



Rajmund PRZYBYŁAK, Patrycja ULANDOWSKA-MONARCHA,
Andrzej ARAŻNY
Katedra Meteorologii i Klimatologii UMK

WARUNKI METEOROLOGICZNE NA RÓWNIŃNIE KAFFIØYRA (NW SPITSBERGEN) W SEZONACH LETNICH W OKRESIE 2012-2014¹

METEOROLOGICAL CONDITIONS ON THE KAFFIØYRA PLAIN (NW SPITSBERGEN) IN SUMMER SEASONS IN THE PERIOD 2012-2014

Celem wieloletnich badań klimatologów w obszarach polarnych jest nie tylko poznanie panujących tam warunków meteorologicznych i ich zmian, ale również określenie głównych mechanizmów sterujących procesami je kształtującymi. Według ocen przedstawianych w raportach IPCC (2007, 2013) wzrost średniej rocznej temperatury powietrza w Arktyce (McBean i in., 2005) jest dwa razy większy niż na całej kuli ziemskiej. Szczególnie ważnym miejscem do prowadzenia tego typu badań jest archipelag Svalbard, znajdujący się w obszarze Arktyki Atlantycznej, która jest najbardziej czuła na zmiany klimatu spośród wszystkich obszarów arktycznych. Niewątpliwie wpływa na to bardzo ożywiona w tym rejonie cyrkulacja atmosferyczna, przede wszystkim w chłodnym okresie roku, oraz system prądów morskich, w tym szczególnie ciepłych. Wspomniana duża podatność Arktyki Atlantycznej na zmiany klimatu sprawia, że w sposób dominujący wpływa

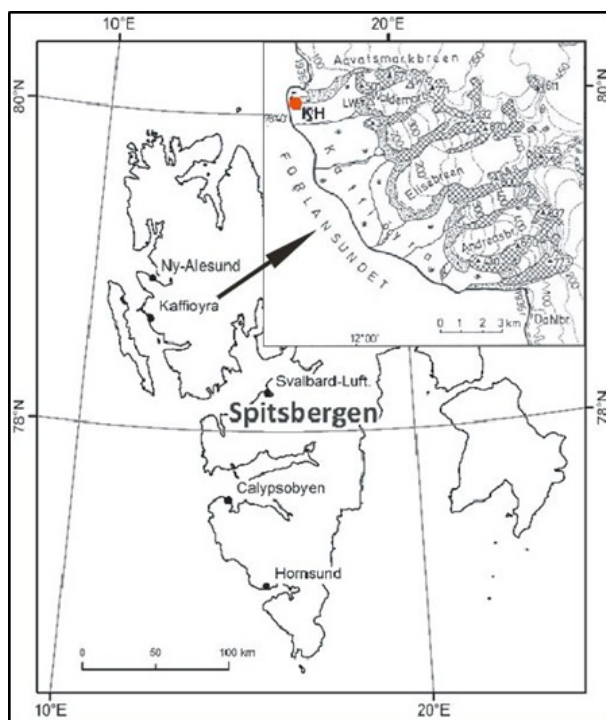
¹ Artykuł jest pokłosiem międzynarodowej konferencji naukowej pt. *2nd International Conference: Polar Climate and Environmental Change in the Last Millennium*, która odbyła się w Toruniu w dniach 24-26 VIII 2015 r. Konferencja była finansowana m. in. przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Polską Akademię Nauk oraz International Arctic Science Committee.

ona także na zmiany klimatu (średnie obszarowe wartości poszczególnych jego elementów) w całej Arktyce.

Obserwacje podstawowych elementów meteorologicznych w rejonie Równiny Kaffiøyra (NW Spitsbergen) w sezonie letnim są prowadzone od 1975 r., kiedy została zorganizowana I Toruńska Wyprawa Polarna (TWP), w której wzięli udział m. in. naukowcy i studenci z Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. W trakcie wyprawy wybudowano stację polarną istniejącą do dziś (<http://www.home.umk.pl/~geopolar/stacja/STACJA.HTML>). Była to druga uniwersytecka (po ośrodku wrocławskim) polska stacja polarna na Spitsbergenie, a trzecia w ogóle, gdy uwzględni się Polską Stację Polarną w Hornsundzie wybudowaną już w 1957 r.

Rozpoczęcie pomiarów meteorologicznych na Równinie Kaffiøyra rozszerzyło znacząco obszar takich badań, prowadzonych dotychczas przez polskich polarników jedynie w południowo-zachodniej części Spitsbergenu w okolicy Hornsundu (Baranowski, 1968, 1975; Baranowski, Głowicki, 1975). Najdłuższe i często najpełniejsze serie pomiarowe pochodzą też właśnie z tego obszaru (rys. 1). Pierwsze obserwacje meteorologiczne rozpoczęto w okresie Międzynarodowego Roku Geofizycznego (tj. w 1957 r.) w Hornsundzie (T. Makarewicz) oraz na Lodowcu Werenskiölda (A. Kosiba z zespołem). Wyniki tych obserwacji, jak i późniejszych, zarówno z okresu lata polarnego, jak i całorocznych, zostały opublikowane w wielu wydawnictwach (m.in. Kosiba, 1960; Baranowski, 1968; Głowicki, Baranowski, 1974; Pereyma, 1983; Brázdil i in., 1988; Marsz, Styszyńska, 2007; Araźny, 2008; Araźny i in., 2010; Sikora i in., 2010). Obserwacje warunków meteorologicznych w obszarze Hornsundu prowadzili także pracownicy Uniwersytetu Śląskiego, Uniwersytetu Wrocławskiego oraz Instytutu Geofizyki PAN (m.in. Kamiński, 1982a, 1982b; Migąła i in., 2006, 2008; Budzik i in., 2009), a w innych obszarach także badacze z Uniwersytetu M. Curie-Skłodowskiej (okolice Bellsundu, np. Głuza, Piasecki, 1989; Brázdil i in., 1991; Głuza i in., 2004; Głuza, Siwek, 2006, 2007, 2009) oraz Uniwersytetu im. A. Mickiewicza (Petuniabukta, np. Rachlewicz, 2003; Rachlewicz, Styszyńska, 2007; Bednorz, Kolendowicz, 2010).

Na obszarze Kaffiøyry pomiary wykonywano początkowo w czterech zróżnicowanych punktach obserwacyjnych: na plaży, przy brzegu morskim, na morenie oraz na tundrze (Leszkiewicz, 1977). W roku 1978 (III TWP) punkt pomiarów elementów meteorologicznych zlokalizowano na morenie czołowo-bocznej Lodowca Aavatsmarka (Wójcik, Marciniak, 1983), gdzie obserwacje prowadzone są po dziś dzień. Po każdej wyprawie letniej ukazywały się publikacje dotyczące warunków pogodowych z tego obszaru, obejmujące lata od 1975 do 2011 (Leszkiewicz, 1977; Wójcik, 1982; Marciniak, Przybylak, 1983, 1991; Wójcik, Marciniak, 1983; Wójcik, Przybylak, 1991; Kejna, Dzieniszewski, 1993; Marciniak i in., 1993; Araźny, 1999, 2002; Kejna, 2002; Przybylak, Szczepilewska, 2002; Przybylak, Araźny, 2007; Przybylak i in., 2012). W tej ostatniej pozycji przedstawiono także historię badań



Rys. 1. Położenie obszaru badań – Kaffiøyra Heggodden

Fig. 1. Location of research area – Kaffiøyra Heggodden

topoklimatycznych w rejonie Kaffiøry oraz główne wyniki z badań przeprowadzonych w okresie VII 2010 – VIII 2011.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie warunków meteorologicznych w sezonach letnich 2012-2014 i ukazanie zmian, jakim one podległy w porównaniu do średnich wieloletnich.

Dane, obszar badań i metody

Od początku organizacji TWP w ich programie badawczym znalazły się pomiary i obserwacje meteorologiczne. Różny czas docierania kolejnych wypraw w obszar badań sprawił konieczność ustalenia realnie możliwego wspólnego okresu pomiarowego (21 VII – 31 VIII), który udało się zachować niemal we wszystkich wyprawach, również w latach 2012-2014 przedstawionych w tym artykule. Głównym obszarem badań TWP jest Kaffiøyra, położona w północno-zachodniej części Ziemi Oskara II na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu. Od zachodu i południo-zachodu

jest ona ograniczona Cieśniną Forland, natomiast od wschodu i północo-wschodu pasmami górskimi oraz znajdującymi się pomiędzy nimi lodowcami (rys. 1).

