

Prądnik. Prace Muz. Szafera	19	109–118	2009
-----------------------------	----	---------	------

MIECZYŚLAW LEŚNIOK

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Klimatologii
ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec

**ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA I OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH
NA OBSZARZE OJCOWSKIEGO PARKU NARODOWEGO**

Air and precipitation water pollution in the Ojców National Park

ABSTRACT. The paper discusses the results of studies of air and precipitation water pollution in the Ojców National Park carried out in the years 1989–2009. The findings of examinations of pH, electrolytic conductivity and concentrations of individual ions in connection with atmospheric circulation are presented.

KEY WORDS: precipitation, air pollution, rain acidity, atmospheric circulation, topoclimate, Ojców National Park

WSTĘP

Zanieczyszczenia atmosferyczne w postaci pyłów, gazów i aerozoli są jednym z czynników kształtujących warunki klimatyczne. Z atmosfery usuwane są one w wyniku suchej i mokrej depozycji. Usuwane wraz z opadami zanieczyszczenia w formie rozpuszczonej i nie rozpuszczonej dostają się do powierzchni ziemi szybko wchodzą w poszczególne fazy obiegu hydrogeochemicznego (Leśniok 2000). Ocena zakwaszenia i składu chemicznego wód opadowych stanowi cenne źródło informacji co do wielkości ładunków wprowadzanych z atmosfery do środowiska przyrodniczego. Wśród związków zakwaszających wody opadowe największe znaczenie mają dwutlenek siarki, tlenki azotu, dwutlenek węgla i ozon, natomiast ich alkalizacje powodują związki wapnia, wchodzące w skład emitowanych pyłów oraz amoniak. Poza procesami fizyko-chemicznymi zachodzącymi w atmosferze, o wielkości i jakości zanieczyszczeń deponowanych na danym obszarze decydują: wielkość ich emisji i imisji (w tym napływ z terenów otaczających) oraz warunki meteorologiczne. Jednym z obszarów poddawanych od wielu lat nieustannej presji wywołanej znaczną depozycją zanieczyszczeń był Ojcowski Park Narodowy (OPN). Jego położenie sprawia, że docierały na jego obszar zanieczyszczenia z przyległych obszarów miejsko-przemysłowych, a w szczególności Górnego Śląska i Aglomeracji Krakowskiej. Sprzyjał temu dominujący, zachodni i wschodni kierunek cyrkulacji atmosferycznej.

