

Okresy bez opadów i ze słabymi opadami w polskich Karpatach (1984–2013)

Marta Cebulska

Politechnika Krakowska – Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej
Katedra Hydrauliki i Hydrologii
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska

Abstrakt. W pracy zbadano ciągi dni bez opadów oraz ze słabymi opadami atmosferycznymi z uwzględnieniem ich uwarunkowań cyrkulacyjnych. Dokonano również oceny częstości okresów posuchy atmosferycznej, które wyznaczone zostały metodą opracowaną przez Koźmińskiego (1986) oraz Konopko (1988), na podstawie wartości dobowych sum opadów z okresu 30-letniego 1984–2013 z 49 stacji pomiarowych położonych w polskich Karpatach. Uwzględnione dobowe sumy opadów atmosferycznych z okresu badań uzyskano z IMGW-PIB. Na badanym obszarze największa średnia liczba dni w roku bez opadów atmosferycznych miała miejsce w Świdniku-Tęgoborzu – 214 dni, a najmniejsza w Wiśle-Malince – 157. Najwięcej sekwencji bezopadowych dostrzeżono w pojedynczych dobach – we wszystkich stacjach pomiarowych ich liczba w trzydziestoleciu przekroczyła 550. Najdłuższy, 40-dniowy, okres bezopadowy wystąpił w Ciśnie (29 IV–7 VI 1991) oraz w Szczyrku (21 X–29 XI 2011). W każdym roku, oceniając według metody Koźmińskiego (1986), na obszarze polskich Karpat średnio wystąpiły 2–3 posuchy atmosferyczne trwające 11–15 dni, 1–2 posuchy trwające 16–20 dni. Natomiast średnio 1 posucha w roku o czasie trwania powyżej 20 dni wystąpiła we wszystkich stacjach pomiarowych, z wyjątkiem stacji położonych w zlewni Małej Wisły i Soły. W analizowanym wieloleciu nie stwierdzono istotnych zmian liczby posuch niezależnie od czasu ich trwania. Najdłuższy okres bez opadów atmosferycznych lub ze słabymi opadami w okresie badań wystąpił w typach cyrkulacji antycyklonalnej – południowej (Sa), zachodniej (Wa) oraz klinie antycyklonalnym (Ka).

słowa kluczowe: okres bezopadowy, sekwencje dni bez opadów, ciąg dni bez opadów, polskie Karpaty

WSTĘP

Ekstremalne zjawiska meteorologiczne, w tym długotrwały brak opadów atmosferycznych, jak również zjawiska hydrologiczne będące skutkiem intensywnych opadów atmosferycznych interesowały ludność od wieków (Rojceki, 1965). Utrzymujące się długotrwałe niedobory opadów mogą prowadzić do rozwoju suszy atmosferycznej (meteorologicznej), wpływającej negatywnie na vegetację roślin oraz wielkość i jakość plonów (Koźmiński, 1986; Kundzewicz, Kozyra, 2011). Okresy bezopadowe lub ze słabymi opadami o znacznie niższej sumie od normy niejednokrotnie są przyczyną rozwoju kolejnych etapów suszy, w tym glebowej, a nawet hydrologicznej skutkującej m.in. deficytem wody w rzekach (Byczkowski, 1996; Łabędzki, 2006). Okresy posuszne (tzw. posuchy atmosferyczne), czyli okresy bezopadowe lub z bardzo małymi opadami, pojawiają się nieregularnie, okresowo, w różnych porach roku (Farat i in., 1995; Łabędzki, 2006). Jednak, jak wynika z badań Kowanetza (1981) oraz Obrębskiej-Starkłowej i in. (1995), na obszarze polskich Karpat, tj. terenie o zróżnicowanym ukształtowaniu, w okresie wiosennym przeważają posuchy krótkie, a w okresie jesiennym – długie (intensywne), trwające nawet ponad 50 dni. Spośród wielu metod oceny suszy atmosferycznej to analiza ciągów dni bezopadowych w oparciu o dobowe obserwacje daje pełną informację o czasie trwania tego zjawiska meteorologicznego (Grabowska i in., 2004). Umożliwia ona wskazanie początku i końca trwania posuchy, a także daje możliwość oceny częstości tych okresów (Koźmiński, 1986; Łabędzki, 2006). Jednak Kasperska-Wołowicz i in. (2003) twierdzą, że „brak jest jednoznacznej metody określania ciągów bezopadowych”, a wybór metody wydzielenia posuch należy do autora (Radzka, 2014).

Celem pracy jest ocena częstości wystąpienia okresów posusznych na podstawie dobowych sum opadów atmosferycznych ze stacji pomiarowych położonych w polskich Karpatach. W przypadku najdłużej trwających okresów

Autor do kontaktu:

Marta Cebulska

e-mail: marta.cebulska@iigw.pk.edu.pl

tel. +48 12 628 20 85

posusznych również w powiązaniu z typami cyrkulacji atmosferycznej, wyznaczonymi na podstawie kalendarza typów cyrkulacji opracowanego przez Niedźwiedzia (2013).

OBSZAR BADAŃ, MATERIAŁY I METODY

Obszar badań o zróżnicowanej rzeźbie terenu obejmuje polskie Karpaty. 88% ich obszaru należy do Karpat Zachodnich, w obrębie których Tatry i Podhale wchodzi w skład Karpat Wewnętrznych, a Beskidy i Pogórze Karpackie stanowią Karpaty Zewnętrzne. Natomiast pozostały obszar to Karpaty Wschodnie obejmujące Bieszczady Zachodnie. Najwyższym położonym punktem w polskich Tatrach są Rysy (2499 m n.p.m.), w Beskidach – Babia Góra (1725 m n.p.m.) oraz Pilsko (1557 m n.p.m.). Pogórze Karpackie wznosi się do 300–500 m n.p.m. (Izmailow i in., 1995). Deniwelacja terenu w obszarze badań wynosi mniej niż 2000 m. Najniższym położonym punktem pomiarowym na tym obszarze jest Wojnicz – 210 m n.p.m., natomiast najwyższym – Jasionów 800 m n.p.m. Obszar ten znajduje się w zasięgu klimatu górskiego, gdzie opad roczny przekracza 900 mm, oraz Pogórza Karpackiego z opadem powyżej 700 mm (Niedźwiedź, Obrębska-Starkłowa, 1991). Jak podaje Kostrakiewicz (1967), w obszarze tym „*zbrocza nawiętrzne północno-zachodnie, zachodnie i południowo-zachodnie są silniej zraszane opadami, aniżeli zbrocza zawiętrzne północno-wschodnie, wschodnie i południowo-wschodnie oraz kotliny śródgórskie, które to znajdują się w tzw. cieniu opadowym*”. Niskie sumy opadów dostrzegł też Kostrakiewicz (1977) w dolinach rzek i potoków, zwłaszcza o przebiegu południkowym, z wyjątkiem głę-

bokich dolin tatrzańskich. Występowanie takich opadów atmosferycznych może mieć związek nie tylko z czynnikami meteorologicznymi, ale z fizjografią terenu, w tym z jego wysokością, ukształtowaniem, a zwłaszcza ułożeniem pasm górskich w stosunku do napływających wilgotnych mas powietrza (Hess, 1968; Kostrakiewicz, 1967).

