

ODDZIAŁYWANIE BAŁTYKU NA KSZTAŁTOWANIE SIĘ
TEMPERATURY I WILGOTNOŚCI POWIETRZA ORAZ PRĘDKOŚCI
WIATRU W STREFIE POLSKIEGO WYBRZEŻA

Czesław Koźmiński¹, Małgorzata Świątek²

¹Katedra Turystyki, Uniwersytet Szczeciński

²Zakład Hydrografii i Gospodarki Wodnej, Uniwersytet Szczeciński
al. Wojska Polskiego 107/109, 70-478 Szczecin
e-mail: katedra.turystyki@univ.szczecin.pl

Streszczenie. W pracy przeprowadzono analizę wpływu wód Bałtyku na kształtowanie się temperatury i wilgotności powietrza oraz prędkości wiatru w strefie polskiego wybrzeża w układzie miesięcznym. Wykorzystano dane z 8 par stacji meteorologicznych IMGW usytuowanych w większości południkowo, za dwa dostępne okresy: 1961-1990 i 1986-2010. Określono wielkości dodatnich i ujemnych odchyłeń analizowanych elementów między stacjami położonymi nad brzegiem i w głębi lądu, a także daty okresów z ocieplającym i ochładzającym oddziaływaniem morza na warunki termiczne w strefie wybrzeża. Stwierdzono, że długość okresu z ocieplającym oddziaływaniem wód Bałtyku na termikę powietrza w strefie wybrzeża wynosi średnio ponad 215 dni, a ochładzający wpływ występuje przeważnie od trzeciej dekady marca do pierwszej dekady sierpnia, powodując najwyższe różnice w maju i czerwcu. W miarę oddalania się od Bałtyku w głąb lądu zmniejsza się gradient średniej miesięcznej temperatury powietrza, który wynosi od około 0,3°C w zachodniej do około 0,4°C/10 km w północnej części wybrzeża. Gradient miesięcznej wartości wilgotności względnej powietrza w strefie wybrzeża jest największy w maju oraz kwietniu i wynosi, w zależności od położenia stacji i pory roku, średnio od 1,5 do 2,3%/10 km, a w wąskim pasie wybrzeża około 5,0 %/10 km (np. wzdłuż profilu Ustka – Słupsk). Największe różnice w miesięcznych wartościach prędkości wiatru między stacjami usytuowanymi na wybrzeżu i w głębi lądu występują w okresie zimy, szczególnie w styczniu (od 1,2 do 2,3 m·s⁻¹). Obliczony dla stycznia gradient prędkości wiatru wynosi od 0,35 do 0,80 m·s⁻¹/10 km, a w maju, kiedy występują najmniejsze różnice, od 0,14 do 0,50 m·s⁻¹/10 km. W analizowanych latach zaznacza się tendencja wcześniejszego występowania (przyspieszenia) wiosną początku ochładzającego wpływu Bałtyku na termikę powietrza na wybrzeżu. Natomiast w drugiej połowie lata na większości stacji występuje istotny i wysoce istotny trend przyspieszenia początku ocieplającego wpływu wód Bałtyku na warunki termiczne powietrza na wybrzeżu.

Słowa kluczowe: wybrzeże Bałtyku, gradienty temperatury, wilgotności powietrza i prędkości wiatru

WSTĘP

Na granicy wód Bałtyku i lądu występują duże kontrasty termiczne i wilgotnościowe powietrza oraz prędkości wiatru, uwarunkowane zarówno czynnikami makroskalowymi, na przykład szerokością geograficzną, cyrkulacją atmosferyczną i zmianami klimatu, jak i regionalnymi, głównie wysokością n.p.m., ukształtowaniem wybrzeża i jego pokryciem, rodzajem podłoża a także ukształtowaniem (deniwelacją) i głębokością przyległego do plaży dna morskiego (Brayshaw 2005, Koźmiński i in. 2007, Marsz 2001, Tylkowski 2011). W strefie wybrzeża notuje się znaczną zmienność pogody z dnia na dzień, co wpływa na silną bodźcowość bioklimatu, zwłaszcza w północnej części wybrzeża od Darłowa po Władysławowo (Filipiak 2004, Kozłowska-Szczęsna i in. 1997, Koźmiński i Michalska 2008 i 2010, Miętus 1996, Owczarek 2005). Ta część wybrzeża w porównaniu do rejonu Świnoujścia jest najbardziej wysunięta na północ, a będąc poza osłoną wyspy Rugii narażona jest na bezpośrednie oddziaływanie zachodnich wiatrów (Atlas...2004). W okresie lata różnicowanie temperatury wody przy plaży między nadmorskimi miejscowościami często wynosi 2,0-3,0°C, a nawet 4,0°C, na przykład między Świnoujściem a Kołobrzegiem (Atlas ...2004, Girjatowicz 2007).

Istotnym czynnikiem kształtującym wielkość zróżnicowania warunków termicznych i wilgotnościowych powietrza w strefie wybrzeża jest także częstość przemieszczania się układów niżowych i zalegania centrów wyżów barycznych oraz występowanie wiatrów wiejących wzdłuż wybrzeża, względnie od strony morza lub lądu, zwłaszcza podczas bryz morskich (Leckebusch i Ulbrich 2004, Świątek 2004, Tijm i Holtslag 1999).

