

PRACE GEOGRAFICZNE, zeszyt 139

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

Kraków 2014, 7–20

doi: 10.4467/20833113PG.14.021.3011

METEOROLOGICZNE I KLIMATOLOGICZNE ZDARZENIA EKSTREMALNE W POLSKIEJ LITERATURZE

Bogusław Michał Kaszewski, Ewelina Flis

Extreme weather and climate phenomena in Polish publications

Abstract: This paper presents the state of research regarding extreme phenomena at different spatial scales in Polish scientific publications (mainly climatological ones). The analysis covered papers concerning: various classifications and criteria for the identification of extreme phenomena, characterising the causes and effects of extreme phenomena, modeling and forecasting of extreme phenomena as well as using the knowledge about extreme phenomena in practice. The review of literature on extreme weather and climate phenomena allowed the authors to see a large number of problems connected with the research upon extreme phenomena. Problems concerning definitions, research methods and extreme phenomena forecasting were mainly dealt with in the paper. The effects of occurrence of hydrometeorological extreme phenomena are an issue of significant importance.:

Keywords: extreme weather events, extreme climate phenomena, Poland, meteorology, climatology

Zarys treści: W opracowaniu przedstawiono stan badań dotyczących zdarzeń (zjawisk) ekstremalnych, w różnych skalach przestrzennych, w polskiej literaturze naukowej (głównie klimatologicznej). Analizą objęto wybrane prace: przedstawiające klasyfikacje zjawisk ekstremalnych, wykorzystujące dotychczasowe klasyfikacje i kryteria wyznaczania zdarzeń ekstremalnych, zawierające charakterystykę przyczyn i skutków ekstremów, prezentujące prognozę na kolejne lata oraz dotyczące wykorzystania wiedzy o zdarzeniach ekstremalnych w praktyce. Przegląd literatury dotyczącej ekstremalnych zdarzeń meteorologicznych i klimatologicznych pozwolił

autorom dostrzec wiele problemów, z jakimi związane jest zagadnienie badania ekstremów. Zwrócono głównie uwagę na problemy dotyczące definicji, metod opracowań i prognozy zdarzeń ekstremalnych. Ważnym zagadnieniem są skutki występowania hydrometeorologicznych zdarzeń ekstremalnych.

Słowa kluczowe: zdarzenia ekstremalne, zjawiska ekstremalne, Polska, meteorologia, klimatologia

Wstęp

Problem meteorologicznych i klimatologicznych zjawisk (zdarzeń) ekstremalnych i ich skutków w środowisku przyrodniczym i społecznym jest coraz częściej poruszany w literaturze, co w znacznym stopniu jest związane z dużym wpływem tych zjawisk na funkcjonowanie człowieka i prognozowanymi zmianami częstości (głównie wzrostu) tych zdarzeń. Problem ten był zauważany już dużo wcześniej, gdyż ekstremalne zdarzenia pogodowe od dawna interesowały ludzkość. Świadczą o tym m.in. liczne opisy klęsk żywiołowych zamieszczone od stuleci w dziennikach, kronikach i listach z podróży. Jakość tych informacji i ich wiarygodność jest jednak stosunkowo mała. Najstarsze znane zapiski w literaturze polskiej dotyczące zdarzeń ekstremalnych zostały sporządzone kilka wieków przed wprowadzeniem pomiarów instrumentalnych, z tego też względu były to jedynie subiektywne opisy zdarzeń, które w znaczący sposób wpływały na życie ówczesnych ludzi. Już w „Rocznikach” Jana Długosza, przedstawiających historię Polski od 940 do 1480 r., występują liczne nawiązania do takich zdarzeń meteorologicznych, jak susze i powodzie (Polackówna 1925). Szereg zjawisk ekstremalnych, które wystąpiły w latach 1656–1685, opisuje w dziennikach Chrapowicki (Kaszewski i Kłaczewski 2007).

O wiele bardziej dokładne obserwacje, ale dotyczące krótszego okresu, prowadzili w XVI w. Marcin Biem (Limanówka 2001) oraz Michał z Wiślicy (Bokwa, Limanówka 2000) – opisywali oni codzienne zmiany pogody, a tym samym zwracali także uwagę na zjawiska nietypowe. Oprócz wspomnianych kilku głównych źródeł pisanych, zawierających nawiązania do zdarzeń ekstremalnych w Polsce, istnieje o wiele więcej kronik, pamiętników, listów czy też sprawozdań z podróży, które były kompleksowo analizowane m.in. przez Namaczyńską (1937), Parczewskiego (1948), Maruszczaka (1987).

Od XVIII w., czyli od rozpoczęcia pomiarów instrumentalnych, sytuacja uległa znacznej poprawie, gdyż dostępne były konkretne dane dotyczące temperatury powietrza, sum opadów i innych elementów, umożliwiające przeprowadzanie szczegółowych analiz dotyczących nie tylko częstości występowania zdarzeń ekstremalnych, ale również ich wielkości. Jedne z najdłuższych serii pomiarowych w Polsce posiada Gdańsk, dla którego zostały opracowane m.in. wartości temperatury powietrza i ciśnienia atmosferycznego w latach 1739–1769 (Filipiak 2007).