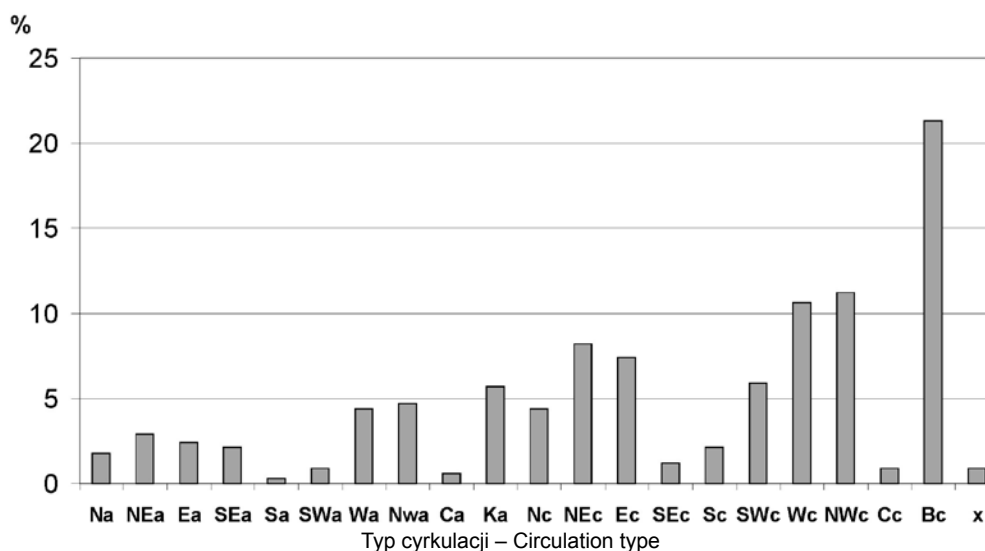
METODA BADAŃ

Badania nad zanieczyszczeniem wód opadowych na terenie OPN były prowadzone pod koniec lat 80. XX w. przez krakowskie i śląskie ośrodki naukowe (Miczyski, Zawora 1990; Zając i in. 1990; Turzański, 1991; Krawczyk, Leśniok 1991; Leśniok, Partyka 1993). Badania zanieczyszczenia opadów na stacji meteorologicznej w Parku Zamkowym (PZ), prowadzone przez Katedrę Klimatologii wraz z Laboratorium Analiz Wody Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Sosnowcu i przy współpracy z Dyrekcją OPN w Ojcowie, rozpoczęto w 1989 r. (ryc. 6). Wraz z realizacją w 2007 roku projektu badawczego pt. „Współczesne zmiany środowiska przyrodniczego w różnych warunkach topoklimatycznych Wyżyny Krakowskiej na przykładzie Ojcowskiego Parku Narodowego”, poza punktem poboru w PZ w Dolinie Prądnika, w celu badań porównawczych, uruchomiono punkt poboru opadów na wierzchołku w Lepiance Czajowskiej (ryc. 4). Przy pomocy polipropylenowych, biernych chemicznie kolektorów opadowych typu „British Standard” pobierano każdy opad z osobna (Leśniok 1996; Leśniok i in. 2002). Do czasu transportu do laboratorium analiz wody, próby opadów utrwalano i przechowywano w temperaturze 4°C. Zakres analiz obejmował odczyn pH, przewodnictwo elektryczne właściwe C_{25} , zawartość kationów i anionów oraz wybranych metali ciężkich. Ponadto, badania uzupełniały pomiary podstawowych elementów meteorologicznych (temperatura i wilgotność powietrza, wysokość opadu, kierunek i prędkość wiatru, promieniowanie) oraz analizę sytuacji synoptycznej towarzyszącej opadowi.

WARUNKI CYRKULACYJNE

W trakcie prowadzonych w latach 2007–2009 badań jakości wód opadowych poszczególne opady występowały w różnych typach cyrkulacji atmosferycznej. Spośród kilku klasyfikacji typów cyrkulacji do analizy wyników badań wykorzystano klasyfikację typów cyrkulacji T. Niedźwiedzia, opracowaną dla dorzecza Górnej Wisły (Niedźwiedź 1981). Poszczególne jej typy określane były na podstawie kierunku napływu mas powietrza i typu układu barycznego zalegającego nad danym obszarem: wyż (antycyklon) lub niż (cyklon). Zebrane do badań próby opadów w ponad 72% występowały w sytuacjach cyklonalnych i 27% antycyklonalnych. Wśród poszczególnych typów wyraźnie dominowała bruzda cyklonalna (Bc) w czasie występowania której, notowano ponad 21% opadów (ryc. 1). Dość wysoką frekwencję zanotowano również dla cyrkulacji północno-zachodniej cyklonalnej (NWc-11,2%) i zachodniej cyklonalnej (Wc-10,6%) oraz północno-wschodniej cyklonalnej (NEc-8,2%). Wśród typów antycyklonalnych najwyższą frekwencję opadów zanotowano w czasie występowania klina wyżowego (Ka-5,7%) oraz cyrkulacji północno-zachodniej (Nwa-4,7%) i zachodniej (Wa-4,4%).

Szczegółowy rozkład typów cyrkulacji dla opadów zebranych w poszczególnych punktach badawczych pokazuje tabela 1, potwierdzająca wyniki przedstawione na rysunku 1. Różnice wynikały z różnej ilości zebranych prób opadów (w Lepiance zebrano ich o ponad 20 więcej) oraz z tego, czy w trakcie opadu uzyskano odpowiednią ilość wody do analizy.



