

Krzysztof Błażejczyk, Michał Błażejczyk***

**BIOKLIMA – W POSZUKIWANIU NOWYCH NARZĘDZI
BADANIA BIOKLIMATU MIAST**

**BIOKLIMA – SEEKING OF NEW METHODS
OF URBAN BIOCLIMATE INVESTIGATIONS**

Badania bioklimatyczne stają się coraz bardziej popularne w badaniach klimatologii stosowanej, zwłaszcza obszarów zurbanizowanych. Jednak metody stosowane w tej dziedzinie badań są rozproszone w licznych podręcznikach. W opracowaniu przedstawiono nowe narzędzie badań bioklimatycznych – program BioKlima, który jest programem pracującym w środowisku DOS. Pozwala on na obliczenie ponad 30 różnych wskaźników biometeorologicznych i termofizjologicznych, ale również jest „nauczycielem” wskazującym młodym badaczom drogę do poznania stosunków między człowiekiem a otoczeniem. W pracy można znaleźć ogólne zasady działania programu BioKlima, jak również kilka przykładów jego zastosowania.

WPROWADZENIE

Oceną warunków bioklimatycznych – zwłaszcza w miastach i terenach zurbanizowanych – są zainteresowane coraz szersze kręgi społeczeństwa. Dlatego też badania w tym zakresie są podejmowane przez klimatologów i specjalistów innych dziedzin nauki, a także praktyków: lekarzy, fizjografów itp. Niestety, nie wszystkie z tych prac stoją na odpowiednim poziomie naukowym. Wpływa na to z jednej strony dość złożona materia badań, wymagająca wiedzy interdyscyplinarnej z zakresu klimatologii, medycyny i fizjologii człowieka, z drugiej natomiast znaczne rozproszenie informacji o metodach, które mogą być zastosowane w badaniach bioklimatycznych. Wypełnieniem tej luki jest podręcznik metodyczny *Bioklimatologia człowieka* opracowany przez T. Kozłowską-Szczęsną i wsp. (1997). Program BioKlima powstał jako załącznik do tego podręcznika.

BioKlima jest narzędziem pomocnym w badaniach bioklimatycznych, prowadzonych w różnych skalach przestrzennych i w różnych horyzontach czasowych. Pozwala on na obliczenie ponad 30 różnych wskaźników i wielkości

biometeorologicznych oraz termofizjologicznych. Program BioKlima jest przystosowany zarówno dla osób, które badaniami bioklimatycznymi zajmują się od dawna, jak i dla tych, którzy dopiero rozpoczynają pracę w tej dziedzinie klimatologii.

OGÓLNA KONCEPCJA I ZASADY DZIAŁANIA PROGRAMU

Pierwszym krokiem przy podjęciu badań bioklimatycznych jest określenie ich celu. Najczęściej chodzi o:

- a) ogólną ocenę warunków bioklimatycznych (dokonywaną na podstawie średnich wartości elementów meteorologicznych);
- b) szczegółową analizę warunków bioklimatycznych, tzn. analizę częstości i zmienności codziennych wartości wskaźników biometeorologicznych;
- c) ogólną ocenę warunków biotermicznych;
- d) szczegółową analizę gospodarki cieplnej organizmu człowieka.

Dopiero po zdefiniowaniu celu prowadzonych badań możemy przystąpić do następnych etapów pracy. W pierwszej kolejności należy zebrać odpowiednie, zweryfikowane dane wejściowe. W zależności od tego, jakimi danymi dysponujemy, program proponuje wskaźniki, które mogą być wykorzystane do realizacji określonego celu badań. Po wyborze wskaźników program dokonuje ich obliczenia.

Praca w programie może się odbywać jednocześnie na dwóch otwartych tabelach, a wartości wskaźników mogą być wpisywane do dowolnej z nich. Zarówno dane wejściowe, jak i wszystkie obliczone wartości wskaźników i charakterystyk statystycznych są przez program zapisywane w formacie tekstowym ASCII (pozwala to na ich import przez programy, za pomocą których można przygotować prezentację graficzną wyników).