Celem pracy jest określenie wpływu Bałtyku na kształtowanie się temperatury, wilgotności powietrza oraz prędkości wiatru w strefie polskiego wybrzeża na podstawie miesięcznych wartości tych elementów klimatu zebranych z sąsiednich stacji meteorologicznych zlokalizowanych na wybrzeżu.

MATERIAŁY I METODY

Do oceny zróżnicowania temperatury i wilgotności względnej powietrza oraz prędkości wiatru pomiędzy stacjami nadmorskimi, a sąsiednimi stacjami meteorologicznymi IMGW położonymi w głębi lądu, wykorzystano miesięczne i dobowe wartości za dwa dostępne okresy: 1961-1990 i 1986-2010. Określono związki statystyczne analizowanych elementów klimatu między sąsiednimi stacjami oraz daty początku i końca ocieplającego, jak też ochładzającego oddziaływania wód Bałtyku na warunki termiczne powietrza w strefie wybrzeża, a także częstość występowania dni charakterystycznych dla kolejnych dwóch najbliższych położonych stacji (rys. 1), to jest:

- Świnoujście (h – 3 m npm) – Trzebież (h – 1 m npm), odległych w linii prostej około 35 km,
- Kołobrzeg (h – 3 m npm) – Resko (h – 55 m npm), odległych w linii prostej o około 45 km,
- Kołobrzeg (h – 3 m npm) – Koszalin (h – 33 m npm), odległych w linii prostej o około 40 km,
- Darłowo (h – 3 m npm) – Koszalin (h – 33 m npm), odległych w linii prostej o około 30 km,
- Łeba (h – 3 m npm) – Lębork (h – 18 m npm), odległych w linii prostej o około 30 km,
- Świbno (h – 3 m npm) – Nowy Dwór – Kmiecin (h – 1 m npm), odległych w linii prostej o około 20 km,
- Świbno (h – 3 m npm) – Elbląg (h – 38 m npm), odległych w linii prostej o około 35 km,
- Ustka (h – 6 m npm) – Słupsk*(h – 23 m npm), odległych w linii prostej o około 15 km.

*krótszy okres pomiarów (1954-1965 i 1968-1976).



Rys. 1. Rozmieszczenie stacji meteorologicznych IMGW w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku
Fig. 1. Location of IMWM stations along the Polish Baltic coast

Ze względu na odległość między stacjami i ich położenie oraz jednorodność materiałów, za najbardziej reprezentatywne należałoby przyjąć następujące pary stacji: Świnoujście-Trzebież, Kołobrzeg-Resko, Łeba-Lębork i Świbno-Elbląg. Dane z pozostałych 4 par stacji posłużyły jako materiały pomocnicze i uzupełniające.

Do wyznaczenia dat początku i końca okresów z dodatnimi i ujemnymi odchyleniami miesięcznych temperatur powietrza między sąsiednimi stacjami wykorzystano metodę Gumińskiego (1948). Dni charakterystyczne określono na podstawie minimalnej i maksymalnej dobowej temperatury powietrza, dla kilku wybranych par stacji, za okres 1986-2010, według poniższych przedziałów:

dni bardzo mroźne – temperatura minimalna $<-10,0^{\circ}\text{C}$,
dni mroźne – temperatura maksymalna $<0,0^{\circ}\text{C}$,
dni zimne – temperatura maksymalna $<10,0^{\circ}\text{C}$,
dni chłodne – temperatura maksymalna $10,1-15,0^{\circ}\text{C}$,
dni ciepłe (komfortowe) – temperatura maksymalna $18,1-23,0^{\circ}\text{C}$,
dni gorące – temperatura maksymalna $25,1-30,0^{\circ}\text{C}$,
dni upalne – temperatura maksymalna $>30,0^{\circ}\text{C}$.

ANALIZA WYNIKÓW

Najwyższe, wysoce istotne, związki statystyczne między miesięcznymi temperaturami powietrza na stacjach położonych na wybrzeżu i w głębi łądu występują w półroczu chłodnym, osiągając maksymalne wartości współczynnika korelacji od listopada do marca (tab. 1). Nieco niższe związki, lecz również wysoce istotne, zachodzą w pozostałych miesiącach, szczególnie w maju i w czerwcu. Począwszy od marca – kwietnia do czerwca – lipca, a niekiedy i do sierpnia, notuje się na stacjach w głębi łądu wyższe miesięczne temperatury powietrza w porównaniu do stacji na wybrzeżu, a w pozostałych miesiącach roku niższe, zwłaszcza we wrześniu, w grudniu i w styczniu (tab. 2). Ochładzający wpływ wód Bałtyku powoduje, iż największe analizowane różnice między miesięcznymi temperaturami powietrza występują w maju, od $-0,8^{\circ}\text{C}$ między Kołobrzegiem a Koszalinem do $-1,4^{\circ}\text{C}$ między Kołobrzegiem a Reskiem. Z kolei ocieplający wpływ wód Bałtyku na termikę powietrza w strefie wybrzeża najsilniej zaznacza się od września do lutego, szczególnie w grudniu i styczniu. W poszczególnych latach okresu 1961-1990 różnice między miesięcznymi wartościami temperatury powietrza na analizowanych stacjach wyniosły nawet $-3,3^{\circ}\text{C}$, jak to miało miejsce w czerwcu 1969 roku między Łebą a Lęborkiem oraz $-4,9^{\circ}\text{C}$ w maju 1990 roku między Kołobrzegiem a Reskiem. Na ogół omawiane maksymalne różnice kształtowały się w rozpatrywanych latach od około $1,0^{\circ}$ do około $1,5^{\circ}\text{C}$, rzadko przekraczając $2,0^{\circ}\text{C}$ (tab. 2).

