

## WYSOKOŚĆ I NATĘŻENIE OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W KRAKOWIE I OKOLICACH PODCZAS POWODZI W OKRESIE MAJ–CZERWIEC 2010

### THE INTENSITY AND AMOUNT OF PRECIPITATION IN BOTH THE CITY OF KRAKOW AND THE NEIGHBOURING AREAS DURING THE MAY–JUNE 2010 FLOOD

Agnieszka Ziarnicka-Wojtaszek, Grzegorz Kaczor

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono charakterystykę opadów w maju i czerwcu 2010 r., w których to miesiącach wystąpiły w dorzeczu górnej Wisły dwie fale powodziowe. Godzinowe sumy opadów rejestrowano automatycznymi deszczomierzami korytkowymi w trzech punktach pomiarowych zlokalizowanych na terenie krakowskich osiedli Sidzina, Bielany i Skotniki, a także w miejscowościach Gdów i Nowe Brzesko leżących w odległości 28 i 41 km od Krakowa. W odróżnieniu od powszechnych charakterystyk opartych na wartościach sum dobowych, posłużono się metodą analizy oddzielnych deszczów. Dla celów porównawczych wykorzystano długoletnie ciągi pomiarowe ze stacji klimatologicznej UJ. Badania wykazały, że miesięczna suma opadów w maju 2010 roku zmierzona w stacji klimatologicznej UJ w Krakowie, a wynosząca 284,7 mm, była najwyższą z obserwowanych w latach 1901–2011 i stanowiła 407% normy wielolecia 1971–2000. W Krakowie-Sidzinie suma ta wyniosła 357,6 mm, w Krakowie-Bielanach – 232,0 mm, w Krakowie-Skotnikach – 219,6 mm, w Gdowie – 404,7 mm, a w Nowym Brzesku – 167,4 mm. Sumy miesięczne w czerwcu były również bardzo wysokie i wynosiły w badanych punktach pomiarowych odpowiednio: 170,1, 80,5, 119,5, 221,1 i 170,4 mm. Suma miesięczna dla czerwca zmierzona w stacji klimatologicznej UJ wyniosła 154,3 mm i stanowiła 168% normy wielolecia 1971–2000. W maju odnotowano przeciętnie 27 dni z opadem, natomiast w czerwcu 15. Intensywne opady formujące pierwszą falę powodziową wystąpiły od 15 do 20 maja, a drugą falę powodziową od 30 maja do 4 czerwca. Sześciodniowe sumy opadów

Adres do korespondencji – Corresponding authors: dr inż. Agnieszka Ziarnicka-Wojtaszek, Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza, dr hab inż. Grzegorz Kaczor Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: a.ziarnicka-wojtaszek@ur.krakow.pl, rmkaczor@cyf-kr.edu.pl.

Autorzy składają serdeczne podziękowania Pani dr hab. Katarzynie Piotrowicz opiekunowi stacji naukowej Zakładu Klimatologii IGiP UJ „Ogród Botaniczny” w Krakowie za nieodpłatne udostępnienie dla potrzeb niniejszej pracy miesięcznych sum opadów atmosferycznych za maj i czerwiec z lat 2001–2011.

dla pierwszej fali powodziowej wynosiły przykładowo 213,7 mm w Krakowie-Sidzinie i 207,4 mm w Gdowie, dla drugiej fali powodziowej zaś odpowiednio 118,8 i 192,3 mm. Opady powodujące pierwszą falę powodziową w maju wystąpiły w postaci nieprzerwanego trzydobowego ciągu opadowego od godzin wieczornych 15 maja do godzin wieczornych 18 maja. Opady końca maja i początku czerwca 2010 r., będące powodem drugiej fali powodziowej, miały postać pięciu oddzielnych opadów.

