

**Dariusz Baranowski**  
**Małgorzata Górka**

Akademia Pomorska  
Słupsk

## **WILGOTNOŚĆ POWIETRZA W KOŁOBRZEGU W LATACH 1976-2005**

### **HUMIDITY OF THE AIR IN KOŁOBRZEG IN THE YEARS 1976-2005**

**Zarys treści:** Celem pracy była charakterystyka warunków wilgotnościowych w Kołobrzegu w latach 1976-2005. Podstawę opracowania stanowiły średnie dobowe wartości ciśnienia pary wodnej ( $e$ ) oraz wilgotności względnej powietrza ( $f$ ). Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że Kołobrzeg charakteryzuje się relatywnie wysoką wilgotnością powietrza (obliczone średnie roczne wartości  $e$  i  $f$  wynoszą odpowiednio 9,7 hPa oraz 80,3%). Najwyższe średnie miesięczne wartości ciśnienia pary wodnej (15,6 hPa) odnotowano w miesiącach o najwyższej temperaturze powietrza, tj. w lipcu i sierpniu; najniższe (5,5 hPa) w miesiącach najzimniejszych – styczniu i lutym. Najwyższą wilgotnością względną wyróżnia się natomiast okres od listopada do stycznia (z maksimum w grudniu); relatywnie niska wilgotność charakteryzuje okres od kwietnia do sierpnia. Przeprowadzona analiza długookresowych zmian średnich miesięcznych i rocznych wartości analizowanych w pracy charakterystyk wilgotności wskazuje na stopniową zmianę parametrów higrycznych powietrza w rejonie Kołobrzegu. Pomimo stwierdzonej tendencji wzrostowej ciśnienia pary wodnej (przeciętnie o 1,1 hPa/30 lat), wilgotność względna powietrza w analogicznym okresie obniżyła się o ponad 2%. Największym spadkiem wilgotności względnej wyróżniają się kwiecień i czerwiec; niewielki trend wzrostowy odnotowano jedynie w styczniu, listopadzie i grudniu. Ciśnienie pary wodnej najszybciej wzrastało w lipcu i sierpniu, niewielki spadek odnotowano tylko w listopadzie.

**Słowa kluczowe:** ciśnienie pary wodnej, wilgotność względna powietrza, Kołobrzeg  
**Key words:** pressure of water vapour, relative air humidity, Kołobrzeg

#### **Wstęp**

Para wodna znajdująca się w atmosferze jest istotnym składnikiem naturalnego obiegu wody w przyrodzie i najważniejszym gazem cieplarnianym współczesnego systemu klimatycznego Ziemi. Współdziałając z promieniowaniem słonecznym,

reguluje procesy termodynamiczne oraz równowagę cieplną atmosfery ziemskiej. Jednocześnie, wpływając znacząco na wielkość naturalnego efektu cieplarnianego, może być uważana za główny stabilizator klimatu Ziemi (Peixoto, Oort 1996, Bony, Duvel 1994, Otterman i in. 2002). Strumień pary wodnej łączy główne komponenty cyklu hydrologicznego, jest również jednym z najważniejszych źródeł energii (uwalnianej w troposferze w procesie kondensacji) sterującej cyrkulacją naszej planety. W procesie wymiany pary w układzie Ziemia/atmosfera przeważa strumień skierowany ku górze. W konsekwencji o wilgotności powietrza w przyziemnej warstwie decyduje przede wszystkim rodzaj powierzchni parującej oraz intensywność i kierunek przemieszczania się pary wodnej, uwarunkowany zarówno ogólną, jak i lokalną cyrkulacją powietrza. Transport pary do atmosfery na szerokościach umiarkowanych determinowany jest w dużej mierze wielkoskalowymi ruchami powietrza, związanymi z przemieszczaniem się układów barycznych (szczególnie niżów), a także konwekcją i adwekcją. Najczęściej o wilgotności powietrza w danym miejscu decydują wszystkie wspomniane procesy, jednak ich udział w transporcie pary wodnej zależy w dużej mierze od szerokości geograficznej, pory roku, panujących warunków pogodowych oraz wielu innych uwarunkowań lokalnych.

Istotny wpływ pary wodnej znajdującej się w troposferze na system klimatyczny jest w literaturze naukowej stosunkowo dobrze udokumentowany (np. Lindzen 1990, Del Genio i in. 1994, Harries 1997, Held, Soden 2000). W ostatnich latach, głównie z powodu przypuszczeń, że zarówno lokalne, jak i globalne trendy zmian ilości wody w atmosferze mogą być symptomem zmian charakteru i intensywności naturalnego obiegu wody na Ziemi, zainteresowanie naukowców parą wodną sukcesywnie wzrasta (Trenberth i in. 2005). W Polsce, głównie ze względu na utrudniony dostęp do danych ze stacji naziemnych (zaporowe dla wielu naukowców ceny danych), opracowania analizujące warunki wilgotnościowe w obrębie miast, poszczególnych regionów i całego kraju są stosunkowo nieliczne.

