

**Danuta Idzikowska**

Uniwersytet Warszawski,

Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Zakład Klimatologii

00–927 Warszawa, ul. Krakowskie Przedmieście 30

e-mail: danuta.idzikowska@student.uw.edu.pl

**ZWIĄZKI MIĘDZY UMIERALNOŚCIĄ A UTCI  
W PARYŻU, RZYMIE, WARSZAWIE I BUDAPESZCIE**

**Relationships between mortality and UTCI  
in Paris, Rome, Warsaw and Budapest**

**Summary.** Weather conditions influence the health and well-being of men. Many researchers indicate that the rise of morbidity or mortality is caused by extreme heat stress or extreme cold stress. Although the weather is not the main reason of the wrong functioning of the human being, the biothermal conditions may significantly intensify the symptoms of different diseases.

The aim of the study is to examine the influence of biothermal conditions, described by the Universal Thermal Climate Index (UTCI), based on Fiala multi-node model of human heat balance, on mortality in chosen European cities, situated in different climate zones. The study should also show the strength of these relationships and their differences in the researched cities.

The results show that the relationship between the mortality of people older than 64 years and UTCI with 2-days delay was the strongest. The greatest relationships between mortality and UTCI were observed in summer months (July and August). Rome appeared to be exceptional with the strongest relationship between mortality and UTCI (correlation coefficient up to 0.69). It was also the only city in which mortality always increased with the increase of the UTCI values in all seasons.

**Słowa kluczowe:** umieralność, UTCI, Paryż, Rzym, Warszawa, Budapeszt

**Key words:** mortality, UTCI, Paris, Rome, Warsaw, Budapest

**WPROWADZENIE**

Warunki pogodowe wpływają na stan zdrowia i samopoczucie człowieka. Wielu autorów (Dessai 2002, Diaz i in. 2005, Wilkinson i in. 2004, Kysely J. 2004)

w swych badaniach wskazuje, że na podwyższenie zachorowalności lub umieralności wpływają warunki silnego stresu gorąca lub silnego stresu zimna. Mimo iż pogoda nie jest główną przyczyną nieprawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka, to panujące warunki biotermiczne mogą być przyczyną nasilania się wielu objawów chorobowych (Błażejczyk, Kozłowska-Szczęsna 2008).

Badając wpływ warunków pogodowych na zdrowie człowieka, autorzy najczęściej ukazują związek z temperaturą powietrza. W niektórych pracach do oceny warunków termicznych stosuje się wskaźniki biometeorologiczne, takie jak Humidex czy Wind Chill Index (wskaźnik ochładzania wiatrem), oraz wskaźniki oparte na bilansie cieplnym, na przykład Perceived Temperature (Leschesky, Jendritzky 2002) czy Temperatura Odczuwana Fizjologicznie (Błażejczyk, McGregor 2007). W obecnym opracowaniu zastosowano wskaźnik UTCI, oparty na wielowęzłowym modelu przepływu ciepła w organizmie człowieka Fiali.

Celem badań jest określenie związków statystycznych umieralności ze wskaźnikiem UTCI w wybranych miastach europejskich, zlokalizowanych w różnych strefach klimatycznych. Praca ma także ukazać różnice w badanych związkach w uwzględnionych miastach: Warszawie, Paryżu, Rzymie i Budapeszcie.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

