

ELIGIUSZ ROSZYK, LESZEK SZERSZEŃ

## WPLYW NAWOŻENIA NA SKŁAD CHEMICZNY WÓD PODZIEMNYCH \*

Katedra Chemii Rolniczej, Instytut Gleboznawstwa  
i Ochrony Środowiska Rolniczego Akademii Rolniczej we Wrocławiu

### WSTĘP

W miarę wzrostu zużycia nawozów mineralnych w produkcji roślinnej na terenie kraju, rolnictwu przypisuje się dominujący wpływ na zmiany składu chemicznego wód podziemnych. I choć nie jesteśmy w czołówce krajów europejskich pod względem stosowanych ilości NPK na hektar użytków rolnych, tym niemniej nie przeszkadza to niekiedy szerzeniu fatalistycznych prognoz, szczególnie na temat zgubnych skutków stosowania nawozów mineralnych.

### CEL PRACY

Na podstawie wyników analiz chemicznych gleb i wód podziemnych oraz zużycia nawozów mineralnych i gnojowicy z ferm hodowlanych na terenie zlewni rzeki Rudna zbadano, w jakim stopniu nawożenie wpłynęło na wzbogacenie wód w niektóre składniki mineralne.

### CHARAKTERYSTYKA BADANEGO OBSZARU

Badana zlewnia o powierzchni 38 850 ha usytuowana jest w północno-wschodniej części województwa legnickiego. Skalę macierzystą gleb w jej części południowo-zachodniej stanowią utwory polodowcowe, głównie zwałowe. Pozostała część wyszczelniona jest utworami czwartorzędowymi fluwioglacjalnymi i aluwialnymi [10].

\* Badania były finansowane przez ZBiPM „Cuprum” we Wrocławiu.

Na omawianym terenie gleby orne stanowią 63% powierzchni ogólnej, leśne — 25% i darniowe 9%; 3% powierzchni zajmują wody i nieużytki.

Gleby orne tego obszaru pod względem typologicznym to przede wszystkim gleby brunatne i płowe, a w dalszej kolejności mady i czarne ziemie (tab. 1).

Tabela 1

Typy i gatunki gleb orných w zlewni rzeki Rudna  
Types and kinds of arable soils on the Rudna river catchment area

Typy gleb Soil types	Piaszczyste Sandy		Gliniaste Loamy		Pyłowe Silty		Ogółem Total	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Brunatne i płowe Brown soils and soils lessives	9 724	40,1	2206	9,1	2976	12,3	14 924	61,5
Mady — Alluvial soils	1 078	4,4	4038	16,6	1540	6,4	6 656	27,4
Czarne ziemie Black earths	1 201	4,9	299	1,2	1204	5,0	2 704	11,1
Ogółem — Total	11 021	49,4	6643	26,9	5720	23,7	24 284	100,0

Połowę powierzchni zajmują gleby lekkie wytworzone z piasków, resztę natomiast stanowią gliny i pyły. Występujące na dużej powierzchni zlewni gleby lekkie stwarzają sprzyjające warunki do wymywania z warstwy ornej związków mineralnych i organicznych do poziomów głębiej położonych i wód podziemnych. Oprócz tego zróżnicowanie reliefu na dużej powierzchni zlewni w określonych warunkach może sprzyjać zmywom powierzchniowym.

Należy również zaznaczyć, że w części południowej zlewni usytuowany jest zbiornik wód poflotacyjnych, o powierzchni około 1200 ha, z niedaleko położonych kopalni.

#### MATERIAŁ I METODY

Z warstwy ornej gleb uprawnych pobrano zgodnie z obowiązującymi przepisami 377 średnich próbek glebowych, w których oznaczono ogólnie przyjętymi metodami [12]: odczyn w zawiesinie 1 M roztworu chlorku potasowego, zawartość form rozpuszczalnych fosforu i potasu oraz magnezu, a w części wybranych próbek glebowych określono ich zasolenie.

W okresie wiosennym z 49 ujęć w terenie pobrano próbki wód podziemnych, w których metodami standardowymi oznaczono zawartość wybranych składników wprowadzanych w nawozach mineralnych i orga-

nicznych do warstwy ornej gleb. Tak więc w próbkach wód oznaczono zawartość azotu amonowego, azotanowego i azotynowego, chlorków, siarczanów, fosforanów, sodu i potasu.

W urzędach 6 gmin usytuowanych na terenie zlewni, z kartotek dokonano wyciągów zużycia nawozów mineralnych w ubiegłych 4 latach gospodarczych oraz rozeznania co do stosowania w nawożeniu gnojowicy z czterech bezściółowych ferm hodowlanych.