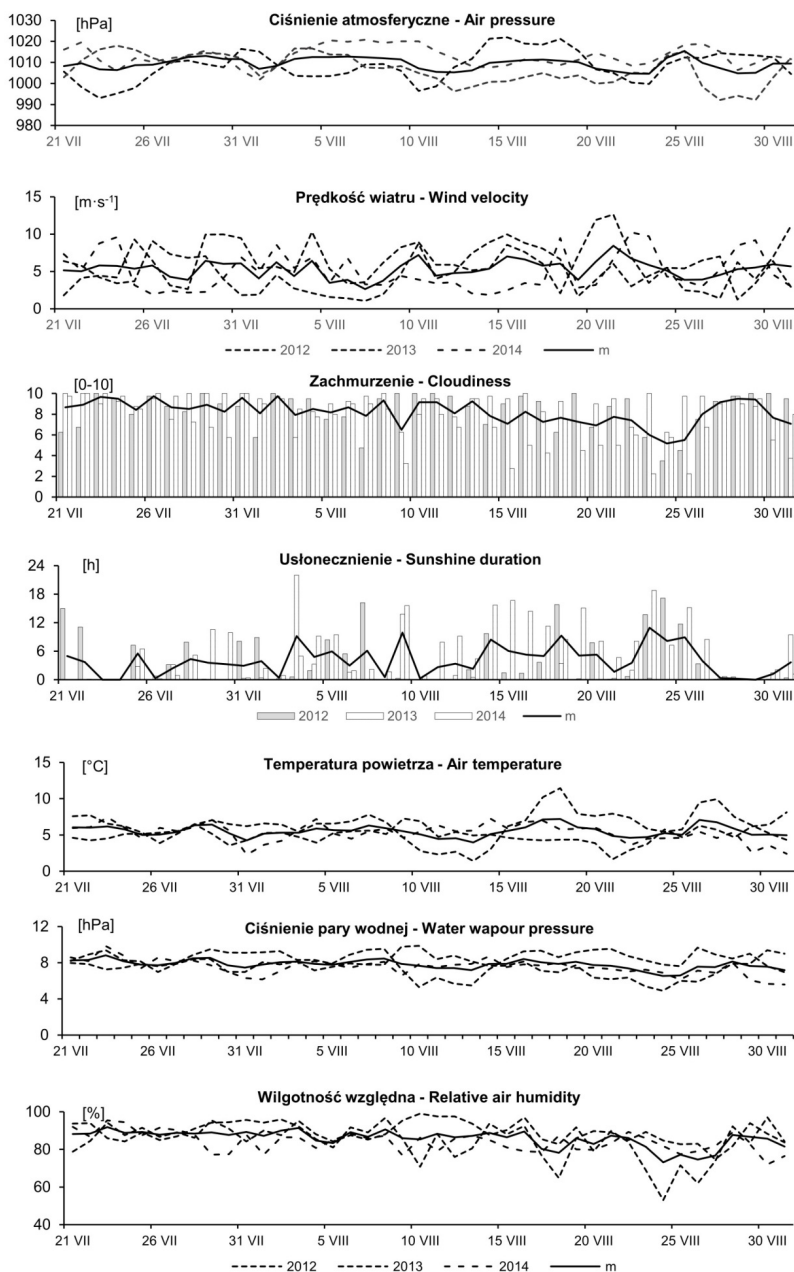
Do analizy wykorzystano obserwacje meteorologiczne wykonywane zgodnie z obowiązującymi standardami 4 razy na dobę, w terminach 00, 06, 12, 18 UTC (01, 07, 13, 19 LMT) w ogródku meteorologicznym zlokalizowanym na morenie czołowo-bocznej Lodowca Aavatsmarka ($\phi=78^{\circ}4'N$, $\lambda=11^{\circ}51'E$, $h=11,5$ m n.p.m.) (rys. 1). Badania obejmowały zarówno pomiary wykonywane przez obserwatorów (temperatura i wilgotność powietrza, zachmurzenie, kierunek i prędkość wiatru, opady atmosferyczne i inne), jak i rejestrację automatyczną (usłonecznienie, ciśnienie atmosferyczne, temperatura i wilgotność powietrza, kierunek i prędkość wiatru). Do pomiaru usłonecznienia wykorzystano heliograf Campbella-Stokesa, a do rejestracji pozostałych wymienionych elementów automatyczną stacją meteorologiczną Davis Vantage Pro 2+ w rozdzielczości 10-minutowej.

Cyrkulację atmosferyczną zbadano, obliczając częstość występowania typów cyrkulacji atmosferycznej nad obszarem Spitsbergenu. Do tego celu wykorzystano sporządzony przez T. Niedźwiedzia kalendarz typów cyrkulacji nad tym obszarem, który jest dostępny na stronie domowej Uniwersytetu Śląskiego (<http://klimat.wnoz.us.edu.pl/#!/glowna>). Zasady wydzielania typów cyrkulacji są opisane na wymienionej stronie oraz w rozprawie habilitacyjnej Niedźwiedzia (1981). Nad Spitsbergenem, podobnie jak nad obszarem Małopolski, wyróżniono 21 typów cyrkulacji. W celu zwiększenia czytelności autor katalogu zastosował powszechnie stosowane oznaczenia literowe dla kierunku adwekcji (np. N – z północy, NW – z północo-zachodu itd.), dodając indeks „a” w przypadku układów antycyklonalnych (wyżowych) i indeks „c” – układów cyklonalnych (niżowych).

W celu uzyskania porównywalności wyników z wynikami obserwacji z poprzednich lat do analizy wzięto tylko dane meteorologiczne zebrane w ramach obserwacji standardowych i odczytane z heliogramów. Posłużyły one do obliczenia średnich/sum dobowych i sezonowych wartości wybranych elementów meteorologicznych. Były one także podstawą do obliczenia ich częstości w wyróżnionych klasach wartości w poszczególnych latach oraz w całym okresie pomiarowym. Uzyskane wyniki dotyczące warunków meteorologicznych na Kaffiøyrze w latach 2012-2014 ukazano na tle średnich wieloletnich z okresu 1975-2014.

Wyniki

Średni przebieg ciśnienia atmosferycznego w latach 2012-2014 był zróżnicowany i zależny od częstości występowania nad Spitsbergenem poszczególnych układów barycznych. W roku 2012 średnie dobowe wartości ciśnienia wahały się od 993,0 hPa w ostatniej pentadzie lipca do prawie 1021,1 hPa w połowie sierpnia (rys. 2). W kolejnym okresie letnim zaobserwowano dość wyrównany przebieg

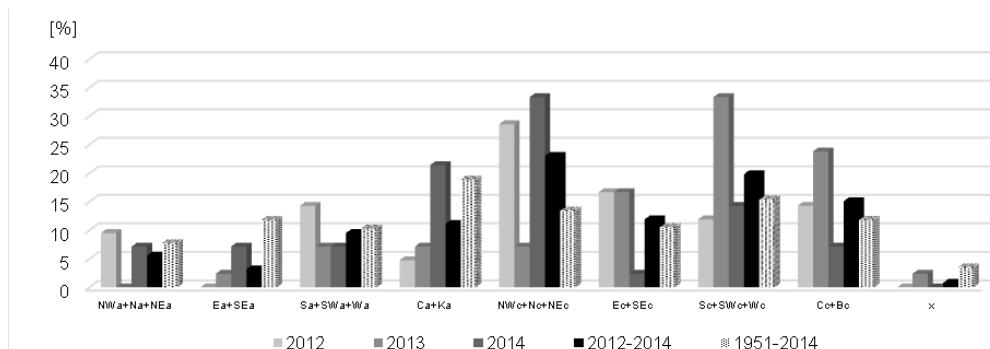


Rys. 2. Przebieg średnich/sum dobowych wartości wybranych elementów meteorologicznych na Równinie Kaffiøyra w sezonach letnich 2012-2014

Fig. 2. Course of diurnal means/totals of selected meteorological variables on the Kaffiøyra Plain in the summer seasons of 2012-2014

ciśnienia atmosferycznego, z minimum przypadającym pod jego koniec (ok. 992,2 hPa). Zwiększona częstość cyrkulacji antycyklonalnej, niezależnie od kierunku adwekcji mas powietrza, w roku 2014 spowodowała wzrost średniej sezonowej wartości ciśnienia atmosferycznego do 1012,9 hPa. W pierwszej połowie sierpnia dobowe wartości ciśnienia przekraczały niejednokrotnie 1020 hPa.

Cyrkulacja atmosferyczna w latach 2012-2014 znacząco różniła się od jej charakteru w okresie wieloletnim (1951-2014) (rys. 3). Przede wszystkim dużo większa była częstość typów cyklonalnych, szczególnie tych niosących powietrze z sektora północnego (anomalia wyniosła 9,6%), a nieco mniejsza z sektora południowego (4,4%). Wszystkie typy antycyklonalne miały natomiast częstość mniejszą, szczególnie rzadki był typ Ea+SEa (anomalia ujemna wyniosła 8,6%) (rys. 3). Najbardziej nietypowy okres letni pod względem cyrkulacyjnym był w roku 2013. W tym sezonie bardzo duże anomalie dodatnie wykazały częstość typów cyklonalnych Sc+SWc+Wc (17,5%) i Cc+Bc (12,0%), a mniejszą częstością niż przeciętnie z tej grupy typów odznaczyły się tylko NWc+Nc+NEc. Częstość wszystkich typów antycyklonalnych była mniejsza niż przeciętnie, spośród nich najrzadziej występowały typy Ca+Ka (-11,7%) i Ea+SEa (-9,4%) (rys. 3).