Rozpatrując dobowe różnice temperatury powietrza w poszczególnych latach między stacjami położonymi nad brzegiem i w głębi łądu, stwierdza się, iż mogą one dochodzić do kilku stopni, przyjmując z reguły znak dodatni (ocieplający wpływ Bałtyku) od sierpnia do marca, a w pozostałych miesiącach znak ujemny (ochładzający wpływ). Jednakże podczas napływu na wybrzeże kontrastowych pod względem termicznym i wilgotnościowym mas powietrza lub wystąpienia pogody wyżowej, różnice temperatury między opisywanymi stacjami mogą być dodatnie lub ujemne niezależnie od pory roku, choć najczęściej ta nieregularność występuje wczesną jesienią i wczesną wiosną.

Tabela 1. Równania regresji prostoliniowej (y) i współczynniki korelacji (r) pomiędzy miesięcznymi temperaturami powietrza w stacjach położonych nad brzegiem Bałtyku i w głębi łądu (lata 1961-1990)

Table 1. Linear regression equations (y) and correlation coefficients (r) for monthly mean air temperatures at coastal and inland stations (1961-1990)

M-c/ Month	Świnoujście/Resko		Kołobrzeg/Koszalin		Darłowo/Koszalin	
	y = ax + b	r	y = ax + b	r	y = ax + b	r
I	y = 1,105x - 0,834	0,99	y = 1,016x - 0,546	0,99	y = 1,059x - 0,356	0,99
II	y = 1,110x - 0,739	0,99	y = 1,018x - 0,537	0,99	y = 1,008x - 0,193	0,98
III	Y = 1,086x - 0,554	0,99	y = 1,028x - 0,334	0,99	y = 1,070x + 0,1565	0,99
IV	y = 0,907x + 0,997	0,92	y = 0,984x + 0,317	0,94	y = 0,782x + 1,856	0,81
V	y = 0,840x + 2,673	0,77	y = 0,935x + 1,585	0,84	y = 0,982x + 1,519	0,87
VI	y = 1,102x - 1,244	0,87	y = 1,022x + 0,092	0,79	y = 1,000x + 0,846	0,89
VII	y = 1,047x - 1,004	0,97	y = 1,081x - 1,676	0,96	y = 1,118x - 2,026	0,95
VIII	y = 1,068x - 1,690	0,94	y = 0,982x + 0,007	0,87	y = 1,080x - 1,533	0,89
IX	y = 1,055x - 1,653	0,98	y = 1,127x - 2,320	0,98	y = 1,144x - 2,390	0,97
X	y = 1,139x - 2,143	0,98	y = 1,031x - 0,771	0,96	y = 0,958x - 0,026	0,92
XI	y = 1,064x - 1,052	0,99	y = 1,013x - 0,612	0,99	y = 1,022x - 0,727	0,98
XII	y = 1,100x - 0,976	0,99	y = 0,992x - 0,565	0,99	y = 1,012 - 0,525	0,98
Rok/ Year	y = 1,047x - 0,738	0,98	y = 0,975x - 0,034	0,98	y = 0,986x + 0,129	0,97

M-c/ Month	Łeba/Łębork		Świbno/Kmiecin		Świbno/Elbląg	
	y = ax + b	r	y = ax + b	r	y = ax + b	r
I	y = 1,120x - 0,196	0,99	y = 1,122x - 0,489	0,99	y = 1,011x - 0,297	0,99
II	y = 1,101x - 0,181	0,99	y = 1,099x - 0,454	0,99	y = 1,051x - 0,168	0,99
III	y = 1,118x + 0,004	0,99	y = 1,074x - 0,417	0,99	y = 1,052x + 0,145	0,99
IV	y = 0,953x + 1,063	0,92	y = 1,050x - 0,122	0,97	y = 1,077x + 0,351	0,95
V	y = 0,908x + 2,329	0,88	y = 1,080x - 0,536	0,99	y = 1,057x + 0,502	0,91
VI	y = 1,033x + 0,576	0,87	y = 0,963x + 0,595	0,98	y = 1,132x - 1,533	0,98
VII	y = 1,077x - 1,034	0,97	y = 0,888x + 1,634	0,97	y = 1,023x - 0,417	0,98
VIII	y = 1,049x - 0,786	0,94	y = 0,899x + 1,308	0,95	y = 1,099x - 1,720	0,96
IX	y = 1,229x - 3,440	0,98	y = 1,057x - 1,209	0,98	y = 1,124x - 1,796	0,98
X	y = 1,044x - 0,716	0,97	y = 1,026x - 0,620	0,98	y = 1,013x - 0,203	0,96
XI	y = 1,067x - 0,642	0,97	y = 1,025x - 0,458	0,99	y = 1,015x - 0,283	0,99
XII	y = 1,064x - 0,449	0,99	y = 1,062x - 0,608	0,99	y = 1,017x - 0,401	0,99
Rok/ year	y = 0,891 - 0,178	0,97	y = 1,058x - 0,748	0,98	y = 1,037x - 0,179	0,99

x – stacja nad brzegiem morza – coastal station; y – stacja w głębi łądu – inland station.