**Abstract.** In this article the authors presented the characteristics of heavy precipitation events which occurred in May and June 2010. During this period of time two significant flood peaks occurred in the upper watershed of the Vistula river. Hourly precipitation sums were registered by automatic channel rain gauges, which have been placed at three different measurement sites situated in separate Krakow districts: Sidzina, Bielany and Skotniki, as well as at two nearby located townships: Gdów and Nowe Brzesko (situated 30–40 km from Kraków). In contrast to most often used characteristics of precipitation (daily sums) the authors employed a unique analysis of separate rain events. In order to compare the results long term precipitation sequences have been used from the Kraków UJ historical weather station. This study confirms that monthly precipitation sums in May 2010 (284.7 mm) have been highest in the observed period of time (1901–2011) and constituted over 400% of the precipitation norm (1971–2000). Precipitation totals in the subsequent weather sites were as follows: 357.6 mm (Sidzina), 232.0 mm (Bielany), 219.6 mm (Skotniki), 404.7 mm (Gdów) and 167.4 mm (Nowe Brzesko). Similar and extremely high precipitation sums have been observed in June 2010 and equaled 170.1, 80.5, 119.5, 221.1 and 170.4 mm respectively. In contrast the historical weather station in Kraków registered 154.3 mm of precipitation which equaled to about 168% of the norm. It should be noted that during May of 2010, 27 days of precipitation have been registered and 15 rainy days were noted in June. Heavy rains, which formed the first flood peak occurred for 6 days in a row (15–20 May). The second flood peak occurred between May 30 and June 4. The total precipitation sum during this particular period equaled 213.7 mm in Sidzina and 207.4 mm in Gdow during the first flood peak and 118.8 mm and 192.3 mm during the second flood peak. It should be pointed out that heavy precipitation during the first flood peak lasted for three consecutive days (May 15–18) with heaviest precipitation falling during the evening hours. The precipitation totals equaled 200.3 mm in Gdow and 200.8 mm in Sidzina. In contrast the second flood peak comprised of five separate rain events.

**Słowa kluczowe:** powódź 2010, natężenie i sumy dobowe opadów, Kraków

**Key words:** flood precipitation 2010, the intensity and hourly precipitation sums, Krakow,

## WSTĘP

W maju i na początku czerwca 2010 r. tereny Polski nawiedziła katastrofalna powódź. Jej rozmiar w dorzeczu górnej Wisły, w porównaniu z powodziami z lat 1960, 1970, 1972, 1997 i 2001, ocenia się jako największy w historii tej rzeki [Maciejewski i in. 2011]. W województwie małopolskim bezpośrednimi skutkami powodzi dotkniętych zostało 61 ze 182 gmin leżących w granicach 11 powiatów. Łącznie zalanych zostało 50,4 tys. ha, tj. 3,3% całkowitej powierzchni województwa. Wskutek powodzi ucierpiało 19 232 gospodarstwa rolne, a 83 000 ha użytków rolnych zostało zniszczonych. Łączna wysokość strat w tych gospodarstwach wyniosła 347 825 254 PLN [Powódź... 2011].

Bezpośrednią przyczyną powodzi były ulewne deszcze w środkowej i środkowo-południowej części Europy. Decydujący czynnik mający wpływ na wysokość i natę-

żenie opadów w tym okresie w Polsce stanowiła bardzo duża wilgotność masy powietrza i związana z nią grubość chmur warstwowych. Cechy termiczne i wilgotnościowe powietrza oraz tor jego napływu wskazywały, że było ono pochodzenia zwrotnikowego lub równikowego. Na stacjonarność niżu wpływ miało blokujące działanie układów wyżowych. Czynniki orograficzne, wymuszający ruch wstępujący napływającej z sektora północnego chłodnej masy powietrza, był istotny dla wzrostu natężenia opadów w południowej części kraju. Wskaźniki konwekcji nie wykazywały warunków do rozwoju zjawisk konwekcyjnych [Zawiślak i in. 2011].

Opady, które spowodowały powódź w zlewni górnej Wisły w roku 2010, rozpoczęły się 1 maja i trwały prawie cały miesiąc z wyjątkiem 28 i 29 maja. W przebiegu opadów maja można wyróżnić pięć okresów o różnej długości, a mianowicie: pierwszy – od 1 do 14 maja z opadami umiarkowanymi o sumach dobowych przekraczającymi miejscami 50 mm; drugi – od 15 do 20 maja z opadami intensywnymi na większości obszaru przekraczającymi 100 mm (które spowodowały powódź); trzeci – od 21 do 27 maja, kiedy to wystąpiły opady o mniejszej intensywności, o sumach dobowych do 40 mm; czwarty – od 28 do 29 maja, bez opadów; piąty – od 30 maja do 4 czerwca, w którym opady spowodowały wystąpienie drugiej fali powodziowej.