Ryc. 1. Częstość występowania na badanym obszarze poszczególnych typów cyrkulacji atmosferycznej wg klasyfikacji T. Niedźwiedzia (1981) towarzyszących opadom atmosferycznym w latach 2007–2009

Fig. 1. Frequency of occurrence of particular types of atmospheric circulation (according to the classification by T. Niedźwiedź 1981) accompanying the precipitation in the examined area in the years 2007–2009

Ponadto, ze względu na swe położenie, stacja w Lepiance Czajowskiej (LCz) usytuowana na wierzchołku i eksponowana na wiatry zachodnie, przyjmowała więcej opadów niż położona w głębokim kanionie krasowym i „cieniu opadowym” stacja PZ w Ojcowie.

ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA

Poza analizą zanieczyszczenia wód opadowych, na obszarze OPN prowadzone były badania zanieczyszczenia powietrza przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie. Ich zakres obejmował pomiary stężenia dwutlenku siarki (SO_2) oraz dwutlenku azotu (NO_2) w Ojcowie i LCz. Dwutlenek siarki emitowany jest do atmosfery głównie wskutek procesów spalania węgla i jego pochodnych, natomiast dwutlenek azotu w wyniku

Tabela 1. Procentowy udział poszczególnych typów cyrkulacji atmosferycznej wg T. Niedźwiedzia (1981) towarzyszącym opadom w Ojcowie Parku Zamkowym i Lepiance Czajowskiej w latach 2007–2009

Table 1. Percentage of particular types of atmospheric circulation (according to T. Niedźwiedź 1981) accompanying the precipitation in Park Zamkowy in Ojców and in Lepianka Czajowska in the years 2007–2009

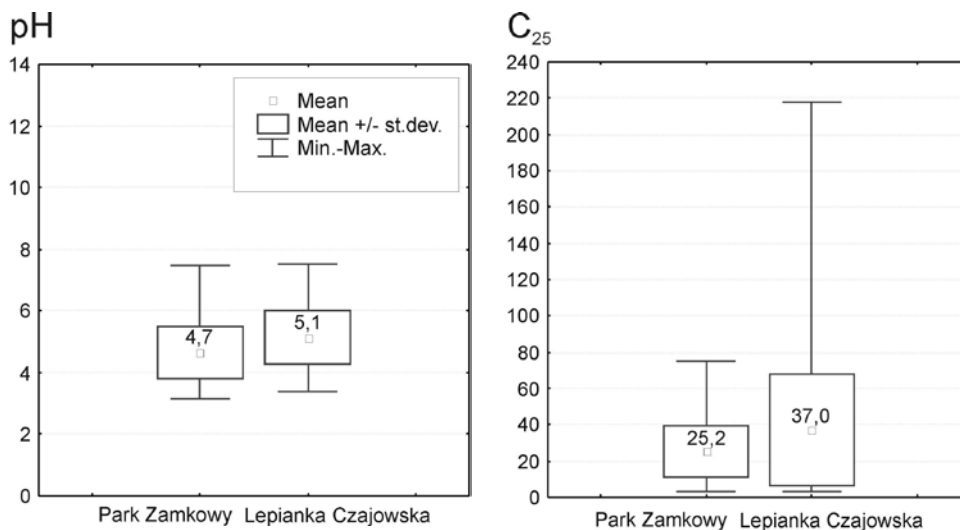
Punkt	Nc	NEc	Ec	SEc	Sc	SWc	Wc	NWc	Cc	Bc
Park Zamkowy	6,7	8,6	7,3	0,6	2,7	4,0	11,3	14,7	1,3	26,7
Lepianka Cajowska	2,6	7,9	7,4	1,6	1,6	7,4	10,1	9,5	0,7	18,0
Punkt	Na	NEa	Ea	SEa	Sa	SWa	Wa	NWa	Ca	Ka
Park Zamkowy	0,0	1,3	1,3	1,3	0,0	0,0	4,0	2,7	0,6	4,0
Lepianka Cajowska	3,2	4,2	3,2	1,1	0,5	1,6	4,8	6,3	0,5	6,9

