

Tomasz STRZYŻEWSKI, Patrycja ULANDOWSKA-MONARCHA  
Katedra Meteorologii i Klimatologii UMK

**ZMIENNOŚĆ KIERUNKU I PRĘDKOŚCI WIATRU  
NAD NW SPITSBERGENEM W OKRESIE 1901–2010  
Z UŻYCIEM REANALIZ ERA-20C<sup>1</sup>**

**VARIABILITY OF WIND SPEED AND DIRECTION OVER  
THE NW SPITSBERGEN IN THE PERIOD 1901-2010 USING  
ERA-20C REANALISES**

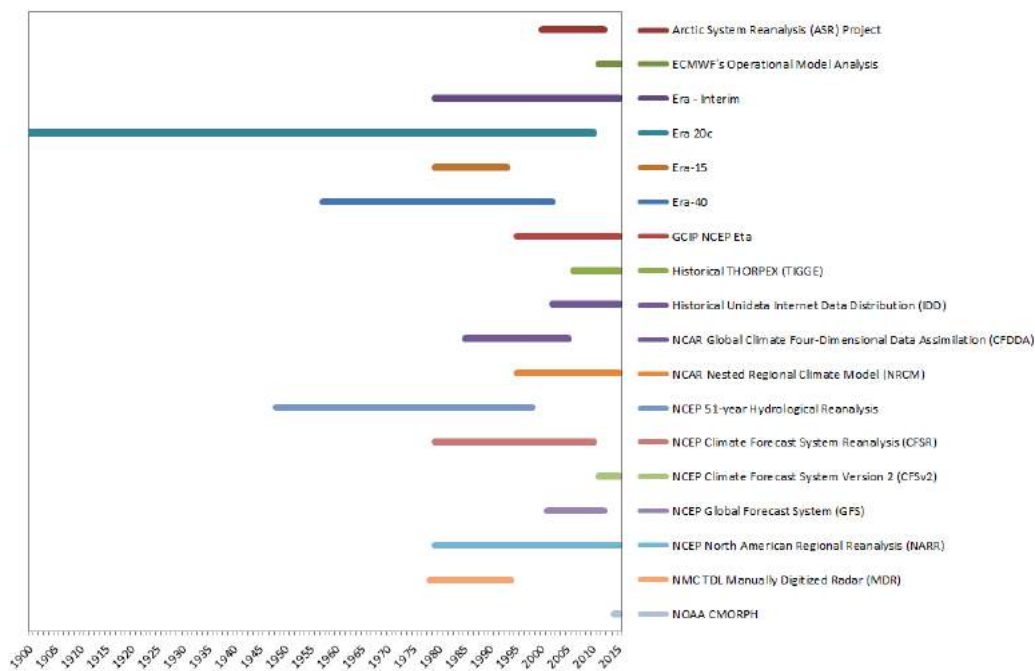
Celem opracowania jest poznanie warunków anemologicznych w latach 1901-2010, a zwłaszcza występujących trendów w rejonie północno-zachodniego Spitsbergenu, z użyciem reanaliz klimatu ERA-20C. Uzyskane wyniki porównano z przebiegiem temperatury powietrza w tym rejonie.

W wyniku rozwoju metod numerycznych dostępne są kolejne generacje reanaliz klimatu. Przy ich konstruowaniu jednym z najważniejszych zadań jest odtworzenie pola ciśnienia, ponieważ od położenia ośrodków barycznych zależy intensywność i dynamika pozostałych elementów meteorologicznych. Można więc spodziewać się, że prędkość i kierunek wiatru, jako bezpośrednia pochodna rozkładu pól ciśnienia, mogą być odtworzone z dużą dokładnością. Zaletą reanaliz jest możliwość interpolacji danych na obszarach, w których nie były prowadzone bezpośrednie pomiary meteorologiczne. Należy jednak pamiętać, że jest to swego rodzaju przybliżenie, a same modele nie powstałyby bez ciągłych serii pomiarów terenowych.

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

W regionach polarnych problemem przy tworzeniu baz danych z wykorzystaniem metody reanalizy jest przede wszystkim dostępność danych pomiarowych, na podstawie których można odtworzyć warunki panujące w przeszłości. Im bliżej czasów współczesnych, tym danych pomiarowych, zarówno ze stacji lądowych jak i ze statków, jest coraz więcej. Szczególnie dane ze statków stanowią bardzo cenne źródło informacji przydatnych do tworzenia globalnych reanaliz klimatu. Użyteczność tych danych w odtwarzaniu klimatu potwierdzają analizy wykonane przez Polyakova i in. (2003), Brohana i in. (2010), Przybyłaka i in. (2015).

Zależnie od przyjętych założeń dostępne reanalizy obejmują różne szeregi czasowe. Szczegółowe zestawienie wybranych, najbardziej powszechnych reanaliz zawierających dane o kierunku i prędkości wiatru na wysokości 10 m n.p.g., przedstawia rys. 1. Większość reanaliz to różne modele stworzone przez jedną z komórek NOAA – National Centers for Environmental Protection (NCEP). Niektóre reanalizy zostały stworzone także przez European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Są to dwa najbardziej prężnie modelujące klimat ośrodki na świecie. W każdej z zestawionych na rys. 1 reanaliz zastosowano inne metody i sposoby wyliczeń; szczegóły tych modeli zostały opisane w literaturze ich dotyczącej.



Rys. 1. Zasięgi czasowe wybranych reanaliz kierunku i prędkości wiatru na wysokości 10 m n.p.g.

