosnków przez Hel w latach 1978-2016.

Tab. 3. Współczynniki korelacji średnich temperatur kwietnia i maja w Łebie z terminami przelotu kolejnych percentyli (oznaczonych liczbami 5 - 95) piecuszka i pierwiosnka na Helu (HL) i Bukowie (BK) w latach 1968-2016. Na czerwono zaznaczono współczynniki korelacji istotne statystycznie ($p < 0,05$), a wytłuszczzonym drukiem - bliskie istotności ($0,05 < p < 0,1$).

Stacja (%)	PIECUSZEK		PIERWIOSNEK	
	T kwiecień Łeba	T maj Łeba	T kwiecień Łeba	T maj Łeba
HL5	-0,30	-0,20	-0,15	-0,20
HL10	-0,34	-0,54	-0,25	-0,21
HL25	-0,43	-0,64	-0,42	-0,43
HL50	-0,37	-0,38	-0,39	-0,47
HL75	-0,09	-0,22	-0,12	-0,08
HL90	0,03	-0,08	-0,21	-0,30
HL95	0,02	0,04	-0,12	-0,23
BK5	-0,59	-0,25	-0,31	-0,008
BK10	-0,64	-0,13	-0,50	-0,09
BK25	-0,61	-0,31	-0,47	-0,03
BK50	-0,53	-0,28	-0,51	-0,16
BK75	-0,27	-0,21	-0,47	-0,22
BK90	-0,23	-0,24	-0,39	-0,19
BK95	-0,24	-0,18	-0,27	0,004

4.3. Korelacje dat przelotu piecuszków i pierwiosnków przez stacje Bukowo i Hel ze średnimi temperaturami na zimowiskach.

Przelot piecuszka na Bukowie były istotnie skorelowane ze średnimi temperatur lutego i marca w 8 z 11 badanych stacji meteorologicznych na zimowiskach (Tab. 4). Średnie temperatury lutego i marca w stacji Nampula w Mozambiku (Ryc. 11a) były najsilniej skorelowane z terminami większości percentyli przelotu, za wyjątkiem 10%, 75% i 95%. Korelacje średnich temperatur lutego i marca w Tete w Mozambiku z datami przelotu 50-90% piecuszków również były istotne (Tab. 4). Terminy przelotu piecuszka były istotnie skorelowane wyłącznie ze średnimi temperaturami lutego w stacjach Chileka w Malawii, Harare w Zimbabwe oraz Capetown w RPA, i wyłącznie ze średnimi temperaturami marca w stacjach Dar es Salaam w Tanzanii, Beira w Mozambiku i Francistown w Botswanie (Tab. 4, Ryc. 11a).

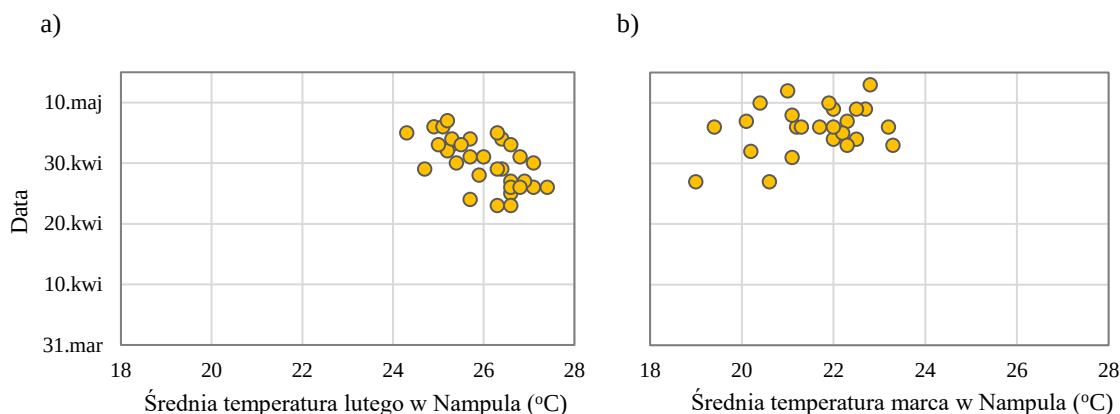
Tab. 4. Współczynniki korelacji średnich temperatur lutego i marca na zimowiskach z przelotem piecuszka na Bukowie w latach 1982-2016. Na czerwono zaznaczone są korelacje istotne ($p < 0,05$), wytłuszczonym drukiem - bliskie istotności ($0,05 < p < 0,1$).

Stacja meteorologiczna	LUTY							MARZEC						
	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
Abidjan, Wyb. K. Śl.	-0,03	0,03	0,04	0,05	0,03	0,05	0,04	-0,03	0,11	0,05	-0,04	-0,04	-0,01	-0,05
Dar es Salaam, Tanzania	-0,03	-0,04	-0,20	-0,28	-0,12	-0,31	-0,09	-0,36	-0,36	-0,30	-0,34	-0,35	-0,30	-0,01
Nampula, Mozambik	-0,56	-0,38	-0,45	-0,60	-0,35	-0,41	-0,09	-0,47	-0,34	-0,43	-0,52	-0,37	-0,37	-0,12
Chileka, Malawi	-0,20	-0,23	-0,27	-0,38	-0,41	-0,49	-0,24	-0,26	-0,23	-0,26	-0,26	-0,20	-0,21	-0,15
Lusaka, Zambia	0,15	0,21	0,27	0,03	-0,23	-0,13	-0,10	0,13	0,16	0,19	0,01	-0,23	-0,05	-0,03
Tete, Mozambik	-0,25	-0,33	-0,34	-0,49	-0,53	-0,44	-0,01	0,02	-0,01	-0,03	-0,29	-0,53	-0,25	0,15
Harare, Zimbabwe	-0,21	-0,20	-0,16	-0,31	-0,38	-0,37	-0,06	-0,14	-0,19	-0,18	-0,28	-0,18	-0,03	0,21
Beira, Mozambik	-0,23	-0,15	-0,07	-0,16	-0,25	-0,29	-0,24	-0,37	-0,22	-0,17	-0,29	-0,30	-0,25	-0,08
Francistown, Botswana	0,27	0,24	0,21	0,12	-0,17	-0,18	-0,09	0,39	0,30	0,37	0,24	-0,03	0,09	0,10
Pretoria, RPA	0,27	0,25	0,32	0,33	0,17	0,11	0,01	0,09	0,06	0,08	0,12	0,14	0,25	0,15
Capetown, RPA	-0,50	-0,34	-0,51	-0,50	-0,19	-0,04	-0,08	-0,22	-0,33	-0,26	-0,23	-0,08	-0,10	-0,25

Tab. 5. Współczynniki korelacji średnich temperatur lutego i marca na zimowiskach z przelotem piecuszka na Helu w latach 1968-2014. Na czerwono zaznaczone są korelacje istotne ($p < 0,05$), wytłuszczonym drukiem - bliskie istotności ($0,05 < p < 0,1$).

Stacja meteorologiczna	LUTY							MARZEC						
	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
Abidjan, Wyb. K. Śl.	0,03	0,03	-0,08	-0,18	-0,07	-0,12	-0,08	-0,02	0,07	-0,12	-0,19	-0,03	-0,06	-0,08
Dar es Salaam, Tanzania	0,01	-0,39	-0,42	-0,48	-0,31	0,11	0,28	0,10	0,02	-0,14	-0,22	-0,12	0,11	0,05
Nampula, Mozambik	-0,22	-0,37	-0,28	-0,44	-0,31	-0,27	0,05	-0,28	-0,65	-0,69	-0,69	-0,42	-0,15	0,76
Chileka, Malawi	-0,13	-0,24	-0,32	-0,30	-0,16	-0,02	0,08	-0,02	-0,39	-0,38	-0,40	-0,24	-0,01	0,13
Lusaka, Zambia	-0,08	-0,04	-0,18	-0,22	-0,05	-0,17	-0,18	-0,13	-0,10	-0,33	-0,29	-0,11	-0,21	-0,18
Tete, Mozambik	-0,20	-0,08	-0,05	-0,06	0,15	0,26	0,08	-0,23	-0,23	-0,49	-0,42	-0,24	0,17	0,16
Harare, Zimbabwe	-0,24	-0,14	-0,25	-0,24	-0,11	-0,05	0,01	-0,23	-0,24	-0,38	-0,29	-0,16	0,11	0,17
Beira, Mozambik	-0,40	-0,04	-0,27	-0,26	-0,09	-0,06	-0,17	-0,21	-0,24	-0,44	-0,38	-0,17	-0,07	-0,15
Francistown, Botswana	-0,14	0,08	-0,11	-0,08	-0,05	0,01	0,07	-0,17	0,07	-0,16	0,00	0,07	0,26	0,15
Pretoria, RPA	-0,12	0,07	-0,07	0,03	0,05	0,23	0,33	-0,22	-0,05	-0,04	0,34	0,35	0,46	0,30
Capetown, RPA	-0,20	-0,20	-0,22	-0,18	0,03	0,17	0,20	-0,18	0,05	0,15	-0,11	0,02	0,17	0,12

Przelot na Helu był istotnie skorelowany ze średnimi temperatur lutego w Dar es Salaam w Tanzanii (10%, 25%, 50%), średnimi temperatur lutego (50%) oraz marca (10%, 25%, 50%, 75%) w Nampula w Mozambiku (Ryc. 11b), średnimi temperatur marca w Tete w Mozambiku (25%), średnimi temperatur lutego (5%) i marca (25%) w Beira w Mozambiku i średnimi temperatur marca w Pretorii, RPA (90%) (Tab. 5, Ryc. 11b). Można zauważyć brak korelacji przelotu piecuszka na Helu ze średnimi temperatur w Chileka w Malawi, Harare w Zimbabwe, Francistown w Botswanie oraz Capetown w RPA, z którymi był skorelowany przelot na Bukowie (Tab. 5).



Ryc. 11. Wybrane korelacje: a) średniej temperatury lutego w Nampula w Mozambiku z przelotem 50% piecuszka przez Bukowo w latach 1982-2016 oraz b) średniej temperatury marca w Nampula w Mozambiku z przelotem 50% piecuszka na Helu w latach 1968-2014.

