

Anna B. Adamczyk, Krzysztof Błażejczyk

CYFROWE MAPY TOPOKLIMATYCZNE WARSZAWY

DIGITAL TOPOCLIMATIC MAPS OF WARSAW

Cyfrowe mapy topoklimatyczne Warszawy są efektem pierwszego etapu badań mającego na celu stworzenie bazy danych o środowisku fizyczno-geograficznym tej aglomeracji. Przy tworzeniu bazy danych zastosowano metody GIS. Wykonano mapy elementów meteorologicznych (temperatury powietrza, prędkości wiatru i całkowitego promieniowania słonecznego) oraz mapy zanieczyszczenia powietrza.

Przy zastosowaniu modelu MENEX obliczono ilość ciepła zmagazynowanego przez organizm człowieka i promieniowania słonecznego pochłoniętego przez człowieka. W końcowym etapie wykonano syntetyczne mapy, np. obciążenia cieplnego człowieka, topoklimatyczną i biotopoklimatyczną.

WSTĘP

Specyficzne cechy klimatu obserwowane w skali lokalnej, określane są mianem topoklimatu. Podlegają one ogólnym czynnikom cyrkulacyjnym, które są modyfikowane przez miejscowe właściwości środowiska geograficznego. Elementy klimatu lokalnego są szczególnie wrażliwe na zróżnicowanie środowiskowe. Zwłaszcza tereny silnie zurbanizowane charakteryzują się dużym zakresem wahań oraz zmiennością przestrzenną elementów meteorologicznych, kształtowanych przez lokalne środowisko geograficzne, np. podłoże, rzeźbę terenu, sztuczne źródła energii itp.

Badanie stosunków topoklimatycznych w miastach jest ważne zarówno z poznawczego, jak i praktycznego punktu widzenia, ponieważ warunki te oddziałują bezpośrednio na tysiące, a nawet na miliony ludzi. Do tego celu są użyteczne metody GIS, za pomocą których jest tworzona informatyczna baza danych o środowisku fizyczno-geograficznym. Metody te oparte na wykorzystaniu technik komputerowych i umożliwiające gromadzenie, udostępnianie, analizowanie oraz prezentację wszystkich danych przestrzennych, znajdują coraz szersze zastosowanie w badaniach topoklimatycznych.

METODY

Cyfrowe mapy topoklimatyczne Warszawy są efektem pierwszego etapu badań, mającego na celu stworzenie komputerowej bazy danych o środowisku fizyczno-geograficznym miasta. Baza ta jest tworzona za pomocą programu IDRISI. Podstawą tworzonego systemu jest sieć pól podstawowych o wymiarach 250×250 m. Obszar miasta został podzielony na 7983 takie pola, zajmujące łączną powierzchnię $492,32 \text{ km}^2$. Każde pole podstawowe zawiera cyfrową informację o różnych cechach środowiska fizyczno-geograficznego. Na obecnym etapie badań są to informacje dotyczące podstawowych elementów meteorologicznych i aerosanitarnych. Obejmują one także pewne charakterystyki bioklimatyczne (Kozłowska-Szczęsna i in. 1996).

W ramach tworzenia systemu informacji o środowisku fizyczno-geograficznym Warszawy wykonano mapy rozkładu wartości względnych trzech głównych elementów meteorologicznych: temperatury powietrza, prędkości wiatru oraz całkowitego promieniowania słonecznego. Jako obszar odniesienia wybrano pole podstawowe, na terenie którego leży stacja meteorologiczna Warszawa-Okęcie. Stacja ta reprezentuje warunki klimatyczne typowe dla obszarów pozamiejskich, a dane z tej stacji są głównym źródłem informacji o warunkach pogodowych panujących w Warszawie (Błażejczyk 1996).

Podstawowe mapy zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi: kadm, ołowiem, cynkiem i miedzią, opracowane zostały przez pracowników Ogrodu Botanicznego PAN za pomocą metody bioindykacyjnej. Metoda ta polega na ekspozycji w wybranych punktach miasta specjalnych woreczków z mchem, który posiada zdolność gromadzenia w swych tkankach metali ciężkich zawartych w powietrzu. Po założonym w badaniach czasie określa się w każdej z prób zawartość metali ciężkich i poprzez porównanie z próbą nieekspozowanego mchu wyznacza stopień zanieczyszczenia powietrza. W analizie aerosanitarniej wykorzystano również kartogram zanieczyszczenia pyłem opadającym. Wszystkie te dane odnoszą się do roku 1993. Sporządzając mapy biotopoklimatyczne Warszawy wykorzystano procedury uproszczone modelu wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem – MENEX (Błażejczyk 1993).