W okresie od 1 do 14 maja sumy dobowe opadów już były wyższe od średnich wieloletnich. Na nasycony tymi wysokimi opadami grunt w dniach od 15 do 20 maja spadły deszcze o największym natężeniu w całym miesiącu. Sześciodniowe sumy opadów dochodziły do 400 mm. Strefa najwyższych opadów pochodzenia orograficznego objęła zachodnią część zlewni górnej Wisły. Od 30 maja nowy ośrodek niżowy z układem frontów atmosferycznych spowodował trwające do 4 czerwca na obszarze Polski południowej obfite opady deszczu. Sześciodniowe sumy opadów przekraczały w tym okresie 200 mm [Cebulak i in. 2011].

Opady, które powodowały największe dotychczasowe powodzie w Karpatach, najczęściej w lipcu, pochodziły z deszczów rozlewnych obejmujących duże obszary. Dodatkowy udział miały często opady konwekcyjne. Wysokie opady w maju 2010 roku były wyjątkowe dla tego miesiąca, ponieważ zaistniały w takich układach barycznych, które kształtują opady o dużym natężeniu i charakterystyczne są przede wszystkim dla okresu letniego [Cebulak i in. 2011].

Intensywne opady deszczu w dniach 15–18 maja, wywołane niżem przemieszczającym się z Niziny Węgierskiej, przyczyniły się do gwałtownego wzrostu stanów wody na dopływach Wisły i uformowanie się fali powodziowej na Wiśle. W Krakowie-Bielanach maksymalny stan wody wynoszący 957 cm odnotowano 18 maja o godzinie 19 – przekroczył on dotychczasowe maksimum z roku 1970 wynoszące 907 cm oraz niższe maksima zanotowane podczas powodzi w latach: 1997 (870 cm), 1972 (864 cm), 2001 (838 cm) i 1960 (772 cm). W Stradomce na Rabie maksymalny stan wody wystąpił już 17 maja o północy, wynosił on 701 cm i był niższy od maksimum z roku 1970 wynoszącego 724 cm.

## CEL, ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Celem badań była analiza dynamiki zmian godzinowych wysokości najintensywniejszych opadów, które wystąpiły podczas powodzi w maju i czerwcu 2010 roku w Krakowie i jego okolicach. W przypadku zjawiska powodzi ważny jest rozkład opadów w czasie

i śledzenie jego dynamiki dobowej. Wszystkie opracowania parametrów opadów podczas powodzi 2010 roku oparte są na danych konwencjonalnych dotyczących sum dobowych [Maciejewski i in. 2011]. W sferze metodologicznej opracowanie niniejsze potraktowane zostało jako studium przypadku ekstremalnego zjawiska meteorologicznego.

Wykorzystane w opracowaniu materiały obejmują wyniki obserwacji dobowych oraz godzinowych sum opadów atmosferycznych w okresie od 1 maja do 4 czerwca 2010 roku z pięciu punktów pomiarowych. Trzy z nich zlokalizowane były na terenie Krakowa w Sidzinie (211 m n.p.m.), na Bielanych (200 m n.p.m.) oraz w Skotnikach (211 m n.p.m.), natomiast dwa poza granicami miasta: w Gdowie (218,5 m n.p.m.) i w Nowym Brzesku (185,2 m n.p.m.). Pomiary godzinowej i dobowej wysokości opadów wykonywano za pomocą korytkowych czujników opadu typu OP2 wykonanych dla Katedry Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej przez firmę TRAX ELEKTRONIK. Stanowiska pomiarowe zainstalowano na terenie oczyszczalni ścieków w ramach projektu badawczego własnego nr N N305 073236, finansowanego ze środków na naukę, realizowanego w latach 2009–2012. Zmierzone za pomocą czujników opadu dane archiwizowano w miejscu pomiaru w rejestratorach Endress+Hauser typu Minilog B.

