

Załącznik 2.

AUTOREFERAT

1. Imię i Nazwisko: **Magdalena Kuchcik**

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

- 2000 Uniwersytet Warszawski
 Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
 doktor nauk o Ziemi w zakresie geografii
 rozprawa: „Wpływ warunków aerosanitarnych i biometeorologicznych na zgony mieszkańców Warszawy” promotor: prof. dr hab. M. Stopa-Boryczka, s. 208
- 1995 Uniwersytet Warszawski
 Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
 magister geografii
 praca: „Wpływ warunków atmosferycznych na wypadki drogowe w Radomiu”,
 promotor dr M. Kopacz-Lembowicz, s. 71

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych.

1.10.1995 – 31.12.2000 – doktorant – Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
Uniwersytetu Warszawskiego
1.01.2000 – 31.12.2000 - asystent – Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania
im. S. Leszczyckiego Polskiej Akademii Nauk
1.01.2001-9.07.2012 – adiunkt – Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im.
S. Leszczyckiego Polskiej Akademii Nauk (w okresach 2.02-31.12.2005 oraz 17.09.2008-
31.08.2010 urlopy macierzyńskie i wychowawcze)
od 10.07.2012 – starszy specjalista - Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania
im. S. Leszczyckiego Polskiej Akademii Nauk

4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.) – jako osiągnięcie naukowe przedstawiam publikację o poniższym tytule:

- a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego

Warunki termiczne w Polsce na przełomie XX i XXI wieku i ich wpływ na umieralność

- b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy),

Magdalena Kuchcik, 2017, Warunki termiczne w Polsce na przełomie XX i XXI wieku i ich wpływ na umieralność, Prace Geograficzne, 263, ss. 279, IGiPZ PAN, Warszawa

Recenzenci: Krzysztof Błazejczyk, Teresa Kozłowska-Szczęśna, Joanna Wibig

c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

WSTĘP

Warunki pogodowe są jednym z wielu czynników ryzyka zgonu, wśród których najważniejsze to obciążenie genetyczne oraz szeroko pojęty styl i środowisko życia (ERZ 2012). Wśród elementów klimatu największy wpływ na organizm człowieka wywiera środowisko termiczne, na które składa się promieniowanie słoneczne, temperatura i wilgotność powietrza oraz prędkość wiatru, a wymiana ciepła między organizmem a otoczeniem jest najważniejszym procesem, od którego zależy prawidłowe funkcjonowanie organizmu. W ekstremalnych warunkach pogodowych to one stają się głównym czynnikiem ryzyka, prowadząc pośrednio, a niekiedy także bezpośrednio do zgonu (Tromp 1980; Kozłowski 1986; Błażejczyk 1993; Guyton, Hall 2006; Cheshire 2016).

Wraz z notowanym wzrostem częstości i intensywności fal upałów wzrosło zainteresowanie analizami umieralności w zależności od warunków termicznych, szczególnie w USA i Europie. Zjawisko przybrało na sile po rekordowo ciepłym sierpniu 2003 r. i fali upałów, w czasie której w Europie Zachodniej i Południowej odnotowano ok. 45 000 dodatkowych zgonów (m.in. Michelozzi i in. 2004; Garssen i in. 2005; Filleu i in. 2006; Robine i in. 2008).

STAN BADAŃ

Z powodu interdyscyplinarnego charakteru opracowania przegląd piśmiennictwa jest wielowątkowy i o różnym stopniu szczegółowości. Jego pierwsze części dotyczą zmian temperatury powietrza w Polsce i ich przyczyn, kolejne dwie – oddziaływania środowiska gorącego i zimnego na organizm człowieka, ostatnia i największa – wpływu warunków termicznych na umieralność.

W tym miejscu przytoczone zostaną jedynie najważniejsze według autorki prace.

Zmiany temperatury powietrza w Polsce

Na zmiany temperatury powietrza w danym miejscu w perspektywie kilkudziesięciu lat wpływają czynniki naturalne, m.in. cyrkulacja atmosferyczna i oceaniczna, cykliczne zmiany natężenia promieniowania słonecznego (średnio około 11-letnie), nakładające się na powolne zmiany parametrów orbity Ziemi (Boryczka i in. 1998, 1999; Spangehl i in. 2011), zmiany aktywności wulkanicznej i in. oraz czynniki antropogeniczne, a wśród nich przede wszystkim emisja gazów cieplarnianych, wycinka lasów w skali globalnej, czy osuszanie obszarów podmokłych. W Polsce dominują ok. 8-letnie cykle zmian temperatury powietrza (Boryczka, Stopa-Boryczka 2007; Wójcik, Miętus 2014).

Jednak od początku 40., a w szczególności od końca lat 50. XX wieku wzrostu temperatury nie można było już wyjaśnić czynnikami naturalnymi. Według Międzyrządowego Panelu ds. Zmian Klimatu (IPCC 2007, 2013, 2014) wśród czynników powodujących obecne ocieplenie klimatu największym wymuszeniem radiacyjnym cechuje się emisja CO₂ i metanu, a w dalszej kolejności halowęglowodorów, a główną przyczyną tego stanu rzeczy jest wzrost ludności Ziemi i gospodarka człowieka.

Od lat 90. XX wieku w Europie czterokrotnie wzrosła liczba powodzi, ośmiokrotnie - liczba ekstremalnych zdarzeń pogodowych, podczas gdy liczba zdarzeń geologicznych (trzęsienia ziemi, erupcje wulkanów) wykazywała stały trend (EMDAT). Liczba susz

utrzymuje się na podobnym poziomie, jednak rośnie ich długość (Spinoni i in. 2015). Zmniejszyła się częstość dni chłodnych i mroźnych (choć nie bardzo mroźnych), wzrosła częstość burz, nawałnic, dni gorących oraz fal upałów (Wibig i in. 2006a,b, 2009a,b; Kossowska-Cezak, Twardosz 2012, 2015, 2017).

W Polsce zagadnieniem zmian temperatury powietrza zajmowali się prawie wszyscy klimatolodzy. Ich prace poczynając od najstarszych zostały w większości przytoczone w książce, ze szczególny naciskiem na te, obejmujące przełom wieków XX i XXI.

W Warszawie w latach 1780–2003 średnia roczna temperatura powietrza wzrosła o ok. 1,3°C i rosła w tempie 0,55°C na 100 lat, a gdy serię wydłużono do 2012 roku, trend temperatury uzyskał wartość 0,7°C/100 lat i wzrósł o 0,12°C tylko w okresie 2000–2012 ((Lorenc 2000, KLIMADA). Inna analiza warunków termicznych w Warszawie, z 60-lecia 1951–2010 i zmiany termicznych dni charakterystycznych wskazuje na spadek liczby dni przymrozkowych, dni mroźnych i bardzo mroźnych łącznie o 3,6 dnia/10 lat. Po 1990 r. notuje się wyraźny wzrost częstości dni gorących i upalnych o 2,2 dnia/10 lat, a nocy ciepłych i bardzo ciepłych o 2,4 dnia/10 lat (Twardosz, Kossowska-Cezak 2013; Kossowska-Cezak 2014). Badania zmian zarówno średniej temperatury powietrza, jak i częstości dni charakterystycznych w innych miastach w ogólnym zarysie potwierdzają powyższe trendy, w szczególności duży wzrost temperatury i dni gorących w ostatnich latach: w Krakowie (Piotrowicz 2007a, b; Matuszko, Piotrowicz 2012), Lublinie (Kaszewski, Bilik 2015), Łodzi (Wibig i in. 2009a, 2012; Podstawczyńska 2010), na Wybrzeżu (Koźmiński, Michalska 2008).

W ostatnich latach ocieplenie w Polsce analizowane jest także na podstawie średniej obszarowej temperatury powietrza (Wójcik, Miętus 2014; Błażejczyk i in. 2015). Ponadto badana jest częstość różnie definiowanych okresów gorących i mroźnych (Kozłowska-Szczęśna i in. 2004; Wibig i in. 2009a; Krzyżewska, Wereski 2011; Kuchcik i in. 2013; Krzyżewska 2015).

Oddziaływanie środowiska gorącego na organizm człowieka

Do utrzymania prawidłowej czynności organizmu niezbędna jest homeostaza, czyli stałość środowiska wewnętrznego organizmu, wbrew działaniu czynników zewnętrznych i wewnętrznych ją zakłócających. Mechanizmy regulujące temperaturę organizmu zwane są termoregulacją, a można je podzielić na termoregulację fizjologiczną, behawioralną, związaną z odpowiednim zachowaniem człowieka i techniczną (Tromp 1980; Arbuthnott i in. 2016).

Środowisko gorące w istotny sposób obciąża pracę układu krążenia. W największym skrócie: w celu ochrony organizmu przed przegrzaniem następuje rozszerzenie naczyń krwionośnych, wzrost skórno przepływu krwi, podwyższenia temperatury skóry, większa aktywność gruczołów potowych. Wzrost prędkości krążenia krwi pociąga za sobą wzrost tętna, spadek ciśnienia tętniczego, wzrost objętości krwi. Następstwem tego może być znaczne osłabienie organizmu, bóle i zawroty głowy, mdłości, gorączka, zaburzenia świadomości, utrata przytomności, a w końcu zgon. Upały trwające kilka dni prowadzą do zmniejszenia ilości hemoglobiny, która przenosi tlen, wzrasta więc częstość oddechów, co prowadzi do hiperwentylacji płuc, groźnej dla cierpiących na choroby układu oddechowego (m.in. Klonowicz, Kozłowski 1970; Jankowiak 1976; Tromp 1980; Alber-Wallerström, Holmér 1985; Błażejczyk 1998; Noe i in. 2012; Cheshire 2016).

Mężczyźni i osoby wysportowane znacznie efektywniej oddają ciepło do otoczenia w procesie pocenia się – pocą się silniej i przy niższej temperaturze. Gruczoły potowe kobiet uaktywniają się przy wyższej niż u mężczyzn temperaturze skóry, co może prowadzić do większej podatności kobiet na przegrzewanie się w warunkach silnego stresu ciepła (Hajat i in. 2007; Rey i in. 2009; Ichinose-Kuwahara i in. 2010; Cheshire 2016). Z wiekiem procesy

termoregulacji stają się mniej efektywne i dlatego osoby starsze są bardziej wrażliwe na skrajne ciepło (Kenney, Munce 2003).

Oddziaływanie środowiska zimnego na organizm człowieka

W środowisku zimnym pierwszą reakcją układu termoregulacyjnego jest zmniejszenie przekroju skórnych naczyń krwionośnych, co powoduje zmniejszenie przepływu krwi w tkance podskórnej i spadek temperatury skóry. Gdy to nie wystarcza uruchomione zostają mechanizmy powodujące zwiększenie wytwarzania ciepła określane jako termogeneza: drżeniowa i bezdrżeniowa, wskutek których organizm wytwarza nawet 4–5 razy więcej ciepła niż normalnie. Wymaga to jednak zwiększenia dopływu krwi do mięśni szkieletowych i powoduje utratę ciepła z wnętrza organizmu (Kaciuba-Uscilko, Greenleaf 1989; Jankowski 2002; Guyton, Hall 2006).

W ochronie przed wpływem zimna człowiek wzmaga także ruchliwość, kuli się, zwiększa izolacyjność odzieży. Gdy jednak ustrój człowieka traci więcej ciepła niż produkuje dochodzi do uszkodzenia tkanek, sztywności mięśni, zmniejszenia objętości oddechowej, niewydolności serca, zamroczenia, migotania komór serca, w końcu śmierci (Grączewski 1972; Jankowiak 1976; Kozłowski 1986; Pozos, Danzl 2002). W środowisku zimnym dochodzi w organizmie do wielu niebezpiecznych zmian hematologicznych, które w konsekwencji także mogą prowadzić do zgonu (LeBlanc i in. 1976; Vuori 1987; Keatinge 2002).

Naturalne mechanizmy obronne w warunkach zimna u osób starszych są słabsze w porównaniu z osobami młodymi (Wagner i in. 1974; Kenney, Munce 2003). Różnica w reakcji organizmu na zimno dotyczy także kobiet i mężczyzn. Organizm kobiety w warunkach zimna dłużej zachowuje odpowiednią temperaturę wewnętrzną ciała i dotyczy to także starszych kobiet, a wynika głównie z większego udziału tkanki tłuszczowej u kobiet oraz mniejszej powierzchni ciała, na której dochodzi do wymiany ciepła z otoczeniem (Wagner, Horvath 1985; Young i in. 1996).

Wpływ warunków termicznych na umieralność

Badania dotyczące związku zachorowalności i umieralności z warunkami pogodowymi prowadzone są zarówno przez lekarzy i epidemiologów, jak i klimatologów. Pogoda opisywana jest w nich zazwyczaj temperaturą powietrza. Rzadziej wykorzystywane są wskaźniki biometeorologiczne (m.in. Kunst i in. 1993; Kuchcik, Błażejczyk 2001; Laschewski, Jendritzky 2002; Błażejczyk, McGregor 2007; Zanobetti, Schwartz 2008; Isaksen i in. 2016), czy rodzaje mas powietrza (Kalkstein 1991; McGregor 1999; Kyselý, Huth 2004; Kozłowska-Szczęsna i in. 2004), w tym wyznaczone metodą Przestrzennej Klasyfikacji Synoptycznej SSC (Kalkstein i in. 1996; Sheridan i in. 2009; Green i in. 2016).

Pierwsze polskie badania z zakresu wpływu pogody na człowieka podejmowano już w XIX w., wskazując na optimum termiczne (w Krakowie był to wtedy stan „ciepłoty” 12–14°C), powyżej lub poniżej którego umieralność rosła (Majer 1845). Kolejne badania z lat 1930. dotyczyły głównie reakcji organizmu na zimno i ciepło, a prowadzone były przez lekarzy (Korczyński 1933, 1936). W latach 1950. analizowano umieralność w Krakowie (Wiecha 1952). W późniejszych latach rozwinięto badania czasu reakcji prostej i wpływu pogody na wypadkowość drogową (Bogucki 1967; Mączyński 1972a,b; Tyczka i in. 1988; Kozłowska-Szczęsna, Grzędziński 1990/91; Kuchcik 1998; Baranowska i in. 2000). Kolejna grupa badań dotyczyła zachorowalności (Grzędziński i in. 1972; Błażejczyk i in. 1998; Podstawczyńska, Adamkiewicz 1998; Krzyżewska i in. 2017) i umieralności (Kuchcik 2000; Rabczenko i in. 2009, 2015, 2016). Najdłuższe dotychczas badane serie dobowych liczb

zgonów w miastach Polski obejmowały 10 lat (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004; Kuchcik 2006b; Błażejczyk, McGregor 2007; Błażejczyk i in. 2015; Krzyżewska i in. 2015).