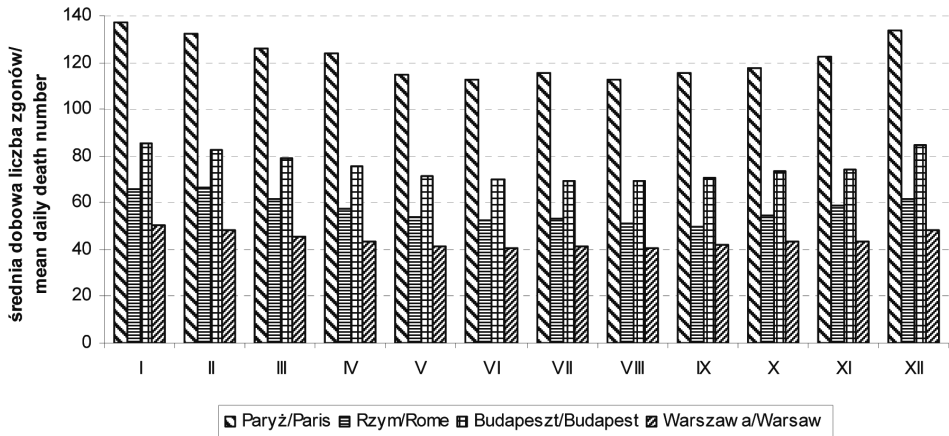
Dane meteorologiczne i dotyczące umieralności wykorzystane w badaniach pochodziły z dwóch baz danych: dla Warszawy była to baza danych stworzona na potrzeby projektu 3 P04E 012 23 zatytułowanego „Wpływ środowiska na zdrowie i samopoczucie człowieka”. Dla pozostałych miast była to baza danych stworzona na potrzeby projektu PHEWE (Assessment and Prevention of Acute Health Effects of Weather Conditions in Europe).

Dane meteorologiczne wykorzystane w badaniu składały się z wartości temperatury powietrza (°C), temperatury punktu rosy (°C), ciśnienia pary wodnej (hPa), wielkości zachmurzenia (oktanty) oraz prędkości wiatru (m/s) z godziny 12 UTC z lat 1990–2002. Dane dotyczące umieralności składały się z dobowej liczby zgonów ogółem oraz w podziale na kategorie wiekowe: 0–14, 15–64 i powyżej 64 lat, z lat 1991–2001.

Wykorzystując wymienione dane meteorologiczne, obliczono, za pomocą programu BioKlima©2.6, wskaźnik UTCI. Wykorzystując program Statistica 7.0, przeprowadzono analizę statystyczną przy wykorzystaniu macierzy korelacji.

## WYNIKI

Największa średnia dobowa liczba zgonów ogółem była stwierdzona w Paryżu (od ok. 115 w maju i czerwcu do blisko 140 w styczniu), a najmniej zgonów rejestrowano każdego dnia w Warszawie (od 40 w maju i czerwcu do 65 w lutym); różnice te wynikają oczywiście z wielkości obu miast. Niemniej w każdym z nich daje się zaobserwować wyraźną zmienność roczną – najmniej zgonów jest latem, a najwięcej w okresie zimowym (ryc. 1).



**Ryc. 1.** Średnie dobowe liczby zgonów ogółem w badanych miastach w poszczególnych miesiącach (1991–2001)

**Fig.1.** Mean daily values of total mortality in the studied cities in particular months (1991–2001)

Badając związki statystyczne UTCI z umieralnością ogółem ( $U_o$ ) oraz z umieralnością w trzech klasach wiekowych w latach 1991–2001, najsilniejsze powiązania wykazano między  $U_o$  i UTCI (współczynnik korelacji –  $r$  waha się od  $-0,15$  do  $-0,17$ ). Wraz ze wzrostem wartości UTCI umieralność zmniejszała się (tab. 1).

Analizując sytuację w poszczególnych miastach, najsilniejsze związki stwierdzono między umieralnością ogółem oraz umieralnością osób powyżej 64 roku życia a UTCI ( $-0,21 \geq r \geq -0,42$ ). Tu również wraz ze wzrostem wartości UTCI umieralność wykazywała spadek. Wyjątkowa okazała się umieralność osób powyżej 64 roku życia w Rzymie, gdzie wzrastała wraz ze wzrostem wartości UTCI. W Paryżu, Rzymie i Budapeszcie związki umieralności ogółem z UTCI były podobne, a w Warszawie trochę słabsze niż w pozostałych miastach. Umieralność wśród osób powyżej 64 roku życia wykazywała najsilniejsze związki z UTCI w Rzymie ( $r$  od  $0,35$  do  $0,57$ ) i Paryżu ( $r$  od  $-0,36$  do  $-0,42$ ), najsłabsze natomiast w Budapeszcie ( $r$  od  $-0,11$  do  $-0,13$ ).