WYNIKI

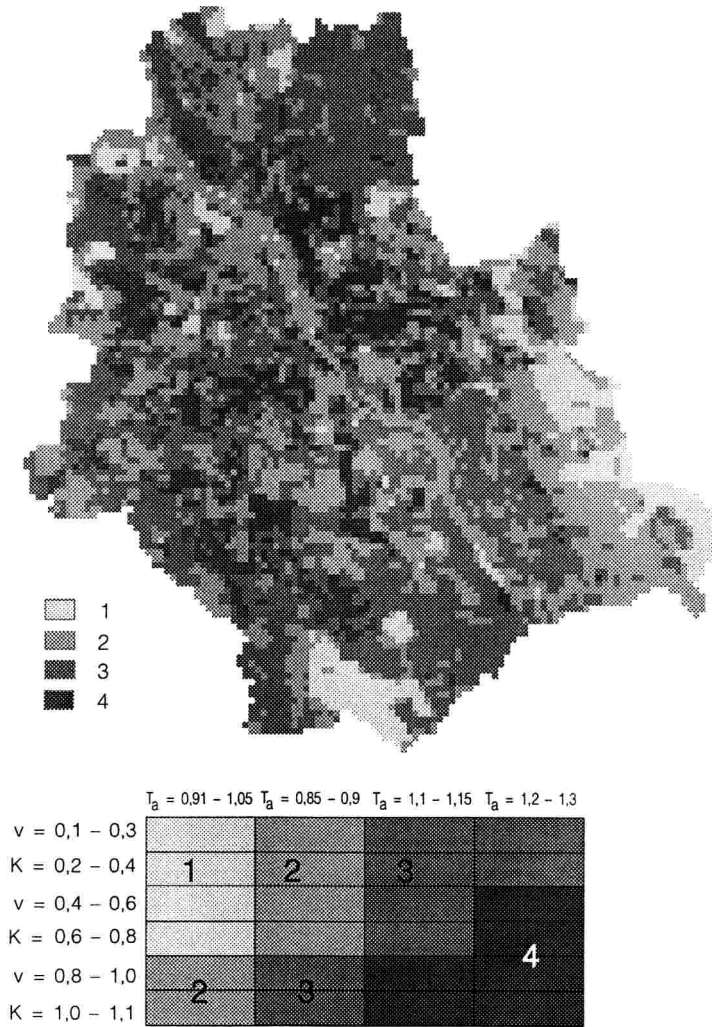
Łącząc poszczególne warstwy tematyczne uzyskano wynikowe mapy topoklimatyczne, charakteryzujące w sposób kompleksowy zróżnicowanie klimatów lokalnych Warszawy oraz ich ocenę bioklimatyczną.

ZRÓŻNICOWANIE TOPOKLIMATYCZNE WARSZAWY

Mapa topoklimatyczna Warszawy (rys. 1) powstała z połączenia trzech warstw tematycznych przedstawiających względne wartości temperatury powietrza (T_a), prędkości wiatru (v) i całkowitego promieniowania słonecznego (K). Promieniowanie słoneczne i prędkość wiatru na terenie miasta charakteryzują się mniejszymi lub zbliżonymi wartościami w stosunku do stacji Okęcie. Natomiast wartości temperatury powietrza na obszarze miasta wykazują zarówno wzrost, jak i spadek w stosunku do pola odniesienia. Bardzo duże zróżnicowanie podłoża i zagospodarowania terenu w mieście powoduje wielkie rozdrobnienie wydzielonych topoklimatów. Aby mapa była czytelna, zgrupowano je wg stopnia odchylenia T_a , v i K od wartości obserwowanych poza miastem. Na tej podstawie wyróżniono topoklimat charakteryzujący się umiarkowanym i dużym osłabieniem v i K , przy najmniejszych wartościach temperatury powietrza – są to lasy i parki Warszawy. Przeciwną charakterystykę posiada topoklimat występujący na obszarach przemysłowych i o zwartej zabudowie śródmiejskiej, charakteryzujący się umiarkowanym osłabieniem i przeciętnymi wartościami v i K przy nieco podwyższonej T_a . Pozostałe z wyróżnionych topoklimatów nie są tak mocno związane z zagospodarowaniem terenu w mieście.

