

# Wpływ warunków pogodowych na zachowanie zwierząt

Tadeusz Kaleta

z Katedry Genetyki i Ochrony Zwierząt Instytutu Nauk o Zwierzętach Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Zyjemy w okresie zmian, kiedy dają o sobie znać zjawiska atmosferyczne o nierzadko gwałtownym charakterze. Anomalie temperatur, intensywne opady wywołujące powodzie, ale też długie okresy suszy, gwałtowne wiatry – to tylko niektóre z tych przypadłości natury, z którymi zmagają się świat, w tym również Polska. Od kilkadziesiątu już lat wielu badaczy uważa, że globalne ocieplenie jest pochodzenia antropogenicznego. Zagadnienie to jest skomplikowane i ma ogromną literaturę. Nie jest ono przedmiotem tego opracowania.

Dla przyrodników zajmujących się zwierzętami istotną jest odpowiedź na pytanie – „Jak z takimi zmianami i wpływem czynników abiotycznych będą sobie dawali radę przedstawiciele fauny dzikiej i gatunków udomowionych?”. Jak wiadomo, zwierzęta posiadają mechanizmy biologiczne pozwalające im na zaadaptowanie się do zmian warunków zewnętrznych zachodzących w różnej skali (np. doby, pory roku). Zanim jednak zajmiemy się analizą poszczególnych reakcji na warunki atmosferyczne, należy najpierw scharakteryzować różnice między dwoma podstawowymi pojęciami: klimatem i pogodą.

Klimat to średnie warunki atmosferyczne na określonym obszarze. Należą do nich: temperatura w okresie miesiąca i roku, roczne opady i ich rozkład w poszczególnych porach roku, przeważający kierunek wiatru oraz stosunek nasłonecznienia do zachmurzenia (1). W przeciwieństwie do tego pogoda to warunki atmosferyczne w określonym momencie. Podczas gdy opis klimatu jest efektem długotrwałych badań dotyczących większych obszarów (np. krain geograficznych, państw), a dane mają charakter wartości średnich, pogodę ocenia się w krótkiej skali czasowej i na mniejszym terenie. Charakterystyczną cechą pogody jest zmienność, która jest odzwierciedleniem dynamicznych zmian zachodzących w atmosferze Ziemi. Efektem tego są często nietypowe zjawiska meteorologiczne, jak np. susza, powódź, huragan i wichura (2). Do oceny pogody

## The effect of weather conditions on animals behavior

**Kaleta T.**, Department of Animal Genetics and Conservation, Institute of Animal Science, Warsaw University of Life Sciences – SGGW

Weather is defined as the current state of atmosphere in a particular place and time. There is well-known effect of weather on men, especially related to their health problems. In ancient Greece and Rome, then in European tradition, the idea that animal behavior can be read as prediction for ongoing changes in weather, was broadly present. During those times birds were also used in divination as messengers of Gods will. More scientific outlook on weather effects on animal behavior was gradually established from XVII century. This paper contains overview of current, weather-related, studies of various animals: insects, lower vertebrates, domesticated mammals and birds. In each group the changes of weather have certain, specific impact on animals behavior, particularly obvious in migratory birds.

**Keywords:** weather, climate, animal behaviour, migration, adaptation.

stosuje się pomiar temperatury powietrza, wilgotności powietrza, kierunku i prędkości wiatru, widzialności, zachmurzenia, opadów oraz niekiedy innych czynników (jak nasłonecznienie, temperaturę powierzchni wody itp.). Badaniem procesów związanych z pogodą i jej przewidywaniem zajmuje się meteorologia synoptyczna, będąca jednym z działów meteorologii traktującej ogólnie o zmianach zachodzących w atmosferze (3).

Czynnikiem bardzo istotnym dla tego opracowania jest ciśnienie atmosferyczne. Oprócz temperatury powietrza i wilgotności to właśnie ciśnienie, a zwłaszcza jego zmiany mają wpływ na procesy biologiczne człowieka i prawdopodobnie wielu zwierząt. Zostanie to pokazane w dalszej części tego opracowania.

Na ciśnienie atmosferyczne wpływ mają: temperatura powietrza, pora roku, szerokość geograficzna i wysokość nad poziomem morza. Ciśnienie maleje wraz z wysokością, natomiast to ruch powietrza w płaszczyźnie poziomej powoduje zjawisko

nierównomiernego rozkładu ciśnień. Nagrzewanie powierzchni ziemi powoduje, że powietrze nagrzane – jako lżejsze – wznosi się, a zimne – jako cięższe – opada. Zasada ta funkcjonuje nieco inaczej w zależności od szerokości geograficznej. Kiedy powstaje różnica temperatur, a więc i różnica ciśnień (w poziomie), cząstki powietrza będą przemieszczać się od obszaru podwyższonego ciśnienia ku obszarom niższego ciśnienia. Nie jest to jednak układ prosty, ponieważ należy tu także uwzględnić wpływ na ruch powietrza siły Coriolisa (odchylenie ruchu powietrza wynikające z ruchu obrotowego Ziemi) oraz niejednorodność powierzchni Ziemi (ląd albo woda). Nad Ziemią zalegają masy powietrza, które można podzielić na morskie i kontynentalne. W warunkach europejskich np. znaczenie mają powietrze arktyczno-morskie zalegające między Grenlandią i Spitzbergenem, polarno-morskie nad północnym Atlantykiem, zwrotnikowo-kontynentalne nad Bliskim Wschodem i inne. Wśród czynników kształtujących pogodę duży wpływ mają także tzw. fronty, które powstają na styku mas powietrza o różnej temperaturze. Efekty obecności frontu, jak typ zachmurzenia i opady, są różne w zależności od tego, czy masa ciepłego powietrza nasuwa się na zimne, czy odwrotnie. Fronty atmosferyczne mają dużą dynamikę, nieustannie powstają i zanikają (4).

### Badanie pogody

Nietrudno się domyśleć, że dla człowieka od samego początku jego istnienia jako gatunku obserwacje pogody i znajomość oznak różnych zjawisk meteorologicznych miały ogromne znaczenie. Chodziło o wcześniejsze zapewnienie sobie bezpieczeństwa w przypadku gwałtownych zjawisk atmosferycznych. Rolnikom i myśliwym wiedza wynikająca z obserwacji pogody umożliwiała skuteczność działania. Kontrola zjawisk pogodowych była pierwotnie uznawana jako domena bóstw, których względy próbowano pozyskać poprzez rytuały, takie jak ofiary czy modlitwy.