#### WYNIKI BADAŃ

Odczyn gleb wahał się w szerokich granicach od bardzo kwaśnego do zasadowego. Średnio jednakże w części północnej zlewni gleby były lekko kwaśne, na pozostałym terenie kwaśne.

Zawartość fosforu rozpuszczalnego w badanych glebach mieściła się w zakresie średnich zasobności z wyjątkiem gminy Grębocice, gdzie stwierdzono dużą zawartość tego składnika (tab. 2).

Ilość potasu była bardzo zróżnicowana zarówno na terenie gmin, jak i pomiędzy gminami. Biorąc za podstawę liczby graniczne stosowane w kraju, stwierdzono niską zawartość potasu na terenie jednej gminy, średnią na terenie trzech gmin, natomiast bardzo wysoką w dwóch gminach.

Podobnie duże zróżnicowanie stwierdzono pod względem zawartości magnezu rozpuszczalnego na terenie poszczególnych gmin, od bardzo wysokiej poprzez średnią do niskiej (tab. 2). Tak więc gleby badanego obszaru posiadały przeciętnie odczyn kwaśny, średnią zawartość fosforu i potasu rozpuszczalnego oraz niską magnezu.

Zużycie nawozów mineralnych w przeliczeniu na czysty składnik w latach 1981 - 1986 wahało się na terenie gmin od 146 do 276 kg NPK na 1 ha użytków rolnych (tab. 3). Ogólnie można stwierdzić w tym czasie: wzrost dawek nawozów w dwóch gminach, wyraźne zmniejszenie w jednej i utrzymanie dawek na zbliżonym poziomie w dwóch gminach. Z uwagi na mały udział gruntów gminy Jerzmanowa w ogólnej powierzchni zlewni, pominięto ją w bilansie nawozowym. Z przytoczonych danych wynika, że dawki nawozów mineralnych stosowanych na terenie zlewni były większe (z wyłączeniem gminy Polkowice) od średnich krajowych w omawianym okresie o ponad 20% w przypadku nawozów azotowych i fosforowych oraz o ponad 50% nawozów potasowych.

Na terenie zlewni znajdują się cztery bezściółowe fermy hodowlane, z których gnojowica, w ilości około 25 000 m<sup>3</sup> rocznie, stosowana jest do nawożenia pól uprawnych.

Z pól tych pobrano 18 próbek glebowych, w których oznaczano przewodnictwo elektryczne przeliczając na równoważne ilości NaCl w gramach na dm<sup>3</sup> gleby. Przewodnictwo oznaczono również w wielu prób-

Tabela 2

Średnie wartości odczynu oraz zawartości rozpuszczalnych form fosforu, potasu i magnezu w warstwie ornej gleb  
 Mean pH values and content of soluble phosphorus, potassium and magnesium forms in the arable layer of soils

Gmina Commune	n	pH (1 M KCl)	P	K	Mg
			mg w 100 g gleby – mg in 100 g of soil		
Głogów	44	5,5 (3,4-7,7)	5,9 (1,0- > 10,9)	14,8 (4,1-37,8)	6,9 (1,5-15,0)
Jerzmanowo	10	5,6 (3,5-7,1)	6,6 (3,6- > 10,9)	16,7 (5,4-24,9)	3,9 (1,4-7,2)
Pęcław	41	5,3 (3,6-7,2)	5,8 (0,9- > 10,9)	23,3 (3,7-112,9)	10,0 (2,7-22,0)
Grębocice	106	5,1 (3,5-8,0)	6,7 (0,8- > 10,9)	21,7 (1,2-75,5)	5,5 (0,6-20,0)
Polkowice	65	4,7 (3,2-7,9)	5,2 (0,6- > 10,9)	10,4 (1,2-48,1)	2,3 (0,4-11,1)
Rudna	111	5,0 (3,5-7,9)	4,8 (0,5- > 10,9)	11,9 (2,1-39,0)	4,3 (0,5-14,0)
Średnio – Mean		5,1	5,7	16,1	5,2

Tabela 3

Zużycie nawozów mineralnych w gminach w latach 1981–1986 na terenie zlewni rzeki Rudna (kg NPK na ha użytków rolnych)  
Used amounts of mineral fertilizers in particular communes on the Rudna river catchment area in 1981–1986 (kg of NPK per 1 ha of agricultural lands)

Rok — Year	Polkowice	Rudna	Głogów	Grębobocice	Pęcław	Polska Poland
1982/1983	173	176	234	234	146	170
1983/1984	161	239	276	241	265	182
1984/1985	159	263	257	254	267	175
1985/1986	153	268	266	260	248	b.d.

