

## TERMICZNE PORY ROKU W HORNSUNDZIE (SW SPITSBERGEN)

Eliza Kwaśniewska, Jerzy Pereyma

Zakład Meteorologii i Klimatologii, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Uniwersytet Wrocławski  
ul. Kosiby 8, 51–621 Wrocław  
pereyma@wp.pl

### 1. Wstęp

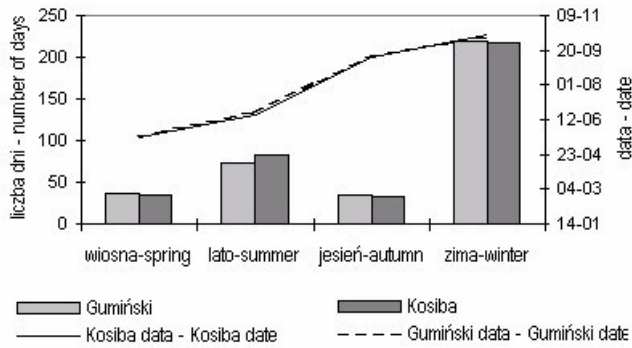
Klimat danego obszaru można scharakteryzować poprzez określenie jego struktury sezonowej. Długość trwania, czas pojawiania się oraz zanikania poszczególnych pór roku jest przejawem naturalnej zmienności warunków klimatycznych w cyklu rocznym, a ich długookresowa zmienność wskazywać może na zachodzące zmiany klimatyczne. Dlatego badanie struktury sezonowej klimatu pozwala na śledzenie zmian systemu klimatycznego i biotycznego.

Celem pracy jest wydzielenie oraz charakterystyka termicznych pór roku SW Spitsbergenu. Ponieważ analiza oparta jest na podstawie dość krótkiej, bo tylko dziesięcioletniej serii pomiarowej, podjęta została jedynie próba znalezienia ogólnych prawidłowości oraz zmian w strukturze sezonów termicznych.

Jako materiał wyjściowy posłużyły dane z dziesięciolecia 1990–1999 udostępnione przez Instytut Geofizyki PAN w Warszawie. Są to dane z obserwacji meteorologicznych prowadzonych w Stacji Polarnej PAN w Hornsundzie, z których wykorzystano temperaturę średnią dobową ( $T_i$ ). Stacja meteorologiczna w Hornsundzie prowadzi obserwacje zgodnie ze standardami WMO od lipca 1978 roku. W omawianym dziesięcioleciu temperatura powietrza była mierzona 8 razy na dobę, natomiast dane pozyskane do analizy były już uśrednionymi wielkościami dobowymi.

Punktem wyjścia do klasyfikacji i charakterystyki pór roku jest wyznaczenie ich granic kalendarzowych. Podziału roku na sezony termiczne dokonano wstępnie według dwóch metod: metody Gumińskiego oraz metody Kosiby, a po porównaniu uzyskanych wyników dokonano wyboru jednej, na podstawie której oparto charakterystykę omawianych pór roku.

Niniejsza praca stanowi niejako kontynuację rozważań nad termicznymi porami roku zapoczątkowanymi przez Baranowskiego (1986), który aby ułatwić analizę stosunków termicznych na tundrze w różnych porach roku, przyjął w oparciu o analizę rocznego przebiegu temperatury powietrza w Hornsundzie następujące kryteria termiczne dla wyróżnienia czterech pór roku: wiosny  $-2.5^{\circ}\text{C} \leq T_i \leq 2.5^{\circ}\text{C}$ , lata  $T_i \geq 2.5^{\circ}\text{C}$ , jesieni  $-2.5^{\circ}\text{C} \leq T_i \leq 2.5^{\circ}\text{C}$  i zimy  $T_i \leq -2.5^{\circ}\text{C}$ . Kryteria te zostały przyjęte dla obydwu zastosowanych metod (Gumińskiego i Kosiby). We wcześniejszych pracach, te same kryteria podziału roku na sezony termiczne przyjęli również Pereyma (1983), Rodzik i Stepko (1985) oraz Miętus (1992).



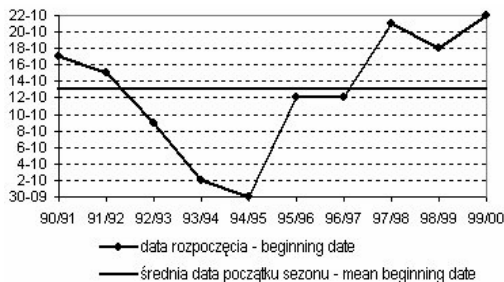
Ryc. 1. Średnia data rozpoczęcia i długość trwania sezonów termicznych wyznaczonych metodą Kosiby i Gumińskiego dla lat 1990–1999

Fig. 1. The mean beginning date and duration of thermal seasons on the basis of Kosiba and Gumiński method for the years 1990–1999

Zarówno diagramy jak i krzywe (ryc. 1) wskazują, że rozbieżności w wynikach uzyskanych wspomnianymi metodami są nieznaczne. W przypadku dat początku sezonów termicznych jest to różnica rzędu od 2 do 5 dni, natomiast długości trwania od 2 do 8 dni.

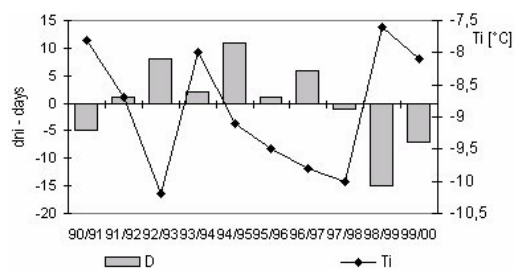
## 2. Zima

W okresie dziesięcioletnim (1990–1999) zima w Hornsundzie trwała przeciętnie 217 dni, co stanowi 60% dni w roku. Jej początek przypadał średnio na 13 października, koniec zaś na 16 maja (ryc. 2). W latach od 1992 do 1996 roku zima rozpoczynała się szybciej niż przeciętnie. Najwcześniej rozpoczęła się w 1994 roku – 30 września, najpóźniej 22 października w 1999 roku. Dwa pierwsze i trzy ostatnie lata dziesięciolecia charakteryzują się późniejszym pojawianiem zimy. Generalnie zaczynała się ona w październiku (w dziewięciu z dziesięciu badanych lat). Zróżnicowanie w datach jej pojawiania się, jak na tak długi okres (217 dni), nie jest zatem duże, wynosi tylko 23 dni.