Dzieje naukowej meteorologii można podzielić na dwie fazy. W pierwszej, która ma początek w starożytnej Grecji, próbowano coraz bardziej szczegółowo badać zjawiska fizyczne zachodzące w atmosferze. Bardzo istotnym, wręcz pionierskim dziełem była *Meteorologia* Arystotelesa ze Stagiry (384–322 p.n.e.). W epoce nowożytnej ważnym zdarzeniem było powstanie w XVII wieku we Włoszech sieci obserwatoriów meteorologicznych rejestrujących temperaturę, ciśnienie, kierunek wiatru i zachmurzenie. Sieć tę, do której należało kilka miast, początkowo włoskich, a następnie z innych krajów (m.in. była to Warszawa), utworzono pod egidą księcia Florencji Ferdynanda II, który zresztą był także patronem Galileusza. Druga faza dziejów meteorologii rozpoczęła się w XX wieku i polegała na badaniach nad prognozowaniem pogody w oparciu o prawa rządzące atmosferą, które były już wówczas znane (2).

W ciągu kilkuset lat od epoki renesansu nastąpił też bardzo istotny postęp w metodach pomiaru parametrów pogody i doskonaleniu urządzeń pomiarowych. Zaczęło się od prymitywnych termometru

i barometru. Obecne metody badań polegają na użyciu do obserwacji i pomiarów samolotów, radarów oraz satelitów. Pogodę prognozuje się w oparciu o skomplikowane modele matematyczne. Dzięki gęstej sieci stacji meteorologicznych na świecie i nowym technologiom łączności dziś bardzo szybko można uzyskać dane o pogodzie nawet w odległych obszarach świata. Badania meteorologiczne pozwoliły także na wykorzystanie do produkcji energii sił natury – słońca i wiatru (3, 4).

### Biometeorologia i jej znaczenie dla człowieka

Fenomeny związane ze zjawiskami pogodowymi mają charakter losowy. Wiadomo, że zmiany cyrkulacji, pojawienie się wiatrów, wystąpienie opadów itp. mogą nastąpić bardzo szybko. Jedną z możliwości prognozowania tych zmian mogą być obserwacje organizmów żywych. Okazuje się bowiem, że nie tylko temperatura (której wpływ jest dość dobrze poznany), ale także inne parametry środowiska abiotycznego mogą wpływać na kondycję i aktywność człowieka, zwierząt, a przypuszczalnie także i roślin. Zagadnieniem tym zajmuje się biometeorologia, a ściślej – w przypadku zwierząt – zoometeorologia. Według ogólnie akceptowanej definicji przedmiotem biometeorologii są badania bezpośrednich i pośrednich związków między środowiskiem geofizycznym i geochemicznym a żywymi organizmami (roślinami, zwierzętami i człowiekiem). Przez środowisko należy tu rozumieć atmosferę ziemską jako całość, jak również różne czynniki fizyczne i chemiczne wchodzące w jej skład (5). Oddziaływanie tych czynników może stymulować normalne procesy fizjologiczne, ale także zmiany patologiczne. Poznanie wpływu czynników pogodowych na organizmy żywe mieści się w szerokim zakresie tematycznym dotyczącym możliwości i charakteru adaptacji do środowiska.

Organizm żywy wykazuje meteotropizm, czyli wrażliwość na krótkotrwałe zmiany pogodowe, często następujące szybko i funkcjonujące jako bodźce. Zmiany występujące jako kompleks czynników, takich jak temperatura, wilgotność, ciśnienie atmosferyczne, wiatr, promieniowanie słoneczne i inne (5).

Przykładowym, bardzo istotnym bodźcem pogodowym o charakterze mechanicznym jest ciśnienie atmosferyczne, czyli ciężar masy powietrza. Wartość przyjęta jako idealna dla organizmu ludzkiego to 1013,25 hektopaskali (hPa), czyli 760 mm Hg. Ogólnie można powiedzieć, że człowiek dobrze czuje się w warunkach pogodowych z ciśnieniem atmosferycznym zbliżonym do ideału, bez wahań, przy dobrym nasłonecznieniu oraz umiarkowanej temperaturze i wilgotności względnej (18°C i 50%; 5).

Niskie lub wysokie ciśnienie są przyczyną szeregu zmian fizjologicznych w organizmach. Chodzi o to, że organizm próbuje zwykle z wyprzedzeniem kilku godzin wyrównać różnice, czyli doprowadzić do względnej równowagi ciśnienia w organizmie względem ciśnienia atmosferycznego powietrza. Taka wymuszona adaptacja może być u człowieka przyczyną różnych problemów zdrowotnych. Szczególnie szkodliwe dla zdrowia są zmiany ciśnienia atmosferycznego

w czasie przechodzenia frontów, zmian mas powietrza, burzy itp. Reakcja organizmu rozpoczyna się z wyprzedzeniem 5–6 godz. w stosunku do momentu przejścia frontu i trwa 3–5 godz. po jego przejściu. Na podstawie obserwacji można stwierdzić, że za szkodliwe dla zdrowia człowieka uchodzą międzydobowe różnice ciśnienia rzędu 8 hPa oraz różnice 2–4 hPa w ciągu 3 godz. i 5–10 hPa z dnia na dzień (6).

Zmiana pogody może oddziaływać negatywnie na organizm, zwłaszcza gdy zdolność osobnika do adaptacji jest z jakichś względów słabsza. Podatność na bodźce pogodowe skutkuje reakcjami fizycznymi i psychicznymi, które określa się mianem meteoropatii. Na zjawisko to zwrócił uwagę jako pierwszy jeden z ojców medycyny europejskiej, grecki lekarz Hipokrates z Kos (ok. 460 – ok. 375 p.n.e.; 7). Obecnie w medycynie znane są różnego rodzaju dolegliwości, które często występują pod wpływem czynników pogodowych, ze szczególnym uwzględnieniem zmiany ciśnienia atmosferycznego. Niektóre z nich na podstawie badań polskich przedstawiono w tabeli 1 (8).

Dolegliwości wywołane przez czynniki pogodowe mogą być także objawami nasilenia przewlekłych chorób, takich jak np. choroby krążenia (np. choroba niedokrwienna serca), układu oddechowego (astma oskrzelowa) i choroby układu narządów ruchu (reumatoidalne zapalenie stawów). W tym miejscu warto zaznaczyć, że meteopatyczne czynniki pogodowe często działają synergicznie. Tak np. w przypadku chorób krążenia szczególnie niebezpieczny jest front chłodny, po którym oprócz zmiany ciśnienia następuje spadek temperatury. Powoduje to obkurczenie naczyń krwionośnych i tym samym wzrost ciśnienia oraz ograniczenie dopływu krwi do narządów wewnętrznych. Badania polskie wskazują, że częstotliwość zawałów serca jest największa w miesiącach zimowych i wiosennych. W drugim przypadku czynnikiem decydującym była duża w tym okresie zmienność warunków pogodowych (5).

