

Wojciech Pokojski¹, Patryk Korzeniecki², Michał Kowalewski³

Uniwersytet Warszawski

Wydział Geografii i Studiów Regionalnych

¹Pracownia Systemów Informacji Przestrzennej, ²Zakład Klimatologii

e-mail: wpokojski@uw.edu.pl, pkorzeniecki@uw.edu.pl

³Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Państwowy Instytut Badawczy

e-mail: michal.kowalewski@imgw.pl

KLIMATYCZNE ZAGROŻENIA NATURALNE W POLSCE – WYBÓR WSKAŹNIKÓW

Climate natural hazards in Poland - selection the indicators

Słowa kluczowe: zagrożenia naturalne, klimat, fale upałów, susze, mrozy, opady śniegu, wiatr

Key words: natural hazards, climate, extreme heat events, droughts, frosts, snow, wind

WSTĘP

Nasilenie się anomalii pogodowych i hydrologicznych, zauważalne na całym świecie, skłania do podejmowania badań poświęconych tym skrajnym zjawiskom hydrologicznym i ekstremalnym zjawiskom pogodowym.

Człowiek przystosowuje się do warunków pogodowych stosując odpowiednie technologie budowlane i zabiegi agrotechniczne, wybierając odpowiednie do warunków atmosferycznych rodzaje upraw i sposoby użytkowania ziemi. Ocena zagrożenia przez dowolne zjawisko pogodowe musi być wykonywana z uwzględnieniem dwóch czynników. Pierwszym z nich jest fakt, że jako społeczeństwo jesteśmy w stanie przygotować się i funkcjonować w każdych warunkach pogodowych, a związane z nimi zagrożenie jest rezultatem bardziej przekroczenia przez dany epizod pogodowy wartości typowej dla danego miejsca, a nie z jego bezwzględnym natężeniem. Dzieje się tak, gdyż zarówno przyroda ożywiona, jak i społeczeństwo i cywilizacja rozwija się w warunkach narzuconych przez klimat z jego naturalną zmiennością pogody. W polskich warunkach klimatycznych człowiek dostosował się do klimatu stosując np.: odpowiednie typy upraw w rolnictwie, systemy ogrzewania w mieszkalnictwie, odpowiednią do

warunków klimatycznych odzież i sposób odżywiania się. Jest jednak narażony na nasilenie się anomalii pogodowych. Pojawienie się ich jest zauważalne na całym świecie, skłania do podejmowania badań poświęconych tym skrajnym zjawiskom fizycznogeograficznym.

W projekcie Rządowego Centrum Bezpieczeństwa zatytułowanym „Zagrożenia okresowe występujące w Polsce” (2012), w celu oceny stopnia zagrożenia niekorzystnymi warunkami klimatycznymi wybrano następujące zjawiska: mróz, silny wiatr, opady śniegu i susze atmosferyczne.

W ostatnich kilkudziesięciu latach wykonano liczne badania poświęcone ekstremalnym zdarzeniom klimatycznym, w czym dopomógł rozwój metod numerycznego modelowania procesów atmosferycznych zarówno w skali synoptycznej, jak i klimatycznej (Frich i in. 2002). W niniejszym artykule zaprezentowano wybrane zagrożenia i ich miary najlepiej charakteryzujące zagrożenie naturalne ze strony czynników klimatycznych.

W opracowaniu uwzględniono zarówno elementy klimatu, których stany ekstremalne są mierzone bezpośrednio w stacjach pomiarowych, występujące epizodycznie i rejestrowane tylko opisowo, jak i wskaźniki obliczane na podstawie danych pomiarowych za pomocą wzorów empirycznych.

ZAGROŻENIE FALAMI UPAŁÓW

Fale upałów są przykładem ekstremalnych warunków pogodowych, coraz częściej występujących w Polsce, w których następstwem notowana jest największa liczba przypadków śmiertelnych (Kuchcik 2006). Faktem jest, że wraz ze zmianami klimatycznymi zachodzącymi na Ziemi częstość występowania i intensywność fal upałów wzrasta. Przykładowo w trakcie trzech tygodni fal upałów, które objęły swoim zasięgiem terytorium Europy w 2003 roku, z powodu warunków pogodowych zmarło ok. 35 tysięcy osób (Bustinza i in. 2013).

