

# Zanieczyszczenie opadów atmosferycznych a chemizm wód powierzchniowych Wielkopolskiego Parku Narodowego

**BARBARA WALNA**

Stacja Ekologiczna Uniwersytetu im. A. Mickiewicza – Jeziory, 62-050 Mosina, skr. poczt. 40,  
walna@amu.edu.pl

**Zarys treści:** Badania opadów atmosferycznych prowadzone na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego wskazują na znaczne ich zakwaszenie oraz dość stabilną depozycję azotu nieorganicznego (azotanowego i amonowego). Niskie pH opadów ma szczególne znaczenie w pośrednim oddziaływaniu na chemizm wód zasilających wody powierzchniowe. Dowodem na to jest skład ekstraktów glebowych, w których stwierdzono przewagę glinu nad metalami alkalicznymi, a także znaczne ilości jonów wymytych z monolitów glebowych. Na przykładzie jeziora Góreckiego zwrócono uwagę na rolę opadów w wymywaniu jonów azotanowych i siarczanowych z gleb użytkowanych rolniczo.

**Słowa kluczowe:** opady atmosferyczne, eutrofizacja, glin, Wielkopolski Park Narodowy

**Key words:** rainfall, eutrofization, aluminium, Wielkopolski National Park

## Wstęp

Wielkopolski Park Narodowy (WPN) znajduje się w sytuacji silnej presji antropogenicznej ze względu na swoje położenie w bezpośredniej bliskości aglomeracji miejskiej Poznania, gwałtowny rozwój budownictwa mieszkaniowego na obszarach przyległych do Parku, niedostatecznie uporządkowaną gospodarkę wodno-ściekową okolicznych gmin oraz procesy globalne wpływające w sposób pośredni na jego geosystem. Obecność na jego terenie zarówno cieków wodnych, jak i jezior stanowi niepodważalny walor. W warunkach różnorodnych zagrożeń, ochrona gatunkowa i siedliskowa ekosystemów wodnych powinna stanowić jedno z głównych zadań. Badania chemiczne wód powierzchniowych WPN wykonane w latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX w. są niezwykle cenną bazą porównawczą przy analizie stanu i kierunków ich przekształceń (Dąbska i in. 1981; Siepak i in. 1999; Zerbe i in. 1994, 1998). Wody większości jezior (7) zaliczono do trzeciej i drugiej klasy czystości, zaś jako pozaklasowe klasyfikowano tylko niektóre (4). Stwierdzono również znaczną eutrofizację niemal wszystkich jezior; jedynie dwa pozostawały na etapie początkowej eutrofizacji (Siekpak 2001).

W ostatnich latach poszukuje się dodatkowych czynników wpływających na negatywne zmiany chemizmu wód Parku, przejawiające się wyjątkowo intensywnymi zakwitami lub zmianami gatunkowymi fitoplanktonu (Burchardt, Przybyłek 2004). Jednym z hipotetycznych źródeł tych zmian mogą być opady atmosferyczne, które przenoszą

zarówno lokalne, jak i ponadregionalne składniki emitowane do atmosfery. Zanieczyszczenia te dostając się wraz z opadami do gleby mogą oddziaływać pośrednio poprzez wymywanie substancji odżywczych lub mobilizację toksycznych. Obecność na terenie WPN Stacji Ekologicznej UAM stworzyła dogodne warunki do monitorowania składu opadów (Walna i in. 1999, 2004), a badania symulacyjne wpływu opadów na procesy mobilizacji glinu i metali alkalicznych z ubogich gleb leśnych powiększyły możliwości oceny oddziaływania na ekosystemy wodne (Walna i in. 1999, 2001, 2004).

