

Monika Okoniewska

Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Institute of Geography
e-mail: monika.okoniewska@ukw.edu.pl

Wpływ czynników cyrkulacyjnych na kształtowanie warunków meteorologicznych i biotermicznych w rejonie gminy Mrocza

Influence of atmospheric circulation on meteorological
and biothermal conditions in the Mrocza community area

Abstract. The study contains an analysis of the influence of atmospheric circulation on the daily course of basic meteorological parameters and on the development of biothermal conditions within the Mrocza community. For the analysis, the hourly data of meteorological elements: temperature and relative humidity, wind speed, solar radiation from Mrocza and lower synoptic maps were used. The winter, spring, summer and autumn conditions were characterized by data from four months of 2013: January, April, July and October respectively. Characteristics of the perceptible climate conditions were estimated on the basis of the universal thermal climate index. The analysis revealed significant differences in daily climatic and bioclimatic conditions with the inflow of the same air masses in different periods of the year. It was found that the most favorable biothermal conditions not charging the human body occur in the transitional seasons, i.e. spring and autumn during the advection of polar maritime air masses. The least favorable is arctic air especially in the winter season, when it is responsible for the occurrence of moderate and strong cold stress, as well as the tropical air coming summer and causing the appearance of moderate and strong heat stress.

Key words: atmospheric circulation, meteorological conditions, biothermal conditions, Mrocza, daily course of meteorological parameters, daily course of biothermal indices

Wprowadzenie

Cyrkulacja atmosferyczna jest jednym z istotniejszych czynników decydujących o kształtowaniu się warunków pogodowych, pośrednio także oddziałując na bioklimat danego obszaru. Postanowiono zatem przeanalizować wpływ adwekcji mas atmosferycznych na przebieg wybranych charakterystyk pogody, jak i kształtowanie się odczuwalności cieplnej na obszarze gminy Mrocza. Ogólna charakterystyka warunków meteorologicznych i biotermicznych tego obszaru została przedstawiona w

monografii miasta i gminy (Okoniewska, 2014), a niniejsza publikacja ma za zadanie określić, jak napływające masy powietrza wpływają na średnie dobowe oraz ekstremalne wartości temperatury powietrza, wilgotności względnej, prędkości wiatru, uniwersalnego wskaźnika obciążenia cieplnego, a także na częstość występującego obciążenia cieplnego w poszczególnych okresach roku.

Materiał źródłowy i metody badań

Do analizy wybrano godzinowe

wartości parametrów meteorologicznych ze stycznia, kwietnia, lipca i października 2013 roku, obejmujące temperaturę powietrza (t , °C), wilgotność względną powietrza (f , %), prędkość wiatru (v , ms^{-1}). Dane pochodziły z automatycznej stacji meteorologicznej HOBO, która funkcjonowała przez okres 9 miesięcy na obszarze wodociągu komunalnego w gminie Mroczka (ϕ 53°14', λ 17°36'). Charakterystykę warunków biotermicznych przeprowadzono na podstawie analizy uniwersalnego wskaźnika obciążenia cieplnego (UTCI, °C).

Wskaźnik UTCI (Universal Thermal Climate Index) jest definiowany jako ekwiwalentna temperatura powietrza, przy której w warunkach referencyjnych podstawowe parametry fizjologiczne organizmu przyjmują takie same wartości jak w warunkach rzeczywistych. Jako warunki referencyjne przyjmuje się takie, które charakteryzują się średnią temperaturą promieniowania równą temperaturze powietrza, prędkością wiatru na wysokości 10 m nad gruntem, równą $0,5 \text{ ms}^{-1}$, względną prędkością ruchu powietrza związaną z poruszaniem się, równą $1,1 \text{ ms}^{-1}$, ciśnieniem pary wodnej odpowiadającym 50% wilgotności względnej (przy temperaturze $<29^\circ\text{C}$) i równym 20 hPa przy temperaturze wyższej od 29°C . Przyjmując takie stałe warunki referencyjne metodą kolejnych przybliżeń poszukuje się takiej temperatury powietrza, przy której parametry fizjologiczne organizmu przyjmują takie same wartości jak w warunkach rzeczywistych (Błażejczyk i inni, 2010). Istotną cechą tego wskaźnika jest fakt, że jego miarą nie są odczucia cieplne, które z natury mogą być subiektywne, uzależnione od cech populacyjnych i osobniczych, lecz oparty jest on o obiektywne zmiany parametrów

fizjologicznych organizmu, zachodzące pod wpływem warunków środowiskowych, jak na przykład zmiany temperatury skóry czy ilość wydzielanego potu. Wartości wskaźnika UTCI są więc miarą obciążeń cieplnych organizmu. Do ich oceny służy skala przedstawiona w załączniku 1 (Błażejczyk i inni, 2010, s. 64).

Na podstawie danych godzinowych obliczono średnie dobowe wartości wymienionych wcześniej parametrów meteorologicznych i wskaźnika bioklimatycznego (jako średnie z 12 terminów obserwacyjnych w ciągu doby), wyznaczono dobowe wartości maksymalne i minimalne. Następnie z wartości dobowych obliczono średnie oraz średnie z maksimów i minimów dla wszystkich dni w miesiącu znajdujących się pod wpływem danej masy powietrza.

Analizie poddano również przebiegi dobowe temperatury powietrza, wilgotności względnej powietrza, prędkości wiatru oraz uniwersalnego wskaźnika obciążenia cieplnego w różnych masach powietrza. Takie podejście pozwoliło na pokazanie przeciętnych warunków pogodowych i odczuwalnych z jakimi można spotkać się w rejonie Gminy Mroczka w ciągu roku. Charakterystykę biotermiczną uzupełniono analizą częstości występowania obciążenia cieplnego w poszczególnych masach powietrza.

Analiza map synoptycznych wykazała, że w styczniu, kwietniu i październiku 2013 roku nad obszar Polski północnej napływały masy powietrza arktycznego i polarnego morskiego, brak natomiast w tym czasie adwekcji mas polarnych kontynentalnych i zwrotnikowych. W lipcu z kolei masami napływającymi nad analizowany rejon kraju były jedynie masy powietrza polarnego morskiego i zwrotnikowego. W związku z tym

przeprowadzone badania skupiały się na trzech rodzajach mas powietrza atmosferycznego. Wśród mas polarnych morskich Centralne Biuro Prognoz IMGW wyróżnia odmianę ciepłą a także klasyfikuje masy, które uległy transformacji, określając je mianem starych (Więclaw, 2004, s. 10). Jednakże ze względu na małą liczbę dni z napływającymi masami powietrza polarnego morskiego ciepłego i starego postanowiono tego rodzaju masy zaliczyć ogółem do mas powietrza polarnego morskiego. W efekcie w opracowaniu przyjęto podział mas atmosferycznych na masy: arktyczne (PA), polarne morskie (PPm) i zwrotnikowe (PZ).

Wyniki badań

Uśrednione oraz ekstremalne wartości elementów meteorologicznych i uniwersalnego wskaźnika obciążenia cieplnego w różnych masach powietrza.

Masy arktyczne (PA) są zdecydowanie chłodniejszymi masami od powietrza polarnego morskiego (PPm) (Tab. 1). W styczniu ich napływ sprawiał, że średnia temperatura dobowa w rejonie Mroczy nie przekraczała -6°C , a minimalna temperatura powietrza ze względu na duże wypromieniowanie ciepła w nocy wynosiła średnio $-7,1^{\circ}\text{C}$, podczas gdy adwekcja powietrza polarnego morskiego oznaczała obie wielkości wyższe o około 9°C . Takie wyniki są zgodne z rezultatami badań dotyczących wpływu cyrkulacji na kształtowanie warunków termicznych, które wskazują jednoznacznie, że adwekcja powietrza z sektora zachodniego w okresie zimowym jest przyczyną pojawiającego się w tym czasie znacznego wzrostu temperatury powietrza (Kožuchowski, 2004, s. 77; Okoniewska, 2013, s. 146; Ustrnul, 1998, s. 317).

