

Bonifacy ŁYKOWSKI

Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego
Department of Recultivation and Protection of Natural Environment

Ocena warunków biometeorologicznych w wybranych typach pogody w rejonie Ursynowa-SGGW

An evaluation of biometeorological conditions in selected weather types in the Ursynów-SGGW vicinity

Wstęp

W biometeorologii stosowane są różne wskaźniki służące do oceny klimatu odczuwalnego przez organizm ludzki (Kozłowska-Szczęśna 1985). Wskaźnikami tymi posługujemy się zarówno przy ocenie bioklimatu z punktu widzenia lokalizacji budownictwa mieszkaniowego, rekreacyjnego i sanatoryjnego, jak też przy badaniu warunków biometeorologicznych w halach produkcyjnych lub miejscach pracy umysłowej. Konieczność stosowania wskaźników biometeorologicznych wynika z tego, że zwykle wskaźniki meteorologiczne nie odzwierciedlają w stopniu wystarczającym odczuwania klimatu przez człowieka. Na przykład odczucie ciepła przez człowieka przy tej samej temperaturze może być różne w zależności od oddziaływania innych elementów meteorologicznych, zwłaszcza promieniowania słonecznego, wiatru i wilgotności powietrza. Są to

główne czynniki meteorologiczne decydujące o kształtowaniu się bilansu ciepłego człowieka. Jeżeli warunki meteorologiczne środowiska utrudniają utratę ciepła przez organizm – odczuwamy „gorąco”; jeżeli utrata ciepła jest nadmierna, odczuwamy „zimno”, natomiast w sytuacji zrównoważonego bilansu ciepłego organizmu (zysk ciepła = strata) odczuwamy komfort termiczny.

W wymianie ciepła człowiek – otoczenie dużą rolę odgrywają czynniki fizjologiczne: metabolizm (przemiana materii), termoregulacja i temperatura skóry człowieka. Metaboliczna produkcja ciepła odbywa się zarówno w wyniku przemian chemicznych (odżywianie), jak też pracy mechanicznej (aktywność fizyczna człowieka).

Organizm ludzki ma pewne możliwości termoregulacji, dostosowując się do wymiany ciepła z otoczeniem; ta właściwość pozwala na zachowanie zrównoważonego bilansu ciepła przez organizm przy zmianie temperatury wewnę-

trzonej w zakresie $37\pm 2^{\circ}\text{C}$. Temperatura skóry natomiast kształtuje się pod wpływem oddziaływania procesów fizjologicznych, zachodzących w organizmie i warunków meteorologicznych; jest więc kompleksowym wskaźnikiem odczucia cieplnego organizmu. Oddzielną sprawą jest kształtowanie optymalnej temperatury ciała ludzkiego przez zastosowanie odzieży o odpowiedniej termoizolacyjności.

Metoda i materiał pomiarowy

Wskaźniki biometeorologiczne są to wzory empiryczne określające związek między wartościami poszczególnych elementów meteorologicznych i subiektywnym odczuwaniem ciepła u ludzi poddanych specjalnym eksperymentom w komorach klimatycznych. Wskaźniki te są często bardzo proste, oparte tylko na jednym elemencie meteorologicznym (temperatura, wilgotność powietrza), lub bardziej złożone i do ich obliczenia potrzebne są dane meteorologiczne w szerokim zakresie, niedostępne z pomiarów wykonywanych na standardowej stacji meteorologicznej (np. równanie bilansu cieplnego ciała człowieka).

Z powyższych uwag wynika, że zastosowanie do obliczeń danego wskaźnika biometeorologicznego jest uwarunkowane celem badań i możliwościami uzyskania danych meteorologicznych. Najprostsze

wskaźniki można stosować przy ocenie bioklimatu (obliczenia dotyczą dłuższych okresów), natomiast bardziej złożone wskaźniki muszą być użyte do oceny warunków biometeorologicznych, występujących w poszczególnych dniach i porze dnia.

Oddzielnym ważnym i bardzo trudnym zagadnieniem jest dobór skali oceny klimatu odczuwalnego. Ze względu na to, że odczucie termiczne u człowieka jest wynikiem zarówno oddziaływania klimatu, jak też subiektywnej wrażliwości na bodźce termiczne, związanej ze stopniem przystosowania organizmu do danego klimatu oraz warunków pracy i życia, liczbowe wskaźniki biometeorologiczne są między sobą nieporównywalne, a skale klimatu odczuwalnego są reprezentatywne tylko dla określonych warunków klimatycznych.