Fale upałów występują na całym świecie, jednak dotąd nie wypracowano jednej wspólnej definicji. W związku z tym w każdym kraju definiowane są one odmiennie, uniemożliwia się tym samym porównywalność wyników badań w tym zakresie (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004). Przykładowo w Polsce jako wskaźnik fal upałów stosuje się okresy z podwyższoną wartością temperatury pozornej (Kuchcik 2006), podczas gdy w Kanadzie w tym celu wykorzystuje się m.in. średnie ruchome i wyznaczone *a priori* progi wartości temperatury minimalnej i maksymalnej (Bustinza i in. 2013).

W celu wyznaczenia fali upałów stosuje się często definicję opartą na częstości występowania dni, w których temperatura pozorna (AT) osiąga wartość powyżej 5% najwyższych wartości średnich dobowych. Takie podejście jest stosowane przez wielu badaczy na całym świecie (zob. Kuchcik 2006) i jest uzasadniane tym, że w przeciwieństwie do innych metod, np. metody definiowania fali upałów jako kilkudniowego okresu z maksymalną temperaturą powietrza powyżej

określonej wartości, pozwala określić fale upałów w trakcie wiosny oraz na obszarach nadmorskich, gdzie temperatura powietrza nie osiąga tak wysokich wartości jak na pozostałym obszarze kraju. W dalszej części prowadzonych badań przyjęto definicję zbliżoną do definicji M. Kuchcik (2006). Fale upałów pojawiają się, gdy występuje przynajmniej 6-dniowy okres z temperaturą pozorną powyżej 95 percentyla wartości średnich dobowych, rozpoczynający się wzrostem temperatury pozornej o minimum 1,5 °C w porównaniu do dnia poprzedzającego falę upałów i okres ten może zawierać jednodniowe przerwy z temperaturą pozorną o wartości powyżej 90 percentyla średnich dobowych.

Badanie dotyczące fal upałów w Polsce w latach 2002–2012 wykazało, że fale upałów występują tylko w ciepłym półroczu w trzech miesiącach: w czerwcu, lipcu i sierpniu. Fale rozpoczynające się w czerwcu stanowią tylko 14,7% wszystkich fal upałów. Najmniej fal upałów zanotowano w Poznaniu (6), natomiast najwięcej w Gdańsku, Łodzi, Rzeszowie i Warszawie (po 10). Średnia długość badanych fal upałów wynosiła 8,6 dnia i wahała się od 7,6 w Toruniu do 10,2 w Poznaniu. Najdłuższe fale upałów wystąpiły w lipcu 2003 roku w Warszawie (20 dni), Suwałkach (18), Białymstoku (17) oraz Olsztynie (14).

ZAGROŻENIE MROZEM

Mróz stanowi zagrożenie dla zdrowia i życia ludzkiego. Najczęstszymi skutkami ekspozycji na działanie mrozu są odmrożenia i hipotermia. Wyznacznikiem odmrożenia jest temperatura odczuwalna mniejsza od ok. -29 °C. Takie warunki termiczne w połączeniu z minimalną prędkością wiatru prowadzą do odmrożenia odkrytych części ciała po ok. 30 minutach (Dangers of Winter Weather). Hipotermia natomiast jest stanem, w którym temperatura ludzkiego ciała jest mniejsza od 35 °C. Długotrwały stan hipotermii może zakończyć się śmiercią człowieka (Marx 2006).

W strefie klimatycznej, w której położona jest Polska mróz jest zjawiskiem sezonowym, z wyjątkiem gór ograniczonym czasowo do miesięcy zimowych. W ostatnich kilkunastu latach liczba dni mroźnych zmniejszyła się, zwłaszcza w północno-zachodniej części kraju, w niektórych sezonach lokalnie takie dni nie wystąpiły. Nie oznacza to jednak malejącego zagrożenia tym elementem pogody, a jedynie zmianą jego charakteru.

Zagadnienie zagrożenia mrozem może być analizowane w kontekście kilku miar: minimalnych temperatur powietrza, średniego czasu trwania okresu mroźnego, średniej daty występowania końca przymrozków i różnicy między średnią liczbą dni mroźnych a dni z przymrozkami.

Minimalne temperatury powietrza są bardzo odczuwalne przez człowieka. Najniższe temperatury narażają środowisko na szok, powodują duży stres dla przyrody i narażają społeczeństwo na straty związane z minimalizacją ich skutków.