razem typ x – total type x: 1,7%

emisji z silników pojazdów samochodowych. Na podstawie wyników z 5-lecia 2004–2009, uzyskanych z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie, stwierdzić można, że zanieczyszczenie tymi związkami na terenie OPN nie było wysokie, choć w przypadku SO_2 w Lepiance Czajowskiej nieznacznie przekraczało dopuszczalną normę ($11 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). W Ojcowie (PZ) średnie roczne stężenie SO_2 wynosiło $6,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ zaś NO_2 – $6,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, natomiast w Cz SO_2 wynosiło $12,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, a NO_2 $10,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Stężenia dwutlenku siarki wskutek zwiększonej emisji były znacznie wyższe w sezonie zimowym i w tym okresie obserwowano również nieco wyższe miesięczne stężenia dwutlenku azotu. Należy dodać, że położenie punktu pomiarowego LCz na wierzchołku Wyżyny Krakowskiej, w bliskim sąsiedztwie obszarów zabudowanych, zlokalizowanych wzdłuż ruchliwej trasy Olkusz–Kraków, powodowało większy w jego rejonie napływ zanieczyszczeń w przeciwieństwie do położonego w głębokiej dolinie i oddalonego od dużych źródeł emisji Ojcowa.

ZANIECZYSZCZENIE OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH

Jednym z podstawowych wskaźników zanieczyszczenia wód opadowych jest odczyn pH. Informuje on o ilości jonów wodorowych zawartych w danym roztworze. Wyniki badań odczynu pH opadów w Ojcowie (PZ) z lat 1989–2003 potwierdzają ich kwaśny charakter. (Leśniok i in. 2002). Średnie wartości roczne dla tego okresu mieściły się w przedziale od 3,7 do 5,1 z tendencją do wzrostu zakwaszenia w ostatnim okresie (5,6 opad obojętny). Wartości skrajne jakie notowano mieściły się w przedziale od 2,7 do 7,8. W latach 1993–1995 opady o odczynie pH poniżej 5 stanowiły 80% wszystkich przypadków, a w



Ryc. 2. Średni rozkład odczynu pH i przewodnictwa właściwego C_{25} [$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$] w Parku Zamkowym w Ojcowie i w Lepiance Czajowskiej w latach 2007–2009

Fig. 2. Mean distribution of pH and electrolytic conductivity C_{25} [$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$] in Park Zamkowy in Ojców and in Lepianka Czajowska in the years 2007–2009

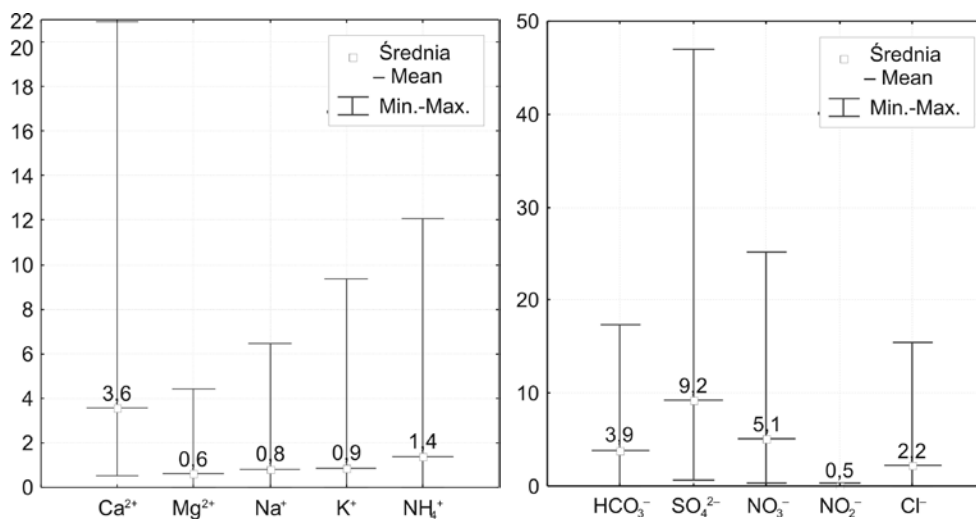
latach 1996–1998 aż 90%. W latach 2000–2003 ich frekwencja spadła do 76%. Sytuację tą można przypisywać reorganizacji i restrukturyzacji w przemyśle oraz działaniom „proekologicznym”. Niestety za główne źródło obecnego zakwaszenia opadów odpowiedzialna była tzw. „niska emisja” oraz transport (Leśniok i in. 2002).