Materiałem wyjściowym do badań były dobowe sumy opadów atmosferycznych z 49 stacji pomiarowych położonych w obszarze badań kolejno z lat 1984–2013 (rys. 1). Dane te pozyskano z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB). Informacji o zróżnicowaniu dobowych sum opadów dostarcza ich analiza w określonych przedziałach sum. Przyjęto klasyfikację dobowych opadów stosowaną przez Olechnowicz-Bobrowską (1970) i Twardosza (2000) – od opadów bardzo słabych, których dobową sumą nie przekracza 1 mm, do opadów bardzo silnych, o dobowej sumie ponad 20 mm. Na podstawie bazy danych dobowych sum opadów określono częstość sekwencji dni bez opadów o różnej długości, tj. od 1 doby do najdłuższego okresu bezopadowego. Ciąg dni bez opadów rozpoczyna i kończy doba, w której nie wystąpił opad atmosferyczny. Przedstawiono rozkład okresów bezopadowych o różnym czasie trwania (7, 14, 21 dni) oraz okresów najdłuższej trwających. Określono również częstość okresów posusznych o różnej długości trwania wyłonionych zgodnie z metodą zaproponowaną przez Koźmińskiego (1983, 1986) i Konopko (1988), a stosowaną m.in. do wydzielenia posuch w okresie wegetacji roślin, tj. IV–IX (Kasperska-Wołowicz i in., 2003; Radzka, 2014). Za okres posuszny przyjęto okres bezopadowy lub z bardzo słabymi opadami.



Rysunek 1. Lokalizacja stacji pomiarowych (liczba oznacza wysokość stacji w m n.p.m.)

Figure 1. Location of measuring stations (number indicates the altitude of station in metres above sea level).

Według Koźmińskiego (1986) okres bezopadowy trwający 11–15 dni zostaje przerwany przez wystąpienie dobowego opadu o wysokości 1,5 mm lub sumy opadów przez dwie kolejne doby o wysokości 1,5 mm, natomiast wystąpienie dobowego opadu lub sumy opadów przez dwie kolejne doby o wysokości 2 mm przerywa posuch trwającą powyżej 15 dni. Natomiast według Konopko (1988) za okres posuszny przyjęto okres bez opadów atmosferycznych lub z bardzo słabymi opadami, nie przekraczającymi 0,5 mm/dobę, o czasie trwania 10–20 dni, 21–30 dni i powyżej 30 dni. Okres posuchy zostaje zakończony wówczas, gdy wystąpi dobowy opad o sumie co najmniej 5 mm (Konopko, 1988). W przebiegu wieloletnim okresów posusznych zbadano istotność ($\alpha=0,05$) tendencji zmian liczby posuch o różnym czasie trwania, uwzględniając test t-Studenta. W pracy dokonano również oceny najdłuższego ciągu dni bez opadów oraz okresu posuszego z uwzględnieniem kalendarza typów cyrkulacji atmosferycznej opracowanego przez Niedźwiedzia (2013) dla obszaru Polski południowo-wschodniej.

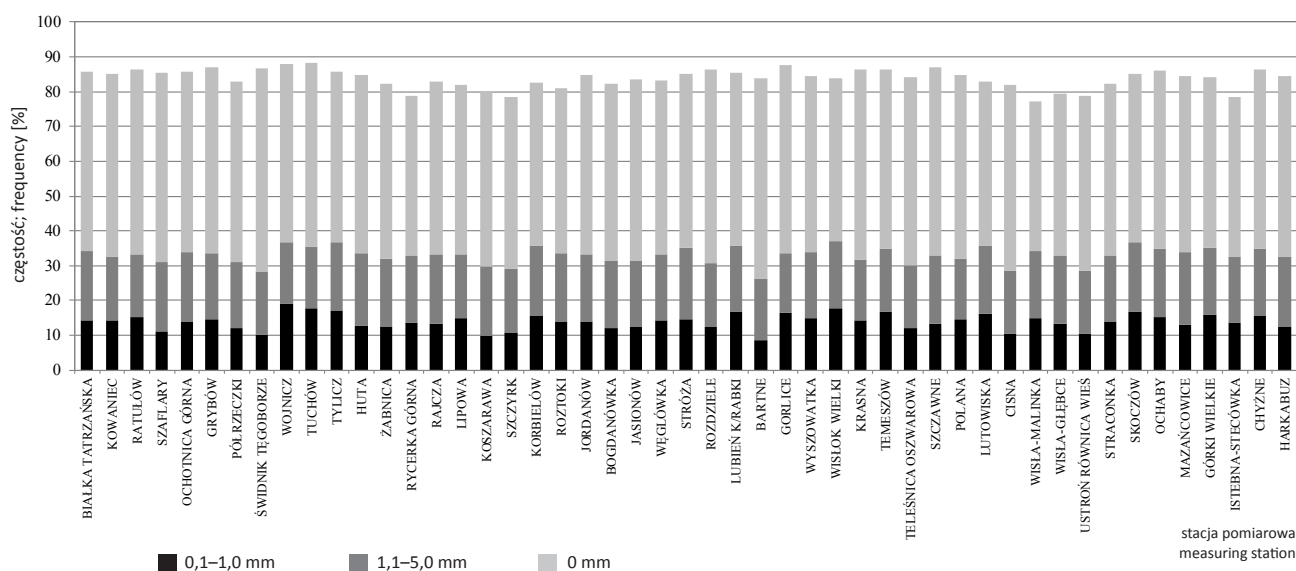
WYNIKI I DYSKUSJA

Najwięcej dni z opadem bardzo słabym (0,1–1,0 mm) w stosunku do wszystkich dni w okresie badań wystąpiło w dorzeczu Dunajca w Wojniczu – 19%, a także w Tuchowie i w dorzeczu Wisłoka w Wisłoku Wielkim – 18%, natomiast najmniej dni z takimi opadami wystąpiło w dorzeczu Wisłoki w Bartnem (9%) oraz w innych stacjach na obszarze badań – Świdniku-Tęgorozu, Ciśnie, Ustroniu i w Koszarawie – 10% (rys. 2). Na badanym obszarze największa średnia liczba dni bez opadów atmosferycznych