Fig. 1. Timelines of selected reanalysis of direction and wind speed at 10 m a.g.h

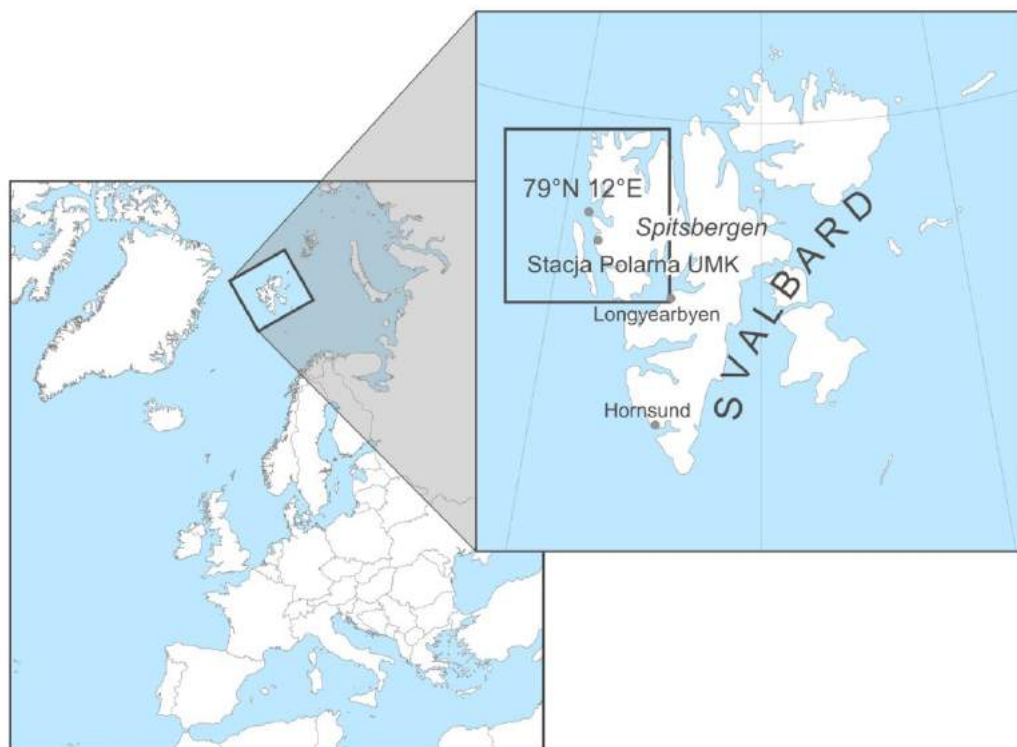
Większość reanaliz obejmuje okres od roku 1979, kiedy na szeroką skalę zaczęto w meteorologii stosować dane satelitarne. Wcześniejsze lata obejmują jedynie reanalizy hydrologiczne NCEP: Era-40 i Era-20C. W niniejszym opracowaniu zastosowano dane z reanaliz ERA-20C (Poli i in., 2015), stworzonych w ramach projektu ERA-CLIM, ponieważ obejmują najdłuższy szereg czasowy kierunku i prędkości wiatru.

Przy zastosowaniu reanaliz w badaniach pola wiatru należy uwzględnić szereg uwarunkowań związanych z zastosowaniem nowocześniejszych urządzeń pomiarowych. Obserwowany wzrost prędkości wiatru w Arktyce w ostatnich latach może być spowodowany zwiększeniem dokładności urządzeń pomiarowych. Reanalizy są jednak zaawansowanym zbiorem, który w swojej strukturze uwzględnia i rozwiązuje szeroki zakres problemów metodycznych. Można przyjąć, że dane te są w pełni zhomogenizowane i porównywalne z dzisiejszymi standardami (Hersbach i in., 2013; Poli i in., 2013). Prace opartą na reanalizach, opisującą zmiany poszczególnych składowych prędkości wiatru w rejonie Spitsbergenu Zachodniego oraz na wschód od Svalbardu, opublikował K r u s z e w s k i (2006, 2007). Dobrym przykładem użycia reanaliz do odtworzenia zmienności prędkości wiatru jest praca Browera i in. (2013), można jednak zauważyć ogólny niedostatek literatury naukowej dotyczącej wiatru w Arktyce (Przybylak, 2016).

## Obszar i metody badań

Analizę kierunku i prędkości wiatru przeprowadzono w odniesieniu do obszaru północno-zachodniego Spitsbergenu. Reanalizy mają zwykle charakter gridowy, o regularnych względem szerokości i długości geograficznej polach. Zestaw danych ERA-20C ma interwał co  $1^\circ$  długości i szerokości geograficznej. W niniejszej pracy został wybrany punkt węzłowy przypadający na szerokość  $79^\circ\text{N}$  i długość  $12^\circ\text{E}$ . Jest to pozycja przypadająca najbliżej NyÅlesund oraz Stacji Polarnej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika na Kaffiøyra (NW Spitsbergen), czyli rejonu, gdzie prowadzi się intensywne badania naukowe. Położenie obszaru badawczego przedstawia rys. 2.

