

Wpłynęło 28.10.2011 r.  
Zrecenzowano 17.01.2012 r.  
Zaakceptowano 07.02.2012 r.  
A – koncepcja  
B – zestawienie danych  
C – analizy statystyczne  
D – interpretacja wyników  
E – przygotowanie maszynopisu  
F – przegląd literatury

## WIELOLETNIA ZMIENNOŚĆ SEZONOWYCH OPADÓW W POLSCE

**Małgorzata CZARNECKA** <sup>ACDE</sup>,  
**Jadwiga NIDZGORSKA-LENCEWICZ** <sup>BEF</sup>

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Zakład Meteorologii i Klimatologii

### Streszczenie

Celem pracy była weryfikacja poglądów o czasowej i przestrzennej zmienności kontynentalnych i oceanicznych cech opadów atmosferycznych w Polsce na podstawie serii pomiarowej, uwzględniającej także pierwszą dekadę XXI wieku. Materiały podstawowe obejmowały miesięczne sumy opadów atmosferycznych z 38 stacji meteorologicznych IMGW z okresu 1951–2010, z wyłączeniem obszarów górskich. Przedmiotem analizy były sumy opadów kalendarzowych pór roku – ich wielkość, procentowy udział w sumie rocznej, a także ilorazy sum opadów: półrocza ciepłego (IV–IX) i chłodnego (X–III), lata (VI–VIII) i zimy (XII–II), jesieni (IX–XI) i wiosny (III–V), a także lipca i lutego. Żadna z wymienionych charakterystyk opadów nie wykazuje statystycznie istotnego trendu liniowego, nawet na poziomie  $\alpha = 0,10$ . Na przeważającym obszarze kraju zaznacza się jednak niewielka tendencja do wzrostu opadów w sezonach wiosennym i jesiennym oraz malejący udział opadów letnich w sumie rocznej. Ilorazy opadów półrocza ciepłego i chłodnego, jesieni i wiosny oraz lipca i lutego mają w większości rejonów tendencję ujemną. Najbardziej niejednoznaczne co do kierunku są natomiast zmiany ilorazu opadów letnich i zimowych. Niewielki wzrost stopnia kontynentalizmu pluwialnego zaznacza się głównie w południo-wschodniej części Polski.

**Słowa kluczowe:** *ilorazy opadów: lata/zimy, jesieni/wiosny, półrocza ciepłego/chłodnego, lipca/lutego, sumy opadów, trend liniowy*

### WSTĘP

Opady atmosferyczne są podstawowym elementem klimatu, który odznacza się dużą zmiennością czasową i przestrzenną. Mimo stosunkowo bogatej dokumentacji w literaturze, przedstawiającej wieloletnie wahania tego elementu pogody, w skali

---

**Adres do korespondencji:** prof. dr hab. M. Czarnecka, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Zakład Meteorologii i Klimatologii, ul. Papieża Pawła VI 3; tel. +48 91 449-62-71, e-mail: Malgorzata.Czarnecka@zut.edu.pl

całego kraju [DEGIRMENDŹIĆ i in. 2004; KIRSCHENSTEIN, BARANOWSKI 2005; KOŻUCHOWSKI 1984; 1996; 2004; MAGER i in. 2009; ZAWORA, ZIERNICKA 2003; ZIERNICKA-WOJTASZEK 2006; ŻMUDZKA 2002; 2009], jak i w regionach, np. BANASZKIEWICZ i in. [2008] i OTOP [2010], zagadnienia te nadal są przedmiotem podejmowanych badań, ponieważ również w związku z możliwością korzystania z coraz dłuższych serii pomiarowych. Poza tym w ostatnich latach, na skutek zniszczeń powodowanych katastrofalnymi powodziąmi, zainteresowanie opadami atmosferycznymi, ponownie wzrosło. Widocznym przejawem zmian klimatu, potwierdzonym empirycznie również w Polsce, jest postępujące ocieplenie. Ociepleniu, które najsilniej zaznacza się w okresie wiosennym, nie towarzyszą jednak istotne statystycznie zmiany ilości opadów atmosferycznych [ZAWORA, ZIERNICKA 2003; ŻMUDZKA 2009]. W zależności od obserwowanego okresu roczne sumy opadów wykazują nieistotną statystycznie tendencję rosnącą [ŻMUDZKA 2002] bądź malejącą [MAGER i in. 2009]. W ujęciu sezonowym, w minionym półwieczu, niewielki wzrost sum opadów zaznaczył się wiosną i jesienią, a spadek latem i zimą. W ujęciu miesięcznym natomiast, jedynie w marcu obserwuje się statystycznie istotny dodatni trend sum opadów [ŻMUDZKA 2002]. Mimo powyższych faktów, reżim pluwalny w Polsce w ciągu 50 lat (1951–2000) uległ jednak zmianie. Głównym objawem tych przemian jest zmniejszenie udziału sum opadów letnich (czerwiec–sierpień) w sumie rocznej, co – zdaniem DEGIRMENDŹIĆA i in. [2004] – sprawia, że główne cechy klimatu kontynentalnego są coraz mniej widoczne. Mimo braku istotnych trendów, rośnie zmienność opadów [KOŻUCHOWSKI 1996; ZIERNICKA-WOJTASZEK 2006]. Obserwowana zmienność opadów jest w znacznym stopniu wynikiem oddziaływania cyrkulacji atmosferycznej, która decyduje o przewadze wpływów kontynentalnych lub też oceanicznych, kształtując tym samym klimat w skali globalnej i lokalnej [TWARDOSZ i in. 2011]. Obok cyrkulacji atmosferycznej ważnym elementem klimatu, któremu przypisuje się jednocześnie duże znaczenie klimatotwórcze, między innymi w modyfikowaniu efektu cieplarnianego atmosfery, jest również zachmurzenie. Badania ŻMUDZKIEJ [2009] wskazują, że oba czynniki wyjaśniają łącznie do 80% zmienności temperatury powietrza i opadów atmosferycznych. Współczesne prognozy klimatyczne, w tym badania ekspertów IPCC [2007], wskazują, że w Europie Centralnej należy spodziewać się wzrostu opadów zimą, natomiast zmniejszenia latem. Według BORYCZKI i STOPY-BORYCZKI [2004], zimowe sumy opadów atmosferycznych w Warszawie i Krakowie będą w pierwszej połowie XXI wieku oscylować wokół średniej wiekowej. W Warszawie także letnie sumy opadów będą zbliżone do przeciętnych, natomiast w Krakowie – znacznie większe.

Mając na uwadze niepewne prognozy zmian opadów, opinie o ich rosnącej zmienności i ekstremalności, będących coraz częściej przyczyną ogromnych strat społecznych, ekonomicznych i przyrodniczych, podjęto próbę weryfikacji poglądów o czasowej i przestrzennej zmienności kontynentalnych i oceanicznych cech sezonowych opadów atmosferycznych w Polsce na podstawie serii pomiarowej, obejmującej także pierwszą dekadę XXI wieku.

## MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Materiały podstawowe obejmowały miesięczne sumy opadów atmosferycznych z 38 stacji meteorologicznych IMGW (rys. 1) z okresu 1951–2010 z wyłączeniem obszarów górskich. Analizowano opady w czterech kalendarzowych porach roku: wiosną (III–V), latem (VI–VIII), jesienią (IX–XI) oraz zimą (XII–II). Poza podstawowymi charakterystykami, obejmującymi sumy sezonowe, średnie i ekstremalne, obliczono także ilorazy sum opadów: półrocza ciepłego (IV–IX) i półrocza chłodnego (X–III), lata i zimy, jesieni i wiosny oraz lipca i lutego. Wieloletnią zmienność opadów oceniono ponadto za pomocą współczynnika zmienności miesięcznych sum opadów (w %), jako ilorazu wartości średniej do odchylenia standardowego oraz współczynnika nieregularności opadów, jako ilorazu sum maksymalnych do minimalnych. Do analizy zmian czasowych wszystkich wymienionych cech opadów zastosowano metodę trendu liniowego. Ze względu na bardzo dużą regionalną i lokalną zmienność opadów należy zwrócić uwagę, że zamieszczone w pracy mapy, opracowane na podstawie wyników z 38 stacji, przedstawiają wyłącznie zgeneralizowany rozkład analizowanych charakterystyk zjawiska.

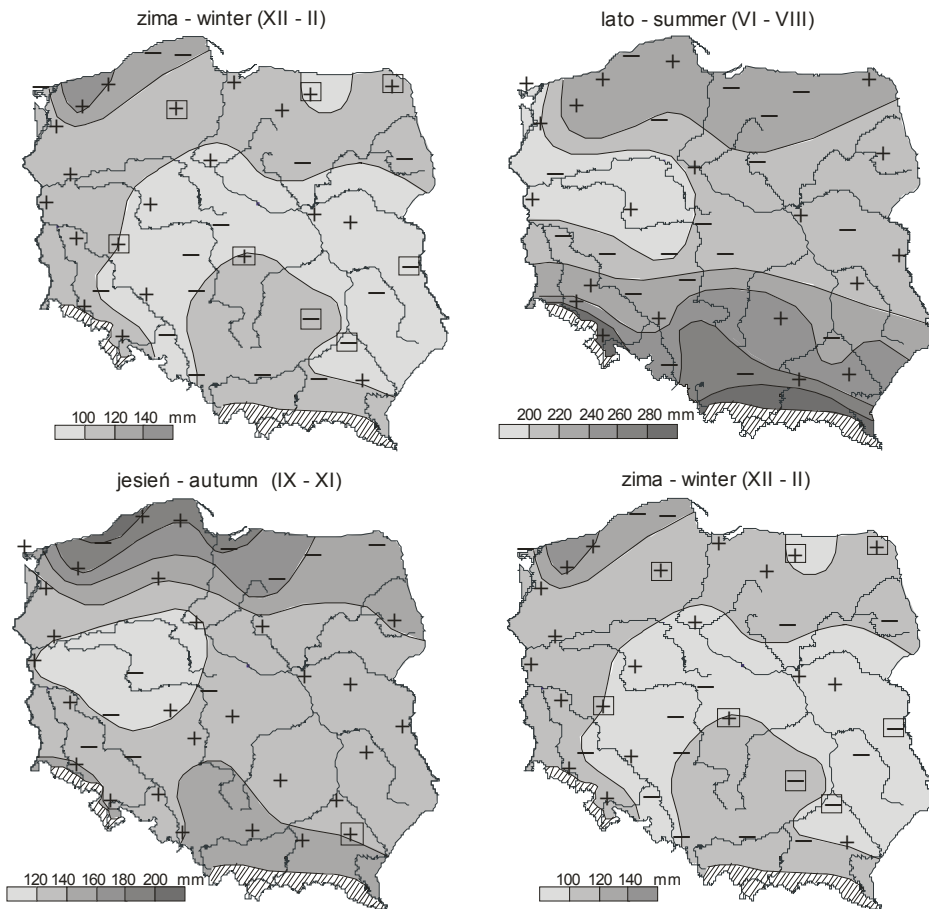


Rys. 1. Rozmieszczenie stacji meteorologicznych IMGW, uwzględnionych w pracy, obszar zakreskowany – tereny górskie, nieujęte w niniejszej pracy, źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Location of meteorological stations IMGW considered in the study, hatched area – mountain areas not considered in this study; source: own elaboration

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Równoleżnikowy rozkład opadów atmosferycznych pod wpływem różnorodnych czynników geograficznych oraz cyrkulacji atmosferycznej zaznacza się we wszystkich porach roku (rys. 2). Wiosną i latem największe sumy opadów występują na południu, podczas gdy jesienią i zimą – w północnych regionach kraju. Opady z okresu kalendarzowej wiosny wykazują zdecydowanie najmniejsze zróżnicowanie przestrzenne, a na większości obszaru kraju ich sumy nie przekraczają 130 mm. Ilość i zmienność opadów letnich jest około dwukrotnie większa.