Program zawiera plik pomocy (help), w którym znajdują się informacje zarówno o środowisku pracy, sposobie edycji danych i poruszania się po tabelach, jak również o proponowanych wskaźnikach (np. ich definicji, zakresie stosowalności) i podstawach interpretacji uzyskanych wyników.

DANE WEJŚCIOWE

Dane wejściowe obejmują parametry meteorologiczne i fizjologiczne (tab. 1). Dane te mogą być wprowadzane do tabeli bezpośrednio z klawiatury lub też mogą być zaimportowane z innych edytorów danych (w tym przypadku muszą być w nich zapamiętane jako pliki tekstowe ASCII). W odniesieniu do niektórych danych program przyjmuje ich wartości domyślne; mogą być one jednak w każdej chwili zastąpione przez użytkownika wartościami rzeczywistymi.

Tabela 1

Wykaz danych wejściowych (i ich symboli) akceptowanych przez program BioKlima

List of input data accepted by BioKlima

Symbol	Parametr	Wymiar	Wartość domyślna
ac	albedo skóry lub/i odzieży	%	(30)
ag	albedo podłoża	%	(17)
c	współczynnik zależny od rodzaju zachmurzenia	bezwymiarowy	(0,6)
e	ciśnienie pary wodnej	hPa	
f	wilgotność względna powietrza	%	
hSl	wysokość Słońca ^a	stopnie	
Icl	izolacyjność termiczna odzieży	clo	(1,0)
Kdif	promieniowanie rozproszone	Wm ⁻²	
Kdir	promieniowanie bezpośrednie	Wm ⁻²	
Kglob	promieniowanie całkowite	Wm ⁻²	
Kref	promieniowanie odbite ^a	Wm ⁻²	
N	wielkość zachmurzenia	%	
p	ciśnienie atmosferyczne	hPa	(1 000)
sex	pleć	bezwymiarowy	(0 = mężczyzna)
t	temperatura powietrza	°C	
Tg	temperatura podłoża ^a	°C	
Ts	temperatura skóry ^a	°C	
v	prędkość wiatru	ms ⁻¹	
v'	prędkość poruszania się człowieka	ms ⁻¹	(0)

^a Przy braku danych pomiarowych program liczy tę wartość na podstawie innych danych wejściowych.

^a In lack of measured data program calculates this value on the ground of other input data.

Jeżeli do obliczenia jakichś wskaźników potrzebna jest wysokość Słońca, BioKlima wyznacza ją na podstawie współrzędnych geograficznych miejsca oraz daty i czasu badań (należy w tym celu do tabeli z danymi wprowadzić kolumnę hSl).

DANE WYJŚCIOWE

W zależności od celu badań oraz rodzaju danych wejściowych program proponuje obliczenie odpowiednich wskaźników i wielkości (tab. 2). Po ich zaznaczeniu program przystępuje do obliczeń i wpisuje wyniki do tabeli, tworząc automatycznie odpowiednie kolumny.

