

ZMIENNOŚĆ WSKAŹNIKA NIERÓWNOMIERNOŚCI OPADÓW W EUROPIE W XX WIEKU ORAZ JEGO ZWIĄZKI ZE ZMIENNOŚCIĄ WSKAŹNIKA NAO

Ewa Łupikasza
Uniwersytet Śląski
Katedra Klimatologii

Wprowadzenie

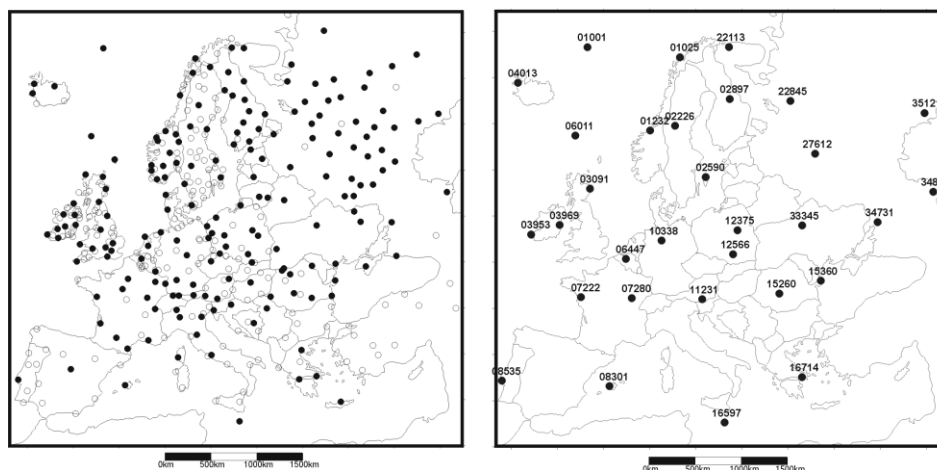
W umiarkowanych szerokościach geograficznych za najważniejszą charakterystykę opadów uważany jest ich przebieg roczny. Zarówno niedobór, jak i nadmiar opadów w określonych porach roku wpływa w istotny sposób na rolnictwo, zalesienie oraz zasoby wodne zarówno w skali lokalnej, jak i regionalnej. Niekorzystne zmiany rozkładu opadów w ciągu roku mogą doprowadzić do poważnych strat (powodzie, nieurodzaj) i to nie tylko materialnych.

Typy przebiegu rocznego opadów charakteryzowane są bądź przez określenie pory wystąpienia najwyższych sum opadowych, bądź za pomocą wskaźników matematycznych. O ile przestrzenny rozkład typów opadowych w Europie, a szczególnie w strefie śródziemnomorskiej, jest dobrze znany, to w literaturze bardzo mało uwagi poświęcono zmienności wieloletniej tej charakterystyki opadów. Dlatego też celem niniejszego opracowania jest analiza zmian oraz zmienności jednego ze wskaźników przebiegu rocznego opadów (wskaźnika nierównomierności) w Europie w XX wieku oraz porównanie tej zmienności ze zmiennością wskaźnika NAO (North Atlantic Oscillation Index).

Materialy

W opracowaniu wykorzystano średnie miesięczne i roczne sumy opadów z 30-leci 1931-1960 i 1961-1990 (388 stacji) oraz wieloletnie ciągi miesięcznych i rocznych sum opadów z wybranych stacji w Europie (w przypadku 188 stacji dane za lata 1900-1990 i w przypadku 31 stacji dane z lat 1900-2000) (rys. 1). Większość danych z okresów 1931-1960 i 1961-1990 pochodzi z *Climatological Normals (CLINO) for Climate and Climate Ship Stations for the period 1931-1960* (1971), *Climatological Normals (CLINO) for the period 1961-1990* (1996) *Atlasu klimatycznego Polski* (1977). Kompletując wieloletnie ciągi opadów korzystano głównie z internetowych baz danych *Global Historical Climatology Network (GHCN)* (Vose 1992, 1995) oraz *North Atlantic Climatological Dataset (NACD version 1)* (Frich 1996), a ponadto z *WWR* (1929, 1944, 1947,

1959a, 1959b, 1968, 1979, 1981, 1987, 1994, 1995 cz. A, 1995 cz. B), *MCDW* (1957-1997), *FSUMPA* (NSIDC 2000), *A Comprehensive Precipitation Data Set for Global Land Areas* (Eischeid 1991), *Clima Republicii Populare Romine* (Tîstea 1961) (ze stacji rumuńskich) oraz z *Meteorologičeskije dannyje za otdelnyje gody po zarubežnoj territorii severnogo polušara, č. II, Mesiačnyje i godovyje summy osadkov* (Šeremetova 1981). Miesięczne i roczne wartości wskaźnika NAO, zdefiniowanego jako różnica znormalizowanych wartości ciśnienia pomiędzy Ponta Delgada (Azory) i Islandią, zaczerpnięto z internetu (www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.html).