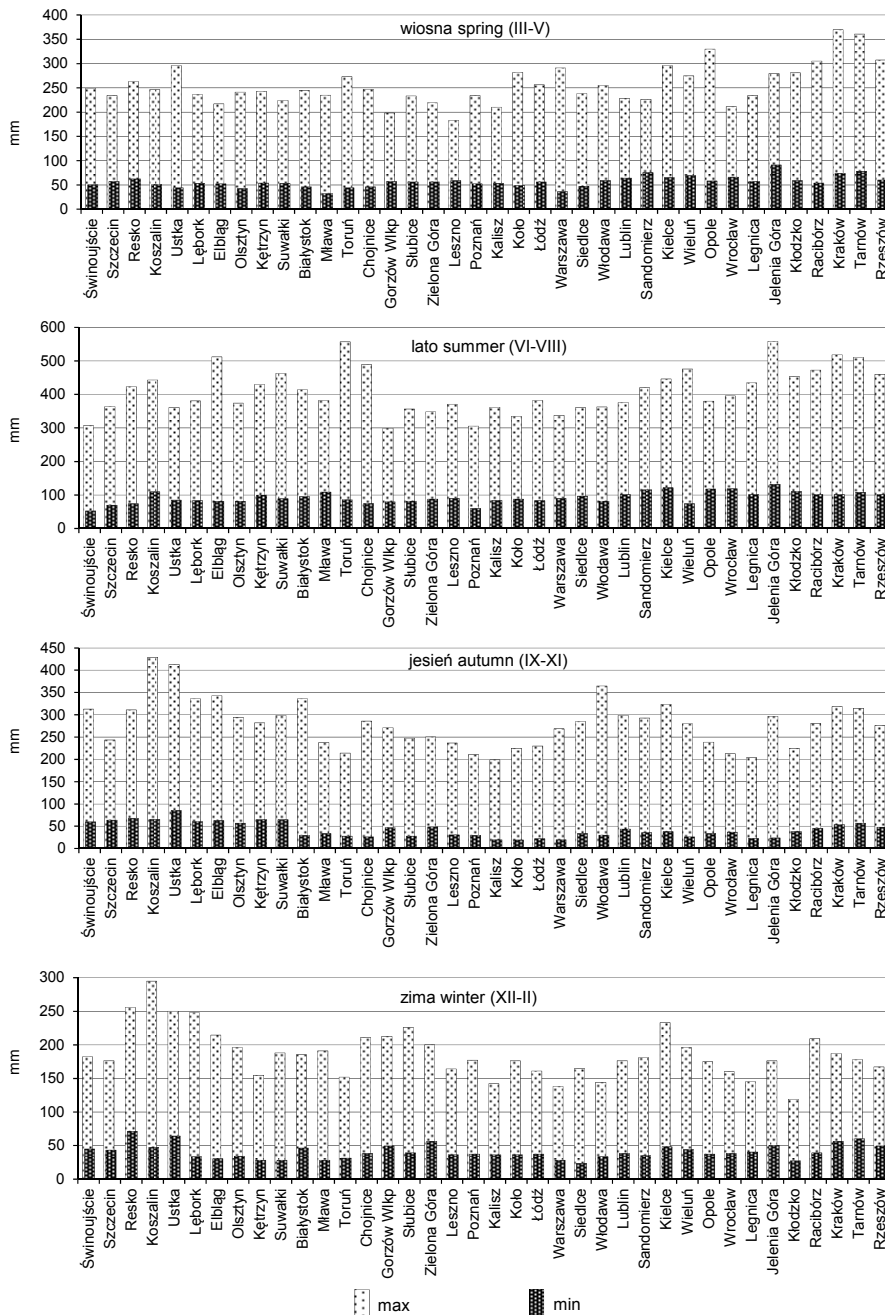
Rys. 2. Średnie sezonowe sumy opadów atmosferycznych w latach 1951–2010; objaśnienia: +/- tendencja dodatnia/ujemna, nieistotna gdy  $\alpha = 0,01$ ;  $\boxed{+}$ / $\boxed{-}$  tendencja dodatnia/ujemna, istotna gdy  $\alpha = 0,01$ ; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Mean seasonal sums of atmospheric precipitation in the years 1951–2010; explanations: +/- positive/negative trend, not significant at  $\alpha = 0.01$ ;  $\boxed{+}$ / $\boxed{-}$  positive/negative trend, significant at  $\alpha = 0.01$ ; source: own studies

W środkowej części Polski ich sumy kształtują się poniżej 220 mm, a w Wielkopolsce i w południo-zachodnich rejonach Pomorza – nie przekraczają 200 mm, podczas gdy na Pogórzu Karpackim wzrastają ponad 280 mm. Przestrzenna zmienność opadów z okresu kalendarzowej jesieni jest równie duża, jak opadów letnich, ale zaznacza się głównie w północnej części kraju. Na Pomorzu zróżnicowanie opadów jesiennych jest równie duże, jak w skali całego kraju. W dolinie Warty i Noteci sumy opadów kształtują się bowiem poniżej 120 mm, podczas gdy w środkowej części pasa nadmorskiego przekraczają 200 mm. W okresie kalendarzowej zimy równoleżnikowy rozkład opadów ulega wyraźnemu zakłóceniu w południowej części kraju. Najmniejsze opady, poniżej 100 mm, notuje się nie tylko w centralnej Polsce, ale także na Wyżynie Lubelskiej, w Kotlinie Sandomierskiej oraz w zachodniej części Niziny Śląskiej. Przeciętnie największe opady występują w północo-zachodniej części kraju, zwłaszcza we wschodniej części Pobrzeża Szczecińskiego i zachodniej Pobrzeża Koszalińskiego, gdzie przekraczają 140 mm.

Wyniki oceny międzyrocznej zmienności opadów w kalendarzowych porach roku w sześćdziesięcioleciu, obejmującym także pierwszą dekadę XXI w., są zbieżne z prezentowanymi w literaturze, a odnoszącymi się do różnych przedziałów czasowych, od miesięcznych po roczne. W latach 1951–2010 sezonowe sumy opadów atmosferycznych nie wykazują statystycznie istotnego trendu liniowego, co wynika głównie z faktu, że zmiany tego najbardziej labilnego elementu klimatu mają charakter nieregularnych fluktuacji [KOZUCHOWSKI 2004; ZIERNICKA-WOJTASZEK 2006]. Dlatego zamieszczone na mapach znaki + lub – są jedynie bardzo ogólną informacją o zarysowujących się kierunkach zmian. Wynika to zarówno z zastosowanej metody trendu liniowego, której wyniki zależą od wartości w skrajnych latach ocenianego okresu wieloletniego, jak i z braku istotności podanych współczynników kierunkowych, nawet  $\alpha = 0,10$ . Nieliczne przypadki statystycznie udowodnionych zmian sezonowych sum opadów, istotnych na poziomie  $\alpha = 0,05$ , zaznaczono na rysunku 2. – najliczniejsze z nich dotyczą opadów zimowych.

W objętym analizą sześćdziesięcioleciu, w zależności od pory roku i regionu kraju, zaznacza się niewielka tendencja do wzrostu lub spadku opadów (rys. 2). Na większości obszaru Polski tendencję wzrostową obserwuje się wiosną i jesienią. Przeciwny kierunek zmian w okresie kalendarzowej wiosny widoczny jest w południo-zachodniej części kraju, a jesienią – na Pojezierzu Mazurskim oraz w niektórych rejonach Nizin Wielkopolskiej i Śląskiej. Latem i zimą kierunki zmiany opadów są bardziej zróżnicowane przestrzennie. W około połowie uwzględnionych w pracy stacji meteorologicznych sumy opadów w obu porach roku mają niewielką tendencję ujemną, w pozostałych – dodatnią. Mniejsze opady w okresie letnim rejestruje się głównie w zachodniej części Pojezierza Mazurskiego i na Nizinie Wielkopolskiej. W okresie kalendarzowej zimy wzrost opadów zaznacza się przede wszystkim w zachodniej Polsce, ale także w większej części Pojezierza Mazurskiego, podczas gdy na południu (poza górami) i w części południo-wschodniej opady zimowe wykazują tendencję spadkową.