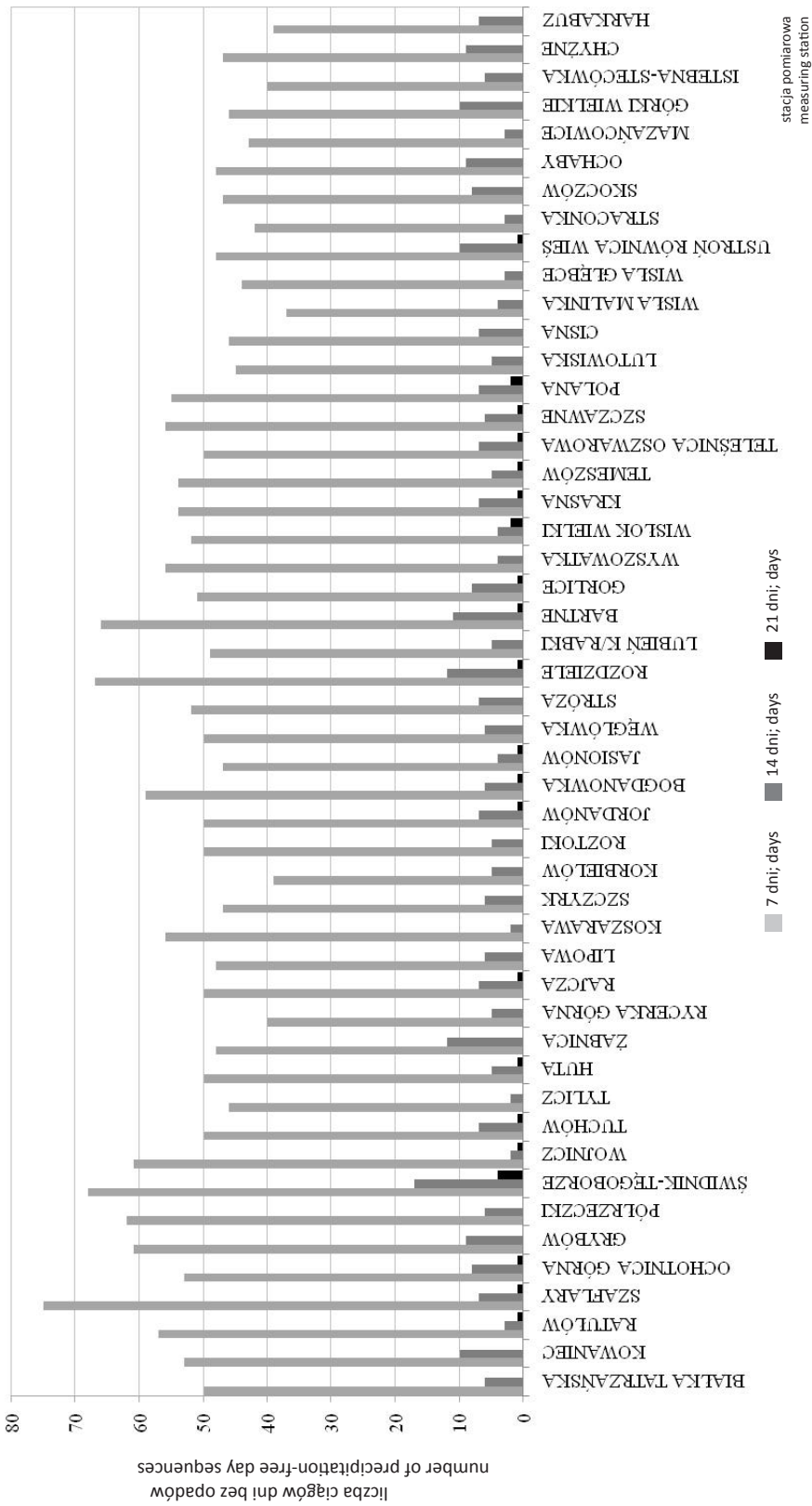
wyniosła: w Rozdzielu – 203 (56%), w Bartnem – 210 (58%) oraz w Świdniku-Tęgorozu – 214 dni (59%). Natomiast najmniej takich dni wystąpiło w Wiśle-Malinie – 157 (43%), Istebnej-Stecówce – 167 (46%) oraz w Rycercy Górnej – 168 (46%) dni. W badanym okresie w 36 stacjach pomiarowych liczba dni bez opadów przekroczyła 50%.

W badanym trzydziestoleciu najwięcej pojedynczych dni bez opadów atmosferycznych stwierdzono w Wojniczu – 710 (6,5%), natomiast najmniej w Bartnem – 550 (5%). Dłuższe sekwencje dni bez opadów występowały znacznie rzadziej. Najwięcej 7-dniowych ciągów bez opadów zanotowano w dorzeczu Dunajca (rys. 3) – w Szaflarach ponad 70, co stanowi średnio w roku nieco ponad 2 przypadki (około 4,5% badanego okresu). W dorzeczu tym ponad 60 przypadków tygodniowego braku opadów wystąpiło w Grybowie, Półrzeczkach, Świdniku-Tęgorozu oraz w Wojniczu, a na pozostałym obszarze badań tylko w dorzeczu Raby (Rozdziele – 67 przypadków) i Wisłoka (Bartne – 66 przypadków). We wszystkich punktach pomiarowych liczba przypadków wystąpienia 7-dniowych okresów bez opadów atmosferycznych była większa od 35.