Rozwój współpracy międzynarodowej w zakresie meteorologii, szczególnie po I wojnie światowej, spowodował zainteresowanie również ekstremalnymi wartościami poszczególnych elementów. Dodatkowym impulsem powodującym wzrost liczby publikacji dotyczących zdarzeń ekstremalnych było ogłoszenie 1 stycznia 1990 r. Międzynarodowej Dekady Zapobiegania Klęskom Żywiotowym (Mikulski 2007).

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie stanu badań dotyczących meteorologicznych i klimatologicznych zdarzeń (zjawisk) ekstremalnych w polskiej literaturze naukowej (głównie klimatologicznej) oraz omówienie problemów związanych z tego typu badaniami.

Przegląd ten uzupełniono spisem literatury obejmującym kilkadziesiąt pozycji. Ze względu na dużą liczbę publikacji w postaci artykułów, opracowań książkowych, a także materiałów z konferencji naukowych na podjęty temat w polskiej literaturze, w bibliografii zamieszczono jedynie niektóre, przykładowe opracowania. Przeanalizowane prace zostały podzielone na pięć kategorii:

- przedstawiające próby klasyfikacji zjawisk ekstremalnych,
- wykorzystujące dotychczasowe klasyfikacje i kryteria wyznaczania zdarzeń ekstremalnych,
- zawierające charakterystykę przyczyn i skutków ekstremów,
- prezentujące prognozę na kolejne lata,
- dotyczące wykorzystania wiedzy o zdarzeniach ekstremalnych w praktyce.

Prace dotyczące kryteriów wyróżniania i klasyfikacji zdarzeń ekstremalnych

W *Słowniku meteorologicznym* (2003) występuje hasło „ekstrema” obejmujące pojęcia wartości skrajnych (maksymalnych i minimalnych) określonego elementu meteorologicznego oraz termin „ekstrema bezwzględne” definiowany jako największe i najmniejsze (skrajne) wartości elementu meteorologicznego lub hydrologicznego, zmierzone kiedykolwiek w danym miejscu lub na danym obszarze. Drugie ważne pojęcie mające znaczenie dla wydzielenia zjawisk ekstremalnych to „anomalie”. Według *Słownika meteorologicznego* anomalie elementu meteorologicznego to odchylenie od normy klimatycznej przekraczające określoną wartość (najczęściej 2 lub 3 odchylenia standardowe) lub od średniej charakterystycznej dla danego regionu lub równoleżnika. Anomalie klimatyczne (odchylenia klimatyczne) to z kolei odchylenie wartości elementu meteorologicznego w danym miesiącu, sezonie lub roku od średniej wieloletniej lub od normy klimatycznej. Niektórzy anomalie pogodowe utożsamiają z ekstremalnymi warunkami meteorologicznymi. W *Atlasie klimatu województwa śląskiego* (2000) autorzy stwierdzają, że ekstremalne odchylenia warunków meteorologicznych od normy, zwane czasami anomaliami

pogodowymi, charakteryzują się różną skalą czasu, zadziwiają szybkością i intensywnością.

Pomimo długiego zainteresowania zjawiskami ekstremalnymi i wielu prac im poświęconych nie są one jednoznacznie rozumiane, nie ma bowiem uniwersalnych kryteriów wydzielenia ekstremów dla poszczególnych elementów meteorologicznych. Międzyrządowy Raport IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) zawiera charakterystykę zjawiska ekstremalnego jako zjawiska, które rzadko występuje na podstawie właściwego dla danego miejsca rozkładu prawdopodobieństwa. Zjawisko rzadkie, to takie, które nie jest częstsze niż określone przez wartości kwantyli 10- i 90-procentowych rozkładu prawdopodobieństwa (IPCC 2009). Podobną definicję przyjmuje Trepińska (2007), która jako zjawiska ekstremalne określa zjawiska lub wartości bliskie ekstremom absolutnym danego elementu, których prawdopodobieństwo wystąpienia jest mniejsze lub równe 10%, czyli szansa ich wystąpienia wynosi w danym miejscu najwyżej raz na 10 lat. W sytuacji gdy typ ekstremalnej pogody utrzymuje się przez pewien okres, np. porę roku, może być sklasyfikowany jako ekstremalne zjawisko klimatyczne, szczególnie jeśli przekracza średnie lub sumaryczne wartości (np. susza lub ulewne deszcze w skali pory roku). Definicję naturalnego zjawiska ekstremalnego, które niesie zagrożenie, w tym w wielkich aglomeracjach miejskich przedstawili Lorenc i in. (2012). Autorzy opracowania za naturalne zjawisko ekstremalne uważają „uzyskaną w sposób empiryczny jego wartość krytyczną, po której osiągnięciu widoczne są skutki niszczycielskie danego zjawiska zagrażające ludności i całej infrastrukturze obszaru dotkniętego zasięgiem tego zjawiska lub zespołu zjawisk”. Definicja ta jest wykorzystywana w tzw. studiach oddziaływań.

W literaturze spotykamy wiele innych kryteriów wyznaczania zjawisk ekstremalnych. Ma to istotny wpływ na uzyskane rezultaty, a jednocześnie sprawia, że wyniki prac często nie są z sobą porównywalne. Bardzo dobrą dyskusję na temat definicji i kryteriów zdarzeń ekstremalnych zamieścili Ustrnul i Czekierda (2009).