W trakcie prowadzonych w latach 2007–2009 badań średni roczny odczyn pH w Ojcowie wynosił 4,7 i osiągał wartość 4,5 w 2007 r., 4,8 w 2008 r. i 4,3 w 2009 r. Z kolei na stacji LCz był wyższy, osiągając w tym okresie wartość 5,1 i kształtował się od 5,5 w 2007 r., 5,4 w 2008 i 4,9 w 2009 r. Przewodnictwo elektryczne właściwe C_{25} , będące miarą ilości rozpuszczonych w wodzie opadowej związków w Ojcowie wynosiło średnio $25,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ i co roku obniżało się z $27,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ w 2007 r., $26,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ w 2008 r. do $23,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ w 2009 r. Podobna sytuacja wystąpiła w LCz gdzie średnie przewodnictwo wynosiło $37,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ i malało z poziomu $42,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ w 2007 r., $38,7 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ w 2008 r. do $29,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ w roku 2009 (ryc. 2). Wartości ekstremalne w poszczególnych punktach były również zróżnicowane. Minimalna wartość odczynu pH wahała się od 3,15 na stacji PZ do 3,45 w LCz, natomiast wartości maksymalne analizowanego elementu odpowiednio 7,45 i 7,50. Minimalne przewodnictwo elektryczne właściwe kształtowało się od 2,97 na stacji PZ do 5,20 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ w LCz, zaś maksymalne jego wartości odpowiednio 75,0 i 218,0 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Wartości przewodnictwa przekładały się na zawartość w wodzie opadowej poszczególnych jonów. Ich średnie zawartości w badanym okresie były zdecydowanie wyższe w LCz (ryc. 3 i 5). Dotyczyło to w szczególności jonów wapnia (Ca^{2+}) i amoniaku (NH_4^+) powodujących alkalizację opadów oraz kwasotwórczych jonów siarczanowych (SO_4^{2-}) i azotanowych (NO_3^-). Za wyjątkiem jonów wodorotlenowych (HCO_3^-) gdzie wartości stężeń w obu punktach były nieco podobne, stężenia pozostałych jonów były również wyższe na stacji LCz.

Potwierdzały to wstępne wyniki przewodnictwa C_{25} dowodzące, że w rejonie stacji LCz, usytuowanej na wierzchołku, w większym stopniu wymywane były wraz z opadami zanieczyszczenia lokalne (pochodzące z niskiej emisji i środków transportu) oraz zanieczyszczenia dalszego zasięgu. W Ojcowie, w obrębie Doliny Prądnika, znaczenie źródeł lokalnej emisji nie było tak duże, zaś zanieczyszczenia dalekiego zasięgu przenoszone były ponad doliną przez co w ograniczonej ilości docierały w jej obręb. Biorąc pod uwagę powyższe wyniki stwierdzić można, że w obrębie Doliny Prądnika, a więc w Ojcowie w procesie usuwania zanieczyszczeń z atmosfery dominował proces wymywania wewnątrzmurowego „rainout” w przeciwieństwie do terenu wierzchołku, a więc w punkcie Cz, gdzie przeważał proces usuwania podchmurowego „washout” (Leśniok i in. 2002).