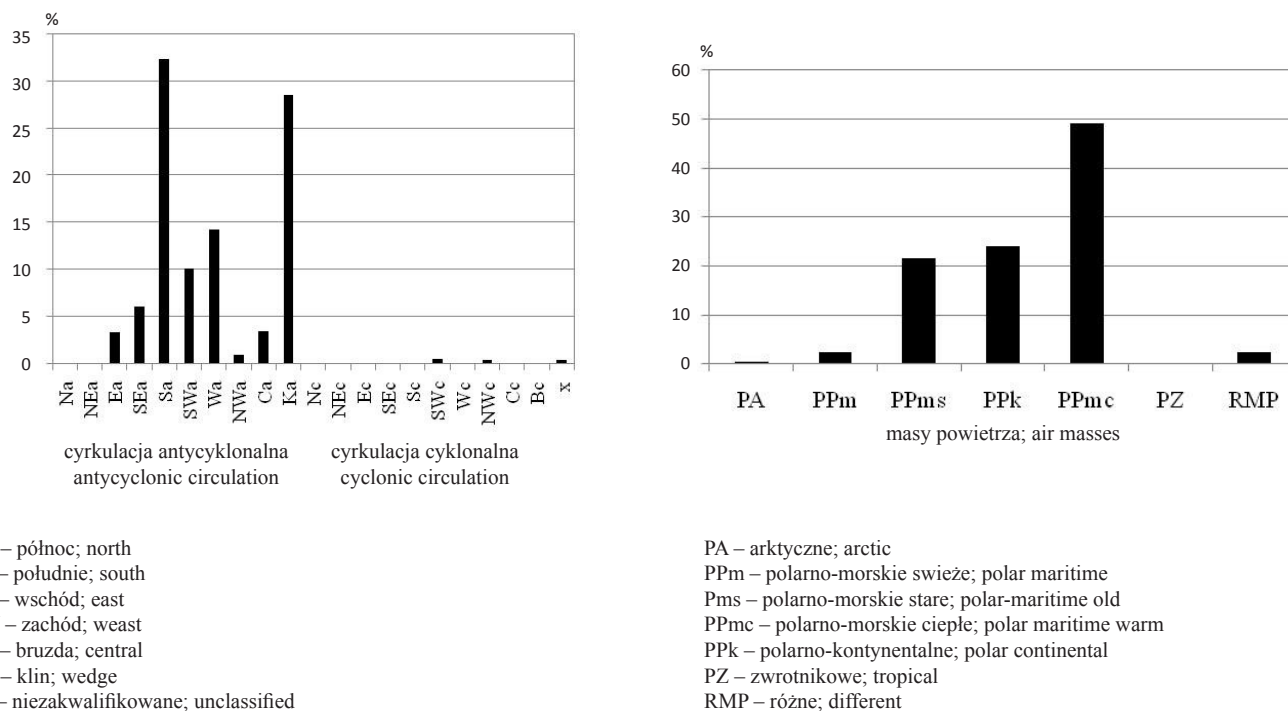
14-dniowe ciągi bez opadów wystąpiły w każdym regionie obszaru badań, jednak z największą częstością w Świdniku-Tęgorozu – 17 (rys. 3). W wielu stacjach ich liczba osiągnęła i przekroczyła 10 przypadków. Miało to miejsce w Kowańcu, Żabnicy, Rozdzielu, Bartnem oraz w Ustroniu Równicy Wsi i Górkach Wielkich. Na obszarze polskich Karpat w stacjach pomiarowych zaobserwowano sekwencję 21 dni bez opadów. Najwięcej takich okresów miało miejsce w dorzeczu Dunajca w Świdniku-Tęgorozu – 4 (rys. 3).



Rysunek 2. Częstość (%) dni bez opadów oraz z opadem słabym (1,1–5,0 mm) i bardzo słabym (0,1–1,0 mm) w latach 1984–2013.
Figure 2. Frequency (%) of precipitation-free days and with low (1,1–5,0 mm) and very low precipitation (0,1–1,0 mm) in the years 1984–2013.



Rysunek 3. Liczba ciągów dni bez opadów o czasie trwania 14, 21 dni w latach 1984–2013
 Figure 3. Number of the sequences of precipitation-free days lasting 14, 21 days in the years 1984–2013.



Rysunek 4. Częstość (%) najdłuższych okresów bez opadów w typach cyrkulacji (A) i w poszczególnych rodzajach mas powietrznych (B)
 Figure 4 Frequency (%) of the longest period without precipitation in circulation type (A) and in particular air masses (B).

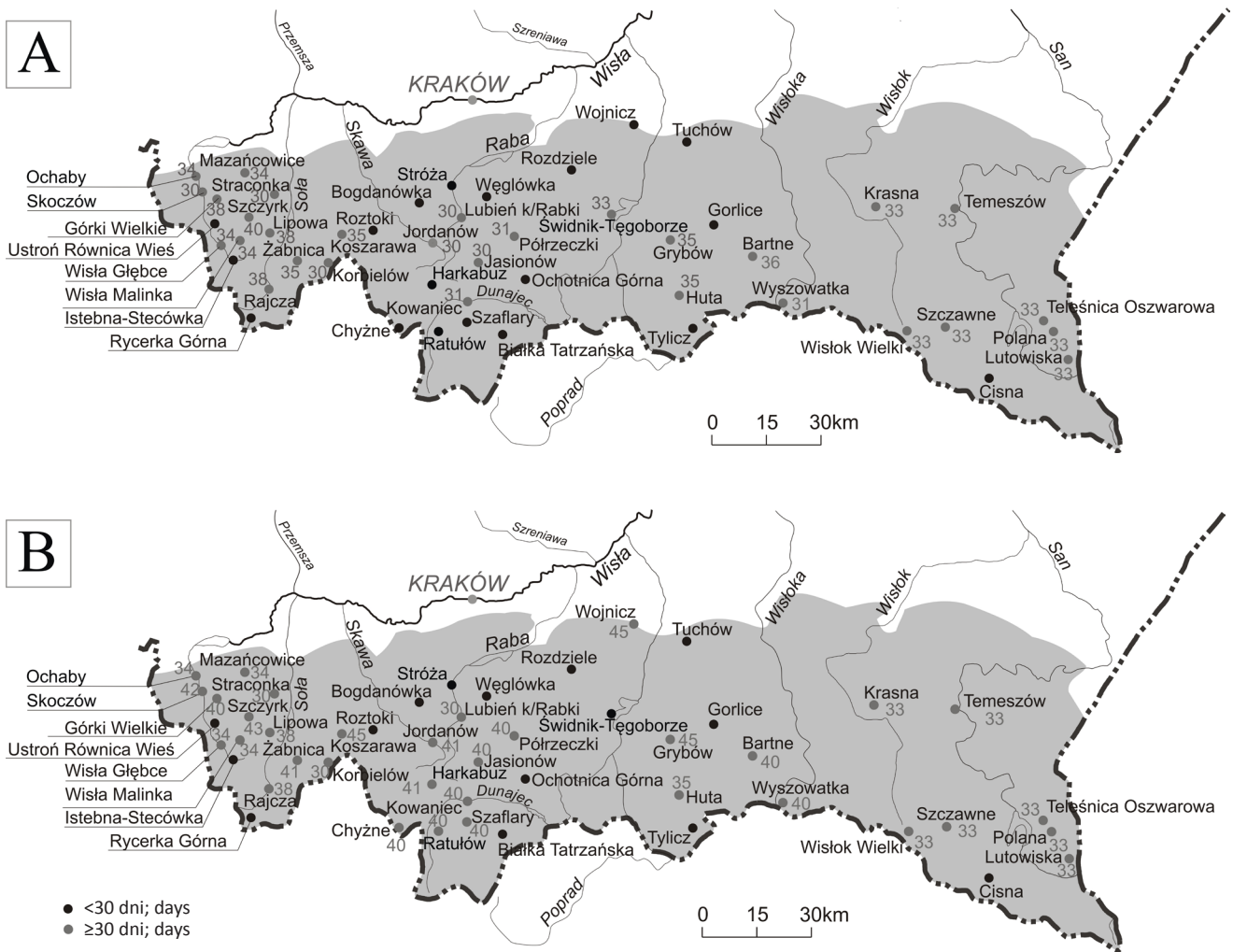
Najdłuższe sekwencje dni bez opadów atmosferycznych, rozpoczynające się i kończące dniem bez opadów, wyniosły od 26 do 40 dni, miały miejsce w przeważającej części obszaru badań w październiku i listopadzie 2011 roku, szczególnie w części zachodniej i południowej polskich Karpat (rys. 5A). Również Kowanetz (1981) w wyniku przeprowadzonych badań w okresie wegetacyjnym (1956–1965) w polskich Karpatach stwierdził w październiku okresy bezopadowe o długości przekraczającej 28 dni, które wystąpiły w najniższych partiach piętra umiarkowanie ciepłego. W Białce Tatrzańskiej i Ochotnicy Górnej najdłuższy okres bez opadów miał miejsce w styczniu 1997 roku, a w Ciśnie w okresie wegetacji roślin (29 IV–7 VI 1991). Natomiast w dorzeczu Sanu najdłuższy okres bez opadów od 23 do 33 dni wystąpił na przełomie września i października 2000 roku. Okres ten został przerwany w wyniku dobowego opadu powyżej 2 mm.