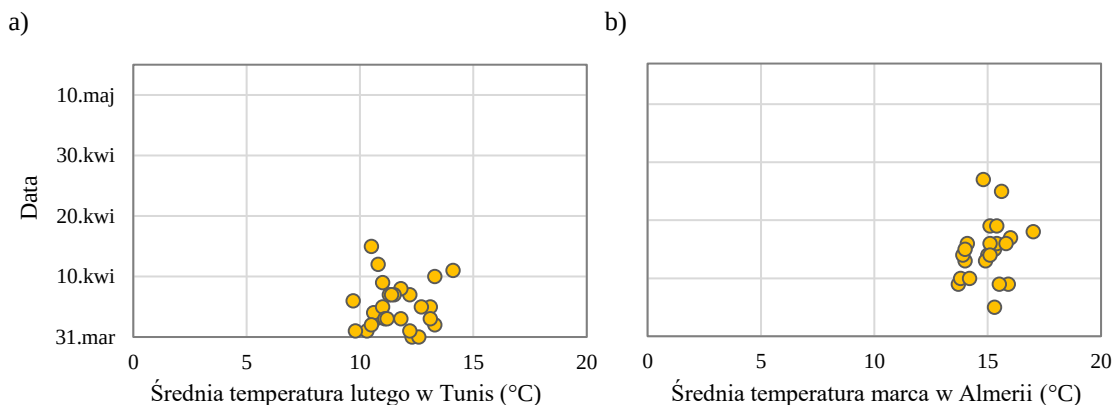
Tab. 6. Współczynniki korelacji średnich temperatur lutego i marca na zimowiskach z przelotem pierwszka na Bukowie w latach 1982-2014. Na czerwono zaznaczone są korelacje istotne ($p < 0,05$), wytłuszczonym drukiem - bliskie istotności ($0,05 < p < 0,1$).

Stacja meteorologiczna	LUTY							MARZEC						
	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
Almeria, Hiszpania	-0,01	0,08	0,11	0,05	0,05	0,05	-0,06	0,07	0,18	0,21	0,14	0,07	-0,24	-0,23
Granada, Hiszpania	-0,04	0,16	0,13	0,01	-0,02	-0,05	-0,22	0,21	0,38	0,38	0,28	0,12	-0,21	-0,36
Malaga, Hiszpania	-0,29	-0,08	-0,09	-0,13	-0,06	0,12	0,03	-0,21	-0,07	-0,12	-0,05	-0,03	-0,06	-0,16
Annaba, Algieria	-0,17	-0,01	0,00	-0,07	-0,03	0,02	-0,12	-0,11	-0,15	-0,12	-0,11	0,01	-0,16	-0,21
Tunis, Tunezja	-0,35	-0,17	-0,16	-0,17	-0,12	0,02	-0,09	-0,28	-0,31	-0,33	-0,33	-0,24	-0,26	-0,28
Burdż Bu Urajridż, Algieria	-0,28	-0,10	-0,08	-0,14	-0,13	0,01	-0,16	-0,28	-0,30	-0,24	-0,11	-0,18	-0,24	-0,37
Casablanca, Maroko	-0,24	-0,11	-0,13	-0,12	-0,06	-0,02	-0,24	-0,04	0,07	0,01	0,05	-0,08	-0,13	-0,34
Tripoli, Libia	-0,18	-0,15	-0,20	-0,12	-0,10	0,13	-0,01	-0,31	-0,45	-0,45	-0,41	-0,30	-0,13	-0,05
Benina, Libia	-0,20	-0,25	-0,25	-0,20	-0,17	-0,10	-0,11	-0,32	-0,48	-0,52	-0,49	-0,34	-0,10	0,00
Beszzar, Algieria	-0,34	-0,12	-0,15	-0,12	-0,03	0,06	0,01	-0,30	-0,25	-0,27	-0,05	-0,10	-0,10	-0,13
Nawakszut, Mauretania	-0,04	0,05	-0,10	0,03	0,15	0,21	0,10	-0,28	-0,28	-0,28	-0,14	-0,08	-0,05	-0,25

Tab. 7. Współczynniki korelacji średnich temperatur lutego i marca na zimowiskach z przelotem pierwszka na Helu w latach 1968-2014. Na czerwono zaznaczone są korelacje istotne ($p < 0,05$), wytłuszczonym drukiem - bliskie istotności ($0,05 < p < 0,1$).

Stacja meteorologiczna	LUTY							MARZEC						
	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
Almeria, Hiszpania	0,06	0,15	0,02	0,04	-0,20	-0,08	-0,05	0,31	0,42	0,04	0,07	-0,28	-0,11	-0,07
Granada, Hiszpania	0,13	0,12	0,11	0,09	-0,23	-0,13	-0,16	0,33	0,32	0,16	0,18	-0,13	-0,02	-0,02
Malaga, Hiszpania	-0,12	-0,11	0,04	-0,05	-0,17	-0,03	-0,05	0,18	0,11	-0,02	0,01	-0,26	-0,09	-0,09
Annaba, Algieria	-0,03	-0,01	0,15	0,22	-0,04	0,04	0,01	-0,01	0,14	-0,09	-0,02	-0,32	-0,28	-0,16
Tunis, Tunezja	-0,20	-0,15	0,05	0,05	-0,13	-0,06	-0,04	-0,28	-0,11	-0,15	-0,15	-0,24	-0,15	0,00
Burdż Bu Urajridż, Algieria	-0,08	-0,08	0,01	0,11	-0,07	-0,11	-0,11	-0,13	0,04	0,05	0,16	-0,05	-0,01	0,09
Casablanca, Maroko	-0,03	0,00	0,02	0,15	-0,08	-0,03	0,03	0,00	0,13	0,04	0,06	-0,01	0,04	0,13
Tripoli, Libia	-0,30	-0,24	0,16	0,17	0,07	0,05	0,10	-0,44	-0,33	-0,15	-0,07	-0,05	-0,09	0,06
Benina, Libia	-0,32	-0,33	0,19	0,13	0,04	0,07	0,14	-0,48	-0,38	-0,17	-0,09	-0,07	-0,11	0,01
Beszzsar, Algieria	-0,09	-0,06	0,16	0,10	-0,05	-0,04	0,00	-0,08	0,00	0,04	0,13	-0,02	0,03	0,15
Nawakszut, Mauretania	-0,01	0,03	-0,12	-0,07	-0,15	-0,16	-0,08	0,18	0,11	-0,23	-0,18	-0,20	-0,39	-0,36

U pierwsnka daty przelotu na Bukowie były w większości istotnie skorelowane z temperaturami marca na zimowiskach tego gatunku (Tab. 6). Daty przelotu 5% pierwsnków były istotnie skorelowane ze średnimi temperaturami lutego w Tunisie w Tunezji (Ryc. 12a).



Ryc. 12. Wybrane korelacje: a) średniej temperatury lutego w Tunisie w Tunezji z przelotem 5% pierwsnka w Bukowie w latach 1982-2016 oraz b) średniej temperatury marca w Almerii w Hiszpanii z przelotem 10% pierwsnka na Helu w latach 1968-2014.

Na Helu przelot pierwsnka był również skorelowany ze średnimi temperatur marca. Początek przelotu (5%, 10%) był skorelowany ze średnimi temperatur marca w Almerii oraz w Granadzie w Hiszpanii, a końcówka przelotu (90% i 95%) ze średnimi temperatur marca w Nawakszut w Mauretanii (Tab. 7, Ryc. 12b)

4.4. Korelacje terminów przelotu piecuszków i pierwsnków przez stacje Bukowo i Hel ze średnimi sum opadów na zimowiskach.

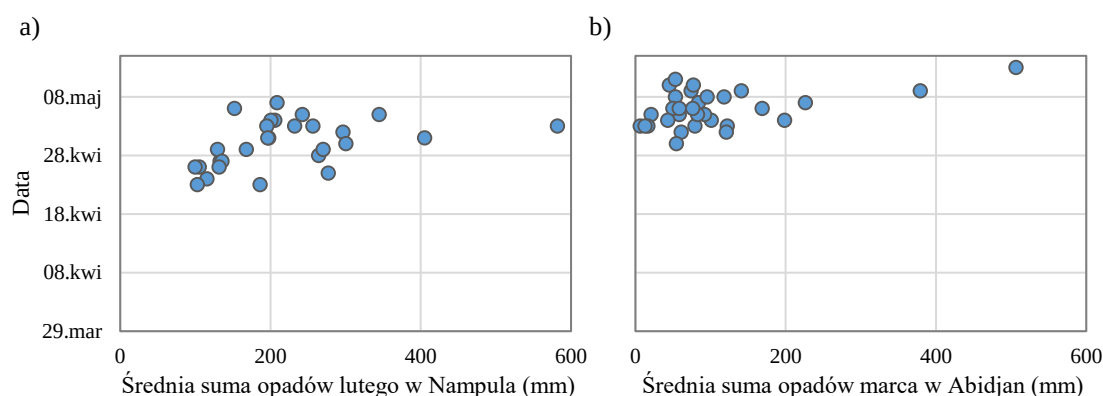
Daty przelotu 10% piecuszków na Bukowie były skorelowane ze średnimi sum opadów marca w Tete w Mozambiku i lutego w Francistown w Botswanie, daty przelotu 25% ze średnimi opadów lutego i marca w Francistown, a 50% z opadami w Nampuli w Mozambiku. Daty przelotu 75% ptaków były skorelowane ze opadami w marcu w Abidjanie na Wybrzeżu Kości Słoniowej, a daty 90% przelotu z opadami w lutym w Nampuli i w marcu w Beira w Mozambiku (Tab. 8, Ryc. 13a i b).

Tab. 8. Korelacja średnich sum opadów lutego i marca na zimowiskach z przelotem piecuszka na Bukowie. Na czerwono zaznaczone są korelacje istotne ($p < 0,05$).

Stacja meteorologiczna	LUTY							MARZEC						
	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
Abidjan, Wyb. K. Śl.	-0,25	-0,22	0,00	0,09	0,28	0,01	-0,04	0,05	0,05	0,03	0,16	0,46	0,25	0,15
Dar es Salaam, Tanzania	0,03	0,01	0,12	0,24	0,24	0,11	0,27	-0,19	-0,07	-0,16	-0,15	-0,01	-0,09	0,06
Nampula, Mozambik	0,25	0,13	0,26	0,42	0,29	0,28	0,40	-0,12	-0,27	-0,14	-0,13	-0,27	0,12	-0,02
Chileka, Malawi	-0,45	-0,09	-0,11	-0,19	-0,09	0,04	-0,25	-0,08	0,03	0,04	0,14	0,15	0,22	-0,38
Lusaka, Zambia	-0,01	0,22	0,25	0,26	0,31	0,30	0,03	-0,35	-0,27	-0,29	-0,20	0,17	0,26	0,28
Tete, Mozambik	0,39	0,40	0,25	0,12	0,43	0,25	0,32	-0,51	-0,58	-0,52	-0,21	-0,10	0,00	-0,39
Harare, Zimbabwe	-0,29	-0,14	-0,07	0,08	0,30	0,27	0,17	-0,19	-0,04	-0,02	-0,11	0,02	-0,02	-0,01
Beira, Mozambik	0,22	0,29	0,23	0,23	0,12	-0,05	0,20	-0,29	-0,18	-0,19	-0,15	-0,32	-0,35	-0,44
Francistown, Botswana	-0,33	-0,39	-0,50	-0,35	-0,19	0,07	0,13	-0,23	-0,24	-0,41	-0,29	-0,18	-0,25	-0,18
Pretoria, RPA	-0,16	-0,10	-0,19	-0,23	-0,12	-0,16	0,01	0,06	0,11	0,06	0,05	-0,12	-0,14	-0,21
Capetown, RPA	0,06	-0,07	-0,02	0,09	-0,03	-0,06	0,13	-0,29	-0,04	-0,11	-0,04	0,00	0,01	0,13

Tab. 9. Korelacja średnich sum opadów lutego i marca na zimowiskach z przelotem piecuszka na Helu. Na czerwono zaznaczone są korelacje istotne ($p < 0,05$).