WARUNKI AEROSANITARNE W WARSZAWIE

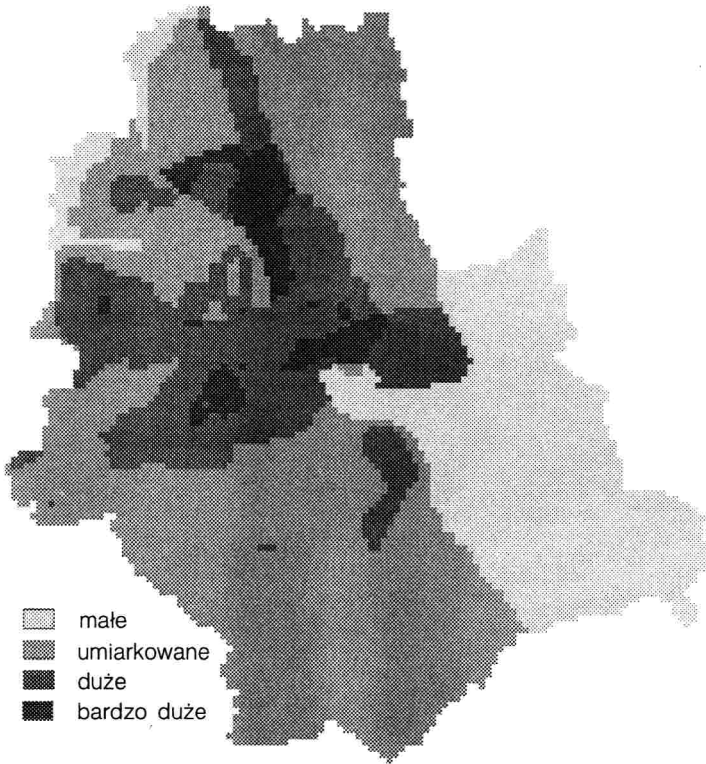
Według Światowej Organizacji Zdrowia 80% metali ciężkich przenika do organizmu drogą pokarmową, a 20% drogą oddechową. Zatrucie objawia się najczęściej zaburzeniami układów: krążenia, oddechowego i nerwowego. Najbardziej toksyczne metale ciężkie to kadm i ołów. Nawet niewielkie dawki ołowiu we krwi powodują zmiany chorobowe w organizmie żywym. Podstawowym źródłem zanieczyszczenia powietrza ołowiem są spaliny samochodowe i emisja przemysłowa. Źródłem występowania kadmu i cynku jest natomiast przemysł metalurgiczny, osady ściekowe oraz spalanie węgla. Cynk i miedź są ważnymi mikroelementami, niezbędnymi dla funkcjonowania organizmów żywych, jednak ich nadmiar lub niedobór (zwłaszcza miedzi) jest zdecydowanie szkodliwy. Mapa zróżnicowania aerosanitarnego Warszawy (rys. 2) wskazuje na rejony największego zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi i pyłem opadającym. Jest to obszar gminy Centrum, a szczególnie przemysłowa część Woli, gdzie występuje duże natężenie wszystkich badanych zanieczyszczeń. Drugim takim rejonem jest Grochów i historyczna część Pragi (największe zanieczyszczenie ołowiem, cynkiem i pyłem). Na tych terenach występuje bardzo duża koncentracja zakładów przemysłowych. Wyraźnie na mapie zanieczyszczeń zaznacza się wpływ elektrociepłowni na



Rys. 1. Topoklimaty Warszawy

Fig. 1. Topoclimates in Warsaw

Żeraniu oraz okolicznych zakładów przemysłowych. Powoduje to rozszerzenie obszaru o podwyższonym zanieczyszczeniu aż do Henrykowa w gminie Białołęka. Także inni wielcy emiterzy – elektrociepłownia Siekierki i Huta Warszawa – powodują znaczne zanieczyszczenie otaczających terenów. Intrygujące jest bardzo duże zanieczyszczenie na obszarze Bemowa. Występuje tam największe zanieczyszczenie ołowiem i cynkiem, a jedynym zakładem przemysłowym jest Wytwórnia Mas Bitumicznych „Lazurowa”; poza tym jest to obszar o dużej powierzchni lasów i terenów zielonych.