Tabela 2. Średnie (a) i maksymalne (b) różnice pomiędzy średnią miesięczną temperaturą powietrza (°C) w stacjach położonych na wybrzeżu Bałtyku i w głębi lądu. Lata 1961-1990**Table 2.** Mean (a) and maximum (b) differences in monthly mean air temperatures (°C) between coastal and inland stations (1961-1990)

Stacje – Stations		I	II	III	IV	V	VI
Świnoujście- Trzebież	a	0,43	0,34	0,22	-0,56	-1,08	-0,64
	b	1,70	1,20	0,60	-1,60	-3,00	-1,70
Kołobrzeg-Resko	a	0,72	0,55	0,08	-0,79	-1,40	-1,01
	b	2,10	1,50	1,00	-1,80	-4,90	-3,00
Kołobrzeg-Koszalin	a	0,54	0,54	0,24	-0,23	-0,80	-0,42
	b	1,30	1,60	0,80	-1,00	-2,10	-2,80
Darłowo-Koszalin	a	0,41	0,21	-0,29	-0,69	-1,20	-0,82
	b	1,20	2,00	-1,10	-1,50	-2,10	-1,80
Łeba-Łębork	a	0,34	0,23	-0,22	-0,84	-1,30	-1,00
	b	1,90	1,60	-1,10	-1,80	-2,60	-3,30
Świbno-Nowy Dwór, Kmiecín	a	0,77	0,61	0,29	-0,18	-0,37	-0,06
	b	3,50	1,70	1,80	-0,70	-1,20	-0,80
Świbno-Elbląg	a	0,33	0,26	-0,22	-0,80	-1,04	-0,49
	b	1,40	0,90	-1,20	-1,50	-2,30	-1,10
Ustka-Słupsk Lata: 1954-965 i 1968-1976	a	0,59	0,53	0,05	-0,75	-1,30	-1,13
	b	1,60	1,20	0,50	-1,80	-2,70	-2,50

Stacje – Stations		VII	VIII	IX	X	XI	XII
Świnoujście - Trzebież	a	-0,26	0,18	0,51	0,48	0,32	0,29
	b	-0,60	0,60	1,00	1,00	0,80	0,90
Kołobrzeg - Resko	a	-0,11	0,09	0,74	0,72	0,75	0,73
	b	-0,9	-1,50	1,30	1,40	1,30	1,90
Kołobrzeg - Koszalin	a	0,31	0,30	0,59	0,48	0,55	0,57
	b	0,90	1,20	1,00	1,30	1,20	1,40
Darłowo-Koszalin	a	-0,08	0,22	0,49	0,44	0,62	0,53
	b	-0,80	1,00	1,10	1,60	1,30	1,60
Łeba-Łębork	a	-0,23	-0,01	0,42	0,32	0,35	0,41
	b	-0,90	-0,80	0,90	0,80	0,90	1,20
Świbno-Nowy Dwór, Kmiecín	a	0,24	0,39	0,45	0,39	0,36	0,62
	b	0,90	1,20	0,90	0,70	0,80	1,50
Świbno-Elbląg	a	-0,02	0,02	0,16	0,09	0,23	0,37
	b	-0,40	0,70	0,60	0,80	0,80	0,90
Ustka-Słupsk Lata – Years: 1954-1965 i 1968-1976	a	-0,40	0,19	0,57	0,66	0,60	0,63
	b	-1,50	-1,10	1,10	1,30	1,30	1,40

Jak wynika z tabeli 3, ocieplający wpływ wód Bałtyku na warunki termiczne powietrza na wybrzeżu zaznacza się średnio już od pierwszych dni sierpnia, a w rejonie Łeby dopiero od 15. sierpnia, gdzie jednocześnie najpóźniej zanika wiosna – przed 22. marca. Przeciętna długość okresu z ocieplającym wpływem wód Bałtyku na termikę powietrza na wybrzeżu wynosi ponad 210 dni w roku.

Duże zróżnicowanie wzdłuż wybrzeża występuje także w liczbie dni charakteryzujących zakresy minimalnej i maksymalnej dobowej temperatury powietrza. W miarę przemieszczania się z zachodu na wschód, wzrasta liczba dni bardzo mroźnych, średnio od 3,8 w Świnoujściu, 5,3 w Kołobrzegu do 8,2 w Łebie, dni mroźnych odpowiednio od 16,4, 18,5 do 21,6, dni zimnych od 145,8, 155,4 do 165,3 i chłodnych od 55,6, 60,1 do 61,0 (tab. 4). Natomiast w przypadku dni ciepłych, gorących i upalnych, zmniejsza się ich liczba z zachodu na wschód wybrzeża, co szczególnie uwidacznia się przy maksymalnej temperaturze powietrza powyżej 30,0°C notowanej średnio od 2,7 w Świnoujściu, 2,2 w Kołobrzegu do 1,7 dnia w Łebie. Przestrzenne zróżnicowanie ilości dni charakterystycznych zachodzi także między sąsiednimi stacjami położonymi na wybrzeżu i w głębi lądu. Stacje usytuowane w głębi lądu rejestrują większą liczbę dni bardzo mroźnych, mroźnych, ciepłych i upalnych w porównaniu do stacji rozmieszczonych na wybrzeżu. Jedynie w zakresie dni zimnych i chłodnych stacje na wybrzeżu wyróżniają się zwiększoną liczbą dni w stosunku do stacji w głębi lądu, co szczególnie widoczne jest w przypadku Łeby i Lęborka (tab. 4).