W pracy zastosowano standardowe metody wykorzystywane do analizy klimatologicznej kierunku i prędkości wiatru. Prędkość i kierunek wiatru w reanalizach są przedstawione jako składowe wektorów  $U$  i  $V$ . Składowa  $U$ , inaczej zwana składową wschodnią, przyjmuje wartości dodatnie dla wektorów skierowanych w kierunku wschodnim (odpowiednio wartości ujemne dla kierunku zachodniego). Komponent  $V$ , zwany składową północną, przyjmuje wartości dodatnie dla wektora o składowej północnej, ujemne – dla południowej. Takie podejście do kierunku i prędkości wiatru pozwala wyliczać średni kierunek wiatru, co nie jest możliwe przy tradycyjnej analizie na podstawie róży kierunków wiatru. Należy



Ryc. 2. Archipelag Svalbard na tle Europy oraz położenie Stacji Polarnej UMK i gridu 79°N, 12°E  
Fig.2. Location of Svalbard, Nicolaus Copernicus University Polar Station and grid 79°N, 12°E

jednak zaznaczyć, że przechodzenie między systemami wektorowym a tradycyjnym nie zawsze jest bezproblemowe. Zawsze możemy przejść precyzyjnie z systemu wektorowego na geograficzny. Podczas konwersji otrzymujemy kierunek wiatru w stopniach i możemy dowolnie agregować go do różny kierunków (odpowiednio 8-lub 16-kierunkowej). Modyfikacja z systemu geograficznego na wektorowy niestety nie jest już tak dokładna, ponieważ poszczególne nazwy kierunku wiatru obejmują nie konkretną wartość w stopniach, ale zakres wartości (przy 16-kierunkowej różnicy wiatrów wynosi on 22,5°). Przy opracowywaniu reanaliz klimatu należy również pamiętać, że reanalizy podają kierunek ruchu mas powietrza, a nie skąd te masy napływają.

Kierunek wiatru opracowany z reanaliz ERA-20C nie uwzględnia wpływu obszarów lądowych, konfiguracji lądów i ich orografii. Kierunek wiatru jest więc niezaburzony i wynika *stricte* z rozkładu pola ciśnienia atmosferycznego.

## Kierunek wiatru

Nad obszarem NW Spitsbergenu przeważają kierunki wiatru NNE i NE (w sumie 21,9%). Najrzadziej występuje wiatr z kierunków zachodnich (W, WNW, NW, WSW, łącznie 9,7%). Widać wyraźnie różniącą się strukturę częstości kierunku wiatru w porach roku. W styczniu bardzo wyraźnie przeważa napływ powietrza z kierunków NNE, NE i ENE (37,3%), a najrzadziej z kierunku zachodniego (1,2%). W lipcu wyraźnie wzrasta częstość napływu powietrza z kierunków południowych (S, SSE, SE – w sumie 31,5%), a udział pozostałych kierunków jest bardziej wyrównany niż zimą.

W artykule porównano częstości kierunków wiatru w dwóch okresach 1901-1930 oraz 1981-2010. Różnice między wynikami badań z tych okresów są niewielkie, ale możliwe do wychwycenia. Wzrosła zwłaszcza częstość wiatru SSW i SW kosztem kierunków NNE i NE (tab. 1).

Tabela. 1. Częstości poszczególnych kierunków wiatru i cisz (%) nad NW Spitsbergenem, wg reanaliz ERA-20C

Table. 1. The frequency of wind directions and calms (%) over NW Spitsbergen, according to reanalyses ERA-20C

| Kierunek wiatru | 1901–1930 | 1981–2010 | 1900–2010 |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| N               | 8,4       | 8,5       | 8,6       |
| NNE             | 11,4      | 11,0      | 12,0      |
| NE              | 10,5      | 9,9       | 10,5      |
| ENE             | 7,9       | 7,4       | 8,2       |
| E               | 7,3       | 7,0       | 7,4       |
| ESE             | 7,8       | 7,8       | 7,7       |
| SE              | 7,9       | 7,5       | 8,0       |
| SSE             | 7,4       | 7,4       | 7,3       |
| S               | 6,0       | 6,0       | 5,8       |
| SSW             | 4,5       | 5,5       | 4,8       |
| SW              | 3,2       | 3,9       | 3,3       |
| WSW             | 2,2       | 2,6       | 2,1       |
| W               | 1,8       | 2,0       | 1,7       |
| WNW             | 2,3       | 2,1       | 2,0       |
| NW              | 3,4       | 3,6       | 3,3       |
| NNW             | 5,7       | 6,1       | 5,6       |
| Cisza           | 2,2       | 1,7       | 1,9       |

Tabela. 2. Częstości poszczególnych kierunków wiatru (%) w wybranych miesiącach nad NW Spitsbergenem w latach 1901-2010, wg reanaliz ERA-20C

Table. 2. The frequencies of the wind directions (%) in selected months of the NW Spitsbergen in the years 1901-2010, according to reanalyses ERA-20C

| Kierunek wiatru | Styczeń | Lipiec |
|-----------------|---------|--------|
| N               | 9,0     | 5,8    |
| NNE             | 14,8    | 7,3    |
| NE              | 12,0    | 6,5    |
| ENE             | 10,5    | 4,7    |
| E               | 7,9     | 5,0    |
| ESE             | 7,5     | 5,5    |
| SE              | 8,0     | 9,0    |
| SSE             | 6,3     | 10,9   |
| S               | 4,6     | 11,6   |
| SSW             | 4,3     | 8,4    |
| SW              | 2,9     | 5,1    |
| WSW             | 1,8     | 2,9    |
| W               | 1,2     | 2,1    |
| WNW             | 1,4     | 2,7    |
| NW              | 2,1     | 3,6    |
| NNW             | 5,0     | 5,1    |
| Cisza           | 0,6     | 3,9    |