Rys.1. Lokalizacja stacji meteorologicznych wykorzystanych w opracowaniu
Fig. 1. Localization of the meteorological stations

Metody

W celu zbadania zmienności wskaźnika nierównomierności opadów w Europie w XX wieku przeprowadzono wieloaspektowe analizy. Zmiany tego wskaźnika badano przez obliczenie różnic na odpowiadających sobie stacjach (366 stacji) między jego wartościami z 30-leci. Zmienność wieloletnią analizowano przez wyznaczenie współczynników kierunkowych trendu liniowego w 188 stacjach meteorologicznych. Ponadto na podstawie 31 stacji meteorologicznych, reprezentujących różne typy rozkładu opadów, zbadano przebieg wskaźnika nierównomierności opadów w latach 1900-2000, który wygładzono filtrem Gaussa (5 lat). Standaryzowane wartości wskaźnika nierównomierności porównano z przebiegiem NAO (obliczając współczynniki korelacji w latach 1900-2000).

Zaproponowany przez T. Wilgata (1948) wskaźnik okresowości opadów jest ogólną charakterystyką kontynentalizmu opadowego, właściwą do wyrażania stopnia rozwoju

ładowych cech przebiegu opadów w niemonsunowych obszarach umiarkowanych szerokości geograficznych. Autor wykorzystując tę „miarę” scharakteryzował przebieg roczny opadów na kuli ziemskiej (Wilgat 1948). Wskaźnik okresowości opadów zdefiniowany jest wzorem:

$$W = \{ \sum |m_i - R/12| \times 100 \} / R \quad (\%)$$

gdzie: R – opad średni roczny, m_i – opad średni w i -tym miesiącu, $R/12$ – opad średni miesięczny, przy równomiernym rozkładzie opadów w ciągu roku, $m_i - R/12$ – odchylenie od średniej miesięcznej w i -tym miesiącu.

Wskaźnik okresowości opadów może przybierać wartości od 0% do około 183%. T. Wilgat (1948) na podstawie wartości wskaźnika okresowości W wydzielił następujące typy opadowe: opad dość równomierny – poniżej 25%, opad słabo okresowy – 25-50%, opad wyraźnie okresowy – 50-75%, opad wybitnie okresowy – 75-100%, opad skrajnie okresowy – ponad 100%. Wskaźnik ten A. Schulze (1956) nazwał indeksem przebiegu rocznego, a S.P. Chromow (1977), który stosował go w jednostkach niemianowanych (nie w procentach), wskaźnikiem okresowości. K. Kozuchowski i J. Wibig (1988) twierdzą, że tak sformułowaną charakterystykę trafniej byłoby nazwać wskaźnikiem nierównomierności.

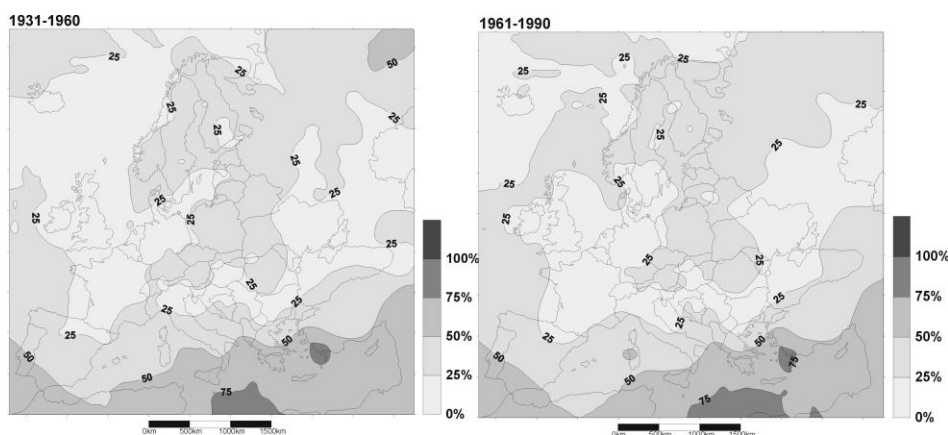
R.P.D. Walsh i D.M. Lawler (1981) podali się za twórców wskaźnika podobnego do tego, który zaproponował T. Wilgat (1948), z tym że wyrazili go w jednostkach niemianowanych. Jego wartości, podobnie jak wskaźnika okresowości (Wilgat 1948), mogą wahać się w granicach od 0 do 1,83 jednak wyróżnione przez nich typy opadowe różnią się od przedstawionych powyżej typów T. Wilgata (1948): bardzo równomierny $\leq 0,19$, równomierny, ale z wyraźną porą wilgotną 0,20-0,39, słabo okresowy z krótką porą suchą 0,40-0,59, okresowy 0,60-0,79, wyraźnie okresowy z długą porą suchą 0,80-0,99, większa część sum rocznej opadów w ciągu najwyżej 3 miesięcy 1,00-1,19, wybitnie okresowy, prawie cały opad w ciągu 1-2 miesięcy $\geq 1,20$,