Inną miarą jest średni czas trwania okresu mroźnego łącznie z przerwami

w nim występującymi. Długi średni okres od pierwszego do ostatniego dnia mroźnego jest niekorzystny z punktu widzenia społeczeństwa, gdyż przez długi okres konieczne jest funkcjonowanie w warunkach nieoptymalnych termicznie. Dla społeczeństwa silne mrozy występują w aspekcie społecznym, gdy w wyniku ich wystąpienia następują straty materialne i dochodzi do śmierci ludzi.

Z kolei, średnio, data występowania końca okresu przymrozków jest istotna, gdyż występowanie tego zjawiska ogranicza możliwości prowadzenia działalności człowieka w wielu dziedzinach zależnych pogodowo, takich jak rolnictwo, budownictwo.

Różnica między średnią liczbą dni mroźnych a przymrozków – jest próbą przybliżenia liczby przejść temperatury przez wartość 0°C. Wartość ta jest istotna, ze względu na niszczycielskie działanie zamarzającej wody dla infrastruktury.

Badanie przestrzennej analizy miar związanych z występowaniem mrozu wykazało, że największe zagrożenie mrozem występuje, oprócz Sudetów, Karpat i Gór Świętokrzyskich, na Pomorzu Zachodnim i Kaszubach, najmniejsze na Nizinie Mazowieckiej i na Kujawach.

ZAGROŻENIE ŚNIEGIEM

Według Raportu (2013), o intensywnych opadach śniegu mówimy, gdy obfite opady występują na rozległych obszarach i trwają przez kilka dni. W niniejszym opracowaniu uwzględniono czas występowania opadów śniegu i czas zalegania pokrywy śnieżnej. O ile śnieg, jako opad, niesie ze sobą stosunkowo krótkotrwałe zagrożenia związane z ograniczeniem widzialności i pogorszeniem warunków transportu, o tyle pokrywa śnieżna pociąga za sobą mniej spektakularne, ale nie mniej istotne zagrożenia. Przykładem zagrożenia związanego z opadami śniegu i zaleganiem pokrywy śnieżnej jest wzrost liczby interwencji medycznych na skutek złamań i zwichnięć kończyn człowieka. W samej tylko Wielkiej Brytanii, gdzie zimy są zazwyczaj łagodne, wzrost ten na przestrzeni kilku lat był aż 18-krotny z 890 przyjęć szpitalnych w sezonie zimowym 2007–2008 do 16064 przyjęć szpitalnych w sezonie zimowym 2009–2010 (Beynon i in. 2011). Natomiast w kwestii zagrożeń w ruchu lądowym kanadyjscy badacze dowiedli, że opady śniegu mają znaczący wpływ na wzrost liczby wypadków drogowych, w tym wypadków śmiertelnych (Rzeznikiewicz i in. 2012).

W toku badań zostały przeanalizowane przestrzennie charakterystyki dotyczące pokrywy śnieżnej tj. średnia i maksymalna grubość pokrywy śnieżnej, średni i maksymalny czas zalegania pokrywy śnieżnej, zmienność czasu zalegania pokrywy śnieżnej w kolejnych latach, średnie tempo przyrostu pokrywy śnieżnej z dnia na dzień, tempo przyrostu i ustępowania pokrywy śnieżnej z dnia na dzień. Ustalono, że największe zagrożenie wynikające z zalegania pokrywy śnieżnej występuje w obszarach podgórskich i górskich oraz w północnej części Pojezierza Mazurskiego i we wschodniej części Niziny Podlaskiej.

ZAGROŻENIE WIATREM

Według Raportu „Ocena ryzyka na potrzeby zarządzania kryzysowego” (2013) jako zagrożenie wiatrem uwzględniany jest tylko huragan. Definicja huraganu została zapisana w ustawie z dnia 7 lipca 2005 roku o ubezpieczeniu upraw rolnych i zwierząt gospodarskich– huragan to „wiatr o prędkości nie mniejszej niż 24 m/s, którego działanie wyrządza masowe szkody”. Niszczycielska siła wiatru w umiarkowanych szerokościach geograficznych dotyczy zarówno ciepłej jak i chłodnej połowy roku, analiza wyników pomiarów meteorologicznych i zgłoszenia uszkodzeń spowodowanych silnym wiatrem, do których wzywano służby pożarnicze wykazała, że zagrożenie wiatrem dotyczy, zarówno dużych, często otwartych, przestrzeni w skali regionalnej, jak i poszczególnych małych przestrzeni w skali lokalnej (Więclaw-Michniewska, Piotrowicz 2011).