## **Material badawczy, metody**

Wilgotność powietrza może być opisywana za pomocą wskaźników charakteryzujących cechy fizyczne pary wodnej jako gazu zawartego w powietrzu oraz nasycenie powietrza parą wodną. Brak natomiast parametru kompleksowo ujmującego wilgotność powietrza. W niniejszym artykule charakterystykę warunków wilgotnościowych w Kołobrzegu ( $\varphi = 54^{\circ}11'$ ;  $\lambda = 15^{\circ}35'$ ) w latach 1976-2005 przeprowadzono na podstawie średnich dobowych wartości ciśnienia pary wodnej oraz wilgotności względnej powietrza, pozyskanych z bazy danych satelitarnych NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Średnie dobowe poddano analizie pod względem miar przeciętnych, dyspersji i asymetrii. Zbadano również zmiany częstości występowania dni z określonymi w przedziałach średnimi dobowymi wartościami obu charakterystyk wilgotności (przyjęto rozpiętości przedziałów na poziomie 1 hPa dla ciśnienia pary wodnej oraz 5% dla wilgotności względnej). Przeprowadzono również charakterystykę przebiegu rocznego i wieloletniego. Wyznaczony zakres zmienności oraz wielkość odchyłeń standardowych stanowiły pod-

stawę do określenia zróżnicowania średnich wartości miesięcznych. Długookresową zmienność ciśnienia pary wodnej i wilgotności względnej powietrza zbadano na podstawie wartości odchyłek średnich miesięcznych od odpowiadających im średnich wieloletnich. Oszacowano także parametry trendu liniowego analizowanych charakterystyk wilgotności w badanym trzydziestoleciu.

## Ciśnienie pary wodnej

Para wodna znajdująca się w atmosferze, podobnie jak każdy inny gaz, wywiera ciśnienie. Zgodnie z prawem Daltona (ciśnienie powietrza wilgotnego jest sumą ciśnienia powietrza suchego oraz ciśnienia pary wodnej) ciśnienie cząsteczkowe gazu,

Tabela 1  
Częstość (%) średnich dobowych wartości ciśnienia pary wodnej ( $e$ ) w Kołobrzegu (1976-2005)  
Table 1  
Frequency (%) of particular daily mean water vapour pressure values ( $e$ ) in Kołobrzeg (1976-2005)

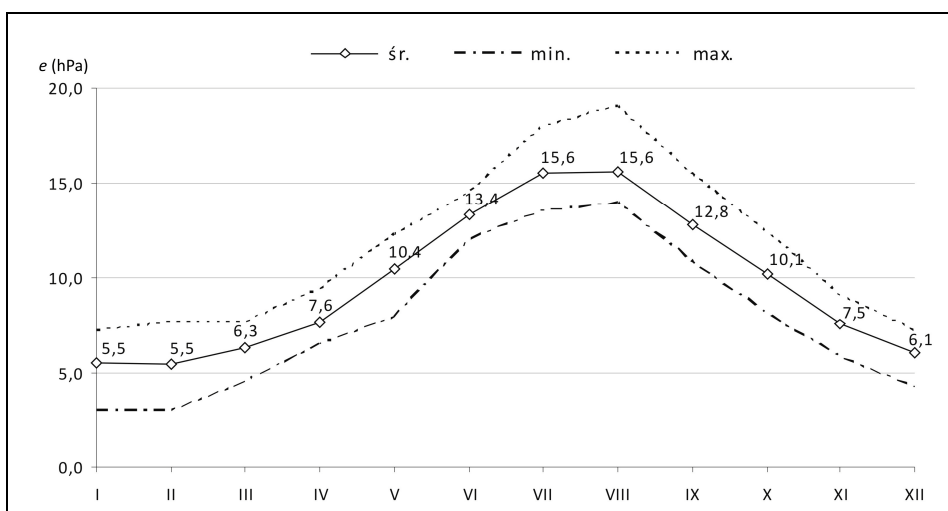
$e$ (hPa)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
24-24,9	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1	-	-	-	-	0,0
23-23,9	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1	-	-	-	-	0,0
22-22,9	-	-	-	-	-	-	0,6	0,8	-	-	-	-	0,1
21-21,9	-	-	-	-	-	0,6	1,1	1,5	-	-	-	-	0,3
20-20,9	-	-	-	-	-	0,2	3,4	2,9	0,3	-	-	-	0,6
19-19,9	-	-	-	-	-	0,6	2,3	3,0	0,4	-	-	-	0,5
18-18,9	-	-	-	-	0,1	1,9	6,9	8,6	1,0	-	-	-	1,6
17-17,9	-	-	-	-	0,1	3,0	11,4	10,5	2,6	0,4	-	-	2,4
16-16,9	-	-	-	-	0,5	4,8	16,4	14,0	4,8	0,9	-	-	3,5
15-15,9	-	-	-	-	1,3	9,5	15,5	16,7	7,4	2,4	-	-	4,4
14-14,9	-	-	-	-	4,5	16,0	13,9	13,1	13,0	2,8	0,2	-	5,3
13-13,9	-	-	-	0,7	6,3	18,2	15,0	12,7	14,8	6,9	-	-	6,3
12-12,9	-	-	0,1	1,0	11,7	18,0	8,2	10,0	20,2	9,8	0,5	0,1	6,7
11-11,9	-	0,4	0,5	2,3	13,3	14,4	4,0	4,5	13,5	14,6	3,0	0,6	6,0
10-10,9	0,3	0,9	1,5	5,2	15,4	7,7	0,9	1,3	10,9	15,7	5,8	1,2	5,6
9-9,9	2,5	2,1	4,0	11,0	18,7	3,7	0,2	0,2	6,6	12,5	15,2	3,2	6,7
8-8,9	4,9	5,3	8,8	17,5	15,4	1,2	-	-	2,9	12,1	18,2	8,7	7,9
7-7,9	13,7	11,5	19,2	25,0	8,5	0,2	-	-	1,2	11,0	18,0	15,9	10,3
6-6,9	24,6	20,7	23,6	19,9	2,8	-	-	-	0,3	5,1	16,5	22,6	11,2
5-5,9	17,6	18,0	20,9	11,7	1,3	-	-	-	0,1	4,0	12,4	21,2	8,8
4-4,9	13,2	19,2	12,3	5,0	0,1	-	-	-	-	1,7	6,6	12,4	5,8
3-3,9	11,3	12,2	7,3	0,7	-	-	-	-	-	0,1	2,8	9,2	3,6
-2,9	8,9	7,9	1,7	-	-	-	-	-	-	-	0,8	4,0	1,9
1-1,9	3,0	1,8	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	0,5
Suma	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