**Tabela 1.** Związek umieralności ogółem ( $U_0$ ) i umieralności w różnych grupach wiekowych ( $U_{0-14}$ ,  $U_{15-64}$ ,  $U_{> 64}$ ) z UTCI (w dniu bieżącym i z uwzględnieniem opóźnienia 1, 2 i 3 dni) w badanych miastach w latach 1990–2002

**Table 1.** The relationship between total mortality ( $U_0$ ) and mortality in age groups ( $U_{0-14}$ ,  $U_{15-64}$ ,  $U_{> 64}$ ) and UTCI (in actual day and with 1, 2 and 3 days delay) in the studied cities in 1990–2002

x		$U_0$	$U_{0-14}$	$U_{15-64}$	$U_{> 64}$
Paryż	UTCI	-0,35	-0,07	-0,06	-0,37
	UTCI-1d	-0,34	-0,08	-0,07	-0,36
	UTCI-2d	-0,38	-0,06	-0,09	-0,40
	UTCI-3d	-0,40	-0,07	-0,09	-0,42
Rzym	UTCI	-0,35	0,00	-0,16	0,35
	UTCI-1d	-0,34	0,00	-0,16	0,40
	UTCI-2d	-0,35	0,01	-0,16	0,57
	UTCI-3d	-0,36	-0,01	-0,17	0,39
Warszawa	UTCI	-0,21	-0,03	-0,07	-0,23
	UTCI-1d	-0,21	-0,03	-0,08	-0,23
	UTCI-2d	-0,23	-0,02	-0,09	-0,25
	UTCI-3d	-0,25	-0,04	-0,09	-0,27
Budapeszt	UTCI	-0,34	0,00	-0,12	-0,11
	UTCI-1d	-0,34	0,00	-0,12	-0,12
	UTCI-2d	-0,36	0,00	-0,13	-0,12
	UTCI-3d	-0,38	-0,01	-0,13	-0,13

Pogrubione zostały współczynniki korelacji istotne statystycznie na poziomie 0,05.

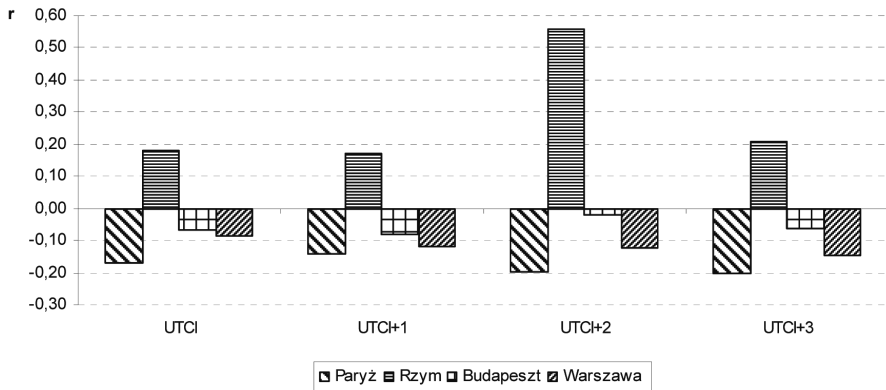
$U_0$  – umieralność ogółem;  $U_{0-14}$  – umieralność wśród osób w wieku 0–14 lat;  $U_{15-64}$  – umieralność wśród osób w wieku 15–64 lata;  $U_{> 64}$  – umieralność wśród osób powyżej 64 roku życia; UTCI-1d – wartość UTCI z dnia poprzedniego; UTCI-2d – wartość UTCI z dwóch dni wcześniej; UTCI-3d – wartość UTCI z trzech dni wcześniej.

W większości przypadków najsilniejsza zależność występowała przy uwzględnieniu 3-dniowego opóźnienia zgonów w stosunku do wartości UTCI. Wzrost liczby zgonów w 2–3 dni po wystąpieniu określonej sytuacji biotermicznej wykazali też Błażejczyk i McGregor (2007).