Z kompletnego ciągu pomiarowego dla całego roku 2010 do szczegółowej analizy wybrano okres, w którym wystąpiły najintensywniejsze zjawiska opadowe, będące przyczyną powodzi w maju i czerwcu tego roku. W analizie danych posłużono się metodą analizy oddzielnych deszczów zwanych „indywidualnymi”, jaką zastosowała w swojej pracy badawczej Wit-Józwiak [1977].

Szczegółowymi badaniami objęto przypadek opadu ciągłego, który wystąpił w okresie od 15 do 19 maja, oraz pięć przypadków opadów krótszych występujących w końcu maja i na początku czerwca, tj. od 30 maja w godzinach południowych do wieczora, 30 maja od późnego wieczora do końca doby, 31 maja od północy do rana 1 czerwca, 1 czerwca od godzin południowych do rana 2 czerwca i 3 czerwca od późnego wieczora do rana 4 czerwca.

Dla wybranych deszczów określono takie ich charakterystyki jak termin początku i końca wystąpienia, czas trwania, sumę, średnie natężenie i obserwowane zmiany natężeń w czasie trwania opadu. Ze względu na fakt, że pomiary były wykonywane rejestratorami korytkowymi, mierzącymi godzinne sumy opadów, wszystkie charakterystyki, w tym dotyczące czasu trwania mogły być podane z dokładnością do godziny.

## WYNIKI BADAŃ

Maj 2010 roku odznaczał się nadzwyczaj wysokimi sumami opadów atmosferycznych. W historycznej stacji meteorologicznej UJ w Krakowie w Ogrodzie Botanicznym odnotowana suma wyniosła aż 284,7 mm. Stanowiło to 390% normy stulecia 1901–2000 lub 407% normy trzydziestolecia 1971–2000. Analizując publikowane sumy za okres stuletni 1901–2000 dla Krakowa [Matuszko 2007], można zauważyć, że sumy opadów maja wynoszące ponad 200 mm notowano tylko w roku 1912 (230 mm) i 1919 (224 mm). Cebulak i współautorzy [2011] w monografii dotyczącej powodzi w dorzeczu górnej Wisły stwierdzili, że opady maja 2010 roku w Polsce południowej wysokością, natężeniem i długością przekroczyły wszystkie sumy miesięczne z ponad 160-letniego okresu obserwacji.

Uzyskane na podstawie badań własnych sumy opadów w maju 2010 roku wynosiły: 404,7 mm w Gdowie, 357,6 mm w Krakowie-Sidzinie, 232,0 mm w Krakowie-Bielanach, 219,6 mm w Krakowie-Skotnikach i 167,4 mm w Nowym Brzesku.

Maksymalne sumy dobowe we wszystkich wymienionych punktach pomiarowych stwierdzono 16 maja i wynosiły one odpowiednio 117,7, 85,6, 48,5, 54,9 i 36,2 mm. Liczba dni z opadem w maju wynosiła na większości stacji 29 dni. Dniami bez opadów były 28 i 29 maja. Można zatem przyjąć, że od 1 do 27 maja na większości rozpatrywanych punktów pomiarowych wystąpił, wg nomenklatury Zawory [1995], 27-dniowy ciąg dni z opadem. Ponad połowa sumy miesięcznej opadów przypadła na 6 dni od 15 do 20 maja, a procent sumy miesięcznej w tych dniach wynosił 51% w Gdowie, 60% w Krakowie-Sidzinie, 57% w Krakowie-Bielanach, 53% w Krakowie-Skotnikach oraz 48% w Nowym Brzesku.

Na szczególną uwagę zasługuje długotrwały nieprzerwany opad powodziowy, który rozpoczął się 15 maja między godziną 19:00 a 20:00 w Gdowie i Nowym Brzesku, a godzinę później we wszystkich stacjach krakowskich. Opad trwał nieprzerwanie od trzech do ponad trzech dób i zakończył się 19 maja pomiędzy godziną 10:00 a 11:00 w Gdowie, 19 maja pomiędzy godziną 4:00 a 5:00 w Krakowie-Sidzinie, 18 maja pomiędzy godziną 21:00 a 22:00 w Nowym Brzesku, 18 maja pomiędzy godziną 20:00 a 21:00 w Krakowie-Bielanach oraz 18 maja pomiędzy godziną 18:00 a 19:00 w Krakowie-Skotnikach (tab. 1).