Zestawienie wskaźników liczonych przez program BioKlima

List of indices calculated by BioKlima

Symbol	Nazwa wskaźnika	Wymiar
wskaźniki biometeorologiczne		
Tek	temperatura ekwiwalentna	°C
TE	temperatura efektywna	°C
TRE	temperatura radiacyjno-efektywna	°C
TR	temperatura zredukowana	°C
Mrt	średnia temperatura promieniowania	°C
DRS	dawka rumieniowa skóry	min
i	entalpia powietrza	kJkg^{-1}
H	wielkość ochładzająca powietrza	Wm^{-2}
WCI	ochładzająca siła wiatru	Wm^{-2}
SB	wskaźnik ostrości klimatu (Bodmana)	bezwymiarowy
Sp	przybliżone saldo wymiany ciepła	Wm^{-2}
Ep	przybliżona wartość ewaporacji	Wm^{-2}
Cp	przybliżona wartość konwekcji	Wm^{-2}
Lp	przybliżona wartość radiacji	Wm^{-2}
wskaźniki termofizjologiczne (wymagające fizjologicznych danych wejściowych)		
ECI	efektywna izolacyjność odzieży	clo
Iclp	przewidywana izolacyjność odzieży	clo
PMV	przewidywana średnia ocena	bezwymiarowy
PPD	przewidywany odsetek osób odczuwających dyskomfort	%
SWreq	pożądane wydzielanie potu	Wm^{-2}
HSI	wskaźnik stresu cieplnego	%
HR	częstotliwość tętna	uderzeń min^{-1}
S	saldo wymiany ciepła	Wm^{-2}
PSI	potencjalne saldo wymiany ciepła	Wm^{-2}
STE	temperatura skóry bilansująca wymianę ciepła	°C
mR	promieniowanie słoneczne pochłonięte przez człowieka ubranego	Wm^{-2}
mR'	promieniowanie słoneczne pochłonięte przez człowieka nieubranego	Wm^{-2}
mC	konwekcyjne straty ciepła	Wm^{-2}
mE	ewaporacyjne straty ciepła	Wm^{-2}
mL	radiacyjne straty ciepła	Wm^{-2}
mRes	respiracyjne straty ciepła	Wm^{-2}
MTE	dopuszczalny czas przebywania	min
SW	straty wody z organizmu	ggodz.^{-1}
HL	obciążenie cieplne organizmu	bezwymiarowy
SST	ekwiwalent temperatury standardowej	°C

Na polecenie użytkownika (po wciśnięciu klawiszy Ctrl+S) program podaje także na wyjściu podstawowe charakterystyki statystyczne: średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe i częstość występowania żądanej wielkości (dane wejściowe, wskaźniki) w określonych przedziałach wartości. Dla części wskaźników program przyjmuje przedziały standardowe, odpowiadające przyjętym w bioklimatologii skalom oceny. Użytkownik może także podać swoje własne wartości progowe przedziałów częstości.

PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA

Jak już wspomniano, możliwości stosowania programu BioKlima są bardzo szerokie. W Zakładzie Klimatologii IGiPZ PAN jest on wykorzystywany do badań prowadzonych tak w skali regionalnej, jak i lokalnej. Za jego pomocą dokonywana jest ogólna ocena warunków bioklimatycznych i termofizjologicznych oraz ich analiza szczegółowa.

W obecnym opracowaniu zostaną przedstawione jedynie niektóre zastosowania programu BioKlima do szczegółowej analizy warunków bioklimatycznych i termofizjologicznych panujących w wybranych punktach niewielkiego miasta Supraśl, leżącego około 15 km na północny wschód od Białegostoku. Badania terenowe prowadzono tam w czerwcu i lipcu 1994 r. (Kozłowska-Szczęsna i in. 1995). Do prezentacji wybrano dane z punktu leżącego w centrum miasta i na rozległej polanie leśnej, na skraju Puszczy Knyszyńskiej.

Za pomocą programu BioKlima zaimportowano dane zarchiwizowane w arkuszu kalkulacyjnym EXCEL. Wybrano dwie opcje pracy programu: B (szczegółowa analiza warunków bioklimatycznych) i D (szczegółowa analiza gospodarki cieplnej organizmu człowieka). Następnie dokonano wyboru tych wskaźników, które mogą być przydatne dla oceny okresu letniego. Tabela 3 zawiera przykładowo średnie (dla 4 dni pomiarowych) wartości danych wejściowych oraz obliczonych wskaźników.

Okazało się, że średnie wartości temperatury powietrza, prędkości wiatru i wilgotności powietrza są na porównywanych stanowiskach niemal identyczne. Różne są natomiast charakterystyki insolacyjne; dopływ promieniowania słonecznego jest wśród zabudowy miejskiej mniejszy niż na polanie leśnej. Podczas badań terenowych, poza elementami meteorologicznymi, mierzono także temperaturę skóry człowieka. Jej wartości były w mieście średnio o 1,5°C wyższe niż na polanie. Jest to prawdopodobnie związane ze zwiększonym (w mieście) dopływem ciepła na drodze promieniowania długofalowego.