Jedną z pierwszych prób klasyfikacji elementów meteorologicznych i zjawisk ekstremalnych w polskiej literaturze przedstawił Warakomski (1997). Klasyfikacja wprawdzie nie zawiera konkretnych wartości progowych, przypisuje jednak poszczególnym elementom meteorologicznym takie cechy, jak: geneza, parametry, czas trwania, zasięg ich występowania oraz wielkość szkód, jakie powodują. Inną klasyfikację zjawisk meteorologicznych, hydrologicznych i geomorfologicznych, w której wyznaczone zostały progi określające dane zjawisko za ekstremalne, przedstawili Niedźwiedź i in. (2006).

Bardziej rozbudowana jest klasyfikacja zjawisk ekstremalnych (a wśród nich meteorologicznych) dla umiarkowanych szerokości geograficznych zaproponowana przez Lorenc (2009). Bardzo podobna klasyfikacja ekstremalnych zdarzeń meteorologicznych, w charakterze ostrzeżeń meteorologicznych przeznaczonych

do użytku publicznego, jest prezentowana na serwisie internetowym Pogodynka (www.pogodynka.pl).

Oprócz klasyfikacji obejmujących kilka elementów czy zjawisk pogodowych, w literaturze występują również klasyfikacje dotyczące wybranych elementów meteorologicznych, takie jak np. klasyfikacja opadów ekstremalnych stosowana w badaniach geomorfologicznych zaproponowana przez Starkla (1976), zawierająca cztery typy opadów: opady gwałtowne, opady rozlewne, pory opadowe oraz serie ulew, które są zróżnicowane pod względem okresu trwania oraz zasięgu przestrzennego.

Warto zwrócić uwagę na nieco inne podejście do określania ekstremalnych opadów atmosferycznych, wykorzystywanych do celów projektowych urządzeń infrastruktury hydrotechnicznej. W tym przypadku ustalona zostaje wielkość tzw. maksymalnego wiarygodnego opadu (MWO), definiowanego jako teoretycznie największa wysokość opadu o określonym czasie trwania, której wystąpienie jest możliwe nad danym obszarem o danej powierzchni i w wybranej porze roku. Taki opad jest określony na podstawie maksymalnej wilgotności powietrza w obszarze źródłowym formowania się mas powietrza decydujących o wysokich opadach w danym obszarze, minimalnego stopnia ich transformacji podczas przemieszczenia się do obszaru zasilającego układ opadotwórczy oraz maksymalnej efektywności mechanizmu opadotwórczego (Suligowski 2013).

Prace wykorzystujące dotychczasowe klasyfikacje/kryteria wyzdzielania zjawisk ekstremalnych

Zasadniczo w każdej pracy klimatologicznej, wśród różnych charakterystyk statystycznych, wyznaczone są największe lub najmniejsze wartości danego elementu meteorologicznego i te wartości przyjmowane są jako zdarzenia ekstremalne. Takie informacje spotykamy w opracowaniach dotyczących np. zachmurzenia i usłonecznienia (Matuszko 2005), opadu atmosferycznego (Głowicki i in. 2006), temperatury powietrza (Kaszewski i in. 2012).

Inną często używaną metodą statystyczną w celu wyznaczenia progu wartości danego elementu jest odchylenie standardowe. W większości przypadków za zdarzenia ekstremalne przyjmuje się wartości poszczególnych elementów meteorologicznych większe niż dwa odchylenia standardowe w porównaniu do przyjętej średniej. Takie kryterium przyjęli m.in. Kossowska-Cezak i Twardosz (2012, 2013) przy wyznaczaniu niezwykle gorących i chłodnych okresów letnich.

Inną metodą jest przyjęcie wszystkich wartości różnych od przyjętych norm jako zdarzeń ekstremalnych. Podejście takie spotykamy w pracach Mrugały (2007) oraz Ziernickiej-Wojtaszek i Zawory (2007) dotyczących anomalnych sum opadów.

W odniesieniu do temperatury powietrza oraz fal chłodu i ciepła metodę tę wykorzystali Zawora i in. (2007) oraz Stopa-Boryczka i in. (2011).

Coraz częściej wykorzystywaną metodą statystyczną wyznaczania zdarzeń ekstremalnych, zgodnie z definicją ekstremów przyjmowaną przez raport IPCC, jest metoda stosująca kwantyle. W największej liczbie analiz przyjmuje się za zdarzenie ekstremalne zjawisko, którego wartość nie przekracza 10. kwantyla lub jest wyższa niż 90. kwantyl (tego typu kryteria wyznaczają zdarzenia umiarkowanie ekstremalne), tak jak w przypadku m.in. badania wielkości zachmurzenia w Polsce (Żmudzka 2005), wpływu cyrkulacji na występowanie ekstremalnych wielkości temperatury powietrza (Przybylak i in. 2012) czy też występowania najniższych miesięcznych sum opadów (Ziarnicka-Wojtaszek i in. 2012). Równie często zdarzenia ekstremalne wyznaczane są za pomocą 5. i 95. kwantyla, tak jak w przypadku m.in. temperatury powietrza (Zawora i in. 2007) i opadów (jedynie górne kwantyle – tu 95.) w sezonie letnim (Łupikasza 2010).