### Prędkość wiatru

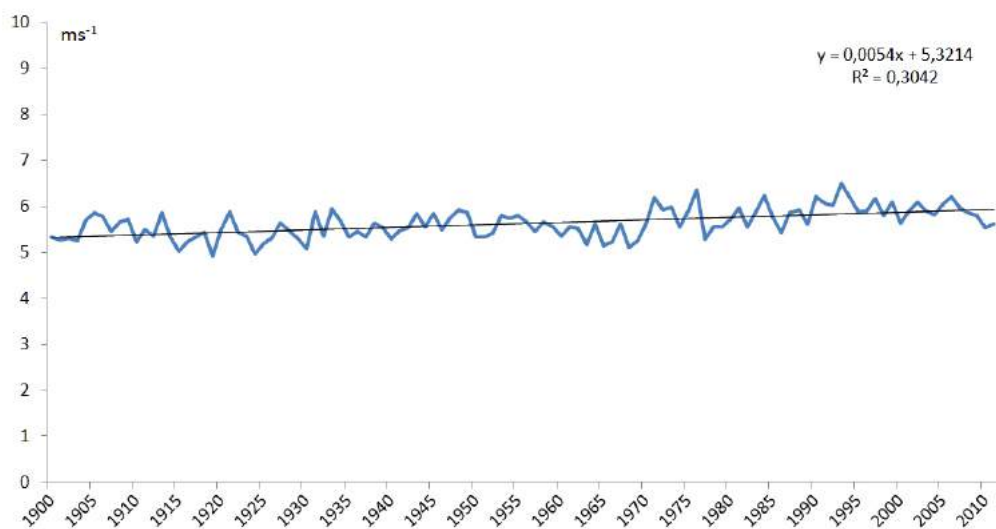
Średnia prędkość wiatru według reanaliz w latach 1901-2010 w przyjętym punkcie węzłowym wyniosła  $5,6 \text{ ms}^{-1}$  (tab. 3). Prędkość wiatru w tym okresie wykazała znaczną zmienność z roku na rok. Stwierdzono przy tym istotny statystycznie (na poziomie 0,05) rosnący trend prędkości wiatru wynoszący  $0,5 \text{ ms}^{-1} / 100 \text{ lat}$  (rys. 3). Tendencję tę potwierdza również porównanie okresów 1901-1930 i 1981-2010, kiedy to średnie prędkości wiatru wyniosły odpowiednio  $5,4 \text{ ms}^{-1}$  i  $5,9 \text{ ms}^{-1}$ . Największe dodatnie odchylenia od średniej prędkości wystąpiły w latach 1993 ( $+0,9 \text{ ms}^{-1}$ ), 1976 ( $+0,7 \text{ ms}^{-1}$ ) i 1984 ( $+0,7 \text{ ms}^{-1}$ ). Najmniejsze prędkości wiatru wystąpiły w latach 1915 i 1924 (anomalie po  $-0,6 \text{ ms}^{-1}$ ) i 1919 ( $-0,7 \text{ ms}^{-1}$ ).

Tabela. 3. Średnie miesięczne prędkości wiatru [ $\text{ms}^{-1}$ ] nad NW Spitsbergenem w latach 1901-1930, 1981-2010 i 1901-2010Table. 3 Monthly average wind speed [ $\text{ms}^{-1}$ ] on N Spitsbergen in the years 1901-1930, 1981-2010 and 1901-2010

| Okres | 1901–1930 | 1981–2010 | 1901–2010 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| I     | 6,9       | 7,3       | 7,0       |
| II    | 6,7       | 7,0       | 6,8       |
| III   | 6,3       | 6,7       | 6,4       |
| IV    | 5,6       | 6,3       | 5,8       |
| V     | 4,2       | 4,8       | 4,5       |
| VI    | 3,7       | 4,2       | 3,9       |
| VII   | 3,6       | 4,2       | 3,9       |
| VIII  | 3,8       | 4,6       | 4,3       |
| IX    | 5,3       | 5,5       | 5,3       |
| X     | 5,9       | 6,2       | 6,1       |
| XI    | 6,3       | 6,9       | 6,5       |
| XII   | 6,6       | 7,4       | 6,9       |
| I-XII | 5,4       | 5,9       | 5,6       |

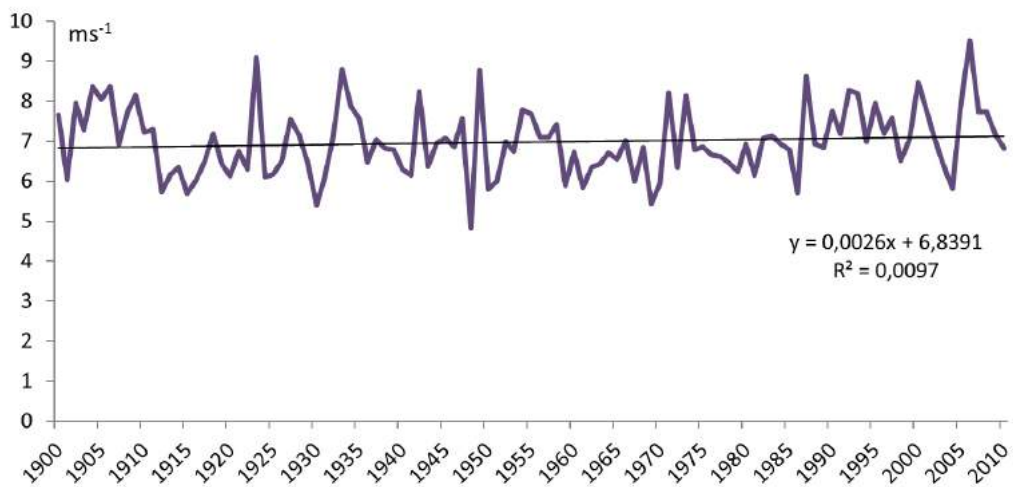
W przebiegu rocznym największa średnia prędkość wiatru wystąpiła w styczniu i wyniosła  $7,0 \text{ ms}^{-1}$ . Trend prędkości wiatru w styczniu, wynoszący  $0,26 \text{ ms}^{-1}/100$  lat, jest jednak niewielki i nieistotny statystycznie (rys. 4). Natomiast w lipcu średnia prędkość wiatru wyniosła  $3,9 \text{ ms}^{-1}$  i charakteryzuje się największym trendem spośród wszystkich miesięcy ( $0,8 \text{ ms}^{-1}/100$  lat), który jest istotny statystycznie (rys. 5). Największe zmiany dotyczące prędkości wiatru w Arktyce zachodzą więc latem, a nie zimą. Jest to odmienna tendencja niż w Polsce, gdzie w latach 1951-2000 trend w styczniu wyniósł  $0,8 \text{ ms}^{-1}/100$  lat, a w lipcu  $0,1 \text{ ms}^{-1}/100$  lat (Araźny i in., 2007).