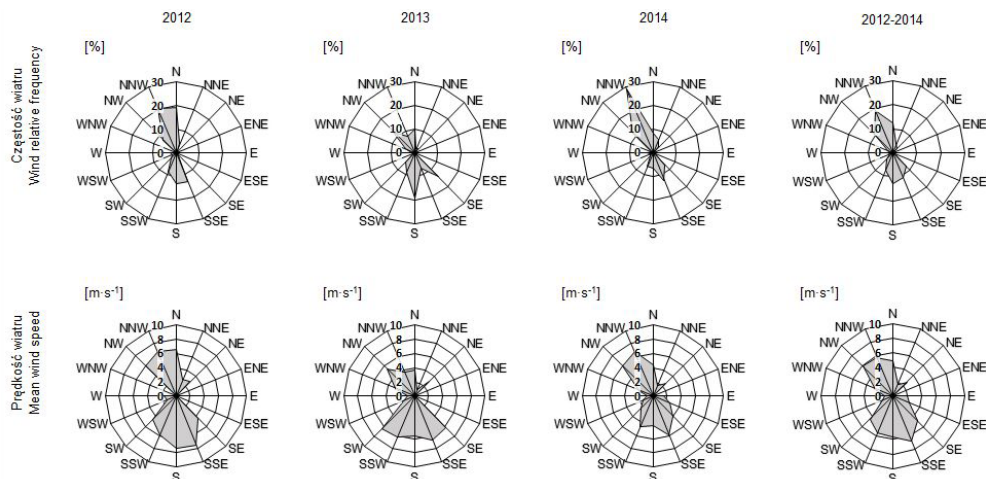
Rys. 3. Częstość względna (%) występowania nad Spitsbergenem łączonych typów cyrkulacji w sezonie letnim (21 VII – 31 VIII) w poszczególnych latach i średnio w całym okresie badań ukazana na tle danych z wielolecia 1951-2014

Fig. 3. Relative frequency (%) of occurrence of combined types of circulation over Spitsbergen in the summer season (21 July-31 August) in specific years and on average for the entire study period shown in comparison with data from the long-term period of 1951-2014

W wyniku określonego ukształtowania Cieśniny Forland (rys. 4) dominującymi kierunkami wiatru na Kaffiøyrze we wszystkich okresach letnich były północno-zachodni i południowo-wschodni. W 2012 r. najczęściej obserwowano wiatr NNW i N (ok. 20%). Nieco rzadziej występował napływ powietrza z sektora południowego (S i SSE średnio 13-14%). Wiatr z tego sektora charakteryzował się największą prędkością (ponad $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), natomiast nieznacznie mniejsze prędkości

zarejestrowano z przeciwległego sektora północnego – nieco ponad $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Wyrażnie odmienna sytuacja wystąpiła w sezonie letnim 2013 r., kiedy dominował wiatr z kierunku południowego (z częstością prawie 20%). Nieco rzadziej występował wiatr z kierunków SE (ok. 15%), N i NW (ok. 10%). Sezon letni 2013 r. był jedynym z 3 rozpatrywanych, w którym częstość wiatru zgodnego z kierunkiem przebiegu Cieśniny Forland była mniejsza niż jego frekwencja z pozostałych kierunków. W 2014 r. zaobserwowano znaczną dominację wiatru NNW, wynoszącą 30% obserwacji (rys. 4). Znacznie rzadziej (około 12%) występował wiatr z przeciwległego kierunku (SSE) oraz z kierunku NW. Pomimo występujących różnic w częstości wiatru z poszczególnych kierunków, średnie jego prędkości z przeciwległych sektorów (NW-SE) były zbliżone i wyniosły ok. $6\text{--}7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. W każdym z trzech sezonów letnich najrzadziej występował wiatr z sektora zachodniego i wschodniego oraz prostopadłego do przebiegu Cieśniny Forland (NNW-SSE). Wiatr z kierunku północno-wschodniego, który występował sporadycznie, był często związany z występowaniem wiatru katabatycznego, w tym wiatru fenowego. W sezonach letnich 2012 i 2014 średnia prędkość wiatru podczas fenów była zbliżona i wyniosła ok. $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, natomiast w 2013 r. była prawie dwukrotnie większa ($4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

Śśród 3 sezonów letnich największą średnią prędkość wiatru ($6,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) stwierdzono w 2012 r. (tab. 1). Najbardziej wietrzne były dwa tygodnie (druga dekada i pierwsza połowa trzeciej dekady sierpnia), kiedy średnia prędkość wyniosła $6,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (rys. 2). Zdecydowanie słabszy wiatr występował w kolejnych okresach letnich, w których średnia prędkość wiatru wyniosła ok. $5,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. W 2013 r.



Rys. 4. Częstość kierunków wiatru (%) oraz średnie prędkości wiatru ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) wg kierunków na Równinie Kaffiøyra w sezonach letnich 2012-2014

Fig. 4. Frequency of wind directions (%) and mean wind speed ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) according to directions on the Kaffiøyra Plain in the summer seasons in 2012-2014

pierwsza dekada sierpnia charakteryzowała się prędkością wiatru mniejszą niż $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, natomiast w kolejnym sezonie (2014) wiatr o takiej prędkości występował w znacznie dłuższym okresie (pod koniec lipca oraz na przełomie pierwszej i drugiej dekady sierpnia). W lipcu 2014 r. było to spowodowane dominacją nad Spitsbergenem bruzdy cyklonalnej i klina wyżowego, natomiast w sierpniu znacznym udziałem cyrkulacji z sektora północnego. Zależność prędkości wiatru od jego kierunku w lecie 2013 r. była wyrównana w całym sektorze południowym, w którym średnia prędkość wiatru wyniosła ok. $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Nieco mniejszą prędkość miał wiatr z kierunku NW (nieco ponad $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

Tabela 1. Średnie, sumy oraz wartości ekstremalne wybranych elementów meteorologicznych mierzonych na Równinie Kaffiøyra w sezonie letnim w okresach 2012-2014 i 1975-2014

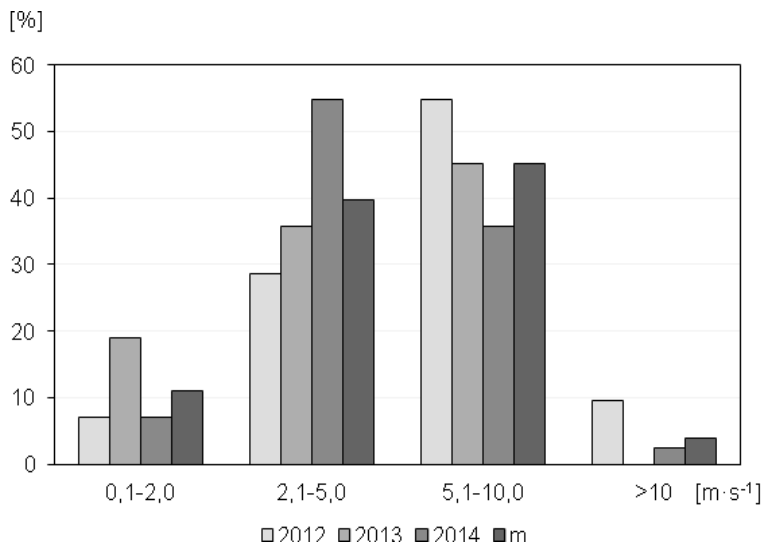
Table 1. Means, sums and extreme values of selected meteorological elements measured on the Kaffiøyra Plain in the summer seasons of 2012-2014 and 1975-2014

Element – Variable	Rok – Year				
	2012	2013	2014	2012-2014	1975-2014*
V [ms^{-1}]	6,1	4,9	5,0	5,3	4,6
C [0-10]	8,4	8,8	7,4	8,2	8,4
SS [h]	185,6	67,5	260,9	171,3	168,4
SS [%]	18,8	6,8	26,4	17,3	17,1
Tmax abs [$^{\circ}\text{C}$]	13,8	15,5	12,0	13,8	18,9
Tmax [$^{\circ}\text{C}$]	7,2	8,0	7,3	7,5	6,7
Ti [$^{\circ}\text{C}$]	5,2	6,1	5,3	5,5	4,9
Tmin [$^{\circ}\text{C}$]	3,5	4,1	3,7	3,8	3,4
Tmin abs [$^{\circ}\text{C}$]	0,5	-1,2	-1,0	-0,6	-4,2
DTR [$^{\circ}\text{C}$]	3,7	4,0	3,6	3,8	3,3
e [hPa]	7,7	8,2	7,5	7,8	7,7
f [%]	86	87	84	86	88
Δe [hPa]	1,2	1,3	1,4	1,3	1,0
P [mm]	43,9	141,4	12,1	65,8	43,6

Objaśnienie: * – z wyjątkiem sezonów letnich w latach 1976, 1981, 1983-1984, 1990-1996, 2011-2014
Key: * – except for the summer seasons in years 1976, 1981, 1983-1984, 1990-1996, and 2011-2014

Średnio we wszystkich sezonach dominował wiatr z sektora północno-zachodniego (15-20%) oraz południowo-wschodniego (8-12%) (rys. 4). Średnia prędkość wiatru w lecie w badanym wieloleciu z sektorów NW i S wyniosła ok. $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Wyspa Księcia Karola, leżąca na zachód od Równiny Kaffiøyra, jako wyraźna naturalna bariera orograficzna, znacząco ograniczała napływ wiatru z kierunku zachodniego.