b.d. — brak danych — lack of data.

kach glebowych pobranych z terenów sąsiadujących ze zbiornikiem kopalnianych wód zrzutowych. Zasolenie badanych gleb wahało się w granicach od 0,1 do 2,7 g NaCl w dm<sup>3</sup> gleby (tab. 4), przy czym średnio największe było przy zbiorniku w kierunku wschodnim i wynosiło 0,62 g NaCl. Najprawdopodobniej jest to związane z infiltracją wód ze zbiorni-

Tabela 4

Zasolenie gleb w g NaCl w dm<sup>3</sup> gleby  
Salination of soils in g NaCl per dm<sup>3</sup> of soil

Rejon — Region	Liczba próbek Number of samples	$\bar{x}$	Wahania Fluctuation
Stosowania gnojowicy Of applied liquid manure	18	0,54	0,1–1,8
Zbiornika wód zrzutowych; kierunek wschodni Of the reservoir of thrown-off waters, eastern direction	17	0,62	0,1–2,7
Zbiornika wód zrzutowych; kierunek zachodni Of the reservoir of thrown-off waters, western direction	11	0,23	0,1–0,5

ka do podłoża i ich spływem w kierunku ciągu wodnego. Przemawia za tym mniejsze zasolenie gleb w kierunku zachodnim od zbiornika, wynoszące średnio 0,23 g NaCl. Na terenach nawożonych gnojowicą średnie zasolenie wynosiło 0,54 g NaCl w dm<sup>3</sup> gleby i nie odbiegało od wartości spotykanych w glebach uprawnych.

Analiza chemiczna wód podziemnych dowodzi bardzo dużego zróżnicowania zawartości w nich poszczególnych składników mineralnych (tab. 5). Wartości średnie wskazują na znaczne nagromadzenie w wodach

Tabela 5

Analiza chemiczna wód wglębnych zlewni rzeki Rudna  
w  $\text{mg/dm}^3$  ( $n = 49$ )  
Chemical analysis of subterranean waters of the Rudna river  
catchment area in  $\text{mg/dm}^3$  ( $n = 49$ )

Składnik — Element	$\bar{x}$	Wahania — Fluctuations
$\text{NH}_4^+$	0,24	0–45,50
$\text{NO}_3^-$	13,0	0,0–70,0
$\text{NO}_2^-$	0,104	0,001–1,054
$\text{Cl}^-$	95	10–608
$\text{SO}_4^{2-}$	170	4,3–469,6
$\text{PO}_4^{3-}$	2,16	0,03–8,00
$\text{Na}^+$	47	5–138
$\text{K}^+$	73	2–663

przede wszystkim azotanów i fosforanów, a w dalszej kolejności potasu. W porównaniu z zawartościami spotykanymi w wodach na terenie kraju [3–5] koncentrację siarczanów i sodu uznać można za podwyższoną, natomiast amoniaku, azotynów i chlorków za przeciętnie spotykaną.

#### DYSKUSJA WYNIKÓW

Oceny uzyskanych wyników analiz wód z ekologicznego punktu widzenia dokonuje się zazwyczaj na podstawie normatywu dla wód powierzchniowych. Oprócz tego jednak obowiązują w kraju jeszcze dwa akty prawne, określające przydatność wód do picia dla ludzi i zwierząt (tab. 6). Wymienione normatywy różnią się pomiędzy sobą wielkościami niektórych koncentracji granicznych, co przy ocenie wartości użytkowej wód podziemnych stwarza dowolność interpretacji.

Tak więc uszeregowując badane wody pod względem wymagań stawianych wodom powierzchniowym, stwierdzono, że 12% próbek odpowiadało I i II klasie czystości, 22% — III klasie, a 66% próbek było pozaklasowych (rys. 1). Spośród badanych wód 12% odpowiadało wymaganiom stawianym wodzie do pojenia zwierząt, a 18% wód było przydatne do picia dla ludzi.