Kolejną cechą klimatu wykazującą duże przestrzenne zróżnicowanie w strefie wybrzeża Bałtyku jest wilgotność względna powietrza. W ciągu roku największe różnice wartości tej cechy między stacjami położonymi na wybrzeżu i w głębi lądu występują w kwietniu i w maju, a na niektórych stacjach jeszcze i w czerwcu, czyli w miesiącach o najwyższym przestrzennym zróżnicowaniu temperatury powietrza (tab. 2 i 5). Przykładowo w maju średnio od 3,6% między Kołobrzegiem a Koszalinem do 7,6% między Kołobrzegiem a Reskiem, względnie 7,1% między Świbnem a Elblągiem, lecz w innym okresie pomiarów (1961-1990). Najniższe różnice w miesięcznej wartości wilgotności względnej powietrza pomiędzy analizowanymi stacjami występują od listopada do stycznia, od 0,6 do 3,0%. Jednakże w poszczególnych latach zróżnicowanie miesięcznych wartości tej cechy klimatu może wynosić nawet kilkanaście procent, przeważnie w kwietniu i w maju (tab. 5).

Obok temperatury i wilgotności powietrza, również i w prędkości wiatru występuje duże zróżnicowanie między stacjami położonymi na wybrzeżu i w głębi lądu, co głównie wynika z różnej siły tarcia nad powierzchnią wodną i lądową oraz ich termiki (Girjatowicz 2007). Największe, miesięczne różnice występują

podczas jesieni i zimy (zwłaszcza w grudniu i styczniu), kiedy jednocześnie notuje się maksymalne prędkości wiatrów (Koźmiński i Michalska 2002). W analizowanym 25-leciu (1986-2010) średnie miesięczne różnice prędkości wiatru między Kołobrzegiem a Koszalinem wyniosły od 1,8 we wrześniu do 2,2 m·s⁻¹ w grudniu, a między Łebą a Lęborkiem od 1,2 w maju do 2,3 m·s⁻¹ w styczniu (tab. 6). Znacznie niższe wartości uzyskano dla wcześniejszego okresu (1961-1990) dla par stacji: Świbno - Kmiecín, od 0,5 do 0,8 m·s⁻¹ oraz dla Świbno - Elbląg, od 0,4 do 0,8 m·s⁻¹. W poszczególnych latach rozpatrywane miesięczne różnice w prędkościach wiatru wynosiły od poniżej 2,0 do ponad 7,0 m·s⁻¹, wykazując podwyższone wartości w okresie zimy (tab. 6).

Tabela 3. Średnie daty początku na jesieni (a) i końca na wiosnę (b) oraz długość trwania okresów (c), w których temperatura powietrza na stacjach nadmorskich była wyższa niż na stacjach położonych w głębi lądu Lata 1961-1990

Table 3. Mean dates of the beginning (in autumn, a) and end (in spring, b), and lengths (c), of periods when air temperature at coastal stations was higher than in inland ones in 1961-1990

Średnie daty Mean dates	Świnoujście - Trzebież	Kołobrzeg - Resko	Ustka - Słupsk	Łeba - Lębork	Świbno - Elbląg
a	10 VIII	2 VIII	5 VIII	15 VIII	1 VIII
b	19 III	18 III	17 III	21 III	3 III
c	218	228	213	214	213

Tabela 4. Średnia liczba dni charakterystycznych na stacjach na wybrzeżu i w głębi lądu (lata 1986-2010)

Table 4. Mean numbers of characteristics days at coastal and inland stations (1986-2010)

Stacje Stations	Dni bardzo mroźne Very frosty days	Dni mroźne Frosty days	Dni zimne Cold days	Dni chłodne Cool days	Dni ciepłe Warm days	Dni gorące Hot days	Dni upalne Very hot days
Świnoujście	3,8	16,4	145,8	55,6	63,0	13,6	2,7
Szczecin	9,2	19,9	140,9	55,3	66,6	26,6	5,5
Kołobrzeg	5,3	18,5	155,4	60,1	60,7	11,6	2,2
Koszalin	7,3	21,9	155,0	59,0	61,0	17,6	2,8
Łeba	8,2	21,6	165,3	61,0	58,5	10,6	1,7
Lębork	10,5	26,3	154,1	57,8	62,0	19,4	3,1

Tabela 5. Średnie (a) i najwyższe (b) różnice miesięcznych wartości wilgotności względnej powietrza (%) pomiędzy stacjami położonymi na wybrzeżu i w głębi lądu. Lata 1986-2010 i 1961-1990

Table 5. Mean (a) and maximum (b) differences in monthly mean relative air humidity (%) between coastal and inland stations in 1986-2010 and 1961-1990