Analiza rozkładu odczynu pH oraz przewodnictwa właściwego dla poszczególnych kierunków adwekcji powietrza dodatkowo wskazywała napływ bardziej zanieczyszczonego powietrza o podwyższonej wartości pH oraz przewodnictwa (kierunki S, SW oraz SE). Były to więc kierunki z napływem powietrza znanego z Krakowa i jego okolic. Wbrew ogólnej opinii, niezbyt wyraźnie w wartościach przewodnictwa C_{25} odznaczał się kierunek NW, a więc spływ powietrza znanego z regionu górnośląskiego. Stąd nasuwa się wniosek, że w ostatnich latach, wzrosła rola aglomeracji krakowskiej w kształtowaniu jakości powietrza na obszarze OPN, a zmniejszyło się oddziaływanie konurbacji górnośląskiej (tab. 2 i 3).



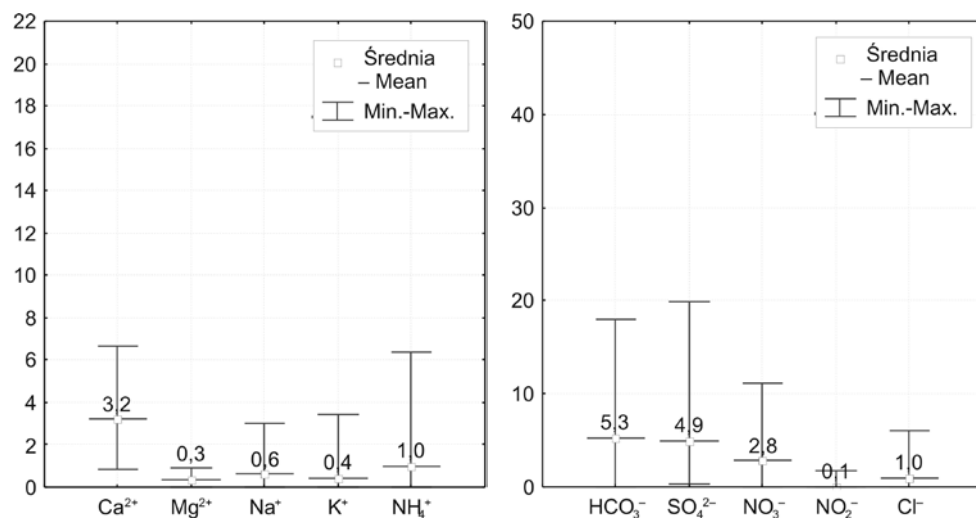
Ryc. 3. Rozkład zawartości poszczególnych anionów w opadach [μg·dm⁻³] w Lepiance Czajowskiej

Fig. 3. Distribution of individual ions content of precipitation [μg·dm⁻³] in Lepianka Czajowska



Ryc. 4. Kolektor opadowy i deszczomierz Hellmanna w Lepiance Czajowskiej. Na zdjęciu od lewej: prof. Tadeusz Niedźwiedz i Piotr Skalniak (obserwator). Fot. Z. Caputa

Fig. 4. Rain collector and rain-gauge in Lepianka Czajowska. In photo from left: prof. Tadeusz Niedźwiedz and Piotr Skalniak (observer). Photo by Z. Caputa

Ryc. 5. Rozkład zawartości poszczególnych kationów w opadach [$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$] w Parku Zamkowym w OjcowieFig. 5. Distribution of individual ions content of precipitation [$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$] in the Park Zamkowy in Ojcow

Ryc. 6. Kolektor opadów i deszczomierz Hellmanna w Parku Zamkowym. Na zdjęciu: dr Józef Partyka (obserwator). Fot. R. Cieślík

Fig. 6. Rain collector and rain-gauge in Park Zamkowy. In photo: dr Józef Partyka (observer). Photo by R. Cieślík

Tabela 2. Średnie wartości odczynu pH w Parku Zamkowym w Ojcowie i w Lepiance Czajowskiej dla poszczególnych kierunków adwekcji powietrza w latach 2007–2009

