

## Warunki termiczne półrocza chłodnego w Krakowie w latach 1995/96-2000/01

Thermal conditions of the cool season in Cracow  
in 1995/96-2000/01

Piotr Wałach<sup>1</sup>

**Zarys treści:** Celem badań była charakterystyka termiczna półrocza chłodnego (od października do marca) w Krakowie w latach 1995-2001 w powiązaniu z cyrkulacją atmosfery. W opracowaniu wykorzystano wartości średnie dobowe temperatury powietrza oraz kalendarz sytuacji synoptycznej T. Niedźwiedzia. Stwierdzono, że w okresie 1995-2001 w półroczu chłodnym średnia temperatura wyniosła 3,7°C, a w poszczególnych półroczach wahała się od 1,2°C w 1995/96 do 6,2°C w 2000/01. Spośród 11 sytuacji synoptycznych największy wpływ na temperaturę miała sytuacja zachodnia i północno-zachodnia cyklonalna (W+NWc), południowa i południowo-zachodnia cyklonalna (S+SWc), wschodnia i południowo-wschodnia antycyklonalna (E+SEa) oraz centrum wyżu i klin wyżowy (Ca+Ka).

**Słowa kluczowe:** temperatura powietrza, półrocze chłodne, zima, sytuacje synoptyczne, Kraków

**Key words:** air temperature, cool season, winter, synoptic situations, Cracow

### Wprowadzenie

Średnie roczne, miesięczne, jak również dobowe wartości temperatury powietrza są częstym przedmiotem badań klimatologów. Szczegółowym opracowaniem warunków termicznych w Krakowie są publikacje M. Hessa (1967, 1969, 1974).

J. Trepieńska (1988) przedstawiła wahania temperatury powietrza w Krakowie w ścisłym powiązaniu z fluktuacjami temperatury nad obszarem Europy. Autorka stwierdziła, że Kraków wykazuje silniejsze związki z wahaniami temperatury w Europie Zachodniej niż w Europie Wschodniej. W pracy z 1998 r. autorka zajęła się zmiennością temperatury w Krakowie w latach 1792-1996. Stwierdziła, że średnia roczna temperatura wykazała przyrost o 1,1°C na 200 lat. Na jej wzrost wpłynęła przede wszystkim coraz wyższa temperatura miesięcy zimowych (Trepieńska 1998).

---

<sup>1</sup> Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków, e-mail: pwalach@geo.uj.edu.pl

Szczegółowym opracowaniem warunków termicznych zim w Krakowie zajmowała się K. Piotrowicz (1994, 2000, 2001, 2002-2003). Podstawę analizy stanowiły średnie miesięczne i dobowe wartości temperatury powietrza w latach 1792-2002. Największe odchylenie temperatury w XX w. w zimie od średniej wieloletniej pojawiło się w 10-leciu 1991/92-2000/01 i wyniosło 2,3°C. Autorka obliczyła, że w latach 1792-2002 przeciętnie występuje 64,8 dni z średnią temperaturą niższą od 0°C.

Rozpatrując wieloletni przebieg warunków termicznych zim należy uwzględnić wpływ aglomeracji miejskiej na kształtowanie się temperatury powietrza. Zagadnieniem tym zajmowali się J. Lewińska i K. Zgud (1980) oraz J. Lewińska (1991). Autorzy dowiedli, że w centrum Krakowa jest cieplej niż w terenach pozamiejskich oraz stwierdzili, że natężenie miejskiej wyspy ciepła zależy od pory doby oraz sytuacji pogodowej.

Znaczny wpływ na temperaturę powietrza wywierają poszczególne sytuacje synoptyczne. Zagadnieniem tym zajmował się m.in. T. Niedźwiedz (1969, 1981). Autor stwierdził, że w zimie najniższa średnia dobowa temperatura występuje przy układach wyżowych ze sływem mas powietrza z sektora wschodniego oraz przy niżach ze sływem północnym i północno-wschodnim. Dodatnia temperatura pojawia się przy sytuacjach niżowych ze sływem powietrza z południa oraz z sektora zachodniego.

Koniec XX w. jest okresem, w którym zaznaczył się wzrost temperatury powietrza. Dlatego też celem badań była próba potwierdzenia tendencji wzrostowej temperatury miesięcy półrocza chłodnego w Krakowie w latach 1995-2001. W dalszej kolejności poddano analizie wpływ częstotliwości różnych sytuacji synoptycznych na temperaturę powietrza.