Tab. 1. Uśrednione dla poszczególnych mas powietrza PA - arktycznego, PPm - polarnego morskiego i PZ - zwrotnikowego wartości średnie dobowe, średnie maksymalne i minimalne oraz dobowe amplitudy temperatury powietrza - t ($^{\circ}\text{C}$), wilgotności względnej powietrza - f (%), prędkości wiatru - v (ms^{-1}), uniwersalnego wskaźnika obciążenia cieplnego - UTCI ($^{\circ}\text{C}$) w styczniu, kwietniu, lipcu i październiku 2013 r.

		styczeń		kwiecień		lipiec		październik	
masy powietrza		PA	PPm	PA	PPm	PPm	PZ	PA	PPm
t ($^{\circ}\text{C}$)	średnia	-6,3	3,0	2,0	10,1	18,9	24,4	5,7	11,0
	max.	-5,2	3,7	5,2	14,7	24,2	29,5	10,8	14,9
	min.	-7,1	2,5	-0,9	5,6	13,4	20,4	0,7	8,2
	amplituda	1,9	1,2	6,1	9,2	10,9	9,1	10,1	6,7
f (%)	średnia	88,3	89,3	77,1	72,5	77,2	75,4	74,5	84,9
	max.	89,7	90,9	89,9	87,5	94,3	88,7	89,6	92,2
	min.	86,0	87,2	62,1	56,6	57,1	59,1	53,8	73,1
	amplituda	3,7	3,7	27,8	30,8	37,3	29,6	35,8	19,1
v (ms^{-1})	średnia	0,3	1,7	1,5	1,1	0,7	0,5	0,8	1,1
	max.	0,4	2,0	2,3	1,8	1,3	1,9	1,6	1,7
	min.	0,2	1,3	0,9	0,3	0,1	0,0	0,4	0,6
	amplituda	0,3	0,7	1,4	1,5	1,2	1,9	1,1	1,0
UTCI ($^{\circ}\text{C}$)	średnia	-9,0	-4,1	-3,4	8,0	19,4	25,0	3,4	8,7
	max.	-5,9	-2,3	1,3	13,6	27,0	31,1	10,7	13,8
	min.	-10,7	-5,8	-7,0	3,0	13,0	18,3	-2,2	5,9
	amplituda	4,8	3,5	8,3	10,5	14,0	12,7	12,9	7,8

Nieco mniejsza różnica między tymi masami, nie przekraczająca 9°C w wartościach średniej dobowej temperatury powietrza, występowała wiosną (kwiecień) i jesienią (październik), przy czym znacznie niższa była w okresie jesiennym (Tab. 1). W kwietniu w czasie napływających mas arktycznych maksima dobowe temperatury powietrza były o około 5°C niższe niż w październiku, natomiast napływ mas polarnych morskich powodował, że maksimum dobowe było na zbliżonym poziomie w obu sezonach i wynosiło nieco poniżej 15°C . Ze względu na większą różnicę w temperaturze panującej w ciągu dnia i nocy w czasie napływu mas powietrza arktycznego, spowodowaną mniejszym zachmurzeniem nieba, obserwowano w tym czasie wyższą amplitudę dobową temperatury powietrza. Jedyne w kwietniu wyższa amplituda dobowa zaznaczała się w przypadku adwekcji powietrza polarnego morskiego. W lipcu odnotowane masy powietrza zwrotnikowego (PZ) były zdecydowanie cieplejszymi masami od powietrza polarnego morskiego (Tab. 1), co wiąże się z lokalizacją ich obszaru źródłowego. Masy te napływają bowiem z rejonu Azorów i Morza Śródziemnego lub z połnocnej części Afryki i z połnocnej Azji (Woś, 1999, s. 60). W rejonie Mroczy adwekcja mas zwrotnikowych latem powodowała, że średnia dobowa temperatura powietrza wynosiła $24,4^{\circ}\text{C}$, przy wartości $18,9^{\circ}\text{C}$, jaka wystąpiła w związku z napływem powietrza polarnego morskiego. Najwyższa dobowa temperatura powietrza dochodziła do blisko 30°C , przy napływie PZ i jedynie do około 24°C przy PPM, a minimalna była w obu masach o około 10°C niższa (Tab. 1). Należy zaznaczyć, że masy polarne morskie

w okresie letnim są masami chłodnymi, formującymi się nad chłodniejszym od ładu o tej porze roku obszarem Oceanu Atlantyckiego, stąd też ich napływ jest przyczyną występującego ochłodzenia (Woś, 1999 s. 59).

Wskaźnik obciążenia cieplnego (UTCI) najniższe wartości przyjmował w styczniu w masach powietrza arktycznego, kiedy średnia dobową była o około 5°C niższa niż przy adwekcji powietrza polarnego morskiego (Tab. 1), choć w obu masach wartości oznaczały pojawianie się umiarkowanego stresu zimna. Występujące w tym czasie minimum wskaźnika UTCI przy napływie mas arktycznych również mieściło się w przedziale tego samego rodzaju obciążenia cieplnego. Wiosną wartość wskaźnika była także zdecydowanie niższa w przypadku powietrza arktycznego niż polarnego morskiego, co więcej wyraźnie odróżniała się w przypadku tej samej masy napływającej w okresie jesiennym. W kwietniu bowiem przy adwekcji PA średnia dobową wartość UTCI była ujemna i wynosiła $-3,4^{\circ}\text{C}$, minimalna -7°C , a maksymalna dobową zaledwie $1,3^{\circ}\text{C}$, podczas gdy przy napływie mas polarnych morskich wymienione wartości były o około 10°C wyższe i kształtowały się w przedziale łagodnego stresu zimna, a w przypadku wartości maksymalnej braku obciążeń cieplnych. W październiku natomiast przy napływie powietrza arktycznego jedynie wartość minimalna była ujemna, natomiast maksymalna wartość wskaźnika obciążeń cieplnych osiągała aż $10,7^{\circ}\text{C}$. Napływ mas polarnych morskich w tym czasie wiązał się z występowaniem średniej dobowej oraz wartości ekstremalnych tylko nieco niższych od wartości notowanych przy napływie powietrza arktycznego. Latem

masy zwrotnikowe warunkowały występowanie średniej dobowej wartości wskaźnika obciążenia cieplnego w wysokości 25°C, co wiązało się z brakiem obciążeń cieplnych. Najwyższa dobowa wartość UTCI oznaczała już pojawianie się umiarkowanego stresu ciepła. W masach polarnych natomiast średnia dobowa wartość wskaźnika oraz maksimum dobowe oznaczały brak występującego obciążenia cieplnego (Tab. 1). Masy arktyczne cechują się niższą wilgotnością w porównaniu z powietrzem polarnym morskim, którego obszar źródłowy znajduje się w północnej części Oceanu Atlantyckiego (Woś, 1999, s. 59-60). W związku z tym średnia dobowa wilgotność względna powietrza przy napływie mas arktycznych w styczniu była niższa o około 10% w porównaniu z powietrzem polarnym morskim (Tab. 1). W okresie zimowym różnice między maksymalnymi i minimalnymi wartościami wilgotności względnej niezależnie od napływającej masy powietrza były niewielkie i wynosiły zaledwie 3,7%. Wiosną i jesienią napływ mas arktycznych sprzyjał spadkowi średniej dobowej wartości wilgotności względnej powietrza poniżej 80%, przy czym nieco wyższa była ona w kwietniu. Adwekcja powietrza polarnego morskiego w tym czasie powodowała spadek średniej dobowej wilgotności do około 72% w kwietniu, natomiast w październiku wzrost do blisko 85%. Na uwagę zasługuje w tym czasie duża różnica dobowa w przebiegu wilgotności względnej, objawiająca się amplitudą w wysokości od 19 do 35%. Latem napływ chłodnych i wilgotnych mas powietrza polarnego morskiego sprawiał, że średnia dobowa wilgotność względna powietrza wzrastała do około 77%, a maksymalna dobowa wartość dochodziła do 94%. W powietrzu