Największe godzinowe natężenia opadu wyniosły: 12,3 mm w godzinach 20:00–21:00 16 maja w Gdowie, 8,8 mm w Krakowie-Sidzinie i 9,7 mm w Krakowie-Bielanach w godzinach 3:00–4:00 18 maja, 6,4 mm w godzinach 23:00–24:00 15 maja w Krakowie-Skotnikach i 4,3 mm w godzinach 7:00–8:00 17 maja w Nowym Brzesku. Przeciętne godzinowe natężenia deszczu były o wiele niższe i wynosiły 2,3 i 2,5 mm · h<sup>-1</sup> w Gdowie i Krakowie-Sidzinie, 1,6 i 1,5 mm · h<sup>-1</sup> w Krakowie-Bielanach i Krakowie-Skotnikach oraz tylko 1 mm · h<sup>-1</sup> w Nowym Brzesku (tab. 1).

Tabela 1. Wybrane charakterystyki opadów powodziowych w maju 2010 r.

Table 1. Selected characteristics of heavy precipitation which resulted in May 2010 flood

Punkt pomiarowy Weather station	Początek Beginning dzień – day godz. hours	Koniec End dzień – day godz. hours	Czas trwania Duration godz. hours	Suma opadów Precipitation sums mm	Średnie natężenie Average intensity mm · h <sup>-1</sup>	Maksimum godzinowe Maximum hourly precipitation sum mm	Czas maksimum Time of maximum precipitation dzień – day godz. – hours
Gdów	15 V 19.00–20.00	19 V 10.00–11.00	88	200,3	2,3	12,3	16 V 20.00–21.00
Kraków- -Sidzina	15 V 20.00–21.00	19 V 4.00–5.00	81	200,8	2,5	8,3	15 V 23.00–24.00
Kraków- -Bielany	15 V 20.00–21.00	18 V 20.00–21.00	73	119,9	1,6	9,7	18 V 3.00–4.00
Kraków- -Skotniki	15 V 20.00–21.00	18 V 18.00–19.00	71	108,6	1,5	6,4	15 V 23.00–24.00
Nowe Brzesko	15 V 19.00–20.00	18 V 21.00–22.00	75	73,1	1,0	4,3	17 V 7.00–8.00

W przebiegu godzinowym tego ciągłego trzydobowego, a w niektórych punktach pomiarowych ponad trzydobowego opadu, w większości punktów pomiarowych można było wyróżnić trzy fazy intensywnych opadów z dwoma okresami mniej intensywnych pomiędzy nimi (rys. 1 i rys. 2).

Sumy miesięczne opadów w czerwcu były również bardzo wysokie i wynosiły: w Gdowie 221,1 mm, w Krakowie-Sidzinie 170,1 mm, w Krakowie-Bielanach 80,5 mm, Krakowie-Skotnikach 119,5 mm i w Nowym Brzesku 170,4 mm. Opady czerwcowe występowały od 14 dni w Krakowie-Bielanach do 17 dni w Krakowie-Sidzinie. Dla porównania w Krakowie Ogrodzie Botanicznym na stacji Naukowej IGiGP UJ w ciągu 15 dni z opadem wyniosły one 154,3 mm i stanowiły 168% normy. W odróżnieniu od sum opadów maja nie były to sumy najwyższe. Wyższe opady czerwcowe wystąpiły w okresie 1901–2010 w dziewięciu innych latach.

Opady końca maja i początku czerwca 2010 r., będące powodem uformowania się drugiej fali powodziowej, wystąpiły w postaci pięciu oddzielnych epizodów. Pomijając nieznaczne różnice ich początku i końca można przyjąć, że wystąpiły one w terminach: (1) 30 maja w godzinach 13:00–17:00, (2) od 30 maja od godziny 20:00 do 31 maja do godziny 2:00, (3) od 31 maja od godziny 23:00 do 1 czerwca do godziny 8:00, (4) od 1 czerwca od godziny 14:00 do 2 czerwca do godziny 8:00, (5) od 3 czerwca od godziny 20:00 do 4 czerwca do godziny 8:00. Opady trzeci i czwarty na punkcie pomiarowym w Gdowie i Sidzinie były połączone w jeden ciąg opadowy. Kulminacja fali powodziowej o wysokości 604 cm na wodowskazie Stradomka na Rabie wystąpiła już o godzinie 5:00 2 czerwca, natomiast w przekroju wodowskazowym Kraków-Bielany na Wiśle (fala o wysokości 598 cm) dopiero 4 czerwca o godzinie 14:00 [Śmiech 2011].