W niniejszej pracy posłużono się następującymi wskaźnikami biometeorologicznymi: temperatura ekwiwalentna powietrza obliczana wzorem Robitscha T_e :

$$T_e = T + \frac{1570}{p} \cdot e \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Temperatura efektywna TE oraz normalna temperatura efektywna NTE obliczona wzorem Misseranda:

$$TE = T - 0,4(T - 10) \left(1 - \frac{f}{100}\right);$$

$$\leq 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} [^{\circ}\text{C}]$$

$$NTE = 37 - \frac{37 - T}{0,68 - 0,0014f + \frac{1}{1,76 + 1,4 v^{0,75}}} - 0,29T \left(1 - \frac{f}{100}\right) [^{\circ}\text{C}]$$

$$v > 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Ochładzanie biometeorologiczne suche (zdolność ochładzająca powietrza) H_s obliczone wzorami Hilla [$\text{mcal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]:

$$H_s = (0,020 + 0,40\sqrt{v}) (36,5 - tp) \quad \text{dla } v \leq 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$H_s = (0,13 + 0,47\sqrt{v}) (36,5 - tp) \quad \text{dla } v > 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

gdzie:

T – temperatura powietrza [$^{\circ}\text{C}$],

e – ciśnienie aktualne pary wodnej zawartej w powietrzu [mm Hg],

p – ciśnienie atmosferyczne [mm Hg],

f – wilgotność względna [%],

v – prędkość wiatru [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$].

Przedstawione wyżej wskaźniki wybrano ze względu na stosunkowo duże możliwości uzyskania potrzebnych danych meteorologicznych, a także z tego względu, że dla Polski jest opracowana skala klimatu odczuwalnego, dostosowana do tych wskaźników [Baranowska 1986]. Skala ta została opracowana na podstawie odczucia termicznego ludzi zdrowych, wykonujących lekką pracę fizyczną (pomiarów meteorologicznych) ubranych odpowiednio do pory roku.

W opracowaniu użyty został także wskaźnik zwany niedosytem fizjologicznym D , przydatny ze względu na swoją prostotę i stosunkowo obiektywne wyrażanie stopnia parności powietrza odczuwanego przez człowieka:

$$D = E_{37} - e \quad [\text{mmHg}]$$

gdzie $E_{37} = 47,0 \text{ mm Hg}$ – ciśnienie maksymalne pary wodnej w powietrzu, w

temperaturze wewnętrznej ciała człowieka.

Dane meteorologiczne użyte do obliczeń wskaźników biometeorologicznych pochodzą ze stacji meteorologicznej SGGW Warszawa-Ursynów. Wybrane zostały 4 dni o różnych warunkach biometeorologicznych w celu określenia stopnia obciążenia organizmu ludzkiego w okresie niekorzystnego oddziaływania głównych bodźców klimatycznych (dzień gorący i mroźny) oraz w warunkach biometeorologicznych umiarkowanych (dzień o przeciętnej temperaturze w okresie lata).

Wyniki opracowań

Warunki meteorologiczne. 26 sierpnia 1997 r. (tab. 1a) temperatura powietrza zmieniała się w czasie doby od $15,0^{\circ}\text{C}$ o godz. 5 do $27,0^{\circ}\text{C}$ w godzinach 14^{00} – 16^{00} . Mimo występowania wysokiej temperatury, wilgotność względna w tym dniu była dość duża, bardzo zbliżona do wilgotności 27 sierpnia, w którym temperatura powietrza była znacznie niższa, zwłaszcza w godzinach południowych. Taki przebieg wilgotności względnej powietrza w omawianym dniu zaistniał ze względu na dość dużą zawartość pary wodnej w powietrzu jaka miała miejsce w godzinach 9^{00} – 17^{00} (ciśnienie pary wodnej dochodziło nawet do 21 mmHg). W godzinach 12^{00} – 16^{00} występowała dość duża prędkość wiatru (średnia prędkość w ciągu 10 minut dochodziła do $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Ciśnienie atmosferyczne w omawianym dniu było bardzo zbliżone do średniego ciśnienia w tej porze roku i

spadało od 754,0 mmHg o godzinie 1⁰⁰ do 752,0 o godzinie 24⁰⁰ (średnie ciśnienie atmosferyczne zredukowane do poziomu morza wynosi 760 mmHg = 1013,1 hPa).