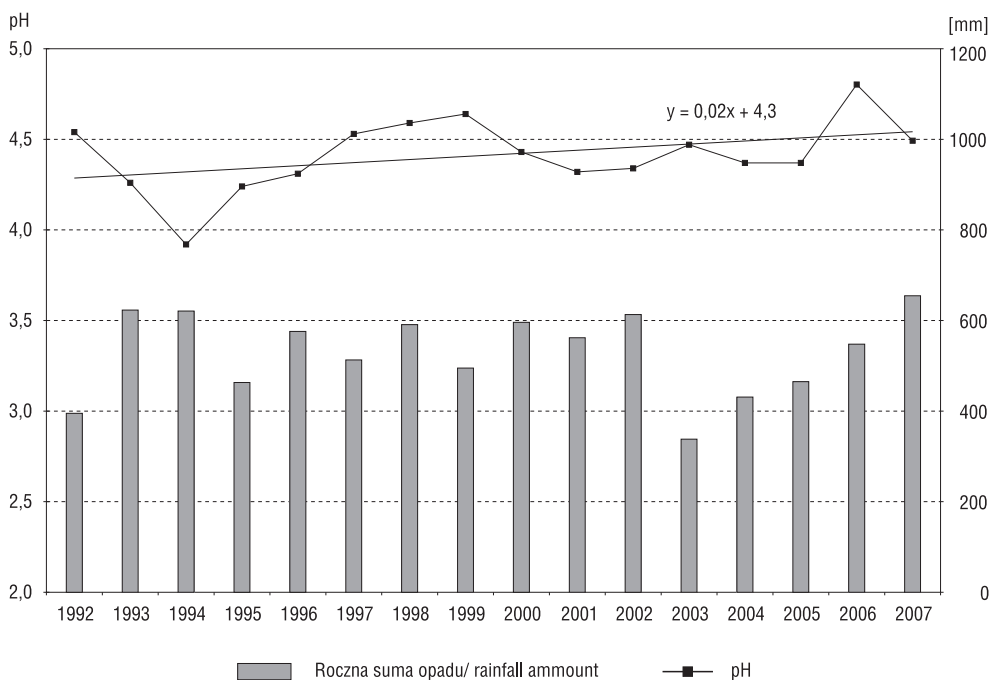
## Teren i metody badań

Pomiary opadów atmosferycznych prowadzone są w Stacji Ekologicznej znajdującej się w centrum Wielkopolskiego Parku Narodowego nad jeziorem Góreckim. Cykl pobierania jest jednodniowy, a analiza chemiczna odbywa się w jak najkrótszym czasie od wystąpienia opadu. Zbierany jest opad całkowity, a skład jonowy określa się przy pomocy chromatografu DIONEX 120 (Walna i in. 2004). Ze względu na charakter zjawiska otrzymane wyniki można uogólnić na obszar całego Parku. Przedstawione w pracy rezultaty badań składu chemicznego ekstraktów glebowych oraz symulacji oddziaływania opadów na monolitach glebowych zostały szczegółowo opisane (Walna 2006, Walna i in. 2001).