## Zarys dziejów zoometeorologii

W przypadku człowieka zmianę pogody można było wywnioskować na podstawie wskaźników zdrowia, a raczej jego zaburzenia. Ludzie obserwowali jednak

także aktywność zwierząt i na jej podstawie próbowali określić prognozę dotyczącą zjawisk atmosferycznych. Zoometeorologia jest syntezą nauk o zachowaniu się (etologii), fizjologii i nauk fizycznych.

W kulturze europejskiego antyku obserwacje te miały jednak dodatkowe znaczenie, o czym warto wspomnieć na początku. Interpretacja zachowania się zwierząt należała także do religijnego wróżbiarstwa. Historii antyku nie można sobie wyobrazić bez wieszczania przy pomocy zwierząt. W Grecji i Rzymie szczególne miejsce zajmowała ornitomantyka, czyli wieszczania z zachowania się ptaków. Ornitomantyka, tak jak podobne praktyki z użyciem innych obiektów, opierała się na przekonaniu, że intencje bogów zarządzających przeszłością można poznać. Dają oni bowiem znaki zaszyfrowane w postaci choćby określonych zachowań zwierząt. W przypadku ornitomantyki interpretacja była często jasna. Na przykład pojawienie się orła nad maszerującą armią miało zwiastować zwycięstwo w kampanii wojennej. Natomiast w bardziej skomplikowanych sytuacjach znaki mogły wyjaśnić wyspecjalizowane osoby, wróżbici, czyli np. kapłani-augurzy w Rzymie (9). W świecie grecko-rzymskim ptakom przypisywano szczególne znaczenie, ponieważ mogły one poruszać się swobodnie i szybować wysoko, blisko domniemanej siedziby bogów na Olimpie (9). Jednak praktyczni Rzymianie w końcu zrezygnowali z poszukiwań znaków ze strony dzikich ptaków, zastosowali prostsze rozwiązanie. W mieście Rzym na Forum Romanum znajdował się specjalny kurnik pozostający pod opieką jednego z augurów. Jego zadaniem było wieszczanie na podstawie zachowania się kur w czasie jedzenia specjalnie przygotowanego pokarmu. Apetyt tych „świętych kur” zwiastował powodzenie jakiegoś przedsięwzięcia, a jego brak – niepowodzenie (10).

Grecy próbowali też wyjaśniać związek pomiędzy zachowaniem się zwierząt a wystąpieniem zjawisk pogodowych. Tak więc, obok wykorzystania zachowania ptaków we wróżbiarstwie, dywagacje Greków mieściły się również w kontekście, który można by określić jako naukowy. Takie podwójne widzenie występowało szczególnie wyraźnie w późnej fazie filozofii greckiej, w epoce hellenistycznej.

**Tabela 1.** Dolegliwości występujące w różnych stanach pogodowych (za Machałek, zmodyfikowane)

Dolegliwości	Typ pogody						
	A	B	C	1+	1-	2	3
Bóle głowy, migrena	1	3	0	3	0	1	2/3
Wysokie ciśnienie krwi	2	2	1	0	2	1	1
Niskie ciśnienie krwi	1	3	0	2	0	1	2
Dolegliwości żołądkowo-jelitowe	0	0	1	0	3	2	0
Dolegliwości reumatyczne	1	0	3	0	2	3	0
Choroby dróg oddechowych	2	2	1	1	2	2	0
Zaburzenia układu roślinnego	2	3	0	3	0	1	3

Objaśnienia: nasilenie dolegliwości: 0 – brak, 1 – lekkie, 2 – umiarkowane, 3 – silne; typ pogody: A – układ wysokiego ciśnienia, B – układ mało zróżnicowanego ciśnienia, C – układ niskiego ciśnienia, +1 – napływ ciepłego powietrza, -1 – gwałtowny napływ chłodnego powietrza, 2 – przejście frontów atmosferycznych, 3 – wiatr halny

Zagadnieniem możliwości prognozowania pogody na podstawie zachowania się zwierząt interesował się Arystoteles, a także jego uczeń Teofrast z Eresos (370–287 p.n.e.). Ten ostatni podkreślał, że głównym źródłem wiedzy o pogodzie jest obserwacja nieba. Jednak w traktacie *O zjawiskach pogody* Teofrast zawarł także zbiór obserwacji w dużej mierze anegdotycznych, których bohaterami są zwierzęta. Traktat Teofrasta dzieli się na kilka części odpowiadających zjawiskom atmosferycznym, jak deszcz, wiatr, burza oraz niesprecyzowanej „ładnej pogodzie” (11). Wiele obserwacji jest poświęconych ptakom. Na przykład ptaki niezwiązane z wodą odbywają kąpiele tuż przed deszczem, intensyfikują zachowania polegające na usuwaniu pasożytów, wydają serie charakterystycznych dźwięków. Przed silnym wiatrem czaple uciekają znad morza w kierunku lądu, wydając przy tym głośne dźwięki. Tak samo zachowują się ptaki morskie, uciekając przed nadciągającą burzą. Teofrast wskazuje także na domniemane osobliwości zachowania się innych zwierząt i ich znaczenie dla prognozowania pogody. Na przykład jeź robi dwa wejścia do nory, jedną od północy, drugą od południa. Przed nadejściem wichury zamyka jedno z wejść. Silną burzę zwiastują pojawienie się wielu owadów, takich jak osy, i wokalizacja rzekotek, zaś sztorm zapowiada pojawienie się w morzu wielu meduz. Nadejście burzy można również wywnioskować z pozycji, w jakiej leżą wół lub pies. Natomiast późne pojawienie się rui u owiec jest oznaką nadejścia „ładnej pogody” (11).

Starożytną Grecję uznaje się za kolebkę europejskiej myśli naukowej, ponieważ greccy filozofowie przyrody po raz pierwszy w historii nie tylko opisywali zjawiska, ale starali się je także wyjaśniać, nie odwołując się do sił pozamaterialnych. Myśliciele greccy próbowali m.in. zrozumieć, w jaki sposób zachowanie zwierząt przyczynia się do prognozowania pogody. Na przykład Arystoteles uważał, że żurawie dzięki umiejętności latania bardzo wysoko mogą z bliska obserwować chmury i inne zjawiska meteorologiczne zwiastujące złą pogodę. Wśród myślicieli świata grecko-rzymskiego byli również i tacy, którzy wątpili w zdolności zwierząt do przewidywania zjawisk pogodowych. Epikur z Samos (341–270 p.n.e.), twórca jednej z wpływowych szkół filozoficznych w okresie hellenistycznym, uważał, że zachowanie się zwierząt i zjawiska pogodowe wiążą się ze sobą wyłącznie wskutek przypadkowej koincydencji. Sceptykiem, jeśli chodzi o możliwości interpretowania zachowań zwierząt związanych z pogodą, był również pisarz i polityk rzymski Marek Tulliusz Cyncero (106–43 p.n.e.; 12).