W opracowaniu Araźnego i in. (2007) dotyczącym ekstremalnych prędkości wiatru, a także w pracy Bielec-Bąkowskiej i Piotrowicz (2012) na temat częstości głębokich niżów, zauważalne jest o wiele większe ograniczenie liczby zdarzeń ekstremalnych, gdyż wyznaczane są one poniżej 1. oraz powyżej 99. kwantyla wszystkich zanotowanych przypadków. Trzy kryteria wyróżniania ekstremów termicznych i opadowych, uwzględniając progi 5, 1 i 0,1%, zastosowali Ustrnul i Czekierda (2009).

Stosunkowo dużo jest prac uwzględniających stałe wartości progowe poszczególnych elementów, na podstawie których wyróżniane są tzw. dni charakterystyczne (dni z temperaturą maksymalną lub minimalną nieosiągniętą lub przekraczającą pewną jej wartość).

Do najczęściej analizowanych należą dane dotyczące temperatury powietrza dla obszaru całej Polski (Krzyżewska i Wereski 2011; Bielec-Bąkowska i Piotrowicz 2013), wybranych regionów (Kaszewski i in. 2011, 2012) i miejscowości np. dla Krakowa (Piotrowicz 2005), Warszawy (Kossowska-Cezak 2014) oraz opadów atmosferycznych (Kaszewski i Siwek 2005; Wrona 2008; Lorenc 2012).

Subiektywnie określone wartości progowe zdarzeń ekstremalnych wykorzystywane są także do charakterystyki innych elementów klimatu, np. ciśnienia (Bąkowski i Piotrowicz 2007; Koźmiński i Michalska 2012), zachmurzenia (Żmudzka 2007), opadów śniegu (Twardosz 2005), jak również zanieczyszczenia powietrza (Bokwa 2012) oraz termicznych typów pogody (Piotrowicz 2010).

Nieco inne podejście do wyznaczania ekstremów zaprezentowali Przybylak i in. (2007). Autorzy dla 20 punktów gridowych w Polsce określili wartości wskaźnika CEI (*Climate Extremes Index*) zawierającego dobowe dane dotyczące maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza, opadu atmosferycznego i parowania potencjalnego.

Prace dotyczące przyczyn i skutków zdarzeń ekstremalnych

W literaturze naukowej niejednokrotnie poruszano temat przyczyn i skutków zdarzeń ekstremalnych, szczególnie podczas analizy konkretnych wydarzeń. Wiele opracowań przedstawia opis sytuacji synoptycznej powodującej wystąpienie danego zjawiska. Dotyczy to np. wystąpienia trąby powietrznej (Bebłot i in. 2008; Parfiniewicz 2009), gradu (Bielec-Bąkowska 2010), fal upałów (Tomczyk 2014), silnych opadów śniegu (Twardosz 2005), ale także szeregu ekstremalnych zjawisk pogodowych (Matuszko, Piotrowicz 2012).

Druga grupa prac zawiera opis skutków zdarzeń ekstremalnych, szczególnie w aspekcie geomorfologicznym (Kondracki 1937; Buraczyński i Wojtanowicz 1974; Górecki i Klementowski 1989; Smolska 2007). W wielu opracowaniach autorzy opisują zarówno przyczyny, jak i skutki zdarzeń ekstremalnych, np. dużych opadów atmosferycznych (Zawiślak 2005; Lorenc 1998), burz (Matuszko 2007), silnego wiatru (Lorenc 2012), a także kilku zdarzeń ekstremalnych (Bąkowski i Bielec-Bąkowska 2005; Kundzewicz i Jania 2007),

Opracowania zawierające prognozę zdarzeń ekstremalnych

Niewielka liczba zdarzeń ekstremalnych oraz niekiedy brak wystarczającej wiedzy na temat ich powstania powodują problemy przy przewidywaniu występowania tych zjawisk, dlatego takich prac jest stosunkowo niewiele. Jako przykłady można podać opracowania dotyczące możliwości prognozowania trąb powietrznych w Polsce (Taszarek 2013), maksymalnego możliwego opadu (Suligowski 2013) oraz przyszłą aktywność burzową (Grabowska 2005). Prognozę występowania ekstremalnych zdarzeń termicznych i opadowych na lata 2071–2100, w porównaniu z okresem 1961–1990, z wykorzystaniem modelu HadRM3-P, przedstawili Szwed i in. (2007). Powstały również prace zawierające scenariusze zmian zdarzeń ekstremalnych, np. za pomocą symulacji RCM (Jędruszkiewicz 2012).

Publikacje dotyczące praktycznego wykorzystania informacji o zjawiskach ekstremalnych

Większość prac dotyczących zdarzeń ekstremalnych skupia się głównie na ich naukowym, czysto teoretycznym charakterze, coraz częściej jednak powstają opracowania ukierunkowane na wykorzystanie tejże wiedzy w praktyce, tak jak to się dzieje w analizie wpływu silnego wiatru na awarie sieci energetycznych (Owczarek 2005), w analizie wpływu huraganowych wiatrów na poszczególne gatunki drzew (Będkowski

i Norman 2005) oraz w prognozowaniu susz w rolnictwie na podstawie informacji satelitarnych (Dąbrowska-Zielińska i Ciołkosz 2007).

