

## Wpływ typów cyrkulacji na stężenie pyłu zawieszonoego (PM10) w zimie na Wyżynie Śląskiej

Wyżyna Śląska jest najlepszym w Polsce przykładem obszaru poddanego całkowitej antropopresji. Rabunkowa gospodarka lat siedemdziesiątych szczególnie mocno znalazła swoje odbicie w poziomie emisji zanieczyszczeń, kiedy następował dynamiczny rozwój przemysłu i urbanizacji. Obecnie, kiedy mamy do czynienia ze znacznie ograniczoną emisją, jest niezmiernie ważne zbadanie wpływu cyrkulacji atmosferycznej na stan sanitarny powietrza. Realizowane zagadnienie jest przykładem tzw. meteorologii i klimatologii synoptycznej, w której dokonuje się oceny relacji pomiędzy elementami środowiska a warunkami cyrkulacyjnymi.

Cyrkulacja atmosfery jest jednym z głównych czynników kształtujących klimat. Odgrywa ona istotną rolę w modyfikacji warunków klimatycznych w obszarach zurbanizowanych i przemysłowych. Oprócz jej klimatotwórczego znaczenia, na obszarze Górnego Śląska wpływa także na koncentrację lub dyspersję zanieczyszczeń. Zależnie od występowania określonych układów barycznych i mas powietrza, nasila się bądź słabnie oddziaływanie czynnika antropogenicznego, a tym samym natężenie miejskiej wyspy ciepła czy też poziom zanieczyszczenia atmosfery [6].

Ocena wpływu cyrkulacji atmosferycznej na zanieczyszczenie powietrza została przeprowadzona na podstawie średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonoego (PM10) (1983–2002) oraz typów cyrkulacji określonych dla poszczególnych dni.

W celu wnikliwej, wszechstronnej analizy synoptycznej uwzględniono 3 kalendarze typów cyrkulacji. Jako podstawowy wzięto pod uwagę dobrze już znany kalendarz typów cyrkulacji T. Niedźwiedzia [5] opracowany dla dorzecza Górnej Wisły, (a więc obejmujący również teren badań), w którym wyróżnia się 21 typów cyrkulacji. Typy te zostały wyróżnione na podstawie dominującego kierunku adwekcji powietrza oraz rodzaju układu barycznego. Kalendarz ten obejmuje: 16 typów adwekcyjnych, 4 bez wyraźnego napływu powietrza oraz 1 typ nieokreślony. Jednocześnie w pracy uwzględniono też obiektywny podział typów cyrkulacji Z. Ustrnula opracowany dla poszczególnych punktów gridowych [10]. Dla potrzeb niniejszej pracy wykorzystano dane dla punktu węzłowego 20° długości geograficznej wschodniej oraz 50° szerokości geograficznej północnej, który to punkt dobrze opisuje mezoskalowe warunki cyrkulacyjne Wyżyny Śląskiej. Wymieniony kalendarz odznacza się dużą prostotą i obejmuje 18 typów cyrkulacji: 16 adwekcyjnych (po 8 cyklonalnych i antycyklonalnych zgodnie z 8 kierunkową różą wiatrów) oraz 2 typy bezadwekcyjne (1 cyklonalny i 1 antycyklonalny). Oba wspomniane kalendarze typów cyrkulacji są oparte na dolnych

mapach synoptycznych i charakteryzują mezoskalową, tzw. dolną cyrkulację atmosferyczną.