W kulturze średniowiecznej chrześcijańskiej Europy zanikły typowe dla antyku praktyki wróżbiarskie. Wciąż jednak w pewnym stopniu interesowano się zdolnościami prognostycznymi zwierząt. Wśród myślicieli wartych wzmiankowania należy wyróżnić św. Alberta Wielkiego (?–1280), dominikanina i jednego z najważniejszych Ojców Kościoła. Albert Wielki był autorem obszernego traktatu zoologicznego *De animallibus*, w którym połączył elementy wiedzy antycznej z wynikami własnych badań. Albert Wielki był zwolennikiem tezy o zdolnościach przewidywania

zmian pogody przez zwierzęta i próbował znaleźć mechanizmy wyjaśniające to zjawisko. Hipotezy dominikanina były następujące: zwierzęta mają specyficzny „instynkt samozachowawczy”, który nakazuje im zachować się tak, by uniknąć niebezpieczeństwa. Alternatywnie można dopuścić, że przewidywanie pogody jest spowodowane obecnością u zwierząt wyczulonych zmysłów, które pozwalają reagować na słabe bodźce pochodzące z atmosfery. W drugim przypadku, jak utrzymywał Albert Wielki, zwierzęta o słabiej rozwiniętych zdolnościach kognitywnych mają zmysły bardziej wyczulone na te bodźce (12).

O roli zmysłów zwierząt w średniowiecznej filozofii warto powiedzieć trochę więcej. Według koncepcji Arystotelesa i późniejszych myślicieli chrześcijańskich z jego szkoły zwierzęta posiadają duszę, która umożliwia poznawanie otaczającego świata przy pomocy zmysłów. Oprócz zmysłów zewnętrznych (jak wzrok, węch czy słuch) według myślicieli chrześcijańskich zwierzęta wyposażone były także w tak zwane zmysły wewnętrzne (zdrowy rozsądek, wyobraźnia, zdolność do oceny i pamięć). Owe zmysły wewnętrzne pozwalają zwierzęciu manipulować bodźcami pozyskanymi przy pomocy zmysłów zewnętrznych, porównywać je, łączyć ze sobą, szacować cechy obiektów. Koncepcja bodźców wewnętrznych w dużej mierze zdominowała średniowieczne dyskusje o psychologii zwierząt (13). Można zaryzykować twierdzenie, że takie podejście w znacznej mierze uwiarygodniało pogląd, że zwierzęta odbierają subtelne sygnały związane z pogodą.

Spekulacje dotyczące prognozowania przez zwierzęta miały swoją kontynuację we włoskim renesansie. Niektórzy filozofowie częściowo zrehabilitowali starożytne praktyki augurów, twierdząc, że ptaki przekazują ludziom przyszłość, a właściwie plany boskie wobec jednostki ludzkiej. Dociekano także na temat przewidywania przez zwierzęta pogody. Niektórzy renesansowi badacze, jak np. jeden z ojców naukowej zoologii, encyklopedysta Ulisses Aldrovandi (1522–1605), byli rzecznikami poglądów, że ptaki reagują na subtelne bodźce przesyłane przez Stwórcę za pośrednictwem powietrza. Bodźce te mogą dotyczyć temperatury albo wilgotności i wywołują zmiany w organizmie zwierzęcym. Reakcja ptaka może zwiastować zmianę pogody. Na przykład wilgotne powietrze działa na układ oddechowy zwierzęcia i warunkuje określony kształt ptasiej pieśni (12).

Dalsze dzieje zoometeorologii były związane z rozwojem nauk przyrodniczych: anatomii, fizjologii, neurobiologii i nauk o zachowaniu się zwierząt. Rozwój tych nauk miał miejsce w Europie od XVII wieku. Patrząc z perspektywy XXI wieku, można jednak powiedzieć, że wiedza dotycząca związku pogody z zachowaniem się zwierząt jest wciąż ograniczona i to mimo zastosowania nowoczesnych metod i technik badawczych (14).

### Wiedza tubylcza różnych kultur dotycząca zwierząt i zmian pogody

Niezależnie od rozwoju nauki na całym świecie, a w szczególności w krajach Trzeciego Świata,

funkcjonuje od dawna wiedza ludowa dotycząca prognozowania zjawisk pogodowych. Opiera się ona na tradycji obserwacji zjawisk przyrodniczych przez wiele pokoleń i często stanowi zbiór praktycznych wskazówek co do podjęcia określonego działania. Podobna wiedza funkcjonowała również w dawnej Europie, ale obecnie jest już tylko zbiorem folklorystycznych ciekawostek.

Analiza prognozyków osadzonych w behawiorze zwierząt w społeczeństwach tubylczych (dotycząca głównie opadów deszczu) była przedmiotem obszernego studium (15). Badania przeprowadzono w 65 regionach na świecie: 48 w Afryce, 13 w Azji, 5 w Ameryce Południowej i 4 w Ameryce Północnej. Opisano 1349 „wskazówek” opracowanych przez tubylcze ludy i wynikających z obserwacji zwierząt, roślin i zjawisk meteorologicznych (obraz nieba, zachmurzenie, temperatura itd.). Wskazówki dotyczące zwierząt stanowiły największą grupę, bo ok. 40%. Grupami zwierząt o największym znaczeniu były (w kolejności): ptaki, owady, ssaki i płazy.

### Zoometeorologia w badaniach naukowych

Od dawna wiadomo, że zwierzęta są w stanie dostosować się do sezonowych zmian temperatur, do suszy i innych zjawisk zagrażających ich przeżyciu. Adaptacje, takie jak hibernacja, nie będą jednak przedmiotem tego opracowania. Chodzi o krótkookresowe zmiany pogody, a przede wszystkim o możliwość antycypowania przez zwierzęta zmian pogodowych.