Na rysunku 6A przedstawiono rozkład częstości poszczególnych prędkości wiatru w przedziałach co  $1 \text{ ms}^{-1}$  w dwóch 30-letnich okresach: na początku rozpatrywanego okresu (1901-1930) i na końcu (1981-2010). Widoczne jest przesunięcie krzywej częstości w kierunku większych prędkości wiatru. Na rysunku 6B przedstawiono natomiast rozkład częstości prędkości wiatru w styczniu i lipcu w całym okresie. Większa częstość większych prędkości wiatru występuje w styczniu, w lipcu natomiast prędkość wiatru wykazuje większą stabilność, najwięcej (ok. 22%) przypadków występuje w przedziale między  $3,1$  i  $4,0 \text{ ms}^{-1}$ .



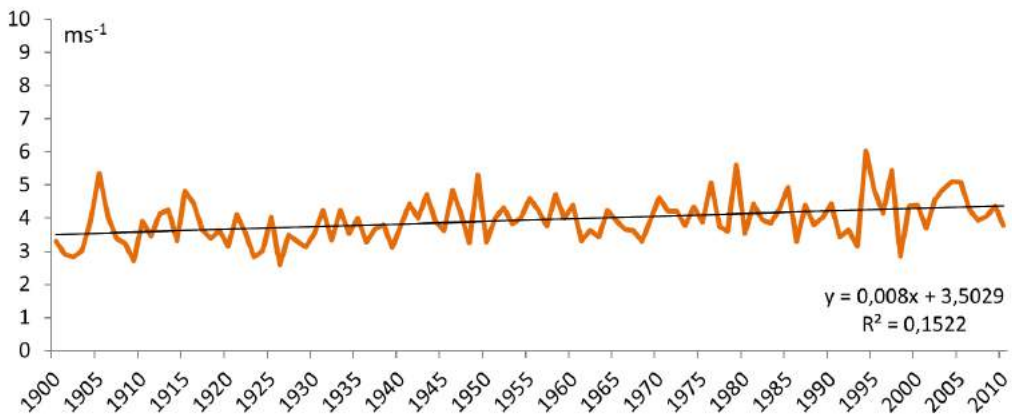
Rys. 3. Przebieg średniej rocznej prędkości wiatru nad NW Spitsbergenem w okresie 1901–2010 wg reanaliz ERA-20C

Fig. 3. The course of the annual average wind speed over the NW Spitsbergen in the period 1901–2010 by reanalises ERA-20C



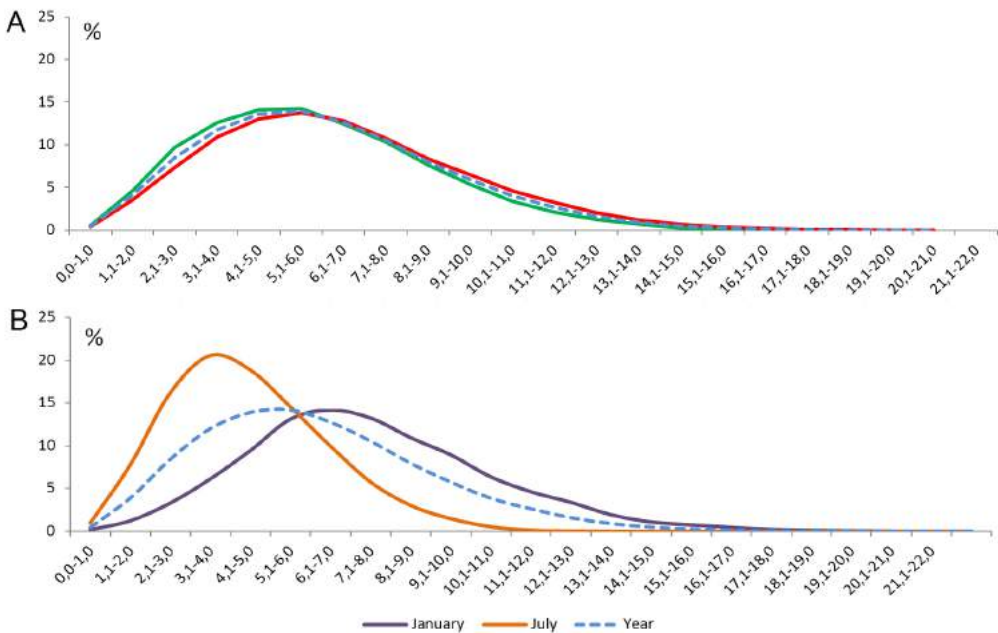
Rys. 4. Przebieg średniej prędkości wiatru w styczniu nad NW Spitsbergenem w okresie 1901–2010, wg reanaliz ERA-20C