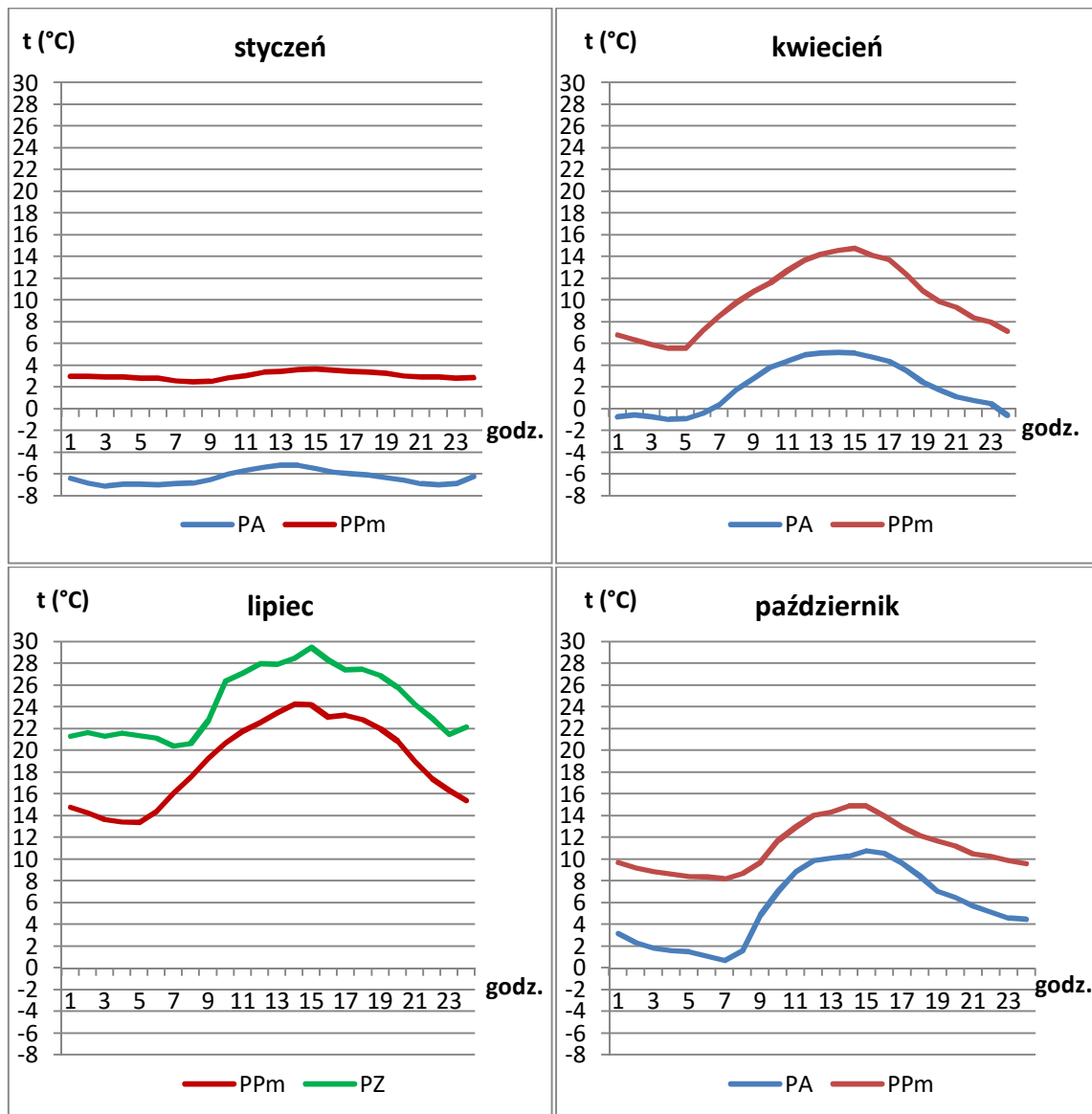
zwrotnikowym analogiczne wartości były niższe, w szczególności w przypadku maksimum dobowego. W ciągu dnia wilgotność względna niezależnie od miesiąca we wszystkich masach spadała, przy czym najniższe wartości osiągała w październiku (Tab. 1). W przypadku wiatru trudno jednoznacznie określić, w której masie powietrza notowane były jego większe prędkości. W styczniu i październiku adwekcja powietrza polarnego morskiego sprzyjała pewnemu wzrostowi prędkości wiatru, która w tych miesiącach wynosiła średnio 1,7 i 1,1 ms⁻¹, podczas gdy w powietrzu arktycznym nie przekraczała średnio 1 ms⁻¹, a w styczniu nawet była bliska wartości oznaczającej ciszę atmosferyczną. W kwietniu natomiast wyższa prędkość wiatru notowana była przy napływie chłodnych mas powietrza arktycznego. Latem masy zwrotnikowe cechowały się średnią dobową prędkością wiatru na poziomie 0,5 ms⁻¹, oraz były przyczyną występowania minimum dobowego bliskiego 0 ms⁻¹ (Tab. 1).

Przebiegi dobowe elementów meteorologicznych oraz uniwersalnego wskaźnika obciążenia cieplnego w różnych masach powietrza.