## **Materiały źródłowe i metody pracy**

Podstawę opracowania stanowiły dane ze Stacji Naukowej Zakładu Klimatologii Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Stacja jest położona na terenie Ogrodu Botanicznego UJ, w pobliżu centrum miasta (50°04'N, 19°58'E, 206 m n.p.m.). W bezpośrednim otoczeniu stacji znajdują się rośliny ozdobne, krzewy oraz pojedynczo rosnące drzewa. Według M. Drużkowskiego (1992), mimo położenia stacji w terenie zadrzewionym blisko centrum miasta, może ona spełniać warunki stacji typu miejskiego. W pracy wykorzystano wartości średniej dobowej temperatury powietrza z miesięcy półrocza chłodnego z lat 1995/96-2000/01. W celu poznania wpływu sytuacji barycznej na temperaturę wykorzystano kalendarz typów sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły T. Niedźwiedzia (2001).

Przeprowadzono analizę średnich wartości miesięcznych temperatury oraz obliczono liczbę dni ze średnią dobową temperaturą w określonych przedziałach wartości w latach 1995/96-2000/01. W dalszej części pracy przeanalizowano wpływ poszczególnych typów układów barycznych na zróżnicowanie temperatury powietrza.

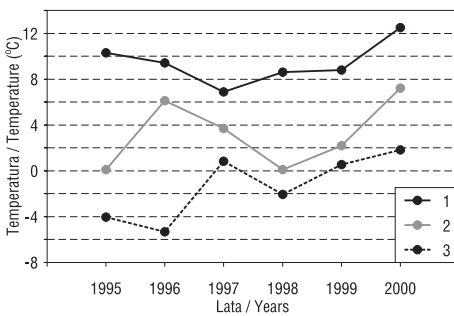
## **Średnia temperatura powietrza w półroczu chłodnym**

W latach 1995-2001 w półroczu chłodnym średnia temperatura powietrza wyniosła 3,7°C. W poszczególnych półroczach wahała się od 1,2°C (1995/96) do 6,2°C (2000/01)

(ryc. 1). Różnica między najwyższą i najniższą średnią temperaturą wyniosła zatem 5,0°C. W najchłodniejszym półroczu chłodnym 1995/96 (1,2°C) znaczny wpływ na temperaturę miały miesiące zimowe (grudzień-luty). Wówczas to w grudniu 1995 r., średnia temperatura wyniosła -4,0°C (ryc. 2), natomiast w styczniu i lutym 1996 r. odpowiednio -5,6° i -4,7°C (ryc. 3). Nietypowe okazało się półrocze chłodne 1998/99, kiedy to listopad był chłodniejszy od stycznia. Średnia miesięczna temperatura w tym miesiącu wyniosła 0,1°C, natomiast w styczniu 0,3°C.

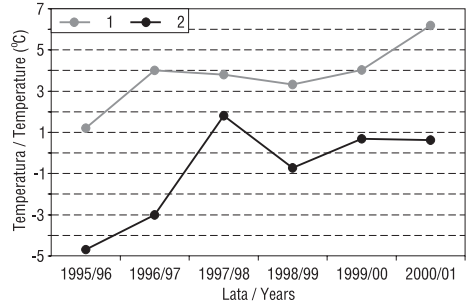
W analizowanych latach średnia temperatura powietrza zim (grudzień-luty) wyniosła -0,9°C. W poszczególnych zimach wahała się od -4,7°C w 1995/96 do 1,8°C w 1997/98 (ryc. 1). Podczas mroźnej zimy 1995/96 najchłodniejszy okazał się styczeń, ze średnią temperaturą -5,6°C (ryc. 3), a podczas najcieplejszej zimy 1997/98 najwyższą średnią temperaturą (4,0°C) odznaczał się luty.

K. Piotrowicz (2002-2003) podkreślała dużą zmienność przebiegu średniej temperatury zim. W badanym przez nią okresie 1792/93-2001/02 średnia temperatura powietrza wyniosła -1,9°C, a wartość odchylenia standardowego 2,4°C. W latach 1995/96-2000/01, kiedy to średnia temperatura zim wyniosła -0,9°C, a wartość odchylenia standardowego była zbliżona do wartości z lat 1792/93-2001/02 i wyniosła 2,5°C.