## Wyniki i dyskusja

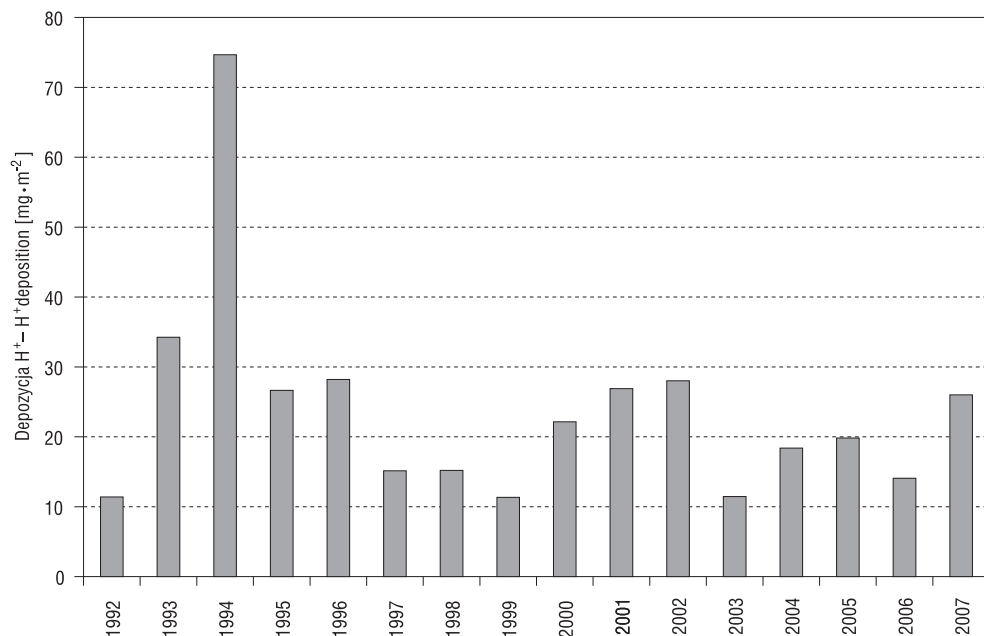
Najbardziej istotnym parametrem określającym potencjalne możliwości oddziaływania na elementy geosystemu jest pH opadów, którego zmienność przedstawiono na tle rocznej sumy opadów (ryc. 1). Stwierdzono, że średnie roczne pH opadów wahało się od 3,94 w 1994 r. do 4,80 w 2006 r. Średnia wartość pH dla tego okresu wyniosła 4,37 i w latach 1992-2007 charakteryzowała się słabą tendencją rosnącą. Trend ten nie jest jednak istotny statystycznie ( $\alpha = 0,05$ ). Natomiast wielkość sum rocznych opadów zmieniła się od 338 mm w 2003 r. i 395 mm w 1992 do 655 mm w 2007 r. Wartość średnia wyniosła 530 mm i odpowiada średniej z wielolecia dla tego terenu. Z punktu widzenia oddziaływania opadów na wody powierzchniowe należy rozważyć roczną depozycję jonów wodorowych (ryc. 2). Jej wartość wahała się od 8–11  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$  do ponad 70  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$ , co odpowiada od 0,1 do 0,7  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Analizując zmiany depozycji można zauważyć okresowość z równoczesną tendencją malejącą. Wydaje się, że depozycja jonów wodorowych związana z opadami atmosferycznymi, w porównaniu do pH jezior WPN, których odczyn zmienia się w ciągu roku od 7,1 do 9,2 i związany jest zarówno z budową geologiczną mis jeziornych, jak i charakterystyką chemiczną wód zasilających, nie będzie wywierała zasadniczego wpływu na odczyn wód powierzchniowych.

Z punktu widzenia eutrofizacji zbiorników wodnych należy rozważyć dostawę jonów azotanowych wraz z amonowymi oraz jonów fosforanowych. Na rycinie 3 przedstawiono zmiany depozycji azotu azotanowego i amonowego wnoszonego na powierzchnię 1  $\text{m}^2$  wraz z opadami atmosferycznymi w latach 2002–2007. Pomimo znacznych różnic wysokości opadów w poszczególnych latach depozycja azotu azotanowego



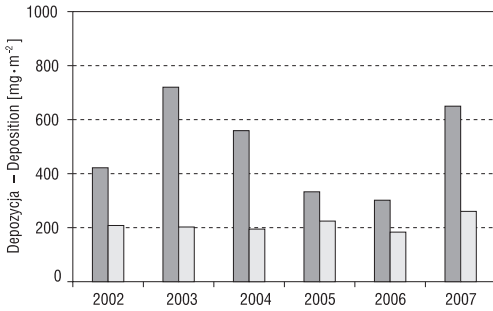
Ryc. 1. Średnie roczne pH opadów w WPN na tle rocznych sum opadów (1992–2007)

Fig. 1. Mean annual pH of precipitation in the WPN and its annual rainfall totals (1992–2007)



Ryc. 2. Depozycja jonów wodorowych w latach 1992–2007

Fig. 2. Deposition of hydrogen ions in 1992–2007



Ryc. 3 Depozycja azotu azotanowego i amonowego w latach 2002–2007

Fig. 3. Deposition of  $\text{NNO}_3$  and  $\text{NNH}_4^+$  in 2002–2007

wydaje się dość stabilna pozostając na poziomie  $200 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Jednak porównując lata 2002 i 2007 o podobnej wielkości opadów depozycja azotu azotanowego wzrosła. Inaczej przedstawia się depozycja azotu amonowego, która maksimum osiągnęła w 2003 r. ( $720 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Opady atmosferyczne w tym roku charakteryzowały się wyjątkowo wysokimi stężeniami także innych składników chemicznych. Suma azotu amonowego i azotanowego w latach 2003 i 2007 przekroczyła  $900 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}$ , natomiast wartość minimalną zanotowano w roku 2006.