a zatem i pary wodnej, jest niezależne od innych gazów. Zawartość pary wodnej w powietrzu można więc określić na podstawie wywieranego przez nią ciśnienia, które wraz z temperaturą powietrza i zawartością w nim pary wodnej rośnie. Ciśnienie pary w warstwie przy powierzchniowej jest konsekwencją oddziaływania wielu czynników, wśród których pierwszoplanową rolę odgrywają m.in. temperatura, procesy synoptyczne, sezonowe zmiany roślinności czy też odległość od zbiorników wodnych.

W analizowanym szeregu danych z Kołobrzegu z lat 1976-2005 rozkład średnich dobowych wartości ciśnienia pary wodnej cechuje się umiarkowaną asymetrią dodatnią (współczynnik asymetrii – 0,43). Dni o średniej dobowej wartości poniżej średniej wieloletniej (8,7 hPa) stanowią ponad 50%. Średnie dobowe wartości ciśnienia pary wodnej przyjmują najczęściej wartości z przedziału 5,0-9,9 hPa (około 45% wszystkich dni; tab. 1). Ponad 86% dni w roku charakteryzuje się ciśnieniem ( $e$ ) poniżej 15 hPa, a w 99% dni średnie dobowe wartości nie przekraczają 20 hPa. W badanym okresie zanotowano zaledwie 35 dni z wartościami ciśnienia pary powyżej 20 hPa, w tym 64% dni przypada na ostatnie dziesięciolecie badanego okresu.

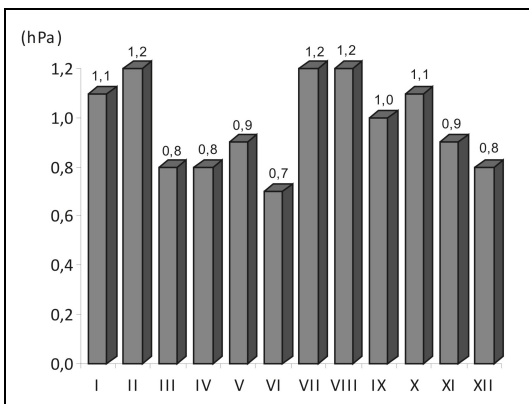
Struktura częstości występowania dni z określonym ciśnieniem pary wodnej istotnie zależy od pory roku. Zimą (XII-II) przeważają średnie dobowe wartości z przedziału 3,0-7,9 hPa (81,1%); latem dominują dni z ciśnieniem pary w granicach 12,0-16,9 hPa (67,3%). Od listopada do kwietnia w Kołobrzegu właściwie nie odnotowuje się średnich dobowych wartości ciśnienia pary wodnej powyżej 15 hPa, natomiast w najchłodniejszych miesiącach (styczeń, luty) średnie nie przekraczają 12 hPa.

Najwyższe średnie dobowe wartości ciśnienia pary wodnej występują w lipcu i sierpniu, ich wartość może wówczas przekraczać 24 hPa. W tych miesiącach nie



Ryc. 1. Przebieg roczny średnich miesięcznych wartości ciśnienia pary wodnej ( $e$ ) w Kołobrzegu (1976-2005): maksymalnych (max.), minimalnych (min.) oraz przeciętnych (śr.)

Fig. 1. Annual course of mean monthly values of water vapour pressure (hPa) in Kołobrzeg (1976-2005): maximum (max.), minimum (min.) and average (śr.)



Ryc. 2. Odchylenie standardowe średnich miesięcznych wartości ciśnienia pary wodnej w Kołobrzegu (1976-2005)

Fig. 2. Standard deviation (hPa) of mean monthly values of water vapour pressure in Kołobrzeg (1976-2005)

odnotowuje się natomiast ciśnienia ( $e$ ) poniżej 9 hPa (tab. 1). Jesienią (IX-XI) udział dni ze średnim ciśnieniem pary wodnej powyżej 13 hPa jest czterokrotnie większy niż wiosną. Największe zróżnicowanie ciśnienia pary wodnej w przebiegu rocznym występuje w miesiącach najcieplejszych (lipiec, sierpień) i najchłodniejszych (styczeń, luty; ryc. 1, 2). Wiosną dyspersja średnich wartości w porównaniu z pozostałymi porami roku jest relatywnie niska, ale najmniejsze zróżnicowanie zwykle przypada na początek lata (czerwiec).

## Wilgotność względna powietrza

Uzupełnieniem charakterystyki warunków wilgotnościowych w Kołobrzegu, przeprowadzonej na podstawie ciśnienia pary wodnej ( $e$ ), jest analiza sezonowych i wieloletnich zmian wilgotności względnej powietrza ( $f$ ).