Ze względu na mezoskalowy charakter oraz uwzględnienie tylko dolnej cyrkulacji atmosferycznej przez wymienione kalendarze postanowiono dodatkowo jeszcze uwzględnić kalendarz typów cyrkulacji, który uwzględnia też adwekcję mas powietrza w średniej troposferze. Dlatego wzięto pod uwagę znany w środkowej Europie kalendarz typów cyrkulacji Hessa i Brezowsky'ego „Grosswetterlagen” [3, 2] za analogiczny okres 1983–2002. Warto dodać, że kalendarz ten jest na bieżąco udostępniany przez Niemiecką Służbę Meteorologiczną (Deutscher Wetterdienst) i został już kilkakrotnie wykorzystany w badaniach opartych na polskich danych. Potwierdzono przy tym jego dużą przydatność, która w zasadniczy sposób nie odbiega od użyteczności lokalnych, polskich kalendarzy typów cyrkulacji [9, 11, 12]. Podział Grosswetterlagen warto ponadto stosować ze względu na jego makrocyrkulacyjny wymiar i możliwość odniesienia wyników do większego obszaru, wykraczającego niekiedy nawet poza obszar środkowej Europy [1, 4].

Przedstawione poniżej wyniki badań zostały oparte na wszystkich dostępnych danych dobowych dotyczących emisji pochodzących z dobowych pomiarów Wojewódzkiej Stacji Sanitarnej–Epidemiologicznej w Katowicach. Ze względu jednak na rozmiary objętościowe opracowania i jego cel dokonano oceny wpływu poszczególnych typów cyrkulacji na dwa zasadnicze ciągi danych reprezentujących poszczególne rodzaje zanieczyszczeń powietrza. Pierwszym z nich jest ciąg pomiarowy pochodzący ze stacji Katowice – ul. Raciborska. Punkt ten jest zdecydowanie najlepszą stacją monitoringu środowiska i posiada najbardziej pełny i jednorodny materiał obserwacyjny na całym rozpatrywanym obszarze. Drugi ciąg obserwacyjny został utworzony sztucznie jako średnia obszarowa pochodząca z wybranych, najlepiej działających, stacji. Przy wyborze tych stacji do konstrukcji tej średniej wzięto pod uwagę reprezentatywność stacji pomiarowych oraz liczbę obserwacji. Wykaz stacji uwzględnionych przy konstrukcji średniej dobowej obszarowej dla zanieczyszczeń zawarto w tabeli 1.