Dla celów niniejszego artykułu klasyfikacja prędkości wiatru Bartnickiego (1930) została zmodyfikowana do 4 klas. Pominięto cisze, które na badanym obszarze nie wystąpiły, a 2 klasy prędkości, opisujące wiatr silny ($10-15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) i bardzo silny ($> 15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), zostały połączone w jedną (rys. 5). W sezonach letnich 2012 i 2013 najczęściej występował wiatr umiarkowany, między $5-10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (ok. 55% w roku 2012 i 45% w roku 2013). W 2014 r. natomiast najczęściej występował wiatr słaby ($2-5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Jego częstość w badanym okresie wzrosła prawie dwukrotnie (od 29% w 2012 r. do 55% w 2014 r.). Stało się to głównie kosztem wiatru umiarkowanego, którego częstość w tym czasie spadła o niemal 20%. W 2013 r. znacząco częściej (przeszło dwukrotnie) niż w dwóch pozostałych latach występował bardzo słaby wiatr. Zgodnie z oczekiwaniem najrzadziej pojawiał się wiatr silny i bardzo silny, szczególnie w okresach letnich 2013 i 2014 (w 2013 r. nie wystąpił w ogóle). W 2012 liczba dni z wiatrem silnym i bardzo silnym była największa i wyniosła ok. 10%.



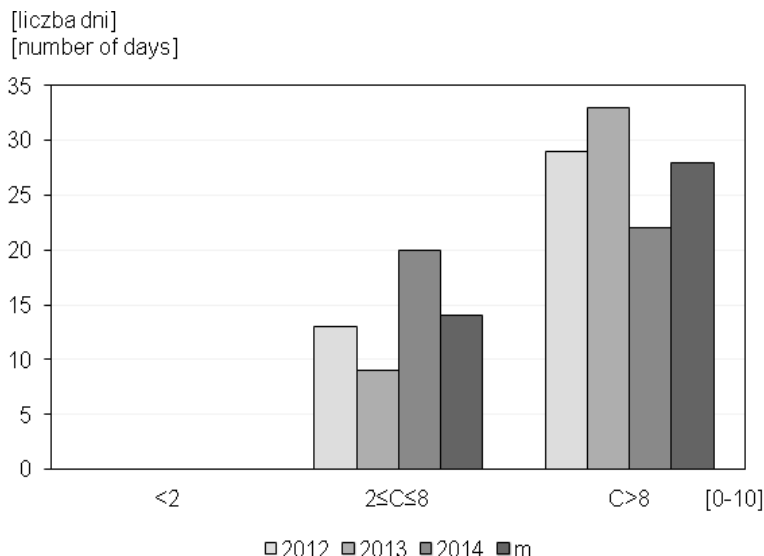
Rys. 5. Częstość wiatru bardzo słabego ($0,1-2,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), słabego ($2,1-5,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), umiarkowanego ($5,1-10,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) oraz silnego i bardzo silnego ($>10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) na Równinie Kaffiøyra w sezonach letnich 2012-2014. Objaśnienie: m – średnia

Fig. 5. Frequency of occurrence of very weak ($0.1-2.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), weak ($2.1-5.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), moderate ($5.1-10.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) and strong and very strong ($>10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) winds on the Kaffiøyra Plain in the summer seasons of 2012-2014. Key: m – mean

Najmniejszy stopień zachmurzenia w badanym okresie 3-letnim wystąpił w 2014 r. (7,4, tab. 1). Zdecydowała o tym niezbyt pochmurna druga część sierpnia, w której wielkość zachmurzenia w dwóch ostatnich dekadach wahała się od 6,0 do 6,5 (rys. 2). W tym roku najbardziej pochmurny był koniec lipca

(8,9). Nieco większe średnie sezonowe zachmurzenie (8,4) wystąpiło latem 2012 r. Najmniejsze było ono w końcu sezonu (8,0), a największe pod koniec lipca (8,6) i w drugiej dekadzie sierpnia (8,7). Lato 2013 r. charakteryzowało się wyraźnie największym zachmurzeniem w całym rozpatrywanym okresie, co zostało spowodowane omówioną wcześniej dominacją układów cyklonalnych, kierujących często masy powietrza z sektora SW (rys. 3). W rezultacie przez większość czasu dominowało prawie całkowite zachmurzenie. Sporadycznie występowały dni ze średnim zachmurzeniem nieprzekraczającym 6 (3 VII, 9 VII, 22 VIII, 24 VIII i 30-31 VIII). Średni przebieg wielkości zachmurzenia w sezonach letnich 2012-2014 wykazał stopniowy jej spadek od początku obserwacji do pierwszej połowy ostatniej dekady sierpnia włącznie. Wyjątkiem była ostatnia pentada sierpnia, kiedy wystąpił jej wzrost (rys. 2).

W żadnym z badanych sezonów letnich nie wystąpił ani jeden dzień pogodny, w którym zachmurzenie byłoby mniejsze od 2 (rys. 6). W lecie 2012 r. najwięcej wystąpiło dni pochmurnych ($C > 8$), a ich liczba wyniosła 29. Nieco mniej było dni chmurnych (13 dni), tzn. z zachmurzeniem między 2 a 8. Najmniej było dni (tylko 9) z całkowitym zachmurzeniem. W lecie 2013 r. również dominowały dni pochmurne (33). Dużo mniej było dni chmurnych i z całkowitym zachmurzeniem (po 9 dni w każdej z klas). Nieco bardziej odmienny był ostatni sezon letni. W 2014 r. najwięcej było dni chmurnych (20), natomiast nieco mniej pochmurnych (ok. 14). Jedynie w 4 dniach tego lata panowało całkowite zachmurzenie.



Rys. 6. Liczba dni pogodnych ($C < 2$), chmurnych ($2 \leq C \leq 8$) i pochmurnych ($C > 8$) na Równinie Kaffiøyra w sezonach letnich 2012-2014. Objaśnienie: m – średnia

Fig. 6. Number of clear ($C < 2$), partly cloudy ($2 \leq C \leq 8$) and overcast ($C > 8$) days on the Kaffiøyra Plain in the summer seasons of 2012-2014. Key: m – mean

Z wielkością zachmurzenia jest ściśle związany przebieg usłonecznienia w ciągu dnia. Sytuacja ta była widoczna przede wszystkim w pierwszej i trzeciej dekadzie sierpnia 2012 r., kiedy to przy średnim zachmurzeniu od 3 do 6 nastąpił wzrost usłonecznienia nawet o 17-18 godzin. W lecie 2013 r. usłonecznienie było zdecydowanie najmniejsze w badanym okresie oraz było jednym z najmniejszych w wieloleciu 1975-2014. W tym roku przeważało zachmurzenie całkowite oraz dni pochmurne, co było przyczyną wystąpienia niewielkiego usłonecznienia w całym sezonie (67,5 godziny). Zdecydowanie inna sytuacja wystąpiła latem 2014 r. W tym okresie występowało bardzo niewielkie zachmurzenie, dlatego też suma usłonecznienia była bardzo duża i wyniosła ponad 260 godzin (tab. 1). Szczególnie słoneczna była druga połowa sierpnia (rys. 2).