Ryc. 2. Zmienność daty rozpoczęcia zimy w latach 1990–1999

Fig. 2. Winter beginning date variability for the years 1990–1999



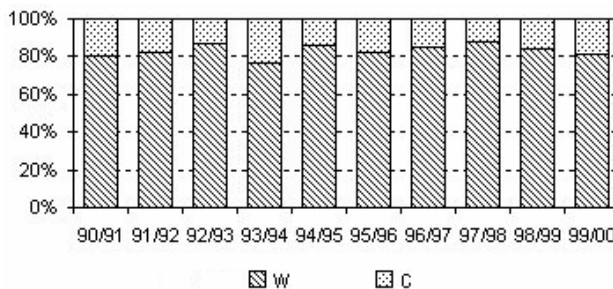
Ryc. 3. Odchylenie czasu trwania w dniach (D) od średniej wieloletniej oraz średnia temperatura dobowa (Ti) zimy w latach w 1990–1999

Fig. 3. Departure of winter duration in days (D) from mean long-term values (1990–1999) and mean winter air temperature for the years 1990–1999

Zimy, które pojawiały się najwcześniej charakteryzują się również dłuższym okresem trwania. Generalnie jednak, czas trwania zimy jest w omawianym okresie mało zróżnicowany. Najkrótszą była zima w sezonie 1998/1999, trwała zaledwie 202 dni, to jest 15 dni mniej niż przeciętnie w dziesięcioleciu (ryc. 3). Poniżej przeciętnej trwały również zimy 1999/2000 oraz 1990/1991 (odpowiednio: 7 i 5 dni mniej). Cztery zimy z dziesięciolecia charakteryzowały się dość wyraźną stabilnością co do długości trwania, odchylenie od średniej długości trwania nie przekraczało dwóch dni i są to zimy 1991/1998, 1993/1994, 1995/1996 oraz 1997/1998. Najdłuższą zaś była ta z 1994/1995 roku trwająca 228 dni. Niewiele krótsze były zimy 1992/1993 oraz 1996/1997 trwające odpowiednio 225 i 223 dni.

W badanym 10.letniu średnia temperatura zimy termicznej wyniosła  $-8.9^{\circ}\text{C}$ . Najostrejszą była zima 1992/1993. Odznaczała się ona średnią temperaturą  $-10.2^{\circ}\text{C}$  (ryc. 3). Średnia temperatura pozostałych zim nie spadała poniżej  $-10^{\circ}\text{C}$ , najcieplejsze to te z 1998/1999 ( $-7.6^{\circ}\text{C}$ ) oraz 1990/1991 ( $-7.8^{\circ}\text{C}$ ) roku. Należy zauważyć, że wyraźnie zaznacza się korelacja pomiędzy temperaturą powietrza a długością trwania. Zimy cieplejsze charakteryzują się krótszym okresem trwania, zaś zimniejsze – dłuższym.

Zima w Hornsundzie charakteryzuje się dość dużą stabilnością warunków termicznych. Gdy ujemna temperatura powietrza jest podtrzymywana przez długą noc oraz zamrożony, jednolity termicznie obszar otaczających mórz – adwekcja mas powietrza z różnych kierunków, przynosi w zasadzie masy o zbliżonych właściwościach termicznych (Kejna 1992). Wyjątek jednak stanowią krótkie okresy adwekcji cieplejszych mas powietrza z południowego-zachodu, które przynoszą czasami kilku lub kilkunastodniowe okresy podwyższonej temperatury. Dlatego zima w Hornsundzie cechuje się średnio wysokim procentem dni właściwych w porównaniu z pozostałymi porami roku.



Ryc. 4. Procentowy udział dni właściwych termicznej porze roku (w) i cieplejszych (c) dla zimy w latach 1990–1999

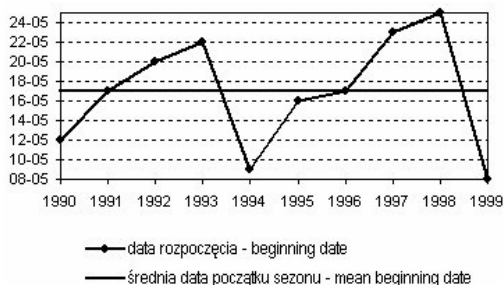
Fig. 4. Percentage contribution of days proper for thermal season (w) and days warmer than w (c) for winter 1990–1999

Dni właściwe, tzn. dni ze średnią temperaturą dobową powietrza poniżej  $-2.5^{\circ}\text{C}$ , stanowią średnio 83% czasu trwania sezonu, a dyspersja wynosi zaledwie  $\pm 6\%$ . Najwięcej dni niewłaściwych odnotowano zimą 1993/1994 (24% czasu tego sezonu stanowią dni cieplejsze – ryc. 4), nie była to jednak zima najcieplejsza gdyż średnia temperatura dni właściwych była stosunkowo niska i wynosiła  $-10.6^{\circ}\text{C}$  (przy średniej 10.letniej dni właściwych  $-10.2^{\circ}\text{C}$ ). Pozostałe zimy cechują się ponad 80% udziałem dni właściwych, z najwyższym (88%) w zimie 1997/1998, o temperaturze dni właściwych  $-10.4^{\circ}\text{C}$ , a niewłaściwych (cieplejszych)  $-0.9^{\circ}\text{C}$ . Zimy najdłuższe mają od 85% do 87% dni właściwych czyli nieznacznie ponad przeciętną.