Najdłuższe okresy bez opadów w 30-leciu wystąpiły głównie w typach cyrkulacji antycyklonalnej – południowej (Sa) oraz klinie antycyklonalnym (Ka) (rys. 4A). Łącznie ponad 60% przypadków najdłuższych sekwencji dni bez opadów wystąpiło przy tych typach cyrkulacji. Twardosz (2005) stwierdził, że bez względu na rodzaj masy powietrza w Krakowie prawdopodobieństwo wystąpienia

opadów jest niewielkie (poniżej 15%) w sytuacji centralnej antycyklonalnej (Ca) i klinie antycyklonalnym (Ka).

Najwięcej najdłuższych ciągów dni bez opadów w zachodnim i południowym obszarze badań wystąpiło w dniach z masami powietrza polarnego morskiego ciepłego (PPmc) – blisko 50% oraz w dniach z masami powietrza polarnego kontynentalnego (PPk) – 23% i powietrza polarnego morskiego starego (PPms) – 21% (rys. 4B).

Najdłuższe okresy posuszne, które związane są z okresem bezopadowym w części zachodniej i południowej obszaru badań, nie przekroczyły 50 dni (rys. 5B), natomiast w okresie wegetacyjnym (IV–X) 10-lecia 1956–1965 maksymalna długość okresu bezopadowego wyniosła ponad 50 dni (Kowanetz, 1981). Największa różnica pomiędzy czasem trwania okresu bez opadów atmosferycznych a powiązaniem z nim okresem posuszonym wyniosła blisko 25 dni. Miało to miejsce w Wojniczu – miejscu najniżej położonym (210 m n.p.m.) na obszarze badań. W pozostałych stacjach pomiarowych różnica ta nie przekroczyła 15 dni. W każdym roku, określając według metody Koźmińskiego (1986), na obszarze polskich Karpat średnio wystąpiło 2–3 posuchy atmosferyczne trwające 11–15 dni, 1–2 posuchy trwające 16–20 dni. Średnio 2 posuchy w roku trwające 16–20 dni zdarzyły się w Świdniku-Tęgorborzu, Tucho-



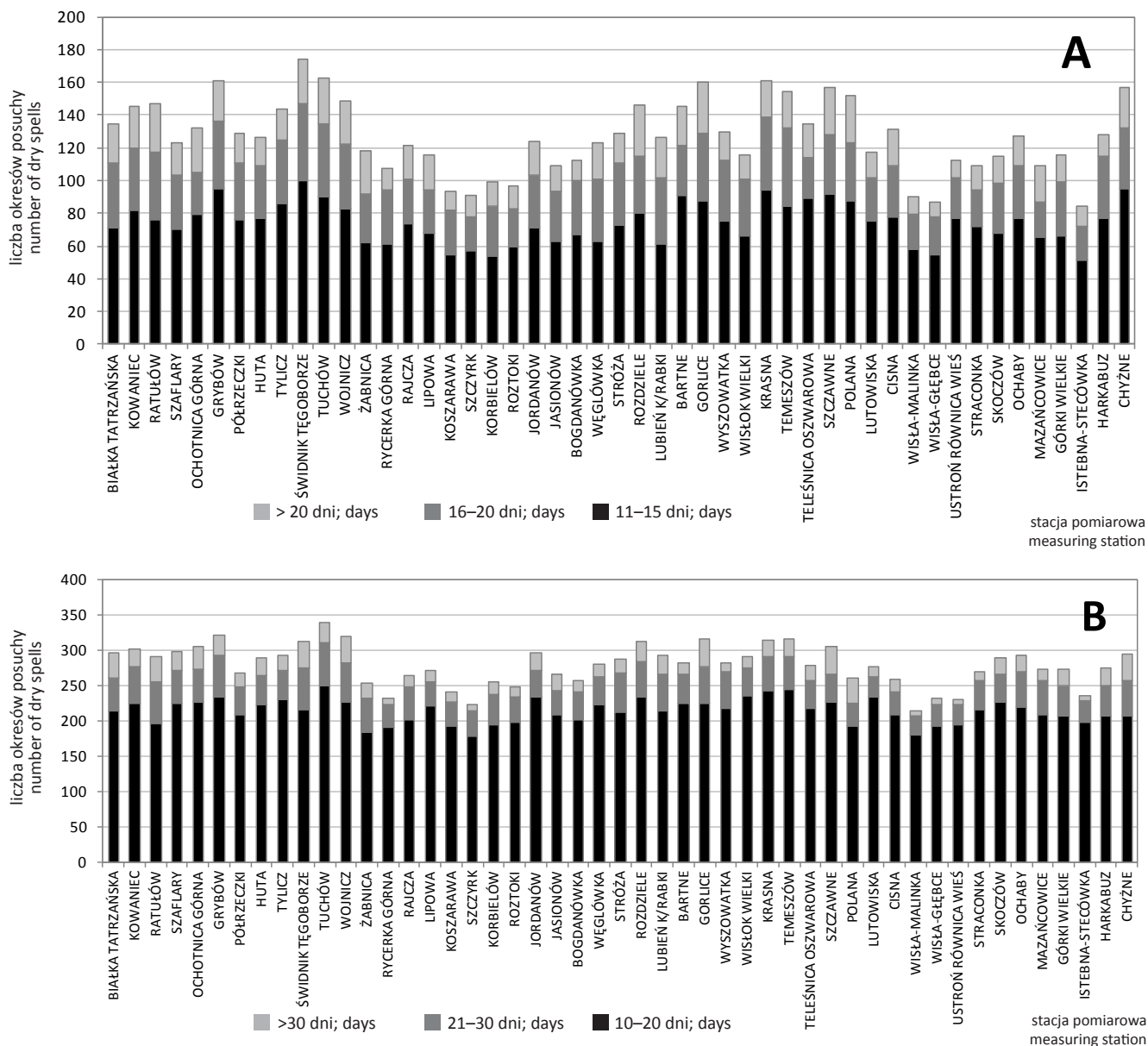
Rysunek 5. Najdłuższe (≥ 30 dni) sekwencje dni bez opadów (A) oraz najdłuższy okres posuchy (B) (wg Koźmińskiego, 1986) w latach 1984–2013