Część badań koncentruje się na wyznaczeniu optimum termicznego, w którym organizm człowieka funkcjonuje najlepiej a umieralność jest najmniejsza. Początkowo w klimacie szerokości umiarkowanych za sprzyjające organizmowi człowieka przyjęto dni z temperaturą minimalną powyżej -10°C i temperaturą maksymalną poniżej 25°C (Bull, Morton 1978), potem zakres ten zawężano. Okazało się także, adaptacja organizmu do klimatu powoduje, że nawet w tej samej strefie klimatycznej warunki odczuwane jako opresyjne zmieniają się w zależności od miejsca. Optimum termiczne, wyznaczone na podstawie średniej temperatury powietrza odpowiadającej najniższej umieralności wynosiło na przełomie XX i XXI wieku: w Holandii $16,5^{\circ}\text{C}$ (Kunst i in. 1993), w Polsce w zależności od miejsca $16,5\text{--}20^{\circ}\text{C}$ (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004), we Francji w zależności od miasta $14,8\text{--}23,6^{\circ}\text{C}$ (Laaidi i in. 2006), w Czechach 20°C (Kyselý, Huth 2004), w Rzymie $23,5^{\circ}\text{C}$ (Michelozzi i in. 2000), a średnio w Europie 18°C (Eurowinter Group 1997).

Zależność między temperaturą powietrza a umieralnością przybiera graficzną postać szerokiej litery U (Londyn, Madryt, Rzym, Sydney, Warszawa), ale często też pochylonej litery J, z łagodnie pochyloną, długą częścią w warunkach niskiej temperatury powietrza i stromą, ale znacznie krótszą częścią w warunkach wysokiej temperatury powietrza (Nowy Jork, Pekin, Seul, Tokio). Ogólnie wzrost umieralności towarzyszący wysokiej temperaturze powietrza jest większy i szybszy niż w niskiej temperaturze, z kolei liczba dni po „chłodnej stronie” jest większa niż liczba dni gorących (Curriero i in. 2002; Kozłowska-Szczęsna i in. 2004; Błażejczyk, McGregor 2007; Baccini i in. 2008; Kuchcik, Degórski 2009; Anderson, Bell 2011; Gasparrini i in. 2015b).

Początkowo badania wpływu fal upałów na umieralność opisywały epizody upalne: w wybranych miastach USA z lat 1936, 1948, 1966, 1978 (Ellis, Nelson 1978). Począwszy od lat 1980. fale upałów zaczęły być coraz częściej notowane w Europie i stały się przedmiotem licznych opracowań (Robinson 2001). Latem 1994 r. silne upały dotknęły Europę Środkową i kraje Beneluksu i spowodowały wzrost liczby zgonów w szczególności osób powyżej 65 r.ż.: średnio o 13,2% w Belgii (Sartor i in. 1995), o 33% w Warszawie, 43% we Wrocławiu do 49% w Poznaniu (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004; Kuchcik 2003), o 41% w Berlinie (Gabriel, Endlicher 2011), a do 12,3% wzrosła umieralność ogólna w Czechach (Kyselý 2004). W 1995 r. silna fala upałów dotknęła Wyspy Brytyjskie oraz Amerykę Północną, prowadząc do licznych zgonów (Semenza i in. 1996; Rooney i in. 1998).

W ostatnim czasie najtragiczniejszym w skutkach okresem upalnym była wspomniana już fala z 2003 r., która zapoczątkowała wprowadzanie systemów ostrzegawczych przed falami upałów w Europie Zachodniej i Południowej (Michelozzi i in. 2004; Grize i in. 2005; Kosatsky 2005; Filleu i in. 2006; Robine i in. 2008). Inna fala upałów, z 2010 r. w Rosji utrzymywała się przez 44 dni, spowodowała ogromne pożary, a tym samym bardzo wysokie stężenie pyłów w powietrzu i blisko 11 000 dodatkowych zgonów, głównie wśród osób powyżej 65 r.ż. (Shaposhnikov i in. 2014).

W czasie fal upałów zazwyczaj wzrasta umieralność na choroby układu krążenia. W falach upałów z 1994, 2003 i 2010 r. notowano istotnie więcej zgonów z przyczyn bezpośrednio powiązanych z gorącym środowiskiem termicznym tj. udary, hipertermia czy odwodnienie (Fouillet i in. 2006; Rey i in. 2007; Isaksen i in. 2016).

O ile prac dotyczących wpływu fal upałów na zgony powstawało i powstaje najwięcej w USA, o tyle wpływem fal chłodu na umieralność zajmują się głównie naukowcy europejscy. W pracach tych zazwyczaj nie analizuje się pojedynczych epizodów wyjątkowego zimna, ale bada łącznie oddziaływanie dni szczególnie mroźnych na zgony. W zależności od okresu branego pod uwagę oddziaływanie to jest różne. W Holandii w latach 1979–1997 analiza umieralności w okresach chłodu wykazała wzrost o 12,8% w stosunku do cieplejszych

dni zimowych (Huynen i in. 2001). W Szwecji w czasie fal zimna wzrastała umieralność głównie wśród mężczyzn i osób powyżej 65 r.ż., zwłaszcza po przebytych zawałach serca (Rocklöv i in. 2014). Wyniki projektu PHEWE analizującego umieralność w zależności od warunków termicznych w 15 miastach Europy w latach 1990–2000, dowodziły wzrostu umieralności na każdy 1°C poniżej wartości mediany minimalnej temperatury pozornej: o 1,3% zgonów ogółem, 1,7% z powodu chorób układu krążenia i 3,3% z powodu chorób układu oddechowego (Analitis i in. 2008). Z kolei w warunkach klimatu umiarkowanego chłodnego, kontynentalnego (Kanada, Rosja) w dniach z ujemną temperaturą powietrza notuje się początkowo spadek liczby zgonów, a następnie na każdy 1°C obniżającej się temperatury powietrza stały, niewielki wzrost umieralności o 1,15%. Tak nieznaczny wzrost tłumaczony jest adaptacją biologiczną i behawioralną. Nie bez znaczenia jest zmniejszenie liczby drobnoustrojów chorobotwórczych w zimnym powietrzu (Auliciems, Frost 1989; Donaldson i in. 1998; Revich, Shaposhnikov 2008).

Ogólnie liczba zgonów wywołanych zimnem jest mniejsza w warunkach klimatu skrajnie chłodnego, a większa w regionach o klimacie łagodnym.

W ostatnich latach, wraz z dostępem do coraz dłuższych serii danych o dobowej liczbie zgonów – badania stają się bardziej przekrojowe, obejmują wiele miast w danym kraju lub na danym kontynencie (Clinch, Healy 2000; Healy 2003; Kuchcik 2006b; Błażejczyk, McGregor 2007), a nawet państw położonych w różnych strefach klimatycznych (Eurowinter 1997; Analitis i in. 2008; Gasparrini i in. 2015b).

UZASADNIENIE PODJĘCIA TEMATU I CELE BADANIA

Wpływ warunków pogodowych na człowieka od początku był głównym tematem badawczym autorki. Pierwsze podjęte przez nią badania tego zagadnienia dotyczyły roku, kolejne 2 lat, następne 10 lat. Gdy pojawiła się możliwość zbadania 40-letniej serii dobowych liczb zgonów – oczywistym było podjęcie tego wyzwania. Zwłaszcza, że analizowane lata 1975-2014 obejmują okres dużych zmian klimatu, okresy bardzo mroźne i skrajnie upalne, jest zatem świetnym „poligonem” badawczym. Początek tego okresu był zdeterminowany dostępnością informacji o dobowych sumach zgonów. Wybór największych miast w Polsce był związany z dostateczną liczbą zgonów wśród mieszkańców wymaganą w obliczeniach.

Zanim jednak dokonano analizy umieralności w 8 miastach Polski w latach 1975-2014 pod wpływem skrajnych warunków termicznych należało dokonać analizy samych warunków termicznych. Ponadto fale upałów, mimo że występują prawie na całym świecie nie doczekały się spójnej, powszechnej definicji i są różnie określane w różnych krajach. Dlatego zdecydowano się poddać ocenie kilka różnych definicji okresów gorących i zimnych.

Główne pytania, jakie nurtowały autorkę brzmiały: w jakim stopniu skrajne warunki termiczne, zmieniające się w ostatnich latach w Polsce wpływały na umieralność? Czy okresy gorące notowane w latach 80. i 90. XX wieku powodowały większy wzrost umieralności niż obecnie? Jak zmieniała się częstość okresów szczególnie silnych mrozów i jak one wpływały na umieralność? W jaki sposób definiować okresy szczególnie gorące i zimne, by były dostatecznie liczne, a liczba zgonów poddanych analizie była wystarczająca, z drugiej strony aby faktycznie były to okresy wyjątkowo obciążające organizm człowieka.

Celem badań było sprawdzenie następujących hipotez badawczych:

1. Zachodzące zmiany klimatu wpłynęły na częstość i intensywność okresów szczególnie gorących i mroźnych oraz innych charakterystyk termicznych w latach 1975–2014 – ta hipoteza jest dość oczywista, ale bez niej kolejne hipotezy nie mają racji bytu.
2. Ekstremalne warunki termiczne prowadzą do wzrostu umieralności, powodując bezpośrednio lub pośrednio zgon (przez zaostrzenie stanu chorobowego), który następuje najczęściej z niewielkim opóźnieniem w stosunku do bodźca.

3. W okresie 40 lat nastąpiła adaptacja populacji do cieplejszych warunków termicznych oraz, przede wszystkim, poszerzyła się znajomość zachowań mających na celu uniknięcie negatywnych skutków upałów. W efekcie tego wraz ze wzrostem częstości skrajnych warunków termicznych w XXI wieku występuje złagodzenie wzrostu umieralności w porównaniu do lat 80. i 90. XX wieku.
4. Definiowanie okresów gorących poprzez ciąg bardzo ciepłych nocy, w czasie których organizm nie ma warunków do odpoczynku od stresu ciepła może być bardziej adekwatne w badaniach umieralności niż definiowanie okresów gorących wartością temperatury maksymalnej powietrza.
5. Definiowanie okresów gorących i zimnych z wykorzystaniem wartości centyli temperatury powietrza obliczanych dla kolejnych dekad analizowanego okresu, a nie absolutnych, z góry wyznaczonych progów może być także bardziej adekwatne w badaniach umieralności.

W celu sprawdzenia powyższych hipotez:

- określono zmiany temperatury powietrza, dni charakterystycznych termicznie i obciążeń cieplnych (według UTCI) jakie nastąpiły w latach 1975–2014;
- określono trendy tych zmian i ich istotność statystyczną;
- określono zmienność występowania oraz intensywność okresów gorących i zimnych (w tym fal upałów i fal zimna) zdefiniowanych na 5 różnych sposobów w latach 1975–2014;
- sprawdzono, która z 5 różnych definicji okresów gorących i zimnych wydaje się najbardziej przydatna w badaniach ich wpływu na umieralność;
- obliczono ryzyko względne zgonu w czasie trwania okresów gorących i zimnych do 7 dni po ich zakończeniu (z podziałem na płeć, wiek, przyczyny zgonu w 8 wybranych miastach);
- porównano ryzyko względne zgonu w czasie okresów gorących i zimnych w kolejnych dekadach 40-lecia uwzględniając częstość okresów termicznie skrajnych;
- obliczono ryzyko względne zgonu w zależności od wartości temperatury powietrza oraz dwóch wskaźników biometeorologicznych: temperatury pozornej oraz uniwersalnego wskaźnika obciążeń cieplnych i określono progi ich wartości, przy których dochodzi do wzrostu ryzyka względnego zgonu.

DANE I METODY BADAWCZE

Warunki termiczne

Przedmiotem analizy pierwszej części książki były warunki termiczne w 12 miastach Polski, reprezentujących różne regiony bioklimatyczne: Białystok, Gdańsk, Katowice, Kraków, Lublin, Łódź, Olsztyn, Poznań, Szczecin, Toruń, Warszawa, Wrocław.

Dane meteorologiczne obejmowały codzienne wartości dobowe (średnia dobowa temperatura powietrza, temperatura maksymalna i minimalna oraz wysokość opadu atmosferycznego i występowanie mgły) oraz dane terminowe z godz. 12 UTC elementów meteorologicznych (temperatura powietrza, wilgotność względna, prędkość wiatru, ciśnienie atmosferyczne, zachmurzenie). Elementy meteorologiczne z godz. 12 UTC posłużyły do obliczenia Uniwersalnego Wskaźnika Obciążeń Ciepłych (*Universal Thermal Climate Index* – UTCI), na podstawie którego określono rodzaj stresu cieplnego, na jaki narażony jest człowiek oraz Temperatury Pozornej (*Apparent Temperature* – AT), która wykorzystana została w jednej z definicji okresu gorącego.

Obliczono średnią miesięczną i roczną wartość temperatury powietrza, określono częstość międzydobowych zmian średniej temperatury powietrza większych od 6°C oraz dobową amplitudę temperatury powietrza przewyższającą 12°C. Zbadano liczbę dni i nocy charakterystycznych pod względem termicznym, czyli dni z temperaturą powietrza powyżej

lub poniżej założonego progu. Były to: dni gorące ($t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$), upalne ($t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$), przymrozkowe ($t_{\max} > 0^{\circ}\text{C}$ i $t_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$), z mrozem ($t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$), umiarkowanie mroźne ($t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$), bardzo mroźne ($t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$), noce bardzo ciepłe ($t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$) i noce gorące ($t_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$) (Kozłowska-Szczęśna i in. 2002; Niedźwiedź 2003; Kossowska-Cezak 2014).

Określono częstość i zmienność warunków odczuwalnych wyznaczonych przy pomocy uniwersalnego wskaźnika obciążeń cieplnych UTCI, który opiera się na analizie bilansu cieplnego człowieka dokonywanej przy zastosowaniu wielowęzłowego modelu wymiany ciepła D. Fiali w danych warunkach pogodowych. Sam model D. Fiali składa się z dwóch podsystemów regulacji wymiany ciepła: pasywnego i aktywnego (Błażejczyk i in. 2010, 2014a; Bröde i in. 2012; Fiala i in. 2012). Jako skrajne warunki obciążenia cieplnego przyjęto wartość UTCI $> 32,0^{\circ}\text{C}$: silny i bardzo silny stres ciepła ($38,1\text{--}46^{\circ}\text{C}$) oraz UTCI $< -13^{\circ}\text{C}$: silny ($-27\text{--}-13,1^{\circ}\text{C}$), bardzo silny ($-40\text{--}-27,1^{\circ}\text{C}$) i nieznosny stres zimna ($< -40^{\circ}\text{C}$).