Wykorzystując ten wskaźnik R.P.D. Walsh i D.M. Lawler (1981) wykonali mapy sezonowego zróżnicowania opadów w tropikalnej Afryce, na Wyspach Brytyjskich, w Brazylii oraz Indiach (Walsh, Lawler 1981).

Wyniki

Zmiany wskaźnika nierównomierności opadów między okresami standardowymi. W obydwóch badanych 30-leciach wartości wskaźnika W wahały się w granicach od poniżej 20% do ponad 75%. W Europie przebieg roczny opadów zmienia się przestrzennie, od bardzo równomiernego (Stavello i Hives w Belgii – 8,4% (1931-1960), Paryż – 5,6% (1961-1990)) do wybitnie okresowego (Malta – 75,8% (1931-1960), 72,8% (1961-1990)) – według klasyfikacji T. Wilgata (1948). Zróżnicowanie wskaźnika nierównomierności opadów w Europie jest znaczne ze względu na jego duże

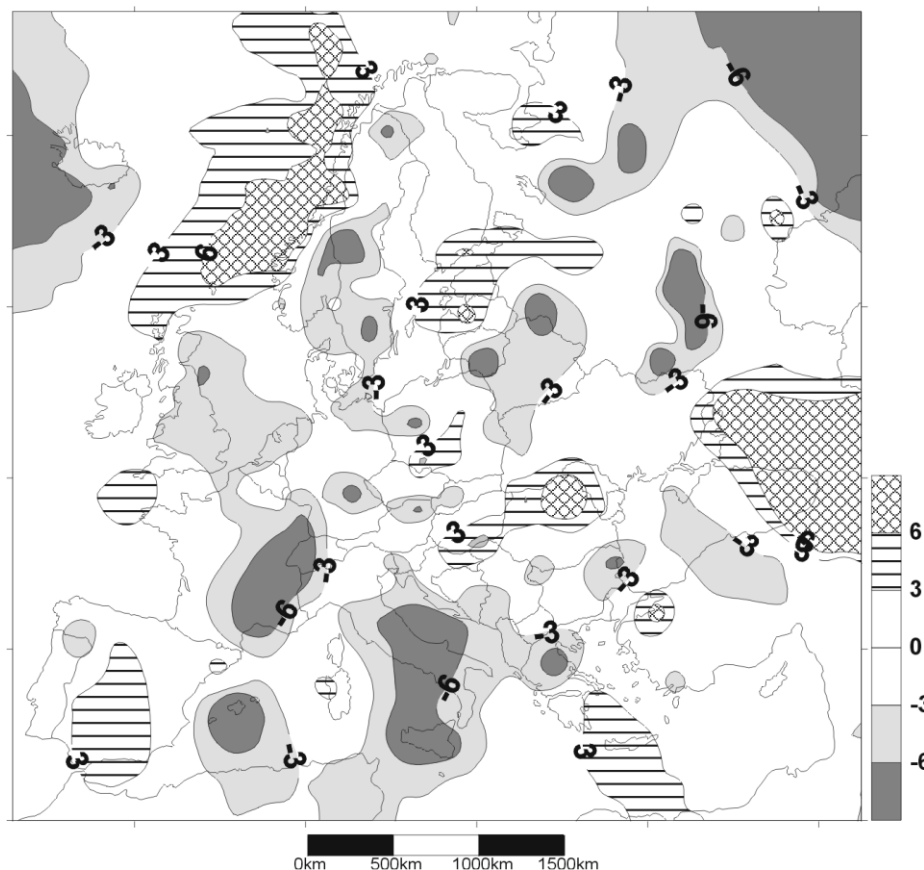
wartości w obszarach Morza Śródziemnego. Na przeważającej części kontynentu nie przekracza on jednak 50%, co potwierdzają S.P. Chromow (1977) i C. A. Šver (1976). Zdaniem T. Wilgata (1948) opady w Europie, w porównaniu z innymi obszarami na Ziemi, są dość równomierne i niewątpliwie jest to rezultatem silnego wpływu Atlantyku (Wilgat 1948). Rozkład przestrzenny wartości wskaźnika nierównomierności przedstawia rys. 2A i B. W Europie Wschodniej i Południowo-Wschodniej występuje niespodziewane „spłaszczenie” rocznego przebiegu opadów, gdyż kontynentalne cechy opadów powinny rosnać ku wschodowi – powinny tam występować coraz większe opady w porze letniej. Prawdopodobnie przyczyną obniżenia koncentracji opadów w Europie Wschodniej jest ogólny niedobór i sezonowe wahania transportu pary wodnej. Letnie maksima opadów, wskutek małej wilgotności i wysokiego poziomu kondensacji, są małe. Opady zimowe są natomiast duże ze względu sporadyczne, ale niosące sporo wilgoci, układy cyklonalne.