Z jednej strony zmiany meteorologiczne mogą wywołać u zwierząt (przynajmniej u kręgowców) reakcje fizjologiczne podobne jak u człowieka. Z drugiej, mogą uwrażliwić się na bodźce płynące ze strony środowiska, poprzedzające zjawiska atmosferyczne. Na przykład zbliżająca się burza wywołuje obniżenie ciśnienia atmosferycznego. Rozlegają się też charakterystyczne odgłosy o niskiej częstotliwości poniżej pasma słyszalności człowieka (tak zwane infradźwięki). Pojawiają się też silniejsze podmuchy wiatru. Wszystko to wywołuje zaniepokojenie i reakcje behawioralne, takie jak np. przerwanie przez zwierzęta bieżącej aktywności i poszukiwanie schronienia (15).

Poniżej zaprezentowano wybrane badania dotyczące reagowania różnych grup zwierząt na takie bodźce.

#### Owady

Przeprowadzono obserwacje zachowania rozrodczego u trzech gatunków owadów: chrząszcza dyniowatego (*Diabrotica speciosa*), mszycy ziemniaczanej smugowej (*Macrosiphum euphorbiae*) i ćmy zmierzchówki (*Pseudaletia unipunctata*) w warunkach zmian ciśnienia atmosferycznego (16). Przy obniżeniu ciśnienia obserwowano modyfikację zachowania się w czasie kojarzenia, polegającą zarówno na skróceniu okresu zalotów, jak i zmniejszonej wokalizacji. U zmierzchówki mniej kojarzeń stwierdzono także przy wzroście ciśnienia, a mszyce w tych warunkach znacząco rzadziej wokalizowały. Ograniczenie aktywności owadów w czasie spadku ciśnienia można

traktować jako adaptacje zabezpieczające zwierzęta przed możliwymi fatalnymi w skutkach wypadkami w czasie złej pogody. Postrzeganie zmian ciśnienia atmosferycznego u wymienionych gatunków odbywa się prawdopodobnie dzięki wyspecjalizowanym mechanoreceptorom (16).

#### Niższe kręgowce

U niektórych płazów bezogonowych stwierdzono zależność pomiędzy częstotliwością wokalizacji a zmianą pogody, równoznaczne ze zmianą ciśnienia. Badania w Kanadzie wykazały, że cechą charakterystyczną takich gatunków są występujące u nich długie okresy aktywności rozrodczej. Zależności od pogody stwierdzono u rzekotki krzyżowej (*Pseudacris crucifer*), żaby ryczącej (*Rana catesebiana*) i żaby krzykliwej (*Rana clamitans*; 17).

Wydawałoby się, że organizmy żyjące w głębi wód są odporne na zmiany atmosferyczne. Jednak obserwacje pokazały, że jeden z rekinów, żarłacz czarnopłetwy (*Carcharinus limbatus*), w Zatoce Meksykańskiej opuszcza obszar nawiedzony tropikalnym sztormem i robi to na 12 godz. przed zdarzeniem. Analiza czynników środowiskowych towarzyszących sztormowi wykazała, że można mówić jedynie o ciśnieniu atmosferycznym, które uległo istotnemu obniżeniu (18). Ryby spodousto, do których zaliczają się rekiny, nie mają pęcherzy pławnych, która to struktura u innych gatunków reguluje ciśnienie hydrostatyczne wewnątrz ciała. Ciśnienie hydrostatyczne odpowiada na rytm ruchu fal i jest do niego dostosowane. Rekin może więc antycypować zmianę rytmu fal, kiedy zmienia się ciśnienie hydrostatyczne. Gdy jednak pojawia się także zmiana ciśnienia atmosferycznego (jak w czasie sztormu), proces ten ulega zakłóceniu. Rekin otrzymuje wówczas sygnał, że musi zmienić miejsce aktywności. Pozostaje problem, w jaki sposób zwierzę to otrzymuje informację o stanie ciśnienia hydrostatycznego. Najprawdopodobniej możliwe jest to dzięki wyspecjalizowanym komórkom w uchu wewnętrznym rekina (18).

Podobne zachowanie, zmianę miejsca aktywności z powodu ciśnienia atmosferycznego, zaobserwowano u żółwi morskich z gatunku kareta (*Caretta caretta*) występujących w Morzu Śródziemnym. Żółwie poddane obserwacji zajmowały rewiry związane z rozrodem wzdłuż wybrzeża jednej z wysp greckich. Stwierdzono, że samice żółwi kareta z tej populacji porzucały swoje rewiry na 1–15 dni, oddalając się na odległość do 100 km. Obserwacje wykazały, że nietypowe zachowania tych osobników były związane najprawdopodobniej z wahaniami ciśnienia atmosferycznego, co zwierzęta odczytywały jako zwiastuny niebezpieczeństwa (19).

#### Ssaki

Wyniki badań w tej grupie zwierząt dotyczą przede wszystkim gatunków udomowionych. Według niektórych opinii zoometeorologia jako program badawczy rozpoczęła się od pionierskich obserwacji

zachowania się bydła przeprowadzonych jeszcze w latach 70 XX wieku (20). Przedmiotem były krowy rasy hereford utrzymywane na otwartych pastwiskach. Wykazano wpływ nie tylko temperatury i wiatru na aktywność zwierząt (co wydaje się dość oczywiste), ale również to, że dłużej się pasły i przeżuwały w okresach zmiany ciśnienia atmosferycznego (21). Podobne obserwacje przeprowadzono kilkadziesiąt lat później w innym miejscu, na Węgrzech. Przedmiotem badania były krowy rasy szare bydło węgierskie, także utrzymywane w trybie pastwiskowym. Elementy behawioru krów, jak pobieranie pokarmu, zachowania społeczne i seksualne, analizowane były w zależności od stabilnej lub zmiennej pogody, w której występowały fronty (ciepły lub zimny). Ogólnie stwierdzono, że zarówno stabilne warunki baryczne, jak również przejście frontu chłodnego powodowały w efekcie podwyższenie ciśnienia korzystnie oddziałujące na pobieranie pokarmu i uspokojenie zwierząt. Krowy wykazywały też wówczas większą aktywność i pokonywały na pastwisku dłuższe dystanse. W przeciwieństwie do tego front ciepły, po którym następował spadek ciśnienia atmosferycznego, wywoływał u zwierząt stres, zwłaszcza gdy towarzyszyła temu wysoka temperatura. Krowy przebywały wtedy w cieniu, obok źródła wody lub nieustannie kręciły się po pastwisku (20).