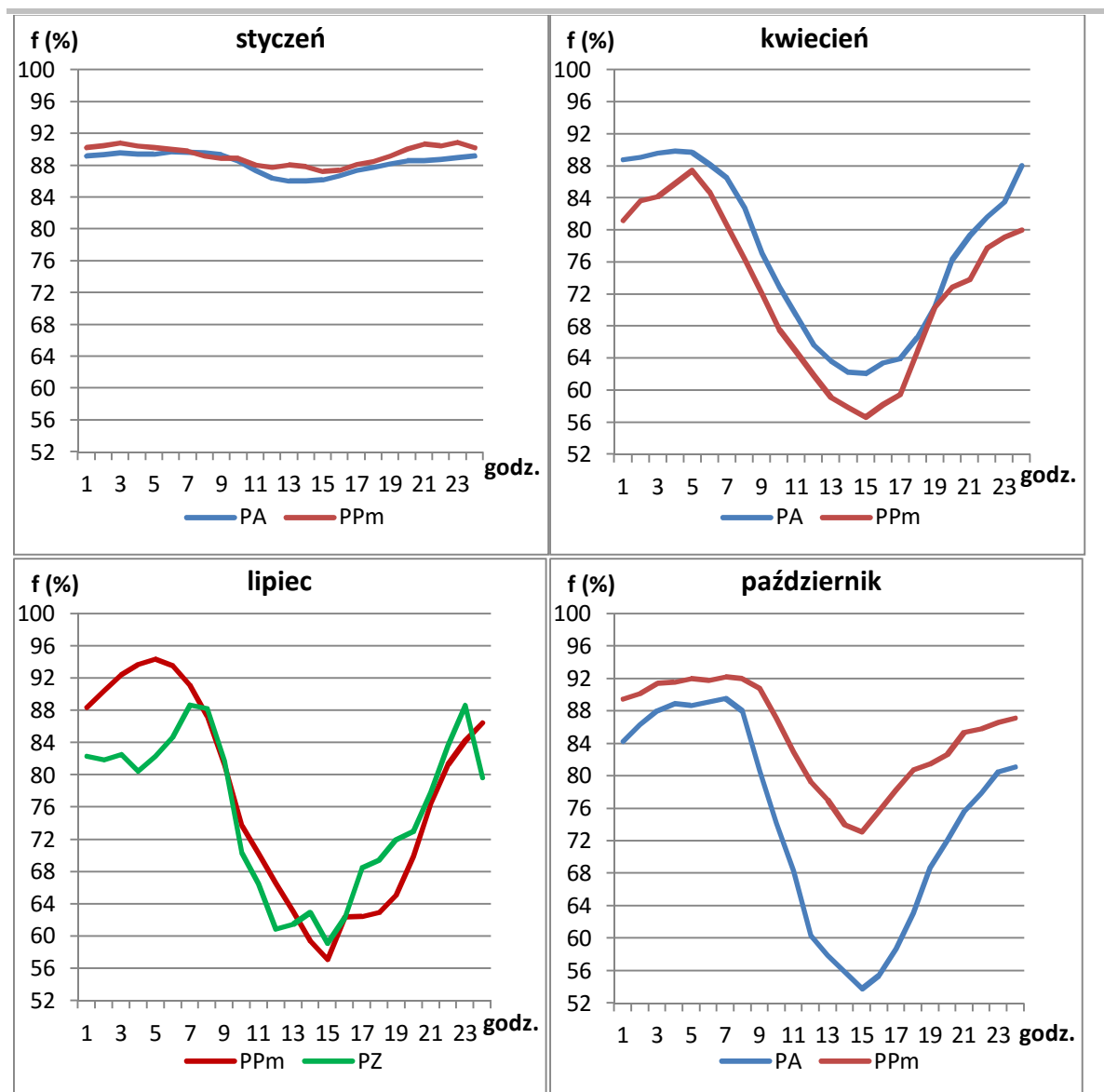
Przebieg dobowy temperatury powietrza wskazuje, że w styczniu 2013 r. w masach arktycznych przez całą dobę było znacznie chłodniej niż w powietrzu polarnym morskim, a średnie wartości temperatury były ujemne (Ryc. 1). Szczególnie niska temperatura w godzinach nocnych była rezultatem znacznego wypromieniowania ciepła z podłoża na skutek niewielkiego zachmurzenia nieba, jakie występuje przy napływie powietrza arktycznego. W masach polarnych morskich

w styczniu temperatura była znacznie wyższa i nawet w godzinach nocnych nie spadała poniżej 0°C. Ze względu na wyższe zachmurzenie nieba mniejsze było natomiast zróżnicowanie dobowe warunków termicznych w tej masie powietrza. W kwietniu i październiku przebiegi dobowe temperatury powietrza były podobne do siebie, choć tylko wiosną w godzinach nocnych w masach arktycznych zaznaczały się ujemne wartości temperatury. Jesienią

notowano też znacznie mniejsze różnice w wartościach temperatury w godzinach dziennych między masami arktycznymi a polarnymi morskimi. W lipcu masy zwrotnikowe były wyraźnie cieplejsze przez całą dobę od mas powietrza polarnego morskimi, przy czym największe różnice zaznaczały się w godzinach wczesnorannych, najmniejsze natomiast około godziny 8-9 (Ryc. 1).



Ryc. 1. Średni dobowy przebieg temperatury powietrza (°C) w styczniu, kwietniu, lipcu i październiku 2013 roku w różnych masach powietrza



Ryc. 2. Średni dobowy przebieg wilgotności względnej powietrza (%) w styczniu, kwietniu, lipcu i październiku 2013 roku w różnych masach powietrza

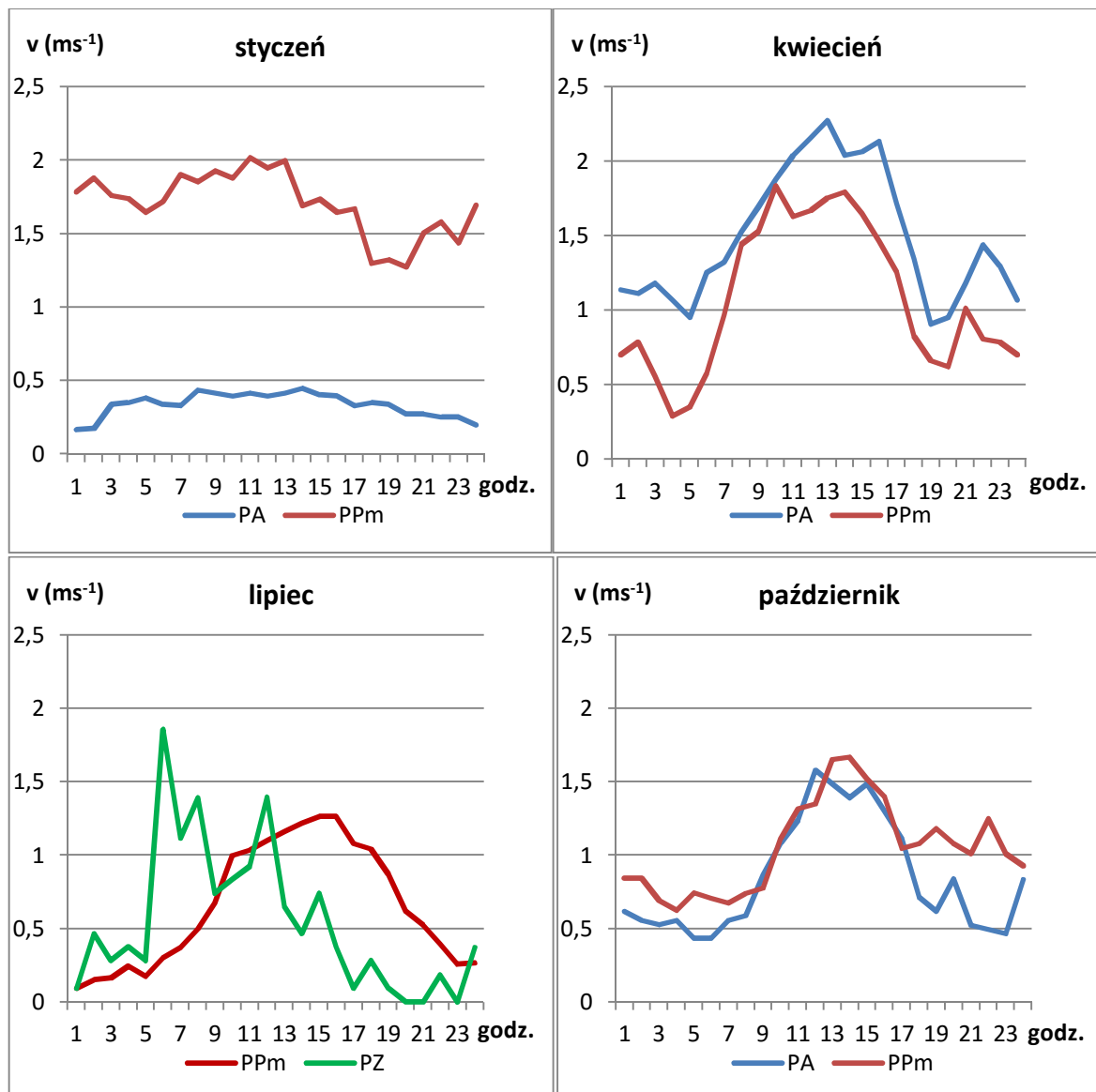
Wykresy obrazujące rozkład względnej wilgotności powietrza wskazują, że zimą wilgotność miała najbardziej wyrównany przebieg dobowy (Ryc. 2). W masach arktycznych wartość wilgotności w tym czasie była nieznacznie tylko wyższa w godzinach nocnych, a niższa w ciągu dnia, w porównaniu z powietrzem polarnym morskim. W kwietniu prawie przez całą dobę wilgotność względna była nieco bardziej podwyższona w przypadku napływu powietrza arktycznego, jedynie około godziny 19 w obu masach powietrza wartość wilgotności była