Jednym z celów tego opracowania było sprawdzenie użyteczności różnych sposobów określania okresów gorących i zimnych do analiz umieralności. Okresy gorące zdefiniowano następująco (w nawiasach podano ewentualne skrócone nazwy):

I – $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ – okres przynajmniej 3 dni upalnych, z temperaturą maksymalną większą od 30°C (fala upałów);

II – okres przynajmniej 3-dniowy ze średnią $t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$, podczas którego dni upalne stanowią przynajmniej połowę, a ciąg dni gorących ($t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$) między upalnymi nie przekracza 3 dni (okres upalny) (Kossowska-Cezak, Skrzypczuk 2011);

III – $t_{\max} \geq 99$ centyla – okres przynajmniej 3 kolejnych dni z temperaturą maksymalną większą lub równą od wartości 99 centyla liczonego dla wszystkich dni roku w kolejnych dekadach (1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, 2005–2014);

IV – przynajmniej 6-dniowy (5-dniowy w przypadku fali upałów występującej w maju lub w czerwcu) okres z temperaturą pozorną (AT) z godz. 12 UTC powyżej 95 centyla (wartość, której nie przekracza 95% wyników), rozpoczynający się wzrostem temperatury o minimum 2°C w stosunku do dnia poprzedniego. W możliwych przerwach jednodniowych wartość AT nie może być niższa od 90 centyla (liczonego jako jedna wartość z całego 40-lecia 1975–2014) (fala ciepła) (Kalkstein, Valimont 1986; Michelozzi i in. 2004; Kuchcik 2006a);

V – $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ – okres przynajmniej 3 nocy bardzo ciepłych, z temperaturą minimalną wyższą od 18°C .

Okresy zimne zdefiniowano następująco (w nawiasach podano nazwę-hasło definicji):

A – $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ – okres przynajmniej 3 kolejnych dni bardzo mroźnych, z temperaturą maksymalną mniejszą lub równą -10°C (fala mrozów);

B – $t_{\max} \leq 1$ centyla – okres przynajmniej 3 kolejnych dni z temperaturą maksymalną mniejszą lub równą od wartości 1 centyla liczonego dla wszystkich dni roku w kolejnych dekadach (1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, 2005–2014);

C – $t_{\min} \leq 1$ centyla – okres przynajmniej 3 kolejnych dni z temperaturą minimalną mniejszą lub równą od wartości 1 centyla liczonego dla wszystkich dni roku w kolejnych dekadach (1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, 2005–2014);

D – $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$ – okres przynajmniej 6 dni umiarkowanie mroźnych, z temperaturą minimalną mniejszą lub równą -10°C (fala zimna);

E – $t_{\min}$ i t_{sr} – co najmniej 6-dniowy okres z minimalną ($t_{\min}$) oraz średnią dobową temperaturą powietrza (t_{sr}) poniżej 5 centyla wszystkich wartości z danego okresu rozpoczynający się spadkiem temperatury minimalnej o przynajmniej 2°C w stosunku do dnia poprzedniego. W możliwych przerwach jednodniowych wartość $t_{\min}$ i t_{sr} nie przekracza wartości 10 centyla (fala chłodu).

Analiza statystyczna zmienności temperatury powietrza czy liczby dni charakterystycznych nie była głównym celem i przedmiotem opracowania, dlatego też spróbowano zastosować w niej metody nowe, wykorzystywane w tego typu badaniach od niedawna lub typowe dla analiz epidemiologicznych.

W analizie średniej miesięcznej temperatury powietrza z okresu 40 lat wykorzystano metodę dekompozycji szeregów czasowych TBATS. Jest to zaawansowana metoda wyodrębniania poszczególnych składowych danego szeregu czasowego oraz ich prognozowania, opracowana dla szeregów o złożonej (wielookresowej) sezonowości. W modelu założono dwie składowe sezonowe: miesięczną i roczną przedstawiane funkcjami trygonometrycznymi (De Livera i in. 2011; Rabczenko i in. 2016).

Średnia miesięczna temperatura powietrza, minimalna i maksymalna z 480 miesięcy została rozłożona na 2 składowe okresowe: roczną i o dłuższym okresie 7-11 letnim wynikającym głównie ze zmian aktywności Słońca oraz na trend długookresowy, nazwany poziomem zmiennej. W dalszej kolejności wyodrębnione poziomy zmiennej poddane zostały ocenie statystycznej z wykorzystaniem metody regresji segmentowej typu hockey-stick (Gasparrini i in. 2012; QUANTUP 2014; Zagdański, Suchwałko 2015). Polega ona na modelowaniu zależności krzywoliniowej przy pomocy dwóch funkcji liniowych – dla wartości temperatury, liczby dni charakterystycznych czy liczby dni z danym obciążeniem cieplnym przed i po roku, w którym trend zmienia kierunek z malejącego na rosnący. W niektórych miastach nie udało się znaleźć punktu zmiany, wtedy do danych dopasowana została linia prosta. Następnie oceniona została istotność każdego współczynnika nachylenia, a wyniki przedstawiono w formie tabeli oraz wykresów.

Umieralność

Dane dotyczące umieralności pochodziły z 8 miast: Białystok, Gdańsk, Kraków, Lublin, Łódź, Poznań, Warszawa, Wrocław. Obejmowały dobowe liczby zgonów z ogółu przyczyn, z powodu chorób układu krążenia (I00–I99), które są najczęstszą przyczyną zgonów w Polsce oraz z powodu chorób układu oddechowego (J00–J99) w okresie 1975–2014. Dobowe sumy zgonów podzielone były ponadto ze względu na płeć (kobiety, mężczyźni) oraz wiek (do ukończenia 64 roku życia oraz 65 lat i więcej). Te właśnie przyczyny zgonów i przedziały wieku są najczęściej analizowanymi w literaturze światowej w kontekście zależności od warunków termicznych (m.in. Kalkstein, Greene 1997; Donaldson i in. 1998; Aylin i in. 2001; Huynen i in. 2001; Kuchcik 2003; Keatinge 2002; Kozłowska-Szczęsna i in. 2004; Rabczenko i in. 2009; Isaksen i in. 2016; Royé 2017).

Dane o umieralności pochodziły z 8 miast: Białystok, Gdańsk, Kraków, Lublin, Łódź, Poznań, Warszawa, Wrocław.

Analizę umieralności w zależności od warunków atmosferycznych przeprowadzono z wykorzystaniem uogólnionych modeli addytywnych GAM (Hastie, Tibshirani 1990; Wood 2006), w których uwzględniono długookresowy trend i zmienność sezonową liczby zgonów, rok, dzień tygodnia oraz średnią dobową temperaturę powietrza (m.in. Davis i in. 2003; Pattenden i in. 2003; Rey i in. 2009; Rabczenko i in. 2009, 2015; Schifano i in. 2012; Isaksen i in. 2016).

W analizie wpływu zarówno okresów szczególnie gorących, jak i mroźnych na umieralność uwzględniono możliwe rozłożenie efektu w czasie – założono, że efekt ten może przedłużać się do 7 dni po wystąpieniu niekorzystnych warunków (Normand 1999; Schwartz 2000; Tong i in. 2014). Wyniki przedstawiono w postaci tabel z sumarycznym (z dni 0–7) efektem rozpatrywanego okresu gorącego i zimnego na umieralność oraz w postaci wykresów obrazujących zmianę w czasie siły efektu niekorzystnych warunków meteorologicznych.

Z powodu sezonowej zmienności dobowej liczby zgonów, wpływ okresów gorących na umieralność badano od maja do sierpnia, zaś okresów zimnych – od listopada do lutego włącznie.

Czynniki o charakterze ciągłym modelowano przy pomocy splajnów, czyli funkcji sklepanych lub giętych (Curriero i in. 2002; Rabczenko i in. 2015, 2016). W pierwszym kroku dobierano liczbę węzłów dla splajnów mających na celu opisanie zmienności długo i średniookresowej. Przyjęto zasadę, że najlepsza liczba węzłów to ta, dla której suma autokorelacji cząstkowych jest najmniejsza. Liczba węzłów dla pozostałych zmiennych ciągłych uwzględnianych w modelu dobierana była automatycznie przy użyciu funkcji cross-walidacji. Na podstawie tak zbudowanego modelu wyznaczono zależności pomiędzy temperaturą powietrza czy wartością wskaźnika biometeorologicznego a umieralnością, zaś wyniki przedstawiono w postaci wykresów.

Za miarę wzrostu lub spadku umieralności w danych warunkach pogodowych przyjęto ryzyko względne zgonu, obrazujące w jaki sposób zmienia się ryzyko zgonu w momencie zmiany narażenia populacji na badany czynnik.

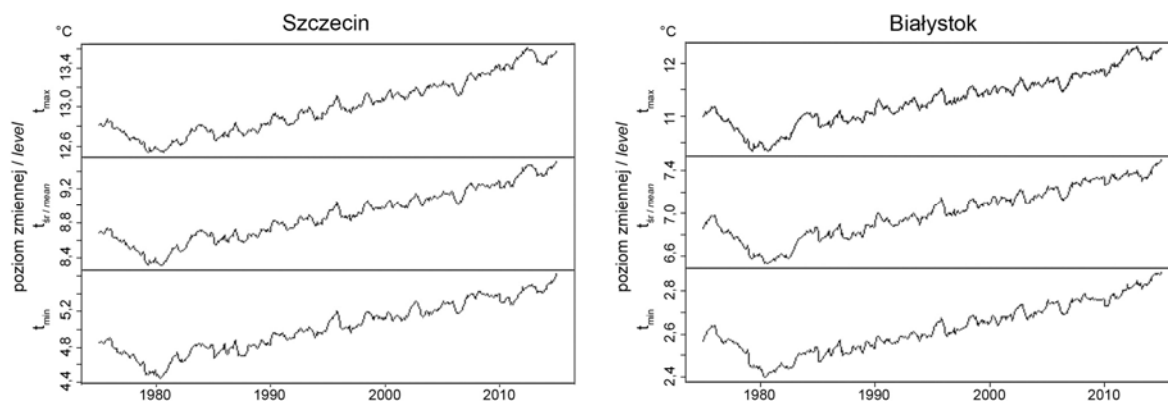
Na koniec za pomocą metod meta-analizy obliczono uogólnioną wartość ryzyka względnego zgonu w ramach danego rozpoznania z 8 miast objętych analizą, co stanowiło ilościową syntezę wyników badań.

WYNIKI

Książka zawiera dużą liczbę wyników przedstawionych w tabelach i na wykresach, które zostaną w tym miejscu przywołane w wielkim skrócie w kontekście opisanych wcześniej hipotez badawczych.

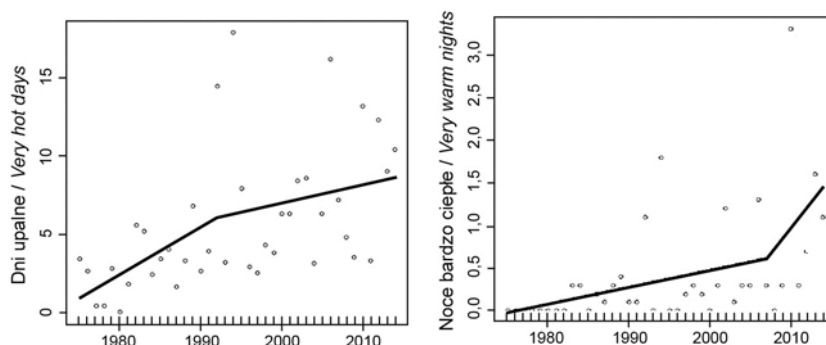
Zmiany warunków termicznych.

Analiza zmian średnich miesięcznych wartości temperatury maksymalnej i minimalnej powietrza, zbadana z wykorzystaniem metody dekompozycji szeregów czasowych TBATS 2, wykazała istotne statystycznie trendy i pokazała moment zmiany trendów (przykład – ryc. 1). Do 1979 r. w większości miast zaznaczył się spadek temperatury maksymalnej powietrza, który wynosił $0,12\text{--}0,14^{\circ}\text{C}/\text{rok}$, po nim nastąpił trend wzrostowy trwający do końca okresu analizy i wynoszący $0,03\text{--}0,04^{\circ}\text{C}/\text{rok}$. Od 1980 r. w większości miast zaznaczył się trend wzrostowy średniej minimalnej temperatury powietrza, wynoszący $0,01\text{--}0,03^{\circ}\text{C}/\text{rok}$, był zatem wyraźnie mniejszy niż wzrost średniej maksymalnej temperatury powietrza.



Rycina 1. Średnia temperatura miesięczna, średnia maksymalna i minimalna – poziom zmiennej (trend) wyznaczony metodą TBATS w Szczecinie i Białymstoku, 1975–2014

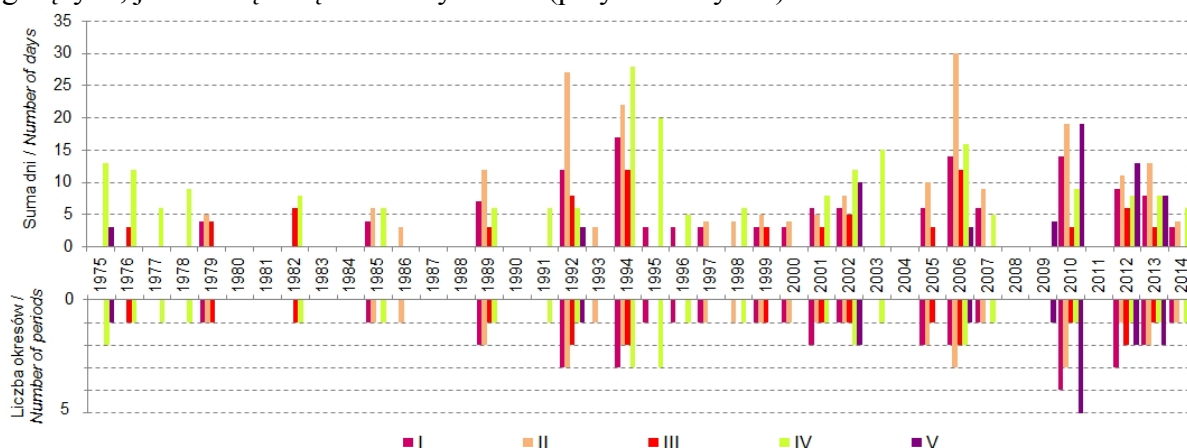
Dni gorące ($t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$) w latach 1975–2014 wykazywały stały i wysoce istotny statystycznie trend wzrostowy o 4,6 dnia na każde 10 lat. Dni upalne ($t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) cechował nieistotny statystycznie, choć duży wzrost o 0,3 dnia/rok do 1992 r., następnie o 0,1 dnia/rok. Bardzo ciepłe noce ($t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$) do 1985 r. praktycznie nie występowały, a wyraźny wzrost ich częstości nastąpił po 2002 r. Średnio w Polsce noce bardzo ciepłe cechował początkowo niewielki trend wzrostowy, który po 2007 r. wzrósł i wyniósł 0,1 dnia/rok (przykład – ryc. 2).