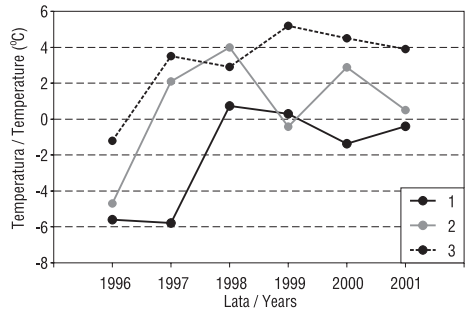
Ryc. 2. Średnia temperatura powietrza w październiku (1), listopadzie (2) i grudniu (3) w latach 1995-2000

Fig. 2. The average air temperature in October (1), November (2) and December (3) in 1995-2000



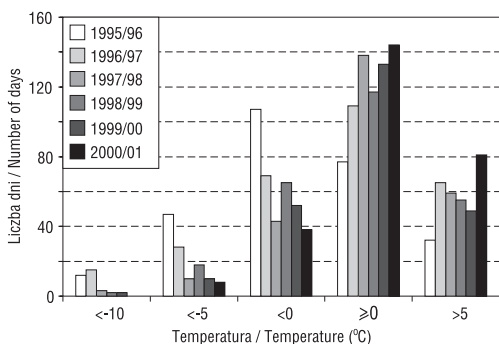
Ryc. 1. Średnia temperatura powietrza w poszczególnych półroczach zimowych (1) oraz zimach (2) w latach 1995/96-2000/01

Fig. 1. The average air temperature in the particular cool seasons (1) and the winters (2) in 1995-2001



Ryc. 3. Średnia temperatura powietrza w styczniu (1), lutym (2) i marcu (3) w latach 1996-2001

Fig. 3. The average air temperature in January (1), February (2) and March (3) in 1996-2001



Ryc. 4. Liczba dni z średnią dobową temperaturą powietrza w półroczu zimowym w latach 1995-2001

Fig. 4. The number of days with the average daily air temperature in the cool seasons in 1995/96-2000/01

W poszczególnych latach rozpatrywanego okresu najniższe wartości temperatury występowały w styczniu, a najwyższe w październiku. W pojedynczych półroczach najniższa średnia temperatura może wystąpić także w grudniu lub w lutym, np. w półroczu 1998/99 w grudniu 1998 r. temperatura powietrza wyniosła  $-2,0^{\circ}\text{C}$ , natomiast w styczniu 1999 r.  $0,3^{\circ}\text{C}$ .

W dalszej części analizy policzono dni ze średnią dobową temperaturą powietrza w przedziałach wartości: poniżej  $-10^{\circ}$ ,  $-5,0^{\circ}$  i  $0^{\circ}\text{C}$  oraz powyżej  $0^{\circ}\text{C}$  i  $5,0^{\circ}\text{C}$  (ryc. 4). W najcieplejszym półroczu chłodnym 2000/01 pojawiły się 144 dni z średnią temperaturą równą lub wyższą od  $0^{\circ}\text{C}$ , w tym 81 dni z wyższą od  $5,0^{\circ}\text{C}$ . W najchłodniejszym półroczu chłodnym 1995/96 było aż 107 dni z temperaturą niższą od  $0^{\circ}\text{C}$ , w tym 47 dni z niższą od  $-5,0^{\circ}\text{C}$  (ryc. 4). Częstość dni z średnią dobową temperaturą powietrza niższą od  $0^{\circ}\text{C}$  zmieniała się od 58,8% (107 dni) w półroczu 1995/96 do 20,8% (38 dni) w półroczu 2000/01. Zakres wahań liczby dni z temperaturą niższą od  $-5,0^{\circ}\text{C}$  jest dość duży i mieści się w przedziale od 47 w półroczu chłodnym 1995/96 do 8 w 2000/01. W półroczu 2000/01 dni z średnią temperaturą niższą od  $-10,0^{\circ}\text{C}$  nie wystąpiły.

## Częstość oraz wpływ poszczególnych sytuacji synoptycznych na temperaturę powietrza

W okresie 1995-2001 w półroczu chłodnym nad Krakowem sytuacje antycyklonalne występowały średnio z większą częstością (61,0%) niż cyklonalne (37,7%). Jedynym miesiącem, w którym udział układów niżowych przeważał nad wyżowymi, był listopad; sytuacje niżowe stanowiły 52,0% wszystkich dni (tab. 1). Spośród rozpatrywanych miesięcy półroczu chłodnego największa częstość sytuacji wyżowych zaznaczyła się w styczniu (74,6%), lutym (65,0%) i marcu (63,6%).