Rys. 2. Wskaźnik nierównomierności opadów na podstawie średnich 1931-1960 (A) i 1961-1990 (B)

Rys. 2. The precipitation irregularity index according to the averages for the period 1931-1990 (A) i 1961-1990 (B)

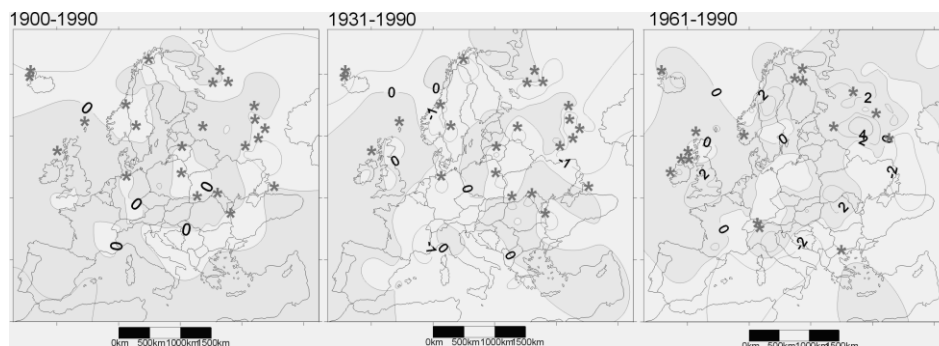
Różnice wartości wskaźnika *W* między okresami 1961-1990 i 1931-1960 wahały się od -11,5% (Zametino w Rosji) do 19,6% (Roman w Rumunii). Największy wzrost koncentracji opadów, od 6% wzwyż, zaobserwowano głównie na zachodnich wybrzeżach Półwyspu Skandynawskiego i w obszarach między Morzem Czarnym i Morzem Kaspijskim. Ponadto do większych powierzchniowo obszarów wzrostu koncentracji opadów (od około 3%) należą okolice wschodnich wybrzeży Morza Bałtyckiego, tereny graniczne między Chorwacją, Węgrami a Jugosławią, północna część Rumunii oraz częściowo rejony na Półwyspie Iberyjskim i we wschodniej części Morza Śródziemnego. Spadek koncentracji opadów zaznaczył się wyraźnie w północno-wschodniej Europie, wschodniej części Francji, na Balearach, Sycylii i w środkowych Włoszech (rys. 3).



Rys. 3. Różnice wskaźnika nierównomierności opadów między okresami standardowymi 1961-1990 i 1931-1960
Fig. 3. The differences of the precipitation irregularity index value between the normal periods 1931-1960 and 1961-1990

