

Szczepan MRUGAŁA

**Przestrzenny rozkład odwilży atmosferycznych
na obszarze Polski**

Spatial Distribution of Atmospheric Thaws in Poland

WSTĘP

Położenie Polski w umiarkowanej strefie klimatycznej sprawia, iż w ciągu roku występuje duża zmienność warunków pogodowych. Szczególnie zaznacza się to w okresie zimy, kiedy temperatura wielokrotnie przekracza próg 0°C . Pojawiają się wówczas na przemian okresy mroźne i odwilżowe.

Odwilż atmosferyczna jest jednym z charakterystycznych i na ogół niekorzystnych zjawisk meteorologicznych. Ujemny jej wpływ zaznacza się przede wszystkim w rolnictwie (uszkodzenie ozimin), transporcie (niszczenie utwardzonych nawierzchni dróg), budownictwie (zmniejszenie trwałości budowli). Przy intensywnych odwilżach mogą wystąpić powodzie roztopowe powodujące duże zniszczenia w gospodarce i środowisku naturalnym. Oddziaływanie odwilży może być też dodatnie, np. stabilizowanie pokrywy śnieżnej, co zapobiega powstawaniu zamieci.

Przegląd prac dotyczących odwilży atmosferycznych pozwala stwierdzić, iż stan wiedzy na temat tego zjawiska w literaturze polskiej jest dalece niewystarczający, natomiast znacznie lepszy w literaturze zagranicznej, głównie radzieckiej.

Interesujące są opracowania odnoszące się do klasyfikacji tego zjawiska. Na początku XX wieku Woejkow (1908) wyróżnił dwa rodzaje

odwilży atmosferycznych: 1) powstające pod wpływem „ciepłych wiatrów” i 2) pod wpływem promieni słonecznych. Lebediewa (1938) badając odwilże na europejskim terytorium ZSRR wydzieliła trzy ich typy związane z kierunkiem napływu mas powietrznych: 1) zachodnie, 2) południowe, 3) południowo-zachodnie. Chajrullin (1966) wyróżnił odwilże adwekcyjne, radiacyjne i adwekcyjno-radiacyjne (mieszane). Kuziemski (1967) na podstawie wartości bilansu radiacyjnego w umiarkowanych szerokościach Europy podzielił odwilże atmosferyczne na zimowe (przewaga ujemnych wartości bilansu) i wiosenne (przewaga dodatnich wartości bilansu). Ze względu na skutki możemy podzielić odwilże na atmosferyczne, hydrologiczne i gruntowe (glebowe). Ostatnio wydziela się odwilże obiektów budowlanych (Anapolskaja 1966, Chajrullin 1963). Z punktu widzenia czasu trwania można wydzielić odwilże całodobowe i obejmujące część doby. Uwzględniając wielkość obszaru można mówić o odwilżach lokalnych, regionalnych i makroterytorialnych. Należy jednak sądzić, iż dla celów badań podstawowych istotne znaczenie mają genetyczne klasyfikacje odwilży.

MATERIAŁ I METODA OPRACOWANIA

W niniejszym opracowaniu przedstawiono przestrzenne zróżnicowanie częstości i długotrwałości odwilży atmosferycznych na obszarze Polski. Materiał wyjściowy stanowiły dobowe temperatury maksymalne powietrza $\geq 0^{\circ}\text{C}$, dla zimy (grudzień—luty) z lat 1950/51–1979/80. Powyższe dane zebrano dla 46 stacji meteorologicznych. Z uwagi na makroskalowy charakter występowania odwilży atmosferycznych w doborze stacji meteorologicznych (ryc. 1) kierowano się nie tyle ich liczbą, co równomiernym rozmieszczeniem na obszarze kraju. Nie uwzględniono danych ze stacji górskich na Kasprowym Wierchu i Śnieżce, stąd też otrzymane wyniki nie odnoszą się do wyższych partii Karpat i Sudetów (powyżej 900 m n.p.m.); na mapkach obszary te zakreskowano.

Jako kryterium odwilży atmosferycznych przyjęto temperaturę maksymalną $\geq 0^{\circ}\text{C}$ w ciągu doby (Chajrullin 1966). Podobnie jak Aleszyn (1981) uznano za odwilżowe dni z temperaturą maksymalną powietrza $\geq 0^{\circ}\text{C}$ występujące w okresie grudzień—luty. Częstość występowania okresów odwilżowych przedstawiono w wartościach względnych (%) jako tzw. częstość w przedziale, natomiast częstość występowania dni z odwilżą atmosferyczną określono w liczbach bezwzględnych. Ze względu na długotrwałość wydzielono odwilże krótkotrwałe (1–5 dni), średniotrwałe (6–15 dni), długotrwałe (16–30 dni) i bardzo długotrwałe (powyżej 30 dni). Podstawą przyjęcia