### 3. Wiosna

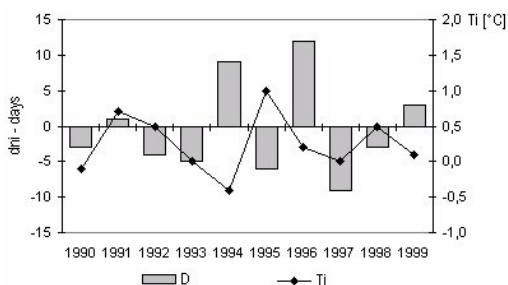
Średnia data początku wiosny przypada na 17 maja (ryc. 5). W czterech latach (spośród dziesięciu), wiosna rozpoczynała się wcześniej niż przeciętnie, a w czterech później niż przeciętnie. W dwóch latach (1991, 1996) wiosna rozpoczęła się zgodnie ze średnią. Najwcześniej pojawiła się ona w 1999 roku tj. 8 maja oraz w 1994 r. (jeden dzień później – 9 maja). Najpóźniej wiosna rozpoczęła się 25 maja w 1998 r. Zmienność daty początku wiosny była stosunkowo duża zważywszy na fakt, że średnia jej długość to zaledwie 34 dni (9% dni w roku). Koniec wiosny przypadał przeciętnie na 17 czerwca. Najwcześniej skończyła się ona 11 czerwca 1990, najpóźniej 1 sierpnia 1996 roku.

Czas trwania wiosny w poszczególnych latach odznaczał się dużą zmiennością. Dyspersja czasu trwania tej pory roku wynosi  $\pm 10$  dni. Najdłużej wiosna trwała 46 dni w 1996 roku (odchylenie od średniej +12 dni – ryc. 6) czyli prawie dwukrotnie więcej niż w 1997 roku (25 dni, 9 dni mniej niż przeciętnie). Dłużej niż przeciętnie trwała również wiosna z 1994 roku (+9 dni). Dwie trwające najdłużej wiosny (1994, 1996, ryc. 6) podwyższają średnią długość trwania tej pory roku w charakteryzowanym dziesięcioleciu.



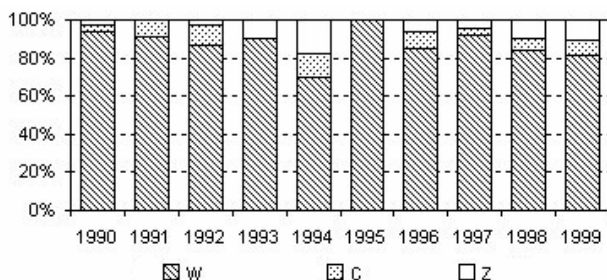
Ryc. 5. Zmienność daty rozpoczęcia wiosny w latach 1990–1999

Fig. 5. Spring beginning date variability for the years 1990–1999



Ryc. 6. Odchylenie czasu trwania w dniach (D) od średniej wieloletniej oraz średnia temperatura dobowa (Ti) wiosny w latach w 1990–1999

Fig. 6. Departure of spring duration in days (D) from mean long-term values (1990–1999) and mean spring air temperature for the years 1990–1999



Ryc. 7. Procentowy udział dni właściwych termicznej porze roku (w), cieplejszych (c) i zimniejszych (z) dla wiosny w latach 1990–1999

Fig. 7. Percentage contribution of days proper for thermal season (w), days warmer than w – days (c) and days colder than w – days (z) for spring 1990–1999

Średnia dobową temperatura powietrza wiosny w analizowanym dziesięcioleciu to  $0.3^{\circ}\text{C}$ . Najcieplejsza była wiosna z 1995 roku, jej średnia temperatura osiągnęła  $1.0^{\circ}\text{C}$  (ryc. 6). Była to zarazem jedna z krótszych wiosen. Przeważnie najcieplejszym okresom wiosennym towarzyszył krótszy niż przeciętnie lub pozostający w normie czas ich trwania. Przykładem mogą być jeszcze trzy wiosny z 1991, 1992 i 1998 roku, których średnia temperatura powietrza była  $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ . Najchłodniejszą, w omawianym okresie, była wiosna 1994 r. ze średnią temperaturą powietrza  $-0.4^{\circ}\text{C}$ , była to zarazem jedna z najdłuższych wiosen. Pozostałe sezony wiosenne charakteryzowały się przeciętną temperaturą wahającą się od  $-0.1^{\circ}\text{C}$  do  $0.2^{\circ}\text{C}$  i nie wykazywały jakiegokolwiek konkretnego prawidłowości w czasie trwania. Przeciętnie 87% dni wiosny stanowią dni ze średnią dobową temperaturą powietrza między  $-2.5^{\circ}\text{C}$  a  $2.5^{\circ}\text{C}$ , jednakże dyspersja wynosi  $\pm 15\%$ . Jest zatem zdecydowanie większa niż w przypadku zimy.

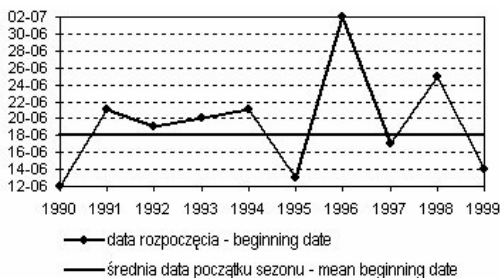
Najbardziej jednorodna pod względem warunków termicznych była wiosna 1995 roku, która charakteryzowała się wyłącznie dniami właściwymi (ryc. 7) i średnią temperaturą sezonu wynoszącą  $1.0^{\circ}\text{C}$ . Była to jedna z najkrótszych i zarazem najcieplejsza wiosna. Najbardziej zróżnicowana była wiosna 1994 roku. Dni właściwe stanowiły tylko 70% (18% udziału przypadło na dni zimniejsze, a 12% na cieplejsze). Była to najzimniejsza i jedna z najdłuższych wiosen. Średnia temperatura jej dni właściwych wyniosła  $0.1^{\circ}\text{C}$ , dni cieplejszych  $2.8^{\circ}\text{C}$ , a dni zimniejszych tylko  $-4.2^{\circ}\text{C}$ . W 1991 roku wiosna miała 91% dni właściwych, pozostałe dni były cieplejsze od przyjętego prognozy. Podobnie pod względem ilości dni właściwych było w 1993 roku. Jednakże dni niewłaściwe były we wspomnianym sezonie zimniejsze. W pozostałych latach ilość dni mieszczących się w przedziale prognozowanym właściwym dla tej pory roku wahała się od 81% do 94%, a na dni niewłaściwe składały się zarówno dni cieplejsze jak i zimniejsze.