27 sierpnia 1997 r. (tab. 1b) temperatura powietrza w przebiegu dobowym zmieniała się niezbyt dużo i wynosiła o godzinie 5⁰⁰ 15,0°C, a o godzinie 16⁰⁰ 20,8°C (średnia miesięczna wieloletnia wynosi 18,0°C). Wilgotność względna powietrza była zbliżona do wilgotności 26 sierpnia, gdyż zmniejszyła się dość wyraźnie zawartość pary wodnej w powietrzu. Nieco niższa była prędkość wiatru a ciśnienie atmosferyczne w dalszym ciągu spadało (z 752,0 mmHg o godz. 1⁰⁰ do 750,5 mmHg o godz. 24⁰⁰).

30 sierpnia 1997 r. (tab. 1c) warunki termiczne były bardzo zbliżone do występujących w dniu 27 sierpnia. Dość wyraźnie zmniejszyła się natomiast zawartość pary wodnej w związku z tym spadła także wilgotność względna powietrza. Wyraźnie zmniejszyła się też prędkość wiatru, a ciśnienie atmosferyczne w godzinach popołudniowych zaczęło wzrastać (od 745,0 do 749,4 mmHg).

27 grudnia 1996 r. (tab. 1d) został wybrany jako typowy dzień mroźny o podwyższonym ciśnieniu atmosferycznym, małej prędkości wiatru, małej zawartości pary wodnej w powietrzu i dość dużej wilgotności względnej powietrza związanej z niską temperaturą powietrza.

Wybranie do obliczeń 3 dni, wyraźnie różniących się pod względem warunków meteorologicznych, i 2 dni o podobnej pogodzie, pozwala na ocenę czułości za-

stosowanych wskaźników biometeorologicznych.

Odczucie termiczne i suchości powietrza atmosferycznego przez człowieka. W tabeli 1 a, b, c, d zamieszczono wartości wybranych wskaźników biometeorologicznych i ocenę odczucia ciepła i suchości przez człowieka na wolnym powietrzu, ubranego stosownie do pory roku, wykonującego lekką pracę fizyczną (marsz 3–4 km · h⁻¹, w terenie płaskim, pomiary na stacji doświadczalnej, itp.).

27 sierpnia gdy występowała wysoka temperatura powietrza, wskaźniki odczucia termicznego „gorąco” występują już o godz. 9⁰⁰ i trwają do godz. 18⁰⁰. Zaznaczają się pewne różnice w klasyfikacji, w zależności od rodzaju wskaźnika biometeorologicznego. Podczas dnia większą czułość wykazują wskaźniki temperatury efektywnej $TE - NTE$ i ochładzania biometeorologicznego suchego H_s , które obliczane są wzorami bardziej rozbudowanymi, obejmującymi większą ilość parametrów, a przede wszystkim prędkość wiatru.

W godzinach nocnych, przy bardzo małej prędkości wiatru (0,3–0,5 m · s⁻¹) największą zgodność oceny uzyskuje się między wskaźnikami $T_e - NTE$ i D (odczucie komfortu). Na podstawie wartości H_s w godzinach nocnych można przypuszczać, że wskaźnik H_s , wykazujący ocenę o jeden stopień wyższą – „ciepło”, jest zbyt mało wrażliwy na prędkość wiatru. Należy też zwrócić uwagę, że wskaźnik D , ze względu na swoją prostotę, jest wprawdzie łatwy do zastosowania, to jednak jego czułość oceny odczucia

TABELA 1. Wartości elementów meteorologicznych, wskaźników biometeorologicznych oraz ocena klimatu odczuwalnego. Warszawa-Ursynów 1997 r.