W przebiegu poszczególnych typów sytuacji synoptycznych znaczną przewagę uzyskiwały układy wyżowe ze splotem powietrza z zachodu i północo-zachodu (W+NWa, 20,4%), wschodu i południo-wschodu (E+SEa, 12,4%) oraz centrum wyżu i klin wyżowy (Ca+Ka, 13,4%). Wśród układów niżowych przeważały sytuacje ze splotem zachodnim i północo-zachodnim (W+NWc, 13,3%) oraz południowym i południowo-zachodnim (S+SWc, 10,2%).

Średni udział sytuacji wyżowych typu W+NWa wahał się od 11,3% w listopadzie do 34,3% w lutym. Układy te osiągnęły dużą częstość głównie w miesiącach zimowych

Tab. 1. Średnia częstość typów sytuacji synoptycznych w półroczu chłodnym nad Polską Południową w okresie 1995-2001 (w % liczby dni)

Table 1. The mean frequency of the particular types of the synoptic situations over the cool season in South Poland during 1995-2001 (in % of the number of days)

Sytuacje synoptyczne Synoptic situations	X	XI	XII	I	II	III	X-III
N+NEa	5,4	2,0	2,6	3,2	7,1	10,6	5,2
E+SEa	7,8	10,6	10,8	17,7	5,9	21,5	12,4
S+SWa	10,8	8,4	15,1	12,1	7,5	3,9	9,6
W+NWa	21,7	11,3	16,6	23,3	34,3	15,5	20,4
Ca+Ka	13,4	13,3	13,2	18,3	10,2	12,1	13,4
N+NEc	1,9	4,0	3,5	3,2	2,1	4,2	3,2
E+SEc	3,3	1,3	6,5	3,2	0,5	1,3	2,7
S+SWc	12,3	22,5	8,4	5,6	5,1	7,1	10,2
W+NWc	16,1	8,3	17,5	9,5	18,4	10,0	13,3
Cc+Bc	5,3	15,9	4,8	3,9	7,2	13,2	8,3
x	2,0	2,4	1,0	-	1,7	0,6	1,3
Antycyklonalne Anticyclonic	59,1	45,6	58,3	74,6	65,0	63,6	61,0
Cyklonalne Cyclonic	38,9	52,0	40,7	25,4	33,3	35,8	37,7

i przez całe półrocze chłodne przeważały nad układami niżowymi W+NWc (tab. 1). Układy wyżowe E+SEa zdecydowanie dominowały nad niżowymi E+SEc, bowiem w marcu sytuacja wyżowa E+SEa pojawiła się przez 21,5% wszystkich dni, podczas gdy niżowa E+SEc tylko przez 1,3%. Sytuacja z centrum wyżu i klinem wysokiego ciśnienia (Ca+Ka) często występowała w styczniu (18,3%). W pozostałych miesiącach jej udział wahał się od 10,2% w lutym do 13,4% dni w październiku.

W Krakowie w półroczu chłodnym 1995-2001 średnia dobowa temperatura powietrza wykazała bardzo duże zróżnicowanie w zależności od sytuacji barycznej. Największe kontrasty termiczne, czyli różnice między najwyższą i najniższą średnią dobową temperaturą w poszczególnych typach sytuacji synoptycznych, wystąpiły podczas miesięcy zimowych, dochodząc do 13,3°C w lutym i 13,2°C w grudniu, najmniejsze natomiast były w październiku 7,7°C i listopadzie 7,0°C.

W miesiącach zimowych niska średnia temperatura dobowa pojawiła się przy układach wyżowych ze splotem wschodnim i południowo-wschodnim E+SEa (luty -9,7°C), północnym i północo-wschodnim N+NEa (grudzień -5,1°C) oraz przy centrum wyżu Ca+Ka (grudzień -5,0°C). Do znacznego spadku temperatury przyczyniły się również sytuacje niżowe ze splotem wschodnim i południowo-wschodnim E+SEc (tab. 2), podczas których w styczniu temperatura wyniosła -5,2°C. Dodatnia temperatura w ziemie pojawiła się przy układach niżowych ze splotem z zachodu i północo-zachodu W+NWc: w lutym 3,6°C, a w styczniu 2,7°C. Na podwyższenie temperatury powietrza wpłynęły także układy z centrum niżu Cc+Bc (grudzień 4,0°C).