Tabela 3

Średnie (dla czterech dni pomiarowych) wartości podstawowych elementów meteorologicznych oraz wskaźników biometeorologicznych i termofizjologicznych na wybranych stanowiskach pomiarowych w Supraślu (4–7 lipca 1994 r.)

Four-day means of essential, meteorological input data as well as biometeorological and thermophysiological indices for two measuring stations in Supraśl (4–7 July 1994)

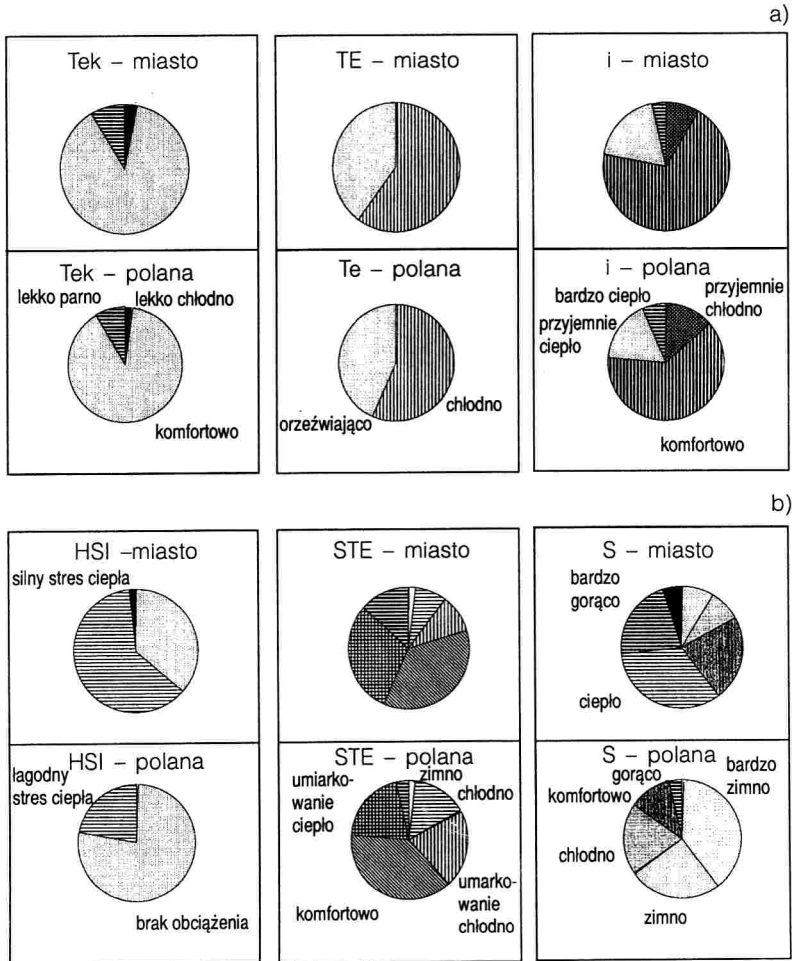
Stanowisko pomiarowe	t (°C)	f (%)	e (hPa)	v (ms ⁻¹)	N (%)	Kdir (Wm ⁻²)	Kdif (Wm ⁻²)	Kref (Wm ⁻²)	Ts (°C)
Polana	21,2	47,4	11,6	1,4	46	420,6	145,1	124,9	30,5
Miasto	21,1	47,3	11,5	1,4	38	304,3	122,5	85,8	32,2
wskaźniki biometeorologiczne									
	Tek (°C)	TE (°C)	TRE (°C)			i (kJkg ⁻¹)	H (Wm ⁻²)		
Polana	38,6	16,3	19,9			39,6	417,6		
Miasto	38,3	16,3	19,1			39,4	417,1		
charakterystyki bilansu cieplnego człowieka									
	mR (Wm ⁻²)	mC (Wm ⁻²)	mE (Wm ⁻²)	mL (Wm ⁻²)	mRes (Wm ⁻²)	S (Wm ⁻²)	SW (g)	MTE (min.)	HL (bezw.)
Polana	28,9	-45,0	-53,0	-26,5	-6,8	-32,3	138	1 193	0,84
Miasto	42,0	-38,0	-26,0	-23,0	-7,0	18,0	67	754	1,11
wskaźniki termofizjologiczne									
	Mrt (°C)	HR (ud, min ⁻¹)	SWreq (Wm ⁻²)	SST (°C)	HSI (%)		STE (°C)	PSI (Wm ⁻²)	ECI (clo)
Polana	36,1	69	21,1	21,0	6,1		30,9	-15,3	1,7
Miasto	42,2	69	44,1	22,1	11,9		31,6	-2,4	0,3