Stacja meteorologiczna	LUTY							MARZEC						
	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
Abidjan, Wyb. K. Śl.	0,02	-0,22	-0,17	0,07	0,19	0,27	0,20	0,00	-0,23	-0,04	-0,05	-0,15	0,00	0,32
Dar es Salaam, Tanzania	0,00	0,11	-0,03	0,00	0,10	-0,17	-0,12	-0,09	-0,32	-0,35	-0,34	-0,32	-0,22	0,18
Nampula, Mozambik	0,15	0,08	0,03	0,30	0,13	0,22	0,08	-0,22	0,07	0,23	0,22	0,08	0,15	0,13
Chileka, Malawi	0,17	-0,04	-0,11	-0,10	-0,10	-0,55	-0,27	-0,37	0,49	0,67	0,45	0,37	0,30	0,17
Lusaka, Zambia	0,02	0,28	0,35	0,43	0,21	0,03	-0,05	0,14	-0,21	-0,05	0,08	-0,17	-0,07	0,29
Tete, Mozambik	0,48	0,61	0,69	0,40	-0,17	-0,01	0,02	-0,18	-0,10	0,24	0,15	0,67	0,02	-0,27
Harare, Zimbabwe	0,31	0,03	0,09	0,06	-0,06	-0,13	0,03	-0,02	-0,15	-0,15	0,08	-0,01	0,05	0,07
Beira, Mozambik	0,37	0,10	0,04	-0,04	-0,15	-0,23	-0,05	-0,09	0,14	-0,01	0,00	0,98	-0,02	-0,20
Francistown, Botswana	0,01	-0,09	-0,04	-0,07	-0,16	-0,01	0,02	-0,08	-0,30	-0,28	-0,39	-0,28	-0,26	-0,05
Pretoria, RPA	-0,02	0,03	-0,05	-0,08	-0,13	-0,16	-0,06	-0,03	0,09	-0,08	-0,18	-0,06	-0,19	-0,14
Capetown, RPA	-0,33	-0,40	-0,30	-0,15	-0,29	-0,03	0,08	-0,15	-0,11	-0,27	-0,20	-0,10	-0,08	0,10



Ryc. 13. Wybrane korelacje: a) średniej sumy opadów lutego w Nampuli w Mozambiku z przelotem 50% piecuszka w Bukowie w latach 1982-2014, oraz b) średniej sumy opadów marca w Abidjan w Wybrzeżu Kości Słoniowej z przelotem 75% piecuszka w Bukowie w latach 1982-2016.

Na Helu przelot 10% piecuszków był istotnie, choć słabo, skorelowany ze średnimi sum opadów lutego w Tete w Mozambiku, przelot 25% ptaków z opadami w lutym w Tete, oraz z opadami w marcu w Chileka w Malawi (Tab. 9). Przelot 75% ptaków był skorelowany z opadami w marcu w Tete (Tab. 9).

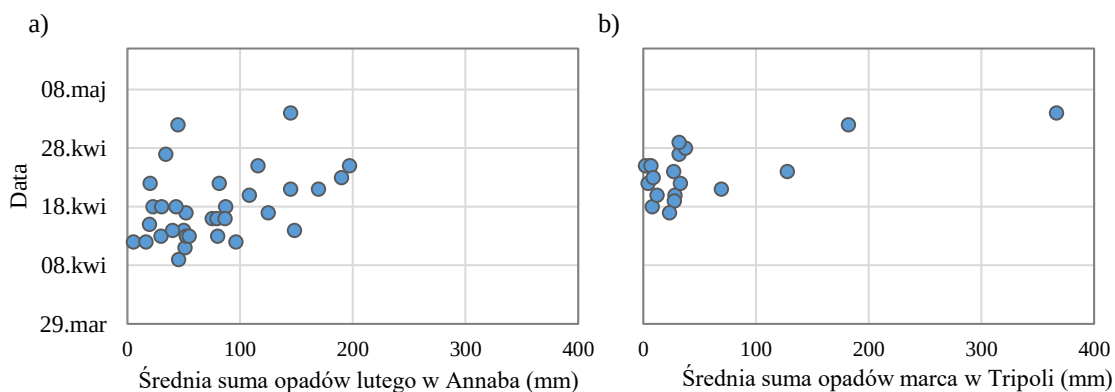
Dla pierwszotka daty przelotu 10% i 25% na Bukowie były skorelowane istotnie ze średnimi sum opadów lutego i marca w Almerii w Hiszpanii, daty przelotu 50%, 90% i 95% na Bukowie z opadami w lutym i marcu w Annaba w Algierii (Ryc. 14a), a daty przelotu 95% z opadami lutego w Burdż Bu Urajridż w Algierii (Tab. 10). Daty przelotu 50% i 25% na Bukowie były skorelowane ze średnimi sum opadów lutego i marca w Tripoli w Libii, a daty przelotu 50% ze średnimi sum opadów lutego w Benina w Libii (Tab. 10, Ryc. 14a).

Tab. 10. Korelacja średnich sum opadów lutego i marca na zimowiskach z przelotem pierwszotka na Bukowie. Na czerwono zaznaczone są korelacje istotne ($p < 0,05$).

Stacja meteorologiczna	LUTY							MARZEC						
	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
Almeria, Hiszpania	0,09	0,16	0,40	0,40	0,24	0,21	-0,03	0,32	0,40	0,46	0,36	0,32	0,31	0,19
Granada, Hiszpania	-0,22	-0,15	-0,13	-0,20	-0,10	-0,25	-0,32	0,25	0,16	0,06	0,00	0,11	0,06	0,23
Malaga, Hiszpania	-0,04	-0,16	-0,21	-0,19	-0,07	-0,08	-0,26	0,04	0,02	-0,03	0,07	0,15	0,14	0,17
Annaba, Algieria	0,31	0,17	0,24	0,40	0,27	0,28	0,25	0,06	0,02	0,10	0,11	0,13	0,37	0,56
Tunis, Tunezja	0,19	0,02	0,06	0,18	0,13	0,11	0,14	-0,14	-0,24	-0,19	-0,18	-0,22	0,05	0,07
Burdż Bu Urajridż,	0,03	-0,04	-0,09	0,07	0,21	0,24	0,40	0,13	0,12	0,20	0,02	0,05	0,15	0,25
Casablanca, Maroko	-0,18	-0,16	-0,09	-0,17	-0,09	-0,23	0,02	0,15	-0,02	-0,08	-0,06	0,16	0,19	0,34
Tripoli, Libia	0,04	0,07	0,32	0,42	0,35	0,18	0,24	0,01	0,12	0,37	0,28	0,28	0,02	-0,03
Benina, Libia	0,17	0,15	0,28	0,37	0,32	0,22	0,18	0,04	0,06	0,10	-0,05	0,01	-0,05	0,15
Beszzar, Algieria	0,13	0,09	0,11	0,06	0,18	0,30	0,26	0,21	0,08	0,18	0,04	-0,09	-0,10	0,11

Tab. 11. Korelacja średnich sum opadów lutego i marca na zimowiskach z przelotem pierwszotka na Helu. Na czerwono zaznaczone są korelacje istotne ($p < 0,05$).

Stacja meteorologiczna	LUTY							MARZEC						
	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
Almeria, Hiszpania	0,21	0,32	0,33	0,19	0,06	0,08	0,05	-0,01	0,01	0,22	0,11	0,01	0,06	0,09
Granada, Hiszpania	-0,17	-0,07	0,14	0,13	0,01	-0,03	0,01	-0,07	-0,09	-0,05	-0,27	-0,16	-0,02	0,12
Malaga, Hiszpania	0,15	-0,03	0,14	0,05	0,09	0,00	0,04	-0,21	-0,21	0,19	0,12	0,17	0,16	0,17
Annaba, Algieria	0,04	0,15	0,18	0,26	0,41	0,35	0,36	-0,17	-0,15	-0,06	0,20	0,44	0,31	0,26
Tunis, Tunezja	-0,03	0,03	-0,03	0,09	0,22	0,22	0,16	-0,04	-0,12	-0,02	-0,09	0,06	-0,07	0,02
Burdż Bu Urajridż,	-0,15	-0,13	-0,19	-0,03	0,03	0,07	0,11	-0,09	-0,04	0,05	0,14	0,12	-0,04	-0,01
Casablanca, Maroko	0,09	0,03	0,15	0,05	-0,06	-0,15	-0,08	-0,02	-0,09	0,11	-0,11	-0,07	-0,07	0,00
Tripoli, Libia	-0,12	0,06	-0,04	0,28	0,20	0,22	0,26	0,15	0,11	-0,02	0,46	0,27	0,30	0,27
Benina, Libia	0,03	0,32	0,18	0,17	0,18	0,05	0,07	0,09	0,10	-0,12	-0,34	-0,30	-0,25	-0,20
Beszzar, Algieria	0,46	0,36	0,05	0,22	-0,14	-0,31	-0,33	0,18	0,16	0,06	0,29	0,25	0,24	0,20



Ryc. 14. Wybrane korelacje: a) średniej sumy opadów lutego w Annaba w Algierii z przelotem 50% pierwsznika w Bukowie w latach 1982-2016 oraz b) średniej sumy opadów marca w Tripoli w Libii z przelotem 50% pierwsznika na Helu w latach 1978-2014.

Przelot 5% pierwszników na Helu był skorelowany ze średnimi sum opadów lutego w Beszszar w Algierii (5%), a 50% z opadami marca w Tripoli w Libii. W dalszej części migracji, terminy przelotu były skorelowane z opadami lutego (dla 75%, 90%, 95%) i marca (dla 75%) w Annaba w Algierii. (Tab. 11, Ryc. 14b).