Stacje – Stations		I	II	III	IV	V	VI
Kołobrzeg -Resko 1986-2010	a	2,00	2,00	3,50	6,60	7,60	4,30
	b	4,90	4,60	8,60	12,70	15,50	8,70
Kołobrzeg -Koszalin 1986-2010	a	1,70	1,80	1,90	3,50	3,60	3,40
	b	5,20	3,90	5,20	10,30	11,20	9,90
Łeba-Łębork 1986-2010	a	1,00	1,40	3,50	7,00	6,90	5,30
	b	3,20	3,10	7,90	10,80	9,40	8,40
Świbno-Elbląg 1961-1990	a	1,70	2,60	4,30	7,10	7,30	6,30
	b	8,00	8,00	12,00	13,00	17,00	13,00

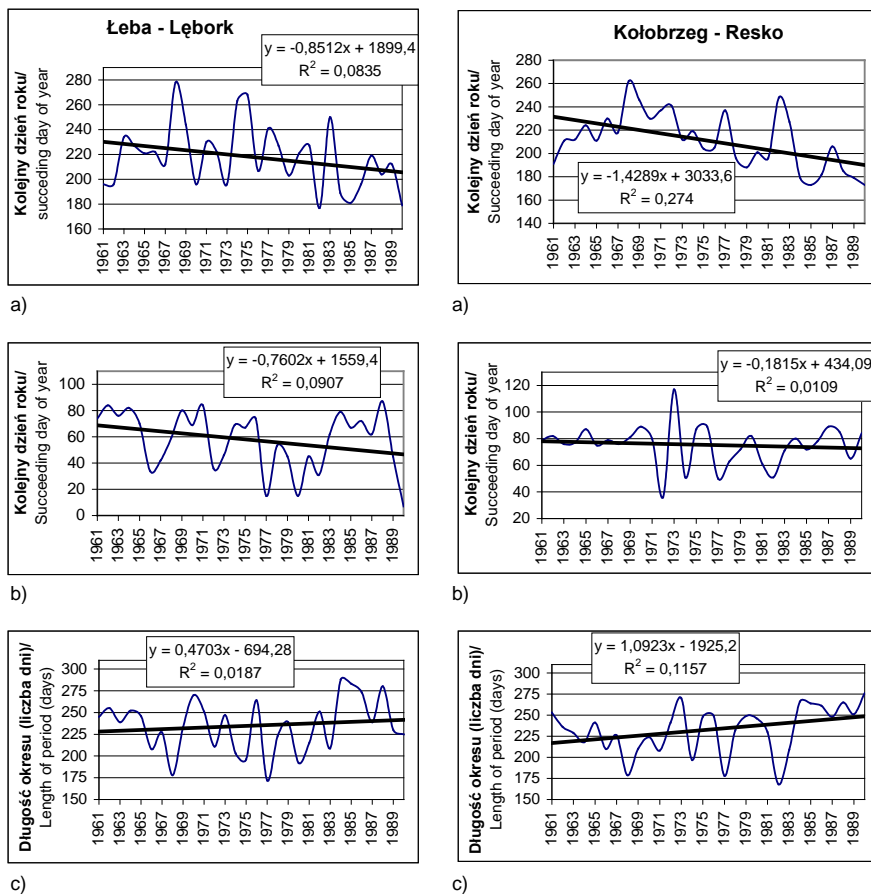
Stacje – Stations		VII	VIII	IX	X	XI	XII
Kołobrzeg -Resko 1986-2010	a	4,90	4,10	2,90	2,40	2,90	2,90
	b	14,20	14,80	8,30	8,10	8,90	6,40
Kołobrzeg -Koszalin 1986-2010	a	3,20	2,60	2,10	2,30	1,80	1,90
	b	9,80	7,20	5,60	5,00	4,20	4,10
Łeba-Łębork 1986-2010	a	5,60	5,10	1,40	1,00	0,90	0,60
	b	8,40	8,60	3,80	3,40	2,30	2,00
Świbno-Elbląg 1961-1990	a	3,20	3,70	2,50	2,70	1,80	1,40
	b	6,00	10,00	7,00	7,00	5,00	8,00

Analiza początku, końca oraz długości okresu z ocieplającym wpływem wód Bałtyku na temperaturę powietrza w strefie wybrzeża w latach 1961-1990 wskazuje na przyspieszenie początku wspomnianego okresu w drugiej połowie lata i jego wcześniejszego końca wiosną (rys. 2). Na większości rozpatrywanych par stacji obliczony trend czasowy jest istotny lub wysoce istotny dla początku ocieplającego wpływu Bałtyku na termikę powietrza na wybrzeżu.