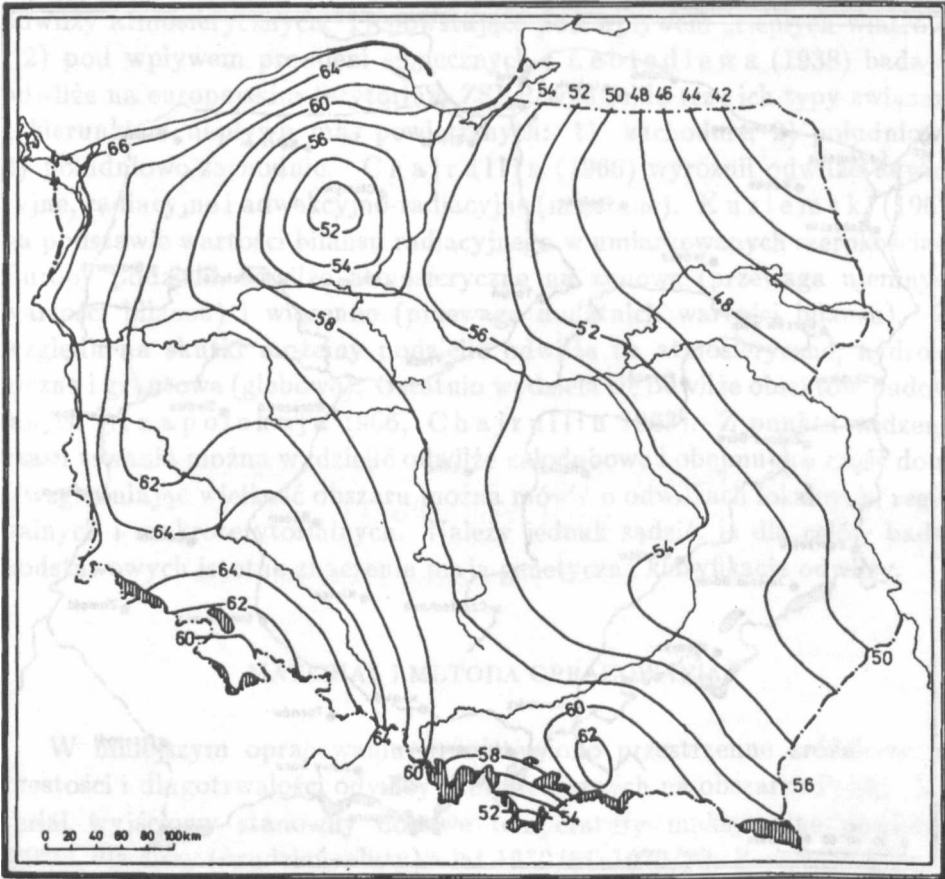


Ryc. 1. Rozmieszczenie stacji meteorologicznych uwzględnionych w opracowaniu
Location of meteorological stations considered in the text

powyższych okresów odwilżowych były wyraźne różnice częstości między przedziałami.

Przeprowadzono obliczenia współczynnika korelacji i równań regresji liniowej między średnią 30-letnią liczbą dni odwilżowych w poszczególnych miesiącach i w zimie a długością geograficzną (λ), szerokością geograficzną (φ), wysokością bezwzględną (h) i średnią temperaturą powietrza (t). W tym celu posłużono się wzorem na współczynnik korelacji według momentu iloczynowego (Guilford 1960):

$$r = \frac{E(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n \sigma_x \sigma_y}$$



Ryc. 2. Średnia liczba dni odwilżowych w zimie na obszarze Polski
 Mean number of thaw days in winter in Poland

i wzorem na równanie regresji liniowej:

$$y = r \frac{y}{x} (x - \bar{x}) + \bar{y}$$

Współczynniki korelacji wielokrotnej i równania regresji obliczono w Zakładzie Metod Numerycznych UMCS. Z uwagi na liczbę wyrazów mniejszą od 100 i wewnętrzną zależność między liczbą dni odwilżowych a średnią temperaturą powietrza i długością geograficzną przy obliczaniu współczynników korelacji zastosowano tak zwaną poprawkę na tendencyjność (Guilford 1960) w celu uniknięcia zawyżenia wartości tych współczynników.

Na podstawie wzajemnej relacji między odwilżami regionalnymi a odwilżami występującymi na obszarze całego kraju podjęto próbę regionalizacji terytorium Polski pod względem odwilżowym.

LICZBA DNI Z ODWILŻĄ ATMOSFERYCZNĄ

Średnia liczba dni z odwilżą atmosferyczną w zimie (XII-II) z okresu 1950/51–1979/80 wynosiła na obszarze Polski 57 dni, przy czym w poszczególnych stacjach meteorologicznych zmieniała się od 40 dni w Suwałkach do 67 dni w Świnoujściu. Najmniejszą liczbą dni odwilżowych (poniżej 50 dni) cechowały się północno-wschodnie i wschodnie obszary Polski, natomiast największą (powyżej 60 dni) charakteryzowały się południowo-zachodnie, zachodnie i północno-zachodnie obszary Polski (ryc. 2). Zwraca uwagę znaczny spadek liczby tych dni we wschodniej części Pojezierza Pomorskiego (Chojnice 50 dni) oraz duży wzrost w Kotlinie Sądeckiej (Nowy Sącz 64 dni). Zależność między średnią liczbą dni odwilżowych w zimie (Dz) a wysokością nad poziomem morza (h), współrzędnymi geograficznymi (φ , λ) i średnią temperaturą powietrza w zimie (tz) przedstawia się następująco:

$$Dz = -1,954\lambda + 94,321,$$

$$Dz = 5,584tz + 67,051,$$

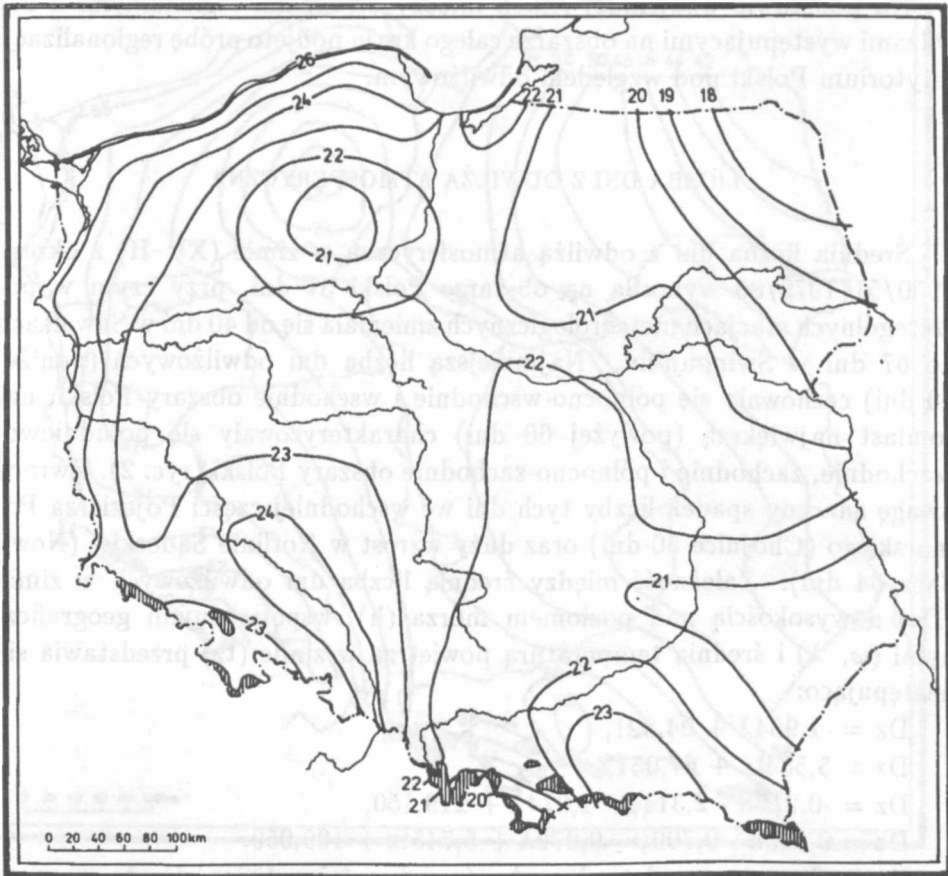
$$Dz = -0,215h - 2,314\varphi - 1,974\lambda + 219,150,$$