Figure 5. The longest (≥ 30 days) sequences of precipitation-free days (A) and the longest dry spell (B) (acc. to Koźmiński, 1986) in the years 1984–2013.

wie, Krasnej i Temeszowie. Natomiast średnio 1 posucha w roku o czasie trwania powyżej 20 dni wystąpiła we wszystkich stacjach pomiarowych, z wyjątkiem stacji położonych w zlewni Małej Wisły i Soły (rys. 6). W przebiegu wieloletnim okresów posusznych dostrzeżono tendencję zmian liczby posuch o różnym czasie trwania (rys. 7A, B), jednak nie były to zmiany istotne statystycznie. Oceniając według metody Konopko (1988), średnio w roku na obszarze polskich Karpat wystąpiło od blisko 5 do 10 okresów posusznych trwających 10–20 dni. Najmniej – 5 okresów posusznych, miało miejsce w latach 1997 i 2011, natomiast najwięcej – 10 – w 2010 roku. Posucha trwająca 21–30 dni średnio w okresie badań wystąpiła 0,4–2,6 razy

na rok. W 2007 roku (rys. 7B) okres posuszny trwający ponad 30 dni wystąpił tylko w Jordanowie zlokalizowanym w dorzeczu Skawy oraz w obszarze Czarnej Orawy w Harkabuzie. Natomiast w 1998 i 2010 roku liczba przypadków takiej posuchy w polskich Karpatach nie przekroczyła 10.

Najmniej posuch trwających powyżej 20 dni (2 przypadki) wystąpiło w polskich Karpatach w 2010 roku (rys. 7A). Miało to miejsce w Wojniczu oraz Rozdziele. Podobnie w badaniach Cebulskiej (2016) na obszarze Małej Wisły w okresie wegetacyjnym 2010 roku nie stwierdzono posuchy trwającej powyżej 20 dni. Również w 2001 roku posucha taka nie wystąpiła w dorzeczu Dunajca, Soły, Skawy i Raby. W tym roku posuchy trwające powyżej 20 dni



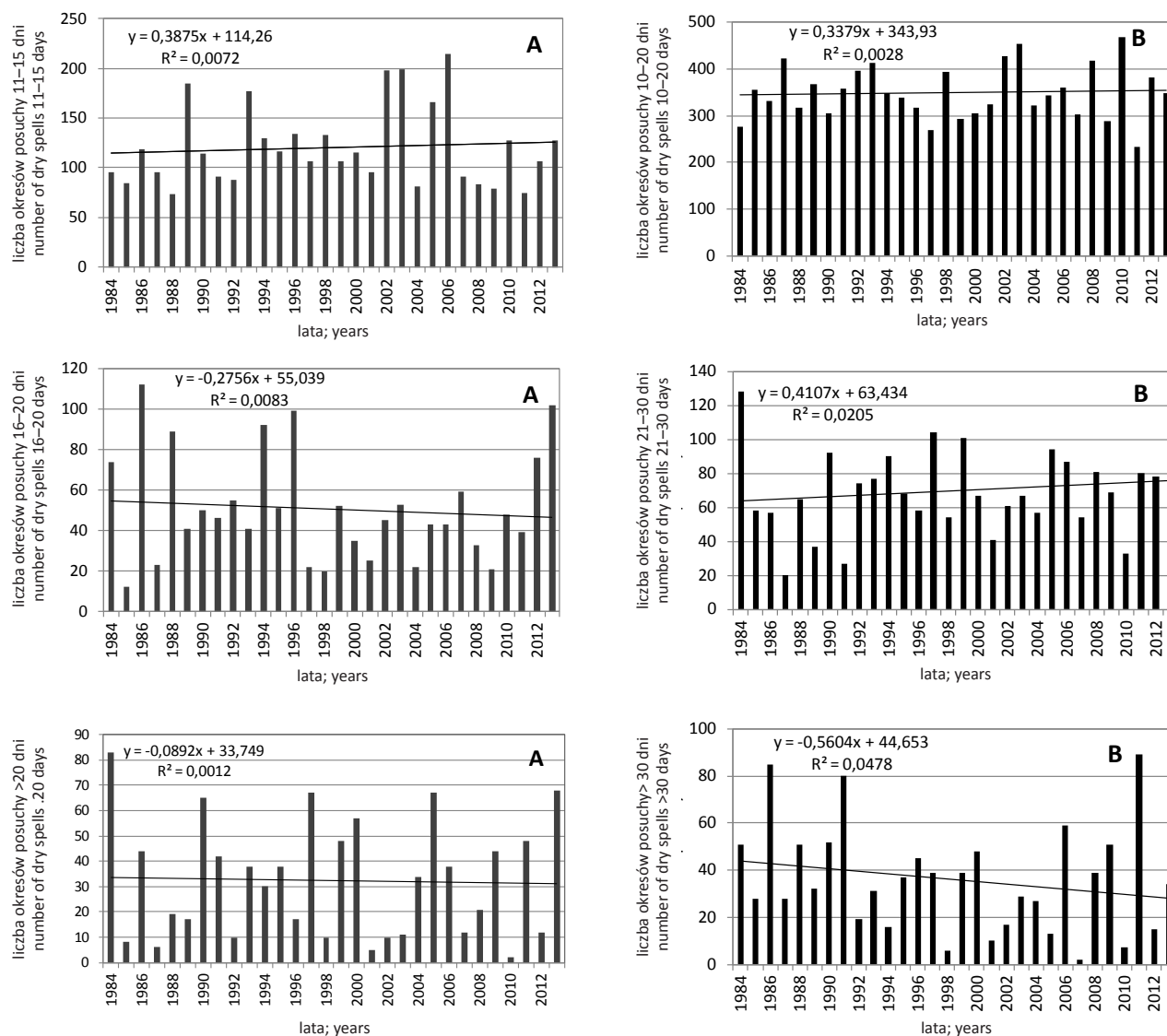
Rysunek 6. Liczba okresów posuchy atmosferycznej o różnej długości ich trwania w stacjach pomiarowych (1984–2013) (A – wg Koźmińskiego, 1986), (B – wg Konopko, 1988).

Figure 6. Number of atmospheric dry spells with different duration in the measuring stations (1984–2013) (A– acc. to Koźmiński, 1986), (B– acc. to Konopko, 1988).

wystąpiły tylko w 5 stacjach pomiarowych – w Krasnej, Temeszowie, Skoczowie, Ochabach i Górkach Wielkich.