Tendencje zmian wskaźnika nierównomierności opadów w okresach 1900-1990, 1931-1990 i 1961-1990. Przechodząc do analizy współczynników kierunkowych trendu liniowego należy podkreślić, że określają one najogólniejsze cechy wieloletniego przebiegu badanych zmiennych. Zachowanie tego samego znaku tendencji (rosnącej lub malejącej) we wszystkich rozpatrywanych wieloleciach świadczy, w pewnym stopniu, o trwałym kierunku zmienności badanego elementu klimatu. Dlatego też zwrócono uwagę na obszary charakteryzujące się tylko dodatnimi lub tylko ujemnymi współczynnikami kierunkowymi (regresji) we wszystkich wspomnianych wieloleciach. Stwierdzono, że w ciągu wszystkich badanych przedziałów czasu ten sam znak (dodatni lub ujemny) trendu został zachowany w 76 miejscach. Stałą tendencję wzrostową wskaźnika nierównomierności opadów stwierdzono na 54 stacjach, głównie w Europie Zachodniej (Wyspy Brytyjskie, Dania, zachodnia Francja), Rumunii i na niektórych stacjach na wschodzie kontynentu, natomiast stale malejącymi trendami wskaźnika *W* odznaczało się

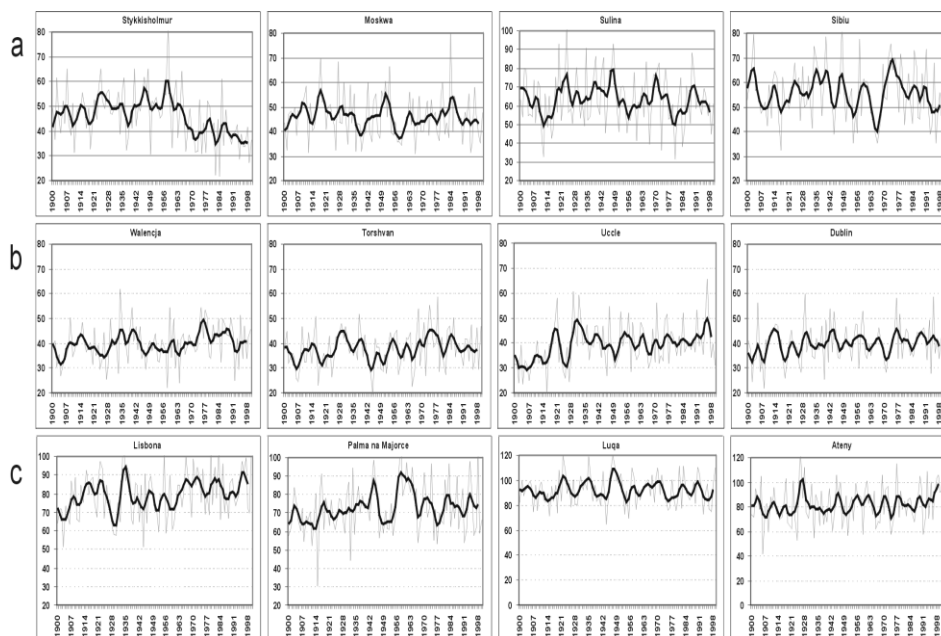
już znacznie mniej bo tylko 22 stacje (głównie w środkowych Niemczech, południowo-wschodniej Francji i południowej Norwegii). Należy jednak podkreślić, że wyznaczone trendy liniowe są istotne statystycznie tylko w niewielu przypadkach. Istotne trendy malejące wskaźnika nierównomierności opadów w okresach 1900-1990 i 1931-1990 stwierdza się w Europie Północnej, Północno-Wschodniej i Wschodniej oraz na pojedynczych stacjach w Niemczech i Polsce. Z kolei znaczący wzrost nierównomierności opadów obserwuje się głównie w latach 1961-1990 na Wyspach Brytyjskich i w północno-wschodniej części kontynentu (rys. 4).



Rys. 4. Tendencje zmian wskaźnika nierównomierności opadów w Europie * – trendy istotne statystycznie
Fig. 4. The tendencies of the precipitation irregularity index in Europe * – statistically significant trends

Wieloletnia zmienność wskaźnika nierównomierności opadów. Najwyższym stopniem nierównomierności, jak można się było spodziewać, charakteryzują się stacje zlokalizowane na południu Europy, które cechują się opadami „skrajnie okresowymi” (rys. 5c). Opady „słabo okresowe”, odznaczające się najmniejszym spośród wszystkich badanych stacji stopniem nierównomierności (na podstawie średnich wieloletnich), mają stacje na wyspach i wybrzeżach w północnej części rejonu atlantyckiego (rys. 5b). Na wszystkich rozpatrywanych stacjach wskaźnik nierównomierności opadów wykazuje duże wahania z roku na rok, powodując znaczne odstępstwa od wartości średnich. Najmniejsze wahania są na stacjach w środkowej części Europy Zachodniej, największe zaś na stacjach zlokalizowanych w Europie Południowej.