5. DYSKUSJA

5.1. Wieloletnie tendencje w terminach wiosennej wędrówki pierwsznika i piecuszka przez polskie wybrzeże Bałtyku.

Z moich badań wynika, że wiosenny przelot obu gatunków na stacjach Bukowo-Kopań i Hel, zarówno dla średnio- jak i dalekodystansowego migranta, uległ przyspieszeniu w czasie wielu lat badań. U obu gatunków zmiana terminów dla pewnych percentyli przelotu była istotna, choć zmiana silniej zaznaczyła się u piecuszka, który jest migrantem dalekodystansowym (Ryc. 5, Tab. Z1 i Z2). Istotne przyspieszenie terminu przelotu pierwszych osobników zgadza się z wynikami badań nad zmianami terminów wiosennego pojawu pierwszych migrantów z innych gatunków np. kapturki *Sylvia atricapilla*, kopciuszką *Phoenicurus ochruros*, dymówki *Hirundo rustica*, czy oknówki *Delichon urbica*, u których wykazano przyspieszenie przelotu w latach 1970-1996 w Europie Środkowej (Tryjanowski i in. 2002). Największe przyspieszenie daty przelotu o 7-10 dni, w okresie 34 lat zaznaczało się dla pojawu pierwszych piecuszków na Bukowie, oraz dla percentyli z pierwszej połowy przelotu do mediany (50%) włącznie, o czym świadczy wyraźne nachylenie tych linii trendu (Ryc. 5a). Dla pierwszników na Bukowie istotna była

jedynie zmiana terminu przelotu dla 25% wszystkich ptaków (Ryc. 5b). Jeśli chodzi o stację Hel, przyspieszenie terminów przelotu obu gatunków również było istotne, lecz w przedziale 25%-75% dla piecuszka i w środku przelotu (50%) dla pierwiosnka (Ryc. 5b i 5d). Słabiej zaznaczone zmiany na Helu mogą być spowodowane lukami w danych na tej stacji i wynikającą z tego mniejszą liczbą analizowanych lat, mimo dłuższego okresu badań niż na Bukowie (Tab. 1). Korelacje terminów wiosennego przelotu na stacjach Bukowo i Hel było istotne statystycznie dla obu gatunków (Tab. 2), co oznacza że zmiany w terminach wędrówki zaznaczały się na każdej stacji podobnie w danym roku, zarówno i piecuszka, jak i pierwiosnka. Tempo zmian nie różniło się między stacjami u obu gatunków (Tab. Z3), jak i między tymi gatunkami na każdej ze stacji (Tab. Z4). Może to co świadczyć o podobnym efekcie czynników klimatycznych na zmiany w terminach wędrówki u obu gatunków.

Do tej pory w wielu pracach wykazano, że migranty krótko- i średniodystansowe reagują na zmiany klimatu na lęgowiskach i w ich rejonie w większym stopniu niż migranty dalekodystansowe, których wędrówka jest w głównej mierze determinowana przez rytm endogeny i zmiany fotoperiodu (Bluhm i in. 1991, Pulido i Widmer 2005, Jonzén 2006). Jednak w przypadku dalekodystansowego migranta, muchołówki żałobnej *Ficedula hypoleuca* nie odnotowano istotnych zmian wieloletnich pierwszego pojawu ani różnic między stacjami na terenie Niemczech i Holandii (Hüppop i Winkel 2006). Podobnie w innej pracy pomimo wzrostu temperatur Holandii w latach 1980-2000, nie wykazano przyspieszenia przylotu tego gatunku na lęgowiska tego gatunku w tym okresie (Both i in. 2001). W badaniach Cottona (2003), 17 z 20 badanych gatunków, w tym piecuszek, przylatywało wiosną na lęgowiska w Oxfordshire Wielkiej Brytanii coraz wcześniej w okresie 1971-2000. W tych latach nastąpiło istotne przyspieszenie terminu przelotu pierwiosnka na Litwie, ale nieistotne zmiany terminów przelotu piecuszka (Žalakevičius 2002). W mojej pracy wykazałam, że przelot na stacjach nadbałtyckich zarówno piecuszków jak i pierwiosnków uległ przyspieszeniu (Ryc. 5, Tab. Z1-Z4). Tak więc liczne badania nad różnymi gatunkami ptaków, a nawet nad tym samym gatunkiem i w różnych miejscach przedstawiają odmienne wyniki (Dolenec 2016). Zmiany klimatu mogą mieć charakter regionalny, inaczej postępujący w czasie i odmiennie wpływający na różne gatunki ptaków (Žalakevičius i in. 2006).

5.2. Związek między terminem wędrówki wiosennej obu gatunków przez polskie wybrzeże a temperaturami wiosną nad Bałtykiem.

Terminy przelotu obu gatunków były tym wcześniejsze, im wyższe były średnie temperatury kwietnia i maja w Łebie, na co wskazują ujemne współczynniki korelacji (Tab. 3). Brak istotnych korelacji przelotu obu gatunków na Bukowie ze średnimi temperaturami maja w Łebie może być wynikiem ich przelotu głównie w kwietniu i na początku maja (Ryc. 9 i 10). Słabsze zależności dla Helu wynikać też mogą z luk w danych i mniejszej liczby analizowanych lat (Tab. 1).

Warunki na lęgowiskach determinują okres gniazdowania i sukces lęgowy (Nowakowski i in. 2005). Obfitość owadów i szybkość wzrostu ich populacji jest większa wiosną przy wysokich temperaturach (Zaniewicz i Busse 2010). Piecuszek i pierwiosnek żywią się głównie owadami i pająkami (Cramp 1992) oraz gąsienicami, które stanowią poniżej 20% ich diety (Mols i Visser 2002). Również inne ptaki, takie jak sikory czy muchołówki, karmią pisklęta gąsienicami, czyli stadium szybko przemijającym. W związku z tym ptaki wyprowadzające lęgi wcześniej mogą rozmijać się ze szczytem dostępności pokarmu, co prowadzi do osłabienia lub śmierci piskląt, i w konsekwencji zmniejszenia sukcesu lęgowego (Halupka 2008). Ciepłe wiosny w klimacie umiarkowanym przyspieszają fenologię roślin i owadów na lęgowiskach, co poprawia warunki ekologiczne na trasie migracji i wiąże się z warunkami pogodowymi sprzyjającymi wędrówce (Gordo 2007). Ponadto wcześniejszy przylot na lęgowiska daje ptakom przewagę w postaci dostępu do zasobów, takich jak lepsze terytorium, szanse na pozyskanie odpowiedniego partnera i tym samym wczesne wyprowadzanie lęgów i większy sukces lęgowy (Kokko 1999, Jonzén i in. 2007). Tak więc mimo ryzyka, jak na przykład niedożywienie bądź śmierć w przypadku pogorszenia pogody wiosną, wcześniejszy przelot wydaje się być korzystny dla ptaków (Francis i Cooke 1986).

5.3. Związek między terminem wędrówki wiosennej obu gatunków przez polskie wybrzeże a temperaturami na zimowiskach.

Temperatura wpływa na dostępność i obfitość pożywienia podczas migracji. Długoterminowe trendy migracji wiosennych sugerują, że zmiany temperatury określają warunki do żerowania, a tym samym śmiertelność (Sokolov 1998, Halupka 2017). Przelot pierwiosnka zarówno na Bukowie jak i na Helu był istotnie skorelowany ze średnimi temperaturami marca na północy Afryki oraz w Hiszpanii

(Tab. 6 i 7). Piecuszki opuszczają zimowiska i wyruszają na północ po ukończeniu pierzenia; populacje zimujące w Afryce Południowej kończą pierzenie w połowie lutego, a zimujące w Afryce Wschodniej miesiąc później (Underhill i in. 1992). Jako, że pierwiosnek zimuje bliżej lęgówisk niż piecuszek, nie musi on opuszczać zimowisk z takim wyprzedzeniem jak piecuszek, który ma dłuższy dystans do pokonania. Pierwiosnek opuszcza zimowiska Afryki pod koniec lutego, a szczyt jego przelotu w Gibraltarze (Lozano i Robson 2011) i w Katalonii (De Juana i Garcia 2015) przypada w połowie marca. Prawdopodobnie dlatego terminy wiosennego przelotu pierwiosnka przez stacje nadbałtyckie są skorelowane a średnimi temperaturami marca na zimowiskach, a nie lutego jak dla piecuszka.

Przelot piecuszka był istotnie skorelowany ze średnimi temperaturami lutego i marca na zimowiskach w Afryce Wschodniej i Południowej, a najsilniejsze były korelacje ze średnimi temperaturami lutego w Mozambiku. Ujemne korelacje wskazują, że im cieplej było na zimowiskach, tym wiosenny przelot nad Bałtykiem był wcześniejszy (Tab. 4 i 5). Wysokie temperatury na zimowiskach mogą działać bezpośrednio na początek migracji lub, co bardziej prawdopodobne, wpływać na czynniki ekologiczne jak na przykład dostępność żywności (Saino i in. 2007). Temperatury i opady deszczu na zimowiskach w Afryce wykazały wpływ na żerowiska, pierwsze daty przylotu oraz współczynniki przeżywalności ptaków na lęgówiskach w Europie (Studds i Marra 2007). Rozpoczęcie migracji bez zgromadzenia odpowiednich rezerw tłuszczu może zmniejszyć prawdopodobieństwo przeżycia podczas wędrówki (Studds i Marra 2011). Temperatura wpływa na dietę ptaków przed wędrówką, a więc na ich rezerwy tłuszczu, oraz na fenologię migracji (González-Prieto i in. 2013).

Rozmieszczenie ptaków z Europy na zimowiskach jest trudne do jednoznacznego określenia, jako że podczas 6-7 miesięcy, które spędzają one w Afryce przemieszczają się na różne obszary (Svensson 1985). Temperatury w stacjach położonych bardziej na południe były silniej skorelowane z terminami migracji ptaków (Tab. 4 i 5), być może dlatego, że warunki w nich i jakość ich siedlisk ma znaczenie dla zimujących migrantów tuż przed ich odlotem z tych terenów (Morel i Morel 1992). Może być też tak, że ptaki migrujące późno jesienią mogą zatrzymywać się w rejonie Sahelu, zamiast lecieć dalej na południe (Leisler 1992). Podczas przystanków na Sahelu migranci, w tym pierwiosnek i piecuszek, żywią się owadami, ale też i owocami, dlatego wzrastające temperatury lutego i marca, na

początku pory deszczowej, mają wpływ na odlot migrantów z zimowisk w tych właśnie miesiącach (Saino i in. 2007), jak wskazały wyniki mojej pracy (Tab. 8-11).. Tak więc zmiany klimatu mogą mieć pozytywny, jak i negatywny wpływ na migrujące ptaki. Dla migrantów dalekodystansowych, może być to wpływ negatywny, ze względu na możliwe rozminięcie się ze szczytem dostępności pokarmu na lęgowskich oraz ryzyko natrafienia na porę suchą w Sahelu podczas jesiennej wędrówki (Saino i in. 2007, Zwarts i in. 2009). Natomiast dla niektórych migrantów krótko- i średniodystansowych, może to być wpływ korzystny, ze względu na wcześniejsze gniazdowanie, więcej złożonych jaj i lepszą przeżywalność piskląt (Chylarecki 2006), lepsze warunki środowiskowych po lęgach, czy też możliwość skracania dystansu migracji (Jian-bin i in. 2006, Visser i in. 2009).