Rycina 2. Trendy liczby dni upalnych i bardzo ciepłych nocy w Polsce (średnia z 12 miast) wyznaczone metodą regresji segmentowej, 1975–2014

Liczba dni z mrozem ($t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$) spadała w całym analizowanym okresie, o blisko 0,2 dnia/rok, podobnie liczba dni umiarkowanie mroźnych – średnio o 0,1 dnia/rok. Liczbę dni z silnie bodźcową dobową amplitudą temperatury powietrza ($dt \geq 12^{\circ}\text{C}$) cechował stały i statystycznie istotny wzrost o 0,32 dnia/rok, co świadczy o wzmagających się kontrastach termicznych. Z kolei liczba dużych zmian średniej dobowej temperatury powietrza z dnia na dzień ($\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$) rosła do 1985 r. w tempie 0,26 dnia/rok, po czym rozpoczął się jej wyraźny, stały i statystycznie istotny spadek o 0,1 dnia/rok.

Częstość okresów gorących wyraźnie wzrosła po 1992 r., zaś częstość okresów zimnych, z wyjątkiem lat 1985–1987 była dosyć wyrównana. W każdym z analizowanych 20-leci wystąpiła około połowa notowanych okresów zimnych, a ich pojawianie się w ostatnich latach potwierdza fakt, że zmiany klimatu oznaczają zarówno duży wzrost częstości okresów gorących, jak i wciąż częste okresy zimne (przykład – ryc. 3).



Rycina 3. Warszawa – liczba okresów gorących definiowanych na 5 sposobów (I-V) i suma dni w nich zawarta, 1975–2014

Zmiany temperatury powietrza znalazły odzwierciedlenie w zmianach częstości skrajnego obciążenia cieplnego, wyrażonego uniwersalnym wskaźnikiem obciążeń cieplnych

UTCI. W większości miast od 1975 r. do 1994 r. notowano wyraźny i często statystycznie istotny wzrost częstości obciążenia silnym stresem ciepła o 0,2–0,6 dni/rok. Po tym czasie ich liczba wzrastała nieznacznie lub utrzymywała się na stałym poziomie. Z kolei liczba dni z silnym stresem zimna malała bardzo zdecydowanie i statystycznie istotnie do zazwyczaj 1989 r. (Białystok, Gdańsk, Olsztyn) lub 1990–2000 r. (Katowice, Łódź, Szczecin) o 0,8–3,0 dni/rok, po czym zaczęła nieznacznie rosnąć. Jednak w Lublinie i Warszawie malała stale i istotnie przez cały okres 1975–2014, o 0,5–0,6 dnia/rok.

Wybór sposobu definiowania okresów gorących i zimnych

Jednym z istotnych celów pracy było porównanie okresów gorących i zimnych definiowanych na 5 różnych sposobów. W zależności od przyjętych kryteriów były to okresy krótkie i szczególnie obciążające (wydzielone na podstawie definicji I i III dla okresów gorących oraz A i C dla zimnych) bądź dłuższe i nieco łagodniejsze (odpowiednio definicje II i IV oraz D i E), ale wciąż wyróżniające się termicznie w odpowiednich porach roku.

Hipoteza 4 o definiowaniu okresów gorących poprzez ciąg bardzo ciepłych nocy znalazła tylko częściowe potwierdzenie. Podstawą tej hipotezy była wiedza z zakresu klimatu miasta i zjawiska miejskiej wyspy ciepła, ale też informacje o tym, że w czasie fali upałów z 2003 r. w Europie Zachodniej to temperatura w nocy była szczególnie wysoka, a nie temperatura maksymalna w ciągu dnia. Tego typu okresy zaczęły pojawiać się powszechniej w Polsce dopiero w ostatniej badanej dekadzie, zatem nie można ich wykorzystać w pracach porównawczych i w tym sensie definiowanie okresów gorących jako ciągów bardzo ciepłych nocy nie może być uniwersalne - noce takie występują rzadko, jeszcze rzadziej notowane są ich ciągi. Jednak w latach 2005-2014 prowadziły one do istotnego wzrostu umieralności ogólnej wynoszącej od 13% w Łodzi przez 30% we Wrocławiu po 35% w Lublinie (wśród kobiet 65+ wzrost ryzyka zgonu był jeszcze wyższy i sięgał 44% we Wrocławiu i 77% w Lublinie).

Potwierdziła się hipoteza 5, mówiąca, że definiowanie okresów gorących i zimnych z wykorzystaniem wartości centyli temperatury powietrza obliczanych dla kolejnych dekad analizowanego okresu jest bardziej adekwatne w badaniach umieralności niż przyjmowanie absolutnych, z góry wyznaczonych progów. Sposobem definiowania okresów gorących i zimnych, który wydzieliał intensywnie, a odpowiednio liczne okresy gorące i zimne okazało się wykorzystanie wartości odpowiednio 99 centyla temperatury maksymalnej powietrza i 1 centyla temperatury minimalnej obliczanych dla kolejnych dekad. Takie podejście uwzględnia cechy klimatu danego miejsca, ale także zmiany klimatu i powoduje, że okresy gorące i zimne można było wydzielić także w takich miastach jak Gdańsk czy Wrocław. Ponadto takie definiowanie okresów gorących i zimnych jest coraz częściej stosowane w badaniach obejmujących wiele miast i krajów, co zostało przedstawione w pracy.

Umieralność w okresach gorących i zimnych

Jednym z najważniejszych celów opracowania była ocena wpływu skrajnych warunków termicznych na umieralność przy założeniu, że prowadzą one bezpośrednio lub pośrednio zgon, najczęściej z niewielkim opóźnieniem w stosunku do bodźca (hipoteza 2).

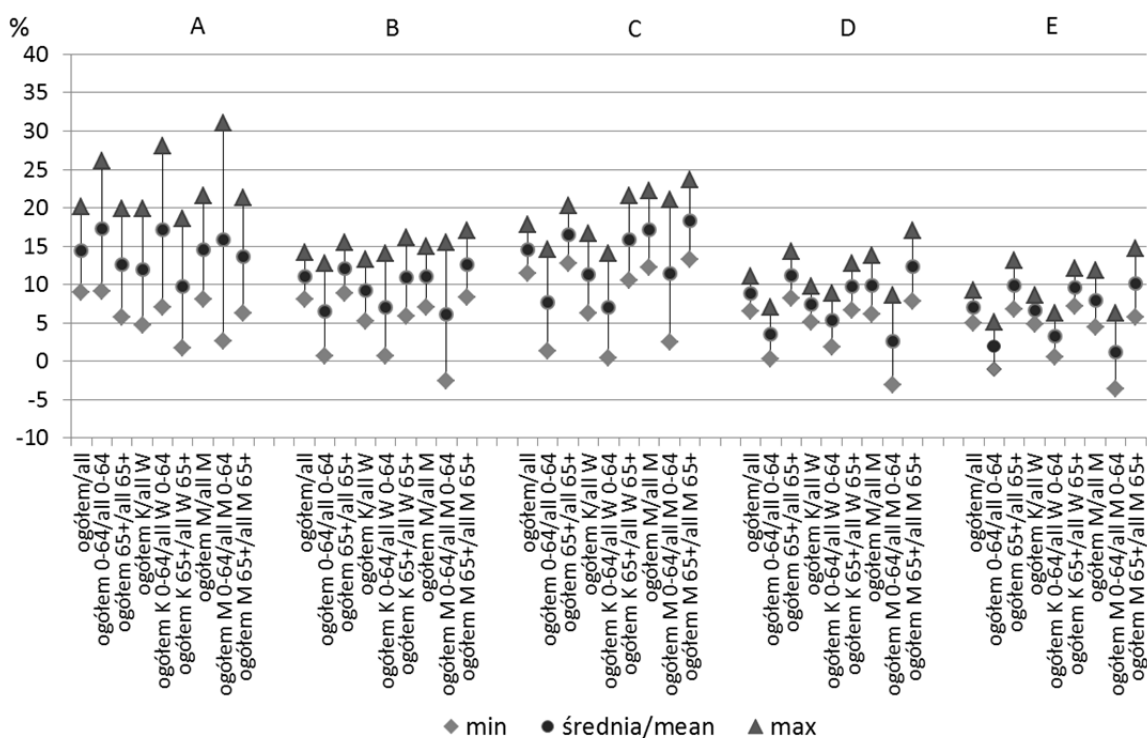
Najwyższe ryzyko względne zgonu (RR) obliczono dla okresów gorących zdefiniowanych według definicji III, opartej na 99 centylu temperatury maksymalnej. Wzrost umieralności ogólnej w okresach gorących w lipcu i sierpniu sięgał 50% w Poznaniu i 32% w Łodzi, a wśród osób powyżej 65 r.ż. odpowiednio 56% i 45% (jeszcze więcej wśród kobiet 65+: 66% i 55%). Kilkundniowe ciągi bardzo ciepłych nocy prowadziły do znaczącego wzrostu RR zwłaszcza kobiet 65+ (o 74% we Wrocławiu, 59% w Lublinie) i ogólnie osób

starszych. Wzrost umieralności na choroby układu krążenia w okresach gorących wynosił 52% w Poznaniu, a 32–36% w Białymstoku, Łodzi i Wrocławiu. Zgonów z powodu chorób układu oddechowego było niewiele i nawet nieznaczny wzrost ich liczby, prowadził do znaczącej procentowej różnicy ryzyka zgonów.

Łącznie we wszystkich 8 miastach najwyższy wzrost ryzyka zgonu odnotowano w okresach gorących wyznaczonych według definicji opartej na wartości 99 centyla temperatury maksymalnej: 27% ogółem (31% wśród osób 65+), 36% wśród kobiet (39% wśród kobiet 65+), 18% wśród mężczyzn (22% wśród mężczyzn 65+). Odpowiednie wartości dla zgonów z powodu chorób układu krążenia wyniosły 29% ogółem (34% wśród osób 65+), 40% wśród kobiet i 16% wśród mężczyzn.

Wiosenne okresy gorące (pojawiające się w maju i czerwcu) zazwyczaj prowadziły do mniejszego wzrostu umieralności niż te z pełni lata. Jedynym wyjątkiem był Kraków, w którym wiosenne fale upałów i okresy upalne pociągały za sobą wyższą umieralność niż te z lipca i sierpnia. I jest to wynik odmienny od otrzymanego podczas analizy umieralności w 16 miastach w Polsce w 8 latach: 1993–1996 i 1999–2002 (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004).

Zimą najwyższe wzrosty umieralności odnotowano w okresach zimnych zdefiniowanych według 1 centyla $t_{\min}$ (definicja C) oraz w falach mrozów (przynajmniej 3 kolejne dni z $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$, definicja A), jednak tych drugich było znacząco mniej niż pierwszych. **Wzrost liczby zgonów ogółem w okresach zimnych sięgał 23% w Krakowie i 18% w Warszawie. Wzrost umieralności w grupie chorób układu krążenia był wyższy niż umieralności ogólnej, sięgał 39% w Białymstoku i 24–28% w wielu innych miastach.** W przeciwieństwie do okresów gorących, w czasie okresów zimnych zaznaczał się wzrost liczby zgonów wśród mężczyzn poniżej 65 r.ż., wynikający zapewne z zagrażających życiu zachowań, związany w szczególności z negatywnym działaniem spożywanego alkoholu (Freund i in. 1994; Jankowski 2002; Yoda i in. 2008).



Rycina 4. Analiza sumaryczna – minimalne, średnie i maksymalne ryzyko względne zgonu (%) z ogółu przyczyn (ogółem) wśród kobiet (K) i mężczyzn (M) w wieku 0–64 lat (0–64) oraz powyżej 65 r.ż. (65+) w okresach zimnych (definicje A-E)

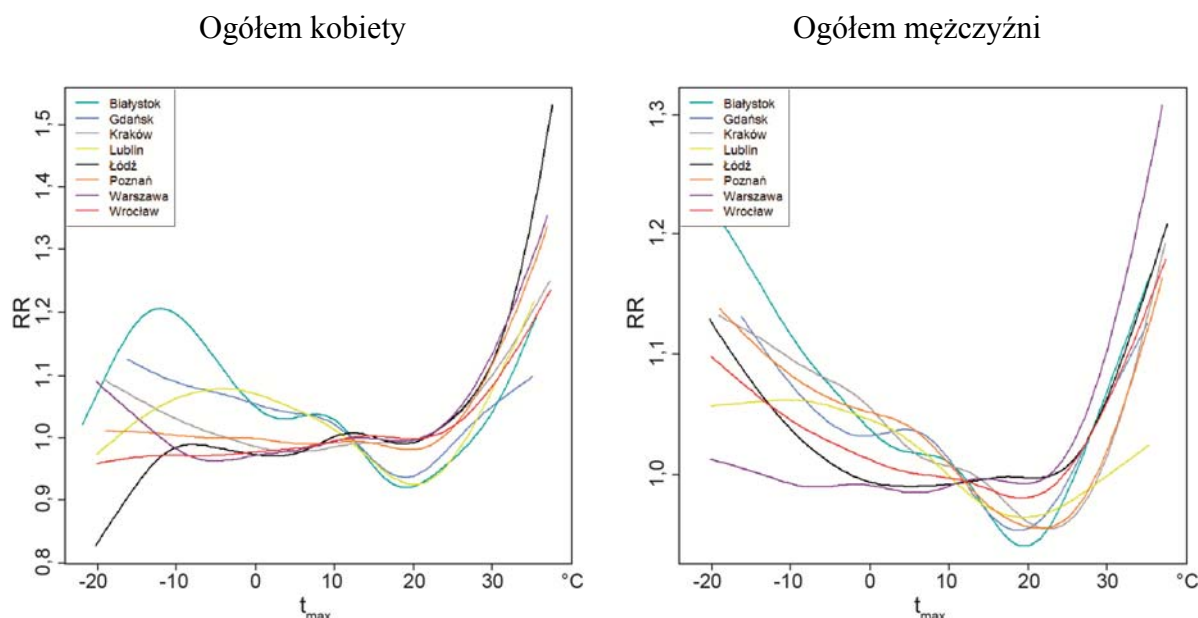
Średni wzrost RR ogółem w okresach zimnych wyniósł 14,6%, a 16,5% wśród osób 65+. Wyższy był wśród mężczyzn – 17,1% (18,3% wśród mężczyzn 65+), niż kobiet – 11,3% (15,9% wśród kobiet 65+) (ryc. 4). Wzrost RR z powodu chorób układu krążenia wyniósł 21,3% (23,5% wśród osób 65+), wśród ogółu kobiet sięgnął 22,8%, a wśród ogółu mężczyzn 21,9%.

Umieralność a skrajne warunki termiczne, w tym warunki odczuwalne

Krzywe regresji umieralności względem temperatury powietrza i wartości wskaźników biometeorologicznych w zależności od temperatury powietrza w Polsce przyjmowały kształt pomiędzy literą U i V – krzywa po stronie niskiej temperatury była łagodniejsza, po stronie wysokiej – bardziej stroma, co wskazywało na szybszy wzrost umieralności w środowisku gorącym i było potwierdzeniem analiz innych autorów.