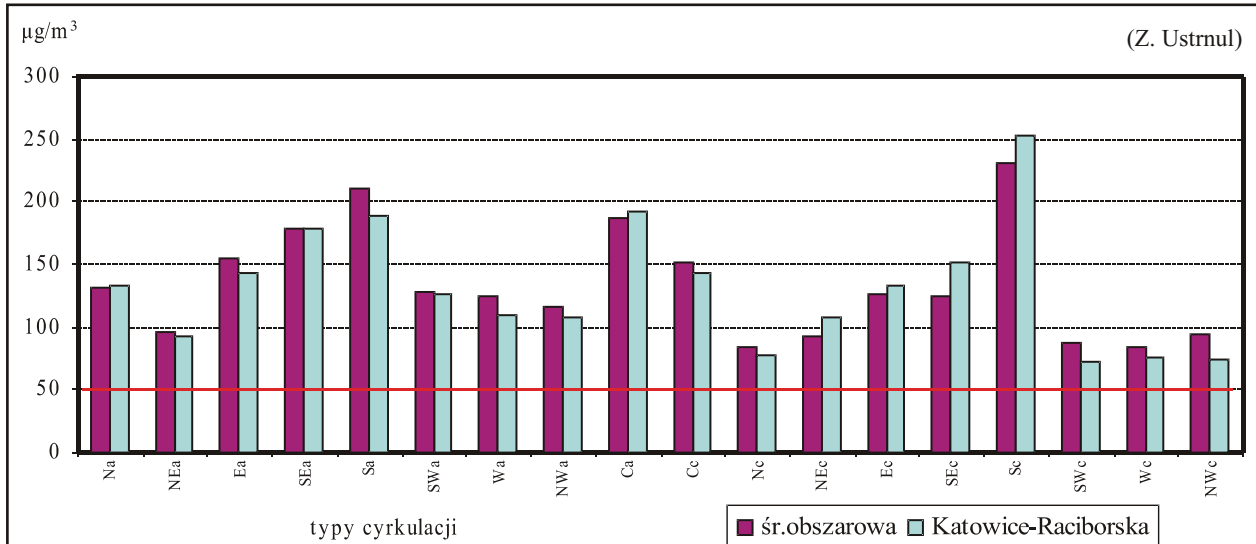
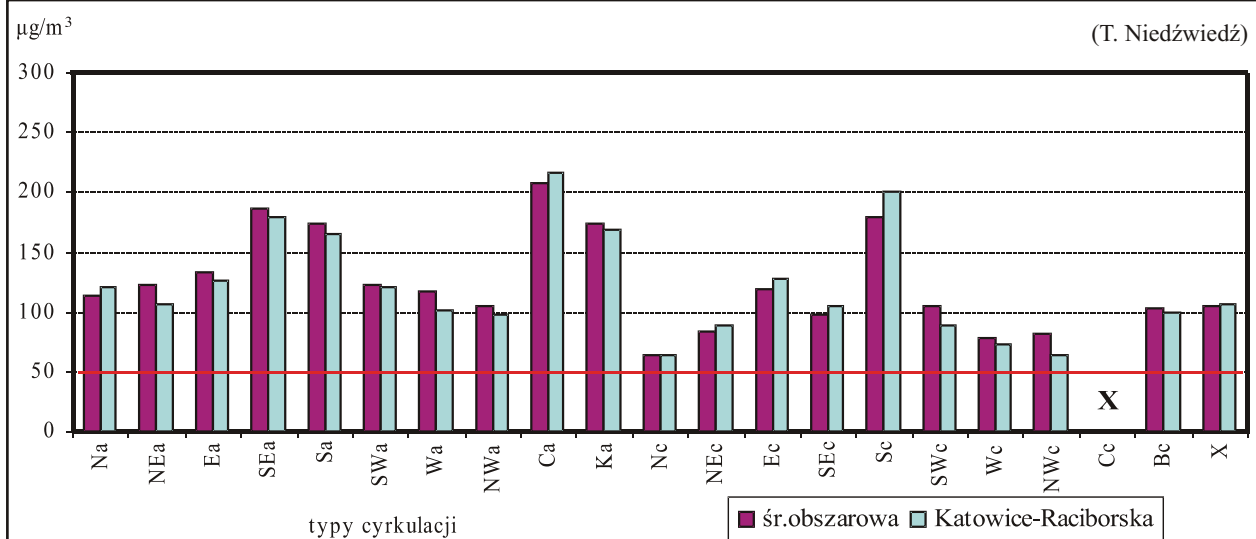
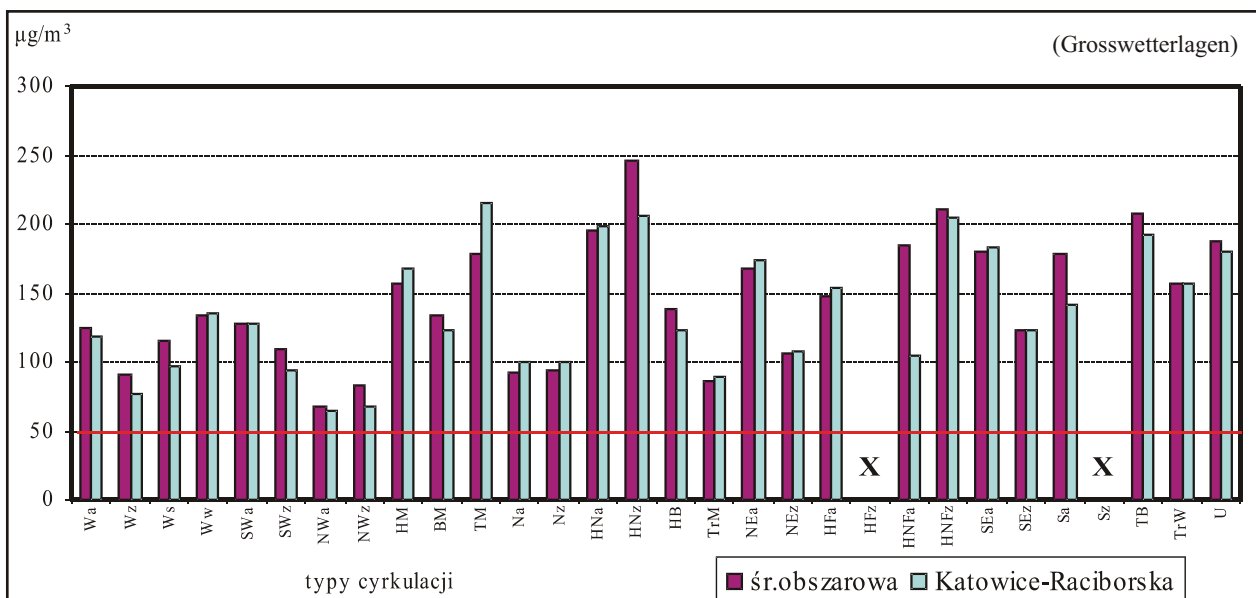
Tab. 1. Wykaz stacji uwzględnionych przy konstrukcji średniej dobowej obszarowej