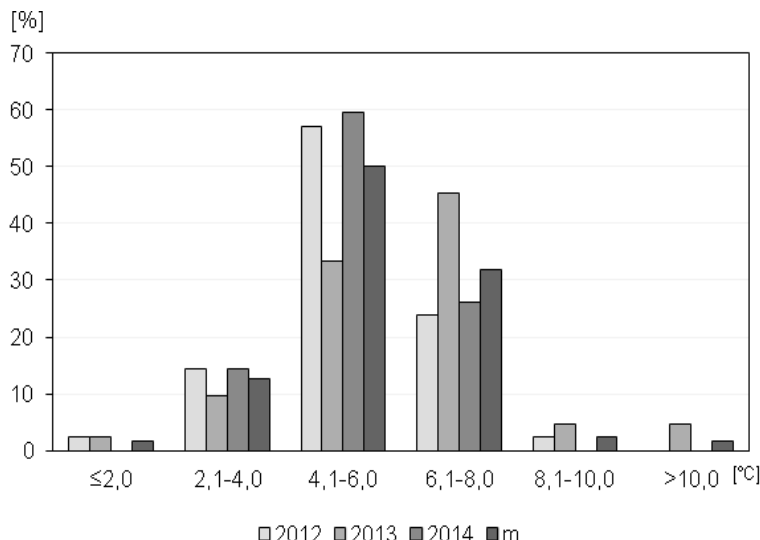
Najważniejszym elementem meteorologicznym w Arktyce, w tym na Spitsbergenie, jest temperatura powietrza. Na jej zróżnicowanie największy wpływ wywiera zachmurzenie, zacienienie, albedo, ekspozycja stoku, jak również wysokość nad poziomem morza oraz adwekcja mas powietrza nad dany obszar (Kejna, 2012). Średnia wartość temperatury powietrza w 3 badanych sezonach letnich wyniosła 5,5°C (tab. 1, rys. 2). Dużo chłodniejsze były sezony letnie 2012 i 2014, kiedy średnia temperatura wyniosła odpowiednio 5,2 i 5,3°C. W przebiegu temperatury powietrza w lecie 2012 r. (rys. 2) można wyróżnić 3 okresy ocieplenia – w ostatniej dekadzie lipca (średnio 5,6°C), od ok. 9 do 11 sierpnia (ok. 7°C) oraz pod koniec sierpnia (temperatura w tym czasie dochodziła do 8°C). Wystąpiło jedno znaczące ochłodzenie (22VIII), kiedy średnia dobową temperaturą spadła do 2°C.

Znacznie większe różnice w przebiegu średniej dobowej temperatury powietrza wystąpiły latem 2013 r. Do połowy III dekady lipca była ona dość stabilna, utrzymując się ok. 5-6°C. Następnie na przełomie pierwszej i drugiej dekady sierpnia znacząco spadła, osiągając minimum (również w latach 2012-2014) 13 sierpnia (tylko ok. 1°C). W ciągu następnych kilku dni temperatura szybko wzrosła, osiągając najwyższą wartość sezonową równą 11,5°C. Aż do końca sierpnia trwał cieplejszy okres, z maksimum 27 sierpnia (10,0°C). W rezultacie średnia temperatura powietrza w ostatniej dekadzie sierpnia wyniosła aż 6,8°C. Znacząco podniosła ona średnią temperaturę w całym sezonie letnim, która wyniosła 6,1°C i była najwyższą spośród wszystkich 3 sezonów (tab. 1).

Średnia temperatura powietrza w lecie 2014 r. (5,3°C) była bardzo zbliżona do tej z 2012 r. (tab. 1). Przebieg jej średnich dobowych wartości był w znacznym stopniu wyrównany (rys. 2). Można wyróżnić dwa okresy słabego ochłodzenia – pierwszy na przełomie lipca i sierpnia, kiedy temperatura osiągnęła minimum w całym sezonie (2,3°C), oraz pod koniec sezonu (stopniowy spadek z 5,5°C do 2,4°C).

W latach 2012 i 2014 (rys. 7) dominowały wartości temperatury z przedziału 4,1-6,0°C (odpowiednio 58 i 60%), w 2013 r. natomiast wystąpiło najwięcej dni

z temperaturą w zakresie 6,1-8,0°C (45%), co spowodowało, że lato to było najcieplejsze. W pozostałych przedziałach rozkład częstości w poszczególnych sezonach był równomierny. W przedziałach $\leq 2,0^\circ\text{C}$, 8,1-10,0°C i $>10,0^\circ\text{C}$ częstość wyniosła ok. 2% w sezonach 2012 (z wyjątkiem przedziału $>10,0^\circ\text{C}$) i 2013, natomiast w roku 2014 nie wystąpił żaden taki dzień. Średnia częstość dni z temperaturą od 4,1 do 6,0°C w badanych 3 latach wyniosła ok. 50%, natomiast 6,1 do 8,0°C ok. 32%. Temperatura z zakresu od 2,1°C do 4,0°C wystąpiła z częstością 13% (rys. 7).



Rys.7. Częstość wartości temperatury powietrza (%) w przedziałach co 2°C na Równinie Kaffiøra w sezonach letnich 2012-2014. Objaśnienie: m – średnia

Fig. 7. Frequency of occurrence of air temperature (%) in 2°C intervals on the Kaffiøra Plain in the summer seasons of 2012-2014. Key: m – mean

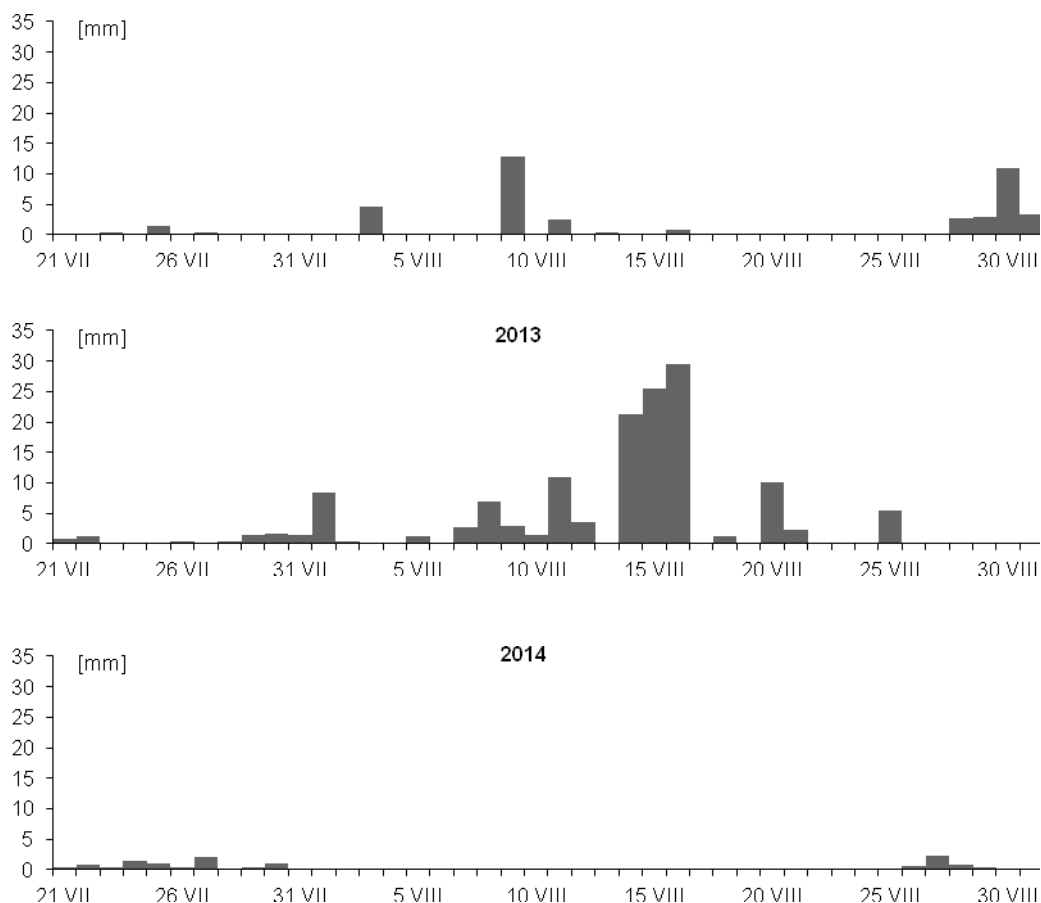
Przebieg średnich dobowych wartości ciśnienia pary wodnej w lecie 2012 r. był wyrównany prawie przez cały okres. Pod koniec lata, w drugiej dekadzie sierpnia, wystąpił powolny spadek jego wartości; 24 sierpnia ciśnienie pary wodnej osiągnęło minimum (4,9 hPa), po czym nastąpił nieco szybszy wzrost. Początek i koniec lata, jak również przełom pierwszej i drugiej dekady sierpnia, charakteryzowały się najwyższymi wartościami średnimi dobowymi (9-10 hPa). W lecie 2013 r. średnie dobowe wartości ciśnienia pary wodnej najczęściej oscylowały między 8 a 9 hPa, z wyjątkiem okresu 10-14 sierpnia, kiedy były zdecydowanie niższe (tylko ok. 6 hPa). Nie pojawiło się w tym czasie wyraźne minimum. Średnie ciśnienie pary wodnej w całym okresie letnim 2013 roku było najwyższe w badanych 3 latach i wyniosło 8,2 hPa. Ze wszystkich rozpatrywanych sezonów letnich najbardziej stabilny przebieg ciśnienia pary wodnej

(średnia wartość sezonowa 7,5 hPa, przy odchyleniu standardowym 0,87 hPa) z dnia na dzień był w lecie 2014 r. (rys. 2). W tym roku, poza przełomem lipca i sierpnia oraz końcem sierpnia (ok. 6-7 hPa), wartości wahały się na podobnym poziomie ok. 7-8 hPa.