5.4. Związek między terminem wiosennej wędrówki obu gatunków przez polskie wybrzeże a wielkością opadów deszczu na zimowiskach i trasach przelotu.

Korelacje między przelotem obu gatunków przez polskie stacje, a średnimi sumami opadów na zimowiskach są mniej wyraźne niż korelacje ze średnimi temperaturami na zimowiskach (Tab. 8-11, Ryc. 13 i 14). Dla piecuszka najbardziej istotne, choć słabe, były ujemne korelacje wiosennego przelotu na Bukowie ze średnimi sumami opadów w lutym w stacji meteorologicznej Francistown w Botswanie i Nampula w Mozambiku, oraz ze średnimi sumami opadów w marcu na stacji Abidjan na Wybrzeżu Kości Słoniowej (Tab. 8). Oznacza to, że im większe były sumy opadów w lutym i marcu na tych stacjach, tym piecuszki wcześniej wędrowały przez Bukowo. Terminy przelotu na Helu były najbardziej istotnie skorelowane ze średnimi sumami opadów w lutym i marcu w Tete w Mozambiku (Tab. 9). Przelot pierwiosnka na Bukowie był najsilniej ujemnie skorelowany z średnimi sum opadów w lutym i marcu w Almerii w Hiszpanii oraz w marcu w Annaba w Algierii, a na Helu z średnimi sum opadów lutego i marca również w Annaba (Tab. 10 i 11). Czyli im sumy opadów lutego i marca w Almerii i Annabie były większe, tym przelot pierwiosnka na Bukowie był wcześniejszy.

Suma opadów w rejonie Sahelu, a także na innych zimowiskach w Afryce, jest wyznacznikiem jakości siedliska dla ptaków wędrownych, co umożliwia im osiągnięcie dobrej kondycji przed wędrówką (Saino i in. 2007). W latach 1970-1990 zauważono wzrost śmiertelności migrantów zimujących w rejonie Sahelu, między innymi pierwiosnka, ze względu na suszę na tym obszarze (Vickery i in. 2014). W

latach, w których jest więcej opadów, zwiększa się obfitość zasobów pokarmu w postaci roślin i owadów (Gordo i in. 2005). Gdy pożywienia jest pod dostatkiem ptaki są w stanie uzupełnić zapasy białka, dzięki czemu mogą przejść pierzenie i tym samym opuszczać zimowiska wcześniej (Katti i Price 1999). Poza im więcej jest pokarmu tym mniejszy wysiłek ptaki wkładają w jego znajdowanie i pozyskiwanie, i tym samym, oszczędzając energię, mają lepszą kondycję (Bowlin i in. 2010). Być może korelacje przelotu na polskich stacjach z średnimi sumami opadów na stacjach w Sahelu byłyby bardziej istotne niż z wielkością opadów na zimowiskach obu gatunków. Jednak w rejonie Sahelu było niewiele stacji meteorologicznych z wieloletnimi seriami danych o opadach, co pozwoliłoby na weryfikację tego przypuszczenia. Słaby wpływ lub brak związku wędrówki z sumą opadów można tłumaczyć też tym, że ptaki inaczej reagują na pojedynczy czynnik klimatyczny niż na ich sumę (Cofta 1984). Często używanym w badaniach wpływu klimatu na ptaki jest na przykład Indeks Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) oddający kompleks takich parametrów jak ciśnienie, temperatura, prędkość wiatru i suma opadów (Hüppop i Hüppop 2003). Korelacje terminów wiosennego przelotu na wyspie Helgoland, należącej do Niemiec, ze wskaźnikiem NAO były istotne dla 23 z 24 badanych gatunków, w tym pierwiosnka i piecuszka (Hüppop i Hüppop 2003). Ujemne wartości Indeksu Oscylacji Południowej (SOI) są związane ze zjawiskiem El Niño (ENSO), odpowiedzialnym za dużą zmienność w obfitości opadów i przedłużające się susze na półkuli południowej, w tym Afryce Południowej (Dean i in. 2009). Wykazano obniżoną sprawność migrantów w latach El Niño, w powiązaniu z wysokimi wartościami indeksu ENSO i związanym z nim niskim indeksem pokrycia obszarów w Afryce przez zieleń (NDVI) (Paxton i in. 2014). Istotne mogłyby się też okazać korelacje z wartościami wskaźnika Dipola Oceanu Indyjskiego (IOD), gdzie dodatni wskaźnik IOD wiąże się z wyższymi sumami opadów w Afryce Wschodniej (Prokop 2013, Tryjanowski i in. 2013). Jednak analizy związku terminów migracji piecuszków i pierwiosnków z wielkoskalowymi indeksami klimatycznymi wykraczają poza zamierzony zakres tej pracy.

Istotne korelacje dat przelotu 5%-50% pierwiosnków oraz piecuszków na Helu i Bukowie ze średnimi temperaturami i średnimi sumami opadów lutego lub marca na zimowiskach, oraz ze średnimi temperaturami kwietnia w Łebie wskazują, że w kształtowaniu terminów migracji mają udział zarówno warunki panujące na

zimowiskach, gdy ptaki z nich odlatują, jak i warunki na wybrzeżu Bałtyku na późniejszym etapie ich wiosennej wędrówki, w pobliżu lęgówisk.

5.5. Związek między strategią migracji a zmianami terminu wiosennego przelotu obu gatunków na polskim wybrzeżu.

Wbrew ogólnie przyjętym regułom, migranty dalekodystansowe mogą silniej reagować na zmiany klimatu niż niektóre migranty krótkodystansowe, co może mieć związek z gwałtownym ewolucyjnym dostosowaniem się do zmian środowiskowych oraz presją na wcześniejsze terminy lęgów na znacznie oddalonych lęgówiskach (Jonzén i in. 2006). Dostępność obfitego pokarmu w trakcie migracji może również mieć wpływ na jej czas. Korzystne warunki na trasie wędrówki, takie jak wysoka temperatura, mogą wpływać na szybkość przelotu migrantów dalekodystansowych, jak na przykład u samców muchołówki żałobnej, które przylatywały na lęgowiska i wyprowadzały lęgi coraz wcześniej (Both i in. 2006). Gdy kończy się pokarm w miejscu odpoczynku w trakcie migracji, ptaki przemieszczają się w inne miejsca dopóki nie uzupełnią zapasów energetycznych (Zaifman i in. 2017), co wydłuża czas migracji. Być może wieloletnie zmiany warunków (temperatura i opady) panujących na zimowiskach piecuszka w Afryce oraz na trasie migracji odpowiadały jego potrzebom w czasie przygotowań do migracji i w jej trakcie, stąd ich coraz wcześniejszy przylot na wybrzeże Bałtyku.

Pierwiosnek ze względu na krótszy dystans migracji rozpoczyna swoją wędrówkę później, być może dlatego jego przelot w rejonie Bałtyku uległ przyspieszeniu w mniejszym stopniu, średnio o mniejszą liczbę dni niż u piecuszka. Należy też mieć na uwadze, że np. temperatura zmienia się w różnym stopniu, w różnych odstępach czasu i na różnych obszarach (Visser i in. 2004), dlatego może inaczej wpływać na migranty, które korzystają z zupełnie odmiennych zimowisk, tak jak pierwiosnek i piecuszek.

Na różnice między gatunkami w tym jak silnie zaznaczyły się zmiany terminów migracji, mogły mieć wpływ różnice w liczebnościach pierwiosnków i piecuszków chwytnych na obu stacjach w okresie badań (Tab. 1). Obserwowane daty przelotu są najbardziej dokładne w przypadku dużych populacji (Tryjanowski i in. 2002). Piecuszek jest jednym z częściej łapanych ptaków na Akcji Bałtyckiej, ale pierwiosnek jest chwytny o około połowę mniej licznie (Tab. 1). Dlatego terminy

przelotu kolejnych percentyli dla pierwszaka mogą być oszacowane nieco mniej dokładnie niż dla piecuszka.

Większość prac na temat zmian w terminach wiosennej wędrówki skupia się na datach pierwszego pojawu, w związku z czym ciężko jest stwierdzić zmienność i jej poziom wewnątrz populacji, ponieważ pierwsze migranty to zazwyczaj samce (Both i in. 2006, Tøttrup i in. 2006). Warto więc poszerzać badania o kolejne percentyle przelotu, jak w niniejszej pracy, ponieważ odzwierciedlają one fenologię przelotu na lęgowiska wewnątrz populacji, a także ułatwiają porównania między gatunkami o odmiennych strategiach migracji (Pulido 2007). Jest to konieczne dla lepszego zrozumienia procesu migracji, jako że różne części populacji mogą zmieniać termin przelotu w różnym stopniu (Tøttrup i in. 2006). Ponadto, moje wyniki pokazują, że coraz wcześniejszy wiosenny przelot w okresie wielu dziesięcioleci nie musi być uzależniony od strategii migracji, ponieważ zaznaczył się u obu badanych gatunków. Populacje ptaków są w stanie dość gwałtownie zmienić swoje zachowania migracyjne w okresie kilku pokoleń (Lemoine i Böhning-Gaese 2003). Badania nad wpływem czynników środowiska, które nieustannie podlegają zmianom, na mechanizmy i przebieg migracji, w dalszym ciągu wymagają uwagi (Žalakevičius i in. 2005).