L.p.	Stacja pomiarowa
1	Katowice – WSSE
2	Bytom – Śródmieście
3	Chorzów – Stary
4	Dąbrowa Górnicza – Błędów
5	Miasteczko Śląskie – Żyglinek
6	Mysłowice – Śródmieście
7	Ruda Śląska
8	Zabrze – Śródmieście

Dr J. Radomski – Uniwersytet Technologiczno–Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wdział Hodowli i Biologii Zwierząt, Zakład Agroturystyki i Kształtowania Krajobrazu; Wyższa Szkoła Informatyki i Przedsiębiorczości w Bydgoszczy, Wydział Zarządzania i Inżynierii Produkcji

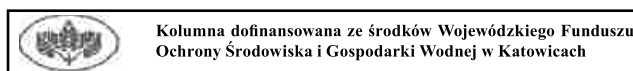


Kolumna dofinansowana ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach



Rys. 1 Średnie dobowe stężenia PM<sub>10</sub> w zimie w poszczególnych typach cyrkulacji na Wyżynie Śląskiej (1983-2002), ( — D24 dopuszczalna wartość dobową 50 µg.m<sup>-3</sup>)

Sygnaturą X oznaczono sytuacje, które w rozpatrywanym wieloleciu zdarzały się sporadycznie i ich liczebność nie osiągnęła nawet 5 przypadków