podobna. W październiku wyraźnie wyższa wartość wilgotności względnej, zwłaszcza w godzinach okołopołudniowych, notowana była w powietrzu polarnym morskim. Latem natomiast masy zwrotnikowe cechowały się stosunkowo zbliżoną wartością wilgotności w porównaniu z powietrzem polarnym morskim, jedynie w nocy zaznaczała się wyraźna przewaga tego elementu w przypadku mas napływających z Atlantyku (Ryc. 2).

W przypadku prędkości wiatru największe różnice między masami powietrza, występowały w styczniu,

kiedy w masie PPM wiatr osiągał przez całą dobę wartości powyżej 1 ms^{-1} , podczas gdy w powietrzu arktycznym nie przekraczał $0,5 \text{ ms}^{-1}$ (Ryc. 3). W kwietniu natomiast zaznaczała się w ciągu całej doby wyraźna przewaga w prędkości wiatru w masach arktycznych. Najmniejsze prędkości w tym miesiącu notowane były w godzinach wczesnorannych przy adwekcji powietrza polarnego morskiego. W październiku prędkość wiatru w masach arktycznych i polarnych morskich w ciągu dnia była

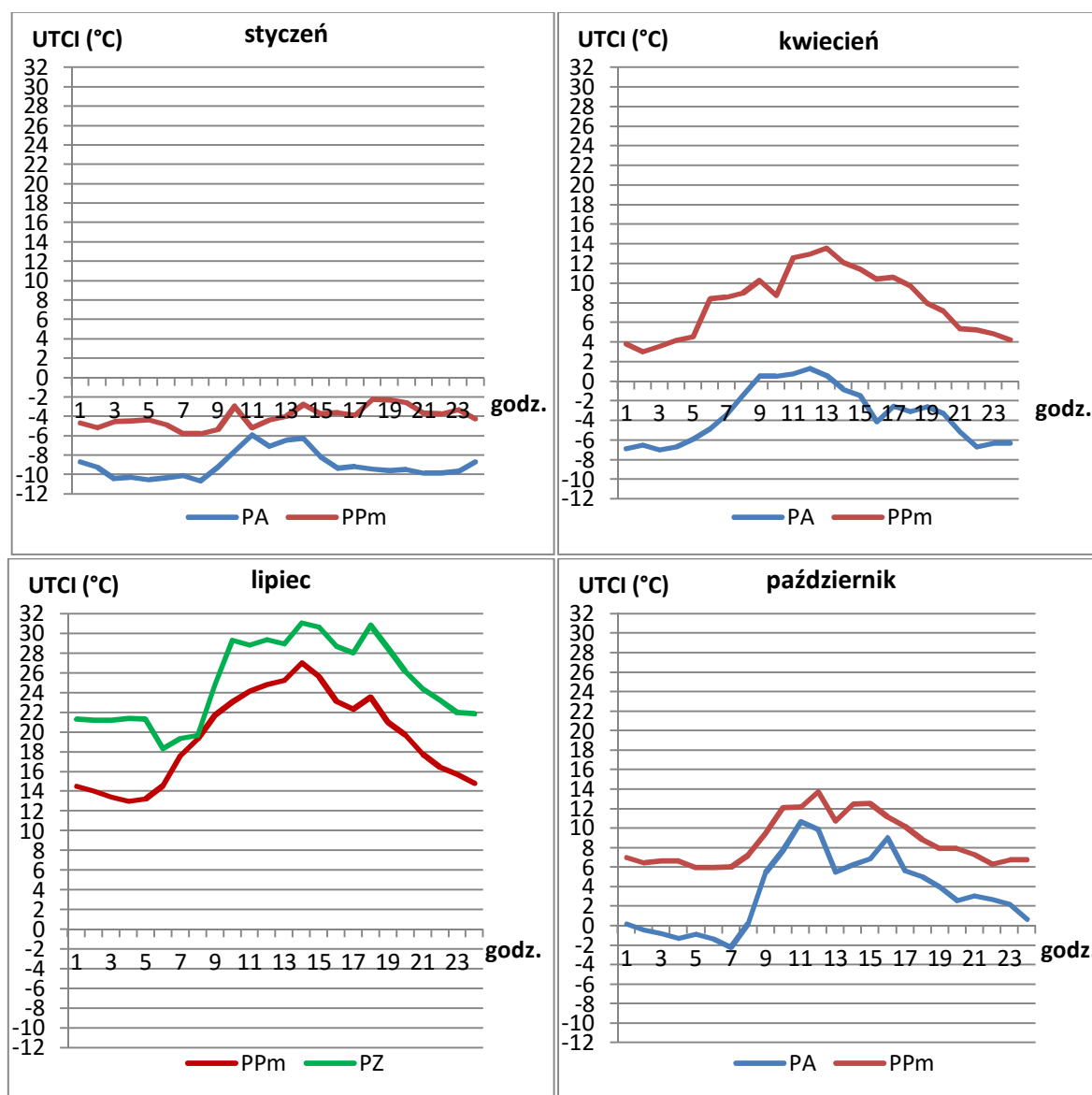
zblizona, natomiast w godzinach nocnych masy polarne morskie były nieco bardziej wietrzne. W lipcu przebieg dobowy prędkości wiatru w przypadku powietrza polarnego był bardziej wyrównany, w masach zwrotnikowych natomiast zaznaczały się wyraźne wahania wartości tego elementu meteorologicznego. Szczególnie duże prędkości wiatru w tych masach notowane były w godzinach wczesnorannych, wieczorem natomiast wiatr zmniejszał swą prędkość do wartości bliskich 0 ms^{-1} (Ryc. 3).



Ryc. 3. Średni dobowy przebieg prędkości wiatru (ms^{-1}) w styczniu, kwietniu, lipcu i październiku 2013 roku w różnych masach powietrza

W styczniu w obu masach atmosferycznych PA i PPm wartości wskaźnika UTCI były ujemne przez całą dobę mieszcząc się w przedziale oznaczającym umiarkowany stres zimna (Ryc. 4). Masy arktyczne, pomimo że chłodniejsze od PPm, cechowały się w ciągu dnia nieznacznym wzrostem wskaźnika, prawdopodobnie ze względu na większy dopływ promieniowania

słonecznego. W kwietniu napływ powietrza polarnego morskiego warunkował dość znaczny wzrost wartości wskaźnika obciążenia cieplnego, który w godzinach nocnych wskazywał na występujący nieznaczny stres zimna, natomiast od około godziny 7 do 19 mieścił się w przedziale charakterystycznym dla korzystnych dla człowieka warunków termoneutralnych.