Wnioski

Analiza obszernej literatury dotyczącej ekstremalnych zdarzeń meteorologicznych i klimatologicznych pozwoliła autorom dostrzec wiele problemów, z jakimi związane jest zagadnienie badania ekstremów w Polsce. Podstawową kwestią jest brak jednolitej definicji zdarzeń ekstremalnych, a tym samym ogólnie przyjętych metod ich wyznaczania, co utrudnia porównanie przeprowadzonych do tej pory analiz. Nawet korzystając z tych samych danych, ale stosując nieco inne kryteria wyznaczania zjawisk, otrzymuje się np. różną częstość ich występowania.

Dodatkowo naprzemiennie określanie ekstremów jako „zdarzeń” lub „zjawisk” ekstremalnych, jak również używanie w dawnych okresach zupełnie innych wyrażeń, jak np. „anomalie” czy „zdarzenia wyjątkowe”, stanowi problem interpretacyjny, a także komplikuje proces odszukiwania prac na dany temat.

W pewnym stopniu problem z definiowaniem ekstremów jest powiązany z niepełną wiedzą na temat niektórych zjawisk meteorologicznych, np. trąb powietrznych, których uwarunkowania powstania jeszcze nie są do końca poznane. Brak informacji na ten temat znacznie utrudnia analizę zjawiska oraz możliwości jego prognozy. Co więcej, występuje duża naturalna zmienność procesów hydrometeorologicznych oraz liczne pozaklimatyczne przyczyny zmian, których przebieg nie jest jeszcze do końca poznany.

Charakterystyczną cechą zdarzeń ekstremalnych jest ich mała liczebność, która powoduje, że standardowo wykorzystywane w klimatologii metody statystyczne nie dają zadowalających rezultatów lub ich wykorzystanie jest niemożliwe. Zbyt mała gęstość sieci stacji meteorologicznych powoduje ponadto, że nie wszystkie z tych zdarzeń (np. grad czy silny wiatr) są rejestrowane.

Kolejną sprawą jest zróżnicowanie długości serii pomiarowych na poszczególnych stacjach, co skutkuje poddawaniem analizie okresów o niejednolitej długości, ograniczając możliwości porównywania badań między sobą.

Ważnym problemem jest występowanie hydrometeorologicznych zdarzeń ekstremalnych i ich skutków w środowisku. Niektóre zdarzenia ekstremalne (np. pojedynczo występujące dni upalne) nie są widoczne w środowisku. Część ekstremalnych naturalnych zjawisk nie musi natomiast być spowodowana meteorologicznymi i klimatycznymi zdarzeniami ekstremalnymi, lecz innymi czynnikami, powstającymi na przykład w wyniku nałożenia się na siebie szeregu zjawisk pogodowych niekoniecznie ekstremalnych, ale także ukształtowaniem terenu czy budową geologiczną.

Literatura

- Araźny A., Przybylak R., Vízi Z., Kejna M., Maszewski R., Uscka-Kowalkowska J., 2007, *Mean and extreme wind velocities in Central Europe 1951–2005 (on the basis of data from NCEP/NCAR Reanalysis Project)*, *Geographia Polonica*, 80, 2, 69–78.
- Atlas klimatu województwa śląskiego*, 2000, A. Kruczała (red.), Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział w Katowicach, Katowice.
- Bąkowski R., Bielec-Bąkowska Z., 2005, *Wybrane przypadki groźnych zjawisk atmosferycznych w Polsce w ostatnich latach*, [w:] E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki (red.), *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 325–335.
- Bąkowski R., Piotrowicz K., 2007, *Głębokie niże w XX wieku kształtujące pogodę w południowej Polsce*, [w:] J. Szkutnicki, U. Kossowska-Cezak, E. Bogdanowicz, M. Ceran (red.), *Cywilizacja i żywioły*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 40–47.
- Bebłot G., Hołda I., Rorbek K., 2008, *Trąba powietrzna w rejonie Częstochowy 20 lipca 2007*, [w:] M. Maciejewski, M.S. Ostojki (red.), *Ekstrema pogodowe w Polsce – Obserwacje, pomiary, prognozy*, IMGW, Warszawa, 23–40.
- Będkowski K., Norman H., 2005, *Metodyczne aspekty wykorzystania systemów informacji przestrzennej w analizie wpływu huraganowych wiatrów na lasy*, [w:] E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki (red.), *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 344–352.
- Bielec-Bąkowska Z., 2010, *Występowanie gradu w Polsce w świetle cyrkulacji atmosfery w latach 1966–2006*, [w:] T. Ciupa, R. Suligowski (red.), *Woda w badaniach geograficznych*, Instytut Geografii Uniwersytetu J. Kochanowskiego, Kielce, 359–374.
- Bielec-Bąkowska Z., Piotrowicz K., 2012, *Typy pogody w Krakowie towarzyszące głębokim niżom i silnym wyżom w latach 1900/01–2009/2010*, [w:] Z. Bielec-Bąkowska, E. Łupikasza, A. Widawski (red.), *Rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu klimatu*, Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, 321–331.
- Bielec-Bąkowska Z., Piotrowicz K., 2013, *Temperatury ekstremalne w Polsce 1951–2006*, *Prace Geograficzne*, 132, 59–98.
- Bokwa A., 2012, *Zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym PM10 a sytuacje synoptyczne i warunki termiczne w Krakowie*, [w:] Z. Bielec-Bąkowska, E. Łupikasza, A. Widawski (red.), *Rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu klimatu*, Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, 275–286.
- Bokwa A., Limanówka D., 2000, *Weather observations carried by Michał of Wislica in Cracow in the years 1527–1551*, *Prace Geograficzne*, 105, 9–17.
- Buraczyński J., Wojtanowicz J., 1974, *Rozwój wqwozów lessowych w okolicy Dzierżkowic na Wyżynie Lubelskiej pod wpływem gwałtownej ulewy w czerwcu 1969 roku*, *Annales UMCS, Sec. B*, 26, 135–168.
- Dąbrowska-Zielińska K., Ciołkosz A., 2007, *Zastosowanie zdjęć satelitarnych do monitorowania suszy w Polsce*, *Przegląd Geofizyczny*, 52, 3–4, 161–178.