Oceniając wpływ poszczególnych składników nawozowych na stopień zanieczyszczenia badanych wód (rys. 2), stwierdzić trzeba, że największe zagrożenie stwarza w nich zawartość azotanów, a w dalszej kolejności

Tabela 6

Dopuszczalne stężenie składników w wodach (mg/dm<sup>3</sup>)  
 Admissible concentration of elements in waters (mg/dm<sup>3</sup>)

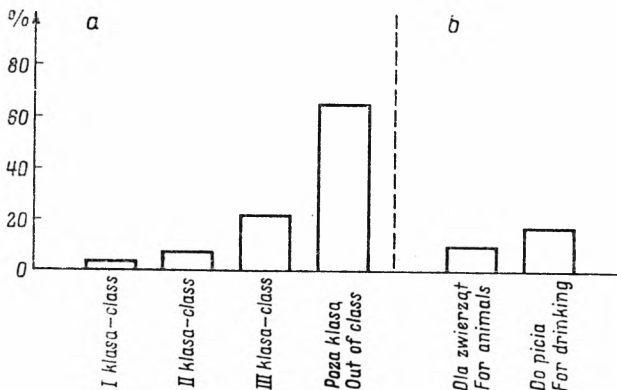
Składnik Element	Wody powierzchniowe II klasa <sup>a</sup> Surface waters of the IInd class <sup>a</sup>	Woda do picia dla ludzi <sup>b</sup> Potable water for men <sup>b</sup>	Woda dla zwierząt <sup>c</sup> Potable water for animals <sup>c</sup>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3,0	0,5	3,0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7,0	10,0	7,0
Cl <sup>-</sup>	300	300	250
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	200	200	200
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,5	n.o.	0,5

<sup>a</sup> Załącznik nr 1 do rozporządzenia Rady Ministrów z 1975-11-29  
 Annex No. 1 to the decree of the Ministers Council of Nov. 29, 1975

<sup>b</sup> Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 1977-05-31  
 Decree of the Minister of Health and Social Care of May 31, 1977

<sup>c</sup> Zarządzenie Ministra Rolnictwa z 1971-08-10  
 Decree of the Minister of Agricultura of August 10, 1971  
 n.o. — nie określona — no determined.

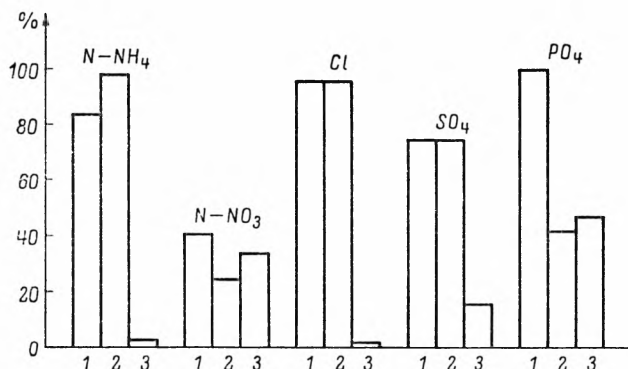
fosforanów i siarczanów. Koncentracja azotu amonowego i chlorków w niewielkim tylko stopniu decydowała o ich zanieczyszczeniu, co w swych pracach potwierdzają również inni autorzy [3, 4, 7]. Trudno uznać badane wody za szczególnie zanieczyszczone, ponieważ w wielu publikacjach podawane oznaczenia poszczególnych składników są zbliżone do uzyskanych w badaniach własnych [1, 3 - 5].



Rys. 1. Procentowy udział badanych wód w poszczególnych klasach: a — czystości wód, b — przydatności wód

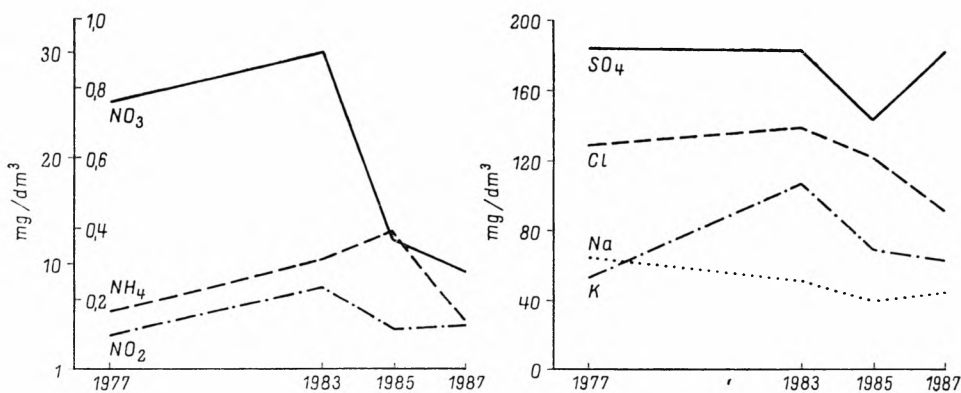
Fig. 1. Per cent of the waters tested in particular classes: a — of water purity, b — of water utility

Korzystając z dokonanego wcześniej opracowania [9] na rysunku 3 przedstawiono wahania średnich zawartości wybranych składników nawozowych w wodach podziemnych pobranych z tych samych 16 punktów w terenie w okresie ubiegłych lat.