W lecie 2012 r. średnie dobowe wartości wilgotności względnej przez większość tego okresu wynosiły od 80 do 98% (rys. 2). W pierwszych 3 dekadach wilgotność względna wyniosła ok. 89%. Zdecydowanie mniej wilgotne powietrze było pod koniec lata, z minimum 53% 24 sierpnia. Podobny zakres zmian wystąpił w kolejnym sezonie letnim, wilgotność względna miała jednak nieco bardziej zróżnicowany przebieg, a w połowie lata wystąpiło kilka okresów z jej spadkiem (rys. 2). Pierwszy zaobserwowano wraz z początkiem drugiej dekady sierpnia, kiedy wilgotność względna wyniosła ok. 70%. Największy jej spadek, do 65%, wystąpił pod koniec tej dekady. Było to bezpośrednio związane ze znacznym wzrostem temperatury, który został spowodowany wystąpieniem fenu. Największa wilgotność była natomiast w trzeciej dekadzie lipca (ok. 90%). W ostatnim z sezonów nie zaobserwowano w przebiegu z dnia na dzień znacznych odchyień. Średnie dekadowe wartości wilgotności względnej wahały się od 82 do 88%. Było to najmniej wilgotne lato w okresie 2012-2014 (rys. 2).

Omawiane sezony letnie różniły się między sobą znacząco wielkością opadów (rys. 8). W lecie 2012 r. opady były w normie i wyniosły 43,9 mm. Dłuższy okres codziennych opadów wystąpił jedynie pod koniec lata, od 28 do 31 sierpnia, z najwyższą dobową sumą opadów 10,9 mm. Rekordową sumę dobową (12,9 mm) odnotowano jednak 9 sierpnia. W pozostałych dniach opady występowały sporadycznie, a ich sumy były niewielkie (<5 mm). Najbardziej deszczowe było lato 2013 r., w którym zmierzony opad wyniósł aż 141,4 mm. Była to najwyższa suma opadów na Kaffiøyrze od 1975 roku. Warto dodać, że ponad połowa opadów (76,2 mm) spadła w ciągu zaledwie 3 dni, między 14 a 16 sierpnia. Najwyższą sumę dobową w tym czasie i jednocześnie w całym lecie, odnotowano 16 sierpnia (29,6 mm). Oprócz tego niezwykle deszczowego okresu, wystąpiły jeszcze dwa okresy ciągłych, ale już dużo słabszych opadów. Pierwszy, charakteryzujący się mniejszą intensywnością, trwał od 28 lipca do 2 sierpnia, a drugi od 7 do 12 sierpnia. Z kolei lato 2014 r. było bardzo suche (12,1 mm), ale nie rekordowo suche (8,5 mm w 2010 roku, Araźny, 2011). Podczas całego sezonu nie było ani jednego dnia z dobową sumą opadów powyżej 5 mm, wystąpiły jedynie dwa okresy o bardzo małych opadach. Pierwszy z nich był znacznie dłuższy (21-30 VII) niż drugi (26-31 VIII) i w rezultacie sumy opadów w tych okresach wyniosły odpowiednio 7,8 mm i 4,3 mm.

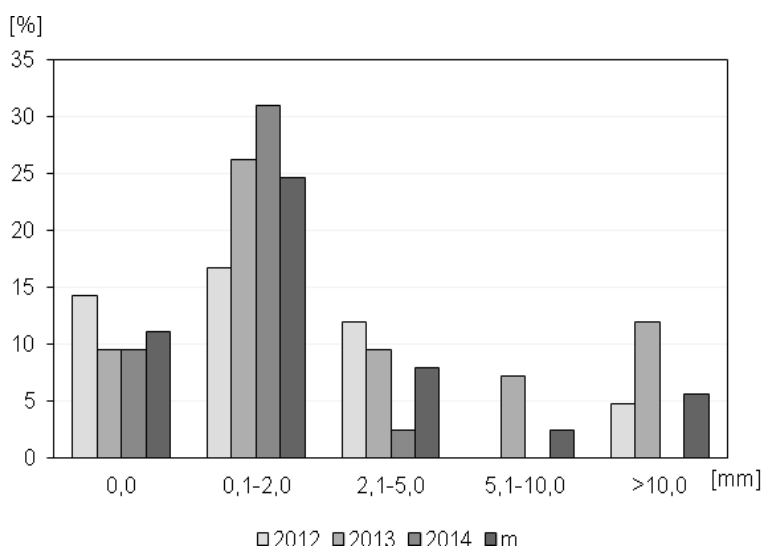
Częstość dobowych sum opadów w poszczególnych przedziałach wielkości przedstawiono na rys. 9. Lato 2012 r. charakteryzowało się dość równomiernym rozkładem opadów w przedziałach 0,0, 0,1-2,0 i 2,1-5,0 mm. Ich częstość wyniosła odpowiednio 14,3%, 16,7% i 11,9%. Opady wydajniejsze były bardzo rzadkie.



Rys. 8. Przebieg dobowych sum opadów atmosferycznych na Równinie Kaffiøyra w sezonach letnich 2012-2014

Fig. 8. Course of diurnal totals of precipitation on the Kaffiøyra Plain in the summer seasons of 2012-2014

Odmienne wyglądał rozkład częstości dobowych sum opadów w lecie 2013 r. Najwięcej opadów wystąpiło w przedziale 0,1–2,0 mm (26,2%), natomiast pozostałe przedziały charakteryzowały się równomierną częstością od 7,1% (5,1–10,0 mm) do 11,9% (> 10,0 mm). W najsuchszym lecie 2014 r. nie było opadów wyższych niż 5,0 mm. Najczęściej występowały opady od 0,1 do 2,0 mm (31,0%). Częstość śladowych opadów wyniosła 9,5%. Najrzadziej (2,4%) występowały opady od 2,1 do 5,0 mm. W sezonach letnich 2012 i 2014 wystąpiło dużo dni bezopadowych, których częstość przekroczyła 50% (odpowiednio 52,4 i 57,1%). Jedynie w 2013 r. była ona znacznie mniejsza i wyniosła 35,7%.



Rys. 9. Częstość dobowych sum opadów (mm) w przedziałach na Równinie Kaffiøyra w sezonach letnich 2012-2014. Objasnienie: m – średnia

Fig 9. Frequency of occurrence of precipitation (mm) in intervals on the Kaffiøyra Plain in the summer seasons of 2012-2014. Key: m – mean

Podsumowanie

Skutki znaczącego ocieplenia Arktyki, obserwowanego szczególnie silnie od ok. 20 lat (Przybylak, 2016), są bardzo dobrze widoczne także w środowisku naturalnym rejonu Kaffiøry. Z tego powodu Katedra Meteorologii i Klimatologii UMK w ostatnich kilkunastu latach zintensyfikowała znacznie swoje badania meteorologiczno-klimatyczne na tym obszarze. Wyniki tych badań zostały przedstawione w wielu publikacjach, ich szczegółowy przegląd można znaleźć m. in. w pracy Przybylaka i in. (2015). W niniejszym artykule natomiast są zaprezentowane wyniki standardowych badań prowadzonych w latach 2012-2014, które zostały ukazane na tle wieloletnim. Jak wspomniano bowiem na wstępie, obserwacje meteorologiczne rozpoczęto w pobliżu stacji polarnej UMK już w 1975 r., czyli w zasadzie na początku współczesnego okresu ocieplenia klimatu globalnego. Tak długa seria dostępnych obserwacji pozwala na wiarygodną ocenę wielkości zmian klimatu w rejonie Kaffiøry. W przypadku temperatury powietrza i gruntu oraz opadów atmosferycznych wielkości tych zmian zostały dokładnie opracowane i opublikowane (Przybylak i in., 2009, 2011; Przybylak, Araźny, 2012; Araźny i in., 2016). W niniejszym artykule zostały one ukazane natomiast m. in. w tab. 1, w której przedstawiono wartości poszczególnych elementów meteorologicznych w latach 2012-2014 na tle odpowiednich danych z lat 1975-2014.

W badanym okresie stwierdzono większą prędkość wiatru ($5,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i $4,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ w 40-leciu 1975-2014). Przyczyniła się do tego przede wszystkim zwiększona jego prędkość w sezonie letnim 2012 r. ($6,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Świadczy to o wzroście działalności cyklonalnej na obszarze Spitsbergenu. Oprócz wiatru, znacznym zmianom podległy także wszystkie parametry temperatury powietrza (tab. 1). W największym stopniu wzrosła temperatura maksymalna (o $0,8^{\circ}\text{C}$), a w najmniejszym minimalna (tylko o $0,4^{\circ}\text{C}$). Warto zauważyć też znaczny wzrost średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza – o $0,5^{\circ}\text{C}$. Jest to zgodne z obserwowanym jej trendem zmian w tej części Arktyki (zobacz Przybylak, 2000). Ociepleniu klimatu w rejonie Kaffiøyry towarzyszy także znaczący wzrost opadów, który w latach 2012-2014 wyniósł nieznacznie powyżej 150% ich wartości z lat 1975-2014 (tab. 1). Pozostałe elementy meteorologiczne omawiane w niniejszym artykule nie wykazały większych zmian w badanym 40-leciu.