#### 4. Lato

Kiedy średnia dobową temperatura powietrza utrzymuje się powyżej  $2.5^{\circ}\text{C}$  w Hornsundzie rozpoczyna się termiczne lato. W okresie 1990–1999 lato trwało średnio 82 dni co stanowi 22% dni w roku. Przeciętnie rozpoczyna się 18 czerwca i trwa do 9 września (ryc. 8). Dyspersja momentu rozpoczęcia wynosi  $\pm 10$  dni, nie jest zatem duża. Generalnie początek lata przypada na czerwiec. Tylko raz w omawianym dziesięcioleciu w 1996 roku, lato rozpoczęło się dopiero 2 lipca. Najwcześniej lato rozpoczęło się 12 czerwca w 1990 roku, podobnie w 1995 i 1999 (odpowiednio 13 i 14 czerwca). W pozostałych latach data rozpoczęcia sezonu letniego nieznacznie odbiegała od średniej. Większą zmiennością charakteryzuje się data końca sezonu letniego. Rozpiętość w datach wynosi aż 32 dni. W omawianym 10. leciu waha się pomiędzy 26 sierpnia (1994), a 25 września (1992).

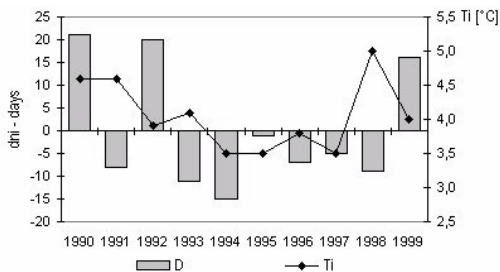
Średnia długość sezonu letniego wyniosła 82 dni. Najdłuższe sezony letnie w badanym okresie wynosiły 103 dni (1990) oraz 102 dni (1992). Ponad przeciętną znalazł się również 1999 rok kiedy to lato trwało 98 dni czyli 16 dni dłużej niż średnio w całym dziesięcioleciu (ryc. 9). W pozostałych latach sezon letni był zdecydowanie krótszy (5 do 15 dni) niż przeciętnie. Wyjątek stanowi 1995 rok, kiedy trwało tylko jeden dzień krócej.

Średnia temperatura powietrza lata termicznego wynosiła  $4.1^{\circ}\text{C}$  i wahała się od  $3.5^{\circ}\text{C}$  do  $5.0^{\circ}\text{C}$ . Wyraźnie niższą niż przeciętną temperaturą powietrza odznaczał się czteroletni okres (1994–1997) – ryc. 9. Są to jedne z najkrótszych okresów w całym dziesięcioleciu. Można zauważyć również, że te lata termiczne, w których temperatura jest wyższa niż średnia temperatura badanego okresu, należą do najdłuższych. Wyjątek stanowią krótsze niż przeciętnie lato 1998 roku najcieplejsze w badanym okresie oraz lato 1991 i 1993 roku z temperaturą powietrza odpowiednio  $4.6^{\circ}\text{C}$  i  $4.1^{\circ}\text{C}$ .



Ryc. 8. Zmienność daty rozpoczęcia lata termicznego w latach 1990–1999

Fig. 8. Summer beginning date variability for the years 1990–1999

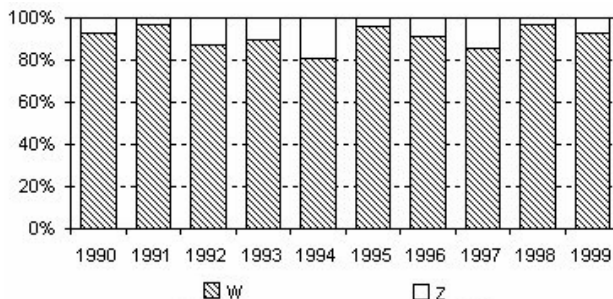


Ryc. 9. Odchylenie czasu trwania w dniach (D) od średniej wieloletniej oraz średnia temperatura dobowa (Ti) lata termicznego w latach w 1990–1999

Fig. 9. Departure of summer duration in days (D) from mean long-term values (1990–1999) and mean summer air temperature for the years 1990–1999

Lato charakteryzuje się największą stabilnością spośród sezonów termicznych badanego 10. lecia. Posiada ono bardzo duży procent dni właściwych, co jest miernikiem stabilności klimatu. Całodobowy dopływ promieniowania słonecznego łagodzi wpływ zmian wywołanych cyrkulacją atmosfery (Kejna 1992).

Przeciętnie 91% dni sezonu letniego stanowią dni właściwe (dni ze średnią temperaturą dobową powietrza  $\geq 2,5^{\circ}\text{C}$ ). Dość wyraźnie zaznacza się jednak zróżnicowanie w poszczególnych latach omawianego okresu (ryc. 10). Dyspersja wynosi  $\pm 8\%$ .