W niektórych stacjach pomiarowych najczęściej okresów posusznych o czasie trwania powyżej 20 dni wystąpiło w 1984, 1990, 1997, 2005 oraz 2013 roku, jednak średnio w każdej stacji pomiarowej po 2 takie posuchy miały miejsce w latach 1984 i 2013 (tab. 1). Posucha o czasie trwania powyżej 30 dni (określając wg Konopko) w 2011 roku wystąpiła w każdej stacji pomiarowej wydzielonych dorzeczy (tab. 1). Najdłuższy okres posuszny o czasie trwania ponad 20 dni, który objął 31 stacji pomiarowych, wystąpił

głównie (blisko 70% dni) w trzech typach cyrkulacji antycyklonalnej – południowej (Sa), zachodniej (Wa) oraz klinie antycyklonalnym (Ka) (rys. 8A). Natomiast w dniach z masami powietrza polarnego morskiego ciepłego (PPmc) wystąpiło blisko 40% dni najdłuższej posuchy (rys. 8B), a także w dniach bez frontu – 80%. Jednak z badań Kowatetz (1981) wynika, że analiza posuch atmosferycznych, która bazuje tylko na opadach, jest uproszczeniem, ponieważ wpływ na to zjawisko, zwłaszcza w obszarze górskim, ma szereg czynników meteorologicznych.



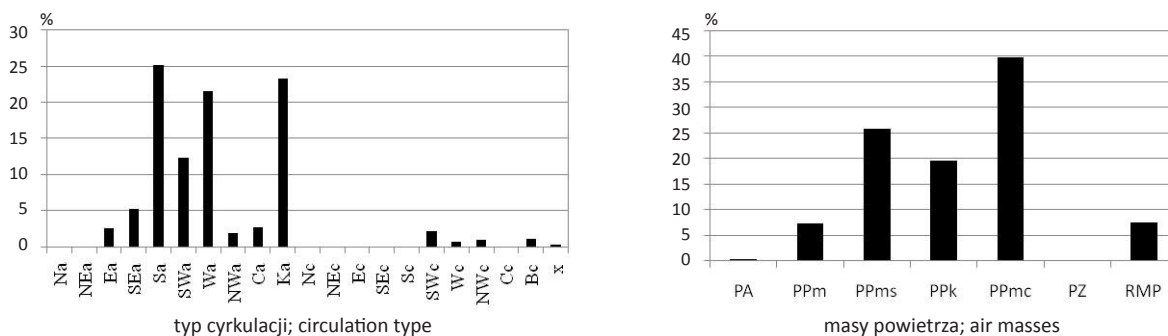
Rysunek 7. Liczba wystąpień okresów posusznych w stacjach pomiarowych na obszarze badań (1984–2013) (A – wg Koźmińskiego, 1986); B – wg Konopko, 1988)

Figure 7. Number of occurrences of dry spells in the study area in measuring stations (1984–2013) (A – acc. to Koźmiński, 1986), (B – acc. to Konopko, 1988).

Tabela 1. Lata wystąpienia ciągów dni posusznych o czasie trwania >20 dni (wg metody Koźmińskiego) i >30 dni (wg metody Konopko) we wszystkich stacjach w wydzielonych karpacczych dorzeczach (1984–2013)

Table 1. Years when the sequence of dry spells days lasting >20 (acc. to Koźmiński, 1986) and >30 days (acc. to Konopko, 1988) occurred in all stations in the separated Carpathian river basins (1984–2013).

Dorzecze River basin	Lata wystąpienia posuchy; Years	
	> 20 dni; days	> 30 dni; days
Wisła	1984, 1990, 1999, 2005	2011
Soła	1984, 1990, 1991, 1997, 1999, 2005, 2009, 2013	1991, 2011
Skawa	1984, 1986, 1991, 1997, 2005, 2009, 2013	1984, 1986, 1990, 1991, 1996, 2011
Raba	1984, 1990, 1991, 1993, 1997, 2000, 2009, 2013	1984, 1986, 1990, 1991, 1996, 2000, 2004, 2008, 2011, 2013
Dunajec	1984, 1990, 1997, 2013	1984, 1986, 1990, 1991, 2000, 2008, 2011
San	1984, 1995, 1997, 2000, 2005, 2011, 2013	2000, 2011



symbole – patrz rys. 4; symbols – see Fig. 4

Rysunek 8. Częstość [%] najdłuższej posuchy w typach cyrkulacji (A) i w poszczególnych rodzajach mas powietrznych (B)
Figure 8. Frequency [%] of the longest dry spells in circulation type (A) and in particular air masses (B).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. W polskich Karpatach w badanym 30-leciu okresy bezopadowe wystąpiły w każdej stacji pomiarowej, jednak z różną częstością. Najwięcej wystąpiło pojedynczych okresów bez opadów – do 710 dni we Wojniczu, co stanowi 6,5% badanego okresu. Natomiast ciągi dni bez opadów o czasie trwania powyżej 35 dni zanotowano tylko w Bartnem (36 dni), Rajczy i Lipowej (38 dni), a także w Szczyrku i Ciśnie (40 dni). Najdłuższy okres bez opadów, który miał miejsce w Ciśnie, wystąpił w dniach 29 IV 1991–7 VI 1991, a w Szczyrku w 21 X 2011–29 XI 2011. Średnia liczba dni bez opadów na terenie polskich Karpat wyniosła od 43% w Wiśle Malince do 58,6% w Świdniku-Tęgoborzu.

2. W latach 1984–2013 czas trwania okresu posusznego nie przekroczył 50 dni. Posucha trwająca powyżej 40 dni miała miejsce w październiku i listopadzie 2011 roku, a wystąpiła w Szczyrku, Skoczowie, Żabnicy, Roztokach, Harkabuzie, Wojniczu i Świdniku-Tęgoborzu.

3. W każdym roku według metody Koźmińskiego (1986) na obszarze polskich Karpat średnio wystąpiło 2–3 posuchy atmosferyczne trwające 11–15 dni, 1–2 posuchy trwające 16–20 dni, natomiast według metody Konopko (1988) średnio w roku wystąpiło od blisko 5 do 10 okresów posusznych trwających 10–20 dni.

4. Wraz ze wzrostem czasu trwania okresu posusznego liczba posuch w stacjach pomiarowych maleje, jak również liczba posuch maleje wraz ze wzrostem wysokości stacji nad poziomem morza, jednak nie jest to zależność istotna statystycznie.

5. Najdłuższy okres bez opadów atmosferycznych lub ze słabymi opadami wystąpił głównie w typach cyrkulacji antycyklonalnej – południowej (Sa), zachodniej (Wa) oraz klinie antycyklonalnym (Ka).