$$Dz = 0,025h - 0,700\varphi - 0,272\lambda + 5,745tz + 109,050.$$

Na podstawie przedstawionych równań należy stwierdzić, że wraz ze wzrostem długości geograficznej o 1 stopień liczba dni odwilżowych spada około 2 dni, natomiast przy wzroście średniej temperatury powietrza w zimie o 1°C liczba tych dni wzrasta o ponad 5,5 dni. Stwierdzono duży współczynnik korelacji (na poziomie istotności $\alpha=0,001$) między liczbą dni odwilżowych w zimie a długością geograficzną ($r=-0,807$) i średnią temperaturą powietrza w zimie ($r=0,886$). Natomiast nie stwierdzono istotnego związku statystycznego względem wysokości bezwzględnej ($r=-0,270$, $\alpha=0,05$) i szerokości geograficznej ($r=-0,0065$, $\alpha > 0,1$). Współczynnik korelacji wielokrotnej między liczbą dni odwilżowych w zimie a współrzędnymi geograficznymi, wysokością bezwzględną i średnią temperaturą powietrza w zimie okazał się bardzo wysoki i wyniósł 0,968.

Grudzień

Średnia liczba dni odwilżowych w grudniu dla Polski wyniosła 22, a w poszczególnych stacjach meteorologicznych zmieniała się od 17 dni (Suwałki) do 26 dni (Hel). Najwięcej tych dni zanotowano na Wybrzeżu Bałtyckim i w



Ryc. 3. Średnia liczba dni odwilżowych w grudniu na obszarze Polski
 Mean number of thaw days in December in Poland

Polsce zachodniej, a najmniej w Polsce północno-wschodniej i wschodniej (ryc. 3). Związek funkcyjny między średnią liczbą dni odwilżowych w grudniu a wysokością bezwzględną, szerokością i długością geograficzną oraz średnią miesięczną temperaturą powietrza wyrażają poniższe równania:

$$D = -0,464\lambda + 30,862,$$

$$D = -0,005h + 22,842,$$

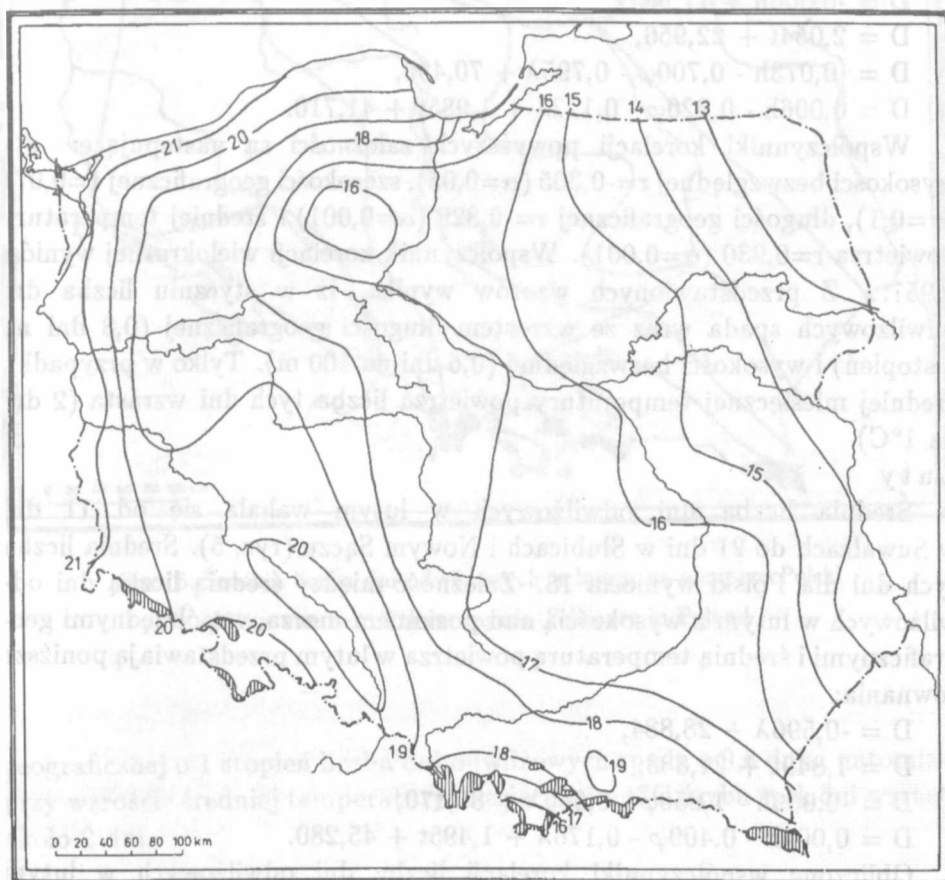
$$D = 1,926t + 22,963,$$

$$D = -0,092h - 0,572\varphi - 0,419\lambda + 61,680,$$

$$D = -0,012h - 0,175\varphi - 0,012\lambda + 1,886t + 32,890.$$

Współczynnik korelacji między liczbą dni odwilżowych w grudniu a wysokością nad poziomem morza wyniósł $-0,361$ ($\alpha=0,05$), względem długości

geograficznej $-0,612$ ($\alpha=0,001$), szerokości geograficznej $0,167$ ($\alpha=0,1$) i względem średniej temperatury powietrza w grudniu wyniósł $0,848$ ($\alpha=0,001$). Współczynnik korelacji wielokrotnej wyniósł $0,850$. Z podanych równań wynika, iż w grudniu wraz ze wzrostem długości geograficznej i wysokości nad poziomem morza liczba dni odwilżowych spada — przeciętnie około $0,5$ dnia na 1 stopień długości geograficznej i $0,5$ dnia na każde 100 m wysokości. Natomiast wyraźnie wzrasta liczba tych dni wraz ze wzrostem średniej miesięcznej temperatury powietrza — przeciętnie około 2 dni na 1°C .