Ryc. 4. Średni dobowy przebieg obciążenia cieplnego organizmu (°C) w styczniu, kwietniu, lipcu i październiku 2013 roku w różnych masach powietrza

W tym samym miesiącu natomiast napływ mas arktycznych przez większość doby był przyczyną występowania umiarkowanego stresu

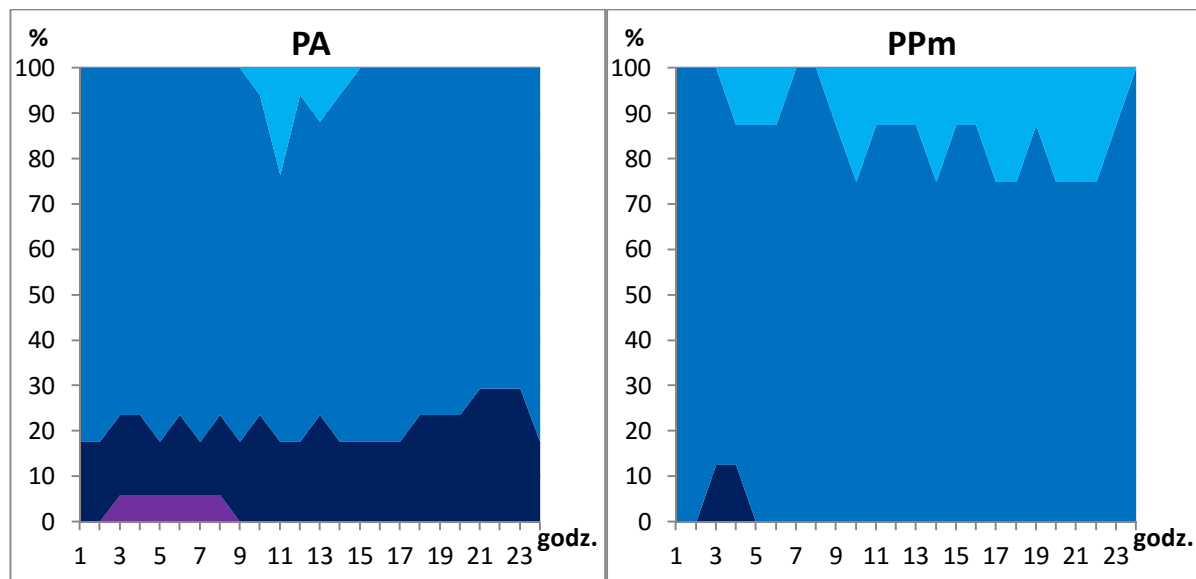
zimna i jedynie w południe mógł oznaczać pojawianie się niewielkiego stresu zimna. Jesienią masy polarne morskie powodowały występowanie

podobnych warunków biotermicznych jak w okresie wiosennym. Natomiast adwekcja powietrza znaną Arktyki w tym czasie nie wiązała się z obniżeniem wartości wskaźnika UTCI, który w ciągu dnia mieścił się w przedziale oznaczającym niewielki stres zimna, sporadycznie nawet mogąc osiągać zakres charakterystyczny dla braku jakiegokolwiek obciążenia cieplnego. W lipcu ciepłe masy zwrotnikowe sprawiały, że wartość wskaźnika wzrastała w ciągu dnia, wskazując na występowanie w godzinach od 10 do 20 umiarkowanego stresu ciepła. Masy polarne morskie były zdecydowanie chłodniejsze i w godzinach dziennych w przypadku ich napływu nie notowano obciążenia cieplnego. W godzinach

wczesnorannych w obu masach powietrza obserwowano warunki termoneutralne (Ryc. 4).

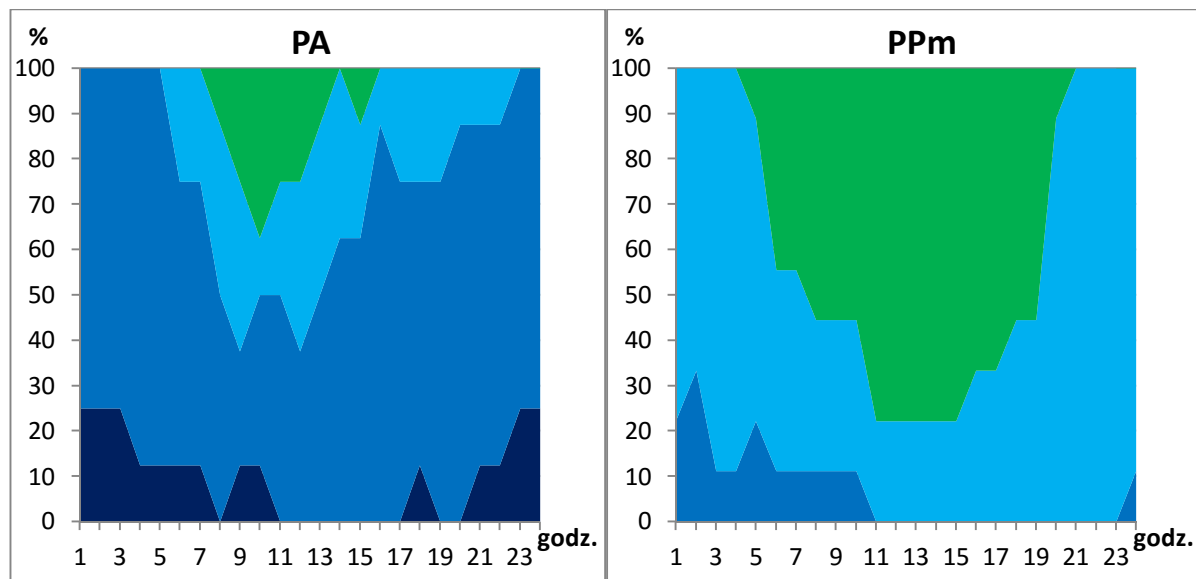
Częstość obciążenia cieplnego w różnych masach powietrza

W styczniu masy arktyczne, jako bardziej chłodne były przyczyną występowania w godzinach nocnych i rannych (między godziną 2 a 8) bardzo silnego stresu zimna (Ryc. 5). Tego rodzaju obciążenie choć wystąpiło sporadycznie (w około 5% przypadków) jest dość uciążliwe z punktu widzenia funkcjonowania człowieka, tym bardziej, że przy adwekcji tego rodzaju mas powietrza dość często notowano także silny stres zimna, który mógł występować przez całą dobę.