Wilgotność względna opisuje stopień nasycenia powietrza parą wodną (w %) poprzez stosunek ciśnienia cząsteczkowego pary zawartej w powietrzu do ciśnienia nasycenia, określającego maksymalne ciśnienie pary wodnej w danej temperaturze. Wilgotność względna bezpośrednio warunkuje wiele procesów zachodzących w atmosferze. Determinuje m.in. wysokość tworzenia się chmur, mgieł czy smogu, istotnie wpływa również na widzialność oraz opady. Największą wadą tej charakterystyki jest jej zależność nie tylko od wilgotności powietrza, ale również od temperatury. Przy wzroście temperatury powietrza zwiększa się (zgodnie z równaniem Clausiusa-Clapeyrona) ilość pary wodnej, którą powietrze może zawierać. W konsekwencji, głównie z tego powodu, w najcieplejszych miesiącach roku wilgotność względna powietrza utrzymuje się na relatywnie niskim poziomie. Znacznie wyższe wartości wilgotności ( $f$ ) rejestrowane są w miesiącach zimowych, kiedy ilość pary wodnej potrzebna do nasycenia stosunkowo chłodnego wówczas powietrza jest mniejsza. Ze względu na dużą zależność wilgotności względnej od temperatury opis warunków wilgotnościowych często uzupełniany jest o analizę innych charakterystyk wilgotności powietrza: niedosyt wilgotności, wilgotność bezwzględną lub ciśnienie pary wodnej.

Ciąg średnich dobowych wartości wilgotności względnej z analizowanej stacji pomiarowej charakteryzuje się istotnym zróżnicowaniem skrajnych wartości. Różnica między najniższą (27,1% – 17.04.1988) i najwyższą odnotowaną wilgotnością

(100% – np. 15.12.1997) przekracza 72%. Rozkład jest prawostronnie asymetryczny (współczynnik skośności wynosi 0,818), zatem większość analizowanych dni charakteryzuje się wilgotnością względną powyżej średniej wieloletniej (80,3%). W badanym wieloleciu ponad 55% dni odznacza się średnią dobową wilgotnością względną poniżej 80%, w tym 8,9% stanowią dni z wilgotnością mniejszą niż 65% (tab. 2). Największym udziałem w badanym okresie (18,5%) wyróżniają się dni

Tabela 2

Częstość (%) średnich dobowych wartości wilgotności względnej powietrza (*f*) w Kołobrzegu (1976-2005)

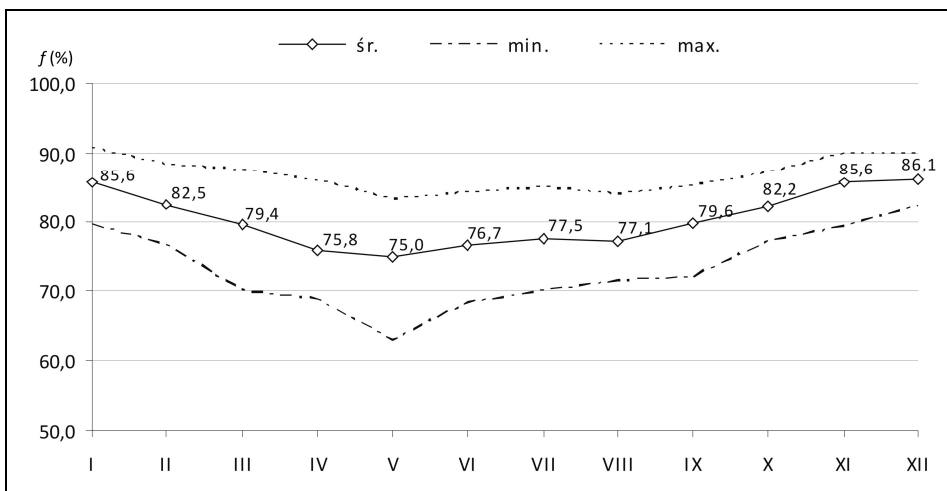
Table 2

Frequency (%) of particular daily relative air humidity values (*f*) in Kołobrzeg (1976-2005)

<i>f</i> (%)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
≥ 95	8,8	7,6	5,5	5,7	2,6	2,0	1,2	0,8	2,3	5,5	10,7	10,6	5,2
90-94,9	26,2	17,4	11,6	8,3	7,6	5,6	5,0	6,5	10,4	16,5	25,1	29,8	14,1
85-89,9	24,6	19,9	18,0	12,5	11,8	12,1	14,5	14,2	18,8	19,6	26,6	22,8	17,9
80-84,9	18,3	19,6	17,5	16,6	14,7	19,6	21,9	19,7	21,0	22,6	14,1	16,4	18,5
75-79,9	10,9	15,6	15,4	14,5	18,5	21,5	21,1	21,0	19,8	15,1	10,1	9,8	16,2
70-74,9	6,6	9,1	13,1	13,6	14,0	16,9	16,4	17,5	11,8	10,5	6,7	4,9	11,8
65-69,9	2,8	4,7	8,4	9,2	10,4	9,7	11,2	9,8	8,5	6,5	3,7	3,7	7,4
60-64,9	0,8	3,1	5,1	7,2	8,0	6,6	5,1	5,2	3,5	1,9	1,5	0,8	4,1
55-59,9	0,7	2,1	2,5	4,2	5,7	3,1	2,3	2,5	2,2	1,3	0,9	1,0	2,4
50-54,9	-	0,4	1,6	2,1	2,8	1,8	0,4	1,1	1,5	0,2	0,6	-	1,0
45-49,9	0,1	0,1	0,8	2,4	2,2	0,6	0,8	1,2	0,2	0,3	-	0,1	0,7
40-44,9	0,1	0,4	0,5	1,9	0,6	0,3	0,1	0,3	-	-	-	0,1	0,4
35-39,9	-	-	-	1,0	1,0	0,2	-	0,2	-	-	-	-	0,2
30-34,9	0,1	-	-	0,7	0,1	-	-	-	-	-	-	-	0,1
25-29,9	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0
Suma	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