Ryc. 4. Średnia liczba dni odwilżowych w styczniu na obszarze Polski

Mean number of thaw days in January in Poland

Styczeń

W miesiącu tym (ryc. 4) średnia liczba dni odwilżowych dla Polski wyniosła 17, przy czym najmniej ich było w części północno-wschodniej (Suwałki 12 dni), a najwięcej w części zachodniej (Słubice 22 dni) i na Wybrzeżu Bałtyckim (Kołobrzeg 22 dni). Zależność między średnią liczbą dni odwilżowych w styczniu a wysokością nad poziomem morza, współrzędnymi geograficznymi i średnią temperaturą powietrza w styczniu przedstawiają następujące równania:

$$D = -0,799\lambda + 32,261,$$

$$D = -0,006h + 17,904,$$

$$D = 2,054t + 22,956,$$

$$D = -0,073h - 0,700\varphi - 0,795\lambda + 70,490,$$

$$D = 0,006h - 0,320\varphi - 0,112\lambda + 1,985t + 41,710.$$

Współczynniki korelacji powyższych zależności są następujące: dla wysokości bezwzględnej $r=-0,305$ ($\alpha=0,05$), szerokości geograficznej $r=0,071$ ($\alpha=0,1$), długości geograficznej $r=-0,829$ ($\alpha=0,001$) i średniej temperatury powietrza $r=0,930$ ($\alpha=0,001$). Współczynnik korelacji wielokrotnej wyniósł 0,957. Z przedstawionych wzorów wynika, iż w styczniu liczba dni odwilżowych spada wraz ze wzrostem długości geograficznej (0,8 dni na 1 stopień) i wysokości bezwzględnej (0,6 dni na 100 m). Tylko w przypadku średniej miesięcznej temperatury powietrza liczba tych dni wzrasta (2 dni na 1°C).

Luty

Średnia liczba dni odwilżowych w lutym wahała się od 11 dni w Suwałkach do 21 dni w Słubicach i Nowym Sączu (ryc. 5). Średnia liczba tych dni dla Polski wyniosła 18. Zależność między średnią liczbą dni odwilżowych w lutym a wysokością nad poziomem morza, współrzędnymi geograficznymi i średnią temperaturą powietrza w lutym przedstawiają poniższe równania:

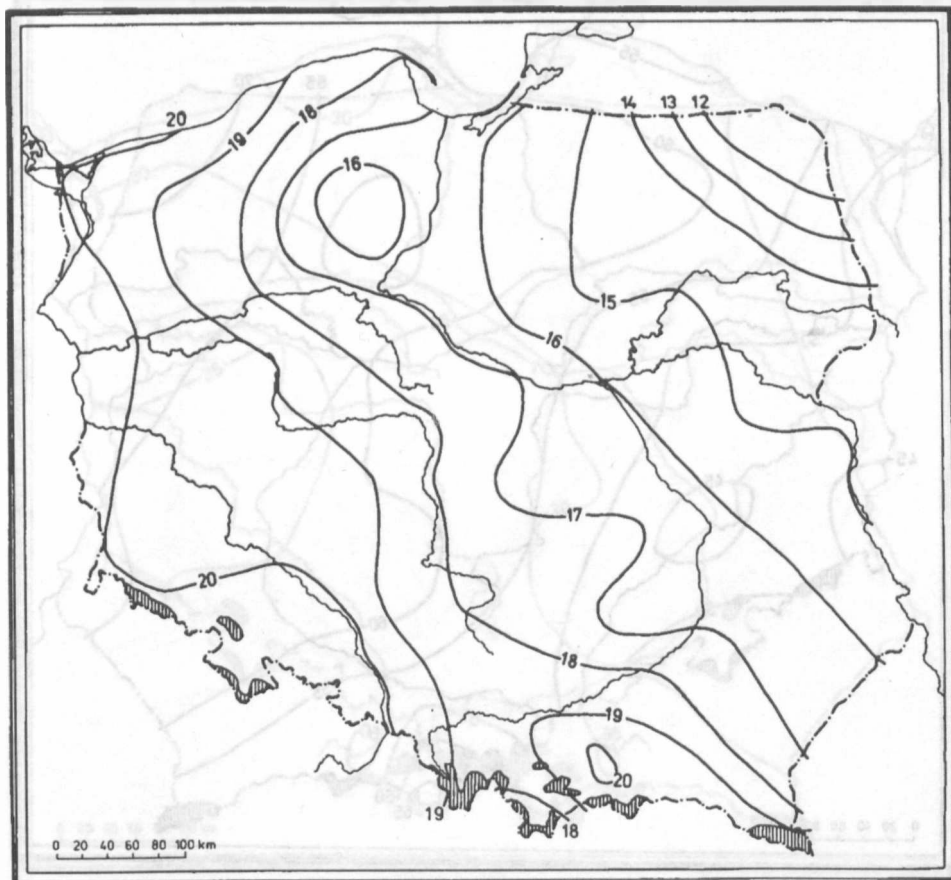
$$D = -0,596\lambda + 28,884,$$

$$D = 1,849t + 21,383,$$

$$D = -0,059h - 1,056\varphi - 0,660\lambda + 86,170,$$

$$D = 0,004h - 0,409\varphi - 0,176\lambda + 1,495t + 45,280.$$

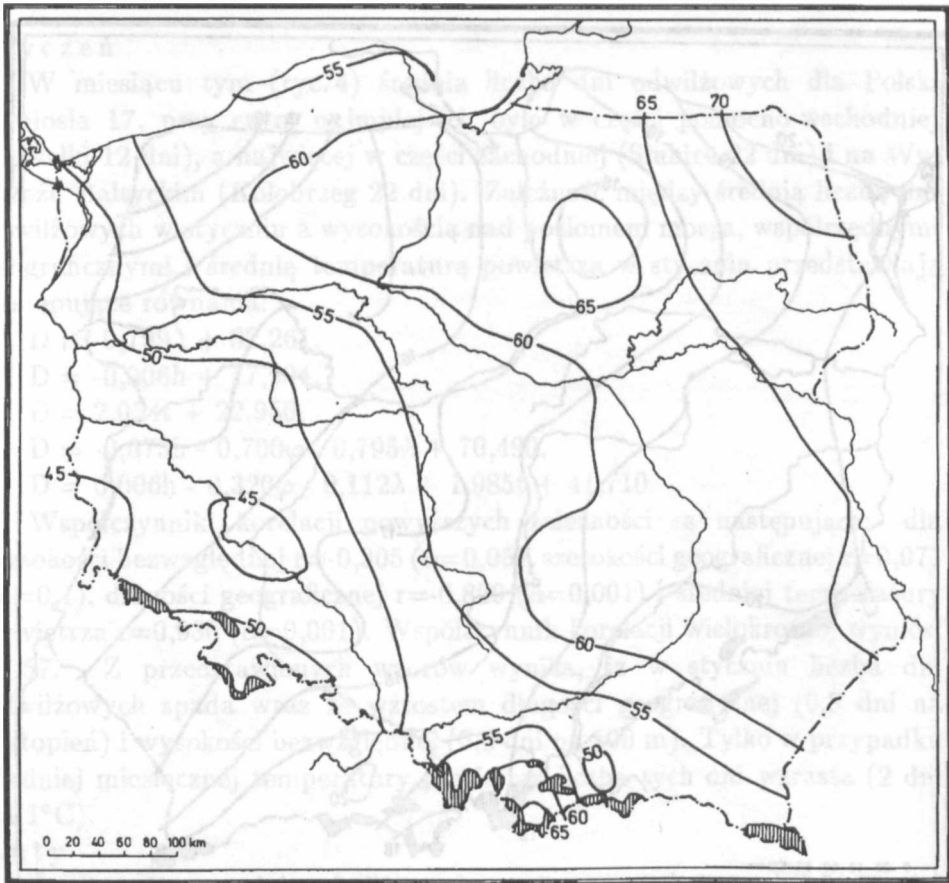
Obliczone współczynniki korelacji liczby dni odwilżowych w lutym względem wysokości bezwzględnej, współrzędnych geograficznych i średniej miesięcznej temperatury powietrza wynoszą: dla wysokości bezwzględnej $r=-0,103$ ($\alpha=0,1$), szerokości geograficznej $r=-0,274$ ($\alpha=0,05$), długości geograficznej $r=-0,756$ ($\alpha=0,001$) i dla średniej temperatury powietrza w lutym $r=0,929$ ($\alpha=0,001$). Współczynnik korelacji wielokrotnej wyniósł 0,968. Z powyższych równań wynika, że w lutym wraz ze wzrostem długości



Ryc. 5. Średnia liczba dni odwilżowych w lutym na obszarze Polski
 Mean number of thaw days in February in Poland

geograficznej o 1 stopień liczba dni odwilżowych spada o 0,6 dnia, natomiast przy wzroście średniej temperatury miesięcznej o 1°C liczba tych dni wzrasta około 2 dni.

Z przedstawionych równań i współczynników korelacji dla grudnia, stycznia i lutego można wnosić, że w każdym z tych miesięcy liczba dni odwilżowych w dość wysokim stopniu zależy od długości geograficznej i średniej miesięcznej temperatury powietrza. Wpływ wysokości bezwzględnej (do 900 m n.p.m.) i szerokości geograficznej na liczbę dni odwilżowych okazał się niewielki.

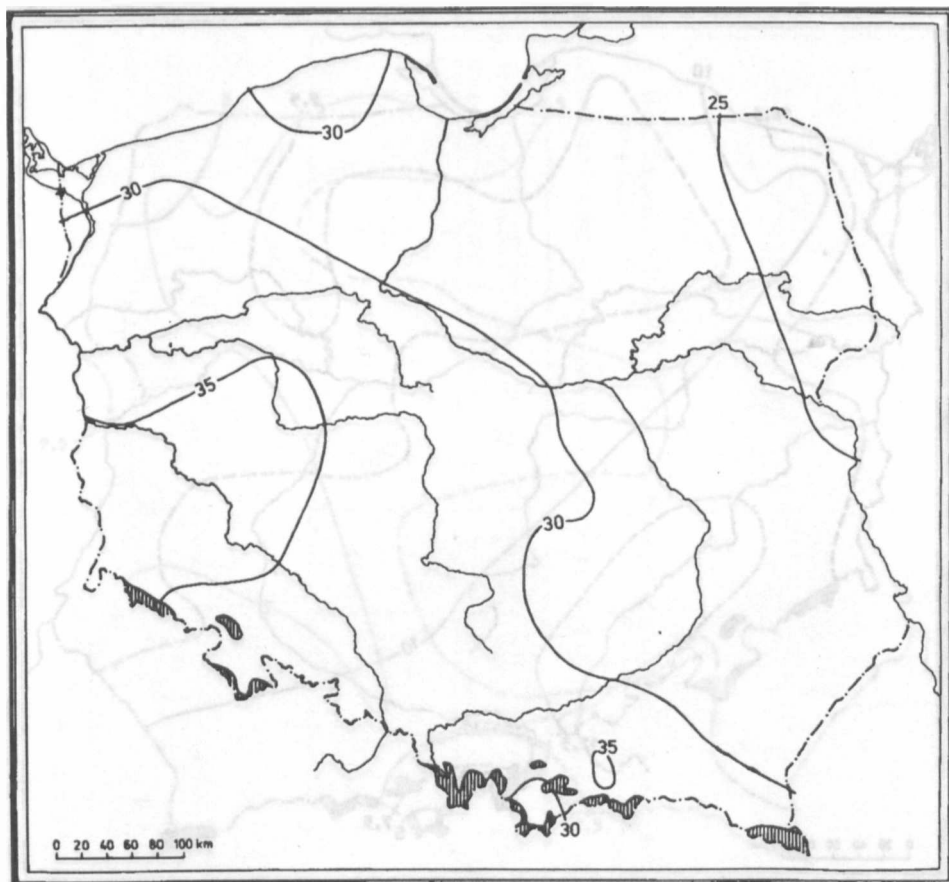


Ryc. 6. Średnia częstość występowania odwilży krótkotrwałych w zimie na obszarze Polski (w %)