Zgodnie z powszechnie stosowaną metodologią w podjętych badaniach jako zagrożenie ze strony wiatru uwzględniono nie tylko huragany.

W celu rozpoznania cech wiatru będących czynnikiem zagrożenia naturalnego wykorzystano kilka miar cechy wiatru. Średnia prędkość wiatru powoduje długotrwałe obciążenia wiążące się z modyfikacją warunków środowiskowych i wielokrotnie, z koniecznością kosztownego dostosowania się do nich lub też przeciwdziałania i ograniczania strat związanych z ciągłą lub częstą ekspozycją na czynnik o względnie małym natężeniu.

Prawdopodobieństwo przekroczenia przez wiatr proggu 10 m/s zostało rozpatrzone jako ryzyko wystąpienia wiatru o dużej prędkości. Zróżnicowanie prędkości wiatru zbadano ze względu na zróżnicowanie rozkładu prędkości wiatru i jego asymetryczności, im bardziej asymetryczny jest rozkład wiatru, tym częstszych jego zmian musimy się spodziewać. Zjawisko wiatru niszczycielskiego, związanego z trąbami powietrznymi i wiatrem szkwałowym oceniono jedynie opisowo, gdyż nie jest ono mierzone przez sieć stacji meteorologicznych. W zastosowanej w badaniach metodyce wybrane cechy wiatru zostały przeanalizowane przestrzennie. Analiza wskazuje, że największe zagrożenie silnym wiatrem występuje w Tatrach, w Sudetach, na Pogórzu Sudeckim, w Bieszczadach, Górach Świętokrzyskich i na Pobrzeżu Gdańskim, a najmniejsze na Nizinie Wielkopolskiej.

ZAGROŻENIE SUSZĄ

W polskich warunkach klimatycznych najczęściej przyczyną wystąpienia suszy jest układ globalnej cyrkulacji atmosferycznej polegający na dominacji cyrkulacji antycyklonalnej (Bobiński, Mayer 1992).

Tematyka susz jest rzadziej poruszana, niż zagadnienie powodzi. Wytłumaczeniem tej dysproporcji może być powolny i przez to nie stwarzający bezpośredniego zagrożenia dla człowieka przebieg tego zjawiska, jak również

pozornie niższe koszty, jakie ponosi społeczeństwo w wyniku wystąpienia suszy. Susza rozwija się powoli, jednak konsekwencje suszy są odczuwalne dla człowieka i gospodarki, głównie dla rolnictwa: wg R. Farata i M. Kępińskiej-Kasprzak (2003) najwrażliwszą gałęzią gospodarki podatną na susze jest rolnictwo, podobnie wg J. Żelazińskiego susza atmosferyczna i związana z nią susza glebowa powodują zagrożenia głównie dla rolnictwa (Żelaziński i in. 1998). Susze, mimo że nie są zjawiskami pojawiającymi się gwałtownie, powodują ogromne szkody. W Stanach Zjednoczonych Ameryki straty wynikłe z suszy w latach 1987-1989 oszacowano na 39 mld \$ (Kudlicki, 2006).

Susza atmosferyczna powoduje w wyniku parowania wyczerpywanie retencji glebowej w strefie aeracji, co prowadzi do wystąpienia suszy glebowej. Polega ona na wyczerpaniu się zasobów wody wolnej występującej w gruncie i zmniejszeniu zasobów wilgoci glebowej (Bajkiewicz-Grabowska, Mikulski 1993).

W celu ilościowego opisanego warunków meteorologicznych, sprzyjających rozwojowi okresu posusznego i niżówek, opracowano wiele miar i wskaźników. W ostatnim 10-leciu do oceny stopnia zagrożenia suszą w Polsce stosuje się głównie miarę klimatycznego bilansu wodnego. Klimatyczny bilans wodny (KBW) jest miarą niedoboru zasilania atmosferycznego zlewni i jest obliczany jako różnica opadów atmosferycznych i ewapotranspiracji potencjalnej.

$$K = P - E_p \text{ [mm]}$$

gdzie: P – opady atmosferyczne, E_p – ewapotranspiracja potencjalna.