- Filipiak J., 2007, *Rekonstrukcja warunków klimatycznych Gdańska w okresie pomiarów instrumentalnych – fakty i niepewności*, [w:] M. Miętus, J. Filipiak, A. Wyszowski (red.), *200 lat regularnych pomiarów i obserwacji meteorologicznych w Gdańsku*, Monografie IMGW, Warszawa, 2, 20–33.
- Głowicki B., Dancowicz A., Otop I., 2006, *Katalog maksymalnych opadów dobowych w Polsce południowo-zachodniej w latach 1971–2000, Współczesne problemy klimatu Polski – fakty i niepewności*, Monografie IMGW, Warszawa, 7–22.
- Górecki A., Klementowski J., 1989, *Skutki geomorfologiczne nawalnego deszczu w Księgarniach Wielkich*, Czasopismo Geograficzne, 60, 299–313.
- Grabowska K., 2005, *Tendencje zmian i prognozy aktywności burzowej w Polsce*, [w:] E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki (red.), *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 385–402.
- IPCC 2007: *Zmiana klimatu 2007: Raport Syntetyczny, 2009*, Wkład Grup roboczych I, II, III do Czwartego Raportu Oceniającego Międzypaństwowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (red.), Główny Zespół Autorski, R.K Pachuari i A. Reisinger, Wyd. IOŚ, Warszawa.
- Jędruszkiewicz J., 2012, *Metody umożliwiające tworzenie scenariuszy zmian ekstremalnych zjawisk termicznych na podstawie symulacji RCM*, Przegląd Geofizyczny, 57, 1, 97–108.
- Kaszewski B.M., Kłaczewski W., 2007, *Ekstremalne zjawiska pogodowe na terenie Mazowsza i Litwy w latach 1656–1669 na podstawie „Diariusza” Chrapowickiego* (poster), Międzynarodowa Konferencja Naukowa Klimat ziem polskich w czasach historycznych na tle klimatu Europy, Toruń, 11–13.10.2007.
- Kaszewski B.M., Gluza A., Siwek K., 2011, *Występowanie niesprzyjających warunków termicznych dla uprawiania turystyki aktywnej na Lubelszczyźnie*, Annales UMCS, Sec. B, 2, 91–101.
- Kaszewski M.B., Gluza A., Siwek K., 2012, *Extreme values of selected event thermal phenomena in the Lublin Region in the years 1982–2006*, Annales UMCS, Sec. B, 1, 109–121.
- Kaszewski B.M., Siwek K., 2005, *Dobowe sumy opadu atmosferycznego ≥ 50 mm w dorzeczu Wieprza i ich uwarunkowania cyrkulacyjne (1951–2000)*, [w:] E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki (red.), *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, IMGW, 325–335.
- Kondracki J., 1937, *Skutki ulewy w dniu 22 maja 1937 roku w dolinie Prądnika*, Przegląd Geograficzny, 16, 161–165.
- Kossowska-Cezak U., 2014, *Zmiany wieloletnie liczby termicznych dni charakterystycznych w Warszawie (1951–2010)*, Prace Geograficzne, 136, 9–30.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2012, *Niezwykłe gorące miesiące i sezony letnie w Europie Środkowej i Wschodniej (1951–2010) część I i II*, Przegląd Geofizyczny, 57, 3–4, 299–342.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2013, *Niezwykłe chłodne sezony letnie w Europie Środkowej i Wschodniej (1951–2010)*, Przegląd Geofizyczny, 58, 1–2, 25–40.
- Koźmiński C., Michalska B., 2012, *Międzydobowe zmiany ciśnienia atmosferycznego w Polsce niekorzystne dla organizmu człowieka*, Przegląd Geograficzny, 84, 3, 361–374.
- Krzyżewska A., Wereski S., 2011, *Fale upałów i mrozów w wybranych stacjach Polski na tle regionów bioklimatycznych (2000–2010)*, Przegląd Geofizyczny, 56, 1–2, 99–109.