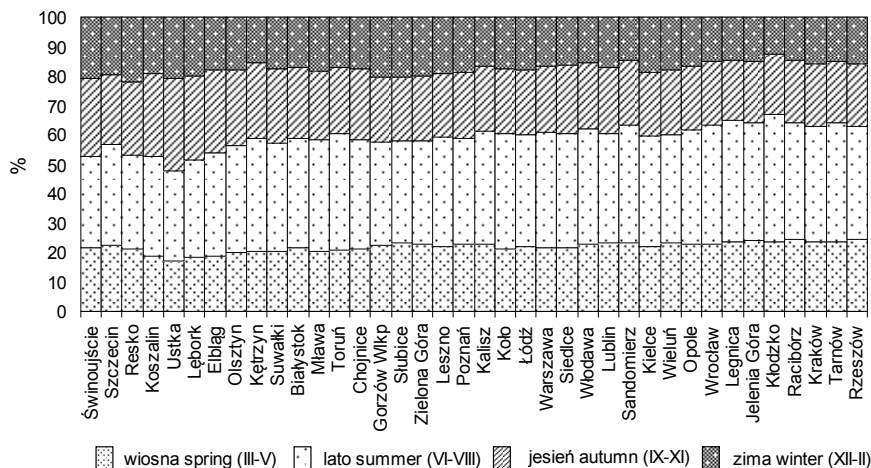


Rys. 3. Minimalne i maksymalne sezonowe sumy opadów w latach 1951–2010;  
źródło: wyniki własne

Fig. 3. Minimum and maximum seasonal sums of precipitation in the years 1951–2010;  
source: own studies

Minimalne sumy opadów, które wystąpiły zimą, wiosną i jesienią na ogół nie przekraczały 60 mm, przy czym najniższe, a jednocześnie najbardziej zróżnicowane przestrzennie, zanotowano jesienią (rys. 3). W niektórych rejonach kraju (np. Legnica, Warszawa) jesienne minima nie przekroczyły 30, a nawet 20 mm, w innych zaś, głównie na północy – przekroczyły 60 mm. W okresie kalendarzowego lata minimalne sumy opadów wynosiły ok. 100 mm, czyli były prawie dwukrotnie większe. Z kolei maksymalne sumy opadów zarejestrowane zimą wahały się najczęściej w granicach od 150 do 200 mm, wiosną i jesienią, od 200 do 300 mm, a latem – przeważnie od 350 do 400 mm. Rekordowe maksima letnie, ponad 500 mm, zanotowano w Elblągu, Toruniu i Jeleniej Górze, a jesienne, ponad 400 mm, w Ustce i Koszalinie. Największą ekstremalnością sezonowych opadów wyróżniała się kalendarzowa jesień, w czasie której sumy maksymalne sześciokrotnie przewyższyły sumy minimalne, podczas gdy latem, podobnie jak wiosną – pięciokrotnie, a zimą – tylko czterokrotnie. O większej międzyrocznej zmienności opadów w okresie kalendarzowej jesieni świadczą także większe wartości współczynników zmienności, które w przeważającej liczbie stacji wahają się od 35 do 40%, podczas gdy w pozostałych porach roku są podobne i mieszczą się w zakresie od 30 do 35%.

W latach 1951–2010 średnia roczna suma opadów, obliczona na podstawie 38 stacji, wynosiła 594 mm i była niemal identyczna, jak średnia z 53 stacji w standardowym trzydziestoleciu 1971–2000 [ZIERNICKA-WOJTASZEK 2006], a o ok. 40 mm mniejsza niż średnia suma z lat 1951–1995 dla 55 stacji [KIRCHENSTEIN, BARANOWSKI 2005], w tym także reprezentujących obszary górskie. W charakteryzowanym sześćdziesięcioleciu średnie obszarowe (z 38 stacji) opady wiosny, lata, jesieni i zimy stanowiły odpowiednio: 22, 37, 24 i 17% sumy rocznej, a różnice między stacjami nie przekraczały 5% (rys. 4). Udział opadów letnich waha się bowiem od 35 do 40%, zimowych – od 15 do 20%, a wiosennych, podobnie jak jesiennych – od 20 do 25%. W geograficznym rozkładzie sezonowych sum opadów, wyrażonych w procentach sumy rocznej, zaznacza się przede wszystkim wzrost opadów letnich, a spadek opadów zimowych z północo-zachodu w kierunku południowym. Większe zróżnicowanie udziału opadów wiosennych i jesiennych uwiadcza się tylko w stacjach reprezentujących północny skrawek Polski. Ta część kraju wyróżnia się większym udziałem opadów jesiennych w sumie rocznej, natomiast mniejszym – wiosennych. Wieloletnie zmiany procentowego udziału opadów sezonowych w sumie rocznej są również statystycznie nieistotne. W większości stacji niewielką, dodatnią tendencję wykazuje głównie udział opadów wiosennych. Najbardziej jednoznaczne, co do kierunku i zasięgu, są natomiast zmiany procentowego udziału opadów letnich, które – podobnie jak w drugiej połowie XX w. [DEGIRMENDŽIĆ i in. 2004] – wykazują prawie w całym kraju tendencję spadkową, co potwierdza opinie o niewielkim osłabieniu kontynentalnych cech warunków pluwialnych. Malejącemu udziałowi opadów letnich nie towarzyszy jednak tak jednoznaczny obszarowo, rosnący udział opadów zimowych – w wielu rejonach



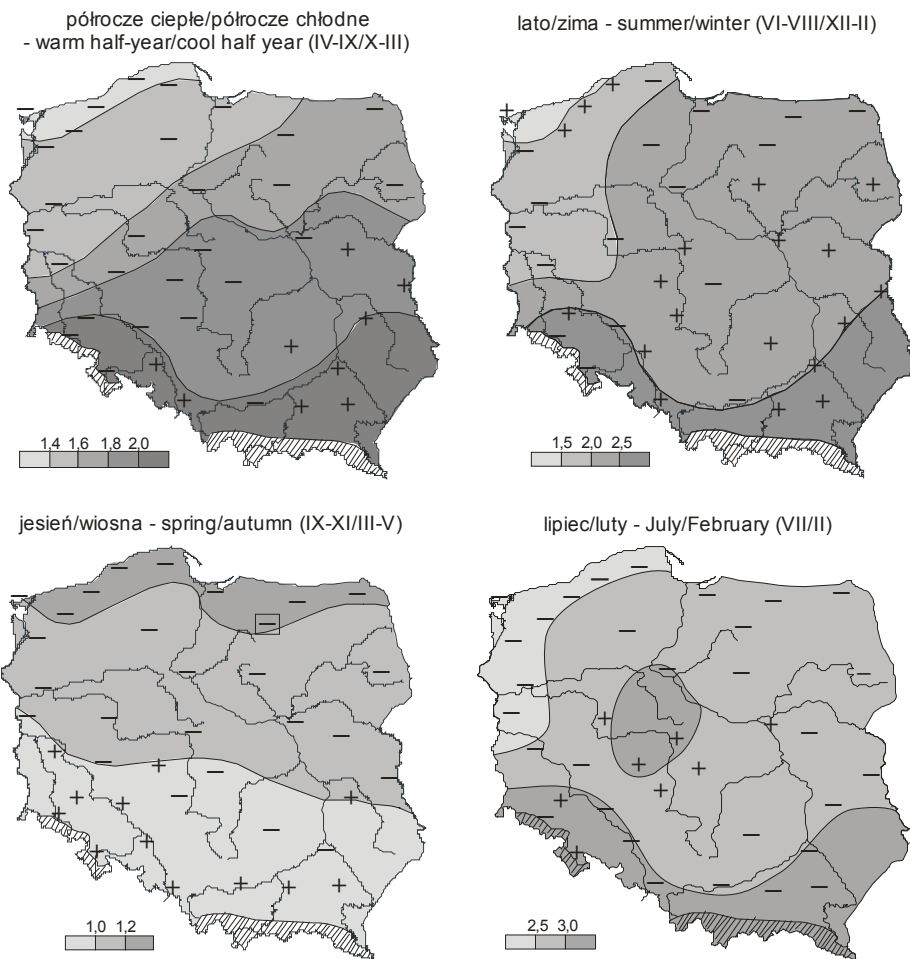
Rys. 4. Udział (%) sezonowych opadów atmosferycznych w sumie rocznej w latach 1951–2010; źródło: wyniki własne