Na podstawie przedstawionych przebiegów zmian z dnia na dzień poszczególnych elementów meteorologicznych w sezonie letnim widać wyraźnie, że ich zmienność na Spitsbergenie jest bardzo duża. Bezpośrednią przyczyną tego jest bardzo duża niestabilność cyrkulacji atmosferycznej, związana m. in. z faktem, że obszar naszych badań leży na trasie przemieszczania się niżów barycznych tzw. Bruzdą Islandzko-Karską (Przybylak, 2016).

Podziękowanie

Opracowanie wykonano w ramach projektu *badawczego Współczesne i historyczne zmiany klimatu i topoklimatów Svalbardu* NCN nr DEC-2011/03/B/ST10/05007. Autorzy składają serdeczne podziękowania uczestnikom ekspedycji TWP prowadzącym pomiary i obserwacje meteorologiczne.

Materiały wpłynęły do redakcji 18 I 2016.

Literatura

- Arażny A., 1999, *Warunki meteorologiczne na Równinie Kaffiøyra (NW Spitsbergen) w okresie 20.07 – 2.09.1998*. Problemy Klimatologii Polarnej, 9, Gdynia, 103-116.
- Arażny A., 2002, *Warunki meteorologiczne na Równinie Kaffiøyra (NW Spitsbergen) w okresie 21 VII – 1 IX 1997*. Problemy Klimatologii Polarnej, 10, Toruń, 73-92.
- Arażny A., 2008, *Bioklimat Arktyki Norweskiej i jego zmienność w okresie 1971-2000*. Wyd. UMK, Toruń, ss. 215.
- Arażny A., 2011, *Zróżnicowanie wilgotności względnej i opadów atmosferycznych w rejonie Forlandsundet (NW Spitsbergen) w sezonie letnim 2010*, Problemy Klimatologii Polarnej, 15, Gdynia, 155-172.
- Arażny A., Migala K., Sikora S., Budzik T., 2010, *Meteorological and biometeorological conditions in the Hornsund area (Spitsbergen) during the warm season*. Polish Polar Research, 31(3), 217-238.

- Arażny A., Przybylak R., Kejna M., 2016, *Ground temperature changes on the Kaffiøyra Plain (Spitsbergen) in the summer seasons, 1975-2014*. Polish Polar Research, 37(1).
- Baranowski S., 1968, *Termika tundry peryglacjalnej SW Spitsbergen*. PWN, Wrocław, ss. 76.
- Baranowski S., 1975, *The climate of west Spitsbergen in the light of material obtained from Isfjord Radio and Hornsund*. Acta Universitatis Wratislaviensis, 251, 21-34.
- Baranowski S., Głowicki B., 1975, *Meteorological and hydrological investigations in the Hornsund region made in 1970*. Acta Universitatis Wratislaviensis, 251, 35-39.
- Bartnicki L., 1930, *Prądy powietrzne dolne w Polsce*. Prace Geofizyczne, 3, ss. 98.
- Brázdil R., Piasecki J., Prošek P., Szczepankiewicz-Szmyrka A., 1988, *Characterization of the weather conditions in the summer-autumn season of 1985 in the Werenskiöld Glacier region*, [w:] Brázdil R. i in., *Results of investigations of the Geographical Research Expedition, Spitsbergen 1985*, Brno, 187-210.
- Brázdil, R., Prošek, P., Paczos, S., Siwek, K., 1991, *Comparison of meteorological conditions in Calypsobyen and Reindalen in summer 1990*. Wyprawy Geograficzne UMCS na Spitsbergen, Lublin, 57-76.
- Bednorz E., Kolendowicz L., 2010, *Summer 2009 thermal and bioclimatic conditions in the Ebba Valey region*. Polish Polar Research, 31 (4), 327-348.
- Budzik T., Sikora S., Arażny A., 2009, *Przebieg roczny salda promieniowania powierzchni czynnej w Hornsundzie (V 2008 – IV 2009)*, Problemy Klimatologii Polarnej, 19, 233-246.
- Gluza A., Piasecki, J., 1989, *Rola cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu cech klimatu południowego Belsundu na przykładzie sezonu wiosenno-letniego 1987 r.* Sesja Polarna, INoZ, Lublin, 9-28.
- Gluza A., Siłuch M., Siwek K., 2004, *Porównanie wybranych elementów meteorologicznych w sezonie letnim między stacjami Hornsund i Calypsobyen (Spitsbergen)*. Problemy Klimatologii Polarnej, 14, 183-188.
- Gluza A., Siwek K., 2006, *Przebieg warunków pogodowych na stacji w Calypsobyen w sezonie letnim 2005*. Problemy Klimatologii Polarnej, 16, 139-146.
- Gluza A., Siwek K., 2007, *Struktura typów pogody w rejonie Bellsundu (W Spitsbergen) w sezonach letnich*. Problemy Klimatologii Polarnej, 17, 113-120.
- Gluza A., Siwek K., 2009, *Odczuwalność cieplna w sezonach letnich 2007 i 2008 w Calypsobyen (Spitsbergen)*. Problemy Klimatologii Polarnej, 19, 223-231.
- Głowicki B., Baranowski S., 1974, *Glacio-meteorologiczne badania w czasie wypraw 1970 i 1971 r. Polskie Wyprawy na Spitsbergen 1970 i 1971 r.* Materiały z Sympozjum Spitsbergeńskiego, Wrocław 6-7 kwietnia 1972, Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, 17-21.
- IPCC, 2007, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, [S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (red.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, ss. 996.
- IPCC, 2013, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (red.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, ss. 1535.
- Kamiński A., 1982a, *Badania meteorologiczne na południowym Spitsbergenie w lecie 1978 roku*, [w:] M. Pulina, T. Szczypek (red.) *Wyprawy polarne Uniwersytetu Śląskiego 1977-1980*, Katowice, 135-150.
- Kamiński A., 1982b, *Badania meteorologiczne zebrane na południowym Spitsbergenie latem 1979 roku*, [w:] M. Pulina, T. Szczypek (red.) *Wyprawy polarne Uniwersytetu Śląskiego 1977-1980*, Katowice, 151-166.
- Kejna M., 2002, *Warunki meteorologiczne na Kaffiøyrze (NW Spitsbergen) w okresie od 13 lipca do 9 września 1999 roku*. Problemy Klimatologii Polarnej, 10, Toruń, 93-110.
- Kejna M., 2012, *Radiation conditions*, [w:] R. Przybylak, A. Arażny, M. Kejna (red.) *Topoclimatic diversity in Forlandsundet Region (NW Spitsbergen) in global warming conditions*. NCU, Toruń, 53-76.
- Kejna M., Dzieniszewski M., 1993, *Warunki meteorologiczne na Kaffiøyra (NW Spitsbergen) w okresie 26.06 – 31.08.1985 r.* AUNC, Geografia 24, Toruń, 43-54.