Zainteresowanie zachowaniem koni w zależności od pogody koncentrowało się na problemie termoregulacji i adaptacji do takich czynników, jak temperatura, wilgotność i wiatr. Przebywanie na pastwisku z jednej strony i korzystanie ze schronów z drugiej były głównymi miernikami aktywności koni. W badaniach przeprowadzonych w Belgii, gdzie obserwowano zachowanie 426 osobników na 166 pastwiskach, stwierdzono, że konie niemal połowę czasu

spędzały w schronach (naturalnych lub sztucznych). Wpływały na to zbyt wysoka lub niska temperatura i silny wiatr (22). Zbliżone wyniki uzyskano w analogicznym badaniu kuców islandzkich przeprowadzonym w Norwegii. Decydującymi czynnikami, które skłaniały zwierzęta do korzystania ze schronów, były niska temperatura, wiatr i deszcz (ale nie śnieg; 23). W dostępnej literaturze nie znaleziono danych dotyczących wpływu zmian ciśnienia atmosferycznego na zachowanie koni.

W przeglądzie tym pomijam wpływ warunków atmosferycznych na produkcję zwierzęcą, ponieważ temat dotyczy behawioru zwierząt. Niemniej warto zaznaczyć, że od dawna prowadzone są badania nad stresem cieplnym i wpływem chłodu na parametry produkcyjne zwierząt gospodarskich. Na przykład wiadomo, że laktacja krowy mlecznej wyraźnie obniża się, gdy temperatura otoczenia przekracza 20°C (24).

Wpływ pogody na behawior zwierząt towarzyszących (pies i kot) był przedmiotem pracy badaczy włoskich (25). Przeprowadzili oni badania ankietowe na grupie 392 właścicieli psów i 426 właścicieli kotów. Pytania dotyczyły obserwacji reakcji zwierząt przede wszystkim na zmiany temperatury. Wyniki tego badania przedstawiono w skrócie w tabeli 2. Senność obserwowano zarówno przy podwyższeniu, jak i obniżeniu temperatury otoczenia u obu gatunków. Natomiast większą motywację do zabawy zwierzęta wykazywały przy obniżeniu temperatury.

Istotnym czynnikiem wywołującym reakcję zwierząt towarzyszących są także, jak wiadomo, burza i długotrwałe, silne deszcze. Omawiane wyżej badania potwierdziły tę tezę. Psy okazywały nerwowość, strach, wydawały dźwięki i próbowały się ukryć. Takie same reakcje obserwowano u kotów (25). Tak jak w przypadku koni, na podstawie dotychczasowych

**Tabela 2.** Zachowania zwierząt używane w prognozowaniu pogody w tubylczych społecznościach Trzeciego Świata (za Paganizos i wsp., 2023)

Grupa zwierząt	Rodzaj aktywności sugerującej zmiany pogody	Miejsce obserwacji (państwo)
Ptaki	Pojawienie się niektórych ptaków (np. wróbli) zwiastuje deszcz.	Botswana, Ghana
	Gdy ptaki obniżają lot, to zwiastun deszczu i złej pogody, gdy lecą wysoko – przeciwnie.	Indie
	Kierunek migracji wschód–zachód – deszcz, przeciwny kierunek – koniec deszczu.	Uganda
	Nietypowy śpiew zwiastuje deszcz.	Filipiny
Owady	Zbieranie i gromadzenie trawy przez termity zapowiada nadejście deszczu.	Zimbabwe
	Brak zbierania pokarmu i budowy termitiery zwiastuje suszę.	Etiopia
	Nisko lecące ważki zapowiadają nadejście deszczu.	Indie i Filipiny
	Ważki formują roje.	Indie
	Pojawienie się motyli, szczególnie o ciemnej barwie, zwiastuje nadejście deszczów.	Tanzania
	Migracja motyli, zwłaszcza z południa na północ, zwiastuje deszcze.	Tanzania, Kenia
Ssaki	Krowy podskakują, poruszają uszami, ryczą przy wyschniętych ciekach wodnych – zwiastuje to nadejście deszczu.	Indie
	Krowy wykazują drażliwość z nadejściem burzy, pozostają pod osłoną drzew.	USA
	Krowy wykazują wzmożoną troskę o cielęta, ryczą po udoju i wyjściu z obory – zachowania te zwiastują nadejście suszy.	Etiopia
	Krowy i owce wykazują chęć do zejścia na niżej położone obszary, to oznaka nadchodzących deszczów albo śniegu.	Argentyna
Płazy	Wokalizacja różnych gatunków żab oraz jaszczurek (gekony) zwiastuje nadchodzący deszcz.	różne kraje Afryki oraz Azji (Birma)

badania można jedynie w ogólnym zarysie określić wpływ temperatury na zachowanie zwierząt towarzyszących i niezbędne są dalsze obserwacje uwzględniające choćby w większym stopniu różnorodność rasową.

Ssaki przebywające w ogrodach zoologicznych świata stanowią również potencjalny materiał badawczy w ramach omawianego zagadnienia. Status tych gatunków jest o tyle interesujący, że pochodzą one często z odległych krain geograficznych i odmiennych od europejskiego warunków klimatycznych. Reakcja na warunki pogodowe jest więc w ich wypadku odzwierciedleniem adaptacji. Doskonałym reprezentantem tej grupy jest piżmowół (*Ovibos moschatus*), przeżuwacz zamieszkujący tundrę Ameryki Północnej i niektóre obszary w północnej Europie. Od niemal 30 lat piżmowóły są z powodzeniem utrzymywane w ogrodzie zoologicznym Tierpark w Berlinie. Długi okres chowu sprzyjał gromadzeniu cennych informacji dotyczących fizjologii, żywienia i rozrodu tego gatunku (26). Okazuje się, że eksponowane w berlińskim zoo zwierzęta wykazywały wrażliwość na zmiany pogodowe, zwłaszcza na spadek ciśnienia atmosferycznego i falowanie gorącego powietrza. Piżmowóły reagowały na takie bodźce obniżeniem apetytu, biegunką oraz otępieniem.

Wśród prac dotyczących wpływu pogody na zachowanie zwierząt w ogrodach zoologicznych dominują jednak te dotyczące gatunków egzotycznych, pochodzących głównie z Afryki. Jako przykład może służyć praca wykonana w Norwegii, która dotyczyła największego w tym kraju ogrodu zoologicznego Kristiansand (27). Na ekspozycji mieszanej w tym obiekcie (tzw. wybiegu afrykańskim) utrzymywane są wspólnie zebry nizinne (*Equus quagga*), antylopy blesbok (*Damaliscus pygargus*), antylopy eland (*Taurotragus oryx*), żyrafy (*Giraffa camelopardalis*) oraz strusie (*Struthio csmelus*). Zasadniczym celem pracy było zbadanie, jak wymienione gatunki reagują na powiększenie wybiegu. Jednocześnie jednak odnotowano szereg zachowań, które stanowiły reakcje na bodźce pogodowe. Najważniejszą reakcją behawioralną związaną z pogodą stwierdzaną u tych gatunków było przyjęcie pozycji leżącej w odpowiedzi na wysoką temperaturę i deszcz.