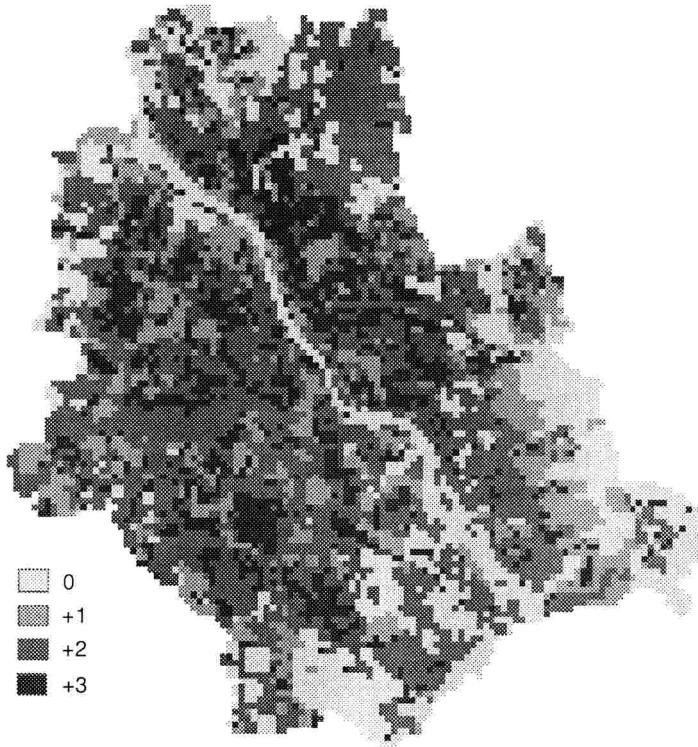


Rys. 2. Zanieczyszczenie powietrza w Warszawie

Fig. 2. Air pollution in Warsaw

PROMIENIOWANIE POCHŁONIĘTE PRZEZ CZŁOWIEKA

Ilość pochłoniętego przez człowieka promieniowania słonecznego (R) obliczono dla każdego pola podstawowego, wykorzystując procedury uproszczone modelu wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem – MENEX. Wielkość ta charakteryzuje obciążenie organizmu spowodowane dopływem promieniowania słonecznego i jest uzależniona od wysokości słońca (h), ogólnej ilości promieniowania słonecznego oraz od izolacyjności termicznej i barwy odzieży. Obliczenia wykonano dla wysokości Słońca 10° , 30° , 50° oraz dla nieba bezchmurnego lub zachmurzenia małego i umiarkowanego ($> 50\%$) chmurami piętra wysokiego i średniego (C_i , C_c , A_c) oraz chmurami kłębiastymi (C_u).



Rys. 3. Obciążenie cieplne człowieka w dzień pochmurny. Objaśnienia: 0 – warunki termoneutralne; stres cieplny: +1 – bardzo mały, +2 – mały, +3 – umiarkowany i znaczny

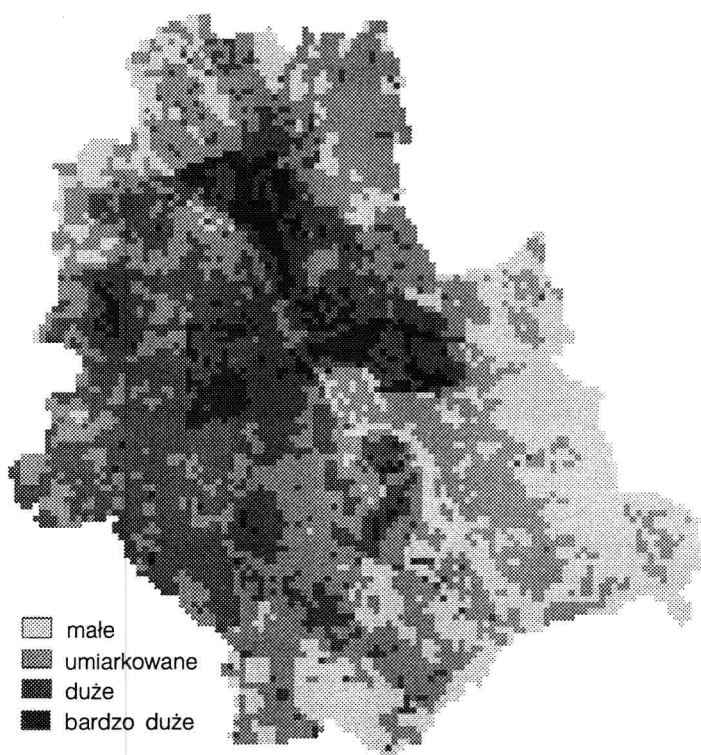
Fig. 3. Thermic load on man cloudy day. Explanations: 0 – thermoneutral conditions; thermal stress: +1 – very little, +2 – little, +3 – reserved and considerable

Przyjęto stały rodzaj odzieży (tzw. normalna odzież letnia o izolacyjności termicznej 0,8–1,5 clo oraz jasnej barwie). Uzyskane wartości R połączono w klasy ilustrujące różny stopień insolacyjnego obciążenia organizmu.