Mean frequency of short thaws in winter in Poland (in %)

CZĘSTOŚĆ WYSTĘPOWANIA OKRESÓW ODWILŻOWYCH

Częstość odwilży krótkotrwałych zmieniała się na obszarze kraju od 65–70% w części północno-wschodniej do 45–50% w części południowo-zachodniej i zachodniej (ryc. 6). Przebieg izolii wskazuje, że spadek następuje z kierunku północno-wschodniego na południowo-zachodni. Odwilże średniotrwałe (ryc. 7) najczęściej występowały w Polsce południowo-zachodniej (35%), a najrzadziej w Polsce północno-wschodniej (25%). W przeciwieństwie do odwilży krótkotrwałych częstość odwilży średniotrwałych wzrasta w kierunku zachodnim. W rozkładzie częstości występowania odwilży długotrwałych zaznacza się wzrost jej wartości w kierunku zachod-

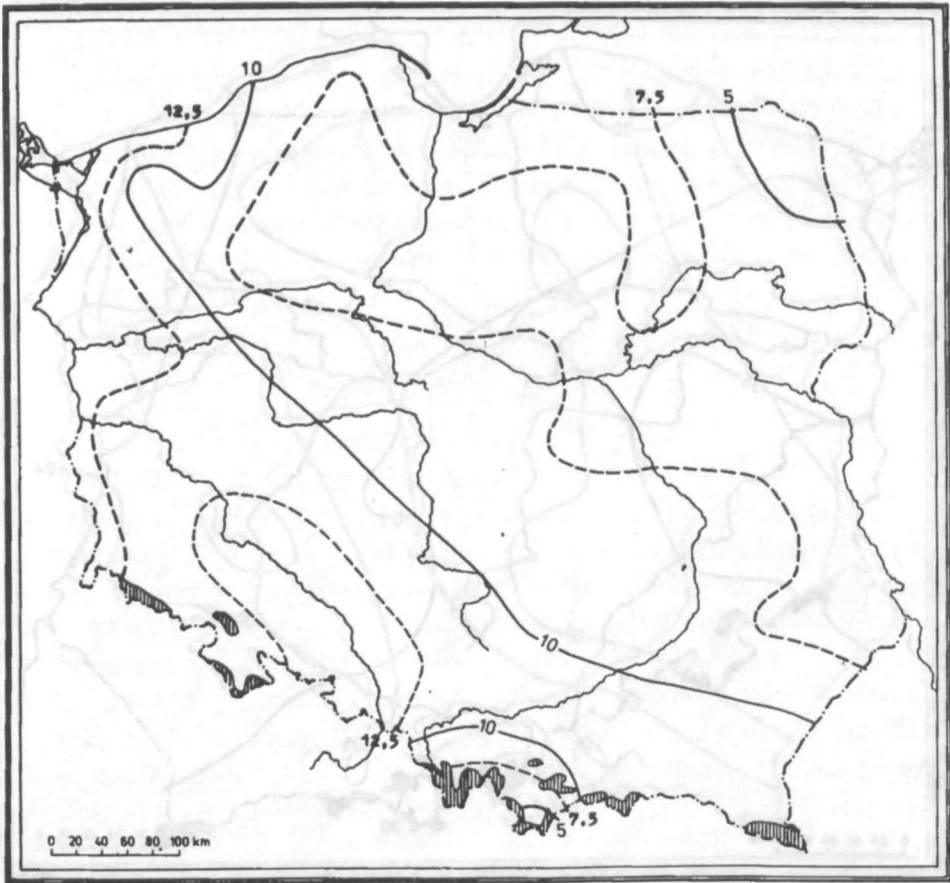


Ryc. 7. Średnia częstość występowania odwilży średniotrwałych w zimie na obszarze Polski (w %)

Mean frequency of medium thaws in winter in Poland (in %)

nim (ryc. 8). Częstość tych odwilży zmieniała się od 12–14% w zachodniej części kraju do 4–6% we wschodniej części Polski. Najmniejszą częstością występowania spośród wszystkich okresów odwilżowych charakteryzowały się odwilże bardzo długotrwałe (ryc. 9). Największą częstość tych odwilży stwierdzono w zachodniej części kraju i na Wybrzeżu Bałtyckim (5–7%), a najmniejszą w Polsce północno-wschodniej (poniżej 1%). Na stacji meteorologicznej w Suwałkach w omawianym 30-leciu nie zanotowano ani jednego przypadku wystąpienia odwilży bardzo długotrwałe.