Duża zmienność z roku na rok, pojawiające się w różnych latach ekstrema roczne i średnie 10-letnie, utrudniają wskazanie stacji o podobnym przebiegu zmienności omawianego wskaźnika. Niektóre synchroniczne przedziały czasu wzrostu lub spadku koncentracji opadów zaznaczają się na niewielu stacjach. Na większości stacji w Europie Środkowej, Wschodniej i Północno-Wschodniej, a także na Jan Mayen i w Stykkisholmur, w latach 90. nasiliły się oceaniczne cechy klimatu w świetle przebiegu rocznego opadów (rys. 5a).



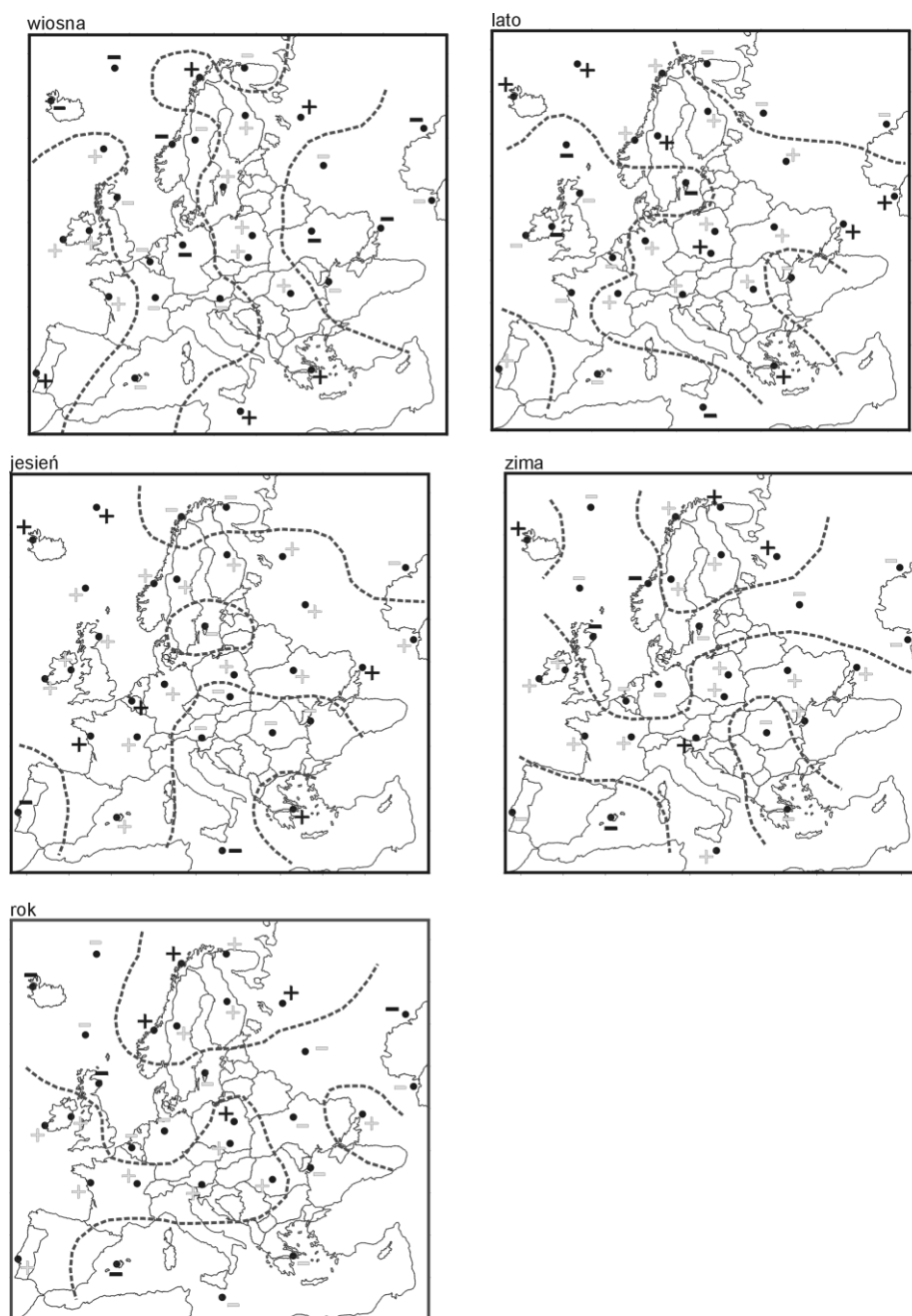
Rys. 5. Wieloletni (1900-2000) przebieg wskaźnika nierównomierności opadów na wybranych stacjach w Europie