Wartości sumy azotu nieorganicznego

wydają się istotne zwłaszcza dla płytkich zbiorników, gdzie objętość wody w porównaniu z jego powierzchnią jest niewielka.

Wyniki badania stężenia fosforanów w opadach wykazały ich obecność w niewielkiej ilości próbek. Można je spotkać jedynie w okresie letnim, a określone stężenia są niskie i nie wydają się istotne z punktu widzenia eutrofizacji.

Oddziaływanie pośrednie opadów atmosferycznych poprzez ich wpływ na skład roztworów glebowych przenikających do wód gruntowych, które zasilają wody powierzchniowe należy rozważyć w aspekcie częstotliwości występowania opadów, których niskie pH inicjuje procesy uwalniania metali zarówno z kompleksów sorpcyjnych, jak i bezpośrednio rozpuszczając trwale związane składniki gleby. Charakterystykę opadów na terenie WPN w ubiegłych latach przedstawiono w tabeli 1. Zamieszczony tam procentowy udział opadów wskazuje, że w latach 1993, 1995, 2001, 2002, 2004 i 2005 ponad 60%, a w roku 1994 nawet 91%, charakteryzowało się pH niższym od wartości 4,6. Oddziaływanie opadów o takiej strukturze zakwaszenia ma niewątpliwie znaczny wpływ na skład chemiczny roztworów glebowych, kształtując nie tylko roślinność, ale również skład wód gruntowych i powierzchniowych. Analizy składu roztworów glebowych dla badanego obszaru wykonano badając ekstrakty wodne (Walna 2006). Wyniki tych badań przedstawiono w tabeli 2. Stwierdzono, że w ekstraktach glebowych pojawiły się

Tab. 1. Procentowy udział opadów o określonym zakresie pH w Wielkopolskim Parku Narodowym

Table 1. Percentages of rainfall with specified pH intervals in the Wielkopolski National Park

Zakres Range pH	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	%														
> 6,5	5	0	0	3	0	3	0	2	0	1	0	4	0	0	5
6,1–6,5	0	0	0	0	2	5	2	2	0	0	1	5	2	0	3
5,1–6,1	29	30	5	10	4	20	18	10	11	13	12	17	16	14	32
4,6–5,1	28	18	4	20	27	23	32	47	30	21	23	30	21	15	26
4,1–4,6	30	26	29	41	32	36	42	32	38	41	47	24	37	44	27
< 4,1	8	26	62	26	35	13	6	7	21	24	17	20	24	26	7

Tab. 2. Kationy w ekstraktach wodnych badanych profili glebowych w Wielkopolskim Parku Narodowym (Walna 2006, zmienione)

Table 2. Cations in soil water extracts from the profiles examined in the Wielkopolski National Park (Walna 2006, changed)

Profile	Głębokość Depth	Jony – Ions				
		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>
	cm	mmol <sub>c</sub> ·kg <sup>-1</sup>				
P1	0–12	0,258	0,125	0,437	0,147	0,987
	12–30	0,096	0,026	0,192	0,131	2,347
	30–62	0,484	0,032	0,290	0,159	2,815
	62–100	0,486	0,404	0,010	0,436	2,098
P2	0–13	0,041	0,077	0,273	0,127	1,765
	13–50	0,013	0,021	0,179	0,122	1,973
	50–100	0,037	0,027	0,111	0,121	0,381
P3	0–18	0,058	0,112	0,299	0,168	1,623
	18–37	0,026	0,032	0,209	0,152	0,733
	57–100	0,128	0,087	0,164	0,156	0,105
P4	0–14	0,142	0,040	0,100	0,023	1,385
	14–51	0,017	0,007	0,075	0,093	0,881
	51–100	0,007	0,003	0,003	0,087	0,387