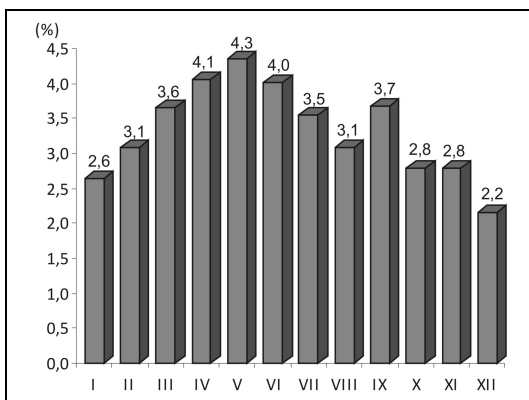
z wartościami od 80,0% do 84,9%. Od listopada do stycznia dominują średnie dobowe w granicach 85,0-89,9% oraz 90,0-94,9%, a w listopadzie i grudniu średnia wilgotność względna w ponad 10% dni przekracza 90%. W ciepłym półroczu (IV-IX) przeważają wartości z przedziałów 75,0-84,9%. Największą częstością relatywnie suchych dni (*f* poniżej 40%) wyróżniają się kwiecień i maj. Wiosna (III-V) w Kołobrzegu jest o około 5% bardziej sucha niż jesień (IX-XI). Ponadto w stosunku do jesieni wyróżnia ją ponadczterokrotnie większa częstość dni o średniej wilgotności względnej poniżej 60%.

W przebiegu rocznym charakterystyczne jest relatywnie małe zróżnicowanie wilgotności względnej, wynikające głównie z dużego udziału mas powietrza polar-nomorskiego w cyrkulacji nad Polską oraz łagodzącego wpływu Morza Bałtyckiego (ryc. 3, 4).



Ryc. 3. Średnie miesięczne wartości wilgotności względnej powietrza (%) w Kołobrzegu (1976-2005): najwyższe (max.), najniższe (min.) oraz przeciętne (śr.)

Fig. 3. Mean monthly values of relative air humidity (%) in Kołobrzeg (1976-1995): maximum (max.), minimum (min.) and average (śr.)



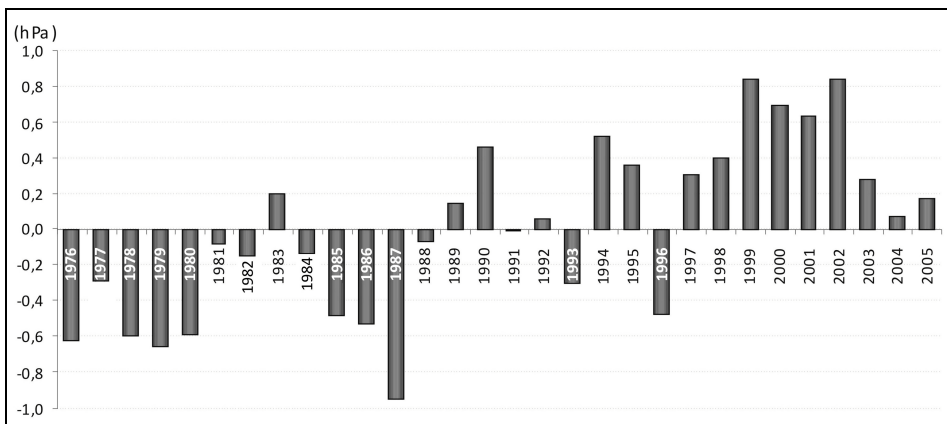
Ryc. 4. Odchylenie standardowe (%) średnich miesięcznych wartości wilgotności względnej w Kołobrzegu (1976-2005)

Fig. 4. Standard deviations (%) of mean monthly relative air humidity values in Kołobrzeg (1976-2005)

Różnica wilgotności względnej między najbardziej suchym (maj) i najbardziej wilgotnym miesiącem (grudzień) wynosi zaledwie 11,1%. Najwyższe średnie miesięczne wartości wilgotności odnotowywane są zwykle w okresie od listopada do stycznia (85,6-86,1%). W ciągu pierwszych czterech miesięcy roku wilgotność względna w Kołobrzegu dość równomiernie spada (ryc. 3, tab. 2). Minimum zwykle przypada na maj. Od marca do września średnia wilgotność nie przekracza 80%. Latem (VI-VIII) wilgotność względna utrzymuje się na relatywnie niskim, wyrównanym poziomie, a następnie aż do grudnia rośnie. W listopadzie obserwowany jest najszybszy wzrost wilgotności w stosunku do poprzedniego miesiąca – przeciętnie o 3,4%. Największym zróżnicowaniem wilgotności względnej charakteryzuje się okres od marca do lipca (z majowym maksimum) oraz wrzesień; najmniejszą dyspersją odznaczają się miesiące od października do stycznia (ryc. 4). W grudniu zróżnicowanie średnich dobowych wartości wilgotności w badanym wieloleciu jest najmniejsze.