Table 2. Mean pH values in Park Zamkowy in Ojców and in Lepianka Czajowska for particular air advection directions in the years 2007–2009

Punkt Point	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Bc	Ka	C	Średnia Mean
Ojców Park Zamkowy	4,6	4,8	4,9	5,2	5,5	5,3	4,7	4,6	4,4	4,6	4,4	4,8
Lepianka Czajowska	5,6	4,6	4,3	5,3	5,4	5,3	5,4	5,1	5,0	5,1	5,4	5,1

Tabela 3. Średnie wartości przewodnictwa C_{25} [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$] w Parku Zamkowym w Ojcowie i w Lepiance Czajowskiej dla poszczególnych kierunków adwekcji powietrza w latach 2007–2009

Table 3. Mean values of conductivity C_{25} [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$] in Park Zamkowy in Ojców and in Lepianka Czajowska for particular air advection directions in the years 2007–2009

Punkt Point	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Bc	Ka	C	Średnia Mean
Ojców Park Zamkowy	16,5	19,3	25,3	31,3	33,5	32,3	30,2	26,5	22,0	36,8	21,4	26,8
Lepianka Czajowska	31,2	30,3	32,5	38,8	93,5	50,1	35,8	27,6	36,2	36,7	25,0	39,8

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić duże zróżnicowanie jakości wód opadowych na terenie OPN. Wybrane punkty poprzez swoje położenie (PZ – w głębokim kanionie krasowym Doliny Prądnika i LCz położony na wyniesionym obszarze wierzchołki krasowej) przyjmowały różną ilość opadów o często odmiennym składzie. Ich jakość w Ojcowie w niewielkiej mierze była zależna od lokalnych źródeł emisji zanieczyszczeń, ale w większym od tych docierających wraz z chmurami z terenów sąsiednich. W wyniku procesu ich wymywania (dominował tu proces „rainout”) deponowane były w obrębie Doliny Prądnika. Wierzchołki (LCz) z kolei, bardziej eksponowane na wiatry, a tym samym napływ powietrza z sektora zachodniego i wschodniego przyjmowała więcej zanieczyszczeń dalekiego zasięgu. Dodatkowo, ich ilość była powiększana przez większą, w porównaniu z Ojcowem, emisję lokalną ze względu na pochodzącą z indywidualnych gospodarstw oraz środków transportu. Stąd w jej rejonie większe znaczenie w usuwaniu zanieczyszczeń z atmosfery miał proces „washout”.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007–2010 jako projekt badawczy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego Nr N306 044 32/3178.

PIŚMIENNICTWO

Krawczyk W., Leśniok M. 1991. *Skład chemiczny opadów atmosferycznych na obszarze GOP i jego obrzeżach*, [w:] A.T. Jankowski, T. Szczypek (red.), *Materiały sympozjum polsko-czeskiego pt.: „Człowiek i jego środowisko w Górnośląsko-Ostrawskim regionie przemysłowym”*. Sosnowiec, s. 68–74.

Leśniok M. 1996. *Zanieczyszczenie wód opadowych w obrębie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej*. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, s. 124.

Leśniok M. 2000. *Zróźnicowanie zanieczyszczenia powietrza i opadów atmosferycznych na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej w latach 1986–1998*, [w:] J. Burchard (red.), *Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce*, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, s. 39–46.

Leśniok M., Partyka J. 1993. *Zanieczyszczenie opadów atmosferycznych na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego w latach 1989–1991*. „Prądnik. Prace Muz. Szafera”, 7/8: 205–211.

Leśniok M., Partyka J., Rózkowski J. 2002. *Skład chemiczny wód opadowych i jego modyfikacja w trakcie infiltracji w głąb masywu skał węglanowych w zlewni Prądnika (południowa Polska)*, [w:] A.T. Jankowski (red.), *Jakość i podatność wód podziemnych na zanieczyszczenie*, „Prace wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego”, 22: 117–126.