TABLE 1. Values of meteorological elements, biometeorological indices, and an assessment of sensed climate. Warsaw-Ursynów 1997
TABELA 1a

Data/godz. Date/hour	<i>t</i>	<i>f</i>	<i>e</i>	<i>v</i>	<i>p</i>	<i>Te</i>	<i>TE</i> (<i>v</i> < 0,2)	<i>NTE</i> (<i>v</i> > 0,2)	<i>Hs</i> (<i>v</i> < 1)	<i>Hs</i> (<i>v</i> > 1)	<i>D</i>	
26.08.97	1	16,6	59,6	11,4	0,4	754,0	k	14,7	9,0	c	35,6	k
	2	16,0	60,2	10,8	0,5	753,7	k	13,8	9,9	c	36,2	k
	3	15,7	61,2	10,9	0,4	753,7	k	13,9	9,4	c	36,1	k
	4	15,3	61,4	10,5	0,3	753,5	k	14,1	8,9	c	36,5	k
	5	15,0	62,8	10,8	0,4	753,5	k	13,3	9,7	c	36,2	k
	6	16,6	68,4	12,8	1,1	753,5	c	12,6	-	-	34,2	k
	7	17,7	69,7	14,2	1,0	753,5	c	14,0	11,3	c	32,8	p
	8	18,3	70,7	15,0	1,2	753,7	c	14,2	-	-	32,0	p
	9	20,5	68,3	16,4	1,3	753,7	g	16,2	-	-	30,6	p
	10	22,3	65,9	17,8	0,7	753,4	g	19,2	7,6	c	29,2	p
	11	24,8	62,9	19,8	1,4	753,1	g	20,4	-	-	27,2	p
	12	26,4	61,7	21,3	2,6	753,1	g	21,0	-	-	25,7	p
	13	26,6	57,1	19,7	1,6	752,0	g	20,9	-	-	27,3	p
	14	27,0	53,8	19,4	1,8	752,7	g	21,7	-	-	27,6	p
	15	27,0	51,4	18,3	2,2	752,5	g	21,3	-	-	28,7	p
	16	27,0	57,8	20,6	2,7	752,5	g	21,4	-	-	26,4	p
	17	25,9	54,6	18,2	1,7	752,5	g	20,7	-	-	28,8	p
	18	24,2	53,6	16,3	0,7	752,5	g	20,4	6,6	c	30,7	p
	19	22,3	56,3	15,2	0,4	752,5	g	19,6	6,4	c	31,8	p
	20	20,8	56,8	14,0	0,4	752,5	c	18,3	7,1	c	33,0	p
	21	20,9	62,8	15,5	0,4	752,5	g	18,6	7,1	c	31,5	p
	22	19,9	64,9	15,1	0,4	752,2	c	17,8	7,5	c	31,9	p
	23	19,4	65,5	14,7	0,4	752,0	c	17,4	7,7	c	32,3	p
	24	18,4	65,8	14,0	0,4	752,0	c	16,5	8,2	c	33,0	p

TABELA 1b

Data/godz. Date/hour	<i>t</i>	<i>f</i>	<i>e</i>	<i>v</i>	<i>p</i>	<i>Te</i>	<i>TE</i> ($v < 0,2$)	<i>NTE</i> ($v > 0,2$)	<i>Hs</i> ($v < 1$)	<i>Hs</i> ($v > 1$)	<i>D</i>		
27.08.97	1	18,0	65,8	13,7	0,4	752,0	c	16,1	c	8,4	c	33,3	p
	2	17,1	67,4	13,0	0,4	751,9	c	15,3	k	8,8	c	34,0	p
	3	16,1	68,8	12,7	0,4	751,9	k	14,4	k	9,2	c	34,3	k
	4	15,5	69,0	12,1	0,7	751,8	k	12,7	k	11,2	c	34,9	k
	5	15,0	71,4	12,2	0,8	751,6	k	11,8	ch	12,0	c	34,8	k
	6	16,3	73,5	13,6	1,4	751,5	c	11,6	ch	-	-	33,4	p
	7	18,1	73,0	15,2	2,3	751,7	c	12,1	ch	-	-	31,8	p
	8	18,7	71,4	15,2	2,2	751,8	c	12,9	k	-	-	31,8	p
	9	18,5	66,7	14,3	1,6	752,0	c	13,5	k	-	-	32,7	p
	10	18,5	60,4	12,8	1,3	752,0	c	13,9	k	-	-	34,2	k
	11	19,0	59,1	12,9	2,3	752,0	c	13,0	k	-	-	34,1	k
	12	20,6	57,4	13,7	2,0	752,0	c	15,0	k	-	-	33,3	p
	13	20,0	56,7	13,3	2,0	752,0	c	14,3	k	-	-	33,7	p
	14	19,6	54,3	12,3	2,2	751,5	c	13,6	k	-	-	34,7	k
	15	20,7	50,5	12,3	2,1	751,2	c	14,8	k	-	-	34,7	k
	16	20,8	50,4	12,2	2,2	751,0	c	14,8	k	-	-	34,8	k
	17	19,8	50,3	11,6	2,2	751,0	c	13,7	k	-	-	35,4	k
	18	18,7	54,9	11,9	0,7	751,0	c	15,4	k	9,5	c	35,1	k
	19	18,2	66,5	13,8	0,7	751,0	c	15,2	k	9,8	c	33,2	p
	20	17,7	68,4	13,8	0,4	751,0	c	15,9	k	8,5	c	33,2	p
	21	17,4	67,4	13,3	0,8	751,0	c	14,2	k	10,7	c	33,7	p
	22	17,1	68,2	13,3	0,5	751,0	c	14,9	k	9,4	c	33,7	p
	23	16,9	68,4	13,1	0,6	750,8	c	14,4	k	10,0	c	33,9	p
	24	16,5	69,4	12,9	0,6	750,5	c	14,0	k	10,2	c	34,1	p