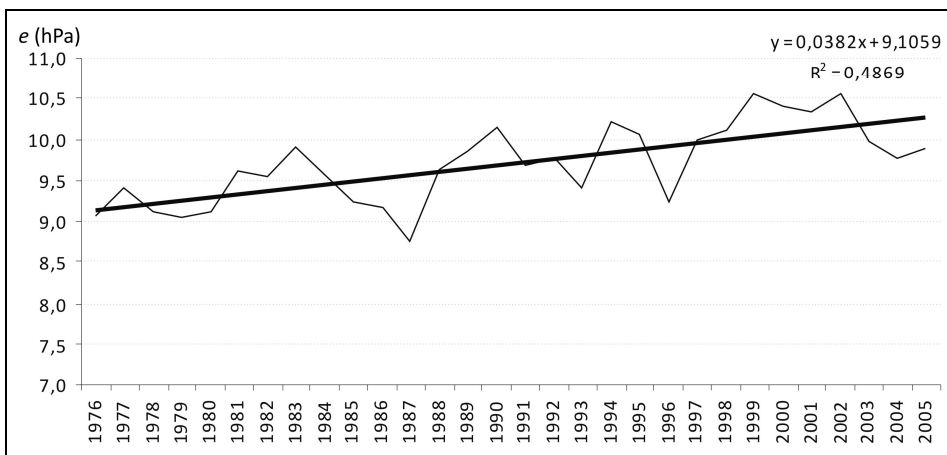
## Wieloletnia zmienność wilgotności powietrza

Średnie roczne wartości ciśnienia pary wodnej aż do roku 1988 są niższe od średniej wieloletniej (ryc. 5). Wyjątek stanowi rok 1983, w którym wartość ciśnienia ( $e$ ) o 0,2 hPa przewyższa średnią. Najniższym ciśnieniem pary wodnej (8,8 hPa) wyróżnia się rok 1987; od 1989 roku przeważają wartości powyżej średniej trzydziestoletniej (jedynie w latach 1991, 1993 oraz 1996 odnotowano ujemne odchylenia). Począwszy od roku 1990, średnie roczne ciśnienie pary wodnej w Kołobrzegu za-



Ryc. 5. Odchylenia średnich rocznych wartości ciśnienia pary wodnej (w hPa) w Kołobrzegu od średniej wieloletniej (1976-2005)

Fig. 5. Deviations of average annual values of water vapour pressure (in hPa) from the multi-annual average in Kołobrzeg (1976-2005)



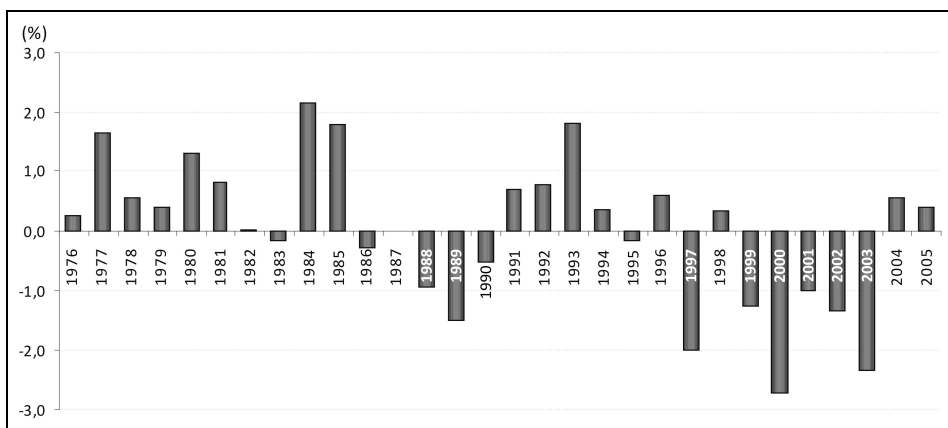
Ryc. 6. Wieloletni przebieg średnich rocznych wartości ciśnienia pary wodnej ( $e$ ) w Kołobrzegu (1976-2005). Pogrubioną linią wyróżniono trend liniowy

Fig. 6. Long-term course of mean annual values of water vapour pressure ( $e$ ) in Kołobrzeg (1976-2005). Bold line represents linear trend

czyzna przekraczać 10 hPa (ryc. 6). Najwyższymi wartościami (powyżej 10,5 hPa) wyróżniają się lata 1999 oraz 2002.

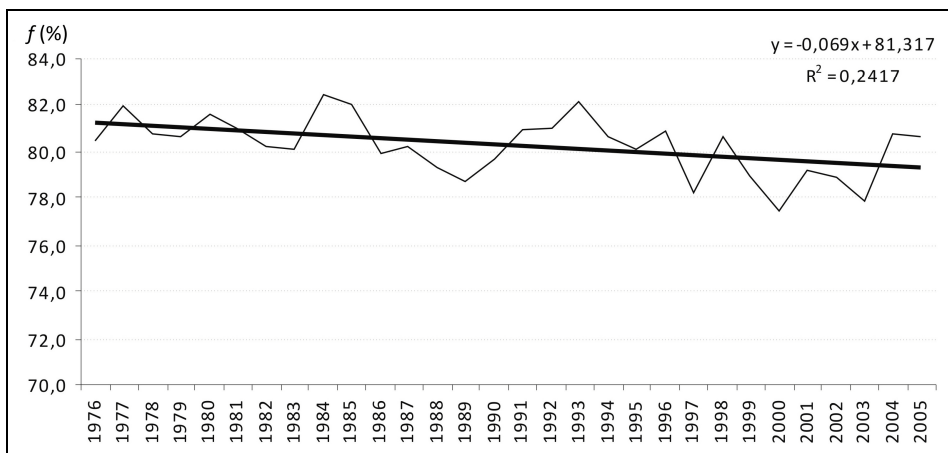
Odmiennym rozkładem charakteryzują się w Kołobrzegu długookresowe zmiany wilgotności względnej powietrza. W analizowanym okresie (1976-2005) aż do roku 1996 przeważały średnie roczne wartości wilgotności ( $f$ ) powyżej średniej trzydziestoletniej (ryc. 7).