Fig. 4. Percentage share of seasonal atmospheric precipitation in the annual sum in the years 1951–2010; source: own studies

wykazuje on wręcz niewielką tendencję spadkową. Według KOZUCHOWSKIEGO [2004], zmiany wysokości opadów w porach letniej i zimowej są silnie skorelowane ze zmianami temperatury. Jego zdaniem, skutkiem, postępującego ocieplenia jest wzrost opadów podczas ciepłych zim, a ich spadek w upalnych sezonach letnich.

Na przeważającym obszarze kraju iloraz opadów półrocza ciepłego (IV–IX) i chłodnego (X–III) waha się od 1,4 do 2,0 (rys. 5). Ponad dwukrotnie większe sumy opadów w półroczu letnim występują jedynie w części południowej. Przejawem kontynentalnych cech reżimu pluwialnego jest zdecydowana przewaga opadów letnich nad zimowymi. W północo-zachodniej części Polski jest ona najmniejsza, wspomniany iloraz nie przekracza 1,5, natomiast wzrasta ponad 2,5 w częściach południowej i południo-wschodniej. Kontrastowe warunki opadowe w porach letniej i zimowej ilustruje także stosunek opadów w miesiącach o przeciętnie najwyższych i najniższych sumach, czyli lipca do lutego. Przewaga opadów lipca nad opadami lutego kształtuje się na ogół od 2,5 do 3,0 razy. Ponad trzykrotna przewaga występuje przede wszystkim w południowych rejonach kraju, ale też w części centralnej, natomiast najmniejsza, do 2,5 – w rejonie północo-zachodnim. Cechy oceaniczne warunków opadowych odzwierciedla iloraz opadów jesieni i wiosny, który wykazuje nieduże zróżnicowanie przestrzenne, ale jednoznaczny, równoleżnikowy wzrost z południa na północ, od nieco poniżej 1,0 do blisko 1,5. Geograficzny rozkład wskaźników, charakteryzujących czasową strukturę opadów w latach 1951–2010, jest zbliżony z przedstawianymi w literaturze. Dotyczy to także wskaźników opracowanych przez KIRSCHENSTEIN i BARANOWSKIEGO [2005]





Rys. 5. Ilorazy sum opadów: półrocza ciepłego i półrocza chłodnego (IV–IX/X–III), lata i zimy (VI–VIII/XII–II), jesieni i wiosny (IX–XI/III–V) oraz lipca i lutego (VII/II) w latach 1951–2010; objaśnienia: +/- tendencja dodatnia/ujemna, nieistotna, gdy  $\alpha = 0,01$ ;  $\boxed{+}$ / $\boxed{-}$  tendencja dodatnia/ujemna, istotna gdy  $\alpha = 0,01$ ; źródło: wyniki własne

The proportions of precipitation sums: warm to cool half-year (April–September/October–March), summer to winter (June–August/December–February), autumn to spring (September–November/March–May) and July to February in the years 1951–2010; explanations: +/- positive/negative trend, not significant at  $\alpha = 0.01$ ;  $\boxed{+}$ / $\boxed{-}$  positive/negative trend, significant at  $\alpha = 0.01$ ; source: own studies

na podstawie okresu 1951–1995, a różnice wynikają głównie ze stopnia ich szczególności, uwarunkowanego liczebnością i rozmieszczeniem uwzględnionych stacji meteorologicznych. Jedynie geograficzny rozkład ilorazu opadów jesieni i wiosny różni się od opisanego przez PASZYŃSKIEGO i NIEDŹWIEDZIA [1999], którzy

jako zasadniczy obszar przewagi opadów jesiennych wymieniają południo-zachodnią Polskę.

Rozkład wymienionych wyżej wskaźników opadowych w sześćdziesięcioleciu 1951–2010, podobnie jak sum sezonowych, także nie wskazuje na statystycznie istotne nasilenie lub osłabienie kontynentalnych lub oceanicznych cech warunków pluwialnych. Oceniane zmiany są nieistotne nawet na poziomie  $\alpha = 0,10$ . Jak wskazują współczynniki kierunkowe, zamieszczone na rysunku 5., na większości obszaru kraju zmniejsza się przewaga opadów półrocza letniego nad opadami półrocza chłodnego, ale w południo-wschodniej Polsce, odwrotnie – wzrasta. Kierunki zmiany ilorazu opadów letnich i zimowych są najbardziej zróżnicowane obszarowo, co wynika z niejednoznacznej tendencji sum opadów zimowych. W wielu rejonach, głównie w części południo-wschodniej, ale także na Pobrzeżu Słowińskim, czy w centralnej Polsce, uwidacznia się niewielka tendencja wzrostowa ilorazu opadów letnich i zimowych, w innych zaś – spadkowa. Przeważająca w kraju jest natomiast tendencja do zmniejszania przewagi opadów lipca nad opadami lutego. Przeciwny kierunek zmian stwierdza się jedynie w odniesieniu do kilku stacji, reprezentujących głównie centralną Polskę. Tendencją do osłabienia oceanicznych cech opadów, wyrażoną malejącym ilorazem opadów jesieni i wiosny, charakteryzują się północne i środkowe rejony kraju, podczas gdy w części południowej, a zwłaszcza południo-zachodniej, ilorazy opadów jesieni i wiosny wykazują niewielki wzrost.