Fig. 4 The course of the average wind speed in January over the NW Spitsbergen in the period 1901–2010 by reanalises ERA-20C



Ryc. 5. Przebieg średniej prędkości wiatru w lipcu nad NW Spitsbergenem w okresie 1901–2010, wg reanaliz ERA-20C

Fig. 5. The course of the average wind speed in July over the NW Spitsbergen in the period 1901–2010 by reanalises ERA-20C



Ryc. 6. Częstość prędkości wiatru (w przedziałach 1 ms<sup>-1</sup>) nad NW Spitsbergenem; A) w całym roku w okresach 1901–1930 (zielona linia), 1981–2010 (czerwona linia) i 1901–2010 (niebieska linia przerywana); B) w latach 1981–2010 w styczniu (ciemnofioletowa linia), w lipcu (czerwona linia) i w roku (niebieska linia przerywana)

Fig. 6 The frequency of wind speeds (in 1 ms<sup>-1</sup> intervals) over the NW Spitsbergen; A) in the whole years in the periods 1901–1930 (green line), 1981–2010 (red line) and 1901–2010 (broken blue line); B) in the period 1981–2010 in January (dark violet line), July (orange line) and the whole years (broken blue line)

## Prędkość wiatru z poszczególnych kierunków

Wyniki dotyczące częstości i średnich prędkości wiatru z poszczególnych kierunków w przyjętym gridzie przedstawiono w tab. 2 i 4. Prędkości wiatru z poszczególnych kierunków są zróżnicowane. Największe średnie prędkości wiatru występują przy kierunkach N i NNE (po  $6,3 \text{ ms}^{-1}$ ), a najmniejsze z kierunków W i WNW (odpowiednio  $4,0$  i  $4,1 \text{ ms}^{-1}$ ). Porównując okresy 1901-1930 i 1981-2010, można zauważyć wzrost prędkości wiatru na przełomie XX i XXI wieku. Jest on jednak równomierny, niezależnie od kierunku wiatru.

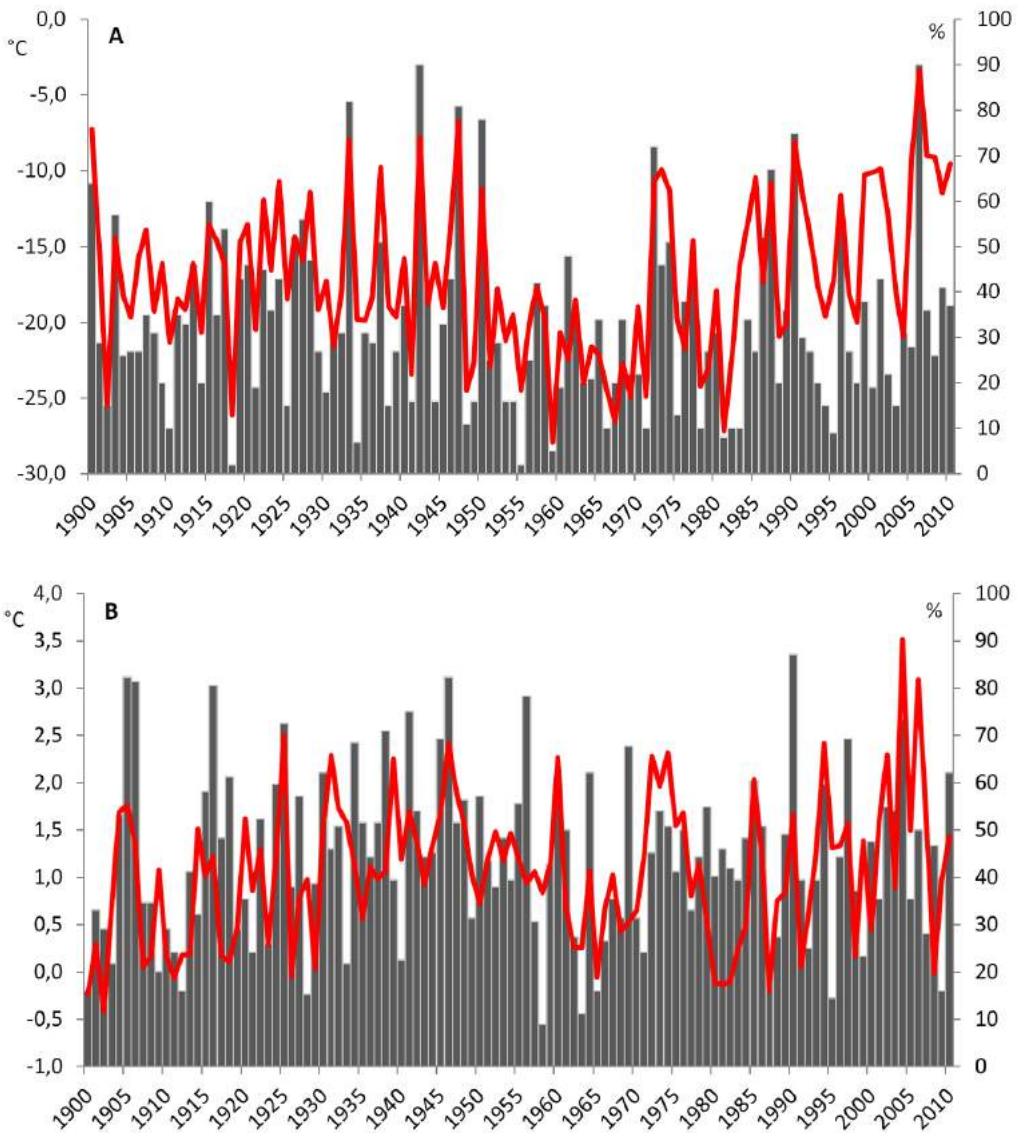
Tabela. 4. Średnie prędkości wiatru [ $\text{ms}^{-1}$ ] z poszczególnych kierunków, nad NW Spitsbergenem w wybranych okresach w latach 1901-2010, wg reanaliz ERA-20C