Ryc. 10. Procentowy udział dni właściwych termicznej porze roku (w) i zimniejszych (z) dla lata termicznego w latach 1990–1999

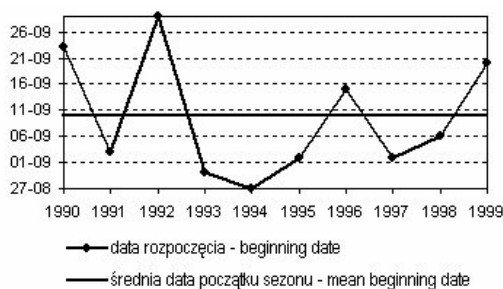
Fig. 10. Percentage contribution of days proper for thermal season (w) and days colder than w – days (z) for summer 1990–1999

Najbardziej jednorodne termicznie były sezony letnie w 1991, 1995 i 1998 roku, procentowy udział dni właściwych nie był niższy niż 96%. Cztery lata miały od 91% do 93% dni właściwych, czyli w granicach przeciętnej i były to z reguły lata termiczne o temperaturze dni właściwych wyższej niż przeciętnie, w 1999 roku osiągającej wartość  $5,1^{\circ}\text{C}$ . Tylko lata termiczne z 1992, 1994 i 1997 plasowały się poniżej średniej zarówno pod względem ilości dni właściwych jak i ich średniej temperatury.

## 5. Jesień

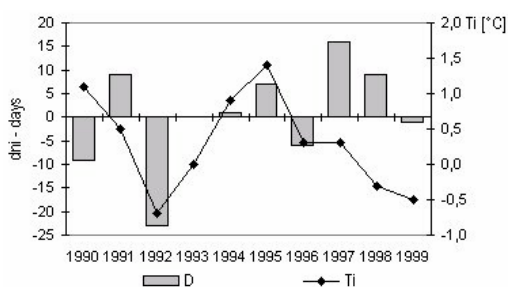
Jesień to okres ze średnią dobową temperaturą powietrza niższą od  $2.5^{\circ}\text{C}$ , a większą od  $-2.5^{\circ}\text{C}$ . To najmniej stabilna i najkrótsza z czterech pora roku. Data rozpoczęcia termicznej jesieni jest najbardziej zróżnicowana w porównaniu z pozostałymi sezonami termicznymi, a jej wyznaczenie sprawia największe trudności. Jest to spowodowane przedłużeniem się okresu letniego i ma odzwierciedlenie w długości trwania tejże pory roku.

Średnia data rozpoczęcia jesieni w okresie 1990–1999 przypada na 10 września (ryc. 11). Rozpiętość w dniach jej pojawiania się jest bardzo duża wynosi 33 dni czyli ponad miesiąc. Najwcześniej jesień rozpoczęła się w 1994 roku – 27 sierpnia, najpóźniej zaś w 1992 roku – 29 września. W sześciu latach (1991, 1993, 1994, 1995, 1997, 1998) jesień rozpoczynała się szybciej niż przeciętnie (4 do 14 dni). W pozostałych czterech latach analizowanego dziesięciolecia zdecydowanie powyżej przeciętnej, od 5 do 19 dni później. Koniec jesieni był dość stabilny i średnio w dziesięcioleciu przypada na 12 października.



Ryc. 11. Zmienność daty rozpoczęcia jesieni w latach 1990–1999

Fig. 11. Autumn beginning date variability for the years 1990–1999

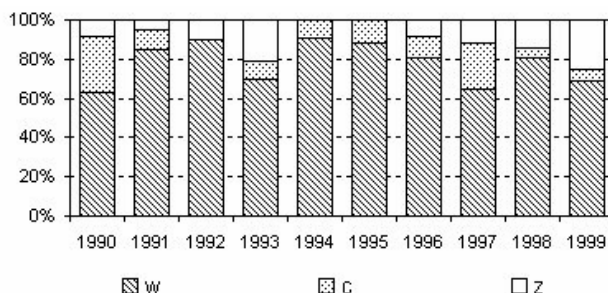


Ryc. 12. Odchylenie czasu trwania w dniach (D) od średniej wieloletniej oraz średnia temperatura dobowa (Ti) jesieni w latach w 1990–1999

Fig. 12. Departure of autumn duration in days (D) from mean long-term values (1990–1999) and mean autumn air temperature for the years 1990–1999

Długotrwałość tego okresu termicznego, trwającego przeciętnie 33 dni (9% dni w roku) charakteryzuje się dużą zmiennością, od 10 dni w 1992 roku do 49 dni w 1995 roku. Tak znaczne skrócenie (o 23 dni – ryc. 12) termicznej jesieni w 1992 roku było przede wszystkim wynikiem przedłużenia lata termicznego ale nie bez znaczenia był fakt szybszego rozpoczęcia zimy. Ponad 40 dni utrzymywała się jesień w 1991, 1995 oraz 1998 roku, a blisko dwukrotnie krócej trwała w 1990 (24 dni) oraz w 1996 roku (27 dni). W trzech latach (1993, 1994, 1999), jesień była dłuższa lub zbliżona do średniej długości trwania.

Średnia temperatura powietrza jesieni w omawianym dziesięcioleciu wyniosła  $0.3^{\circ}\text{C}$  i odznaczała się dużą zmiennością w poszczególnych latach. Najcieplejsza była jesień 1995 roku (ryc. 12) ze średnią temperaturą powietrza  $1.4^{\circ}\text{C}$ . Niewiele chłodniejsza była jesień w 1990 roku ( $1.1^{\circ}\text{C}$ ) i 1994 roku ( $0.9^{\circ}\text{C}$ ). Fakt ten znajduje odbicie w liczbie dni właściwych i niewłaściwych (ryc. 13). W latach 1994, 1995 średnia temperatura dobowa powietrza nie spadała poniżej  $-2.5^{\circ}\text{C}$ , a w 1990 roku zdecydowanie większy procent stanowiły dni cieplejsze niż zimniejsze. Najchłodniejsza jesień ( $-0.7^{\circ}\text{C}$ ) była w 1992 roku, w której to z kolei nie było dni cieplejszych czyli dni ze średnią temperaturą dobową powyżej  $2.5^{\circ}\text{C}$ . W pozostałych latach temperatura powietrza wahała się w przedziale od  $-0.5^{\circ}\text{C}$  do  $0.5^{\circ}\text{C}$ .