— wskaźnik nierównomierności opadów
 — Filtr Gaussa (5 lat)

Fig. 5. Multi-year (1900-2000) course of the precipitation irregularity index at the selected meteorological stations in Europe

— the precipitation irregularity index
 — Gauss filter (5 years)

Związki wskaźnika nierównomierności opadów z NAO. Zależność wskaźnika nierównomierności opadów od wskaźnika NAO zmienia się znacząco w zależności od okresu, do którego odnosi się wskaźnik cyrkulacji (wiosna, lato, jesień, zima, rok). Istotne statystycznie zależności stwierdzono jedynie na 12 spośród 31 analizowanych stacji na wiosnę, na 11 stacjach latem, na 8 stacjach jesienią i w całym roku i na 7 stacjach zimą (rys. 6). Istotne statystycznie dodatnie korelacje dominują w lecie (7 stacji) i jesieni (6 stacji), natomiast ujemne – wiosną (8 stacji) i w roku (5 stacji). Korelacje między NAO w sezonie zimowym i wskaźnikiem nierównomierności przyjmowały wartości dodatnie na 3 stacjach, a ujemne na 4 stacjach meteorologicznych (rys. 6).



Rys. 6. Zależność wskaźnika nierównomierności opadów od wskaźnika NAO w latach 1990-2000 w Europie
Fig. 6. The correlation coefficients between the precipitation irregularity index and the North Atlantic Oscillation in Europe in the period 1990-2000

LITERATURA

- Atlas Klimatyczny Polski. Opady atmosferyczne i porywa śnieżna 1931-1960, 1951-1960.* z. 3, Wyd. Kom i Łączności, 1977, Warszawa.
- Chromow S. P., 1977, *Meteorologia i klimatologia*. PWN, Warszawa, s. 486.
- Climatological Normals (CLINO) for Climat and Climat Ship Stations for the period 1931-1960.* WMO/OMM-No.117.TP.52, 1971, Geneva.
- Climatological Normals (CLINO) for the period 1961-1990*, WMO/OMM-No.847, 1996, Geneva.
- Eischeid J. K., Diaz H. F., Bradley R. S., Jones P. D., 1991, *A comprehensive precipitation data set for global land area*. DOE/ER-69017T-H1, TR051, United States Department of Energy, Carbon Dioxide Research Program, Washington, D.C, (zbiór danych w internecie: <ftp://cdiac.esd.ornl.gov/pub/tr051/>).
- Frich P. (Co-ordinator), Alexandersson H., Aschroft J., Dalstrom B., Demaree G.R., Drebs A., van Engelen A.F.V., Forland E.J., Hanssen-Bauer I., Henio R., Jonsson T., Jonasson K., Keegan L., Nordli P.O., Schmith T., Steffensen P., Tuomenvirta H., Tveito O.E, 1996, *North Atlantic Climatological Dataset (NACD Version 1) – Final Report*. DMI, Copenhagen.
- Kożuchowski K., Wibig J., 1988, *Kontynentalizm pluwialny w Polsce: zróżnicowanie geograficzne i zmiany wieloletnie*. Acta Geographica Lodziensia, nr 55, s. 102.
- Monthly Climatological Data for the World 1957-1997*, NOAA, 1957-1997, vol. 11 – 50, no.1-12, Asheville.
- NSIDC, 2000, *Former Soviet Union Monthly Precipitation Archive, 1891-1993*. NSIDC – 0059, National Snow and Ice Data Center (NSIDC), University of Colorado, Boulder CO (zbiór danych w internecie: <http://nsidc.org/NSIDC/CATALOG/ENTRIES/nsi-0059.html>).
- Schulze A., 1956, *Eine Methode zur Efrassung von jahresgangen mit praktischer Anwendung auf Lufttemperatur und Niederschlagsmenge in Europa*. Petermanns Geographische Mitteilungen, 100,1.
- Šeremetova L.M. (red), 1981, *Meteorologičeskije dannije za odelnyje gody po zarubežnoj territorii severnogo polušara. cz. II, Mesiacnyje i godovyje summy osadkov. t. 1, Evropa*, Gidrometeoizdat, Leningrad, s. 1-522.
- Šver C.A., 1973, *Stepeń sezonnosti osadkow*. Trudy GGO, t. 303, s. 93-103.
- Tîstea D., Stoenescu M., Dissescu C., Donnicu C., Topor N., Fetov V., 1961, *Clima, Republicii Populare Romine, Date Climatologice. t. II, Comitetul de Stat al Apelor de Pe Lingă Consiliul de miniştri*, Bucuresti, s. 283.
- Walsh R.P.D., Lawler D.M., 1981, *Rainfall seasonality: description, spatial patterns and change trough time*. Weather, t. 36, nr 7, s. 201-208.
- Wilgat T., 1948, *Okresowość opadów na kuli ziemskiej*. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, s. B, t. III, 9, s. 333-386.
- World Weather Records <1921*. (red. Clayton), 1929, Washington.
- World Weather Records 1921-30*. Washington, 1944.
- World Weather Records 1931-1940*. Washington, 1947.
- World Weather Records 1941-1950*. Washington, 1959a.
- World Weather Records 1951-1960*. Europa, 1959b, vol. 2, Washington.
- World Weather Records 1951-1960*. Antarctica, Australia, Oceanic Islands, and ocean Weather Stations, 1968, vol. 6, Washington.
- World Weather Records 1961-1970*. Europa, 1979, vol. 2, Washington.
- World Weather Records 1961-1970*. Islands of the World, 1981, vol. 6, Washington
- World Weather Records 1971-1980*. Europa, 1987, vol. 2, Asheville.
- World Weather Records 1971-1980*. Islands of the World, 1994, Asheville.
- World Weather Records 1981-1990*. Europa, 1995, vol. 2, cz. A, Asheville.
- World Weather Records 1981-1990*. Europa, 1995, vol. 2, cz. B, Asheville.
- Vose R.S., Schmoyer R.L., Stener P.M., Peterson T.C., Heim R.R., Eischeid Karl T.R and Eischeid J.K., 1992: *The Global Historical Climatology Network: Long – term monthly temperature, precipitation, sea-level, and station pressure data*. Environmental Sciences Division Publ. 3912, s. 189.
- Vose R.S, Peterson T.C., Schmoyer R.L., Eischeid J.E., 1995: *The Global Historical Climatology Network a preview of version 2*. Ninth Conf. on Applied Climatology, Dallas, TX Amer. Meteor. Soc., s. 59-64. (zbiór danych w internecie: <http://www.ncdc.nao.gov/pub/data/ghcn/v2/ghcnftp.html>).