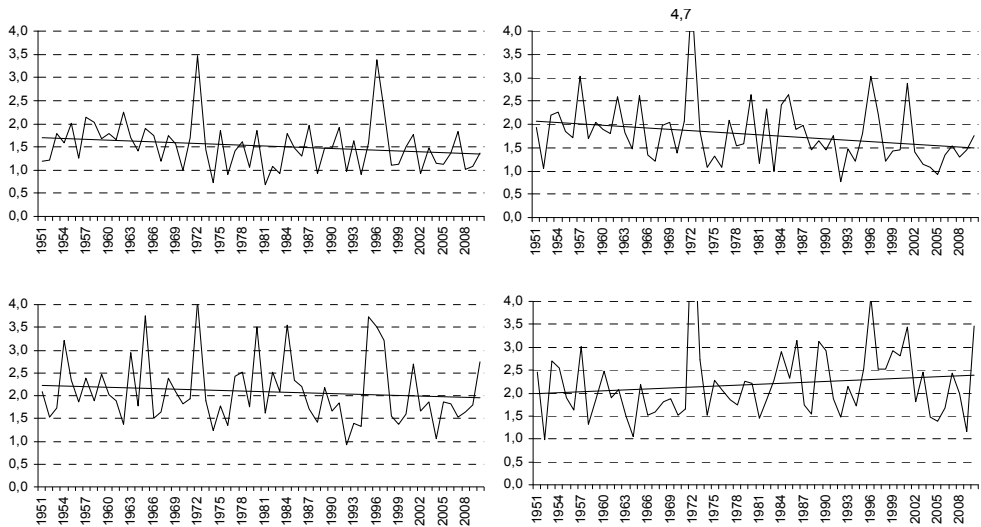
Statystycznie nieistotne, liniowe trendy wskaźników, opisujących strukturę czasową opadów, wynikają z ich ogromnej międzyrocznej zmienności. W niektórych latach były one od kilku (dla półroczy i sezonów) do kilkudziesięciu (dla miesięcy VII i II) razy większe od przeciętnych, co dla wybranych stacji przedstawiono na rysunku 6. Przykładowo, w sześćdziesięcioleciu 1951–2010, suma opadów zarejestrowanych w półroczu ciepłym w Sandomierzu w 1972 r. była ponad 6 razy większa niż w półroczu chłodnym. Przypadki ponad sześciokrotnej przewagi opadów letnich nad zimowymi zanotowano niemal we wszystkich stacjach, w niektórych nawet dwukrotnie (np. Łódź, Opole), a w nielicznych – trzykrotnie. Zdarzały się jednak również takie lata, w których sumy opadów letnich były zbliżone do opadów zimowych (np. w 2006 r. w Kielcach, Opolu), a nawet od nich mniejsze (w 1952 r. w Łodzi, w 1993 w Suwałkach). Ilorazy opadów jesieni i wiosny najczęściej wahały się od 0,5 do 3,0 ale zdarzały się lata i rejony, w których – tak jak w Białymstoku w 1994 r. – przekroczyły nawet 6,0. Najbardziej skokowe zmiany z roku na rok wykazuje iloraz opadów lipca i lutego. Wprawdzie najczęściej przyjmował wartości od 3,0 do 7,0, to jednak w wielu latach jego wartość była kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt razy większa, w innych zaś – nawet mniejsza od 1,0. Jak wskazują dane zamieszczone na rysunku 6., w Tarnowie w latach 1954 i 1976 oraz w Suwałkach w 1976 r., sumy opadów lipca ponad 50 razy przewyższyły sumy opadów lutego, ale w innych stacjach omawiany iloraz osiągał w niektórych latach jeszcze większe wartości. Z kolei zdecydowanie mniejsze opady

w lipcu w porównaniu z opadami w lutym zanotowano np. w Słubicach i w Kaliszu w 1983 r., a w Słubicach także jeszcze w 1969 i 1971 r.

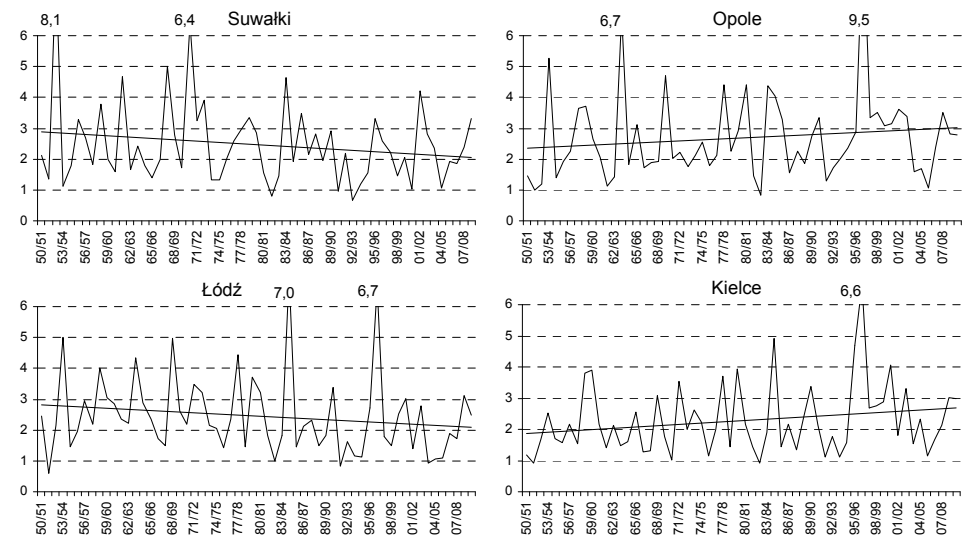
Kierując się powszechnymi opiniami o zwiększonej częstości występowania ekstremalnych wartości elementów meteorologicznych, w tym także o rosnącej zmienności opadów (np. KOŻUCHOWSKI [1996], OTOP [2010], ZIERNICKA-WOJTASZEK [2006]), dodatkowo poddano statystycznej analizie jeszcze inne wskaźniki, opisujące tę cechę opadów. Przedmiotem odrębnej oceny były wieloletnie zmiany minimalnych i maksymalnych miesięcznych sum opadów, rejestrowanych często w innych miesiącach niż luty i lipiec, współczynnika nieregularności opadów oraz współczynnika zmienności miesięcznych sum opadów w ciągu roku. Żaden z wymienionych wskaźników opadów nie wykazuje statystycznie istotnych zmian, a współczynniki korelacji trendu liniowego są równie małe, jak wcześniej opisywanych charakterystyk zjawiska. Kierunkiem słabych zmian, przeważającym obszarem, jest niewielki wzrost współczynnika nieregularności opadów, nieco większy w zachodniej połowie kraju, będący na ogół skutkiem wzrostu sum maksymalnych.