- Kosiba A., 1960, *Some of results of glaciological investigations in SW-Spitsbergen carried out during the Polish IGY Spitsbergen expeditions 1957, 1958 and 1959*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Wrocławskiego, ser. B. nr 4: Nauki o Ziemi, 3-31.
- Leszkiewicz J., 1977, *Meteorological conditions in the northern part of Kaffiøyra Plain during the period from July 1 to August 21, 1975*, Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia 23, 43, 98-111.
- Marciniak K., Przybylak R., 1983, *Meteorological conditions in the Kaffiøyra (NW Spitsbergen) since 7th July to 5th September 1979*, Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia 18, Toruń, 113-123.
- Marciniak K., Przybylak R., 1991, *Warunki meteorologiczne na Równinie Kaffiøyra (NW Spitsbergen) w okresie 5 VII – 7 IX 1980 r.* Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia 23, 73, Toruń, 97-107.
- Marciniak K., Przybylak R., Kejna M., 1993, *Dynamika warunków meteorologicznych na Równinie Kaffiøyra (NW Spitsbergen) w okresie 8.07-7.09 1989 r.*, Wyniki badań VIII Toruńskiej Wyprawy Polarnej Spitsbergen'89. UMK, Toruń, 31-46.
- Marsz A.A., Styszyńska A. (red.), 2007, *Klimat rejonu Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie – stan, zmiany i ich przyczyny*. Wyd. Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia, ss. 376.
- McBean, G., Alekseev G., Chen D., Førland E., Fyfe J., Groisman P.Y., King R., Melling H., Vose R., Whitfield P.H., 2005, *Arctic climate: past and present*. [w:] C. Symon, L. Arris, B. Heal (red.) *Arctic Climate Impacts Assessment (ACIA)*, Cambridge University Press, Cambridge, 21-60.
- Migała K., Nasiółkowski T., Pereyma J., 2008, *Topoclimatic conditions in the Hornsund area (SW Spitsbergen) during the ablation season 2005*. Polish Polar Research, 29 (1), 73-91.
- Migała K., Piwowar B.A., Puczek D., 2006, *A meteorological study of the ablation process on Hans Glacier, SW Spitsbergen*. Polish Polar Research, 27, 243-258.
- Niedźwiedz T., 1981, *Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły*, Rozprawy Habilitacyjne 58, UJ, Kraków, ss. 165.
- Pereyma J., 1983, *Climatological problems of the Hornsund area, Spitsbergen*, Acta Universitatis Wratislaviensis, 714, ss. 134.
- Przybylak R., 2000, *Diurnal temperature range in the Arctic and its relation to hemispheric and Arctic circulation patterns*. Int. Journal of Climatology, 20, 231-253.
- Przybylak R., 2016, *The Climate of the Arctic*. Springer, Second edition, ss. 287.
- Przybylak R., Arażny A., 2007, *Warunki meteorologiczne na równinie Kaffiøyra (NW Spitsbergen) w okresie od 13 lipca do 20 września 2005 r.*, [w:] R. Przybylak, M. Kejna, A. Arażny, P. Głowacki (red.) *Abiotyczne środowisko Spitsbergenu w latach 2005-2006 w warunkach globalnego ocieplenia*. UMK, Toruń, 33-50.
- Przybylak R., Arażny A., 2012, *Comparison of meteorological conditions in the area of Forlandsundet in the summer seasons of 2010-2011 with meteorological conditions in the years of 1975-2011*, [w:] R. Przybylak, A. Arażny, M. Kejna (red.) *Topoclimatic diversity in Forlandsundet Region (NW Spitsbergen) in global warming conditions*. UMK, Toruń, 139-145.
- Przybylak R., Arażny A., Kejna M. (red.), 2012, *Topoclimatic diversity in Forlandsundet region (NW Spitsbergen) in global warming conditions*, Oficyna Wyd. „Turpress”, Toruń, ss. 174.
- Przybylak R., Arażny A., Kejna M., Maszewski R., Wyszynski P., 2009, *Zróżnicowanie opadów atmosferycznych w rejonie Kaffiøyra (NW Spitsbergen) w sezonie letnim w latach 1980-2008*. Problemy Klimatologii Polarnej, 19, 189-202.
- Przybylak R., Kejna M., Arażny A., 2011, *Air Temperature and Precipitation Changes in the Kaffiøyra Region (NW Spitsbergen) from 1975 to 2010*. Papers on Global Change IGBP, 18(1), 7-22.
- Przybylak R., Marciniak K., Arażny A., Kejna M., 2015, *Badania polarne Katedry Meteorologii i Klimatologii UMK w Toruniu*. Problemy Klimatologii Polarnej, 25, 19-32.
- Przybylak R., Szczepłewska E., 2002, *Warunki meteorologiczne na Równinie Kaffiøyra (NW Spitsbergen) w okresie od 3 VII do 31 VIII 2000 roku*. Problemy Klimatologii Polarnej 10, Toruń, 111-137.
- Rachlewicz G., 2003, *Warunki meteorologiczne w zatoce Petunia (Spitsbergen środkowy) w sezonach letnich 2000 i 2001*. Problemy Klimatologii Polarnej, 13, 127-138.
- Rachlewicz G., Styszyńska A., 2007, *Porównanie przebiegu temperatury powietrza w Petuniabukta i Svalbard-Lufthavn (Isfjord, Spitsbergen) w latach 2001-2003*. Problemy Klimatologii Polarnej, 17, 121-134.

- Sikora S., Arażny A., Budzik T., Migąła K., Puczek D., 2010, *Warunki meteorologiczne i biometeorologiczne okolic Hornsundu (Spitsbergen Zachodni) w roku 2009*. Problemy Klimatologii Polarnej, 20, 83–101.
- Wójcik G., 1982, *Meteorological conditions at the Kaffiøyra Plain – Spitsbergen from 21st July to 28th August 1977*. Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia 16, 51, Toruń, 151–166.
- Wójcik G., Marciniak K., 1983, *Meteorological conditions in the Kaffiøyra Plain (NW Spitsbergen) since 21st July to 7th September 1978*. Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia, 18, 56, 99–111.
- Wójcik G., Przybylak R., 1991, *Warunki meteorologiczne na Równinie Kaffiøyra (NW Spitsbergen) w okresie 14 lipca – 9 września 1982 r.*, Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia 22, Toruń, 97–107.

Streszczenie

W artykule przedstawiono charakterystykę warunków meteorologicznych w północnej części Kaffiøry (NW Spitsbergen, rys. 1) w sezonach letnich (21 VII – 31 VIII) w okresie 2012–2014 (tab. 1, rys. 2–9). Pomiar i obserwacje meteorologiczne prowadzono w ogródku meteorologicznym zlokalizowanym w pobliżu stacji polarnej UMK na morenie czołowo-bocznej Lodowca Aavatsmarka ($\varphi=78^{\circ}4'N$, $\lambda=11^{\circ}51'E$, $h=11,5$ m n.p.m.). Wykonywano je 4 razy na dobę, w terminach 00, 06, 12, 18 UTC (01, 07, 13, 19 LMT). W artykule uzyskane wyniki porównano z wieloletnimi wartościami większości elementów meteorologicznych obliczonymi z kilkudziesięciu sezonów letnich, w których zorganizowano Toruńskie Wyprawy Polarne w okresie 1975–2014 (tab. 1).

W sezonach letnich 2012–2014 stwierdzono większą prędkość wiatru ($5,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ w stosunku do $4,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ w wieloleciu 1975–2014). Przyczyniła się do tego przede wszystkim zwiększona jego prędkość w sezonie letnim 2012 r. ($6,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Świadczy to o wzroście działalności cyklonalnej na obszarze Spitsbergenu. Oprócz wiatru znaczącym zmianom podległy także wszystkie parametry temperatury powietrza (tab. 1). W największym stopniu wzrosła temperatura maksymalna (o $0,8^{\circ}\text{C}$), a w najmniejszym minimalna (tylko o $0,4^{\circ}\text{C}$). Warto też odnotować znaczny wzrost średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza, o $0,5^{\circ}\text{C}$. Ociepleniu klimatu w rejonie Kaffiøry towarzyszy także znaczny wzrost opadów, który w latach 2012–2014 wyniósł nieznacznie powyżej 150% ich wielkości z lat 1975–2014. (tab. 1). Pozostałe elementy wymawiane w artykule nie wykazały większych zmian w porównaniu do danych wieloletnich.

Słowa kluczowe: Arktyka, Spitsbergen, Kaffiøyra, warunki meteorologiczne, zmiany sezonowe

Summary

This article provides the characteristics of meteorological conditions in the north of Kaffiøyra (NW Spitsbergen, Fig. 1) in the summer seasons (21 July – 31 August) of 2012–2014 (Table 1, Figs 2–9). The observations and measurements were carried out at a meteorological site located near the NCU Polar Station on the terminal-lateral moraine of the Aavatsmark Glacier ($\varphi=78^{\circ}4'N$, $\lambda=11^{\circ}51'E$, $h=11.5$ m a.s.l.). The measurements were taken four times per day at 00:00, 06:00, 12:00 and 18:00 UTC (01:00, 07:00, 13:00 and 19:00 LMT). In this article, the obtained results are compared with multi-annual values of most meteorological elements obtained from a few dozen summer seasons, during which Toruń Polar Expeditions were organised in the years 1975–2014 (Table 1).

In the summer seasons of 2012–2014, the observed wind speed was greater than in the years 1975–2014 ($5.3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vs. $4.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, respectively). This was mainly due to its increased speed in the summer of 2012 ($6.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) and it is also an indication of intensified cyclonic activity in the area of

Spitsbergen at the time. Besides the wind, all other parameters of air temperature were also subject to considerable changes (Table 1). The maximum temperature of air increased the most (by 0.8°C), whereas the change in minimum temperature was the smallest (only by 0.4°C). A substantial increase in the mean diurnal amplitude of air temperature by 0.5°C is also noteworthy. The warming of the climate of Kaffiøyra is accompanied by greater precipitation, which in the years 2012-2014 slightly exceeded 150% of its respective amount for 1975-2014 (Table 1). The other meteorological elements analysed in this article do not show any major changes as compared with the long-term data.

Key words: Arctic, Spitsbergen, Kaffiøyra, meteorological conditions, seasonal changes

Rajmund Przybylak
rp11@umk.pl
Katedra Meteorologii i Klimatologii
Wydział Nauk o Ziemi
Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Patrycja Ulandowska-Monarcha
ulamona@doktorant.umk.pl

Andrzej Arażny
andy@umk.pl