TABELA 1c

Data/godz. Date/hour	t	f	e	v	p	Te	TE ($v < 0,2$)	NTE ($v > 0,2$)	Hs ($v < 1$)	Hs ($v > 1$)	D			
30.08.97	1	15,4	56,6	9,9	0,4	745,8	36,2	ch	13,6	k	9,6	c	37,1	k
	2	15,2	59,7	10,3	0,4	745,8	36,9	ch	13,5	k	9,6	c	36,7	k
	3	15,3	59,7	10,2	0,5	745,8	36,8	ch	13,1	k	10,2	c	36,8	k
	4	15,4	61,3	10,6	0,9	745,3	37,7	ch	11,8	ch	12,2	c	36,4	k
	5	14,9	60,4	10,2	0,6	745,0	36,4	ch	12,4	k	11,0	c	36,8	k
	6	15,4	59,4	10,3	1,2	745,0	37,1	ch	11,0	ch	-	-	13,6	k
	7	16,0	59,5	10,7	1,2	745,0	38,5	k	11,6	ch	-	-	13,2	k
	8	17,4	58,9	11,6	1,2	745,2	41,8	k	13,0	k	-	-	12,3	k
	9	19,5	54,3	12,2	1,6	745,5	45,2	c	14,3	k	-	-	12,3	k
	10	21,0	52,3	12,8	1,4	745,8	47,9	c	16,1	c	-	-	10,6	c
	11	20,8	50,6	12,4	1,4	746,0	46,9	c	15,8	k	-	-	10,8	c
	12	21,1	46,5	11,4	2,1	746,0	45,1	c	15,1	k	-	-	12,5	c
	13	21,3	44,8	11,3	1,6	746,0	45,1	c	15,8	k	-	-	11,0	c
	14	20,6	47,7	11,6	1,3	746,2	45,0	c	15,7	k	-	-	10,6	c
	15	19,7	45,9	10,5	1,5	746,5	41,8	k	14,5	k	-	-	11,9	c
	16	19,4	49,7	11,3	0,3	747,0	43,1	k	17,2	c	7,2	c	35,7	k
	17	19,4	51,0	11,5	0,4	747,5	43,6	c	16,9	c	7,7	c	35,5	k
	18	19,4	53,3	11,9	0,5	748,0	44,4	c	16,6	c	8,3	c	35,1	k
	19	19,6	67,2	15,3	0,8	748,0	51,7	g	16,3	c	9,4	c	31,7	p
	20	19,4	64,7	14,7	1,0	748,0	50,3	c	15,6	k	10,3	c	32,3	p
	21	18,5	71,1	15,0	0,4	748,5	50,0	c	16,7	c	8,2	c	32,0	p
	22	18,1	69,0	14,4	0,4	749,0	48,3	c	16,3	c	8,3	c	32,6	p
	23	17,6	68,8	13,9	0,4	749,0	46,7	c	15,8	k	8,6	c	33,1	p
	24	17,2	72,1	14,2	0,4	749,4	46,9	c	15,5	k	8,7	c	32,8	p