Statystycznie nieistotne zmiany w strukturze czasowej opadów potwierdza także analiza porównawcza wartości podstawowych wskaźników z sześćdziesięciolecia 1951–2010 z analogicznymi, obliczonymi dla tych samych stacji meteorologicznych, na podstawie wielolecia 1891–1930 [WISZNIEWSKI 1953]. Sumy opadów w poszczególnych porach roku, w mm oraz w procentach sumy rocznej, a także ilorazy opadów półrocza ciepłego i chłodnego, lata i zimy, jesieni i wiosny oraz lipca i lutego, w ujęciu średnich obszarowych, są prawie identyczne, ale w zależności od stacji ich wartości się różnią. We wszystkich porach roku, zarówno największe dodatnie, jak i ujemne różnice opadów, między porównywanymi okresami wieloletnimi osiągały 35 mm. W sześćdziesięcioleciu 1951–2010 mniejsze opady (przeważnie od 5 do 15 mm) w okresie kalendarzowej wiosny w porównaniu z wieloleciem 1891–1930 wystąpiły głównie na Nizinach Wielkopolskiej i Śląskiej. Na Nizinie Śląskiej notowano natomiast wyraźnie większe opady w porze letniej, podczas gdy rejonem o zdecydowanie mniejszych letnich opadach były Wyżyna Lubelska i Kotlina Sandomierska. Jesienią większe sumy opadów analizowanego wielolecia w porównaniu do lat 1891–1930, występowały w południowej Polsce, natomiast mniejsze, w części północnej, a rejonem o najbardziej obniżonych opadach, na ogół od 15 do 30 mm, było Pojezierze Mazurskie. Z kolei wyższymi opadami zimowymi wyróżniała się przede wszystkim Nizina Śląska, ale również zachodnia część Pomorza. Różnice ilorazów opadów jesiennych i wiosennych nie przekraczały 0,2, natomiast większe dotyczyły przewagi opadów letnich nad zimowymi. W południo-zachodniej części kraju wyraźnie większe opady w porze letniej, a mniejsze w zimowej odzwierciedlały większe (od 0,2 do 0,6) wartości ich ilorazów. Prawie w całym kraju była mniejsza (różnice ilorazów od 0,2 do 1,4) przewaga opadów lipca nad opadami lutego.

## półrocze ciepłe/półrocze chłodne - warm half-year/cool half year (IV-IX/X-III)

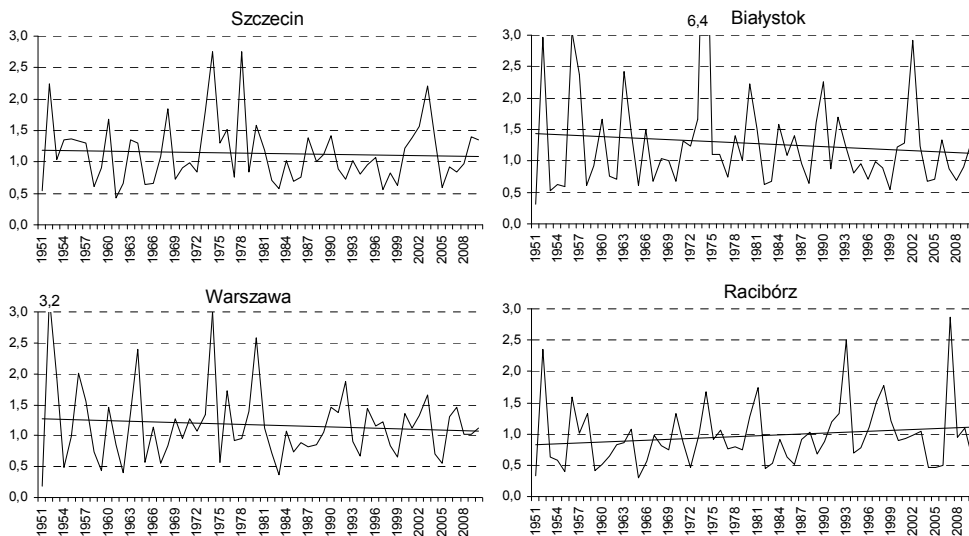


## lato/zima - summer/winter (VI-VIII/XII-II)



Rys. 6. Zmiany ilorazów sum opadów: półrocza ciepłego i półrocza chłodnego (IV-IX/X-III), lata i zimy (VI-VIII/XII-II), jesieni i wiosny (IX-XI/III-V) oraz lipca i lutego (VII/II) w latach 1951-2010; źródło: wyniki własne

jesień/wiosna - spring/autumn (IX-XI/III-V)



lipiec/luty - July/February (VII/II)

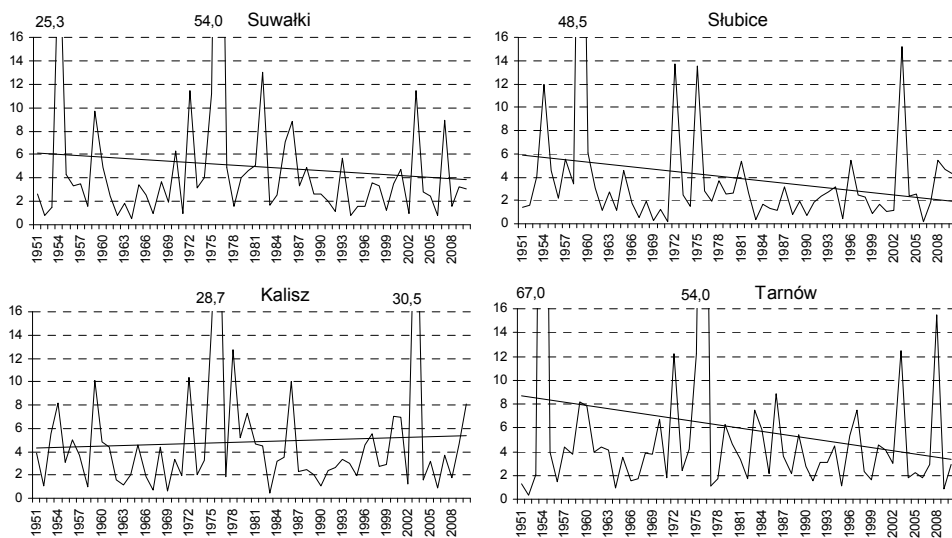


Fig. 6. Changes of the proportions of precipitation sums: warm to cool half-year (April–September/October–March), summer to winter (June–August/December–February), autumn to spring (September–November/March–May) and July to February in the years 1951–2010; source: own studies

## WNIOSKI

1. Średnie sezonowe sumy opadów atmosferycznych wiosny (III–V), lata (VI–VIII), jesieni (IX–XI) i zimy (XII–II) kształtują się odpowiednio (w mm): od 110 do 160, od 180 do 300, od 100 do 220 i od 80 do 160. Wiosną i latem przeciętnie najwyższymi opadami charakteryzuje się południowa część kraju, podczas gdy jesienią i zimą uprzywilejowana jest część północo-zachodnia.

2. Największą czasową i przestrzenną zmiennością opadów charakteryzuje się kalendarzowa jesień, a szczególnie duże zróżnicowanie wielkości opadów, równie duże jak w całym kraju, występuje na Pomorzu.

3. Ilorazy opadów półrocza ciepłego (IV–IX) i chłodnego (X–III), lata i zimy oraz lipca i lutego wykazują wzrost z północo-zachodu w kierunku południowym, odpowiednio: od ok. 1,4 do 2,2, od 1,5 do 3. i od 2. do 3,5. Przestrzenne zróżnicowanie ilorazu opadów jesieni i wiosny jest nieduże, od 0,8 do 1,4, a większe opady w okresie jesiennym są rejestrowane w środkowej i północnej Polsce, podczas gdy na południu większe opady występują wiosną.