Ryc. 13. Procentowy udział dni właściwych termicznej porze roku (w), cieplejszych (c) i zimniejszych (z) dla jesieni w latach 1990–1999

Fig. 13. Percentage contribution of days proper for thermal season (w), days warmer than w – days (c) and days colder than w – days (z) for autumn 1990–1999

Jesień w Hornsundzie jak wynika z powyższej analizy należy do najmniej stabilnej pory roku. Dni właściwe stanowią tylko 78% dni sezonu jesiennego. Dyspersja podobnie jak w przypadku wiosny wyniosła  $\pm 14\%$ . Najbardziej jednorodną termicznie była jesień 1994 roku (91% dni właściwych), resztę stanowiły dni cieplejsze (średnia temperatura tych dni to  $3.9^{\circ}\text{C}$ ), była to jedna z cieplejszych jesieni. Drugą najbardziej stabilną, a zarazem najzimniejszą i najkrótszą była jesień 1992 roku z 90% udziałem dni właściwych i 10% dni zimniejszych. Największe wahania temperatury w tym sezonie termicznym obserwowane były w latach 1990 (63% dni właściwych), 1993 (70%), 1997 (65%) oraz 1999 (69%).

## 6. Okres wegetacyjny – „naturalne” progi termiczne

Mianem okresu termicznego określane jest również okres wegetacyjny. Jego czas trwania dla obszarów polarnych jest trudny do określenia. Przyjmując powszechnie stosowane kryterium ustabilizowania się średniej dobowej temperatury powietrza powyżej  $+5^{\circ}\text{C}$  możemy spotkać się z sytuacją, w której okres wegetacyjny dla obszarów polarnych będzie bardzo krótki albo w ogóle nie wystąpi. Ważne jest zatem określenie takiego progu termicznego, począwszy od którego rozpoczynałby się okres wegetacyjny w tych obszarach.

W 1982 i 1985 zostały przeprowadzone obserwacje fenologiczne Ziemi Sörkapp (S Spitsbergen), (Dubiel 1988). W ich wyniku określono następujące fenologiczne pory roku: zaranie wiosny (od 7 do 30 czerwca) – zazielenienie się roślin i nabrzmiewanie pączków; wczesną wiosnę (od 1 do 10 lipca) – pojawienie się żółtych i różowo zabarwionych kwiatów gatunków o niskich wymogach termicznych; wiosnę (od 11 do 20 lipca) – kwitnienie kolejnych roślin, pojawienie się pierwszych owoców u roślin kwitnących wczesną wiosną; lato (21 lipca do 10 sierpnia) – kwitnienie większości roślin, pojawienie się w pełni rozwiniętych kwiatów oraz opadanie pierwszych dojrzałych rozmnożeń; wczesną jesień (od 11 do 20 sierpnia) – przekwitanie i zawiązywanie nasion; jesień (21 sierpnia do 25 września) – dojrzewanie i rozsiewanie diaspor; zimą (od 26 września do czerwca) – okres spoczynku roślin. Zatem obejmowały one, bez zimy, cały okres, w którym panowały dogodne warunki do wegetacji.

Wyraźny rozwój wegetacyjny i tworzenie się pierwszych pączków kwiatowych zachodzi u części roślin przy średniej temperaturze powietrza w granicach bliskich  $0^{\circ}\text{C}$ . Kwitnienie roślin i wydawanie nasion odbywa się natomiast zwykle już wtedy, gdy temperatura powietrza przekroczy  $2.5^{\circ}\text{C}$ . Z tych względów wydaje się za celowe uznać za okres wegetacyjny, czas, w którym temperatura powietrza jest ustabilizowana powyżej  $0^{\circ}\text{C}$ .

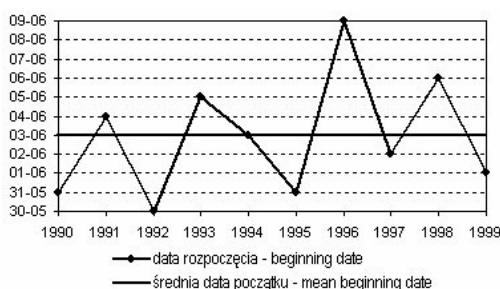


Ze względu na częste przechodzenie średniej temperatury dobowej powietrza przez próg 0°C, stosując metodę Kosiby, pojawia się duża trudność w określaniu momentu rozpoczęcia i zakończenia okresu wegetacyjnego. Dlatego do jego wyznaczenia została użyta metoda Gumińskiego wykorzystująca średnią miesięczną temperaturę powietrza.

Okres wegetacyjny w dziesięcioleciu 1990–1999 trwał średnio 114 dni (tab. 1), a data jego rozpoczęcia przypada na 3 czerwca (ryc. 14). Początek tak wyznaczonego sezonu wegetacyjnego z roku na rok ulegał znacznym wahaniom, dyspersja wyniosła 11 dni.

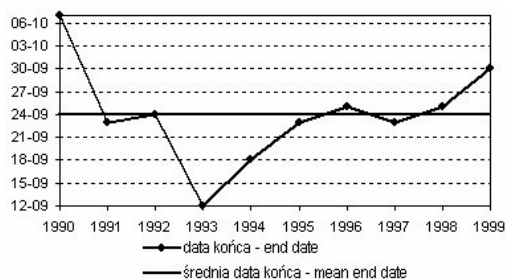
W sześciu latach analizowanego dziesięciolecia, początek okresu wegetacyjnego przypadał na ostatnie dni maja lub pierwsze dni czerwca (od 31 maja do 3 czerwca). W pozostałych czterech okres ten rozpoczynał się od 4 do 9 czerwca. Można zatem zauważyć, że okres wegetacyjny przypadał na drugą dekadę termicznej wiosny, która według przyjętych wcześniej kryteriów, rozpoczynała się średnio 17 maja a kończyła 17 czerwca.

Koniec tego okresu przypadał przeciętnie na 24 września (ryc. 15), czyli na drugą dekadę jesieni. Nie ulegał on jednak zbyt dużym wahaniom. Najwcześniej okres wegetacyjny zakończył się w 1993 roku (12 września), najpóźniej zaś 6 października 1990 roku.