Table. 4. Average wind speed [ $\text{ms}^{-1}$ ] from different directions over NW Spitsbergen in selected periods in the years 1901-2010, according to reanalises ERA-20C

| Kierunek wiatru | 1901–1930 | 1981–2010 | 1901–2010 |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| N               | 6,0       | 6,6       | 6,3       |
| NNE             | 6,0       | 6,7       | 6,3       |
| NE              | 5,5       | 6,0       | 5,6       |
| ENE             | 5,0       | 5,2       | 5,0       |
| E               | 5,1       | 5,2       | 5,0       |
| ESE             | 5,4       | 5,7       | 5,4       |
| SE              | 5,9       | 6,3       | 5,9       |
| SSE             | 5,9       | 6,6       | 6,0       |
| S               | 5,5       | 6,1       | 5,8       |
| SSW             | 5,3       | 5,8       | 5,6       |
| SW              | 4,5       | 5,5       | 5,1       |
| WSW             | 3,9       | 4,8       | 4,3       |
| W               | 3,6       | 4,5       | 4,0       |
| WNW             | 4,1       | 4,4       | 4,1       |
| NW              | 4,8       | 5,3       | 5,1       |
| NNW             | 5,6       | 6,3       | 5,8       |
| Średnia         | 5,4       | 5,9       | 5,6       |

## Przebieg temperatury powietrza na tle zmian częstości kierunków wiatru

W rejonie Spitsbergenu następuje bardzo znaczne ocieplenie. Temperatura w badanym okresie na Spitsbergenie wzrosła (Przybylak, 2000, 2016). Wzajemne relacje temperatury powietrza i częstości kierunku napływu mas powietrza przedstawia rys. 7.



Rys. 7. Przebieg średniej temperatury powietrza na Spitsbergenie (czerwona linia, lewa oś) i udział procentowy napływu wiatru z kierunków południowych: SW-S-SE (wykres słupkowy, prawa oś). Dane z punktu węzłowego reanaliz; A) styczeń, B) lipiec

Fig. 7 The course of the mean air temperature on Spitsbergen (red line, left axis) and percentage of southern wind directions: SW-S-SE (bar chart, right). The data for the reanalyses, A) January, B) July

Ukazano na nim częstość kierunku napływu mas powietrza z kierunków południowych (SW-S-SE) i temperaturę powietrza. Na rysunku 7A widać lata z anomalnie ciepłymi styczniami związane ze zwiększonym napływem mas powietrza z południa, natomiast obniżenie temperatury powietrza następuje przy osłabieniu tej cyrkulacji i innych kierunkach adwekcji. Korelacja przebiegu temperatury z częstością wiatru z kierunków SW, SSW, S, SSE, SE w styczniu jest bardzo wyraźna i wynosi 0,77. W lipcu również obserwuje się wyraźne epizody ocieplenia w zależności od kierunku adwekcji, korelacja ta jest jednak mniejsza (0,55), co może być związane ze zwiększonym wpływem czynników radiacyjnych.

## Wnioski

Zastosowane reanalizy okazują się bardzo przydatnym narzędziem do poznania warunków anemologicznych panujących na NW Spitsbergenie. Dotyczy to szczególnie obszarów o małej gęstości sieci pomiarowej, gdzie brakujące dane można uzupełnić za pomocą modeli zjawisk pogodowych. Dane te mają jednak także swoje ograniczenia. Należy pamiętać, że najdokładniejsze informacje otrzymuje się wówczas, gdy jest możliwość stworzenia równań na podstawie danych o wysokiej rozdzielczości.

Prędkość wiatru na obszarze NW Spitsbergenu w ciągu ostatnich 100 lat wzrosła (o  $0,5 \text{ ms}^{-1}$  /100 lat). Zmiany nie są równomierne w ciągu roku. Najbardziej wzrosła prędkość wiatru w porze letniej (w lipcu –  $0,8 \text{ ms}^{-1}$ ). W styczniu, reprezentującym porę zimową, wzrost był nieistotny statystycznie i wyniósł  $0,26 \text{ ms}^{-1}$ . Zmiany w Arktyce zachodzą więc inaczej niż w umiarkowanych szerokościach geograficznych, w których najbardziej zmieniają się warunki panujące podczas zimy (Araźny i in., 2007). Poza prędkością wiatru zmieniła się również struktura częstości kierunków wiatru. Wzrosła częstość wiatru z sektora południowego, co wpływa na wzrost temperatury powietrza. Tak więc przyczyn ocieplenia w rejonach Svalbardu należy poszukiwać w zmianie adwekcji mas powietrza, co znajduje potwierdzenie w literaturze (Bengtsson i in., 2004; Overland, Wang, 2005; Wood, Overland, 2010).

Materiały wpłynęły do redakcji 1 II 2016.

## Podziękowanie

Opracowanie wykonano w ramach projektu badawczego *Współczesne i historyczne zmiany klimatu i topoklimatów Svalbardu* NCN nr DEC-2011/03/B/ST10/05007.