- Kundzewicz Z.W., Jania J.A., 2007, *Extreme hydro-meteorological events and their impacts. From the global down to the regional scale*, Geographia Polonica, 80, 2, 9–23.
- Limanówka D., 2001, *Rekonstrukcja warunków klimatycznych Krakowa w pierwszej połowie XVI wieku*, [w:] Materiały badawcze IMGW, Seria: Meteorologia, 33, Warszawa.
- Lorenc H., 1998, *Przyczyny, wielkość i skutki katastrofalnych opadów w lipcu 1997 w Polsce*, Przegląd Geofizyczny, 43, 3–4, 191–206.
- Lorenc H., 2012, *Maksymalne prędkości wiatru w Polsce*, IMGW, Warszawa.
- Lorenc H., Cebulak E., Głowicki B., Kowalewski M., 2012, *Struktura występowania intensywnych opadów deszczu powodujących zagrożenie dla społeczeństwa, środowiska i gospodarki Polski*, [w:] H. Lorenc (red.), *Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju*, IMGW, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 7–32.
- Lorenc H. (red.), 2009, *Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju*, IMGW, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- Łupikasza E., 2010, *Genetyczne typy opadów ekstremalnych w sezonie letnim w Polsce oraz ich zmienność wieloletnia w okresie 1951–2007*, [w:] E. Bednorz (red.), *Klimat Polski na tle klimatu Europy. Warunki termiczne i opadowe*, Studia i Prace z Geografii i Geologii, 15, 131–145.
- Maruszczak H., 1987, *Tendencje zmian klimatu ziem polskich w czasach historycznych*, Przegląd Geograficzny, 59, 4, 471–486.
- Matuszko D., 2005, *Ekstremalne zdarzenia w stuletnim przebiegu zachmurzenia i usłonecznienia w Krakowie*, [w:] E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki (red.), *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 392–402.
- Matuszko D., 2007, *Groźne zjawiska towarzyszące burzom w Krakowie i okolicach*, [w:] J. Szkutnicki, U. Kossowska-Cezak, E. Bogdanowicz, M. Ceran (red.), *Cywilizacja i żywioły*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 78–83.
- Matuszko D., Piotrowicz K., 2012, *Ekstremalne zdarzenia pogodowe w Krakowie i ich uwarunkowania cyrkulacyjne*, [w:] Z. Bielec-Bąkowska, E. Łupikasza, A. Widawski (red.), *Rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu klimatu*, Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, 211–218.
- Mikulski Z., 2007, *Cywilizacje i żywioły – nasz wkład w ich poznanie i opanowanie*, [w:] J. Szkutnicki, U. Kossowska-Cezak, E. Bogdanowicz, M. Ceran (red.), *Cywilizacja i żywioły*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 18–25.
- Mrugala S., 2007, *Anomalne sumy opadów atmosferycznych w wybranych stacjach Lubelszczyzny*, Przegląd Geofizyczny, 52, 2, 115–120.
- Namaczyńska S., 1937, *Kronika klęsk elementarnych w Polsce i w krajach sąsiednich w latach 1648–1696. Część I: Zjawiska meteorologiczne*, Badania z Dziejów Społecznych i Gospodarczych, Lwów, 23.
- Niedźwiedz T., Michalczyk Z., Starkel L., Ustrnul Z., 2006, *Meteorological, hydrological and geomorphological extreme events in central Europe – an attempt of classification*, [w:] *Extreme hydrometeorological events in Poland and their impacts – European context*, International Conference, Warszawa, 7–9.12.2006.