Klimatyczny bilans wodny do określenia wskaźnika suszy meteorologicznej stosowano w Polsce wielokrotnie. B. Olechnowicz-Bobrowska (1978) za pomocą klimatycznego bilansu wodnego charakteryzowała warunki uwilgotnienia w okresie wegetacyjnym. Susze na obszarze Polski z wykorzystaniem tej metodyki były badane (Kasprzyk, Pokojski 1997, Kasprzyk 1998, Rojek 1994, Pokojski 2002, Łabędzki, Bąk 2004).

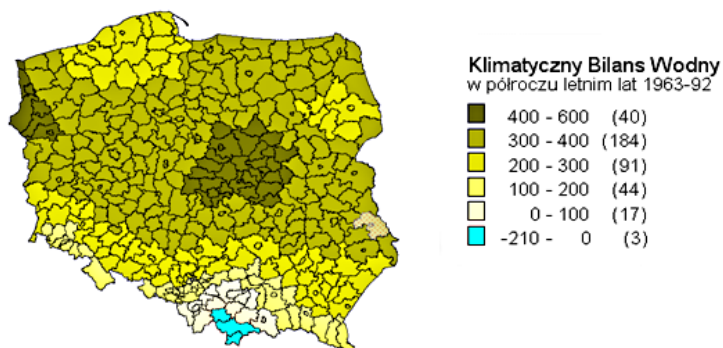
Znaczenie suszy dla sektora rolniczego zostało określone w aktach prawnych Rzeczypospolitej Polskiej. Zgodnie z definicją określoną w ustawie o ubezpieczeniach upraw rolnych i zwierząt gospodarskich [Ustawa 2005] „suszę oznaczają szkody spowodowane wystąpieniem, w dowolnym sześciodekadowym okresie od dnia 1 kwietnia do dnia 30 września spadku klimatycznego bilansu wodnego poniżej wartości określonej dla poszczególnych gatunków roślin uprawnych i gleb”. Do szacowania wartości klimatycznego bilansu wodnego uruchomiony został w Polsce System Monitoringu Suszy Rolniczej (SMSR)¹, ma on za zadanie wskazać obszary na których potencjalnie wystąpiły straty spowodowane warunkami suszy dla upraw uwzględnionych w ustawie o dopłatach do ubezpieczeń upraw rolnych i zwierząt gospodarskich w Polsce².

¹ Funkcjonuje w ramach działalności Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy (IUNG-PIB).

² <http://www.susza.iung.pulawy.pl/glowna/>

Krótkookresowe (dwumiesięczne) ujęcia przestrzennego rozkładu klimatycznego bilansu wodnego opracowywane w Systemie Monitoringu Suszy Rolniczej prezentują deficyty niedoboru opadu w konkretnej cyrkulacji meteorologicznej i mają znaczenie dla wyznaczenia niedoboru wody dla wybranej uprawy rolniczej. Kolejne ujęcia rozkładu przestrzennego KBW często różnią się od poprzednich. Dlatego w niniejszym badaniu do oceny niedoboru opadów (zagrożenia suszą) wybrano miarę klimatycznego bilansu wodnego w ujęciu dla wielolecia oraz dla wybranych lat w wieloleciu, w których susze były najbardziej dotkliwe (lata o skrajnych warunkach atmosferycznych).

W wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskano charakterystyki wartości KBW w układzie przestrzennym dla powiatów, prezentując przykładowy rozkład zjawiska (ryc. 1), wykorzystany również w dalszych badaniach. Największe zagrożenie suszami atmosferycznymi występuje na Nizinie Mazowieckiej i na Pobrzeżu Szczecińskim i Nizinie Wielkopolskiej.



Ryc. 1. Wartości skumulowanego klimatycznego bilansu wodnego w półroczu letnim (V-X) w latach 1963-1992 (mm)

Fig. 1. Cumulated climatic water balance value in summer half year in period 1963-1992 (mm)

ZAGROŻENIE GRADEM

Grad, jako zagrożenie, nie został wytypowany jako wskaźnik zagrożenia społeczeństwa przez Rządowe Centrum Bezpieczeństwa (2012). Zagrożenie to jednak jest przedmiotem dociekań naukowych m.in. badaczy holenderskich, którzy wskazali brak wpływu zmian klimatycznych na występowanie gradobić. Nie umniejsza to jednak skali zagrożenia, które jest związane z tym zjawiskiem atmosferycznym. Przykładowo, w 1998 roku Holandię nawiedziło dotkliwe gradobicie, po którego przejściu straty oszacowano na ok. 100 mln euro (Botzen i in. 2010). Natomiast polscy badacze dowiedli, że burze z gradobicie i deszcze dają większy opad atmosferyczny (letni średni dzienny opad atmosferyczny ok.