Warunki pogodowe miały także wpływ na zachowanie lemurów katta (*Lemur catta*) w angielskim parku safari, gdzie zwierzęta miały możliwość dość bliskiego kontaktu z publicznością (28). W pracy chodziło o porównawczą ocenę wpływu pogody i kontaktu ze zwiedzającymi na zachowanie lemurów. Okazał się, że to pogorszenie pogody wywołało w znacznej mierze zmniejszenie częstotliwości takich form behawioru, jak poruszanie się, pobieranie pokarmu i czujność. Z kolei częstotliwość odpoczynku i snu wyraźnie wzrastała zwłaszcza w czasie deszczu.

## Ptaki

Jak wiadomo, ptaki odbywają sezonowe migracje zwrotne na linii północ-południe. Wędrowki przebiegają według powtarzalnych wzorców. Najważniejsze trasy migracji ptaków biegają między Europą

**Tabela 3.** Niektóre zachowania psów i kotów jako reakcja na zmiany temperatury (za Palestrini i wsp. 2022)

Rodzaj behawioru	Pies		Kot	
	Temperatura otoczenia			
	↑	↓	↑	↓
Zabawa	x	+	x	+
Sen	+	+	+	+
Jedzenie	-	+	-	+
Pielęgnacja własna	+	x	x	+
Agresywność	x	x	x	w małym stopniu

Objaśnienia: wyraźny wzrost liczby zachowań (+), zmniejszenie liczby zachowań (-), brak zauważalnej zmiany (x)

i Afryką oraz między Ameryką Północną i Ameryką Południową. Zarówno ornitolodzy europejscy, jak i amerykańscy od XIX wieku prowadzą intensywne badania tego fascynującego zachowania się ptaków. O skali tych badań może świadczyć fakt, że na samej tylko wyspie Helgoland na Morzu Północnym w latach 1909–2010 zaobródkowano ponad 800 tys. ptaków (29). Obecnie stosuje się także nowoczesne metody obserwacji migrujących ptaków, jak np. przy pomocy radarów (30).

Na podstawie obserwacji migracji stwierdzono, że czynniki pogodowe odgrywają w niej znaczącą rolę. Na przykład od pogody zależy w dużym stopniu moment rozpoczęcia migracji. W trakcie przemieszczania się ptaki mogą korzystać z wiatrów i układów frontów. Wiele ptaków wybiera jako porę wędrowki noc ze względu na to, że generalnie jest wówczas bardziej stabilna pogoda z mniejszym nasileniem wiatru (31).

Ze względu na badane od bardzo dawna sezonowe migracje ptaków uzyskana w ten sposób wiedza jest ogromnym wkładem do stworzenia obrazu korelacji zachowania zwierząt z warunkami atmosferycznymi. Efektem tych badań są bazy danych, jak np. Linked Data zawierająca miliony informacji zbieranych od 30 lat i dotyczących migracji ptaków oraz obserwacji pogody (32). Z kolei projekt BirdCast.info zajmuje się korelacją różnych danych, które umożliwiają ocenę dynamiki nocnej migracji (obrazy z radarów meteorologicznych i nagrane odgłosy ptaków; 30).

Jednak mimo tego wciąż aktualna zdaje się być opinia legendarnego ornitologa niemieckiego Heinricha Gatke prowadzącego w XIX wieku badania na wyspie Helgoland: *Meteorologiczne czynniki wpływające na migrację ptaków są obecnie wciąż nie całkowicie zrozumiane* (29). Od lat 50 XX wieku trwają dyskusje na temat faktycznej roli poszczególnych składników pogody w migracji ptaków. Większość badaczy zgadza się, że czynnikiem sprzyjającym rozpoczęciu migracji jest ładna pogoda, tzn. brak zachmurzenia, deszczu i mgły. Generalnie pożądanym jest także umiarkowany wiatr (33). Natomiast silny wiatr wiejący w kierunku przeciwnym do lotu ptaków może doprowadzić nawet do masowego przerwania migracji (30). Z kolei w Ameryce Północnej wiosenną migrację wspomaga fala ciepłego powietrza z południa,

natomiast jesienią czynnikiem sprzyjającym podjęciu wędrówki na południe jest pojawienie się frontu chłodnego. Napływ chłodnego powietrza jest również znaczący dla ptaków z Europy Północnej. Ale rola temperatury powietrza w migracji ptaków bywa kwestionowana ze względu na to, że jest ona skorelowana z innymi czynnikami pogodowymi, np. wiatrem i nie wiadomo dokładnie, który z nich naprawdę działa bodźcowo na zwierzęta (33). Kontrowersyjny jest także wpływ ciśnienia atmosferycznego na rozpoczęcie migracji. Niektórzy badacze minimalizują jego wpływ (33). Natomiast pewne obserwacje zdają się wskazywać, że wysokie ciśnienie atmosferyczne (1030 hPa) może być istotne dla ptaków dużych. Warto przy tym dodać, że przy wysokim ciśnieniu prawdopodobieństwo opadu deszczu jest niskie (32).

Nie ulega wątpliwości, że rozwój nowych metod badawczych pozwoli na dalsze precyzyjne i systematyczne badania migracji ptaków w różnych częściach świata i da bardziej klarowny obraz wpływu czynników pogodowych na ten rodzaj zachowania się tych zwierząt.

## Podsumowanie

Dotychczasowy bilans badań naukowych dotyczących zoometeorologii jest skromny. Poza obszarem ornitologii (a ściślej – problemu migracji ptaków) dorobek ten jest zbiorem często pojedynczych prac, bez systematycznej kontynuacji. A przecież nie ulega wątpliwości, że przynajmniej część niebadanych zwierząt może dysponować czułymi narządami zmysłów wykazującymi wrażliwość na bodźce pogodowe. Wydaje się, że szersze badania, obejmujące większą liczbę gatunków, okazałyby się bardzo wartościowe. Nie tylko wzbogaciłyby wiedzę na temat reakcji organizmów żywych na bodźce abiotyczne i procesy adaptacji, ale także umożliwiłyby bardziej racjonalne działania na rzecz środowiska i populacji zwierząt dzikich w warunkach globalnego ocieplania się klimatu. Z kolei reakcje na bodźce pogodowe u zwierząt domowych wspomogłyby działania hodowców na rzecz dobrostanu ich podopiecznych. Jak zaznaczono powyżej, istnieje wielowiekowa tradycja ludowa różnych kultur czerpiąca z obserwacji reakcji zwierząt na pogodę. To również może być inspiracją do badań naukowych.