Wyraźny był podział klimatyczny między miasta położone w „cieplejszych” i „zimniejszych” regionach Polski. W miastach „cieplejszych”, do których zaliczała się Łódź, Poznań, Warszawa i Wrocław, najniższe ryzyko względne zgonu występowało między wartością $t_{\max}$ powietrza od -10°C do 10°C . Poniżej tego przedziału RR wznosiło się nieznacznie, zaś powyżej $21\text{--}22^{\circ}\text{C}$ zaczynało szybko rosnąć. Przy 30°C wartość RR wzrastała o 10%, przy 33°C – o 20%, a przy 37°C – o 30%. W miastach zwanych „chłodniejszymi”, w Białymstoku, Gdańsku i Lublinie wyraźne optimum termiczne wynosiło $18\text{--}20^{\circ}\text{C}$, a wzrost umieralności o 10% w stosunku do oczekiwanej pojawiał się dopiero przy $t_{\max}$ 33°C . Zależności wykreślone dla Krakowa przyjmowały formy pośrednie między „cieplejszymi” i „chłodniejszymi” miastami (ryc. 5).

W warunkach zimnych w Białymstoku 10%-owy wzrost ryzyka zgonu ogółem występował już przy temperaturze -5°C , w Gdańsku przy -12°C , w Krakowie przy -18°C . W środowisku zimnym wzrost umieralności wśród osób 65+ zaznaczał się słabiej niż w całej populacji, co mogło wynikać z zachowań przystosowawczych, np. z pozostawiania osób starszych w domach w dniach szczególnie mroźnych.



Rycina 5. Ryzyko względne zgonu (RR) ogółem kobiet i mężczyzn a maksymalna temperatura powietrza ($t_{\max}$)

Umieralność kobiet była wyraźnie mniejsza w warunkach skrajnego zimna niż umieralność mężczyzn, zaś wyraźnie wyższa w warunkach gorących (do 50% w Łodzi przy

37°C). W umieralności mężczyzn zaznaczało się wyraźne optimum termiczne równe: 18–19°C w Gdańsku, 19–20°C w Białymstoku i Lublinie, czy 22–23°C w Krakowie i Poznaniu. W $t_{\max}$ poniżej -8°C w Białymstoku, -11°C w Krakowie, -13°C w Gdańsku i Poznaniu RR wśród ogółu mężczyzn rosło o ponad 10%. Od tego wzorca odbiegała Warszawa, gdzie nie notowano nadwyżki zgonów mężczyzn w warunkach zimnych, optimum termiczne było bardzo szerokie, za to w warunkach gorących RR rosło podobnie jak wśród kobiet.

Umieralność z przyczyn chorób układu krążenia w zależności od temperatury maksymalnej powietrza wyglądała bardzo podobnie do umieralności ogólnej, jedynie wartości RR były wyższe. W warunkach gorących wzrost ryzyka zgonu rzędu 10% występował przy temperaturze 29°C w Warszawie, 30°C w Łodzi i Poznaniu, 31°C we Wrocławiu i Krakowie i aż 33–34°C w Gdańsku i Lublinie. Wzrost RR o kolejne 10% w Warszawie, Łodzi i Poznaniu pojawiał się przy zmianie temperatury powietrza o następne 3°C, wzrost RR o kolejne 10% towarzyszył zmianie temperatury powietrza już tylko o 2°C.

Brak obciążeń cieplnych określonych wskaźnikiem UTCI wyraźnie sprzyjał spadkowi umieralności w Lublinie, Gdańsku i Białymstoku, zaś w pozostałych miastach wydawał się być obojętny, a najniższe wartości umieralności notowane były przy umiarkowanym, a nawet silnym obciążeniu stresem zimna.

We Wrocławiu, Poznaniu i Łodzi w warunkach obciążenia stresem zimna wzrost umieralności ogólnej się nie zaznaczał, w Warszawie, Krakowie i Lublinie wzrost RR nie przekraczał 10% w warunkach bardzo silnego i nieznosnego stresu zimna. Z kolei już obciążenie umiarkowanym stresem ciepła powodowało wyraźny wzrost ryzyka zgonu, sięgający nawet 10% w Warszawie, Poznaniu i Łodzi. Pod wpływem silnego stresu ciepła w większości miast, z wyjątkiem Gdańska i Lublina, wzrost RR wynosił 10–20%, przy bardzo silnym stresie ciepła– ryzyko zgonu zwiększało się powyżej 20%, a w Warszawie nawet o więcej niż 30%.

Ekstremalne warunki termiczne, zwłaszcza wysoka temperatura powietrza prowadziła w Polsce do wzrostu umieralności, większego wśród kobiet niż mężczyzn. Wyniki te stanowią potwierdzenie opisywanej w przeglądzie literatury słabszej biologicznej adaptacji organizmu kobiet do wysokiej temperatury powietrza. Z kolei w warunkach skrajnego zimna umieralność mężczyzn znacząco przewyższała umieralność kobiet, co wynika m.in. z większego udziału tkanki tłuszczowej u kobiet oraz z mniejszej powierzchni ciała, na której dochodzi do wymiany ciepła z otoczeniem, w efekcie mniejszego narażenia na wychłodzenie. Poza tym do wzrostu umieralności prowadzą często niebezpieczne zachowania mężczyzn narażających się na wychłodzenie przy skrajnie niskich wartościach temperatury powietrza.

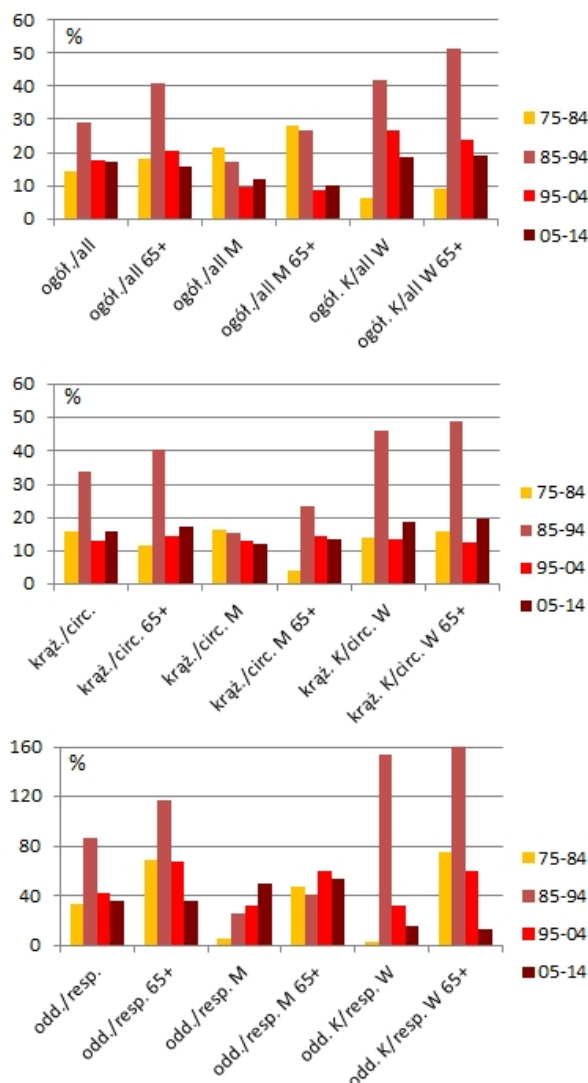
Okazało się także, że w kontekście zależności umieralności od warunków termicznych miasta nie grupują się w sposób zgodny z położeniem w regionach bioklimatycznych wyznaczonych w regionalizacji T. Kozłowskiej-Szczęsnej i innych (1997) zmodyfikowanej przez K. Błażejczyka (2004).

Ponadto w pracy opisano warunki demograficzne miast, zaś w dyskusji wyników zauważano, że na różnice umieralności w skrajnych warunkach termicznych między miastami może mieć wpływ wartość PKB na mieszkańca w danych województwach czy różnice w spożyciu alkoholu.

Adaptacja do skrajnych warunków termicznych

W celu zbadania prawdziwości hipotezy o istnieniu adaptacji populacji do cieplejszych warunków termicznych oraz, przede wszystkim zakładając, że poszerzyła się znajomość zachowań mających na celu uniknięcie negatywnych skutków upałów, obliczenia ryzyka zgonu w miastach wykonano w kolejnych dekadach badanego 40-lecia: 1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, 2005–2014.

Analiza porównawcza ryzyka zgonu w okresach gorących między poszczególnymi dekadami wykazała, że w 6 na 8 analizowanych miast (z wyjątkiem Białegostoku i Gdańska) w dekadzie 2005–2014 RR zgonu było zdecydowanie niższe w porównaniu z poprzednimi dekadami (przykład - ryc. 6). Analiza łączna ryzyka względnego zgonu we wszystkich 8 miastach wykazała, że najwyższe występowało w latach 1985-1994, zaś w ostatniej dekadzie, pomimo podobnej intensywności okresów gorących RR wyraźnie zmalało w stosunku do lat 1990. Świadczy to o adaptacji Polaków do warunków gorących, w tym zwłaszcza kobiet, a w nieco mniejszym stopniu mężczyzn. Stwierdzenie to znajduje potwierdzenie w pracach amerykańskich i szwedzkich, opisanych w książce, obejmujących podobnie długi okres badawczy.



Rycina 6. Ryzyko względne zgonu (%) ogółem (ogół.), z powodu chorób układu krążenia (kraż.) i układu oddechowego (odd.) we wszystkich analizowanych miastach wśród kobiet (K) i mężczyzn (M), w tym powyżej 65 r.ż. (65+) w falach upałów (definicja I) w kolejnych dekadach

Inaczej przedstawia się sytuacja z adaptacją do okresów zimnych. W okresach zimnych najwięcej istotnych wzrostów umieralności odnotowano w dekadach 1985–1994 i 2005–2014. W Białymstoku ryzyko zgonu ogółem w ostatniej dekadzie sięgało 1,36, a z powodu chorób układu krążenia 1,56. W Krakowie ryzyko zgonu ogółem wynosiło 1,27 w dekadzie 1985–1994 i 1,22 w latach 2005–2014. W Łodzi i Warszawie RR było najwyższe w ostatnich latach i sięgało 1,31 dla zgonów ogółem i 1,44 z powodu chorób układu krążenia w

Łodzi i odpowiednio 1,11 i 1,12 w Warszawie. W Poznaniu RR ogółem było najwyższe w latach 1985–1994 osiągając istotny statystycznie wynik 1,14, we Wrocławiu umieralność w okresach zimnych rosła w ostatnich dwóch dekadach. Proces adaptacji do warunków skrajnie mroźnych ogólnie nie był widoczny. W niektórych miastach, jak w Poznaniu czy Lublinie w ostatnich latach umieralność wyraźnie zmalała, w większości miast – wzrosła.

Analiza sumaryczna wykazała, że umieralność ogólna i z powodu chorób układu krążenia w okresach zimnych nie malała z czasem. Spadek umieralności był widoczny wśród zgonów z powodu chorób układu oddechowego, jednak wyniki te były statystycznie nieistotne. Potwierdzenie tezy o braku adaptacji do warunków zimna można znaleźć w obszernym, przekrojowym badaniu z 13 krajów na całym świecie (Gasparrini i in. 2015b) i innych artykułach, w których jednak uwzględniano różne opóźnienia efektu w stosunku do bodźca.

Wnioski końcowe i możliwość praktycznego wykorzystania badań

W pracy dowiedziono wzrost umieralności w okresach gorących i zimnych. Nieco zaskakującym wynikiem była duża różnica ryzyka zgonu między kobietami i mężczyznami w danych warunkach. Ciekawe okazały się wyniki wskazujące na adaptację populacji Polski do warunków gorących i jej brak – do zimnych. Wartościowe, bo oparte na 40 lat dobowych danych są wykresy krzywych regresji umieralności względem temperatury powietrza i wartości wskaźników biometeorologicznych, ponieważ umożliwiają oszacowanie wzrostu umieralności w danych warunkach w każdym z miast oraz wyznaczają optima termiczne. Wybrano także po 2 definicje, na podstawie których wydzielane są okresy prawdziwie skrajne termicznie (I i III okresów gorących oraz C i A okresów zimnych).

Wyniki skłaniają do przyszłej modyfikacji badań, przede wszystkim uwzględnienia różnych długości założonego przedłużania się efektu oddziaływania warunków gorących lub zimnych. Interesujące i wymagające ścisłej współpracy z epidemiologami byłoby wprowadzenie do badań polskich informacji o sytuacji społeczno-ekonomicznej osób i tym samym uściślenie wielkości wpływu samego środowiska termicznego na człowieka.

Powyższe badania posłużyć mogą do stworzenia modelu realnych wzrostów i spadków umieralności pod wpływem skrajnych warunków termicznych w poszczególnych miastach Polski, z uwzględnieniem procesu adaptacji do nich. Staną się także podstawą kolejnych, dokładniejszych analiz umieralności w skrajnych warunkach termicznych. Przede wszystkim mogłyby być elementem systemu ostrzegania ludności przed falami upałów i mrozów w Polsce.

5 OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO - BADAWCZYCH.

Literatura odnosząca się do części 5. znajduje się w Załączniku 4 – w „Wykazie innych prac naukowych”

Od samego początku specjalizacji klimatologicznej wiedziałam, że interesuje mnie klimatologia stosowana, a szczególnie wpływ pogody na człowieka, choć także na budownictwo i transport. Pracę magisterską pisałam pod kierunkiem dr M. Kopacz-Lembowicz na temat „Wpływ warunków atmosferycznych na wypadki drogowe w Radomiu”, a wymagała ona zdobycia statystyk wypadkowości z policji oraz danych meteorologicznych ze stacji na lotnisku wojskowym, szyfrowanych kodem wojskowym (innym od cywilnego). Praca została wyróżniona w konkursie prac magisterskich Polskiego Towarzystwa Geograficznego w 1995 r.

Po pozytywnym i twórczym doświadczeniu, jakim była praca magisterska, pozostałam na WGiSR UW na studiach doktoranckich i zaangażowałam się w działalność dydaktyczną Zakładu Klimatologii. W tym czasie odbyłam też kilka staży w IMGW, które znacząco poszerzyły moją wiedzę z zakresu synoptyki i biometeorologii. Rozprawa doktorska pt. „Wpływ warunków aerosanitarnych i biometeorologicznych na zgony mieszkańców Warszawy” pod kierunkiem prof. dr hab. M. Stopy-Boryczki zawierała w sobie wiele aspektów meteorologicznych tj. wpływ termicznych warstw inwersyjnych na stężenie zanieczyszczeń powietrza przy powierzchni ziemi, czy dokładną analizę biosynoptyczną pogody w latach 1994-1995 w Warszawie. W pracy doktorskiej, jako pierwsza osoba w Polsce analizowałam wpływ fal upałów na zgony. Niestety pracy tej w całości nigdy nie opublikowałam.