Najwyższą wilgotnością względną (ze średnią roczną powyżej 82%) wyróżniają się lata 1984, 1985 oraz 1993 (ryc. 8). Od roku 1997 następuje wyraźny spadek wil-



Ryc. 7. Odchylenia średnich rocznych wartości wilgotności względnej powietrza (w %) w Kołobrzegu od średniej wieloletniej (1976-2005)

Fig. 7. Deviations of average annual values of relative air humidity (in %) from the multi-annual average in Kołobrzeg (1976-2005)



Ryc. 8. Wieloletni przebieg średnich rocznych wartości wilgotności względnej powietrza ( $f$ ) w Kołobrzegu (1976-2005). Pogrubioną linią wyróżniono trend liniowy

Fig. 8. Long-term course of mean annual values of relative air humidity ( $f$ ) in Kołobrzeg (1976-2005). Bold line represents linear trend

gotności, który utrzymuje się aż do roku 2003. W siedmiu latach ostatniego analizowanego dziesięciolecia (1996-2005) średnia wilgotność względna osiągnęła poziom o ponad 1% niższy od średniej wieloletniej. Najmniejszą wilgotnością (poniżej 78%) wyróżniają się lata 2000 oraz 2003. W 2004 i 2005 roku wilgotność względna powietrza nieznacznie (o 0,4-0,5%) przewyższała średnią wieloletnią.

Analiza współczynników trendu liniowego obliczonych dla kolejnych miesięcy w ciągu trzydziestu lat pozwala określić charakter zmian w tym okresie (tab. 3). Ciśnienie pary wodnej we wszystkich miesiącach z wyjątkiem listopada charakteryzuje się tendencją rosnącą. Największym przyrostem ciśnienia ( $e$ ) wyróżniają się lipiec i sierpień. Wilgotność względna powietrza w okresie od lutego do października wykazuje natomiast tendencję spadkową (najsilniejszą w kwietniu i czerwcu). Nie wielki trend wzrostowy odnotowano jedynie w styczniu, listopadzie i grudniu.

Wieloletni przebieg średnich miesięcznych i rocznych wartości wilgotności powietrza w Kołobrzegu wskazuje na stopniowy wzrost ciśnienia pary wodnej przy

Tabela 3

Równania trendu średnich miesięcznych wartości ciśnienia pary wodnej ( $e$ ) oraz wilgotności względnej powietrza ( $f$ ) w Kołobrzegu w latach 1976-2005

Table 3

Linear trend coefficients and changes in water vapour pressure ( $e$ ) and relative air humidity ( $f$ ) in Kołobrzeg in the years 1976-2005

Miesiąc	$e$ (hPa)		$f$ (%)	
	Równanie	Zmiana w latach 1976-2005	Równanie	Zmiana w latach 1976-2005
I	$y = 0,039x + 4,9159$	1,2	$y = 0,0046x + 85,511$	0,1
II	$y = 0,0541x + 4,6431$	1,6*	$y = -0,0253x + 82,865$	-0,8
III	$y = 0,0191x + 6,0128$	0,6	$y = -0,0558x + 80,29$	-1,7
IV	$y = 0,0472x + 6,8842$	1,4*	$y = -0,2206x + 79,178$	-6,6*
V	$y = 0,0505x + 9,6204$	1,5*	$y = -0,0411x + 75,614$	-1,2
VI	$y = 0,0267x + 12,944$	0,8	$y = -0,189x + 79,579$	-5,7*
VII	$y = 0,0734x + 14,426$	2,2*	$y = -0,0823x + 78,745$	-2,5
VIII	$y = 0,0825x + 14,299$	2,5*	$y = -0,0815x + 78,318$	-2,4
IX	$y = 0,047x + 12,07$	1,4*	$y = -0,0714x + 80,754$	-2,1
X	$y = 0,0141x + 9,9178$	0,4	$y = -0,1144x + 84,026$	-3,4*
XI	$y = -0,0025x + 7,5825$	-0,1	$y = 0,0189x + 85,321$	0,6
XII	$y = 0,0071x + 5,9552$	0,2	$y = 0,0303x + 85,599$	0,9
Rok	$y = 0,0382x + 9,1059$	1,1*	$y = -0,069x + 81,317$	-2,1*

\* trend istotny statystycznie na poziomie 0,05

jednoczesnym spadku wilgotności względnej (tab. 3, ryc. 6, 8). Oszacowany na podstawie parametrów trendu liniowego, spadek wilgotności względnej w badanym wieloleciu nieznacznie przekracza 2% (co oznacza, że w ciągu dziesięciolecia wilgotność względna powietrza obniża się przeciętnie o 0,69%); ciśnienie pary wodnej wzrasta natomiast szacunkowo o 1,1 hPa (wzrost w ciągu dziesięciu lat – średnio o 0,382 hPa). Ostatnia dekada badanego okresu wyróżnia się wysokim udziałem lat charakteryzujących się wyższym od średniej wieloletniej ciśnieniem pary wodnej oraz niższą od średniej wilgotnością względną powietrza (ryc. 5, 7).