- Owczarek M., 2005, *Wpływ silnego wiatru na awarie sieci energetycznych na Pomorzu*, [w:] E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki (red.), *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 371–377.
- Parczewski W., 1948, *Zarys historii meteorologii w Polsce (od X do XIX wieku). Część II*, Przegląd Meteorologiczny i Hydrologiczny, 2–4, 62–76.
- Parfiniewicz J., 2009, *Tornado w rejonie Częstochowy – 20 lipca 2007. Część I: Analiza synoptyczna*, Przegląd Geofizyczny, 54, 3–4, 147–160.
- Piotrowicz K., 2005, *Ekstremalne warunki termiczne w Krakowie*, [w:] E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki (red.), *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 89–96.
- Piotrowicz K., 2010, *Wieloletnia zmienność termicznych typów pogody w Krakowie w latach 1826–2008*, [w:] E. Bednorz (red.), *Klimat Polski na tle klimatu Europy. Warunki termiczne i opadowe*, Studia i Prace z Geografii i Geologii, 15, 41–52.
- Polackówna M., 1925, *Wahania klimatyczne w Polsce w wiekach średnich*, Prace Geograficzne, 5.
- Przybylak J., Vízi Z., Araźny A., Kejna M., Maszewski R., Uscka-Kowalkowska J., 2007, *Poland's Climate Extremes Index, 1951–2005*, Geographia Polonica, 80, 2, 47–58.
- Przybylak R., Maszewski R., Pospieszńska A., 2012, *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na ekstremalne wartości temperatury powietrza w regionie Bydgosko-Toruńskim w latach 1881–2005*, [w:] Z. Bielec-Bąkowska, E. Łupikasza, A. Widawski (red.), *Rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu klimatu*, Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, 247–261.
- Serwis informacyjny Pogodyнка.pl*, www.pogodynka.pl (24.05.2014).
- Słownik meteorologiczny*, 2003, T. Niedźwiedz (red.), PTGeof./IMGW, Warszawa.
- Smolska E., 2007, *Extreme rainfalls and their impact on slopes – evaluation based on soil erosion measurements (as exemplified by the Suwałki Lakeland, Poland)*, Geographia Polonica, 80, 2, 152–163.
- Starkel L., 1976, *The role of extreme (catastrophic) meteorological events in contemporary evolution of slopes*, [w:] J. Wiley (red.), *Geomorphology and Climate*, Londyn, 203–246.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Kossowska-Cezak U., Wawer J., 2011, *Fale chłodu i ciepła w przebiegu rocznym temperatury powietrza w Warszawie (1951–2010)*, Przegląd Geofizyczny, 55, 3–4, 181–200.
- Suligowski R., 2013, *Maksymalny wiarygodny opad na Wyżynie Kieleckiej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jana Kochanowskiego, Kielce.
- Szwed M., Graczyk D., Pińskwar I., Kundzewicz Z.W., 2007, *Projections of Climate Extremes in Poland*, Geographia Polonica, 80, 191–202.
- Taszarek M., 2013, *Możliwość prognozowania trąb powietrznych w Polsce*, Przegląd Geograficzny, 85, 3, 353–371.
- Tomczyk A.M., 2014, *Cyrkulacyjne uwarunkowania występowania fal upałów w Poznaniu*, Przegląd Geograficzny, 86, 1, 41–52.
- Trepińska J.B., 2007, *Katastrofalne zdarzenia pogodowe jako zagrożenia cywilizacyjne*, [w:] J. Szkutnicki, U. Kossowska-Cezak, E. Bogdanowicz, M. Ceran (red.), *Cywilizacja i żywioły*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 29–39.

- Twardosz K., 2005, *Zmienność silnych opadów śniegu w Krakowie (1863–2000)*, [w:] E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki (red.), *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 198–204.
- Ustrnul Z., Czekierda D., 2009, *Atlas ekstremalnych zjawisk meteorologicznych oraz sytuacji synoptycznych w Polsce*. Seria: Atlasy, IMGW, Warszawa.
- Warakomski W., 1997, *Problemy z klasyfikacją i przewidywaniem pogodowych zjawisk ekstremalnych*, [w:] *Ekstremalne zjawiska meteorologiczne, hydrologiczne i oceanograficzne*, Sympozjum Jubileuszowe PTGeof., Warszawa, 12–14 listopada, 169–174.
- Wrona B., 2008, *Meteorologiczne i morfologiczne uwarunkowania ekstremalnych opadów atmosferycznych w dorzeczu górnej i środkowej Odry*, IMGW, Warszawa, Materiały Badawcze IMGW, seria: Meteorologia, 41.
- Zawiślak T., 2005, *Warunki synoptyczne występowania intensywnych opadów deszczu w południowo-zachodniej Polsce na przykładzie lat 2001–2003*, [w:] E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki (red.), *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 166–176.
- Zawora T., Ziernicka-Wojtaszek A., Korbiel M., 2007, *Zróżnicowanie największych odchyleń temperatury powietrza od normy na obszarze Polski*, [w:] J. Szkutnicki, U. Kossowska-Cezak, E. Bogdanowicz, M. Ceran (red.), *Cywilizacja i żywioły*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 113–117.
- Ziernicka-Wojtaszek A., Nowobilaska-Liberda A., Nowobilaska W., Zawora T., 2012, *Uwarunkowania cyrkulacyjne najniższych opadów miesięcznych w południowo-wschodniej Polsce w okresie wegetacyjnym*, [w:] Z. Bielec-Bąkowska, E. Łupikasa, A. Widawski (red.), *Rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu klimatu*, Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, 399–405.
- Ziernicka-Wojtaszek A., Zawora T., 2007, *Najmniejsze i największe niedobory i nadmiary opadów atmosferycznych na obszarze Polski (1971–2004)*, [w:] J. Szkutnicki, U. Kossowska-Cezak, E. Bogdanowicz, M. Ceran (red.), *Cywilizacja i żywioły*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 171–176.
- Żmudzka E., 2005, *Anomalne wielkości zachmurzenia w Polsce a cyrkulacja atmosferyczna (1951–2000)*, [w:] E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki (red.), *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 403–415.
- Żmudzka E., 2007, *Pole baryczne sprzyjające występowaniu skrajnie długich ciągów dni pogodnych i pochmurnych w Polsce (1966–2000)*, [w:] J. Szkutnicki, U. Kossowska-Cezak, E. Bogdanowicz, M. Ceran (red.), *Cywilizacja i żywioły*, PTGeof., IMGW, Warszawa, 99–112.

Bogusław Michał Kaszewski, Ewelina Flis
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej
al. Kraśnicka 2cd, 20-718 Lublin
e-mail: boguslaw.kaszewski@umcs.lublin.pl
e-mail: ewelina.flis@poczta.umcs.lublin.pl