Między miastem i polaną niewielkie są różnice średnich wartości „klasycznych” wskaźników biometeorologicznych: temperatury ekwiwalentnej i efektywnej oraz entalpii i wielkości ochładzającej powietrza. Lokalne zróżnicowanie warunków klimatu odczuwalnego jest znacznie lepiej widoczne, gdy porównamy średnie wartości wskaźników i charakterystyk termofizjologicznych. Informują one, że w mieście przeważa nieznaczny stres ciepła, a na polanie – warunki sprzyjające wychładzaniu organizmu.

Jak już wspomniano, BioKlima zapisuje tabele z danymi wejściowymi i wyjściowymi w formacie tekstowym ASCII. Pozwala to na ich ponowne wprowadzenie do dowolnego arkusza kalkulacyjnego i przygotowanie prezentacji graficznej wyników. Tak właśnie postąpiono w omawianym przykładzie. Wprowadzono do arkusza kalkulacyjnego EXCEL tabele z zapisanymi częstościami występowania wskaźników w przyjętych przedziałach wartości.

Przykładowo przygotowano wykresy częstości niektórych wskaźników (rys. 1).

Podobnie jak w przypadku wartości średnich, także przy szczegółowej analizie frekwencji Tek i TE w różnych przedziałach wartości nie widać większych różnic pomiędzy miastem i polaną leśną (rys. 1a). Lokalne zróżnicowanie warunków bioklimatycznych zaznacza się znacznie wyraźniej po przeanalizowaniu częstości niektórych wskaźników termofizjologicznych w różnych przedziałach wartości (rys. 1b).



Rys. 1. Częstość występowania wybranych wskaźników biometeorologicznych (a) i termofizjologicznych (b) w różnych przedziałach wartości (średnie dla okresu 4–7 lipca 1994 r., Supraśl)

Fig. 1. Frequency of different intervals of some biometeorological (a) and thermophysiological (b) indices for two measuring stations in Supraśl (means for 4–7 July 1994)

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zaprezentowany program BioKlima powstał dzięki wieloletnim doświadczeniom bioklimatologów z Zakładu Klimatologii IGiPZ PAN. W prowadzonych pracach badawczych poszukiwano nowych, lepszych metod służących ocenie warunków życia człowieka w różnych warunkach geograficznych.

Program BioKlima może być bardzo użytecznym narzędziem nie tylko w badaniach naukowych, ale także w kształceniu klimatologów, lekarzy, fizjologów itp. w zakresie bioklimatologii człowieka. Program jest przez autorów stale doskonalony, aby stosowanie go było jeszcze łatwiejsze i szybsze niż dotychczas.

LITERATURA

Bioklima, © Michał i Krzysztof Błażejczyk

Kozłowska-Szczęsna T., Krawczyk B., Błażejczyk K., 1995, *Warunki bioklimatyczne Supraśla*, Zesz. IGiPZ PAN, nr 33

Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997, *Bioklimatologia człowieka – metody i ich zastosowanie w poznaniu bioklimatu Polski*, IGiPZ PAN, Monogr. 1

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

** Szkoła Nauk Ścisłych w Warszawie

SUMMARY

Bioclimatic studies became more and more popular in applied climatology research especially in urbanised areas. However the methods useful in this field of investigations are dispersed in numerous manuals. The paper presents new tool of bioclimatic research – BioKlima which is a software working in DOS environment. It not only calculates more then 30 different biometeorological and thermophysiological indices but also is a “teacher” leading in the new researchers into the knowledge of man-environment relationships. In the paper you will find general ideas of the BioKlima software as well as some examples of its application.