W poszczególnych porach roku zależność umieralności ogółem i w pierwszych dwóch klasach wiekowych od UTCI była bardzo słaba lub nieistotna statystycznie, jedynie umieralność u osób powyżej 64 roku życia wykazywała silniejszy związek z UTCI. Podobnie Revich i Shaposhnikov (2008) wykazali na przykładzie Moskwy, że u osób po 75 roku życia ryzyko zgonu wzrasta o 13–30%.

W Warszawie i Budapeszcie zależności te były bardzo słabe, trochę silniejsze w Paryżu, a najsilniejsze w Rzymie. Zimą współczynnik korelacji między

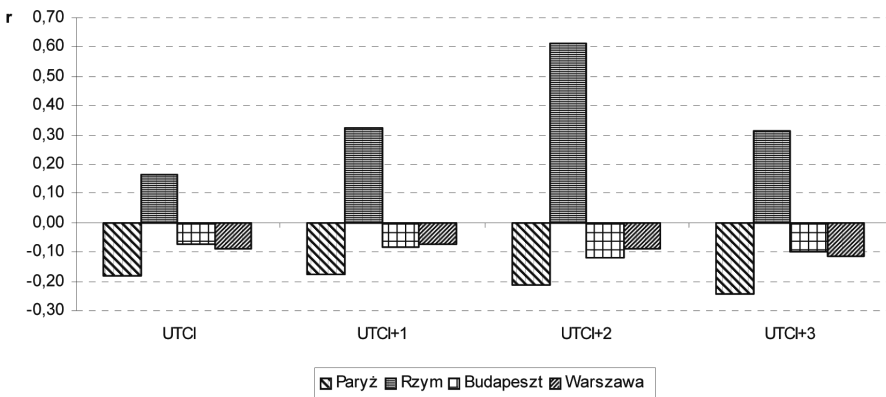
$U_{>64}$  a UTCI-2d w Rzymie wyniósł 0,56, a w Paryżu wahał się od -0,14 do -0,20. Wraz ze spadkiem wartości UTCI liczba zgonów osób powyżej 64 roku życia rosła, jedynie w Rzymie liczba ta rosła ze wzrostem wartości UTCI (ryc. 2).



**Ryc. 2.** Współczynnik korelacji ( $r$ ) między umieralnością osób powyżej 64 roku życia a UTCI, z uwzględnieniem opóźnienia zgonów w stosunku do warunków biotermicznych – zima

**Fig. 2.** Correlation coefficients ( $r$ ) between mortality of people older than 64 years and UTCI, including the delay of death due to the biothermal conditions – winter

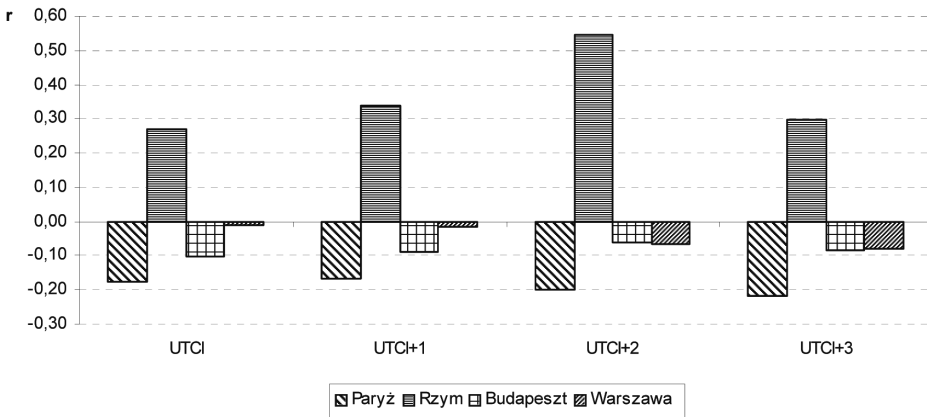
Wiosną sytuacja była podobna – współczynnik korelacji między  $U_{>64}$  a UTCI-2d w Rzymie wyniósł 0,61, a w Paryżu wahał się od -0,17 do -0,24. Wraz ze spadkiem wartości UTCI umieralność rosła, jednak w Rzymie, podobnie jak zimą, umieralność rosła ze wzrostem wartości UTCI (ryc. 3).