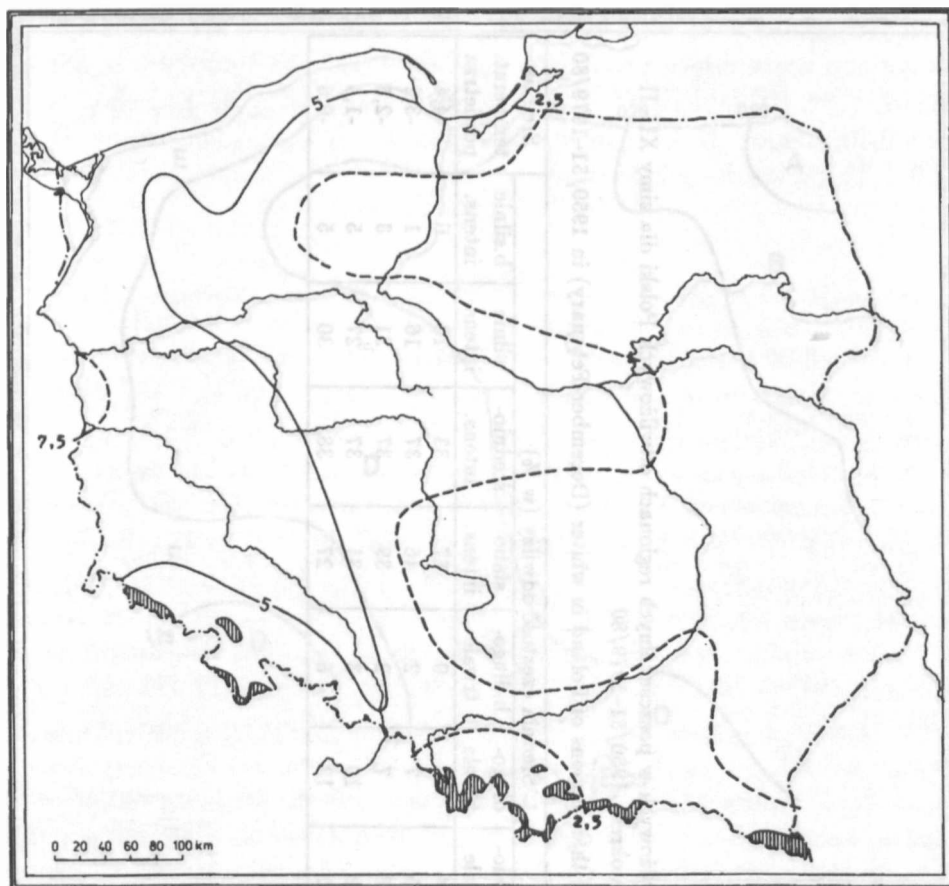
Polska południowo-zachodnia i zachodnia charakteryzowała się największą częstością występowania odwilży średniotrwałych, długotrwałych i bardzo długotrwałych, natomiast Polskę północno-wschodnią i wschodnią



Ryc. 8. Średnia częstość występowania odwilży długotrwałych w zimie na obszarze Polski (w %)

Mean frequency of long thaws in winter in Poland (in %)

cechowała największa częstość odwilży krótkotrwałych. Wyjaśnić to można czasem oddziaływania adwekcji ciepła na obszarze Polski (Kuziemski 1971). Ciepłe masy powietrzne przesuując się ku wschodowi tracą coraz szybciej ciepło z racji, iż napływają nad coraz bardziej wychłodzone podłoże, zatem czas ich oddziaływania jako mas powietrznych o dodatniej temperaturze jest dość krótki. Natomiast obszar Polski zachodniej jako najbardziej eksponowany na adwekcje ciepła charakteryzuje się napływem mas powietrznych o stosunkowo wysokiej temperaturze (dodatniej), stąd też czas ich wychładzania się do temperatury ujemnej jest względnie długi.



Ryc. 9. Średnia częstość występowania odwilży bardzo długotrwałych w zimie na obszarze Polski (w %)

Mean frequency of very long thaws in winter in Poland (in %)

REGIONALIZACJA ODWILŻOWA OBSZARU POLSKI

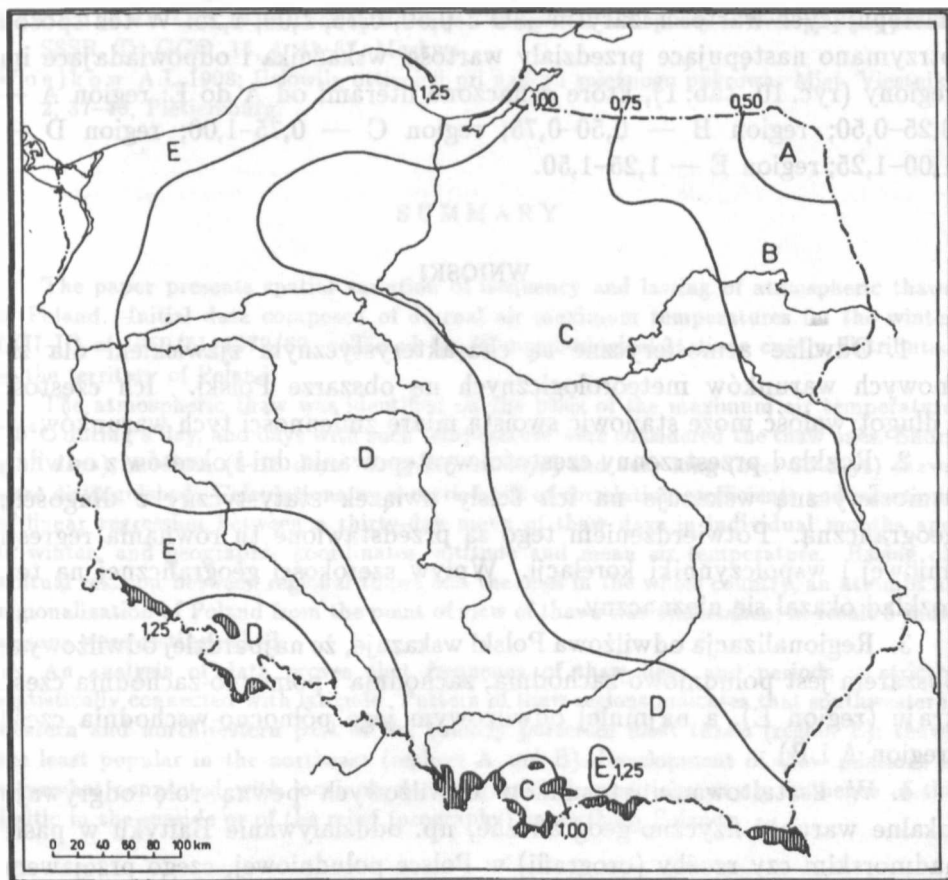
Występujące w Polsce odwilże atmosferyczne ze względu na zasięg terytorialny można podzielić na odwilże obejmujące cały obszar kraju i na odwilże obejmujące tylko część Polski, a więc regionalne.