TABELA 1d

Data/godz. Date/hour	t	f	e	v	p	T_e	TE ($v < 0,2$)	NTE ($v > 0,2$)	H_s ($v < 1$)	H_s ($v > 1$)	D	
27.12.97	1	-20,2	84,7	1,0	0,9	757,5	-18,1 z	-	-26,5 z	32,9 z	z	46,0 s
	2	-20,4	84,4	1,0	0,5	757,5	-18,3 z	-	-22,7 z	27,5 z	ch	46,0 s
	3	-19,6	81,7	1,1	0,5	757,5	-17,3 z	-	-21,5 z	27,1 z	ch	45,9 s
	4	-19,7	80,5	1,1	0,6	757,5	-17,4 z	-	-22,5 z	28,7 z	ch	45,9 s
	5	-19,5	79,7	1,1	0,5	757,5	-17,2 z	-	-21,1 z	27,0 z	ch	45,9 s
	6	-19,6	80,3	1,1	0,1	757,5	-17,3 z	z	-	18,3 z	k	45,9 s
	7	-20,0	80,6	1,0	0,2	757,5	-17,9 z	z	-	21,4 z	k	46,0 s
	8	-21,5	79,2	0,9	0,0	757,5	-19,6 z	z	-	11,6 z	k	46,1 s
	9	-20,9	82,7	0,9	0,8	757,5	-19,0 z	-	-26,0 z	32,0 z	z	46,1 s
	10	-18,7	81,6	1,2	0,7	757,5	-16,2 z	-	-22,6 z	29,5 z	ch	45,8 s
	11	-16,3	76,9	1,3	0,5	757,5	-13,6 z	-	-17,5 z	25,5 z	ch	45,7 s
	12	-13,9	70,6	1,5	0,9	757,5	-10,8 z	-	-17,8 z	29,2 z	ch	45,5 s
	13	-12,4	68,8	1,6	0,4	757,5	-9,1 z	-	-11,8 z	22,2 z	ch	45,4 s
	14	-12,3	68,4	1,6	1,4	757,5	-9,0 z	-	-18,9 z	-	33,5 z	45,4 s
	15	-13,1	70,9	1,6	0,8	757,5	-9,8 z	-	-16,3 z	27,7 z	ch	45,4 s
	16	-14,3	76,4	1,6	1,1	757,5	-11,0 z	-	-20,4 z	-	31,6 z	45,4 s
	17	-15,0	80,8	1,6	1,4	757,5	-11,7 z	-	-23,5 z	-	35,3 z	45,4 s
	18	-15,2	82,4	1,5	1,7	757,5	-12,1 z	-	-25,5 z	-	38,4 z	45,5 s
	19	-15,9	83,9	1,4	1,5	757,5	-13,0 z	-	-25,5 z	-	37,0 z	45,6 s
	20	-16,9	85,0	1,4	0,9	757,5	-14,0 z	-	-22,9 z	30,9 z	z	45,6 s
	21	-16,5	83,7	1,3	1,4	757,5	-13,8 z	-	-25,6 z	-	36,4 z	45,7 s
	22	-17,6	84,2	1,3	1,1	757,5	-14,9 z	-	-25,1 z	-	33,7 z	45,7 s
	23	-18,4	86,9	1,2	1,2	757,5	-15,9 z	-	-27,1 z	-	35,4 z	45,8 s
	24	-18,6	86,2	1,2	0,9	757,5	-16,1 z	-	-25,0 z	31,9 z	z	45,8 s

t – temperatura [°C], f – wilgotność względna [%], e – ciśnienie pary wodnej [mmHg], p – ciśnienie atmosferyczne [mmHg], D – niedosyt fizjologiczny [mmHg], v – prędkość wiatru [$m \cdot s^{-1}$]

Odczucie termiczne: g – gorąco, c – ciepło, k – komfortowo, ch – chłodno, z – zimno, p – parno.

t – temperature [°C], f – relative humidity [%], e – water vapour pressure [mmHg], p – atmospheric pressure [mmHg], D – physiological saturation deficit [mmHg], v – wind speed [$m \cdot s^{-1}$]

Thermal feeling: g – hot, c – warm, k – comfortable, ch – cool, z – cold, p – sultrity.

suchości „parności” w godzinach nocnych jest za mała.

27 i 30 sierpnia o bardzo zbliżonych warunkach pogodowych, znajdują dalsze potwierdzenie uwagi dotyczące wyznaczania H_s . Przymuszczalnie nocą wskaźnik ten ma wartości zbyt wysokie, wskazując ocenę „ciepło”, gdy w tych samych godzinach pozostałe wskaźniki (T_e , $TE-NTE$, D) wskazują na ocenę bardziej sensowną: „komfort” lub „chłodno”. Odczucie termiczne „chłodno” według wskaźnika T_e wynika z mniejszych wartości T , a zwłaszcza e (tab. 1c). Warto zwrócić uwagę, że w 27 sierpnia występowała podczas doby kilkakrotnie zmiana zawartości pary wodnej w powietrzu e , przy występowaniu wartości granicznych klas oceny „komfortowo” i „parno”.