Jeszcze przed obroną pracy doktorskiej rozpoczęłam pracę w Zakładzie Klimatologii IGiPZ PAN i zostałam zaangażowana w prowadzone wtedy badania i projekty: terenowe badania w Tatrach, badania klimatu lokalnego uzdrowisk, projekty „Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie”, kierownik prof. dr hab. T. Kozłowska-Szczęsna i „Wpływ czynników cyrkulacyjnych i lokalnych na warunki bioklimatyczne w terenach zurbanizowanych (na przykładzie aglomeracji warszawskiej)”, kierownik dr hab. K. Błażejczyk.

Zatem od samego początku zaznaczyły się w ten sposób dwa główne nurty badawcze, którym się poświęciłam: biometeorologia i klimat miasta, która to tematyka w ostatnich latach coraz bardziej się ze sobą splata w postaci analiz wpływu różnych elementów klimatu miasta na jakość życia i zdrowie jego mieszkańców.

Wpływ pogody i klimatu na człowieka oraz potencjał leczniczy klimatu uzdrowisk

Wpływ warunków atmosferycznych na zdrowie człowieka był głównym przedmiotem 3 projektów, w jakich brałam udział [Wykaz innych prac - projekty nr 8, 9, 10] oraz większości artykułów, w których byłam jedynym autorem.

W ramach projektu „Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka” analizowałam m.in. wpływ warunków atmosferycznych na umieralność w 17 miastach Polski w latach 1993-2002 i była to pierwsza tak obszerna analiza dobowych sum zgonów w Polsce z punktu widzenia ich zależności od pogody (mas powietrza, fal upałów, fal zimna, odczucia termicznego). Efektem projektu była monografia [7] oraz kilka artykułów [35-39], a także mój udział w kolejnych 2 projektach. W projekcie „Ekstremalne zdarzenia meteorologiczne i hydrologiczne w Polsce” oceniałam zarówno częstość tych zdarzeń w Polsce północno-wschodniej, jak i ich wpływ na zgony. Uzyskane wyniki opublikowane zostały w kilku artykułach i rozdziałach w pracy zbiorowych [26, 31-33].

Istotnym elementem mojego udziału w unijnym projekcie „Assessment and Prevention of Acute Health Effects of Weather Conditions in Europe (PHEWE)” był 3-miesięczny staż w Zakładzie Epidemiologii Instytutu Zdrowia w Rzymie. Odbyłam go wiosną 2004 r., niespełna rok po tragicznej fali upałów z 2003 r. Poznałam tam nowe metody analiz wpływu pogody na człowieka i uczestniczyłam w przygotowaniach do wdrożenia pionierskiego wtedy w Europie systemu ostrzegania przed falami upałów.

W zakres badań biometeorologicznych wchodziły oceny klimatu uzdrowisk z punktu widzenia jego oddziaływania na kuracjuszy i wykorzystywania w klimatoterapii, które w Zakładzie Klimatologii prowadzone są od lat 1960. Od 2007 r. wraz z otrzymaniem przez Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN uprawnień od Ministra Zdrowia do wydawania gminom świadectw potwierdzających właściwości lecznicze klimatu na podstawie przeprowadzonych badań, zespół klimatologów, którego byłam członkiem

zaangażował się w prace nad oceną potencjału leczniczego klimatu uzdrowisk w odniesieniu do norm.

W latach 2007-2015 przeprowadzaliśmy badania w ok. 40 uzdrowiskach i miejscowościach potencjalnie uzdrowiskowych. Kierownikiem wszystkich tych projektów był prof. dr hab. K. Błażejczyk. W tym okresie uczestniczyłam łącznie w opracowaniu 34 operatów uzdrowiskowych. Brałam udział w badaniach terenowych, pomiarach hałasu, obliczeniach i ocenie klimatu lokalnego, opisie wyników pomiarów pól elektromagnetycznych, konsultacji map i wystawianych świadectw, a gdy byłam drugim autorem także pisałam rozdziały wstępne i składałam cały operat. Bardzo często pozyskiwałam też z gmin niezbędne do operatów informacje dotyczące źródeł zanieczyszczenia powietrza, źródeł PEM, planów rozwoju uzdrowiska, zmian kierunków leczenia i in.

Efekty tych prac prezentowane były na Kongresach Balneologicznych, w których licznie uczestniczą lekarze uzdrowiskowi z całego świata. Były też podstawą artykułów [23, 24] czy rozdziałów Wielkiej Księgi Balneologii, Medycyny Fizykalnej i Uzdrowiskowej [8, 9], ale przede wszystkim wykorzystane zostały w monografii „Potencjał leczniczy klimatu Polski” [6], której jestem pierwszym autorem.

Od 2016 r. IGiPZ PAN ponownie rozpoczął wydawanie świadectw potwierdzających właściwości lecznicze klimatu uzdrowisk. Projekty są bardziej złożone niż poprzednie, umowy są 2-3 letnie, obejmują w wielu uzdrowiskach stawianie pełnych automatycznych stacji meteorologicznych na okres 2 lat lub aktynometrycznych stacji uzupełniających, 2-3 serie całodobowych pomiarów hałasu, często pomiary zapylenia powietrza. Obecnie kieruję 13 takimi projektami.

Od 2010 r. jestem członkiem Zarządu Polskiego Towarzystwa Balneologii i Medycyny Fizykalnej i mam wpływ na uwzględnianie kwestii leczenia klimatem w kursach specjalizacji lekarza balneologa. Z ramienia Towarzystwa brałam też udział w Zespole do spraw opracowania koncepcji zmian w zakresie systemu lecznictwa uzdrowiskowego.

Badania wpływu pogody, a w szczególności warunków ekstremalnych na zachorowalność i umieralność prowadziłam w ramach projektu KLIMADA, podtematu „Ocena skutków możliwych zmian klimatu dla zdrowia człowieka”, ale także w projekcie statutowym w IGiPZ PAN „Długookresowe zmiany systemu klimatycznego w obszarach o różnym stopniu antropopresji”, którego jestem kierownikiem [artykuły: 22, 27, abstrakty: 51, 53, 56].

Ponadto, w ramach współpracy międzynarodowej z Bułgarską Akademią Nauk, w którą byłam i jestem zaangażowana zarówno merytorycznie, jak i organizacyjnie (opieka nad gośćmi w Polsce, organizacja wspólnych seminariów) prowadzę badania dotyczące zmian klimatu i ich wpływu na ludzi i gospodarkę Bułgarii [14, 17].

Klimat miasta

Od początku pracy w Zakładzie Klimatologii IGiPZ PAN brałam udział w badaniach klimatu lokalnego, które mają tu długą tradycję, w tym w szczególności w badaniach klimatu lokalnego w mieście. Klimat i bioklimat miasta stał się moim drugim, ważnym, polem badawczym, analizowanym zwłaszcza z punktu widzenia jego oddziaływania na człowieka.

Od początku 2006 r., wraz z dr J. Baranowskim rozpoczęliśmy poszerzanie założonej przez prof. K. Błażejczyka sieci pomiarów termiczno-wilgotnościowych w Aglomeracji Warszawskiej. Początkowo było to 20 stanowisk [28-30].

W latach 2007-2010 uczestniczyłam w projekcie „Ocena Wskaźnika Terenów Biologicznie Czynnych jako standardu kształtowania struktury przestrzennej terenów mieszkaniowych” kierowanym przez prof. dr hab. B. Szulczewską z SGGW, w ramach którego poznałam lepiej oddziaływanie różnego rodzaju terenów zielonych na klimat w

mieście. W tym projekcie założyłam 18 stałych rejestratorów termiczno-wilgotnościowych na osiedlach mieszkaniowych o różnym wieku, układzie architektonicznym i strukturze zieleni. Koordynowałam marszrutowe badania topoklimatyczne i szkoliłam studentów w nie zaangażowanych. Projekt zaowocował 2 artykułami [25], w tym z listy czasopism A MNiSW [3] i monografią [15].

Poszerzona o kilkanaście stanowisk sieć monitoringu termiczno-wilgotnościowego w Warszawie stała się podstawą udziału zespołu klimatologów z IGiPZ PAN w projekcie Central Europe “Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon (UHI)”. Byłam jego współkoordynatorem w IGiPZ PAN w latach 2012-2014 (koordynatorem głównym był prof. dr hab. K. Błażejczyk). W ramach projektu zbadałam lepiej zjawisko miejskiej wyspy ciepła, współtworzyłam strategie mitygacyjne i adaptacyjne do zmian klimatu w mieście, ale poznałam także sposób realizacji dużych projektów międzynarodowych, gdyż w brało w nim udział 17 instytucji z 7 krajów (Włochy, Niemcy, Austria, Polska, Czechy, Słowenia i Węgry). Efektem projektu był udział w konferencjach w Polsce i za granicą, kilka artykułów [12, 16, 18-21], w tym z listy czasopism A MNiSW [1, 2], rozdział w monografii wydanej przez Springer [10], monografia w języku polskim [5] oraz informator [65].

Wyniki z sieci monitoringu termiczno-wilgotnościowego wykorzystane zostały także w projekcie ADAPTCITY (2014-2018), dla którego przygotowałam dużą część bazy danych oraz wykonałam większość obliczeń do map zagrożeń klimatycznych w Warszawie.

Monitoring warunków termiczno-wilgotnościowych Warszawy jest kontynuowany i nadal jestem w niego zaangażowana. W przyszłości planujemy badania wzbogacone o pełne automatyczne stacje meteorologiczne, które powrócą z uzdrowisk, gdzie obecnie są zainstalowane.

Działalność redakcyjna i recenzencka

Redakcja techniczna i językowa publikacji „Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie” (Kozłowska-Szczęsna i in. 2002) i moje zainteresowanie literaturą i językiem polskim zaowocowały zaangażowaniem w działalność redakcyjną. Chcę o niej wspomnieć osobno, gdyż jest często umniejszana i zaniedbywana, a jest to działalność ważna i bardzo czasochłonna.

Od 2001 roku jestem aktywnym członkiem redakcji *Geographia Polonica*. Odpowiadam za pierwsze czytanie i przyjmowanie do dalszego procedowania części artykułów, w szczególności z dziedziny klimatologii. W latach 2012-2014 realizowaliśmy projekt INDEX-PLUS. Cały zespół wykonał wielką pracę na rzecz umiędzynarodowienia, unowocześnienia, podniesienia jakości i promocji czasopisma.

Przez lata byłam redaktorem lub współredaktorem 7 tomów, z czego 4 tomów *Geographia Polonica*, 2 zeszytów Dokumentacji Geograficznej i 1 tomu Prac Geograficznych. Praca w redakcji i poszukiwanie recenzentów skutkuje także recenzowaniem artykułów w innych czasopismach. Po 2010 r. wykonałam 32 recenzji do czasopism krajowych (w tym 13 anglojęzycznych) oraz 4 recenzji dla *International Journal of Biometeorology*. Przed 2010 r. takiego rejestru nie prowadziłam.

Do recenzji zaliczyć można ocenę 6 projektów zgłoszonych na konkurs „Razem dla klimatu”, którą wykonałam w 2016 r. dla Fundacji na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa.

Popularyzacja nauki i dydaktyka, opieka naukowa

W czasie studiów doktoranckich prowadziłam ćwiczenia z meteorologii dla studentów WGISR UW, czy MSOŚ, także w ramach praktyk terenowych. Bardzo to lubiłam. Pracowałam też jako nauczyciel języka angielskiego, korepetytor itd.

Kiedy rozpocząłam pełnoetatową pracę w IGiPZ PAN – bardzo mi brakowało dydaktyki. Zaangażowałam się więc w koordynację Festiwalu Nauki w IGiPZ PAN oraz prowadzenie licznych wykładów i lekcji dla klas szkolnych na różnych poziomach nauczania w ramach festiwalu, ale nie tylko. Dużo satysfakcji dała mi współpraca z Radiem Bis i cykliczne audycje na żywo dla dzieci.

W ramach popularyzacji nauki rokrocznie udzielam wielu wywiadów radiowych, telewizyjnych i prasowych, w tym autoryzowanych. Ciekawym doświadczeniem była realizacja 2 filmów: dla TVN Meteo o ekstremalnych pogodowych zjawiskach oraz "Miasto na miarę XXI wieku" dla Instytutu na Rzecz Ekorozwoju.

Zajmowałam się także opieką naukową nad 3 studentkami WGiSR UW oraz MSOŚ UW, w przypadku pani Eweliny Flis z WGiSR UW – byłam oficjalnym promotorem pomocniczym pracy magisterskiej, zaś w przypadku pani Magdy Skoniecznej – nieformalnym promotorem pomocniczym zarówno pracy licencjackiej, jak i magisterskiej. Wszystkie prace dotyczyły klimatu lokalnego różnych osiedli mieszkaniowych w Warszawie, warunków odczuwalnych czy wpływu parków na klimat obszarów otaczających.

Ponadto dwukrotnie szkoliłam studentów Wydziału Architektury Krajobrazu SGGW w zakresie zasad prowadzenia pomiarów topoklimatycznych i nadzorowałam ich udział w projektach.

Byłam także promotorem pomocniczym pracy doktorskiej mgr Jakuba Szmyda „Oddziaływanie fali orograficznej na warunki meteorologiczne na północnym przedpolu Tatr”, którą z wyróżnieniem obronił 10.10.2017 r.

Podsumowanie dorobku publikacyjnego

Mój dorobek naukowy obejmuje 60 publikacji (bez pomniejszych streszczeń referatów konferencyjnych), w tym 4 artykuły naukowe w czasopismach znajdujących się w JCR i posiadające współczynniki impact factor IF, współautorstwo 3 monografii, 9 rozdziałów w monografiach, w tym 1 wydanej w wydawnictwie Springer. Sumaryczny IF opublikowanych prac wynosi **7,272**. Wykazy wszystkich prac zostały przedstawione w Załączniku nr 4.

Indeks Hirscha mojego dorobku naukowego według bazy **Web of Science** wynosi **2**. Baza ta wymienia 4 pozycje mojego autorstwa: 3 artykuły naukowe i 1 abstract (nie uwzględnia jeszcze ostatniego artykułu o nadanym doi: 10.1007/s00484-017-1423-0 z 2017 r.). Wymienione prace zostały zacytowane według bazy Web of Science **16 razy** (nie uwzględniając autocytowań). W bazie Scopus znajduje się 17 moich prac; które były zacytowane 66 razy.

Po obronie rozprawy doktorskiej, po 2000 r. brałam udział w ponad 50 konferencjach, głównie krajowych i wielu seminariach, na których wygłosiłam 39 referatów. Byłam także współautorem wielu innych referatów, których nie prezentowałam.