Tab. 2. Średnia dobowa temperatura powietrza (°C) w półroczu chłodnym w Krakowie przy różnych sytuacjach synoptycznych w okresie 1995-2001.

Table. 2. The average daily air temperature in (°C) in cool season in Cracow during the various synoptic situations in 1995-2001

Sytuacje synoptyczne Synoptic situations	X	XI	XII	I	II	III
N+NEa	4,5	-0,3	-5,1	-3,0	-1,0	-1,0
E+SEa	7,8	1,5	-9,2	-7,4	-9,7	1,1
S+SWa	10,3	4,7	-3,5	-2,8	1,1	5,2
W+NWa	8,0	2,9	0,8	0,3	1,5	2,6
Ca+Ka	5,7	1,6	-5,0	-4,5	-0,5	1,4
N+NEc	9,4	0,8	0,6	-1,3	-1,0	0,2
E+SEc	9,3	-0,8	-0,8	-5,2	-2,0	8,3
S+SWc	9,6	7,1	-1,4	1,6	1,4	3,5
W+NWc	10,4	6,2	2,9	2,7	3,6	6,2
Cc+Bc	12,2	4,5	4,0	2,5	0,4	5,0
X	8,0	5,7	3,9	-	0,8	1,9

W październiku, listopadzie i marcu wysoka średnia temperatura dobowa, odpowiednio 10,3°, 4,7° i 5,2°C, pojawiła się podczas układów wyżowych ze sływem południowym i południowo-zachodnim (S+SWa). Wyżowe sytuacje synoptyczne ze sływem powietrza z północy i północo-wschodu (N+NEa) za każdym razem powodowały obniżenie średniej temperatury do -1,0°C w marcu i -0,3°C w listopadzie.

## Wnioski

Uzyskane wyniki potwierdzają wzrost średniej temperatury powietrza półrocza chłodnego z 1,2°C w półroczu 1995/96 do 6,2°C w 2000/01. Wyraźnemu ociepleniu sprzyjała cyrkulacja cyklonalna ze sływem mas powietrza z południa i południo-zachodu (S+SWc) oraz zachodu i północo-zachodu (W+NWc). Niebagatelne znaczenie miało napływające powietrze z sektora południowego. Powodowało ono pojawianie się wiatrów fenowych, które w znaczny sposób przyczyniły się do podniesienia temperatury powietrza w Krakowie. Luty zaznaczył się dużymi wahaniami temperatury z roku na rok; od -4,8°C w 1996 do 2,1°C w 1997 r. Coraz cieplejsze półrocza chłodne charakteryzowały się wzrostem liczby dni z średnią dobową temperaturą powietrza równą lub wyższą od 0°C od 77 w półroczu chłodnym 1995/96 do 144 w 2000/01.

Wykazano, że spośród 11 sytuacji synoptycznych pojawiających się w półroczu chłodnym najczęściej występowały typy W+NWa (20,4%), Ca+Ka (13,4%) oraz W+NWc (13,3%) i S+SWc (10,2%). W każdym przypadku na obniżenie temperatury powietrza miały wpływ sytuacje synoptyczne E+SEa (luty -9,7°C), N+NEa (grudzień -5,1°C) oraz Ca+Ka (grudzień -5,0°C).