Miczyński J., Zawora T. 1990. *Opad pyłu i zakwaszenie środowiska na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego*, [w:] Informator Regionalny Zakładu Upowszechniania Postępu AR w Krakowie, nr 287, Kraków.

Niedźwiedz T. 1981. *Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróźnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły*, [w:] Rozprawy Habilitacyjne, nr 58, UJ, Kraków.

Rózkowski J., Leśniok M., Partyka J. 1996. *Zanieczyszczenie opadów, wód powierzchniowych i podziemnych w wybranym rejonie krasowym Polski południowej*, [w:] Problemy hydrologiczne południowo-zachodniej Polski, Wrocław, s. 97–105.

Turzański K.P. 1991. *Zanieczyszczenie wód opadowych południowej Polski. Kwaśne deszcze i ich monitoring*. „Sozologia i Sozotechnika”, z. 34.

Zajac K.P., Bik A., Zawodny Z. 1990. *Zanieczyszczenie wód opadowych na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego*. „Ochrona Powietrza”, 5: 105–108.

SUMMARY

The evaluation of acidification and chemical composition of rainwater can provide a valuable source of information on the amount of pollutant loads introduced into the natural environment from the atmosphere.

In 2007, at the stations Park Zamkowy Ojców (PZ) in the Prądnik Valley and Lepianka Czajowska in the plateau the examinations of the chemical composition of rainwater were started as part of the research project “Current Changes in the Natural Environment in Different Topoclimatic Conditions of the Krakow Upland. A case study of the Ojców National Park”. Each precipitation sample was collected individually using chemically inert polypropylene precipitation collectors of the British Standard type. The analyses included pH, electrolytic conductivity C_{25} , and cation and anion and selected heavy metal contents. Moreover, the examinations were supplemented with the measurements of basic meteorological parameters (air temperature and humidity, precipitation amount, wind direction and speed, radiation) and analysis of the synoptic situation accompanying the precipitation.

In the course of examinations carried out in the years 2007–2008 the mean annual pH in Ojców reached the value of 4.5 in 2007, 4.8 in 2008, and 4.3 in 2009. In Lepianka Czajowska, in turn, it was higher and fluctuated from 5.5 in 2007 to 5.4 in 2008 and 4.9 in 2009. In Ojców, electrolytic conductivity C_{25} , which is a measurement of the amount of dissolved in rainwater compounds, decreased every year and was $27.1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ in 2007, $26.8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ in 2008 and $23.0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ in 2009. A similar situation occurred in Jerzmanowice in LCz where electrolytic conductivity decreased from the value of $42.3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ in 2007 to $38.7 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ in 2008 and $29.1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ in 2009. Conductivity values correlate with the individual ions content of rainwater. During the examined period their mean contents were definitely higher in LCz. This refers in particular to calcium (Ca^{2+}) and ammonia (NH_4^+) ions causing the alkalisation of precipitation, and acid-forming sulphate (SO_4^{2-}) and nitrate (NO_3^-) ions. Concentrations of the other ions were also higher at the station LCz.

The analysis of distribution of pH and electrolytic conductivity for particular air advection directions shows additionally that in the case of directions from which more polluted air-masses come over the area, increased values of pH and conductivity can be observed (S, SW and SE directions). These are directions of the inflow of air-masses from above Krakow and its vicinity.

The considerable differentiation of rainwater quality in the Park's area confirms that pollutant washing out from the atmosphere is a complex process here. The quality of precipitation (PZ) in Ojców is only in a slight measure dependent on local sources of pollution emission and the degree of its dependence on pollutants reaching the area with clouds inflowing over the Park from neighbouring areas is much greater. As a result of the washing out process (with the dominant rainout process) these pollutants are deposited within the Prądnik Valley. Lepianka Czajowska in turn, more exposed to winds and thus to the inflow of air-masses from the western and eastern sectors, receives more long-range air pollution. Additionally, its amount is increased by higher in comparison with PZ in Ojców local emission coming from private farms and traffic. Therefore, in this area the washout process is of greater importance in the removal of pollutants from the atmosphere.