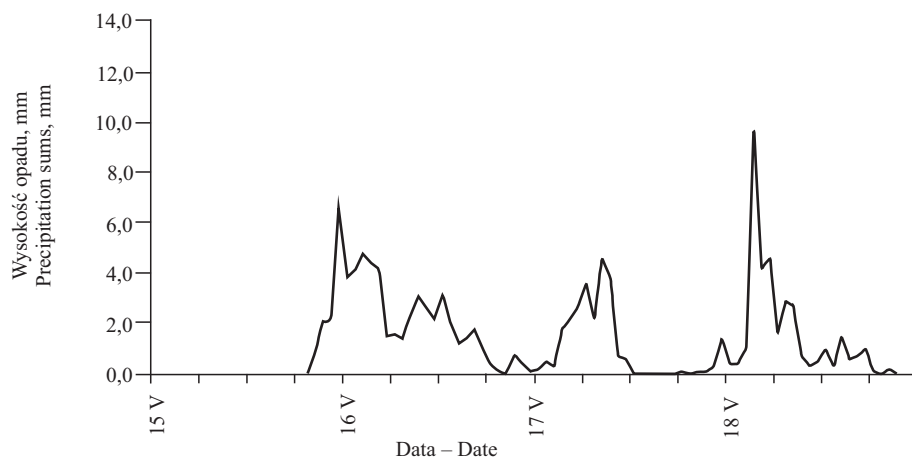
Charakterystyczne jest to, że w czasie trwania drugiej serii opadów powodziowych w dwu ostatnich dniach maja i czterech pierwszych dniach czerwca 2010 roku wystąpiły sporadycznie bardzo wysokie godzinowe sumy opadów. Przykładowo suma 35,5 mm wystąpiła w Gdowie 30 maja w godzinach 16:00–17:00, 26,1 mm w tej samej miejscowości 3 czerwca w godzinach 23:00–24:00, 18,9 mm w Krakowie-Sidzinie 4 czerwca w godzinach 01:00–02:00, 14,6 mm w Nowym Brzesku 4 czerwca w godzinach 23:00–24:00, 13,9 mm w Krakowie-Skotnikach 4 czerwca w godzinach 01:00–02:00 i 13,5 mm w Gdowie 3 czerwca w godzinach 22:00–23:00.

## DYSKUSJA WYNIKÓW I PODSUMOWANIE

Analizowane zjawisko powodziowych opadów maja i czerwca 2010 r. z uwagi na mało precyzyjną terminologię dotyczącą ciągów dni z opadem czy opadów ciągłych jest trudne do zakwalifikowania pod względem samego nazewnictwa. Chodzi tu nie tylko o fakt długiego czasu trwania tych opadów – „serie dni dżdżystych” [Prawdziej 1970] czy „ciągi dni z opadem” [Zawora 1995] – ale i o duże ich natężenie. Dlatego występujące w maju i czerwcu 2010 r. opady bliższe są określeniom „ulewne deszcze o charakterze ciągłym” [Mycielska 1965] lub „ciągłe ulewy” [Baliński 1969]. Dla okresów długotrwałych opadów nie istnieje klasyfikacja analogiczna jak dla opadów ulewnych i nawałnych Chomicza [1951], stąd duża różnorodność terminologiczna w zakresie ich nazewnictwa. Zawora [1995] w swojej charakterystyce ciągów dni z opadem w Karpatach przytacza ponad 50 terminów opisujących analizowane zjawisko opadów ciągłych.







Rys. 2. Przebieg godzinowych wartości opadów atmosferycznych w punkcie pomiarowym Kraków-Bielany w okresie 15–18 maja 2010 r.