17,2 mm) aniżeli burze bez gradobić (ok. 8,5 mm), i różnica pomiędzy tymi typami burz jest istotna statystycznie (Twardosz i in. 2011). W związku z powyższym, zagrożenie to jest istotne z punktu widzenia życia i działalności człowieka. Według Atlasu klimatu Polski (Lorenc 2005) największa średnia liczba dni z gradem występuje w Tatrach, Karkonoszach i na Wybrzeżu Słowińskim.

Zasięg gradu występuje bardzo lokalnie i krótkookresowo, w wykonanym opracowaniu dostępne informacje o gradobiciach pochodziły z różnych źródeł. Oceniano potencjalne ryzyko wystąpienia gradu – warunki meteorologiczne - powietrze o dużej chwiejności, wysokiej wilgotności, dogodne warunki do powstawania burz i rozbudowanych chmur kłębiastych – zarówno wewnątrzmasowych jak i związanych z chłodnymi frontami. Drugim elementem brany pod uwagę było wystąpienie opadu gradu udokumentowane w postaci zapisu przez obserwatora, notatki prasowej, zdjęcia telemetrycznego lub w dowolny inny wiarygodny sposób. Przyjęto, że każda informacja o opadzie gradu jest wiarygodna w promieniu 25 km. Następnie policzono stosunek liczby rzeczywistych, udokumentowanych przypadków wystąpienia gradu do sytuacji potencjalnych, kiedy były warunki sprzyjające powstaniu tego zjawiska. Przyjęto próg 50% - miejsca gdzie ponad połowa sytuacji sprzyjających rozwojowi zjawisk gradowych kończyła się (w promieniu 25 km) opadem gradu, uznano za zagrożone gradem. Największe zagrożenie gradem występuje na Pobrzeżu Koszalińskim i Równinie Warmińskiej.

WNIOSKI

Przeprowadzona analiza pozwoliła na wybranie wskaźników określających klimatyczne zagrożenia naturalne opisane w Raporcie Rządowego Centrum Bezpieczeństwa (2012). Do analizy włączono również nie wymienione przez RCB zjawisko gradu. W kolejnym etapie obliczono rozkłady przestrzenne wskaźników w skali Polski. Ze względu na różną metodykę wyznaczania wskaźników w dalszej kolejności zostaną podjęte badania polegające na wyznaczeniu syntetycznego wskaźnika zagrożenia wynikającego z występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych.

Wstępna analiza zróżnicowania przestrzennego wskaźników wykazała, że na upały najbardziej narażona jest Nizina Mazowiecka, na susze atmosferyczne Nizina Wielkopolska, Pojezierze Wielkopolskie i Kujawy. Zagrożenie silnym mrozem występuje w Sudetach, Karpatach, w Górach Świętokrzyskich oraz na Pojezierzu Pomorskim. Zagrożenie obfitymi opadami śniegu występuje oprócz obszarów górskich na Nizinie Podlaskiej i Pojezierzu Suwalskim. Na zagrożenie silnym wiatrem najbardziej narażone są głównie obszary podgórskie i górskie, a także Pomorze Gdańskie, a na zagrożenie gradem Pobrzeże Koszalińskie.