## Rozkład stężenia PM10

Zima jest tą porą roku kiedy stężenia większości mierzonych polutantów są z reguły najwyższe. Jest to związane z jednej strony z największą emisją zanieczyszczeń w ciągu roku wynikającą głównie z tzw. emisji komunalnej (niska emisja), z drugiej natomiast z częstym występowaniem niesprzyjających dyspersji warunkom meteorologicznym [7, 8]. Tak więc najwyższe średnie dobowe wartości PM10 sięgające około  $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  występują przy typie Ca i Sc (rys. 1). Niewiele niższe mają miejsce przy podobnych sytuacjach z napływem powietrza z SE i S (typy SEa, Sa, Sc) oraz klinie wyżowym (Ka). Przy wszystkich tych typach stężenie PM10 przekracza  $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Zimą, czego należało się spodziewać, najniższe wartości PM10 mają miejsce przy typach cyklonalnych wyłączwszy wspomniany już typ Sc a także typ Ec, kiedy stężenia przekraczają  $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Przy pozostałych typach wielkości te są niższe, przy czym zdecydowanie najniższe sięgające średnio  $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  mają miejsce przy typie Nc. Niewiele tylko wyższe występują przy typie cyklonalnym Wc, NWc oraz centrum niżu (Cc). Oznacza to, że wszystkie wymienione typy cyrkulacji powodują największą dyspersję zanieczyszczeń na obszarze Wyżyny Śląskiej. Potwierdzeniem wyżej opisanych zależności jest też klasyfikacja Z. Ustrnula. Według tego podziału najniższe wielkości PM10 występują przy typach cyklonalnych: Nc oraz z napływem powietrza z sektora zachodniego (SWc, Wc i NWc). Biorąc pod uwagę tę klasyfikację można zauważyć zdecydowanie najwyższe stężenia (przekraczające  $230 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) przy typie cyklonalnym z napływem powietrza z południa (Sc). Wysokie wartości można też zaobserwować przy sytuacjach antycyklonalnych Sa i SEa oraz Ca. O ile przy tym ostatnim typie można się było spodziewać wysokich stężeń, to przy pozostałych wspomnianych typach, zwłaszcza typie Sc, uzyskane wartości mogą trochę zaskakiwać. Warto tu zwrócić uwagę, że bardzo podobne zależności wykazuje też ujęcie według T. Niedźwiedzia. Dlatego też opisane sytuacje synoptyczne z napływem powietrza z sektora południowego rozpatrzono szczegółowiej analizując mapy synoptyczne z tych dni, jak też przebieg pogody na stacji synoptycznej w Katowicach. Analiza potwierdziła przypuszczenia, że bardzo często przy napływie powietrza z południa, zarówno o charakterze antycyklonalnym jak i cyklonalnym, dochodzi w wielu miejscach Wyżyny Śląskiej, w tym na obszarze GOP, do wytworzenia stałej stratyfikacji powietrza, a w ślad za tym do wystąpienia inwersji termicznych. Niekiedy inwersje te są intensywne i utrzymują się przez dłużej niż 1 dobę. Dochodzi w takich sytuacjach do bardzo wysokich stężeń zanieczyszczeń, które powodują występowanie tak dużych średnich wartości. Warto w tym miejscu jeszcze wspomnieć, że pogoda inwersyjna w opisanych sytuacjach synoptycznych zdarza się najczęściej na początku okresu występowania tych typów. Z reguły po 1–2 dniach utrzymywania się takiej sytuacji dochodzi do zaniknięcia („przerwania”) inwersji, po czym następuje spływ powietrza z sektora południowego z często towarzyszącym temu efektem fenowym. Podobna zresztą sytuacja ma także miejsce w Krakowie, choć tam wpływ ma jeszcze rzeźba terenu w postaci wklęsłej formy, jaką tworzy dolina Wisły. Jednak jak widać na przykładzie Wyżyny Śląskiej, zwłaszcza jej środkowej części, rzeźba terenu ma drugorzędne znaczenie. Rozpatrywany przykład dobitnie potwierdza większą tutaj rolę samej cyrkulacji atmosferycznej. Zresztą w atmosferze inwersje temperatury powodujące wytworzenie tzw. hamujących warstw mogą się zdarzyć nie tylko w jej najniższej, przypowierzchnio-

wej części, ale również w wyższej, praktycznie na dowolnym poziomie. Najlepszym tego wizualnym dowodem jest choćby występowanie falowych ruchów powietrza w środkowej czy nawet wysokiej troposferze.

Opisane powyżej związki wielkości stężenia PM10 z typem cyrkulacji potwierdza również podział Grosswetterlagen (rys. 1). Na rozpatrywanym rysunku widać wyraźnie wyższe wielkości stężeń po prawej stronie wykresu, gdzie grupują się sytuacje antycyklonalne oraz te, które powodują napływ powietrza z sektora południowego. Oczywiście rozpatrując klasyfikację Grosswetterlagen trudno o tak łatwą i przejrzystą interpretację omawianych zależności jak w razie pozostałych uwzględnianych kalendarzy. Jak już bowiem wcześniej stwierdzono, podział ten opiera się na położeniu określonych układów barycznych, na których podstawie można dopiero wyznaczyć kierunki adwekcji nad analizowany obszar.