6. PODSUMOWANIE

1. Terminy wiosennego przelotu piecuszka uległy przyspieszeniu na stacji Bukowo-Kopań w okresie 34 lat badań i na stacji Hel w ciągu 43 lat badań. Dla pierwiosnka przelot również uległ przyspieszeniu na obu stacjach, jednak słabiej i o mniejszą liczbę dni w okresie badań. Przyspieszenie terminów wędrówki obu gatunków jest zgodne z większością danych literaturowych z innych części Europy.
2. Im wyższe były temperatury w kwietniu nad Bałtykiem, tym wcześniej piecuszki i pierwiosnki pojawiały się na wybrzeżu Bałtyku. Cieplesza i bardziej wilgotna wiosna może wpływać na zasoby pokarmu na trasie migracji i na lęgowiskach. Migranty ryzykują przylatując wcześniej, ale też odnoszą korzyści, jak np. lepsze miejsca lęgowe, szybsze pozyskanie partnera, dodatkowe lęgi i wyższa przeżywalność piskląt (Gordo 2007).
3. Im cieplej było w lutym i marcu na zimowiskach, tym wcześniejszy był przelot piecuszka oraz pierwiosnka na polskim wybrzeżu. Wyższe temperatury na zimowiskach powodują wzrost obfitości pokarmu, dzięki czemu migranty są w stanie wcześniej osiągnąć dobrą kondycję przed odlotem, i wcześniej opuścić zimowiska.
4. Im większe były średnie sumy opadów lutego i marca na zimowiskach i na trasach przelotu, tym wcześniej oba gatunki pojawiały się wiosną nad Bałtykiem. Deszcze w Afryce powodują zwiększenie obfitości pokarmu dla ptaków, a luty i marzec to okres deszczowy na zimowiskach obu gatunków i w rejonie Sahelu, gdzie oba gatunki zatrzymują się na trasie migracji.
5. Terminy migracji u piecuszka (migranta dalekodystansowego) uległy większemu przyspieszeniu niż u pierwiosnka (migranta średniodystansowego) być może dlatego, że zmiany klimatu spowodowały bardziej korzystne zmiany warunki na jego zimowiskach i trasie przelotu, niż dla piecuszka.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Adamska K., Filar M. 2005. Directional preferences of the Chiffchaff (*Phylloscopus collybita*) and the Robin (*Erithacus rubecula*) on autumn migration in the Beskid Niski Mountains (S Poland). *Ring*, 27(2), 159-176.
2. Akcja Bałtycka <http://www.akbalt.ug.edu.pl/> (dostęp w dniu 20.06.2018).
3. Åkesson S., Ilieva M., Karagicheva J., Rakhimberdiev E., Tomotani B., Helm B. 2017. Timing avian long-distance migration: from internal clock mechanisms to global flights. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 372 (1734): 20160252.
4. Anders I., Stagl J., Auer I., Pavlik D. 2014. Climate change in central and eastern Europe, [in:] *Managing protected areas in central and eastern Europe under climate change*. *Advances in Global Change Research* 58: 17-30.
5. Askeyev O.V., Sparks T.H., Askeyev I.V., Tryjanowski P. 2007. Is earlier spring migration of Tatarstan warblers expected under climate warming? *International Journal of Biometeorology*, 51(6): 459-463.
6. Bairlein F., Hüppop O. 2004. Migratory fuelling and global climate change. *Advances in Ecological Research* 35: 33-47.
7. Barszcz P. 2012. Głosy ptaków, zapach lasu. *Wszechświat* 113, nr 7-9: 219.
8. Bauer S., Lisovski S., Hahn S. 2016. Timing is crucial for consequences of migratory connectivity. *Oikos*, 125(5): 605-612.
9. Bensch S., Andersson T., Åkesson S. 1999. Morphological and Molecular Variation across a Migratory Divide in Willow Warblers, *Phylloscopus trochilus*. *Evolution* 53: 1925-1935.
10. Bensch S., Grahn M., Müller N., Gay L., Åkesson S., 2009. Genetic, morphological, and feather isotope variation of migratory willow warblers show gradual divergence in a ring. *Mol. Ecol.* 2009 (18): 3087-3096.
11. Berthold P. 1984. The endogenous control of bird migration: a survey of experimental evidence. *Bird Study* 31(1): 19-27.
12. Bluhm C.K., Schwabl H., Schwabl I., Perera A., Follett B.K., Goldsmith A.R., Gwinner E. 1991. Variation in hypothalamic gonadotrophin-releasing hormone content, plasma and pituitary LH, and in-vitro testosterone release in a long-distance migratory bird, the garden warbler (*Sylvia borin*), under constant photoperiods. *Journal of Endocrinology*, 128 (3): 339-345.
13. Bobrek R., Hasny J., Kajzer-Bonk J., Wayda M., Springer S., Żmuda A. 2016. Międzysezonowa powtarzalność dynamiki jesiennej migracji wróblowych Passeriformes nad Jeziorem Rakutowskim. *Ornis Polonica* 57(1): 39-57.
14. Both C., Bouwhuis S. 2006. Climate change and population declines in a long distance migratory bird. *Nature* 441: 81-83.
15. Both C., Sanz J.J., Artemyev A.A., Blaauw B., Cowie R.J., Dekhuijzen A.J., Potti, J. 2006. Pied flycatchers *Ficedula hypoleuca* travelling from Africa to breed in Europe: differential effects of winter and migration conditions on breeding date. *Ardea* 94(3): 511-523
16. Both C., Visser M. E. 2001. Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature* 411: 296-298.
17. Bowlin M.S., Bisson I.A., Shamoun-Baranes J., Reichard J.D., Sapir N., Marra P.P., Åkesson, S. i in. (2010). Grand challenges in migration biology. *Integrative and Comparative Biology* 50 (3): 261-279.
18. Busse P. 1994. Population trends of some migrants at the southern Baltic coast autumn catching results 1961 – 1990. *The Ring* 16: 115-158.
19. Busse P. 2000. Augmentation of ringing recovery data by means of field experiments: a new look at migration of nocturnal migrants. *Vogelwarte* 40(4): 265-270.
20. Busse P., Kania W.M. 1970. Akcja Bałtycka 1961-1967: metody pracy. *Acta Ornithologica*. 12(7): 145-150
21. Butler C.J. 2003. The disproportionate effect of global warming on the arrival dates of short-distance migratory birds in North America. *Ibis* 145: 484-495.
22. Carey C. 2009. The impacts of climate change on the annual cycles of birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364 (1534): 3321-3330.
23. Catry P., Lecoq M., Araújo A., Conway G., Felgueiras M., King J. M. B., Tenreiro, P. 2005. Differential migration of chiffchaffs *Phylloscopus collybita* and *P. ibericus* in Europe and Africa. *Journal of Avian Biology* 36(3): 184-190.
24. Cepák J., Klvaňa P., Škopek J., Schröpfer L., Jelínek M., Hořák D., Zárýbnický J. 2008. Czech and Slovak bird migration atlas. *Aventinum, Praha*.

25. Chamberlain C.P., Bensch S., Feng X., Åkesson S., Andersson T. 2000. Stable isotopes examined across a migratory divide in Scandinavian willow warblers (*Phylloscopus trochilus trochilus* and *Phylloscopus trochilus acredula*) reflect their African winter quarters. *Proceedings. Biological Sciences, The Royal Society* 267: 43–48.
26. Chylarecki P. 2006. Wpływ globalnych zmian klimatu na populacje ptaków w Polsce. Raport WWF.
27. Ciach, M. (2009). Leaf warblers (*Phylloscopus* spp.) as a model group in migration ecology studies. *Ring*, 31(2), 3-13.
28. Clement P., Helbig A.J., Small B. 1998. Taxonomy and identification of chiffchaffs in the Western Palearctic. *British Birds*, 91, 361-375.
29. Cofta T. 1984. Metody badania przelotu ptaków a czynniki zmieniające ich efektywność. [Operation Baltic 1983. Polish section. Report on field work] (55):31-37.
30. Cotton P.A. 2003. Avian migration phenology and global climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100: 12219–12222.
31. Cramp S. 1992. Handbook of the birds of Europe, the Middle East and Northern Africa Vol. VI. Oxford University Press, Oxford.
32. De Juana E., Garcia E. 2015. The birds of the Iberian Peninsula. Bloomsbury Publishing.
33. Dean W.R.J., Barnard P., Anderson M.D. 2009. When to stay, when to go: trade-offs for southern African arid-zone birds in times of drought. *South African Journal of Science* 105(1-2): 24-28.
34. Dell Inc. 2016. Dell Statistica (data analysis software system), wersja 13. <http://www.software.dell.com> (dostęp w dniu 05.06.2018)
35. Dolenec Z. 2016. Relationship between spring migration, temperature and year in the Common Starling *Sturnus vulgaris*. *Larus-Godišnjak Zavoda za ornitologiju Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti* 50(1): 29–36.
36. Ergen A.G., Chernetsov N., Lundberg M., Åkesson S., Bensch S. 2017. The use of molecular diagnostics to infer migration directions of Willow Warblers in the southeast Baltic. *Journal of Ornithology* 158(3): 737–743.
37. Forchhammer M.C., Post E., Stenseth N.C. 2002. North Atlantic Oscillation timing of long-and short-distance migration. *Journal of Animal Ecology* 71(6): 1002–1014.
38. Francis C.M., Cooke F. 1986. Differential timing of spring migration in wood warblers (*Parulinae*). *The Auk*: 548–556.
39. Fransson T., Hall-Karlsson S. 2008. Swedish Bird Ringing Atlas, Vol. 3. The Swedish Museum of Natural History & Swedish Ornithological Society, Stockholm.
40. Glutz von Blotzheim U. 1991. Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Tom 12/1: Passeriformes. Aula Verlag, Wiesbaden 1991: 1240-1270.
41. González-Prieto A.M., Hobson K.A. 2013. Environmental conditions on wintering grounds and during migration influence spring nutritional condition and arrival phenology of Neotropical migrants at a northern stopover site. *Journal of Ornithology* 154(4): 1067–1078.
42. Gordo O. 2007. Why are bird migration dates shifting? A review of weather and climate effects on avian migratory phenology. *Climate Research* 35 (1/2): 37–58.
43. Gordo O., Brotons L., Ferrer X., Comas P. 2005. Do changes in climate patterns in wintering areas affect the timing of the spring arrival of trans-Saharan migrant birds?. *Global Change Biology*, 11(1): 12–21
44. Halupka L., Dyrz, A., Borowiec M. 2008. Climate change affects breeding of reed warblers *Acrocephalus scirpaceus*. *Journal of Avian Biology*, 39(1): 95-100.
45. Halupka L., Halupka K. 2017. The effect of climate change on the duration of avian breeding seasons: a meta-analysis. *Proceedings of the Royal Society of London B* 284: 1-7.
46. Harrington R., Woiwod I., Sparks T. 1999. Climate change and trophic interactions. *Trends in Ecology & Evolution* 14(4): 146-150.
47. Hedenström A., Pettersson J. 1987. Migration routes and wintering areas of willow warblers *Phylloscopus trochilus*(L.) ringed in Fennoscandia. *Ornis Fennica*, 64(4): 137-143.
48. Hedenström A., Pettersson J. 1984. The migration of willow warbler, *Phylloscopus trochilus*, at Ottenby. *Vår Fågelvärld*, 43: 217-228.
49. Hüppop O., Hüppop K. 2003. North Atlantic Oscillation and timing of spring migration in birds. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 270 (1512): 233-240.
50. Hüppop O., Winkel W. 2006. Climate change and timing of spring migration in the long-distance migrant *Ficedula hypoleuca* in central Europe: the role of spatially different temperature changes along migration routes. *Journal of Ornithology*, 147(2): 344-353.
51. IOC World Bird List v. 8.1. <http://www.worldbirdnames.org/> (dostęp w dniu 05.06.2018)