5. Wieloletnie zmiany wysokości sezonowych opadów atmosferycznych w sześdziestolecium, obejmującym także pierwszą dekadę XXI w., nie wykazują statystycznie istotnego trendu liniowego. Nieudowodnione statystycznie są powszechne opinie o rosnącej zmienności opadów.

6. Zjawiskiem powszechnym, uwidaczniającym się na większości obszaru kraju, jest tendencja do wzrostu opadów w sezonach wiosennym i jesiennym oraz malejący udział opadów letnich w sumie rocznej.

6. Ilorazy opadów półrocza ciepłego i chłodnego, jesieni i wiosny oraz lipca i lutego mają w większości rejonów tendencję ujemną. Najbardziej niejednoznaczne co do kierunku są zmiany ilorazu opadów lata i zimy, które w zależności od rejonu kraju wskazują na nieduży wzrost przewagi opadów letnich nad zimowymi albo odwrotnie. Niewielki wzrost stopnia kontynentalizmu pluwialnego zaznacza się głównie w południo-wschodniej części Polski, a jego osłabienie – na Pojezierzu Mazurskim i w zachodniej części Niziny Wielkopolskiej.

## LITERATURA

- BANASZKIEWICZ B., GRABOWSKA K., SZWEJKOWSKI Z. 2008. Characterisation of variability of atmospheric precipitation at selected stations of the Mazury Lake. *Acta Agrophysica*. Vol. 12 (1) s. 19–27.
- BORYCZKA J., STOPA-BORYCZKA M. 2004. Cykliczne wahania temperatury powietrza i opadów w Polsce w XIX i XXI wieku. *Acta Agrophysica*. Vol. 3 (1) s. 21–33.
- DEGIRMENDŽIĆ J., KOŻUCHOWSKI K., ŻMUDZKA E. 2004. Changes of air temperature and precipitation in Poland in the period 1951–2000 and their relationship to atmospheric circulation. *International Journal of Climatology*. Vol. 24. Iss. 3 s. 291–310.
- KIRSCHENSTEIN M., BARANOWSKI D. 2005. Sumy opadów atmosferycznych w Polsce w latach 1951–1995. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*. Ser. A. *Geografia Fizyczna*. T. 56 s. 55–72.

- KOZUCHOWSKI K. 1984. Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce w stuleciu 1881–1980. *Acta Geographica Lodziensis*. Vol. 48 ss. 158.
- KOZUCHOWSKI K. 1996. Współczesne zmiany klimatyczne w Polsce na tle zmian globalnych. *Przełęcz Geograficzny*. T. 68. Z. 1–2 s. 79–98.
- KOZUCHOWSKI K. 2004. Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce w XX i XXI wieku. W: Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce. Pr. zbior. K. Kożuchowski. Łódź. Wydaw. Biblioteka s. 47–58.
- MAGER P., KASPROWICZ T., FARAT R. 2009. Change of air temperature and precipitation in Poland in 1966–2006. W: Climate change and agriculture in Poland – impacts, mitigation and adaptation measures. Pr. zbior. Red. J. Leśny. *Acta Agrophysica. Rozprawy i Monografie*. 169 (1) s. 19–38.
- OTOP I. 2010. Precipitation variability in the middle Odra River basin in the years 1951–2005. W: Climate change research. Pr. zbior. Red. J. Leśny. *Acta Agrophysica. Rozprawy i Monografie*. 183 (4) s. 50–57.
- PASZYŃSKI J., NIEDŹWIEDŹ T. 1999. Klimat. W: *Geografia Polski, środowisko przyrodnicze*. Pr. zbior. Red. L. Starkel. Warszawa. Wydaw. Nauk. PWN s. 288–343.
- SOLOMON S., QIN D., MANNING M., CHEN Z., MARQUIS M., AVERYT K.B., TIGNOR M., MILLER H.L. (red.) 2007. *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change* [online]. Cambridge, Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA. [Dostęp 30.01.2012]. Dostępny w Internecie: [www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter7.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter7.pdf)
- TWARDOSZ R., NIEDŹWIEDŹ T., ŁUPIKASZA E. 2011. The influence of atmospheric circulation on the type of precipitation (Krakow, southern Poland). *Theoretical and Apply Climatology*. No. 104 s. 233–250.
- WISZNIEWSKI W. 1953. *Atlas opadów atmosferycznych w Polsce 1891–1930*. Warszawa. WK s. 66.
- ZAWORA T., ZIERNICKA A. 2003. Precipitation variability in time in Poland in the light of multi-annual mean values (1891–2000). *Studia Geograficzne*. Nr 75. *Acta Universitatis Wratislaviensis*. Vol. 2542 s. 123–128.
- ZIERNICKA-WOJTASZEK A. 2006. Zmienność opadów atmosferycznych na obszarze Polski w latach 1971–2000. W: *Klimatyczne aspekty środowiska geograficznego*. Pr. zbior. Red. J. Trepinska, Z. Olecki. Kraków. Inst. Geogr. i Gosp. Przestrz. UJ s. 139–148.
- ŻMUDZKA E. 2002. O zmienności opadów atmosferycznych na obszarze Polski nizinnej w drugiej połowie XX wieku. *Wiadomości IMGW*. T. 25 (46). Nr 4 s. 23–38.
- ŻMUDZKA E. 2009. Współczesne zmiany klimatu Polski. *Acta Agrophysica*. Vol. 13(2) s. 555–568.

*Małgorzata CZARNECKA, Jadwiga NIDZGORSKA-LENCEWICZ*

## MULTIANNUAL VARIABILITY OF SEASONAL PRECIPITATION IN POLAND

**Key words:** *linear trend, proportions of: summer/winter, autumn/spring, warm/cool half-year, July/February precipitations, sums of precipitation*

### S u m m a r y

The aim of the paper was to verify opinions on the temporal and spatial variability of continental and oceanic features of atmospheric precipitation in Poland based on measurement series including the first decade of the 21st century. The basic material consisted of monthly sums of atmospheric precipitation collected from 38 IMGW weather stations, excluding mountain areas, from 1951 till 2010. The objectives of the analysis were the sums of precipitation in calendar seasons – their quanti-

ty, percentage contribution to the annual sums and the proportions of total precipitation of: warm half-year (April–September) to cool half-year (October–March), summer (June–August) to winter (December–February), autumn (September–November) to spring (March–May), and July to February precipitations. None of the mentioned characteristics of precipitation showed statistically significant linear trend, even at the level of  $\alpha = 0.10$ . However, in the prevailing area of the country a slight tendency of an increase in the precipitation in spring and autumn was found and a decreasing share of summer precipitation in the annual total precipitation. The proportion of precipitation of warm to cool half-year and those of autumn to spring and of July to February revealed a negative tendency in most regions. The most ambiguous, as to the direction, were the changes of the proportion of summer to winter precipitation. A slight increase in the degree of pluvial continentalism is mainly marked in the south-eastern part of Poland.