Na koniec analizy synoptycznej PM10 w okresie zimowym należy zauważyć, że wielkości stężeń tzw. średniej obszarowej jak i pochodzących ze stacji Katowice–Raciborska są bardzo podobne. Pozwoliło to na ich łączne rozpatrywanie w poszczególnych typach cyrkulacji. Oznacza to również, że na Wyżynie Śląskiej, w tym w GOP, zimą na całym obszarze istnieje stosunkowo niewielkie zróżnicowanie warunków aerosanitarnych pomimo istnienia wielu różnych źródeł emisji. Świadczy to również, że

Tab. 2. Wykaz typów cyrkulacji T. Niedźwiedzia [5]

Nr	Symbol	Opis typu	Nr	Symbol	Opis typu
		WYŻOWA (antycyklonalna)			NIŻOWA (cyklonalna)
1.	Na	północna, antycyklonalna	11.	Nc	północna, cyklonalna
2.	NEa	północno-wschodnia, antycyklonalna	12.	NEc	północno-wschodnia, cyklonalna
3.	Ea	wschodnia, antycyklonalna	13.	Ec	wschodnia, cyklonalna
4.	SEa	południowo-wschodnia, antycyklonalna	14.	SEc	południowo-wschodnia, cyklonalna
5.	Sa	południowa, antycyklonalna	15.	Sc	południowa, cyklonalna
6.	SWa	południowo-zachodnia, antycyklonalna	16.	SWc	południowo-zachodnia, cyklonalna
7.	Wa	zachodnia, antycyklonalna	17.	Wc	zachodnia, cyklonalna
8.	NWa	północno-zachodnia, antycyklonalna	18.	NWc	północno-zachodnia, cyklonalna
9.	Ca	centrum wyżu	19.	Cc	centrum niżu
10.	Ka	klin wyżowy	20.	Bc	bruzda cyklonalna
21. X – sytuacja nieokreślona					

Tab. 3. Wykaz typów cyrkulacji Z. Ustrnula [10]

Nr	Symbol	Opis typu	Nr	Symbol	Opis typu
		WYŻOWA (antycyklonalna)			NIŻOWA (cyklonalna)
1.	Na	północna, antycyklonalna	11.	Nc	północna, cyklonalna
2.	NEa	północno-wschodnia, antycyklonalna	12.	NEc	północno-wschodnia, cyklonalna
3.	Ea	wschodnia, antycyklonalna	13.	Ec	wschodnia, cyklonalna
4.	SEa	południowo-wschodnia, antycyklonalna	14.	SEc	południowo-wschodnia, cyklonalna
5.	Sa	południowa, antycyklonalna	15.	Sc	południowa, cyklonalna
6.	SWa	południowo-zachodnia, antycyklonalna	16.	SWc	południowo-zachodnia, cyklonalna
7.	Wa	zachodnia, antycyklonalna	17.	Wc	zachodnia, cyklonalna
8.	NWa	północno-zachodnia, antycyklonalna	18.	NWc	północno-zachodnia, cyklonalna
9.	Ca	bezaadwekcyjny, antycyklonalny	19.	Cc	bezaadwekcyjny, cyklonalny



Kolumna dofinansowana ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach

wielkość emisji na terenie Wyżyny Śląskiej jest bardzo wysoka i wpływa na wartości średniej obszarowej. Ta ostatnia jest z kolei bardzo zbliżona i porównywalna do wielkości mierzonych na stacji Katowice–Raciborska, znajdującej się w centralnie położonym punkcie rozpatrywanego obszaru.