52. Jian-bin S.H.I., Di-qiang L.I., Wen-fa X.I.A.O. (2006). A review of impacts of climate change on birds: implications of long-term studies. *Zoological Research* 27(6): 637-646.
53. Jones P.D., Trenberth K.E., Ambenje P., Bojariu R., Easterling D., Tank A.K., Soden B. 2007. Observations: Surface and Atmospheric Climate Change, chap. 3 of *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. and Chen, Z.(eds.)], 235–336. Jönzén N., Ergon T., Lindén A., Stenseth N.C. 2007. Bird migration and climate: the general picture and beyond. *Climate Research*, 35(1/2): 177-180.
54. Jönzén N., Lindén A., Ergon T., Stenseth N.C. 2006. Rapid Advance of Spring Arrival Dates in Long-Distance Migratory Birds. *Science* 312: 1959–1961.
55. Katti M., Price T. 1999. Annual variation in fat storage by a migrant warbler overwintering in the Indian tropics. *Journal of Animal Ecology* 68(4): 815-823.
56. Khromov, R. P., Mamontova L.I. 1974. *Meteorological Glossary*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 568 pp.
57. Kokko H. 1999. Competition for early arrival in migratory birds. *Journal of Animal Ecology*, 68(5): 940-950.
58. Leisler B. 1992. Habitat selection and coexistence of migrants and Afrotropical residents. *Ibis*, 134: 77-82.
59. Lemoine N., Böhning-Gaese, K. 2003. Potential impact of global climate change on species richness of long-distance migrants. *Conservation Biology* 17(2): 577-586.
60. Lozano C.B., Robson D. 2011. Common Chiffchaff (*Phylloscopus collybita*). *Monografies del Museu de Ciències Naturals* 6: 230-237.
61. Lundberg A., Alatalo R. V. 1992. The Pied Flycatcher. *Poyser Monographs*, s.: 62.
62. Lundberg M., Liedvogel M., Larson K., Sigeman H., Grahm M., Wright A., Bensch S. 2017. Genetic differences between willow warbler migratory phenotypes are few and cluster in large haplotype blocks. *Evolution Letters* 1(3): 155-168.
63. Łomnicki A. 2012. *Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników*. PWN, Warszawa.
64. Maciąg T. 2017. Wieloletnie trendy liczebności pierwiosnka trakcie wiosennej i jesiennej migracji przez polskie wybrzeże Bałtyku. Praca magisterska. Stacja Badania Wędrówek Ptaków, Wydział Biologii, Uniwersytet Gdański.
65. Maksymiuk A., Furmanczyk K., Ignar S., Krupa J., Okruszko T. 2008. Analiza zmienności parametrów klimatycznych i hydrologicznych w dolinie rzeki Biebrzy. *Przegląd Naukowy. Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*. T. 7. Nr 3(41): s. 59–68.
66. Marra P.P., Francis C.M., Mulvihill R.S., Moore F.R. 2005. The influence of climate on the timing and rate of spring bird migration. *Oecologia* 142: 307-127.
67. Mason C.F. 1995. Long-term trends in the arrival dates of spring migrants. *Bird Study* 42(3): 182-189.
68. Matyjasiak P. 2013. Timing of arrival from spring migration is associated with flight performance in the migratory barn swallow. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 67(1): 91-100.
69. Meina Ł., Ginter M., Rosińska K. 2007. Stopover of Robins (*Erithacus rubecula*) on autumn migration through the Polish Baltic coast. *Ring* 29, 1-2: 41-65.
70. Meissner W. 2011. *Przewodnik do ćwiczeń z przedmiotu metody statystyczne w biologii*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.
71. Mols C.M., Visser M.E. 2002. Great tits can reduce caterpillar damage in apple orchards. *Journal of Applied Ecology* 39(6): 888-899.
72. Morel G.J., Morel M.Y. 1992. Habitat use by Palaearctic migrant passerine birds in West Africa. *Ibis* 134: 83-88.
73. Morrison C.A. 2011. Causes of population change in a long-distance migratory passerine, the willow warbler (*Phylloscopus trochilus*) (praca doktorska, University of East Anglia).
74. Newton, I. 2010. *Bird Migration*. Harper Collins, London.
75. Nowakowski J.K. 2001. Speed and synchronisation of autumn migration of the Great Tit (*Parus major*) along the eastern and the southern Baltic coast. *Ring* 23: 55-71
76. Nowakowski J.K. 2002. Do numbers of Great Tits *Parus major* caught at ringing stations reflect the real intensity of passage. *Ornis Svecica* 12: 197-201.
77. Nowakowski J.K. 2003. Catch numbers at ringing stations is a reflection of bird migration intensity, as exemplified by autumn movements of the Great Tit (*Parus major*). *Ring* 25(1-2): 3-15.

78. Nowakowski J.K. 2006. Wahania czy trendy? – 45 lat badań parametrów wędrówek ptaków [Fluctuations or trends? – 45 years of studying parameters of bird migration]. W: Nowakowski J.J., Tryjanowski P., Indykiewicz P.(red.) 2006. Ornitologia polska na progu XXI Stulecia – dokonania i perspektywy. Sekcja Ornitologiczna PTZool., Kat. Ekologii i Ochrony Środowiska UWM, Olsztyn, str. 103-119
79. Nowakowski J.K., Malecka A. 1999. Test of Busse's method of studying directional preferences of migrating small Passeriformes. *Acta Ornithologica* 34: 37-44.
80. Nowakowski J.K., Manikowska-Ślepówrońska B., Stępniewska K., Stępniewski K., Rosińska K. 2012. Akcja Bałtycka 2010 – sprawozdanie z prac. *Ptaki Pomorza* 3: 145-151.
81. Nowakowski J.K., Remisiewicz M., Keller M., Busse P., Rowiński P. 2005. Synchronisation of the autumn mass migration of passerines: a case of Robins *Erithacus rubecula*. *Acta Ornithologica*, 40(2): 103-115.
82. Parmesan C., Yohe G. 2003. A Globally Coherent Fingerprint of Climate Change Impacts across Natural Systems. *Nature* 421: 37-42.
83. Paxton K. L., Cohen E.B., Paxton E.H., Németh Z., Moore F.R. 2014. El Niño-Southern Oscillation is linked to decreased energetic condition in long-distance migrants. *PloS One* 9(5): e95383.
84. Pérez-Tris J., Ramírez Á., Tellería J. L. 2003. Are Iberian Chiffchaffs *Phylloscopus (collybita) brehmii* long-distance migrants? An analysis of flight-related morphology. *Bird Study* 50(2): 146-152.
85. Piotrowska M., Wesołowski T. 1989. The breeding ecology and behaviour of the chiffchaff *Phylloscopus collybita* in primeval and managed stands of Białowieża Forest (Poland). *Acta Ornithologica* 25(1): 25-76.
86. Prokop P. 2013. Wpływ człowieka na środowisko przyrodnicze w klimacie monsunowym północno-wschodnich Indii. IGiPZ PAN (Vol. 237).
87. Puhe, J., & Ulrich, B. (2012). Global climate change and human impacts on forest ecosystems: postglacial development, present situation and future trends in Central Europe (Vol. 143). Springer Science & Business Media.
88. Pulido F. 2007. The genetics and evolution of avian migration. *AIBS Bulletin* 57(2): 165-174.
89. Pulido F., Widmer M. 2005. Are Long-Distance Migrants Constrained in Their Evolutionary Response to Environmental Change?: Causes of Variation in the Timing of Autumn Migration in a Blackcap (*S. atricapilla*) and Two Garden Warbler (*Sylvia borin*) Populations. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1046(1): 228-241.
90. R Development Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation. <http://www.R-project.org>.
91. Robinson R.A., Learmonth J.A., Hutson A.M., Macleod C.D., Sparks T.H., Leech D.I., Crick H.Q. 2005. Climate change and migratory species. BTO Research Report 414, Department for Environmental, Food and Rural Affairs, London, 414 pp.
92. Rodríguez Teijeiro J. D., Gordo O., Puigcerver Oliván M., Gallego S., Vinyoles Cartanyà D., Ferrer i Parareda X. 2005. African climate warming advances spring arrival of the common quail *Coturnix coturnix*. *Ardeola* 52 (1): 159-162.
93. Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI) <http://www.eca.knmi.nl/dailydata/predefinedseries.php> (dostęp w dniu 05.06.2018).
94. RStudio Team. 2016. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc. Boston, <http://www.rstudio.com>.
95. Sæther B.E. 1983. Habitat selection, foraging niches and horizontal spacing of Willow Warbler *Phylloscopus trochilus* and Chiffchaff *P. collybita* in an area of sympatry. *Ibis* 125(1): 24-32.
96. Saino N., Rubolini D., Jonzén N., Ergon T., Montemaggiore A., Stenseth N. C., Spina F. 2007. Temperature and rainfall anomalies in Africa predict timing of spring migration in trans-Saharan migratory birds. *Climate Research* 35(1/2): 123-134.
97. Sauer F. *Ptaki lądowe*. Warszawa 1995.
98. Sillett T.S., Holmes R.T., Sherry T.W. 2000. Impacts of a global climate cycle on population dynamics of a migratory songbird. *Science* 288: 2040.
99. Sokolov L.V. 1999. Population dynamics in 20 sedentary and migratory passerine species of the Courish Spit on the Baltic Sea. *Avian Ecol. Behav.* 3: 23-50.
100. Sokolov L.V., Payevsky V.A. 1998. Spring temperatures effects on year-to-year variations in breeding phenology of passerines on the Courish Spit. *Avian Ecol. Behav.* 1: 22-36.
101. Sokolov L.V., Markovets M.Yu., Shapoval A.P., Morozov Yu.G. 1998. Long-term trends in the timing of spring migration of passerines on the Courish Spit of the Baltic Sea. *Avian Ecol. Behav.* 1: 1-21.