Ponadto uczestniczyłam w organizacji 8 konferencji i seminariów, oraz pracowałam w komitecie programowym i naukowym 4 Zjazdów i Kongresów Balneologicznych PTBiMF.

Literatura wykorzystana w autoreferacie, w opisie osiągnięcia naukowego (pkt 4):

- Alber-Wallerström B., Holmér I., 1985, Efficiency of sweat evaporation in unacclimatized man working in a hot humid environment, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 54, 55, s. 480–487.
- Analitis A., Katsouyanni K., Biggeri A., Baccini M., Forsberg B., Bisanti L., Kirchmayer U., Ballester F., Cadum E., Goodman P.G., Hojs A., Sunyer J., Tiittanen P., Michelozzi P., 2008, Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE project, *American Journal of Epidemiology*, 168, 12, s. 1397–1408.
- Anderson G.B., Bell M.L., 2011, Heat waves in the United States: mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 U.S. communities, *Environmental Health Perspectives*, 119, 2, s. 210–218.
- Arbuthnott K., Hajat S., Heaviside C., Vardoulakis S., 2016, Changes in population susceptibility to heat and cold over time: assessing adaptation to climate change, *Environmental Health*, 15(Suppl 1), 33, s. 73–93.
- Auliciems A., Frost D., 1989, Temperature and cardiovascular deaths in Montreal, *International Journal of Biometeorology*, 33, 3, s. 151–156.
- Baccini M., Biggeri A., Accetta G., Kosatsky T., Katsouyanni K., Analitis A., Anderson H.R., Bisanti L., D'Ippoliti D., Danova J., Forsberg B., Medina S., Paldy A., Rabchenko D., Schindler Ch. Michelozzi P., 2008, Heat Effects on Mortality in 15 European Cities, *Epidemiology*, 19, 5, s. 711–719.
- Baranowska M., Wojtach B., Cedzyńska J., Martynuska A., 2000, Czas reakcji a pogoda. Wyniki eksperymentu pomiarowego MZK z 1984 r. po eliminacji procesu uczenia się, [w:] *Doskonalenie systemu informacji biometeorologicznej*, IMGW, Warszawa [manuskrypt].
- Błażejczyk K., 1993, Wymiana ciepła pomiędzy człowiekiem i otoczeniem w różnych warunkach środowiska geograficznego, *Prace Geograficzne, IGIPZ PAN*, 159.
- Błażejczyk K., 1998, Promieniowanie słoneczne a gospodarka cieplna organizmu człowieka. *Zeszyty IGIPZ PAN*, 51, Warszawa.
- Błażejczyk K., 2004, Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce, *Prace Geograficzne*, 192.
- Błażejczyk K., Baranowski J., Błażejczyk A., 2015, Wpływ klimatu na stan zdrowia w Polsce: stan aktualny oraz prognoza do 2100 roku, *Wydawnictwo Akademickie SEDNO*, Warszawa.
- Błażejczyk K., Baranowski J., Pisarczyk S., Śmietanka M., 1998, Wpływ warunków meteorologicznych na zachorowalność mieszkańców Warszawy, *Acta Universitatis Lodzensis, Folia Geographica Physica*, 3, s. 145–151.
- Błażejczyk K., Broede P., Fiala D., Havenith G., Holmér I., Jendritzky G., Kampmann B., 2010, UTCI – Nowy wskaźnik oceny obciążeń cieplnych człowieka, *Przegląd Geograficzny*, 82, 1, s. 49–71.
- Błażejczyk K., Kuchcik M., Błażejczyk A., Milewski P., Szmyd J., 2014a, Assessment of urban thermal stress by UTCI—experimental and modelling studies: an example from Poland, *Die Erde*, 144, 3, s. 105–116.
- Błażejczyk K., McGregor G., 2007, Warunki biotermiczne a umieralność w wybranych aglomeracjach europejskich, *Przegląd Geograficzny*, 79, 3–4, s. 401–423.
- Bogucki J., 1967, Wstępne uwagi z badań rytmu dobowego wypadków drogowych w mieście Poznaniu, *Monografie, Podręczniki, Skrypty Wyższej Szkoły Wychowania Fizycznego w Poznaniu, Seria Monografie*, 19.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2007, Okresowe wahania temperatury powietrza w Europie w XIX–XXI wieku i ich przyczyny, [w:] K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, s. 163–174.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1998, Tendencje wiekowe klimatu miast w Europie, [w:] *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, 11, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1999, Cykliczne zmiany klimatu miast w Europie, [w:] *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, 13, Warszawa.

- Bröde P., Fiala D., Błażejczyk K., Holmér I., Jendritzky G., Kampmann B., Tinz B., Havenith G., 2012, Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI), *International Journal of Biometeorology*, 56, 3, s. 481–494.
- Bull G.M., Morton J., 1978, Environment, temperature and deaths rates, *Age Ageing*, 7, s. 210–224.
- Cheshire W.P., 2016, Thermoregulatory disorders and illness related to heat and cold stress, *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 196, s. 91–104.
- Clinch J.P., Healy J.D., 2000, Housing standards and excess winter mortality, *Journal of Epidemiology and Community Health*, 54, 9, s. 719–720.
- Curriero F., Heiner K., Samet J., Zeger S., Strug L., Patz J., 2002, Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States, *American Journal of Epidemiology*, 155, 1, s. 80–87.
- Davis R., Knappenberger P., Michaels P., Novicoff W., 2003, Changing heat-related mortality in the United States, *Environmental Health Perspectives* 111, 14, s. 1712–1718.
- De Livera A.M., Hyndman R.J., Snyder R. D., 2011, Forecasting time series with complex seasonal patterns using exponential smoothing, *Journal of the American Statistical Association*, 106(496), s. 1513–1527.
- Donaldson G.C., Tchernjavskii V.E., Ermakov S.P., Bucher K., Keatinge W.R., 1998, Winter mortality and cold stress in Yekaterinburg, Russia: interview survey, *British Medical Journal*, 316 (7130), s. 514–518.
- Ellis F.P., Nelson F., 1978, Mortality in the elderly in a heat wave in New York City, August 1975, *Environmental Research*, 15, 3, s. 504–512.
- EMDAT, Emergency Events Database, <http://www.emdat.be/> [dostęp 11.03.2016].
- ERZ, 2012, Europejski Raport Zdrowia 2012: droga do osiągnięcia dobrostanu, Europejskie Biuro Regionalne WHO, Kopenhaga, <http://www.who.un.org.pl/aktualnosci.php?news=84%26wid=14> [dostęp 11.03.2016]
- Eurowinter Group, 1997, Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe, *Lancet*, 349, s. 1341–1346.
- Fiala D., Havenith G., Bröde P., Kampmann B., Jendritzky G., 2012, UTCI-Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation, *International Journal of Biometeorology*, 56, 3, s. 429–441.
- Filleu L., Cassadou S., Medina S., Fabres P., Lefranc A., Eilstein D., Le Tertre A., Pascal L., Chardon B., Blanchard M., Declercq C., Jusot J.F., Prouvost H., Ledrans M., 2006, The relation between temperature, ozone, and mortality in nine French cities during the heat wave of 2003, *Environmental Health Perspectives*, 114, 9, s. 1344–1347.
- Fouillet A., Rey G., Wagner V., Laaidi K., Empereur-Bissonnet P., Le Tertre A., Frayssinet P., Bessemoulin P., Laurent F., De Crouy-Chanel P., Jouglu E., Hémon D., 2008, Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave of summer 2003? A study of the 2006 heat wave, *International Journal of Epidemiology*, 37, 2, s. 309–17.
- Gabriel K.M.A., Endlicher W.R., 2011, Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany, *Environmental Pollution*, 159, 8–9, s. 2044–2050.
- Garssen J., Harmsen C., de Beer J., 2005, The effect of the summer 2003 heat wave on mortality in the Netherlands, *Eurosurveillance*, 10, 7–9, s. 165–167.
- Gasparrini A., Armstrong B., Kenward M.G., 2012, Multivariate meta-analysis for non-linear and other multi-parameter associations, *Statistics in Medicine*, 31, 29, s. 3821–3839.
- Gasparrini A., Guo Y., Hashizume M., Lavigne E., Zanobetti A., Schwartz J., Tobias A., Tong S., Rocklöv J., Forsberg B., Leone M., De Sario M., Bell M.L., Guo Y.-L.L., Wu Ch.-f, Kan H., Yi S.-M., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho M., Hilario Nascimento Saldiva P., Honda Y., Kim H., Armstrong B., 2015b, Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multi-country observational study, *Lancet*, 386, s. 369–375.
- Green J.S. Kalkstein .S., Kim K.R., Choi Y.-J. Lee D.-G., 2016, The application of the European heat wave of 2003 to Korean cities to analyze impacts on heat-related mortality, *International Journal of Biometeorology*, 60, 2, s. 231–243.
- Grize L., Huss A., Thommen O., Schindler Ch., Braun-Fahrlander Ch., 2005, Heat wave 2003 and mortality in Switzerland, *Swiss Medical Weekly*, 135, s. 200–205.

- Grzędziński E., Kopacz M., Czarniecki W., Jaworski W., Gajewski J., Okołowicz W., 1972, Recherches sur l'influence des facteurs météorologiques sur les symptômes subjectifs humains, *Cahiers de l'Association Française de Biométéorologie*, 5, 4, s. 5–21.
- Guyton A.C., Hall J.E., 2006, Medical physiology, wydanie 11, Elsevier Saunders, Philadelphia, <http://vet.uokufa.edu.iq/staff/falah/Textbook%20of%20Medical%20Physiology.pdf> [dostęp 30.09.2016].
- Hajat S., Kovats R.S., Lachowycz K., 2007, Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: who is at risk? *Occupational and Environmental Medicine*, 64, 2, s. 93–100.
- Hastie T., Tibshirani R., 1990, Generalized Additive Models, Chapman and Hall, London.
- Healy J., 2003, Excess winter mortality in Europe: a cross-country analysis identifying key risk factors, *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57, 10, s. 784–789.
- Huynen M.M.T.E., Martens P., Schram D., Weijenberg M.P., Kunst A.E., 2001, The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population, *Environmental Health Perspectives*, 109, 5, s. 463–470.
- Ichinose-Kuwahara T., Inoue Y., Iseki Y., Hara S., Ogura Y., Kondo N., 2010, Sex differences in the effects of physical training on sweat gland responses during a graded exercise, *Experimental Physiology*, 95, 2, s. 1026–1032.
- IPCC, 2007, Summary for policymakers, [w:] S. Solomon, D. Qin i in., (red.) *Climate Change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, NY, USA.
- IPCC, 2013, Summary for policymakers, [w:] T.F. Stocker, D. Qin i in., (red.) *Climate Change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, NY, USA.
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Mitigation of climate change, summary for policymakers*, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf [dostęp 1.10.2015]
- Isaksen T.B., Fenske R.A., Hom E.K., Ren Y., Lyons H., Yost M.G., 2016, Increased mortality associated with extreme-heat exposure in King County, Washington, 1980–2010, *International Journal of Biometeorology*, 60, 1, s. 85–98.
- Jankowiak J. (red.), 1976, *Biometeorologia człowieka*, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa.
- Jankowski Z., 2002, Śmierć z ochłodzenia, *Archiwum Medycyny Sądowej i Kryminologii*, 52, 4, s. 313–322, http://www.amsik.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=198 [dostęp 1.10.2015].
- Kaciuba-Uscilko H., Greenleaf J.E., 1989, Acclimatization to cold in humans, NASA, Technical Memorandum 101012, National Aeronautics and Space Administration, California.
- Kalkstein L., 1991, A new approach to evaluate the impact of climate on human mortality, *Environmental Health Perspectives*, 96, s. 145–150.
- Kalkstein L.S., Barthel C.D., Greene J.S., Nichols M.C., 1996, A new Spatial Synoptic Classification: application to air mass analysis, *International Journal of Climatology*, 16, 9, s. 983–1004.
- Kalkstein L.S., Greene S., 1997, An evaluation of climate/mortality relationships in large U.S. cities and the possible impacts of a climate change, *Environmental Health Perspectives*, 105, 1, s. 84–93.
- Kalkstein L.S., Valimont K., 1986, An evaluation of summer discomfort in the United States using a Relative Climatological Index, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 67, 7, s. 842–848.
- Kaszewski B.M., Bilik A.Z., 2015, Zmiany średniej dobowej temperatury powietrza w Lublinie w latach 1951–2010, *Annales UMCS*, XIV, 2, B, s. 71–82.
- Keatinge W.R., 2002, Winter mortality and its causes, *International Journal of Circumpolar Health*, 61, 4, s. 292–299.
- Kenney W.L., Munce T.A., 2003, Aging and human temperature regulation, *Journal of Applied Physiology*, 95, 6, s. 2598–2603.
- KLIMADA, <http://klimada.mos.gov.pl/zmiany-klimatu-w-polsce/tendencje-zmian-klimatu/> [dostęp 23.08.2016].
- Klonowicz S., Kozłowski S., 1970, *Człowiek a środowisko termiczne*, PZWL, Warszawa.
- Korczyński L., 1933, *Zarys klimatologii lekarskiej*, Polskie Towarzystwo Balneologiczne, T. I, Kraków-Lwów.