Literatura

- Atlas klimatu Polski, Lorenc H. red., IMGW, Warszawa 2005.
- Bajkiewicz-Grabowska E., Mikulski Z., 1993, Hydrologia ogólna, Warszawa, Wyd. Nauk. PWN.
- Beynon C., Wyke S., Jarman I., Robinson M., Mason J., Murphy K., Bellis M.A., Perkins C., 2011, The cost of emergency hospital admissions for falls on snow and ice in England during winter 2009/10: a cross sectional analysis, *Environmental Health* 10, 60.
- Bobiński E., Mayer W., 1992, Susza hydrologiczna w Polsce w latach 1989-1992 na tle wielolecia 1982-1992, *Gosp. Wodna* 12.
- Bustinza R., Lebel G., Gosselin P., Bélanger D., Chebana F., 2013, Health impacts of the July 2010 heat wave in Québec, Canada, *BMC Public Health* 13, 56, on-line: <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1471-2458-13-56.pdf>
- Dangers of Winter Weather, National Weather Service Regional Office, (29.03.2014), on-line: <http://www.crh.noaa.gov/images/gid/WCM/awareness/winterdangers.pdf>
- Farat R., Kępińska-Kasprzak M., 2002, Susze i ich monitoring w Polsce, *Aura* 10.
- Frich P., Alexander L.V., Della-Marta P., Gleason B., Haylock M., Klein Tank A.M.G., Peterson T., 2002, Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century, *Climate Research* 19.
<http://rcb.gov.pl/wp-content/uploads/ocenarzyka.pdf>
<http://rcb.gov.pl/wp-content/uploads/2011/02/Zagro%C5%BCenia-okresowe-2012.2.pdf>
- Kasprzyk A., 1998, Fizycznogeograficzne uwarunkowania susz hydrologicznych w Polsce. Rozpr. dokt., Kielce WGSR UW.
- Kozłowska-Szczęśna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004, Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka, Monografie 4, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa.
- Kuchcik M., 2006, Fale upałów w Polsce w latach 1993-2002, *Przegląd Geograficzny* 78 (3), 397–412.
- Kudlicki Ł., 2006, Długofalowe konsekwencje zmian klimatycznych, *Bezpieczeństwo narodowe* 2.
- Łabędzki L., Bąk B., 2004. Standaryzowany klimatyczny bilans wodny jako wskaźnik suszy, *Acta Agrophysica* 3 (1), 117–124.
- Maciejewski W., Walczykiwicz T. (red.), 2012, Zrównoważone gospodarowanie zasobami wodnymi oraz infrastrukturą hydrotechniczną w świetle prognozowanych zmian klimatycznych, Raport Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB.
- Marx J., 2006, Rosen's emergency medicine: concepts and clinical practice, Mosby, Elsevier.
- Ocena ryzyka na potrzeby zarządzania kryzysowego. Raport o zagrożeniach bezpieczeństwa narodowego, 2013, Rządowe Centrum Bezpieczeństwa.
- Olechnowicz-Bobrowska B., 1978, Parowanie potencjalne w okresie wegetacyjnym w Polsce, AR Kraków, Rozp. Hab. 67.
- Pokojski W., Kasprzyk A., 1997, Changes of water balance and hydrological drought occurrence in Poland, *Acta Univ. Carolinae. Geographica, Suppl.*, 127-134.
- Pokojski W., 2002, Wpływ warunków fizycznogeograficznych na kształtowanie się przepływów niżówkowych rzek nizinnych w Polsce. Rozprawa doktorska WGiSR UW.
- Rojek M., 1994, Rozkład przestrzenny klimatycznych bilansów wodnych na terenie Polski

- w okresie 1951-1990, *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Inż Środ.* VI 243, 9-21.
- Rzeznikiewicz D., Tamim H., Macpherson A.K., 2012, Risk of death in crashes on Ontario's highways, *BMC Public Health*, 12, 1125.
- Twardosz R., Niedźwiedz T., Łupikasza E., 2011, The influence of atmospheric circulation on the type of precipitation (Kraków, southern Poland), *Theoretical and Applied Climatology* 104, 233–250.
- Ustawa z dnia 7 lipca 2005 r. o ubezpieczeniach upraw rolnych i zwierząt gospodarskich.
- Więclaw-Michniewska J., Piotrowicz K., 2011, Seasonal and annual variability of days with strong winds and wind damage in Krakow (Poland) during the period 2000–2007, *Natural Hazards* 59, 949–965.
- Zagrożenia okresowe występujące w Polsce. Raport Rządowego Centrum Bezpieczeństwa, Wydział Analiz RCB, Warszawa 2012.
- Żelaziński J., Pawłowska J., Mierkiewicz M., Kozieł S. R., 1998, Metody wspomaganie optymalnych strategii ograniczających skutki suszy, *Seria Hydr. i Oceanolog.* 24, Warszawa IMGW.

SUMMARY

The purpose of the study are selected indicators of potential natural hazards in Poland. Among the natural hazards mentioned by the Government Centre of Security risks directly related to climate were selected. We can mention here such risks as: extreme heat events, frosts, snow, droughts and additionally hailstorms. In the initial stage of the project indicators which the best represent the degree of the risk of selected natural hazard were selected.

The presentation is a part of the research project “Spatial diversity of sensitivity of the information society on selected natural hazards in Poland” (UMO-2011/03/B/HS4/04933, 194000/GR-4224).