## Piśmiennictwo

- Prece D., Wood H.: *The Foundations of Geography*. University Tutorial Press, Londyn 1962.
- Sorbjan Z.: *Pogoda dla koneserów czyli fakty, mity, opowieści i anegdoty meteorologiczne*, Meteor, Warszawa 2004.
- Wotoszyn E.: *Meteorologia i klimatologia w zarysie*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2009.
- Lloyd J.A.: *Concise Guide to Weather*, Parragon Book, Bath 2007.
- Kozłowska-Szczęśna T., Krawczyk B., Kuchcik M.: *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka*, Monografia IGPZ PAN, Warszawa 2004.
- Delyukov A., Didyk L.: The effects of extra-low-frequency atmospheric pressure oscillations on human mental activity, *International Journal of Biometeorology* 1999, 43, 1, 31–37.
- Baranowska M., Cedzyńska-Ziemba J.: Meteoropatia w świetle wyników badań ankietowych przeprowadzonych wśród wybranych populacji zamieszkałych w warunkach klimatu Polski, *Gazeta Obserwatora IMGW* 1997, 46, 3, 13–18.
- Machalek A.: *Czy jestem meteoropatą?*, W.A.B., Warszawa 1997.
- Oświecimski S.: *Zeus daje tylko znak, Apollo wieszczy oświadczenie. Starożytne wróżbiarstwo greckie*, Ossolineum, Wrocław – Warszawa – Kraków 1989.
- Jacourt L.: Sacred chicken, <http://hdl.handle.net/2027/spo.did2222.0000.865>
- Theophrastus. Concerning weather signs, [https://penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Roman/Texts/Theophrastus/De\\_signis.html](https://penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Roman/Texts/Theophrastus/De_signis.html)
- Martin C.: *Theories of Animals as Weather Signs in Renaissance Italy*, [w:] *Animali Figurati. Teoria e rappresentazione del mondo animale dal Medioevo all'Età moderna*, Viella 2019, 31–44.
- Toivanen J.: *Marking the boundaries: Animals in medieval Latin philosophy*, Oxford Philosophical Concepts, Oxford 2018, s://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/63675/1/5%20toivanen%20%20animals%20medieval%20%20%20jyx.pdf
- Banusiewicz J., Burgess S., Crocker-Buta S., Eveland L., Fuller L.: Behavioural research priorities for the study of animal response to climate change, *Animal Behaviour* 2019, 150, 127–137.
- Paparrizos S., Attoh E., Sutanto S., Snoeren N., Fulco L.: Local rainfall forecast knowledge across the globe used for agricultural decision-making, *Science for Total Environment* 2023, 899, 165539.
- Pellegrino A., Gomes Villabla Penafior M., Nardi C. Kerr W., Guglielma G., Bento J., McNeal J.: Weather forecasting by insects: Modified sexual behaviour in response to atmospheric pressure changes, *Plos One* 2013, 8(10): e75004.
- Oseen K., Wassersung R.: Environmental factors influencing calling in sympatric anuran, *Oecologia* 2002, 133, 616–625.
- Huepel G., Simpfendorfer C., Hueter R.: Running before the storm: blacktip sharks respond to falling barometric pressure associated with Tropical Storm, *Journal of Fish Biology* 2003, 63, 1357–1363.
- Schofield G., Hobson V., Lilley M., Katselidis K., Bishop C., Brown P., Hays G.: Inter-annual variability in the home range of breeding turtles: Implications for current and future conservation management, *Biological Conservation* 2010, 143, 722–727.
- Halasz A., Nagy G.: Weather effects and cattle behavioural characteristics, [w:] A. Hopkins, R. Collins (red.), *The Future of European Grasslands. Proceedings of the 25th General Meeting of the European Grassland Federation*, Aberystwyth, Wales 2014, 683–685.
- Malechek J., Smith B.: Behavior of range cows in response to winter weather, *Journal of Range Management* 1976, 29(1), 1–12.
- Snoeks M., Moons C., Odberg F., Aviron M., Geers R.: Behavior of horses on pasture in relation to weather and shelter – A field study in a temperate climate, *Journal of Veterinary Behavior* 2015, 10(6), 561–568.
- Mejdell C., Boe K.: Responses to climatic variables of horses housed outdoors under Nordic winter conditions, *Canadian Journal of Animal Science* 2005, 85(3), 307–308.
- Bianca W.: The significance of meteorology in animal production, *International Journal of Biometeorology* 1976, 20(2), 139–156.
- Palestrini C., Minozzi J., Mazzola S., Lopez A., Cannas S.: Do intense weather events influence dogs' and cats' behaviour? Analysis of owner reported data in Italy, *Frontiers in Veterinary Science* 2022, 9, 973594.
- Seidel K., Rowell J.: Canadian muskoxen in Central Europe—a zoo veterinary review, *Rangifer* 1996, 16(2), 79–85.
- Jenssen I.: *Behaviour of animals in a mixed species African savannah zoo exhibit related to expansion of the enclosure, visitor numbers and weather effects*, MS thesis, Norwegian University of Life Sciences, As 2023.
- Goodenough A., McDonald K., Moody K., Wheeler C.: Are visitors effect overestimated? Behaviour in captive lemurs is mainly driven by co-variation with time and weather, *Journal of Zoo and Aquarium Research* 2019, 7(2), 5966.
- Huppoo O., Huppoo K.: Bird migration on Helgoland: the yield from 100 years of research, *Journal of Ornithology* 2011, 152, 25–40.
- Gill F., Prum R.: *Ornithology*. Fourth Edition, W.H. Freeman and Co., New York 2019.
- Bagg A., Gunn W., Miller D., Nichols J., Smith W., Wolfarth F., Nutley N.: Barometric pressure patterns and spring bird migration, *The Wilson Bulletin* 1950, 62, 5–19.
- Koho M., Hyvonen E., Lehtikoinen A.: Ornithology based on linking bird observations with weather data. The Semantic Web: ESWC 2014 Satellite Events: ESWC 2014 Satellite Events, Anissaras, Crete, Greece, May 25–29, 2014, Revised Selected Papers 11, Springer International Publishing, 2014.
- Lack D.: The influence of weather on passerine migration. A review, *The Auk* 1960, 77, 171–209.

Dr hab. Tadeusz Kaleta prof. SGGW,  
e-mail: tadeusz\_kaleta@sggw.edu.pl