Powyżej przedstawiono wpływ cyrkulacji atmosferycznej na wielkość PM10 w zimie. Zagadnieniu temu poświęcono szczególną uwagę, gdyż to właśnie w tym okresie występują najwyższe w ciągu całego roku wartości stężeń PM10, znacznie przekraczając dopuszczalne progi. Zupełnie inna sytuacja ma miejsce w pozostałych porach roku.

Tab. 4. Wykaz typów cyrkulacji „Grosswetterlagen” [3]

Nr	Symbol	Opis typu
1.	Wa	zachodnia, antycyklonalna
2.	Wz	zachodnia, cyklonalna
3.	Ws	zachodnia, przesunięta ku południowi
4.	Ww	zachodnia, brzeżna na skraju blokującego wyżu rosyjskiego
5.	SWa	południowo-zachodnia, antycyklonalna
6.	SWz	południowo-zachodnia, cyklonalna
7.	NWa	północno-zachodnia, antycyklonalna
8.	NWz	północno-zachodnia, cyklonalna
9.	HM	wyż nad Europą Środkową
10.	BM	klin (wał) wyżowy nad Europą Środkową
11.	TM	niż nad Europą Środkową
12.	Na	północna, antycyklonalna
13.	Nz	północna, cyklonalna
14.	HNa	wyż nad Morzem Północnym-Islandią, antycyklonalna
15.	HNz	wyż nad Morzem Północnym-Islandią, cyklonalna
16.	HB	wyż nad Wyspami Brytyjskimi
17.	TrM	bruzda nad Europą Środkową
18.	NEa	północno-wschodnia, antycyklonalna
19.	NEz	północno-wschodnia, cyklonalna
20.	HFa	wyż nad Fennoskandią, antycyklonalna
21.	HFz	wyż nad Fennoskandią, cyklonalna
22.	HNFa	wyż nad Morzem Północnym-Fennoskandią, antycyklonalna
23.	HNFz	wyż nad Morzem Północnym-Fennoskandią, cyklonalna
24.	SEa	południowo-wschodnia, antycyklonalna
25.	SEz	południowo-wschodnia, cyklonalna
26.	Sa	południowa, antycyklonalna
27.	Sz	południowa, cyklonalna
28.	TB	niż nad Wyspami Brytyjskimi
29.	TrW	bruzda nad Europą Zachodnią
30.	U	sytuacja nieokreślona lub przejściowa

#### LITERATURA

- [1] Buishand T.A., Brandsma T.: Comparison of circulation classification schemes for predicting temperature and precipitation in the Netherlands, *Int. J. Climatol.*, 17, s. 875–889, 1997
- [2] Gerstengarbe F. W., Werner P.C.: Katalog der Grosswetterlagen Europas nach Paul Hess und Helmuth Brezowski 1881–1992, *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* 113, 1993
- [3] Hess P., Brezowski H.: Katalog der Grosswetterlagen Europas, *Ber. Dt. Wetterdienst in US – Zone*, Nr 33, 1952
- [4] Keevallik S., Post P., Tuulik J.: European circulation patterns and meteorological situation in Estonia, *Theor. Appl. Climatol.*, 63, S. 117–127, 1999
- [5] Niedźwiedz T.: Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu Górnej Wisły, *Rozprawy habilitacyjne*, U J, Kraków 1981
- [6] Niedźwiedz T.: Rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu przepływu powietrza, przez Bramę Morawską. Materiały konferencyjne nt. "Zanieczyszczenia pyłowe Atmosfery", M. Leśniak (red.), Cieszyn 19–20 listopada 1999, *Polskie Towarzystwo Mineralogiczne, Prace Specjalne*, z. 15, Wydawnictwo Naukowe Akapit, s. 101–109, Kraków 1999
- [7] Niedźwiedz T., Ustrnul Z.: Wpływ sytuacji synoptycznych na występowanie nad Górnos Śląskim Okręgiem Przemysłowym typów pogody sprzyjającej koncentracji lub rozpraszaniu zanieczyszczeń powietrza, *Wiad. IMGW, t. XII (XXXIII)*, 1–2, S. 31–39, 1989