ilości rozpuszczonego glinu przekraczające sumę kationów zasadowych. Badania gleb natomiast wykazały, że glin wymienny w glebie występuje w stężeniach od kilku do kilkunastu razy wyższych niż glin obecny w roztworze glebowym. Jego stężenie wykazuje dość dobrą ujemną korelację z pH gleb, co wskazuje, iż skutkiem spadku pH gleby będzie dalsze uwolnienie glinu wymiennego do roztworu glebowego, który migrować będzie także do wód powierzchniowych.

Istotne z punktu widzenia pośredniego oddziaływania opadów atmosferycznych wydają się także badania symulowanego oddziaływania kwaśnych opadów na gleby, które wskazują na znaczne ilości uwalnianego glinu oraz mobilizację wapnia, magnezu i potasu zwłaszcza z gleb piaszczystych, dla których procesy buforowania przebiegają mniej efektywnie (Walna i in. 2001). Proces ten ulega intensyfikacji przy pH bliskim 3,0, jednak wartości tak niskie występują na terenie Parku sporadycznie. W aspekcie oddziaływania na geosystem WPN, zwłaszcza na wody powierzchniowe, rola uwalnianego glinu powinna stanowić przedmiot szczegółowych badań (Sobczyński i in. 2002).

Rozważając oddziaływanie opadów na chemizm wód powierzchniowych należy także wspomnieć zjawisko przenikania wód opadowych przez gleby uprawiane rolniczo. Rozpoczęte przez autorkę ostatnio badania składu chemicznego kilku źródeł zasilających jezioro Góreckie, znajdujących się w pobliżu niedawno zalesionych obszarów porolniczych, wskazują na niezwykle wysokie stężenia azotanów i siarczanów. Osiągają one wartości ponad 130 mg NO<sub>3</sub>·dm<sup>-3</sup> (jezioro – 0,5 mg NO<sub>3</sub>·dm<sup>-3</sup>) oraz 267 mg SO<sub>4</sub>·dm<sup>-3</sup> (jezioro – 55 mg SO<sub>4</sub>·dm<sup>-3</sup>). Źródła te nie wykazują dużej wydajności (ok. 10 dm<sup>3</sup>·min<sup>-1</sup>), jednak stanowią sygnał prawdopodobnego zanieczyszczenia także wód zasilających jezioro pod lustrem wody, a nawet możliwość przenikania tych składników do głębokich warstw wodonośnych (Górski, Przybyłek 2003).

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, iż:

- opady atmosferyczne stanowią ważne ogniwo w bezpośrednim i pośrednim zasilaniu wód powierzchniowych,
- bezpośrednia depozycja azotu amonowego i azotanowego wraz z opadami jest duża i osiąga ponad  $900 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$  w ciągu roku, co może wpływać na eutrofizację płytkich zbiorników wodnych,
- ze względu na bardzo niskie stężenia fosforanów i sporadyczną ich obecność w opadach, nie odgrywają one znacznej roli w eutrofizacji wód Wielkopolskiego Parku Narodowego.

Należy szczególną uwagę zwrócić na pośrednie oddziaływanie bardzo kwaśnych opadów generujących procesy mobilizacji i wymywania glinu i kationów alkalicznych naturalnie obecnych w glebach. Rola opadów w kształtowaniu chemizmu wód powierzchniowych odgrywa szczególną rolę w przypadku wymywania składników nawozów mineralnych z terenów rolniczych nawet po zmianie sposobu użytkowania.

## Podziękowania

Składam podziękowania dr. Iwonie Kurzycy z Zakładu Analizy Wody i Gruntów Uniwersytetu im. A. Mickiewicza, kierowanego przez prof. dr hab. Jerzego Siepaka, za wykonanie analiz chemicznych.