102. Sokołowski J. 1979. Ptaki Polski. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
103. Stępniewski K., Stępniewska K. 2015. Rzadkie gatunki ptaków stwierdzone na Akcji Bałtyckiej w latach 1960-2012. Ptaki Pomorza 5: 79-100.
104. Studds C.E., Marra P.P. 2007. Linking fluctuations in rainfall to nonbreeding season performance in a long-distance migratory bird, *Setophaga ruticilla*. Climate Research 35(1/2): 115-122.
105. Studds C.E., Marra P.P. 2011. Rainfall-induced changes in food availability modify the spring departure programme of a migratory bird. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences, rspb20110332.
106. Svensson S.E. 1985. Effects of changes in tropical environments on the North European avifauna. Ornis Fennica 62(2): 56-63.
107. The IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org/> (dostęp w dniu 05.06.2018).
108. Tomiałojć L. 1990. Ptaki Polski. Rozmieszczenie i liczebność. PWN, Warszawa.
109. Tomiałojć L., Stawarczyk T. 2003. Awifauna Polski: rozmieszczenie, liczebność i zmiany. PTPP "pro Natura", Wrocław.
110. Tøttrup A.P., Rainio K., Coppack T., Lehikoinen E., Rahbek C., Thorup K. 2010. Local Temperature Fine-Tunes the Timing of Spring Migration in Birds. Integr. Comp. Biol. 50: 293-304.
111. Tøttrup A.P., Thorup K., Rahbek C. 2006. Patterns of change in timing of spring migration in North European songbird populations. J. Avian Biol. 37: 84-92.
112. Tøttrup A.P., Thorup K., Rainio K., Yosef R., Lehikoinen E., Rahbek C. 2008. Avian migrants adjust migration in response to environmental conditions en route. Biology Letters 4: 685-688.
113. Tryjanowski P., Kuźniak S., Sparks T. 2002. Earlier arrival of some farmland migrants in western Poland. Ibis, 144(1), 62-68.
114. Tryjanowski P., Stenseth N.C., Matysioková B. 2013. The Indian Ocean Dipole as an indicator of climatic conditions affecting European birds. Climate Research, 57(1), 45-49.
115. Tutiempo Network, S.L. <http://www.en.tutiempo.net/climate/ws-653570.html> (dostęp w dniu 05.06.2018).
116. Underhill L.G., Prys-Jones R.P., Dowsett R.J., Herroelen P., Johnson D.N., Lawn M.R., Norman S.C., Pearson D.J., Tree A.J. 1992. The biannual primary moult of willow warblers *Phylloscopus trochilus* in Europe and Africa. Ibis 134, no. 3 (1992): 286-297.
117. Valkama J., Vepsäläinen V. 2015. Lehikoinen A. 2011. The Third Finnish breeding bird atlas. Finnish Museum of Natural History and Ministry of Environment, Helsinki.
118. Vickery J.A., Ewing S.R., Smith K.W., Pain D.J., Bairlein F., Škorpilová J., Gregory R.D. 2014. The decline of Afro-Palaeartic migrants and an assessment of potential causes. Ibis 156(1): 1-22.
119. Visser M.E., Perdeck A.C., Balen V., Johan H., Both C. 2009. Climate change leads to decreasing bird migration distances. Global Change Biology 15(8): 1859-1865.
120. Visser M.E., Both C., Lambrechts M.M. 2004. Global climate change leads to mistimed avian reproduction. Advances in Ecological Research 35: 89-110.
121. Walther G.R., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C., Beebee T.J., Fromentin J.M., Hoegh-Guldberg O., Bairlein F. 2002. Ecological responses to recent climate change. Nature 416: 389-395.
122. Weber T. P., Borguud J., Hedenström A., Persson K., Sandberg G. 2005. Resistance of flight feathers to mechanical fatigue covaries with moult strategy in two warbler species. Biology Letters 1(1): 27-30.
123. Webster M.S., Marra P., Haig S., Holmes R.T. 2002. Links Between Worlds: Unravelling Migratory Connectivity. Trends in Ecology and Evolution 17: 76-83.
124. Williams S.E., Bolitho E.E., Fox S. 2003. Climate change in Australian tropical rainforests: an impending environmental catastrophe. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 270 (1527): 1887-1892.
125. Williamson K. 1976. Recent climatic influences on the status and distribution of some British birds. Weather 31(11): 362-384.
126. Xiao X., Gilbert M., Slingenbergh J., Lei F., Boles S. 2007. Remote sensing, ecological variables, and wild bird migration related to outbreaks of highly pathogenic H5N1 avian influenza. Journal of Wildlife Diseases 43(1): 40.
127. Zaifman J., Shan D., Ay A., Jimenez A.G. 2017. Shifts in Bird Migration Timing in North American Long-Distance and Short-Distance Migrants Are Associated with Climate Change. International Journal of Zoology: 2017; 1-9.
128. Žalakevičius M. 2002. Biophysical impacts of climate change on bird populations and migration in Lithuania. GeoJournal 57(3): 183-193.

129. Žalakevičius M., Bartkevičienė G., Raudonikis L., Janulaitis J. 2006. Spring arrival response to climate change in birds: a case study from eastern Europe. *Journal of Ornithology* 147(2): 326-343.
130. Žalakevičius M., Švažas S. 2005. Global climate change and its impact on wetlands and waterbird populations. *Acta Zoologica Lituanica* 15(3): 211-217.
131. Zaniwicz, G., Busse P. 2010. Like a phoenix from the ashes. *Ring*, 32(1-2): 17-30.
132. Zwarts L., Bijlsma R.G., van der Kamp J., Wymenga E. 2009. Living on the edge: wetlands and birds in a changing Sahel. KNNV Publishing, Zeist, str. 564.

Tab. Z1. Równania regresji liniowej terminów migracji względem lat dla kolejnych percentyli przelotu piecuszka *Phylloscopus trochilus* a) na Bukowie w latach 1982-2016 i b) na Helu w latach 1968-2016. R²-współczynnik determinacji, p-istotność

	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
a)	$y = -0.291198x + 23.05022$	$y = -0.2440x + 25.0201$	$y = -0.25881x + 30.46499$	$y = -0.19784x + 34.40737$	$y = -0.06551x + 37.42926$	$y = -0.09601x + 42.70079$	$y = -0.06081x + 43.47835$
	R ² =0.3139	R ² =0.2102	R ² =0.2296	R ² =0.2317	R ² =0.01063	R ² =0.1092	R ² =0.02928
	p=0.0004144	p=0.004263	p=0.002808	p=0.002682	p=0.2552	p=0.03393	p=0.1709

	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
b)	$y = -0,01859x + 12,81111$	$y = -0,13272x + 20,41930$	$y = -0,14774x + 25,16328$	$y = -0,1730x + 29,8683$	$y = -0,11517x + 32,47382$	$y = -0,02978x + 33,86779$	$y = -0,01122x + 34,55830$
	R ² =-0,03955	R ² =0,08305	R ² =0,1375	R ² =0,2337	R ² =0,1493	R ² =-0,007864	R ² =-0,03097
	p=0.8271	p=0,08336	p=0,03514	p=0,00721	p=0,0291	p=0,3785	p=0,6223

Tab. Z2. Równania regresji liniowej terminów migracji względem lat dla kolejnych percentyli przelotu pierwiosnka *Phylloscopus collybita* a) na Bukowie w latach 1982-2016 i b) na Helu w latach 1968-2016. R²-współczynnik determinacji, p-istotność

	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
a)	$y = -0.12027x + 12.30933$	$y = -0.1876x + 16.5615$	$y = -0.2811x + 23.4373$	$y = -0.18503x + 27.82881$	$y = -0.15591x + 34.16900$	$y = -0.05465x + 39.18302$	$y = -0.03430x + 42.91255$
	R ² =0.0439	R ² =0.0700	R ² =0.1245	R ² =0.0759	R ² =0.0590	R ² =-0.013	R ² =-0.026
	p=0.1226	p=0.07111	p=0.02312	p=0.06294	p=0.08923	p=0.4649	p=0.6824

	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
b)	$y = -0.09283x + 13,24791$	$y = -0.09230x + 16.58504$	$y = -0.13189x + 22.46386$	$y = -0,1549x + 28,6197$	$y = -0,02675x + 30,16031$	$y = 0.01712x + 36.22279$	$y = 0.08052x + 37.30256$
	R ² =0.008486	R ² =0.0119	R ² =0.06309	R ² =0.1382	R ² =-0.04273	R ² =-0.04555	R ² =0.009082
	p=0.288	p=0.2734	p=0.1301	p=0.04538	p=0.7568	p=0.8403	p=0.2854

Tab. Z3. Porównanie współczynników nachylenia prostych regresji (β), określających zmianę terminów przelotu na rok między piecuszkiem (PHLUS) i pierwiosnkiem (PHCOL), dla Bukowa (BK) i Helu (HL); N – liczba lat dla których obliczono prostą regresji, p – istotność różnicy (test Z).

			5%		10%		25%		50%		75%		90%		95%	
Stacja	Gatunek	N	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p
BK	PHLUS	33	-0,29	0,48	-0,24	0,81	-0,26	0,92	-0,2	0,96	-0,07	0,72	-0,1	0,87	-0,06	0,92
	PHCOL	34	-0,12		-0,19		-0,28		-0,19		-0,16		-0,05		-0,03	
HL	PHLUS	29	-0,02	0,74	-0,02	0,86	-0,13	0,94	-0,17	0,93	-0,16	0,69	-0,03	0,96	-0,01	0,76
	PHCOL	26	-0,09		-0,09		-0,13		-0,15		-0,03		-0,02		-0,08	

Tab. Z4. Porównanie współczynników nachylenia prostych regresji (β), określających zmianę terminów przelotu na rok między Bukowem (BK) i Helem (HL), dla piecuszka (PHLUS) i pierwiosnka (PHCOL); N – liczba lat dla których obliczono prostą regresji, p – istotność różnicy (test Z).

			5%		10%		25%		50%		75%		90%		95%	
Gatunek	Stacja	N	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p
PHLUS	BK	33	-0,29	0,24	-0,24	0,63	-0,26	0,63	-0,2	0,91	-0,07	0,83	-0,1	0,78	-0,06	0,84
	HL	29	-0,02		-0,02		-0,13		-0,17		-0,16		-0,03		-0,01	
PHCOL	BK	34	-0,12	0,91	-0,19	0,68	-0,28	0,51	-0,19	0,90	-0,16	0,58	-0,05	0,87	-0,03	0,85
	HL	26	-0,09		-0,09		-0,13		-0,15		-0,03		-0,02		-0,08	