- [8] Niedźwiedz T., Olecki Z.: Wpływ sytuacji synoptycznych na zanieczyszczenia powietrza w Krakowie, [w:] B. Obrębska – Starkłowa (red.), *Przemiany środowiska geograficznego i ich skutki*, Zesz. Nauk. UJ, MCXLIV, Pr. Geogr., z. 96, S. 55–68, Kraków 1994
- [9] Piotrowicz K.: Wieloletnie zróżnicowanie liczby dni mroźnych i bardzo mroźnych w Krakowie i Pradze, *Acta Univ. Lodzianis, Folia Geogr. Physica*, 3, s. 221–229, 1998
- [10] Ustrnul Z.: Zmienność cyrkulacji atmosfery na półkuli północnej w XX wieku, *Materiały Badawcze, Ser. Meteorologia*, Nr. 27, IMGW, Warszawa 1997
- [11] Ustrnul Z.: Kalendarze typów cyrkulacji – próba oceny, *Annales UMCS, Sectio B, Lublin*, Vol. LV/LVI, 42, s. 347–356, 2000/2001
- [12] Ustrnul Z., Czekerda D.: Circulation background of the atmospheric precipitation in the Central Europe (based on the Polish example), *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 10, No. 2, s. 901–908, 2001

## Zaprosili nas

Zakład Katechetyki Pedagogiki Chrześcijańskiej i Katolickiej Nauki Społecznej oraz Wydziałowa Rada Samorządu Studenckiego Wydziału Teologii Uniwersytetu Śląskiego na sympozjum „Blżej czy dalej – Wyzwania współczesnej pedagogiki specjalnej” w Katowicach, w dniu 9 stycznia 2008 r.

\*\*\*

Centrum Studiów nad Człowiekiem i Środowiskiem Uniwersytetu Śląskiego na wykład nt. „Kenofity – nieproszeni goście w zbiorowiskach roślinnych Śląska” w ramach XVI cyklu wykładów „wybrane problemy ekologii ochrony środowiska”, w Katowicach, w dniu 10 stycznia 2008 r.

\*\*\*

Katedra Ekonomii Instytutu Ekonomii i Zarządzania Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz Instytut Wiedzy i Innowacji na konferencję nt. „Fundusze unijne i przedsiębiorstwa w rozwoju nauki i gospodarki” w Krakowie, w dniach 17–18 stycznia 2008 r.

\*\*\*

Instytut Filozofii Wydziału Nauk Społecznych Uniwersytetu Adama Mickiewicza na Interdyscyplinarną Konferencję Naukową „Filozofia a edukacja. Etyka a edukacja” w Poznaniu, w dniu 27 marca 2008 r.

\*\*\*

Koło Naukowe Studentów Międzywydziałowych Studiów Ochrony Środowiska Uniwersytetu Warszawskiego na Studencką Konferencję Kół Naukowych nt. „Człowiek z przyrodą czy przyroda z człowiekiem” w Warszawie, w dniach 17–18 maja 2008 r.

\*\*\*

Zakład Zarządzania Jakością Katedry Ekonomiki Przedsiębiorstwa Uniwersytetu Gdańskiego na konferencję "Jakość, bezpieczeństwo, ekologia w sektorze rolno-spożywczym – kierunki rozwoju" w Sopocie, w dniu 6 czerwca 2008 r.

\*\*\*

Wojskowe Centrum Normalizacji Jakości i Zarządzania MON na VIII Krajową Konferencję Naukowo-Techniczną „Problematyka normalizacji jakości NATO i UE” w Zakopanem-Kościelisku, w dniach 12–14 maja 2008 r.

\*\*\*

Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych na Międzynarodową Konferencję Naukową "Krajobraz zbudowany na węglu C.O.A.L.", w Katowicach w dniu 15 maja 2008 r.