- Korczyński L., 1936, Zarys klimatologii lekarskiej, Polskie Towarzystwo Balneologiczne, T II, Kraków-Lwów.
- Kosatsky T., 2005, The 2003 European heat waves, Archives: Eurosurveillance monthly releases, 10, s. 148–149.
- Kossowska-Cezak U., 2014, Zmiany wieloletnie liczby termicznych dni charakterystycznych w Warszawie (1951–2010), Prace Geograficzne, IGiGP UJ, 136, s. 9–30.
- Kossowska-Cezak U., Skrzypczuk J., 2011, Pogoda upalna w Warszawie (1947–2010), Prace i Studia Geograficzne, 47, s. 139–146.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2012, Niezwykłe gorące miesiące i sezony letnie w Europie Środkowej i Wschodniej (1951 – 2010). Cz. I. Niezwykłe gorące miesiące letnie. Cz. II. Niezwykłe gorące sezony letnie, Przegląd Geofizyczny, 57, 3–4, s. 299–342.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2015, Niezwykłe mroźne zimy i niezwykle gorące lata w Europie (1951 – 2010), Przegląd Geofizyczny, 60, 3–4, s. 163–187.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2017, Anomalie termiczne w Europie (1951-2010), Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997, Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski, IGiPZ PAN Monografie, 1, Warszawa.
- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., Limanówka D., 2002, Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie, IGiPZ PAN Monografie, 3, Warszawa.
- Kozłowska-Szczęsna T., Grzędziński E., 1990/91, The influence of atmospheric environment upon the occurrence of accidents among construction workers, Energy and Buildings, 15–16, s. 749–753.
- Kozłowska-Szczęsna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004, Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka, Monografie IGiPZ PAN, 4, Warszawa.
- Kozłowski S., 1986, Granice przystosowania, Wiedza Powszechna, Warszawa.
- Koźmiński C., Michalska B., 2008, Zmienność minimalnej dobowej temperatury powietrza w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku, Acta Agrophysica, 12, 3, s. 713–736.
- Krzyżewska A., 2015, Szczególnie uciążliwe fale upałów w Lublinie, Przegląd Geofizyczny, LX, 3–4, s. 207–215.
- Krzyżewska A., Dobek M., Domżał-Drzewicka R., Rząca M., 2015, Upały a zdrowie i życie człowieka na przykładzie Lublina, [w:] A. Wdowiak, A. Tucki (red.), Aspekty środowiskowo-rekreacyjne i prawne zdrowia człowieka, Międzynarodowe Towarzystwo Wspierania i Rozwoju Technologii Medycznej, s. 39–51.
- Krzyżewska A., Dobek M., Domżał-Drzewicka R., Rząca M., 2017, Emergency interventions due to weather related hypothermia, Weather, 72, 1, s. 8–12.
- Krzyżewska A., Wereski S., 2011, Fale upałów i mrozów w wybranych stacjach Polski na tle regionów bioklimatycznych (2000–2010), Przegląd Geofizyczny, LVI, 1–2, s. 99–109.
- Kuchcik M., 1998, Influence of atmospheric conditions on traffic accidents. The case of Radom, Miscellanea Geographica 8, s. 141–147.
- Kuchcik M., 2000, Wpływ warunków aerosanitarnych i biometeorologicznych na zgony mieszkańców Warszawy, WGiSR UW, Warszawa, maszynopis rozprawy doktorskiej.
- Kuchcik M., 2003, The influence of aerosanitary and biometeorological conditions on the health and mortality of the inhabitants of Warsaw, [w:] M. Stopa-Boryczka (red.), Studies on the climate of Warsaw, Warsaw University, Faculty of Geography and Regional Studies, s. 155–166.
- Kuchcik M., 2006a, Defining heat waves – different approaches, Geographia Polonica, 79, 2, s. 47–63.
- Kuchcik M., 2006b, Pogoda w Polsce a umieralność: współcześnie oraz w świetle prognoz zmian klimatu, Balneologia Polska, 48, 4, s. 239–244.
- Kuchcik M., Błażejczyk K., 2001, Wpływ warunków pogodowych na zachorowalność i umieralność mieszkańców Warszawy, [w:] B. Krawczyk, G. Węclawowicz (red.), Badania środowiska fizycznogeograficznego aglomeracji warszawskiej, Prace Geograficzne, 180, s. 71–87.

- Kuchcik M., Błażejczyk K., Szmyd J., Milewski, P., Błażejczyk A., Baranowski J., 2013, Potencjał leczniczy klimatu Polski, Wydawnictwo Akademickie SEDNO, Warszawa.
- Kuchcik M., Degórski M., 2009, Heat- and cold-related mortality in the north-east of Poland as the example of socio-economic effects of extreme hydrometeorological events on Polish Lowland, *Geographia Polonica*, 82, 1, s. 69–78.
- Kunst A., Looman C., Mackenbach J., 1993, Outdoor air temperature and mortality in the Netherlands: a time-series analysis, *American Journal of Epidemiology*, 137, 3, s. 331–341.
- Kyselý J., 2004, Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic, *International Journal of Biometeorology*, 49, 2, s. 91–97,
- Kyselý J., Huth R., 2004, Heat-related mortality in the Czech Republic examined through synoptic and “traditional” approaches, *Climate Research*, 25, 3, s. 265–274.
- Laaidi M., Laaidi K., Besancenot J.-P., 2006, Temperature-related mortality in France, a comparison between regions with different climates from the perspective of global warming, *International Journal of Biometeorology*, 51, 2, s. 145–153.
- LeBlanc J., Côté J., Dulac S., Dulong-Turcot F., 1978, Effects of age, sex and physical fitness on responses to local cooling, *Journal of Applied Physiology*, 44, 5, s. 813–817.
- Lorenc H., 2000, Studia nad 220-letnią (1779–1998) serią temperatury powietrza w Warszawie oraz ocena jej wiekowych tendencji, *Materiały Badawcze, seria: Meteorologia*, 31, IMGW, Warszawa.
- Majer J., 1845, Wpływ stanu meteorologicznego na śmiertelność oceniony według dziesięcioletnich spostrzeżeń w Krakowie, *Roczniki Wydziału Lekarskiego, UJ*, VIII.
- Mączyński B., 1972a, Warunki pogody – czas reakcji prostej i wypadki drogowe w Wielkopolsce, cz. 1, *Balneologia Polska*, XVII, 1/2, s. 107–131.
- Mączyński B., 1972b, Warunki pogody – czas reakcji prostej i wypadki drogowe w Wielkopolsce, cz. 2, *Balneologia Polska*, XVII, 3, s. 307–336.
- McGregor G. R., Walters S., Wordley J., 1999, Daily hospital respiratory admissions and winter air mass types, Birmingham, UK, *International Journal of Biometeorology*, 43, 1, s. 21–30.
- Michelozzi P., de Donato F., Accetta G., Forastiere F., D’Ovidio M., Perucci C., Kalkstein L., 2004, Impact of heat waves on mortality – Rome, Italy June-August 2003, *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 53, 17, s. 369–371.
- Michelozzi P., Fano V., Forastiere F., Barca A., Kalkstein L., Perucci C., 2000, Weather conditions and elderly mortality in Rome during summer, *World Meteorological Organization Bulletin*, 49, 4, s. 348–355.
- Niedźwiedz T. (red.), 2003, Słownik Meteorologiczny, Atlasy i Monografie IMGW, IMGW, Warszawa.
- Noe R.S., Jin J.O., Wolkin A.F., 2012, Exposure to Natural Cold and Heat: Hypothermia and Hyperthermia Medicare Claims, United States, 2004–2005, *American Journal of Public Health*, 102, 4, s. 11–18.
- Normand S.-L., 1999, Meta-analysis: formulating, evaluating, combining and reporting, *Statistics in Medicine*, 18, s. 321–359.
- Pattenden S., Nikiforov B., Armstrong B.G., 2003, Mortality and temperature in Sofia and London, *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57, 8, s. 628–633.
- Piotrowicz K., 2007, Wieloletnie zróżnicowanie nocy gorących w Krakowie, [w:] K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, s. 279–286.
- Podstawczyńska A., Adamkiewicz B., 1998, Częstość występowania krwotoków podpajęczynówkowych w województwie łódzkim w latach 1992–1995 w świetle typologii pogody, *Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica*, 3, s. 547–558, green
- Podstawczyńska A., 2010, Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w regionie łódzkim w ostatnim stuleciu, [w:] J. Twardy, S. Żurek, J. Forysiak (red.), *Torfowisko Żabieniec: warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 63–73.

- Pozos R.S., Danzl D.F., 2002, Human physiological responses to cold stress and hypothermia, [w:] K.B. Pandolf, R.E. Burr (red.), Textbooks of Military Medicine, Medical Aspects of Harsh Environments, 1, Office of the Surgeon General, U.S. Army, s. 351–382.
- QUANTUP, 2014, <http://quantup.pl/2014/03/12/gnu-r/analiza-i-prognozowanie-szeregow-czasowych-o-zlozonej-sezonowosci-2/> [dostęp 1.03.2016].
- Rabczenko D., Seroka W., Wojtyniak B., 2015, Analiza związku umieralności mieszkańców Warszawy z poziomem maksymalnej temperatury dziennej w latach 2008–2013, końcowy raport dla projektu Adaptcity, maszynopis.
- Rabczenko D., Wojtyniak B., Kuchcik M., Seroka W., 2009, Ryzyko zgonu z powodu chorób układu krążenia mieszkańców polskich miast związane z dobowymi zmianami temperatury maksymalnej, *Przegląd Epidemiologiczny*, 63, 4, s. 565–570.
- Rabczenko D., Wojtyniak B., Kuchcik M., Szymalski W., Seroka W., Żmudzka E., 2016, Association between high temperature and mortality of Warsaw inhabitants, 2008–2013, *Przegląd Epidemiologiczny*, 70, 4, s. 629–640.
- Revich B., Shaposhnikov D., 2008, Temperature-induced excess mortality in Moscow, Russia, *International Journal of Biometeorology*, 52, 5, s. 367–374.
- Rey G., Fouillet A., Bessemoulin P., Frayssinet P., Dufour A., Jougla E., Hemon D., 2009, Heat exposure and socio-economic vulnerability as synergistic factors in heat-wave-related mortality, *European Journal of Epidemiology*, 24, 9, s. 495–502.
- Robine J.M., Cheung S.L., LeRoy S., Van Oyen H., Griffiths C., Michel J.P., Herrmann F.R., 2008, Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003, *Comptes Rendus Biologies*, 331, 2, s. 171–178.
- Robine J.M., Cheung S.L., Le Roy S., Van Oyen H., Herrmann F.R., 2007, Report on excess mortality in Europe during summer 2003, European Union Community Action Programme for Public Health, Grant Agreement 2005114, 2003 Heat Wave Project http://ec.europa.eu/health/archive/ph_projects/2005/action1/docs/action1_2005_a2_15_en.pdf [dostęp 25.11.2013].
- Robinson P., 2001, On the definition of a heat wave, *Journal of Applied Meteorology*, 40, 4, s. 762–775.
- Rooney C., McMichael A., Kovats S., Coleman M., 1998, Excess mortality in England and Wales, and in Greater London, during the 1995 heatwave, *Journal of Epidemiology and Community Health*, 52, 8, s. 482–486.
- Rocklöv J., Forsberg B., Ebi K., Bellander T., 2014, Susceptibility to mortality related to temperature and heat and cold wave duration in the population of Stockholm County, Sweden, *Global Health Action*, 7: 22737–<http://dx.doi.org/10.3402/gha.v7.22737>.
- Royé D., 2017, The effects of hot nights on mortality in Barcelona, Spain, *International Journal of Biometeorology*, DOI 10.1007/s00484-017-1416-z.
- Rudawy P., 2014, Rozbłyśki słoneczne i zakłócenia na Ziemi, <http://uni.wroc.pl/wiadomosci/astronomia/rozblyski-sloneczne-i-zaklucenia-na-ziemi> [dostęp 10.06.2016].
- Sartor F., Snacken R., Demuth C., Walckiers D., 1995, Temperature, ambient ozone levels, and mortality during summer, 1994, in Belgium, *Environmental Research*, 70, 2, s. 105–113.
- Schifano P., Leone M., De Sario M., de Donato F., Bargagli A.M., D’Ippoliti D., Marino C., Michelozzi P., 2012, Changes in the effects of heat on mortality among the elderly from 1998–2010: results from a multicenter time series study in Italy, *Environmental Health*, 11:58, <http://www.ehjournal.net/content/11/1/58>. [dostęp 15.02.2016]
- Schwartz J., 2000, The distribution lag between air pollution and daily deaths, *Epidemiology*, 11, 3, s. 320–326.
- Semenza J., Rubin C., Falter K., Selanikio J., Flanders W. D., Howe H., Wilhelm J., 1996, Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago, *The New England Journal of Medicine*, 335, 2, s. 84–90.
- Shaposhnikov D., Revich B., Bellander T., Bedada G.B., Bottai M., Kharkova T., Kvasha E., Lezina E., Lind T., Semutnikova E., Pershagen G., 2014, Mortality related to air pollution with the Moscow heat wave and wildfire of 2010, *Epidemiology*, 25, 3, s. 359–364.

- Sheridan S.C., Kalkstein A.J., Kalkstein L.S., 2009, Trends of heat-related mortality in the United States: 1975–2004, *Natural Hazards*, 50, 1, s. 145–160.
- Spanghel T., Cubasch U., Raible Ch.C., Schimanke S., Körper J., Hofer D., 2011, Evolution of climate from the late maunder Minimum (1675–1715 ad) to present day with special focus on Poland, *Prace i Studia Geograficzne*, 47, s. 17–23.
- Spinoni J., Naumann G., Vogt J.V., Paulo Barbosa P., 2015, The biggest drought events in Europe from 1950 to 2012, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 3, s. 509–524.
- Tong S., Wang X.Y., Yu W., Chen D., Wang X., 2014. The impact of heatwaves on mortality in Australia: a multicity study, *BMJ Open*, 4.
- Tromp S.W., 1980, *Biometeorology*, London, Heyden.
- Twardosz R., Kossowska-Cezak U., 2013, Exceptionally hot summers in Central and Eastern Europe (1951–2010), *Theoretical and Applied Climatology*, 112, 3–4, s. 617–628.
- Vuori I., 1987, The heart and the cold: a review, *Annals of Clinical Research*, 19, 3, s. 156–162.
- Wagner J.A., Horvath S.M., 1985, Cardiovascular reactions to cold exposures differ with age and gender, *Journal of Applied Physiology*, 58, 1, s. 187–192.
- Wagner J.A., Robinson S., Marino R.P., 1974, Age and temperature regulation of humans in neutral and cold environments, *Journal of Applied Physiology*, 37, 4, s. 562–565.
- Wibig J., 2012, Has the frequency or intensity of hot weather events changed in Poland since 1950?, *Advances in Science & Research*, 8, s. 87–91.
- Wibig J., Podstawczyńska A., Rzepa M., Piotrowski P., 2009a, Heatwaves in Poland – frequency, trends and relations with atmospheric circulation, *Geographia Polonica*, 82, 1, s. 33–46.
- Wibig J., Podstawczyńska A., Rzepa M., Piotrowski P., 2009b, Coldwaves in Poland – frequency, trends and relations with atmospheric circulation, *Geographia Polonica*, 82, 1, s. 47–59.
- Wiecha D., 1952, Wpływ warunków meteorologicznych na śmiertelność na terenie miasta Krakowa w roku 1950, *Rozprawy Wydziału Lekarskiego PAU, S I*, 13, 2, s. 23–58.
- Wood S., 2006, *Generalized Additive Models: An Introduction with R*, Chapman & Hall/CRC, USA, Boca Raton.
- Wójcik R., Miętus M., 2014, Niektóre cechy wieloletniej zmienności temperatury powietrza w Polsce (1951–2010), *Przegląd Geograficzny*, 86, 3, s. 339–364.
- Young A.J., Sawka M.N., Pandolf K.B., 1996, *Physiology of cold exposure*, [w:] *Nutritional needs in cold and in high-altitudes environments: application or military personnel in field operations*, Institute of Medicine, National Academy Press, Washington D.C., s. 127–147.
- Zagdański A., Suchwałko A., 2015, *Analiza i prognozowanie szeregów czasowych. Praktyczne wprowadzenie na podstawie środowiska R*, PWN, Warszawa.