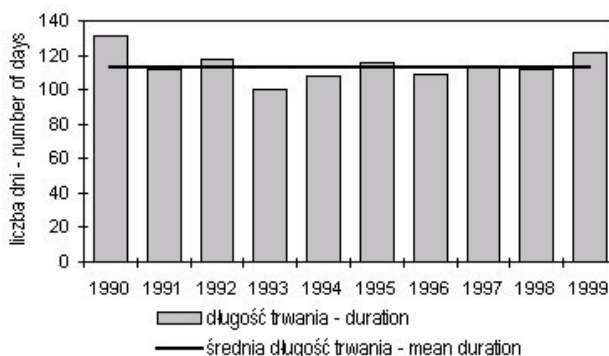
Ryc. 14. Zmienność daty rozpoczęcia okresu wegetacyjnego w latach 1990–1999

Fig. 14. Vegetation season beginning date variability for the years 1990–1999



Ryc. 15. Zmienność daty końca okresu wegetacyjnego w latach 1990–1999

Fig. 15. Vegetation season end date variability for the years 1990–1999



Ryc. 16. Czas trwania okresu wegetacyjnego w latach w 1990–1999

Fig. 16. Duration of vegetation season for the years 1990–1999

Tabela 1 – Table 1

Okres wegetacyjny w Hornsundzie wyznaczony metodą Gumińskiego dla lat 1990–1999  
Vegetation season in Hornsund on the basis of Gumiński method for the years 1990–1999

Rok Year	Początek Beginning	Koniec End	Długość trwania Duration
1990	31.V	07.X	131
1991	04.V	23.IX	112
1992	30.V	24.IX	118
1993	05.VI	12.IX	100
1994	03.VI	18.IX	108
1995	31.V	23.IX	116
1996	09.VI	25.IX	109
1997	02.VI	23.IX	114
1998	06.VI	25.IX	112
1999	01.VI	30.IX	122
Średnia – Mean	03.VI	24.IX	113

Czas trwania okresu wegetacyjnego wahał się od 100 dni w 1993 roku do 131 dni w 1990 roku (ryc. 16). W 1993 r. pojawił się 17 dni później niż przeciętnie, co dla roślin obszarów polarnych ma bardzo duże znaczenie. Stwierdzono (Dubiel 1991), że wiele gatunków roślin rozmnaża się generatywnie raz na kilka lat, utrzymując się przy życiu, ponieważ większość z nich należy do długowiecznych bylin, pozostających na raz zdobytym miejscu, a pojawiających się w momencie na tyle korzystnych warunków aby rozpocząć wegetację. Długość okresu wegetacyjnego generalnie z roku na rok ulega niewielkim zmianom. Jedynie w 1990 i 1999 roku zaobserwować można bardziej znaczące wydłużenie tego okresu (tab. 1).

## 7. Podsumowanie i wnioski

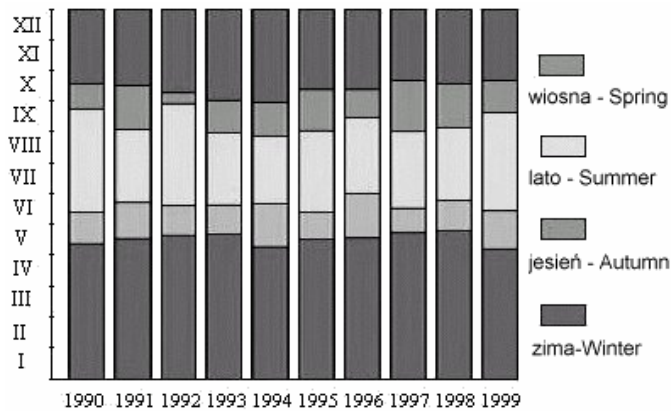
Analiza statystyczna podstawowych charakterystyk termicznych pór roku w Hornsundzie (ryc. 17) wykazała zatem, że:

- w badanym dziesięcioleciu daty początku i końca oraz czas trwania poszczególnych sezonów charakteryzują się dużą zmiennością,
- względnie stabilne pod względem daty rozpoczęcia są wiosna i lato,
- istotną zmiennością czasu trwania odznacza się jesień oraz lato, najmniejszą zaś zima,
- najbardziej stabilną termicznie porą roku jest lato a najmniej stabilną – jesień,
- tendencję do wydłużania się mają pory przejściowe: głównie jesień (kosztem zimy) nieco mniejszą wiosna. Skróceniu ulega zima i lato,
- najbardziej zaznacza się tendencja spadkowa temperatury jesieni, co jest wynikiem wydłużania czasu trwania w kierunku zimy.

Obserwacje fenologiczne prowadzone w obszarze arktycznym wskazują na naturalne, biologiczne progi: 0°C, kiedy to rozpoczyna się rozwój wegetacyjny i tworzenie się pierwszych pączków kwiatowych u części roślin, oraz 2.5°C kiedy rozpoczyna się kwitnienie i wydawanie nasion. Może zatem to właśnie na ich podstawie należałoby wyznaczyć termiczne pory roku, które podobnie jak w przypadku umiarkowanych szerokości geograficznych miałyby odzwierciedlenie w funkcjonowaniu środowiska.

Powyższe wnioski dotyczą przeprowadzonej analizy w obrębie dość krótkiego okresu czasu jakim jest 10-lecie 1990–1999. Trudno jest na ich podstawie stwierdzić jaki jest kierunek zmian klimatycznego systemu obszaru polarnego. Analiza porównawcza przeciętnego czasu trwania oraz pojawiania sezonów

termicznych wyznaczonych przez Rodzika i Stepko w okresie 1978–1983 z dziesięcioleciem 1990–1999 wykazała, że zima termiczna oraz wiosna nie wykazują istotnych różnic, natomiast lato uległo wydłużeniu kosztem zarówno wiosny jak i jesieni, i trwało o 15 dni dłużej, a jesień dość znacznie skróciła się (o 11 dni), głównie na skutek późniejszego jej rozpoczęcia. Stwierdzenie to jest adekwatne do różnic pomiędzy 6-leciem 1978–1983 i badanym 10-leciem.