Tabela 6. Średnie (a) i najwyższe (b) różnice pomiędzy średnimi miesięcznymi prędkościami wiatru ($m \cdot s^{-1}$) w stacjach położonych na wybrzeżu i w głębi lądu. Lata 1961-1990 i 1986-2010

Table 6. Mean (a) and maximum (b) differences in monthly mean wind speed ($m \cdot s^{-1}$) between coastal and inland stations in 1961-1990 and 1986-2010

Stacje – Stations		I	II	III	IV	V	VI
Kołobrzeg -Resko 1986-2010	a	1,20	1,10	1,10	1,00	0,90	1,00
	b	3,00	2,40	2,20	2,60	1,80	2,30
Kołobrzeg -Koszalin 1986-2010	a	2,10	1,90	1,90	2,00	1,90	2,00
	b	6,10	7,40	5,90	4,90	5,10	4,70
Łeba-Łębork 1986-2010	a	2,30	2,10	1,50	1,30	1,20	1,70
	b	5,50	5,60	5,70	2,90	3,10	3,20
Świbno - Kmiecin 1961-1990	a	0,80	0,60	0,70	0,50	0,50	0,80
	b	3,60	3,20	2,00	2,20	2,00	2,50
Świbno-Elbląg 1961-1990	a	0,80	0,60	0,70	0,60	0,50	0,60
	b	2,10	2,20	4,30	2,70	1,40	1,80
Stacje – Stations		VII	VIII	IX	X	XI	XII
Kołobrzeg -Resko 1986-2010	a	0,90	1,00	1,00	0,80	1,10	1,20
	b	2,00	2,20	2,40	2,30	2,80	2,00
Kołobrzeg -Koszalin 1986-2010	a	1,90	2,00	1,80	2,10	2,10	2,20
	b	4,20	5,10	5,40	6,50	6,50	6,20
Łeba-Łębork 1986-2010	a	1,60	1,50	1,80	1,70	1,70	1,90
	b	4,00	3,80	3,90	4,70	3,00	4,60
Świbno - Kmiecin 1961-1990	a	0,70	0,70	0,60	0,60	0,50	0,70
	b	2,30	2,40	1,90	2,40	2,00	2,00
Świbno-Elbląg 1961-1990	a	0,50	0,50	0,40	0,40	0,60	0,70
	b	1,40	1,20	1,20	1,20	2,40	2,20



Rys. 2. Zmienność a) początku i b) końca oraz c) długości okresu z ocieplającym wpływem Bałtyku na termikę powietrza w strefie wybrzeża wraz z trendami w latach 1961-1990 na przykładzie relacji między temperaturami w Łebie i Lęborku oraz Kołobrzegu i Resku

Fig. 2. Distribution of dates of a) the beginning and b) the end of periods with warming effect of the Baltic on the air temperature in the coastal zone, and c) lengths of the period in 1961-1990, along with relevant trends, as exemplified by relationships between temperatures at Łeba *versus* Lębork and at Kołobrzeg *versus* Resko

WNIOSKI

1. Wody Bałtyku istotnie modyfikują czasową, jak też przestrzenną zmienność temperatur i wilgotności powietrza oraz prędkości wiatru w strefie wybrzeża.
2. Ochładzający wpływ wód Bałtyku na termikę powietrza na wybrzeżu występuje średnio od trzeciej dekady marca do pierwszej dekady sierpnia.

3. W miarę oddalania się od Bałtyku w głąb lądu zmniejsza się gradient średniej miesięcznej temperatury powietrza, który wynosi od około 0,30C w zachodniej do około 0,40C/10 km we wschodniej części wybrzeża Polski, zwiększając się nawet do około 0,80C /10 km w wąskim pasie strefy brzegowej.

4. Gradient miesięcznej wartości wilgotności względnej powietrza w strefie wybrzeża wynosi, w zależności od położenia stacji i pory roku, średnio od 1,5 do 2,3%/10 km, a w wąskim pasie wybrzeża około 5,0%/10 km (np. wzdłuż profilu Ustka-Słupsk). Największe różnice występują w maju i w kwietniu.

5. Największe oddziaływanie Bałtyku na prędkość wiatru zachodzi w zimie, szczególnie w styczniu. Obliczony dla stycznia gradient prędkości wiatru wynosi od 0,35 do 0,80 m·s-1/10 km, a w maju, kiedy występują najmniejsze różnice, od 0,14 do 0,50 m·s-1/10 km.

6. Wzdłuż wybrzeża, z zachodu na wschód, wzrasta liczba dni mroźnych, zimnych i chłodnych, a maleje liczba dni ciepłych, gorących i upalnych. W miarę przemieszczania się od wybrzeża w głąb lądu zwiększa się liczba dni mroźnych, ciepłych, gorących i upalnych, a zmniejsza liczba dni zimnych i chłodnych, co szczególnie wyraźnie uwidacznia się między stacjami w Łebie i Łęborku.

7. W analizowanych okresach 1961-1990 oraz 1986-2010 zaznacza się tendencja wcześniejszego występowania (przyspieszenia) wiosną początku ochładzającego wpływu Bałtyku na termikę powietrza na wybrzeżu. Natomiast w drugiej połowie lata na większości stacji występuje istotny i wysoce istotny trend przyspieszenia początku ocieplającego wpływu wód Bałtyku na warunki termiczne powietrza na wybrzeżu.

8. Czasowa i przestrzenna zmienność temperatury i wilgotności powietrza oraz prędkości wiatru w strefie wybrzeża decyduje o dużej bodźcowości bioklimatu analizowanego regionu, zwłaszcza w jego północnej części, od Darłowa po Władysławowo

PIŚMIENNICTWO

- Atlas zasobów i zagrożeń klimatycznych Pomorza, 2004. Pod red. C. Koźmińskiego i B. Michalskiej. AR Szczecin.
- Brayshaw D., 2005. Storm tracks under climate change. www.met.rdg.ac.uk.
- Filipiak J., 2004. Zmienność temperatury powietrza na wybrzeżu i Pojezierzu Pomorskim w drugiej połowie XX w. IMGW, Warszawa.
- Girjatowicz J., 2007. Relations between the North Atlantic Oscillation and water temperature along the southern coast of the Baltic Sea. *J. of Climat.*, 28,1071-1081.
- Gumiński R., 1948. Próba wydzielenia dzielnic rolniczo-klimatycznych w Polsce. *Prz. Meteor. i Hydrol.*, 1.
- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997. Bioklimatologia człowieka. IGI PAN, Warszawa.

- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., Limanówka D., 2002. Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie. IGiPZ PAN, Warszawa.
- Koźmiński C., Michalska B., 2008. Zmienność minimalnej dobowej temperatury powietrza w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku. *Acta Agrophysica*, 12(3), 713-736.
- Koźmiński C., Michalska B., 2010. Zmienność liczby dni gorących i upalnych oraz odczucia ciepłego w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku. *Acta Agrophysica*, 15(2), 347-358.
- Koźmiński C., Michalska B., 2011. Ćwiczenia z bioklimatologii. Wybrane metody opracowań bioklimatu dla potrzeb rekreacji i turystyki. Wyd. Uniw. Szczec.
- Koźmiński C., Michalska B., Czarnecka M., 2007. Klimat województwa zachodniopomorskiego. AR Szczecin, Uniw. Szczec.
- Leckebusch C., Ulbrich M., 2004. On the relationship between cyclones and extreme windstorm events over Europe under climate change. www.meteo.unikoeln.de
- Marsz A., 2001. Stan termiczny Północnego Atlantyku a reżim termiczny zim na polskim wybrzeżu Bałtyku. WSM, Gdynia.
- Miętus M., 1996. Zmienność lokalnej cyrkulacji atmosferycznej nad północną Polską i jej związek z elementami klimatu. *Wiad. IMGW*, 1, 9-29.
- Owczarek M., 2005. Ekstremalne warunki termiczne na Wybrzeżu i Pomorzu według przedziałów kwantylowych średniej dobowej temperatury powietrza. W: *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*. PTG i IMGW, Warszawa, 70-80.
- Świątek M., 2004. Wieloletnia i sezonowa zmienność wektora wiatru geostroficznego nad południowym Bałtykiem. W: *Stan środowiska przyrodniczego podstawowym warunkiem zdrowotności społeczeństwa*, Ciaciura M. (red.), Wyd. Uniw. Szczec., 239-250.
- Tijm A.B.C. Holtslag A.A.M., Van Delden A.J., 1999. Observations and modeling of the sea breeze with the return current. *Monthly Weather Review*, 127, 625-640.
- Tylkowski J., 2011. Wpływ zmian poziomu morza na funkcjonowanie strefy brzegowej Bałtyku w Kołobrzegu. W: *Wpływ zmian klimatu i narastającej antropopresji na rozwój uzdrowiska Kołobrzeg*. Prosperius Koszalin, 53-64.

EFFECTS OF THE BALTIC SEA ON AIR TEMPERATURE AND HUMIDITY AND ON WIND SPEED AT THE POLISH COAST

Czesław Koźmiński¹, Małgorzata Świątek²

¹Department of Tourism, Szczecin University

²Department of Hydrology and Water Management, Szczecin University

Al. Wojska Polskiego 107/109, 70-478 Szczecin

e-mail: katedra.turystyki@univ.szczecin.pl

Abstract. The paper analyses the effects of the Baltic Sea on monthly patterns of air temperature and humidity and on wind speed at the Polish coast. The analysis is based on 1961-1990 and 1986-2010 data from 8, mostly longitudinal, pairs of meteorological stations operated by the Institute of Meteorology and Water Management (IMWM). Differences in the parameters analysed between the coastal and inland stations as well as dates signifying periods with warming and cooling effects of the sea on thermal conditions at the coast were determined. The duration of the period with warming effects of the Baltic on the air temperature at the coast was found to average in excess of 215 days. Cooling effects of the proximity to the sea occurred usually from the third decade of

March through the first decade of August, the largest differences being recorded in May and June. The gradient of the monthly mean air temperature was observed to decrease with increasing distance from the sea; the gradient ranged from about 0.3 to about 0.4°C/10 km in the western and northern part of the coast, respectively. The gradient of the monthly mean relative air humidity at the coast was at its highest in May and April and averaged, depending on the station and season, from 1.5 to 2.3%/10 km, a gradient of about 5.0%/10 km being observed in the narrow coastal strip (e.g., along the Ustka-Słupsk transect). The largest differences in monthly mean wind speed between the coastal and inland stations were observed in winter, particularly in January (from 1.2 to 2.3 m s⁻¹). The wind speed gradient calculated for January ranged from 0.35 to 0.80 m s⁻¹/10 km; at the time of the smallest differences, in May, the gradient ranged from 0.14 to 0.50 m s⁻¹/10 km. The data sets for the two periods analysed revealed a tendency towards an earlier occurrence (i.e., acceleration) of the onset of vernal cooling effects of the Baltic on the thermal conditions at the coast. On the other hand, in the second half of the summer, most stations showed a significant and highly significant trend evidencing acceleration of the onset of warming effects of the Baltic on the thermal conditions at the coast.

Key words: Baltic coast, air temperature and humidity gradients, wind speed gradients