Liczba dni z odwilżami występującymi na całym obszarze Polski jest stała (zarówno dla regionu, jak i stacji). Średnia liczba dni z tymi odwilżami wyniosła 28. Tak więc o zróżnicowaniu odwilżowym obszaru Polski decydować będą odwilże regionalne, to jest liczba dni z tymi odwilżami. Wzajemną relację między odwilżami regionalnymi a odwilżami występującymi na całym obszarze kraju można uważać za odzwierciedlenie

Tab. 1. Wartości wybranych charakterystyk odwilżowych w poszczególnych regionach odwilżowych Polski dla zimy XII-II z okresu 1950/51-1979/80

Values of selected thaw characteristics in individual thaw regions of Poland in winter (December-February) in 1950/51-1979/80

Region	Średnia liczba dni odwilż.	Częstość dni odwilż. (w %)	Średnia częstość odwilży (w %)						Średnia temperat. powietrza		
			krótko-trwale	średnio-trwale	długo-trwale	b.długo-trwale	slabo-intens.	średnio-intens.	silnie intens.	b.silnie intens.	
A	35-42	39-46	72	24	4	0	57	33	10	0	-4,4
B	42-49	46-54	66	25	7	2	46	37	16	1	-3,2
C	49-56	54-62	63	28	7	2	39	37	21	3	-2,5
D	56-63	62-70	54	33	10	3	31	37	27	5	-1,3
E	63-70	70-78	49	32	13	6	27	38	30	5	-0,6



Ryc. 10. Regionalizacja odwilżowa obszaru Polski (objaśnienia w tekście)

Thaw regionalization of Poland (explanations in the text)

stopnia odwilżowości danego obszaru. Zróżnicowanie odwilżowe obszaru Polski przeprowadzono na podstawie wskaźnika stopnia odwilżowości (SO), który ma postać:

$$SO = \frac{a - b}{b}$$

gdzie: a — średnia liczba wszystkich dni z odwilżą atmosferyczną w danej stacji meteorologicznej, b — średnia liczba dni z odwilżami atmosferycznymi występującymi na całym obszarze Polski w zimie.

Skrajne wartości średnie wskaźnika „SO” wyniosły od 0,42 w Suwałkach do 1,41 w Świnoujściu, zatem uwzględniając zakres wahań wartości tego wskaźnika zróżnicowanie terytorium Polski przeprowadzono na podstawie

następujących wartości izarytm „SO”: 0,50, 0,75, 1,00, 1,25. W ten sposób otrzymano następujące przedziały wartości wskaźnika i odpowiadające im regiony (ryc. 10, tab. 1), które oznaczono literami od A do E: region A — 0,25–0,50; region B — 0,50–0,75; region C — 0,75–1,00; region D — 1,00–1,25; region E — 1,25–1,50.

WNIOSKI

1. Odwilże atmosferyczne są charakterystycznym zjawiskiem dla zimowych warunków meteorologicznych na obszarze Polski. Ich częstość i długotrwałość może stanowić swoistą miarę zmienności tych warunków.

2. Rozkład przestrzenny częstości występowania dni i okresów z odwilżą atmosferyczną wskazuje na ich ścisły związek statystyczny z długością geograficzną. Potwierdzeniem tego są przedstawione tu równania regresji liniowej i współczynniki korelacji. Wpływ szerokości geograficznej na ten rozkład okazał się nieznaczący.

3. Regionalizacja odwilżowa Polski wskazuje, że najbardziej odwilżowym obszarem jest południowo-zachodnia, zachodnia i północno-zachodnia część kraju (region E), a najmniej odwilżowym jego północno-wschodnia część (region A i B).

4. W kształtowaniu stosunków odwilżowych pewną rolę odgrywają lokalne warunki fizyczno-geograficzne, np. oddziaływanie Bałtyku w pasie nadmorskim czy rzeźby (orografii) w Polsce południowej, czego przejawem jest między innymi rozkład regionów odwilżowych w tej części kraju.

LITERATURA

- Aleszyna A.M. 1981; Powtorajemost' ottiepielej i silnych morozow na Ewropejskoj terrytorii SSSR i w Zapadnoj Sibiri. Tr. Gidromietcentra SSSR, 237, 80–92. Moskwa.
- Anapolskaja L.E. 1966; Ottiepieli i ich wlijanije na dolgowiecznost' zdaniy. Tr. GGO, 200, 14–27, Leningrad.
- Chajrullin K.Š. 1966; Ottiepieli i ich tipizacija. Tr. GGO, 199, 9–21. Leningrad.
- Chajrullin K.Š. 1969; Ottiepieli na terrytorii SSSR. Gidromietieoizdat, 1–87. Leningrad.
- Guilford J.P. 1960; Podstawowe metody statystyczne w psychologii i pedagogice, PWN, Warszawa.
- Kuziemski J. 1967; Rozważania nad pojęciem odwilży. Wiad. Sl. Hydr. i Met., III, 3–4, 27–36, Warszawa.
- Kuziemski J. 1971; Przyczyny meteorologiczne odwilży w Polsce. Pr. PIHM, 101, 3–23, Warszawa.

Lebediewa O.N.1938; Proischozhdienije i charaktier ottiepielej w Ewropejskoj czasti SSSR. Tr. GGO, 16, 4, 41-87, Moskwa.

Woejkow A.I. 1908; Usłowija ottiepieli pri naliczii snieżnogo pokrowa. Miet. Viestnik, 2, 37-40, Pietiersburg.

SUMMARY

The paper presents spatial variation of frequency and lasting of atmospheric thaws in Poland. Initial data composed of diurnal air maximum temperatures for the winter (XII-II) of 1950/51-1979/80, collected for 46 meteorological stations evenly distributed in the territory of Poland.

The atmospheric thaw was identified on the basis of the maximum air temperature $\geq 0^{\circ}\text{C}$ during a day, and days with such temperature were considered the thaw ones. Short (1-5 days), medium (6-15 days), long (16-30 days) and very long (over 30 days) thaws were distinguished. Calculations were carried out of correlation coefficients and equations of linear regression between a thirty-day mean of thaw days in individual months and in winter, and geographic coordinates, altitude and mean air temperature. Basing on mutual relation between regional thaws and the ones in the whole country, an attempt at regionalization of Poland from the point of view of thaws was undertaken; in result 5 thaw regions were distinguished.

An analysis of data proves that frequency of thaw days and periods is strictly statistically connected with latitude. Pattern of thaw regions indicates that southwestern, western and northwestern part of the country possesses most thaws (region E); thaws are least popular in the northeast (regions A and B). Development of thaw relations is somewhat connected with local physico-geographical conditions as e.g. influence of the Baltic in the seaside or of the relief (orography) in southern Poland.