Fig. 2. Course of hourly precipitation sums at Kraków-Bielany weather station during the period May 15–19, 2010

połowy XIX wieku do czasów obecnych sygnalizowany był przez Kożuchowskiego [1996], a w ostatnich latach przez Ziarnicką-Wojtaszek [2006]. Pojawienie się tak ekstremalnego zjawiska wysokich i długotrwałych opadów stanowi kolejny dowód, że zmiany klimatu w ostatnich latach wpływają na wzrost prawdopodobieństwa wystąpienia wartości opadów wykraczających poza warunki, jakie znamy z dotychczasowych obserwacji. Dlatego też założenie stacjonarności nie powinno służyć jako generalna zasada przy projektowaniu obiektów infrastruktury wodnej. Istnieje konieczność wprowadzania poprawek do procedur projektowych wzmacniających margines bezpieczeństwa [Kundzewicz i Kowalczak 2008].

## PIŚMIENNICTWO

- Baliński W., 1969. Wpływ orografii terenu na kształtowanie się pogody w Tatrach i Zakopanem przy różnych typach cyrkulacji barycznej. Zesz. Nauk. UŁ, ser. II, 32, 65–87.
- Cebulak E., Kilar P., Limanówka D., Mizera M., Pyrc R., 2011. Wysokość, natężenie i przestrzenny rozkład opadów atmosferycznych. [W:] Dorzecze Wisły. Monografia powodzi maj–czerwiec 2010. Red. M. Maciejewski, M.S. Ostojski, T. Walczykiewicz. IMGW PIB Warszawa.
- Chomicz K., 1951. Ulewy i deszcze nawalne w Polsce. Wiad. Służby Hydrol. 3, 5–88.
- Kożuchowski K., 1996. Współczesne zmiany klimatyczne w Polsce na tle zmian globalnych. Przegl. Geogr. 68(1–2), 79–98.
- Kundzewicz Z.W., Kowalczak P., 2008. Zmiany klimatu i ich skutki. Kurpisz Poznań, ss. 214.
- Maciejewski M., Ostojski M.S., Walczykiewicz T. (red.), 2011. Dorzecze Wisły. Monografia powodzi maj–czerwiec 2010. IMGW PIB Warszawa, ss. 236.
- Matuszko D. (red.), 2007. Klimat Krakowa w XX wieku. IGiGP UJ Kraków, ss. 251.



- Mycielska H., 1965. Przegląd groźnych zjawisk pogody na świecie w 1964 r. *Gaz. Obs. PIHM* 10, 12–14, 11, 11–13, 12, 10–13.
- Powódź w województwie małopolskim w 2010 roku. 2011. Urząd Statystyczny w Krakowie, Małopolski Ośrodek Badań Regionalnych Kraków.
- Prawdziec K., 1970. Warunki klimatyczne i charakterystyka agrometeorologiczna doliny Warty i Noteci w obrębie województwa zielonogórskiego. *Szczec. Tow. Nauk., Wydz. Nauk Przyrod.-Roln.* 35, 1, ss. 53.
- Śmiech A., 2011. Sytuacja hydrologiczno-meteorologiczna w zlewni górnej Wisły. [W:] *Dorzecze Wisły. Monografia powodzi maj–czerwiec 2010*. Red. M. Maciejewski, M.S. Ostojcki, T. Walczykiewicz. IMGW PIB Warszawa, ss. 236
- Wit-Józwiak K., 1977. Analiza deszczów w Szymbarku w latach 1969-1973 (w okresie od maja do września). *Dok. Geogr. IG i PZ PAN* 6, 23–65.
- Zawiślak T., Adamczyk Z., Bąkowski R., 2011. Synoptyczne uwarunkowania powodzi. [W:] *Dorzecze Wisły. Monografia Powodzi maj–czerwiec 2010*. Red. M. Maciejewski, M.S. Ostojcki, T. Walczykiewicz. IMGW PIB Warszawa, ss. 236.
- Zawora T. 1995. Ciągi dni z opadem w Polskich Karpatach. *Zesz. Nauk. AR Krak., Rozprawy* 201, ss. 68.
- Ziernicka-Wojtaszek A., 2006. Zmienność opadów atmosferycznych na obszarze Polski w latach 1971–2000. [W:] *Klimatyczne aspekty środowiska geograficznego*. Red. J. Trepieńska, Z. Olecki. IGiGP UJ, Kraków, 139–148.

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 5.11.2013*