## Wnioski

- Średnie ciśnienie pary wodnej w Kołobrzegu w analizowanym 30-leciu wynosi blisko 9,7 hPa. W przebiegu rocznym najwyższe wartości ciśnienia ( $e$ ) odnotowywane są zwykle w najcieplejszych miesiącach roku: lipcu i sierpniu, najniższe – w miesiącach najchłodniejszych: styczniu i lutym. Jesienią, głównie za sprawą oddziaływania stosunkowo ciepłego Morza Bałtyckiego, średnie dobowe wartości ciśnienia pary wodnej utrzymują się na relatywnie wysokim (w porównaniu z wiosną) poziomie. W Kołobrzegu średnie dobowe wartości ciśnienia ( $e$ ) mieszczą się najczęściej w przedziale od 5,0 do 9,9 hPa (około 45% wszystkich dni). Ponad 86% dni w roku charakteryzuje się wartościami ciśnienia pary poniżej 15 hPa, a w 99% analizowanych dni średnie dobowe wartości nie przekraczają 20 hPa. Zimą (XII-II) przeważają średnie dobowe wartości w granicach od 3,0 do 7,9 hPa (81,1%), natomiast latem – od 12,0 do 16,9 hPa (67,3%). Od listopada do kwietnia właściwie nie odnotowuje się średnich dobowych wartości ciśnienia pary wodnej powyżej 15 hPa, natomiast w lipcu i sierpniu średnie ciśnienie ( $e$ ) może sporadycznie przekraczać 24 hPa.
- Średnia roczna wilgotność względna powietrza w Kołobrzegu w badanym okresie (1976-2005) wynosi 80,2%. Duża częstość mas powietrza polarnomorskiego (szczególnie w miesiącach zimowych) oraz łagodzący wpływ Morza Bałtyckiego skutkują słabym zróżnicowaniem wilgotności względnej powietrza w przebiegu rocznym. Najwyższe średnie miesięczne wartości odnotowywane są najczęściej w okresie od listopada do stycznia (85,6-86,1%), przy relatywnie niskiej wilgotności (75,8-77,1%) od kwietnia do sierpnia, z dość wyraźnie zaznaczonym minimum majowym. Od listopada do stycznia dominują średnie dobowe wartości z przedziałów 85,0-89,9% oraz 90,0-94,9%. W ciepłym półroczu przeważają dni ze średnią dobową wilgotnością względną w granicach 75,0-84,9%. Najniższe wartości (poniżej 40%) zwykle odnotowywane są w kwietniu i maju. Wiosna (III-V) jest bardziej sucha niż jesień (IX-XI).
- W Kołobrzegu największą dyspersją średnich miesięcznych wartości ciśnienia pary wodnej w badanym wieloleciu wyróżniają się najcieplejsze (lipiec, sierpień) i najchłodniejsze miesiące roku (styczeń, luty); niska dyspersja charakteryzuje okres od marca do czerwca (z minimum w czerwcu), a także listopad i grudzień. Duże rozproszenie średnich miesięcznych wartości wilgotności względnej powietrza zaobserwowano natomiast w okresie od marca do lipca (z wyraźnie za-

- znaczonym majowym maksimum) oraz we wrześniu, przy relatywnie małym zróżnicowaniu uśrednionych wartości od października do stycznia.
- W trzydziestoleciu 1976-2005 odnotowano istotną statystycznie tendencję wzrostową ciśnienia pary wodnej, przy jednoczesnym spadkowym trendzie wilgotności względnej powietrza. Oszacowany na podstawie parametrów trendu liniowego, wzrost ciśnienia pary wodnej w latach 1976-2005 nieznacznie przekracza 1,1 hPa; wilgotność względna powietrza obniżyła się natomiast o około 2% hPa. Ostatnia dekada badanego okresu wyróżnia się wysokim udziałem lat charakteryzujących się wyższym od średniej wieloletniej ciśnieniem pary wodnej oraz niższą od średniej wilgotnością względną powietrza.

## Literatura

- Bony S., Duvel J.P., 1994, *Influence of the vertical structure of the atmosphere on the seasonal-variation of precipitable water and greenhouse-effect*, J. Geophys. Res., 99 (D6), s. 12 963-12 980
- Del Genio A.D., Kovari W.Jr., Yao M.-S., 1994, *Climatic implications of the seasonal variation of upper troposphere water vapor*, Geophys. Res. Lett., 21, s. 2701-2704
- Harries J.E., 1997, *Atmospheric radiation and atmospheric humidity*, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 123, s. 2173-2186
- Held I.M., Soden B.J., 2000, *Water vapour feedback and global warming*, Ann. Rev. Energy Environ., 25, s. 441-475
- Lindzen R.S., 1990, *Some coolness concerning global warming*, Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, s. 288-299
- Otterman J., Angell J., Atlas R., Bungato D., Schubert S., Starr D., Susskind J., Wu M.L.C., 2002, *Advection from the North Atlantic as the forcing of DJF greenhouse effect over Europe*, Geophys. Res. Lett., 29, s. 1241
- Peixoto J., Oort A.H., 1996, *Climatology of relative humidity in the atmosphere*, J. Climate, 9, s. 3443-3463
- Trenberth K.E., Fasullo J., Smith L., 2005, *Trends and variability in column-integrated water vapor*, Climate Dynamics, 24, s. 741-758

## Summary

The main aim of the paper was to determine the most important features of air humidity in Kołobrzeg in the years 1976-2005. Average daily values of water vapour pressure ( $e$ ) and relative air humidity ( $f$ ) were used as basic data for the survey. After initial estimation of dispersion parameters and asymmetry of distribution, these values were calculated for annual and multi-annual periods. The survey findings showed that in Kołobrzeg the humidity of air in the analysed period was relatively high (with mean annual  $e$  and  $f$  values – 9.7 hPa and 80.3% respectively). In an annual course the period from November to January was normally characterized by the highest relative air humidity values and the period from April to August by relatively small ones. The highest mean monthly values of water vapour pressure were noted on months with the highest temperature (July and August); and the smallest – in the coldest months (January and February). The provided analysis of long-term variability in monthly and annual averages, despite growing tendency of water vapour pressure (on average

by 1.1 hPa/30 years), has shown a decreasing trend of relative air humidity (about 2%/30 years) in the region of Kołobrzeg. April and June were marked by the highest drop in relative air humidity; an upward tendency was noted in January, November and December. The water vapour pressure most quickly increased in August; a small decrease was recorded only in November.