PIŚMIENNICTWO

- Byczkowski A., 1996.** Hydrologia. t. 2, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Cebulska M., 2016.** Niedobory opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym w zlewni Małej Wisły (1984-2013). *Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus*, 15(2): 13-26.
- Farat R., Kępińska-Kasprzak M., Kowalczyk P., Mager P., 1995.** Susza na obszarze Polski w latach 1951-1990. Materiały Badawcze, seria: Gospodarka wodna i ochrona wód – 16, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Grabowska K., Banaszekiewicz B., Szejkowski Z., 2004.** Niedobory i nadmiary opadów na terenie województwa warmińsko-mazurskiego w latach 2000-2002. *Acta Agrophysica*, 3(1): 57-64.
- Hess M., 1968.** Metoda określania ilościowego zróżnicowania mezoklimatycznego w terenach górskich. *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 18: 7-26.
- Izmailow B., Kaszowski L., Krzemień K., Święchowicz J., 1995.** Rzeźba. W: *Karpaty Polskie – przyroda, człowiek i jego działalność*; Warszczyńska J., (red.), Uniwersytet Jagielloński, Kraków.
- Kasperska-Wołowicz W., Łabędzki L., Bąk B., 2003.** Okresy posuszne w rejonie Bydgoszczy. *Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie*, Wydawnictwo IMUZ, Falenty, t. 3, z. specj. 9: 39-56.
- Konopko S., 1988.** Częstość występowania okresów posusznych w rejonie Bydgoszczy na podstawie wieloletnich obserwacji. *Wiadomości IMUZ*, XV(4): 103-112.
- Kostrakiewicz L., 1967.** Nomogram do obliczania średnich rocznych sum opadowych w Karpatach Polskich poniżej poziomu inwersji. *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 2(15): 129-146.
- Kostrakiewicz L., 1977.** Opady atmosferyczne w terenach nawiętrznym i zawietrznych polskich Karpat. *Czasopismo Geograficzne*, XLVIII(2): 131-141.
- Kowanetz L., 1981.** Charakterystyka posuch atmosferycznych w polskich Karpatach; *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, PAN, 22: 135-153.

- Koźmiński Cz., 1983.** Agroklimat województwa szczecińskiego. Wydział Nauk Przyrodniczo-Rolniczych, T. 1.
- Koźmiński Cz., 1986.** Przestrzenne i czasowy rozkład okresów bezopadowych trwających ponad 15 dni na terenie Polski. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 268: 17-36.
- Kundzewicz Z.W., Kozyra J., 2011.** Ograniczenie wpływu zagrożeń klimatycznych w odniesieniu do rolnictwa i obszarów wiejskich. Polish Journal of Agronomy, 7: 68-81.
- Łabędzki L., 2006.** Susze rolnicze, zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie, Wydawnictwo IMUZ, Falenty.
- Niedźwiedź T., 1981.** Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły. Rozprawy Habilitacyjne UJ, 58, Kraków, 165 ss.
- Niedźwiedź T., Obrębska-Starkłowa B., 1991.** Klimat. W: Dorzecze górnej Wisły; Dynowska I., Maciejowski M. (red.), Państwowe Wydawnictwo Naukowe, ss. 68-84.
- Niedźwiedź T., 2013.** Kalendarz typów cyrkulacji dla obszaru Polski południowej (09.1873-18.01.2011). Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Sosnowiec, <http://klimat.wnoz.us.edu.pl/>.
- Obrębska-Starkłowa B., Hess M., Olecki Z., Trepiańska J., Kowanczyk L., 1995.** Klimat. ss. 31-47. W: Karpaty polskie, przyroda, człowiek i jego działalność; Warszńska J. (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- Olechnowicz-Bobrowska B., 1970.** Częstość dni z opadem w Polsce. Prace Geograficzne, nr 86, Warszawa, 75 ss.
- Radzka E., 2014.** Ciągi dni bezopadowych w okresie wegetacyjnym w środkowo-wschodniej Polsce (1971-2005). Acta Agrophysica, 21(4): 483-491.
- Rojecki A. (red.), 1965.** Wyjątki ze źródeł historycznych o nadzwyczajnych zjawiskach hydrologiczno – meteorologicznych na ziemiach polskich w wiekach od X do XVI – wyboru dokonali i na język polski przełożyli Girguś R. i Strupczewski W. Państwowy Instytut Hydrologiczno Meteorologiczny, Warszawa.
- Twardosz R., 2000.** Wieloletnia zmienność sum dobowych opadów w Krakowie w powiązaniu z sytuacjami synoptycznymi. Prace Geograficzne, zeszyt 105, Kraków, ss. 19-71.
- Twardosz R., 2005.** Dobowy przebieg opadów atmosferycznych w ujęciu synoptycznym i probabilistycznym na przykładzie Krakowa (1886-2002). Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków.

M. Cebulka

PERIODS WITHOUT PRECIPITATION AND WITH LOW PRECIPITATION IN THE POLISH CARPATHIANS IN THE YEARS OF 1984–2013

Summary

This paper describes the sequences of days without any precipitation as well as those with small precipitation considering their circulation determinants. The frequency of the dry spells identified with the method developed by Koźmiński (1986) and Konopko (1988) was also examined. The sequences of days without any precipitation or with small precipitation were determined based on the daily sums of precipitation over 30 years, i.e. within the years 1984–2013 from 49 measuring stations located in Polish Carpathian Mountains. The data of daily precipitation sums were obtained from the IMGW-PIB. In the study area the highest average number of days without any precipitation – over 200 days was in Świdnik-Tęgorze – 214 days, and the lowest in Wisła-Malinka – 157 days. Most of the cases without precipitation were as single days and the number of these days in all measuring stations during analysing period exceeded 550 days. The longest, forty-day, period of sequential days without precipitation was noticed in Cisna (29 IV–7 VI 1991) and in Szczyrk (21 X–29 XI 2011). In every year according to Koźmiński's method (1986) in the area of Polish Carpathian Mountains there occurred on average 2–3 dry spells lasting 11–15 days, 1–2 dry spells lasting 16–20 days. On the other hand, on average 1 dry spell lasting over 20 days took place in all measuring stations, except in the measuring stations located in the catchment of Small Vistula and Sola River. In analysing period it was not certified the significant changes number of dry spells independently of their duration. In the study area, the longest period without precipitation or low precipitation was regarded to anticyclonic circulation types – southern (Sa), western (Wa) as well as the anticyclonic wedge (Ka) type.

keywords: precipitation-free period, sequences of days without any precipitation, time series of days without precipitation, Polish Carpathians.

Autor	ORCID
Marta Cebulka	0000-0002-6255-2295

data zarejestrowania pracy w redakcji Polish Journal of Agronomy: 29 czerwca 2018 r.
 data uzyskania recenzji: 3 sierpnia 2018 r.
 data akceptacji: 6 listopada 2018 r.