Ewa Łupikasza
Uniwersytet Śląski
Katedra Klimatologii

VARIABILITY OF THE PRECIPITATION IRREGULARITY INDEX IN EUROPE IN THE XXTH CENTURY AND ITS CONNECTION WITH THE NORTH ATLANTIC OSCILLATION (NAO)

SUMMARY

In this article the multiyear variability of the annual course of precipitation in Europe in the XX century was submitted to analysis. The annual course of precipitation was expressed as the precipitation irregularity index *W* (Wilgat, 1948). The differences of the *W* index between its values counted for normal periods 1931-1960 and 1961-1990 (on the base of 388 meteorological stations), the linear trends of *W* index in the periods 1900-1990, 1931-1990, 1961-1990 (on the base of 188 meteorological stations) and the course (1900-2000) of *W* index at selected 31 meteorological stations were subjected to assessment. Moreover the course of the *W* index was compared with the course of North Atlantic Oscillation Index.

It was stated that the differences of the precipitation irregularity index values varied from – 11,5% in Russia to 19,6% in Romania. The most significant increase of the *W* index values was noticed on the West coast of Scandinavian Peninsula, in the area localised between the Black Sea and the Caspian Sea. The decrease of the *W* index values were evident in the North-Eastern Europe, East part of France, Sicily, The Balears and in the central part of Italy. The statistically significant increasing trend of the *W* index was observed in the North, East and North-Eastern part of Europe and at the individual meteorological stations in Poland and Germany in the periods 1900-1990, 1931-1990 and the decreasing one on the British Isles and in the North-Eastern part of Europe mainly in the period 1961-1990. At the most of the meteorological stations localised in the Central, East and North-Eastern part of Europe and in Jan Mayen and Stykkisholmur the increase of pluvial oceanity were observed in the 90th. The relationship between The *W* and NAO indices were different depending on seasonal values of the circulation index (winter, spring, summer, autumn). drf

Finally it was affirmed that the annual course of precipitation was subordinate to great variability but didn't undergo durable changes. In any areas of Europe it wasn't stated the changes of the precipitation regime.