## Literatura

- Burchardt L., Przybyłek J., 2004, *Warunki przepływu wód powierzchniowych i podziemnych a biocenozy wodne jeziora Góreckiego i stawu Pożegowo na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego*, Prace i Materiały WPN Morena, 11, 105–118.
- Dąbska I., Burchardt L., Hładka M., Niedzielska E., Pańczak J., 1981, *Hydrobiologiczne badania jezior Wielkopolskiego Parku Narodowego*, Prace Komisji Biologicznej Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, 60, ss. 76.
- Górski J., Przybyłek J., 2003, *Problemy zagrożenia i ochrony wód podziemnych na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego*, Prace i Materiały WPN Morena, 10, 59–72.
- Siepak J., Burchardt L., Pelechaty M., Osowski A., 1999, *Badania hydrochemiczne na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego*, Wyd. Naukowe UAM, Poznań, ss. 160.
- Siepak J., 2001, *Badania hydrochemiczne jezior Wielkopolskiego Parku Narodowego*, [w:] L. Burchardt (red.), *Ekosystemy wodne Wielkopolskiego Parku Narodowego*, Wyd. Naukowe UAM, Poznań, 13–28.
- Sobczyński T., Pelechata A., Ziola A., Pelechaty M., 2002, *Accumulation of aluminium in freshwater ecosystem of Jarosławieckie Lake*, Polish Journal of Environmental Studies, 11, suppl. I, 77–82.
- Walna B., 2006, *Composition and soil water changes as a measure of atmospheric precipitation impact in forest ecosystem*, Central European Journal of Chemistry, 5, 1, 349–383.
- Walna B., Siepak J., 1999, *Research on the variability of physical-chemical parameters characterizing acidic atmospheric precipitation at the Jeziory Ecological Station in the Wielkopolski National Park (Poland)*, The Science of the Total Environment, 239, 173–187.
- Walna B., Siepak J., Drzymała S., 2001, *Soil degradation in the Wielkopolski National Park (Poland) as an effect of acid rain simulation*, Water, Air, and Soil Pollution, 130, 1727–1732.

- Walna B., Kurzyca I., Siepak J., 2004, *Local effects of pollution on chemical composition of precipitation in areas differing in human impact*, Polish Journal of Environmental Studies, 13, Suppl., 36–42.
- Zerbe J., Elbanowska H., Gramowska H., Adamczewska M., Sobczyński T., Kabaciński M., Siepak J., 1994, *Ocena wpływu emisji fluoru i innych zanieczyszczeń na wody, roślinność i gleby na obszarze WPN i jego otuliny*, [w:] L. Kozacki (red.), *Geokosystem Wielkopolskiego Parku Narodowego jako obszaru chronionego podlegającego antropopresji*, Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań, 89–135.
- Zerbe J., Siepak J., Osowski A., 1998, *Badania składu chemicznego wód i osadów dennych w małych zbiornikach na obrzeżach Wielkopolskiego Parku Narodowego*, Ekologia i Technika, 6, 3–16.

**Barbara Walna**

## **Precipitation pollution and the chemistry of surface waters in the Wielkopolski National Park**

### Summary

The study of precipitation carried out in the Wielkopolski National Park (WNP) has shown that it is highly acidified (Fig. 1). Over the 15 years of observation its mean annual pH has ranged from 3.97 to 4.80 (Walna at al. 1999, 2004). The bulk of precipitation (with the exception of the year 2006) displayed  $\text{pH} < 4.6$  (Table 1). The annual deposition of hydrogen ions varied widely between 11 and  $75 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$  (Fig. 2). With such characteristics, precipitation affects surface waters largely through changes it produces in the composition of soil solutions migrating to groundwater and nourishing surface waters (Walna 2006). In the examined soils, mostly sandy, the amounts of released aluminium were found to exceed alkaline ion totals (Table 2). Precipitation in the WNP is also characterised by a substantial deposition of inorganic nitrogen ( $\text{NNO}_3$  and  $\text{NNH}_4$ ) that may contribute to the eutrophication of shallow water bodies (Fig. 2). However, no elevated phosphate levels were recorded. The Lake Góreckie provided an example of the role of precipitation in the leaching of nitrate and sulphate ions from land in agricultural use.