## Literatura

- Arażny A., Przybylak R., Vizi Z., Kejna M., Maszewski R., Uscka-Kowalkowska J., 2007, *Mean and extreme wind velocities in central Europe 1951-2005 (on the basis data from NCEP/NCAR reanalysis project)*. Geographia Polonica, 80, 2.
- Bengtsson L., Semenov V.A., Johannessen O.M., 2004, *The early twentieth-century warming in the Arctic – A possible mechanism*. Journal of Climate, 17, 4045-4057.
- Brohan P., Ward C., Willetts G., Wilkinson C., Allan R., Wheeler D., 2010, *Arctic marine climate of the early nineteenth century*. Clim. Past, 6, 315-324.
- Brower M.C., Barton M., Lledó L., Dubois J., 2013, *A study of wind speed variability using global reanalysis data*. AWS Truepower, New York.
- Hersbach H., Peubey C., Simmons A., Poli P., Dee D., Berrisford P., 2013, *ERA-20CM: a twentieth century atmospheric model ensemble*. ERA Report Series, ECMWF.
- Kruszewski G., 2006, *Zmiany składowej strefowej prędkości wiatru (U-wind) w rejonie Spitsbergenu Zachodniego (1981-2005)*. Problemy Klimatologii Polarnej, 16, 107-114.
- Kruszewski G., 2007, *Zmiany składowej strefowej prędkości wiatru (U-wind) na wschód od Svalbardu (1981-2005)*. Problemy Klimatologii Polarnej, 17, 77-85.
- Overland J.E., Wang M., 2005, *The Arctic climate paradox: The recent decrease of the Arctic Oscillation*. Geophys. Res. Lett., 32.
- Poli P., Hersbach H., Tan D., Dee D., Thepaut J., Simmons A., Peubey C., Laloyaux P., Komori T., Berrisford P., Dragani R., Trémolet Y., Hólm E., Bonavita M., Isaksen I., Fisher M., 2013, *The data assimilation system and initial performance evaluation of the ECMWF pilot reanalysis of the 20th-century assimilating surface observations only (ERA-20C)*. ERA Report Series. ECMWF.
- Poli P., Hersbach H., Berrisford P., Dee D., Simmons A. and Laloyaux P., 2015, ERA Report Series, ECMWF.
- Polyakov I., Bekryaev R., Alekseev G., Bhatt U., Colony R., Johnson M., Maskhtas A., Walsh D., 2003, *Variability and trends of air temperature and pressure in the maritime Arctic, 1875-2000*. Journal of Climate, 16, 2067-2077.
- Przybylak R., 2000, *Temporal and spatial variation of air temperature over the period of instrumental observations in the Arctic*. Int. Journal of Climatology, 20, 587-614.
- Przybylak R., 2016, *The Climate of the Arctic*. Second Edition, Springer.
- Przybylak R., Wyszyński P., Nordli Ø., Strzyżewski T., 2015, *Air temperature changes in Svalbard and the surrounding seas from 1865 to 1920*. International Journal of Climatology, 10.1002/joc.4527.
- Wood K.R., Overland J.E., 2010, *Early 20<sup>th</sup> century Arctic warming in retrospect*, Int. Journal of Climatology, 30, 1269-1279.

## Streszczenie

Celem opracowania jest poznanie warunków anemologicznych w okresie 1901-2010 w rejonie północno-zachodniego Spitsbergenu. W tym celu posłużono się reanalizami ERA-20C. Uzyskane wyniki porównano z przebiegiem temperatury powietrza w tym rejonie. Nad obszarem NW Spitsbergenu przeważają kierunki wiatru NNE i NE (w sumie 21,9%). Najrzadziej występuje wiatr z kierunków zachodnich (W, WNW, NW, WSW, łącznie 9,7%). Można również zaobserwować, wyraźnie różniącą się strukturę częstości kierunków wiatru w porach roku. Średnia prędkość wiatru według reanaliz w latach 1901-2010 w przyjętym punkcie węzłowym wyniosła  $5,6 \text{ ms}^{-1}$ . Prędkość wiatru w tym okresie wykazała znaczną zmienność z roku na rok. Stwierdzono przy tym istotny statystycznie (na poziomie 0,05) rosnący trend prędkości wiatru, wynoszący  $0,5 \text{ ms}^{-1} / 100 \text{ lat}$ .

Słowa kluczowe: reanalizy, prędkość wiatru, kierunek wiatru, Spitsbergen

## Summary

The aim of the study was to know the wind conditions in the period 1901-2010 over the north-western Spitsbergen. For this purpose they are used ERA-20C reanalyses. The results were compared with the course of air temperature in this region. Over the area of NW Spitsbergen predominate wind direction NNE and NE (total of 21.9%). The least frequent wind direction is from the west (W, WNW, NW, WSW, a total of 9.7%). Observed also differing structure of the frequency of wind direction, depending on the season. The average wind speed in the years 1901-2010 in the was  $5.6 \text{ ms}^{-1}$ . Wind speed during this period showed considerable variability from year to year. It has been found that a statistically significant (at the 0.05 level) growing trend of wind speed ( $0.5 \text{ ms}^{-1}/100 \text{ years}$ ).

Key words: reanalyses, wind speed, wind directions, Spitsbergen, Svalbard

Tomasz Strzyżewski  
tstrzyzewski@umk.pl

Patrycja Ulandowska-Monarcha  
ulamona@doktorant.umk.pl

Katedra Meteorologii i Klimatologii – UMK