Ryc. 5. Średnia częstość obciążenia cieplnego na podstawie wskaźnika UTCI w styczniu 2013 roku w różnych masach powietrza (skala za K. Błażejczyk i inni, 2010 - Załącznik 1)

■ Bardzo silny stres ciepła ■ Silny stres ciepła ■ Umiarkowany stres ciepła ■ Brak obciążeń cieplnych ■ Łagodny stres zimna ■ Umiarkowany stres zimna ■ Silny stres zimna ■ Bardzo silny stres zimna



Ryc. 6. Średnia częstość obciążenia cieplnego na podstawie wskaźnika UTCI w kwietniu 2013 roku w różnych masach powietrza (skala za K. Błażejczyk i inni, 2010 - Załącznik 1)

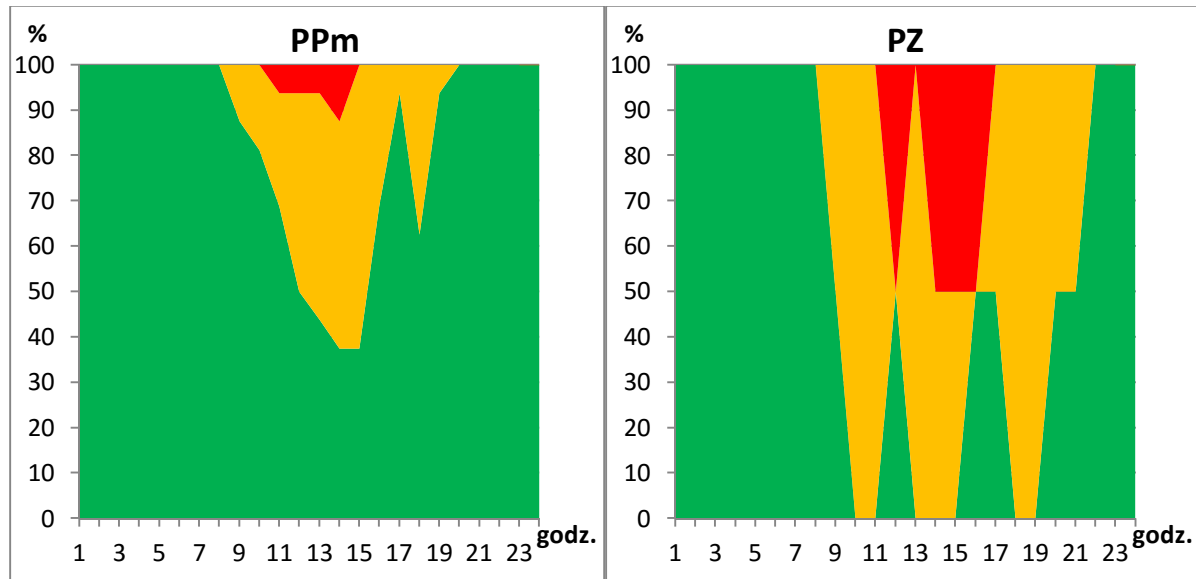
■ Bardzo silny stres ciepła ■ Silny stres ciepła ■ Umiarkowany stres ciepła ■ Brak obciążeń cieplnych ■ Łagodny stres zimna ■ Umiarkowany stres zimna ■ Silny stres zimna ■ Bardzo silny stres zimna

Wiosną zarówno przy napływie mas polarnych morskich, jak i w powietrzu arktycznym pojawiał się w ciągu dnia brak obciążeń cieplnych (ryc. 6). Adwekcja powietrza arktycznego sprzyjała występowaniu takich korzystnych warunków jedynie w godzinach okołopołudniowych z około 20-30% częstością. W pozostałych przypadkach notowano łagodny i umiarkowany stres zimna. W godzinach nocnych przeważały odczucia łagodnego stresu zimna, choć w około 20% przypadków między godziną 22 a 3 rano notowany był również silny stres zimna. W powietrzu polarnym morskim częstość korzystnych warunków, cechujących się brakiem jakichkolwiek obciążeń cieplnych wzrastała do około 70% i notowana była między godziną 7 a 20. W nocy z kolei dominował łagodny stres zimna, a między północą a godziną

11 w około 10% sytuacji pojawiał się umiarkowany stres zimna.

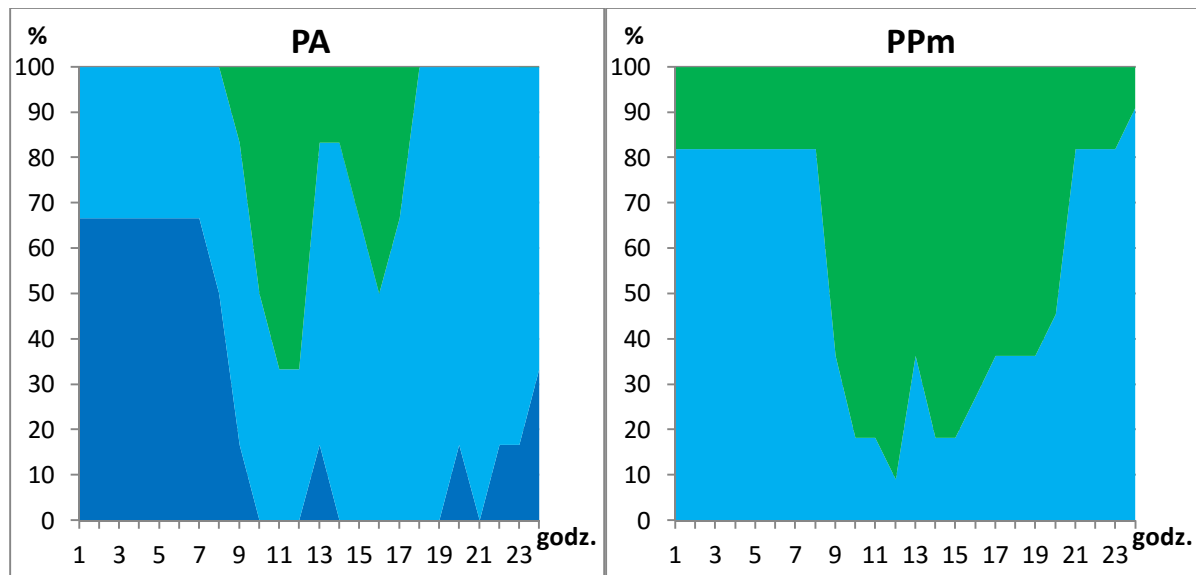
W lipcu napływ mas powietrza polarnego morskiego warunkował występowanie sytuacji cechujących się brakiem obciążeń cieplnych przez całą dobę (Ryc. 7). Jedynie w godzinach między 8 a 19 pojawiał się umiarkowany stres ciepła, który najczęściej notowany był około godziny 14-15 (w około 60% przypadków). Ponadto w godzinach okołopołudniowych, w mniej więcej 10% sytuacji, obserwowano silny stres ciepła. Masy zwrotnikowe były znacznie cieplejsze. Ich napływ w godzinach nocnych powodował, że nie występowały żadne obciążenia cieplne. W ciągu dnia odpowiadał za występowanie umiarkowanego stresu ciepła nawet w 100% przypadków, natomiast w godzinach okołopołudniowych był przyczyną 50%

częstości występowania silnego stresu ciepła.



Ryc. 7. Średnia częstość obciążenia cieplnego na podstawie wskaźnika UTCI w lipcu 2013 roku w różnych masach powietrza (skala za K. Błażejczyk i inni, 2010 - Załącznik 1)

■ Bardzo silny stres ciepła ■ Silny stres ciepła ■ Umiarkowany stres ciepła ■ Brak obciążeń cieplnych ■ Łagodny stres zimna ■ Umiarkowany stres zimna ■ Silny stres zimna ■ Bardzo silny stres zimna



Ryc. 8. Średnia częstość obciążenia cieplnego na podstawie wskaźnika UTCI w październiku 2013 roku w różnych masach powietrza (skala za K. Błażejczyk i inni, 2010 - Załącznik 1)

■ Bardzo silny stres ciepła ■ Silny stres ciepła ■ Umiarkowany stres ciepła ■ Brak obciążeń cieplnych ■ Łagodny stres zimna ■ Umiarkowany stres zimna ■ Silny stres zimna ■ Bardzo silny stres zimna

W październiku adwekcja powietrza arktycznego sprawiała, że w godzinach nocnych w blisko 70% notowany był umiarkowany stres zimna, pozostałą część przypadków obejmował łagodny stres zimna (Ryc. 8). W godzinach dziennych częstość występowania łagodnego stresu zimna zmniejszała się na rzecz warunków charakteryzujących się brakiem obciążeń cieplnych, które pojawiały się nawet w około 60% przypadków. Sporadycznie w ciągu dnia notowany był także umiarkowany stres zimna. W przypadku napływu powietrza polarnego morskiego brak obciążeń cieplnych występował znacznie częściej, bowiem pojawiał się także w godzinach nocnych z około 20% częstością. W ciągu dnia takie warunki występowały w około 80% przypadków. Pozostałą część doby obejmował łagodny stres zimna.