27 grudnia 1996 r. pogoda była mroźna i stabilna podczas całej doby. W tych warunkach meteorologicznych wyraźnie zawodna okazuje się metoda wyznaczania H_s , wykazując w godzinach 6⁰⁰–8⁰⁰, przy temperaturze powietrza -21°C , odczucie cieplne „komfort” tylko dlatego, że w tym czasie panowała cisza lub prędkość wiatru wynosiła 0,1 i 0,2 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

W tych ekstremalnych warunkach pogodowych dobre wyniki i dobrą czułość oceny wykazuje metoda wyznaczania $TE-NTE$. O godzinie 13⁰⁰, gdy temperatura powietrza, chociaż niska, była najwyższa w czasie doby, przy bardzo zbliżonych wartościach f i e , w okresie kilku godzin południowych wyraźny spadek prędkości wiatru niewątpliwie wpływa na korzystniejsze odczucie cieplne człowieka, co znalazło potwierdzenie w wartości wskaźnika NTE ($-11,8$) oznaczającego odczucie termiczne

„chłodno” a nie „zimno”, jak to ma miejsce w pozostałej części doby.

Podsumowanie i wnioski

1. W typowy letni dzień z wysoką temperaturą powietrza, odczucie termiczne „gorąco” u człowieka wykonującego lekką pracę fizyczną występuje w godzinach od 9⁰⁰ do 18⁰⁰ CSE. W godzinach od 19⁰⁰ do 24⁰⁰ występuje odczucie „ciepła”, a od godziny 1⁰⁰ do 8⁰⁰, w zależności od przyjętej metody obliczania, odczucie „komfortowo” lub „ciepło”.

2. W dniach z temperaturą powietrza zbliżoną do średniej miesięcznej, odczucie termiczne człowieka oceniane wskaźnikami T_e , $TE-NTE$ i H_s mieści się w klasie „ciepło” i „komfortowo”, a w niektórych godzinach nocnych i nad ranem – „chłodno”.

3. W okresach, gdy ciśnienie aktualne pary wodnej zbliża się lub przekracza wartość 14 mmHg (18,7 hPa), wskaźnik D osiąga wartość w klasie odczucia „parno”.

4. W dzień mroźny tylko o godzinie 13⁰⁰ występuje wskaźnik odczucia termicznego NTE „chłodno”, w pozostałej części doby – „zimno”.

5. Najczulszą metodą oceny odczucia termicznego przez człowieka spośród stosowanych w opracowaniu jest metoda wyznaczania $TE - NTE$. Pozostałe wskaźniki są zbyt uproszczone i mogą być używane do oceny klimatu odczuwalnego w dłuższych okresach (dekady, miesiąca).

Literatura

- BARANOWSKA M., BONIECKA-ŻÓŁCIK H., GURBA A. 1986: *Weryfikacja skali klimatu odczuwalnego dla Polski*. Przegł. Geofiz., R. XXXI, z. 1, Warszawa.
- KOZŁOWSKA-SZCZĘSNAT. 1985: *Metody badań bioklimatu człowieka*. Probl. Uzdr. z. 1/2, Warszawa.

Summary

An evaluation of biometeorological conditions in selected weather types in the Ursynów - SGGW vicinity. Biometeorological indices were used for assessing sensed climate in the Ursynów area, as follows: equivalent temperature, effective temperature, cooling power and sultriness.

In the region of Warsaw, in summer day with high temperature of the air the thermal feeling noted as „hot” accurs between 9 a.m. and 6 p.m., while „warm” and „comfortable” in the timespan between 7 p.m. and 8 a.m.

In the days with temperature close to the month average there the following thermal feelings accur: „warm” or „comfortable” during day, while in the night, in mornings and evenings – „cool”.

In frost days only at 1 p.m. the index of the „cool” thermal feeling occurred, while in the remaining part of the day – night cycle the „cold” thermal feeling was sensed.

Author's address:

B. Łykowski
Warsaw Agricultural University – SGGW
02-787 Warsaw, ul. Nowoursynowska 166
Poland