**Ryc. 3.** Współczynnik korelacji ( $r$ ) między umieralnością osób powyżej 64 roku życia a UTCI, z uwzględnieniem opóźnienia zgonów w stosunku do warunków biotermicznych – wiosna

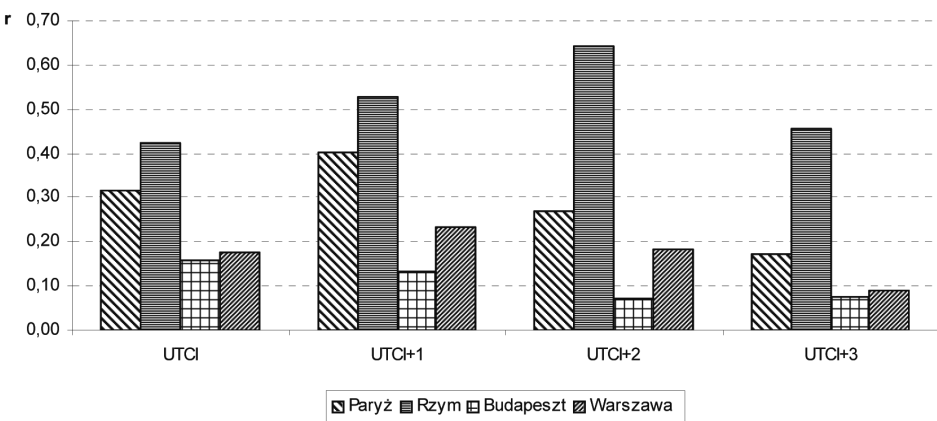
**Fig. 3.** Correlation coefficients ( $r$ ) between mortality of people older than 64 years and UTCI, including the delay of death due to the biothermal conditions – spring

Jesienią sytuacja była podobna jak zimą i wiosną (ryc. 4). Najsilniejsze związki między umieralnością a UTCI w porach roku wystąpiły latem (współczynnik korelacji między  $U_{> 64}$  a  $UTCI-2d$  w Rzymie wyniósł 0,64). Jest to dość silna zależność, jeśli weźmie się pod uwagę, że np. Garin i Bejaran (2003) wykazali na przykładzie Buenos Aires, że tylko 10% przypadków zgonów w lecie można wiązać z obciążeniem termicznym. We wszystkich miastach wraz ze wzrostem wartości UTCI rosła liczba zgonów (ryc. 5).



**Ryc. 4.** Współczynnik korelacji ( $r$ ) między umieralnością osób powyżej 64 roku życia a UTCI, z uwzględnieniem opóźnienia zgonów w stosunku do warunków biotermicznych – jesień

**Fig. 4.** Correlation coefficients ( $r$ ) between mortality of people older than 64 years and UTCI, including the delay of death due to the biothermal conditions – autumn



**Ryc. 5.** Współczynnik korelacji ( $r$ ) między umieralnością osób powyżej 64 roku życia a UTCI, z uwzględnieniem opóźnienia zgonów w stosunku do warunków biotermicznych – lato

**Fig. 5.** Correlation coefficients ( $r$ ) between mortality of people older than 64 years and UTCI, including the delay of death due to the biothermal conditions – summer

Analizując poszczególne miesiące w badanych miastach, stwierdzono, że w Paryżu najsilniejsze związki wystąpiły między umieralnością ogółem i u osób powyżej 64 roku życia a UTCI w lipcu (współczynnik korelacji między  $U_0$  a UTCI-1d wyniósł 0,43) i sierpniu (współczynnik korelacji między  $U_0$  a UTCI-1d wyniósł 0,50, a między  $U_{>64}$  a UTCI-1d 0,53). Wraz ze wzrostem wartości UTCI rosła liczba zgonów.