Podsumowanie i dyskusja wyników

Przeprowadzone w 2013 roku badania wskazują, że napływ mas arktycznych w sezonie zimowym w rejonie gminy Mrocza może być przyczyną pojawiania się tam umiarkowanego i silnego stresu zimna, a średnie dobowe wartości temperatury powietrza mogą nie przekraczać -6°C . Są to także masy nieco mniej bogate w parę wodną i tym samym ograniczające rozwój zachmurzenia. W tym samym czasie masy polarne morskie, przynosząc znaczne ocieplenie sprawiają, że średnia temperatura dobowa może wynosić około 3°C , a dominującym rodzajem obciążenia może być wówczas

umiarkowany stres zimna. Równocześnie masy te cechują się większą wilgotnością, a także większą prędkością wiatru. Wiosną i jesienią z kolei masy znad Atlantyku mogą odpowiadać za występowanie bardzo korzystnych warunków, cechujących się brakiem obciążenia cieplnego ze średnią temperaturą powietrza wynoszącą około $10-11^{\circ}\text{C}$. Powietrze arktyczne z kolei przyczynia się do występowania znacznie niższej temperatury, zwłaszcza wiosną, kiedy średnia dobowa wartość tego elementu może wynosić zaledwie 2°C . Latem, napływające masy zwrotnikowe sprzyjają pojawianiu się umiarkowanego i silnego stresu ciepła, a wartości maksymalne temperatury powietrza mogą osiągać blisko 30°C , podczas gdy w chłodniejszych o tej porze roku masach polarnych morskich temperatura maksymalna w ciągu dnia nie powinna przekraczać 25°C , a dominującym rodzajem odczuć mogą być wówczas warunki termoneutralne. Ponadto przy adwekcji powietrza zwrotnikowego wilgotność względna może odznaczać się zbliżonymi wartościami do wilgotności występującej przy napływie powietrza polarnego morskiego.

Przedstawione wyniki wpływu mas powietrza na warunki pogodowe są zbliżone do wyników uzyskanych przez innych autorów, którzy wskazują na szczególnie uciążliwe warunki termiczne występujące w czasie napływu mas powietrza zwrotnikowego latem i arktycznego w okresie zimowym. Badania Z. Ustrnula i innych (2010), J. Wibig (2007), a także wcześniejsze

badania autorki (2013) wykazały, że wzrost temperatury oraz występowanie ekstremalnej temperatury powietrza w sezonie letnim w Polsce związane jest z adwekcją mas powietrza głównie z sektora południowego. Z kolei przeprowadzona przez M. Więclaw (2013) analiza występowania dni ekstremalnych pod względem termicznym w Chojnicach (odległych o około 50 km od Mroczy) i ich związek z cyrkulacją atmosferyczną wykazała, że latem najwyższe wartości temperatury maksymalnej występują w czasie napływu powietrza zwrotnikowego, zimą natomiast adwekcja mas arktycznych na badanym przez autora obszarze sprzyja jeszcze większemu spadkowi temperatury powietrza niż zostało to odnotowane w Mroczy w roku 2013.

Literatura

- 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.
- Kożuchowski K., 2004. Cyrkulacja atmosferyczna nad Polską i jej wpływ na warunki klimatyczne. [W:] Kożuchowski K. (red.), Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce. Wyd. „Biblioteka”, Łódź, s. 69-87.
- Okoniewska M., 2013. Zmiany temperatury powietrza w Polsce w XX wieku na tle cyrkulacji atmosferycznej. *Journal of Health Sciences* 3 (15), s. 130-151.
- Okoniewska M., 2014. Warunki klimatyczne. [W:] Łaniecki S. (red.), Mrocza. Monografia miasta i gminy. Tom 1. Środowisko geograficzno-przyrodnicze. Urząd Miasta i Gminy Mrocza, s. 57-73.
- Ustrnul Z., 1998. Zmienność temperatury powietrza na wybranych stacjach Europy środkowej na tle warunków cyrkulacyjnych. *Acta Universitatis Lodzianensis, Folia Geographica Physica* 3, s. 307-318.
- Ustrnul Z., Czekierda D., Wypych A., 2010. Extreme values of air temperature in Poland according to different atmospheric circulation classifications. *Physics and Chemistry of the Earth* 35, s. 429-436.
- Wibig J., 2007. Fale ciepła i chłodu w środkowej Polsce na przykładzie Łodzi. *Acta Universitatis Lodzianensis, Folia Geographica Physica* 8, s. 27-61.
- Więclaw M., 2004. Masy powietrza nad Polską i ich wpływ na typy pogody. Wyd. Akademii Bydgoskiej im. Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, ss. 153.
- Więclaw, M., 2013. Synoptyczne uwarunkowania dni ekstremalnych pod względem termicznym w Chojnicach w okresie lat 1976-2010. *Journal of Health Sciences* 3 (14), s. 27-39.
- Woś A., 1999. Klimat Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ss. 302.

ZAŁĄCZNIK 1

Skala oceny obciążeń cieplnych organizmu według uniwersalnego wskaźnika obciążeń cieplnych (UTCI) (za Błażejczyk i inni, 2010)

UTCI(°C)	Obciążenie cieplne	Sposób przeciwdziałania
>+46	Nieznosny stres ciepła	Niezbędne okresowe schładzanie organizmu, konieczne uzupełnianie płynów >0,5l/godz. Należy unikać dużego wysiłku fizycznego
+38 do +46	Bardzo silny stres ciepła	Konieczne okresowe korzystanie z pomieszczeń klimatyzowanych lub miejsc zacienionych, niezbędne uzupełnianie płynów >0,5l/godz. Należy ograniczyć wysiłek fizyczny
+32 do +38	Silny stres ciepła	Niezbędne uzupełnianie płynów 0,25l/godz., pożądane korzystanie z miejsc zacienionych i okresowe zmniejszanie wysiłku fizycznego
+26 do +32	Umiarkowany stres ciepła	Niezbędne uzupełnianie płynów 0,25l/godz.
+9 do +26	Brak obciążeń cieplnych	Fizjologiczne procesy termoregulacji są wystarczające do zachowania komfortu cieplnego
0 do +9	Łagody stres zimna	Pożądane używanie rękawiczek i nakrycia głowy.
-13 do 0	Umiarkowany stres zimna	Należy zwiększyć wysiłek fizyczny oraz chronić kończyny i twarz przed wychłodzeniem
-27 do -13	Silny stres zimna	Należy zwiększyć wysiłek fizyczny oraz chronić kończyny i twarz przed wychłodzeniem. Pożądane zwiększenie termoizolacyjności odzieży
-40 do -27	Bardzo silny stres zimna	Należy zwiększyć wysiłek fizyczny oraz chronić kończyny i twarz przed wychłodzeniem. Niezbędne zwiększenie termoizolacyjności odzieży i ograniczenie czasu przebywania w terenie otwartym
< -40	Nieznosny stres zimna	Czas przebywania ograniczyć do niezbędnego minimum. Niezbędne zwiększenie termoizolacyjności i wiatrochronności odzieży