Rozkład wartości pochłoniętego przez człowieka promieniowania słonecznego nawiązuje do rozkładu względnych wartości promieniowania całkowitego.

OBCIĄŻENIE CIEPLNE CZŁOWIEKA

Charakterystyką pozwalającą na ocenę oddziaływania warunków meteorologicznych i środowiska miejskiego na organizm człowieka jest stopień obciążenia cieplnego organizmu. Wielkość tę wyznaczono opierając się na



Rys. 4. Obciążenie sanitarno-ciepne człowieka. Objaśnienia jak na rys. 3

Fig. 4. Air pollution and thermic load on man. Explanations as in Fig. 3

wartościach salda wymiany ciepła oraz promieniowania słonecznego pochłoniętego przez człowieka. Obciążenie cieplne organizmu określono dla dnia pogodnego i warunków przeciętnych ($T_a = 20^\circ\text{C}$, $v = 4$ m/s, $h = 30^\circ$, rys. 3).

Zmienność i rozkład obciążeń cieplnych człowieka w mieście są zależne od warunków meteorologicznych. Jednak zróżnicowane zagospodarowanie miasta modyfikuje obciążenia cieplne. W odniesieniu do stacji Warszawa-Okęcie centralne części Warszawy (o zabudowie zwartej) oraz rejony dużych zakładów przemysłowych wyróżniają się bardziej obciążającymi warunkami cieplnymi. Natomiast w otoczeniu koryta Wisły i we wnętrzu lasów klimat odczuwalny jest łagodniejszy. Przy wysokiej temperaturze najkorzystniejsze warunki klimatu odczuwalnego występują w obrębie lasów i parków.

ZRÓŻNICOWANIE BIOTOPOKLIMATYCZNE

Mapa zróżnicowania biotopoklimatycznego powstała po połączeniu warstw obrazujących zróżnicowanie warunków aerosanitarnych Warszawy oraz obciążenia cieplnego człowieka przy $T_a = 20^\circ\text{C}$, $v = 4 \text{ m/s}$, $N = 50\%$ (rys. 4). Mapa ta pozwala określić wpływ warunków aerosanitarnych i meteorologicznych na organizm człowieka w środowisku miejskim. Poza czynnikami meteorologicznymi wpływają bowiem na człowieka także takie elementy, jak zanieczyszczenie powietrza, hałas czy stres komunikacyjny. Biorąc pod uwagę obciążenia cieplne człowieka i stan zanieczyszczenia atmosfery stwierdzono, że najbardziej obciążające organizm ludzki warunki panują w centralnej i zachodniej części miasta. Szczególnie uciążliwe są rejon Żerania, Grochowa, Woli przemysłowej, Bemowa – WAT oraz Sękierka. Tereny te charakteryzują się zarówno silnym zanieczyszczeniem atmosfery, jak i dużym obciążeniem cieplnym człowieka. Najlepsze warunki bioklimatyczne występują na obrzeżach Warszawy w rejonach obszarów leśnych oraz na południu miasta, wzdłuż koryta Wisły.

PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki badań środowiska fizyczno-geograficznego Warszawy wskazują, że jest ona miastem o bardzo zróżnicowanych układach urbanistycznych, z których każdy charakteryzuje się odmiennymi cechami środowiska, w tym także klimatu lokalnego. W badaniach tych wykorzystano metody i programy komputerowe Systemu Informacji Geograficznej (GIS). Uzyskane zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów topoklimatu i biotopoklimatu Warszawy wskazują, że zastosowane metody mogą być przydatne w badaniach klimatu lokalnego różnych obszarów, w tym także obszarów zurbanizowanych.

LITERATURA

- Błażejczyk K., 1993, *Wymiana ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem w różnych warunkach środowiska geograficznego*, Pr. Geogr., z. 159
Błażejczyk K., 1996, *Topoklimat Warszawy*, Conf. Papers, 25
Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1996, *Atlas Warszawy*, z. 4, IGiPZ PAN, Warszawa

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania
im. S. Leszczyckiego PAN w Warszawie

SUMMARY

Digital topoclimatic maps of Warsaw are the effect of the first step of the studies dealing with creation of the data base of physico-geographical environment of this agglomeration. GIS methods are used in this purpose. At present there were made basic maps of meteorological elements (air temperature, wind speed and global solar radiation) as well as air pollution maps.

With the use of the MENEX model there were calculated maps of net heat storage of the human organism and solar radiation absorbed by man. Finally some synthetic maps were made e.g. heat load of man, topoclimatic and biotopoclimatic (which takes into account heat load of man and air pollution).