Ryc. 17. Termiczne pory roku w Hornsundzie w latach 1990–1999

Fig. 17. Thermal seasons in Hornsund for the years 1990–1999

W oparciu o powyższe można zatem zaryzykować stwierdzenie, że w badanym 10-leciu klimat Hornsundu wykazuje ocieplenie czego przejawem może być skrócenie zimy przy jednoczesnym wydłużeniu lata. Pewniejsze przesłanki do ogólniejszego wnioskowania o zmianach klimatycznych opartych o badania termicznych pór roku, będą możliwe po projektowanej analizie całego zbioru danych ze Stacji Polarnej PAN w Hornsundzie.

### Literatura

- Baranowski S., 1968, Termika tundry peryglacialnej SW Spitsbergen, Acta Universitatis Wratislaviensis No 68, Studia Geograficzne X, Wrocław.
- Dubicka M., 1996, Termiczne pory roku we Wrocławiu, Acta Universitatis Wratislaviensis No 1794, Prace Instytutu Geograficznego, Seria C, Meteorologia i Klimatologia, t. III.
- Dubiel E., 1988, Fenologiczne pory roku na Sörkapp Land /Spitsbergen/, XV Sympozjum Polarne, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego: 297-304.
- Dubiel E., 1991, Ecological observations on vascular plants in the NW Sörkapp Land (Spitsbergen), Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Botaniczne, Zeszyt 22: 39-45.
- Kejna M., 1992, Próba wydzielenia termicznych pór roku w stacji H. Arctowskiego (Szetlandy Pd.) w latach 1978–1989, Problemy Klimatologii Polarnej 2, Gdynia: 21-29.
- Kosiba A., 1958, O konieczności ujednoczenia skali międzynarodowej podstawowych kryteriów termicznych w klimatologii, Przegląd Geofizyczny, t.3 (11), nr 1: 27-31.
- Miętus M., 1992, Statistical characteristics of soil temperature at the depth of 5 cm in thermal seasons, Hornsund, Spitsbergen, Polish Polar Research, vol. 13, no. 2: 103-112.

Pereyma J., 1983, Climatological problems of the Hornsund area, Spitsbergen, Acta Universitatis Wratislaviensis No 714, Wrocław.

Rodzik J., Stepko W., 1985, Climatic conditions in Hornsund (1978-1983), Polish Polar Research, 6, 561-576.

## THERMAL SEASONS IN HORNSUND (SW SPITSBERGEN)

### Summary

In the studies on climate and its changes in the polar regions it is essential to determine climatic seasons which can be based on thermal, circular and phenological criteria but also according to different types of weather. The aim of this research is to determine thermal seasons, to characterize their structure and general regularities, which may make the more detailed environmental monitoring of these areas possible. According to many authors, a climatic characterization of a given area should be presented through defining its seasonal structure. This article attempts to find natural thermal periods in the polar climate, which differ from the conventional, fixed monthly or quarterly periods: spring III–V, summer VI–VIII, autumn IX–XI, winter XII–II; often accepted by many scientists in order to make the characterization of the course of selected meteorological elements easier.

The analysis of the seasonal structure of the climate of Hornsund is based on the data from the period of 1990–1999. The indices that characterize the initial and final dates, the overall duration of the thermal seasons, and estimation of the seasons' changeability in thermal terms have been taken into consideration.

Calendar boundaries have been set according to the method proposed by Kosiba (1958), in which the date that begins the period of the domination of days with the daily average air temperature ( $T_i$ ) typical for a given season is accepted as the season's boundary. As the quite significant changeability of the daily average air temperature complicates the choice of initial and final dates of seasons, additional criteria are used: the number of days proper for thermal season ( $w$ ), days warmer than  $w$ -days, days colder than  $w$ -days, the average air temperature and other.

This study provides a division into four seasons according to Baranowski's criteria (1986) accepted on the basis of an analysis of the annual course of air temperature in Hornsund, the accepted thermal criteria are as follows: spring  $-2.5^{\circ}\text{C} \leq T_i \leq 2.5^{\circ}\text{C}$ , summer  $T_i \geq 2.5^{\circ}\text{C}$ , autumn  $-2.5^{\circ}\text{C} \leq T_i \leq 2.5^{\circ}\text{C}$ , winter  $T_i \leq -2.5^{\circ}\text{C}$ .

The characteristics of a vegetative period are also defined. Its duration in the polar regions is difficult to estimate. If we accept the most commonly used criterion of the stabilization of the daily average air temperature over  $+5^{\circ}\text{C}$ , we will face the situation in which the vegetative period in the polar regions is either very short or does not occur at all. Phenological observations of Sörkapland – S Spitsbergen (Dubiel, 1988) made it possible to estimate a natural thermal threshold  $0^{\circ}\text{C}$  which begins the vegetative period. The development of most plants and their first flower buds occurs in average air temperature of approximately  $0^{\circ}\text{C}$ . Blooming and producing seeds, on the other hand, occur when the air temperature exceeds  $2.5^{\circ}\text{C}$ .

Seasons (fig. 17), determined on the basis of daily average air temperatures, characterize and emphasize the changeability of thermal conditions and the specifics of the polar climate very well, what results in the conclusions enumerated below:

- in the researched decade the initial and final dates and the overall duration of the thermal seasons are characterized by great changeability,
- the most stable, with regard to the initial date, are spring and summer,
- the most changeable, with regard to duration, are autumn and summer,
- the most thermally stable season is summer. The least thermally stable season is autumn,
- transitional seasons have a tendency to prolong: mainly autumn (the effect is that winter becomes shorter) and to a lesser extent spring. Winter and summer shorten,
- the analysis of the line of this trend reveals that summer gets slightly colder. Spring and winter do not show any significant changes,
- the most visible tendency is a downward tendency of autumn temperatures - the effect of the prolonged duration towards winter,
- a vegetative period shows a tendency to begin later and to finish slightly earlier. The final date, however, does not reveal any significant tendency for changes.