W Rzymie najsilniejsze związki także wystąpiły w miesiącach letnich: czerwcu, lipcu i sierpniu, najsilniejsze jednak były one między  $U_{>64}$  a UTCI-1d i UTCI-2d (współczynnik korelacji wahał się od 0,36 do 0,69). W tym mieście również we wszystkich pozostałych miesiącach wystąpiły silne zależności między  $U_{>64}$  a UTCI-2d. Kierunek zależności w miesiącach letnich był taki sam jak w Paryżu. W Warszawie istotne zależności między  $U_0$  i  $U_{>64}$  a UTCI, UTCI-1d, UTCI-2d, UTCI-3d wystąpiły jedynie w styczniu, lipcu i sierpniu; najsilniejsze związki były między  $U_0$  i  $U_{>64}$  a UTCI-1d ( $r = 0,30$ ).

W Budapeszcie najsilniejsze związki wystąpiły między  $U_0$  a UTCI ( $r = 0,38$ ) i UTCI-1d ( $r = 0,37$ ) w sierpniu. W obu miastach wraz ze wzrostem wartości UTCI w miesiącach letnich rosła liczba zgonów. Wyniki te są zgodne z badaniami Dessai (2002), w których wykazano silną zależność umieralności od temperatury maksymalnej w miesiącach letnich.

## WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, iż najsilniejsze związki statystyczne wystąpiły między umieralnością osób powyżej 64 roku życia a UTCI z 2-dniowym opóźnieniem. Najsilniejsze związki między umieralnością a UTCI wystąpiły w miesiącach letnich (lipcu i sierpniu).

Rzym jest miastem, w którym wpływ UTCI na umieralność był największy (współczynnik korelacji wynosił do 0,69) oraz jedynym, w którym w porach roku umieralność zawsze zwiększała się wraz ze wzrostem wartości UTCI.

## Literatura

- Błażejczyk K., Kozłowska-Szczęśna T., 2008, *Klimat a zdrowie*. [w:] Z. W. Kundzewicz, L. Starkel (red.), *Globalne ocieplenie i jego skutki*, Kosmos, Problemy Nauk Biologicznych, 57, 2008, 3–4 (280–281), 209–229.
- Błażejczyk K., McGregor G., 2007, *Warunki biotermiczne a umieralność w wybranych aglomeracjach europejskich*. Prz. Geogr., 79, 3–4, 401–423.
- Dessai S., 2002, *Heat stress and mortality in Lisbon Part I. model construction and validation*. Int. Jour. Biomet., 47, 6–12.
- Diaz J., Garcia R., Lopez C., Linares C., Tobias A., Prieto L., 2005, *Mortality impact of extreme winter temperatures*. Int. Jour. Biomet., 49, 179–183.

- Diaz J., Linares C., Tobias A., 2006, *Impact of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain) among the 45–64 age-group*. Int. Jour. Biomet., 50, 342–348.
- Garin de A., Bejaran R., 2003, *Mortality rate and relative strain index in Buenos Aires city*. Int. Jour. Biomet., 48, 31–36.
- Kuchcik M., 2001, *Mortality in Warsaw: is there any connection with weather and air pollution*. Institute of Geography and Spatial Organization PAN, Geographia Polonica, 74, 1, 29–45.
- Kysely J., 2004, *Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic*. Int. Jour. Biomet., 49, 91–97.
- Lascheski G., Jendritzky G., 2002, *Effects of the thermal environment on human health: an investigation of 30 years of daily mortality data from SW Germany*. Climate Res., 21, 91–103.
- Revich B., Shaposhnikov D., 2008, *Temperature-induced excess mortality in Moscow, Russia*. Int. Jour. Biomet., 52, 367–374.
- Wilkinson P., Pattenden S., Armstrong B., Fletcher A., Kovats S. R., Mangtani P., McMichael A. J., 2004, *Vulnerability to winter mortality in elderly people in Britain: population based study*, BMJ, doi:10.1136/bmj.38167.589907.55.