## Literatura

- Družkowski M., 1992, *Wpływ ukształtowania terenu i miejskiej wyspy ciepła na stosunki termiczne Krakowa i okolic*, Folia Geogr., Ser. Geogr.-Phys., 23, 55-63.
- Hess M., 1967, *Klimat terytorium miasta Krakowa*, Folia Geogr., Ser. Geogr.-Phys., 1, 35-97.
- Hess M., 1969, *Klimat podregionu miasta Krakowa*, Folia Geogr., Ser. Geogr.-Phys., 3, 5-65.
- Hess M., 1974, *Klimat aglomeracji krakowskiej*, Zesz. Nauk. AGH, 361, Sozologia i Sozotechnika, 1, 79-93.
- Lewińska J., Zgud K., 1980, *Wyspa ciepła na tle zasobów urbanistycznych Krakowa*, Prz. Geofiz., 25, 33, 3-4, 283-294.
- Lewińska J. (red.), 1991, *Klimat miasta, Vademecum urbanisty*, Inst. Gosp. Przestrz. i Kom., Kraków.
- Niedźwiedz T., 1969, *Sytuacje baryczne w Polsce południowej i ich wpływ na niektóre elementy klimatu*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 25, 63-98.
- Niedźwiedz T., 1981, *Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły*, Rozpr. Habilitacyjne UJ, 58, Kraków.
- Niedźwiedz T., 2001, *Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły*, Plik komputerowy dostępny w Katedrze Klimatologii, Wydz. Nauk o Ziemi UŚ, Sosnowiec.
- Piotrowicz K., 1994, *Zimy lat osiemdziesiątych XX stulecia w Krakowie*, Probl. Zagosp. Ziem Górskich, 37, 39-47.
- Piotrowicz K., 2000, *Zróżnicowanie termicznych pór roku w Krakowie*, Prace Geogr., 105, Inst. Geogr. UJ, 111-124.
- Piotrowicz K., 2001, *Zmienność termiki zim w południowej Polsce i ich wpływ na środowisko przyrodnicze*. [w:] *Przemiany środowiska przyrodniczego Polski a jego funkcjonowanie*, K. German, J. Balon (red.), Probl. Ekologii Krajobrazu, 10, 584-589.
- Piotrowicz K., 2002-2003, *Warunki termiczne zim w Krakowie w latach 1792-2002*, Folia Geogr., Ser. Geogr.-Phys., 33-34, 67-88.
- Trepińska J., 1988, *Wieloletni przebieg ciśnienia i temperatury powietrza w Krakowie na tle ich zmienności w Europie*, Rozpr. Habilitacyjne UJ, 140, Kraków.
- Trepińska J., 1998, *Tendencje i zmienność temperatury powietrza w Krakowie w latach 1792-1996*, Acta Univ. Lodz., Folia Geogr. Phys., 3, 205-212.

## Summary

The main aim of this research was to characterise the thermal conditions of the cool season, i.e. from October to March, in Cracow in last five years of the 20<sup>th</sup> century. Therefore, the average daily air temperatures were taken into consideration and the influence of atmospheric circulation was analysed for the thermal conditions of the cool season. Data from the Scientific Station of Institute of Geography and Spatial Management Jagiellonian University in Cracow were used as the basis for the investigation. Specifically, data from 1995/96-2000/01 related to average daily temperatures during cool season months were used. Furthermore, due to the recognition of the impact of air temperature on forecasting, T. Niedźwiedz (2001) calendar of 11 types of atmospheric situations was applied.



In the 1995-2001, the average cool season temperature was 3.7°C. The cool season temperature oscillated in 1995/96 and 2000/01 from 1.2°C to 6.2, respectively (Fig. 1). The warming was the effect of cyclonal circulation with the air mass flow from the south and south-west (S+SWc) as well as from the west and north-west (W+NWc). In the coldest cool season in 1995/96 (1.2°C), the winter months had a significant impact on temperature. At that time, in December of 1995, the average air temperature was -4.0°C (Fig. 2), while in January and February 1996, -5.6°C and -4.7°C, respectively (Fig. 3). The warmer cool season was characterised by an increasing number of days with an average temperature above 0°C. This value has oscillated from 77 in 1995/96 to 144 in 2000/01 (Fig. 4).

In 1995-2001 over the cool season, the anticyclonic circulations that occurred in Cracow were of higher than average frequency (61.0%) compared to cyclonic situations (37.7%). It was concluded that from among 11 atmospheric circulations that appeared in the cool season, the W+NWa (20.4%), Ca+Ka (13.4%) as well as W+NWc (13.3%) and S+SWc (10.2%) types had the highest frequency. The average share of anticyclonic situations (W+NWa) ranged from 11.3% in November to 34.3% in February. Subsequently, these situations attained a high frequency mainly during the winter seasons and in addition outnumbered cyclonic situations (W+NWc type) during entire cool periods (Table 1).

In winter months, the low average daily air temperature appeared during the anticyclonic situations with the flow from the east and south-east (E+SEa; February -9.7°C) and from the north and north-east (N+NEa; December -5.1°C) as well as in the anticyclonic centre and anticyclonic wedge (Ca+Ka; December -5.0°C). The significant decrease in temperature was due to cyclonic situations with the flow from the east and south-east (E+SEc), during which in January the temperature was -5.2°C (Table 2).