Rys. 2. Przydatność wód podziemnych zlewni rzeki Rudna według normatywów krajowych: 1 — woda zdalna do picia, 2 — woda nadająca się dla zwierząt, 3 — woda pozaklasowa

Fig. 2. Suitability of subterranean water of the Rudna river catchment area according to the country standards: 1 — water suitable for drinking, 2 — water suitable for animals, 3 — water out-off class



Rys. 3. Średnie zawartości niektórych składników w wodach podziemnych zlewni Rudna w latach 1977 - 1987 ( $n = 16$ )

Fig. 3. Mean content of some elements in subterranean waters of the Rudna river catchment area in the period 1977 - 1987 ( $n = 16$ )

Uwagę zwraca tendencja do zmniejszania się zawartości badanych składników, w szczególności związków azotowych, chloru i potasu w wodach podziemnych zlewni (rys. 3), natomiast koncentracja sodu i siarczanów utrzymywała się w tym czasie na zbliżonym poziomie. Brak informacji z poprzednich lat o zawartości fosforanów nie pozwolił na prześle-



dzenie zmian koncentracji tego składnika. Przy pewnym wzroście w ubiegłym okresie zużycia nawozów mineralnych przez rolnictwo na terenie zlewni, uzyskane wyniki nie przemawiają za tym jakoby głównym źródłem skażenia wód podziemnych były nawozy mineralne.

Jak wykazały badania terenowe wielu autorów [5-8], straty przez wymycie składników pokarmowych dostarczanych wraz z nawozami mineralnymi zależą od wielu czynników glebowych i klimatycznych. Są one jednak przy racjonalnym nawożeniu niewielkie i wynoszą dla azotu od 1,3 do 30 kg, fosforu od 0,2 do 0,8 kg oraz potasu od 1,1 do 13 kg czystego składnika w ciągu roku z powierzchni 1 ha gruntów ornych. W nieco większych ilościach wymyciu z warstwy ornej ulegają siarczany, w największych natomiast wapń, magnez i chlorki.

W badaniach własnych nie stwierdzono również udokumentowanej zależności wzrostu zawartości poszczególnych składników w wodach pod wpływem stosowania gnojowicy, co znajduje potwierdzenie w innych pracach [2, 7]. Nadmienić jednak należy, że fermy bezściołowe znajdujące się na terenie zlewni są niewielkie i na obecnym etapie nie stanowią znaczącego zagrożenia dla czystości wód.

Mimo to obecny stan wód wglębnych w badanej zlewni pod względem wymagań higienicznych i ekologicznych uznać należy za wielce niepokojący. Trudno jednak winę przypisywać wyłącznie stosowanym nawozom. Trzeba bowiem wziąć pod uwagę przede wszystkim gospodarkę ściekową oraz wiele innych czynników.

#### WNIOSKI

1. Koncentracja składników mineralnych w wodach na terenie badanej zlewni była w bardzo małym stopniu zależna od ilości stosowanych nawozów mineralnych i gnojowicy.

2. Zużycie nawozów mineralnych na jednostkę powierzchni gleb uprawnych w zlewni było w ostatnich 4 latach większe od średniej krajowej.

3. Wyniki analizy chemicznej wód podziemnych w konfrontacji z normatywami dla wód pitnych oraz wód powierzchniowych wykazały nadmierne koncentracje następujących składników: N—NH<sub>4</sub> w 16% przebadanych próbek, N—NO<sub>3</sub> w 59% przebadanych próbek, SO<sub>4</sub> w 26% przebadanych próbek, PO<sub>4</sub> w 65% przebadanych próbek.

#### LITERATURA

- [1] Bałuk A. Zawartość składników pokarmowych w wodach drenowych oraz wodach zbiorników otwartych na terenie zakładu doświadczalnego ochrony roślin Winnagóra. Pr. Nauk. IOR 1984, XXVI z. 2 s. 41.

- [2] Boćko J., Hus S., Matusiewicz H., Pytel I. Wpływ nawożenia gnojowicą gruntów ornych na jakość wód gruntowych. Zesz. Nauk. AR Wrocław, 1982 s. 138 - 147.
- [3] Bartoszewicz A. Zasolenie wód glebowo-gruntowych Wielkopolski oraz jego związek z warunkami glebowymi i intensyfikacją nawożenia. Rozpr. Nauk. AR w Poznaniu 1971 z. 91.
- [4] Borowiec S., Zabłocki Z. Wpływ intensywnego rolnictwa na skład chemiczny wód cieków i odcieków wód drenarskich w okolicy Szczecina. Zesz. Nauk. AR Szczecin 1980 nr 84 11.
- [5] Chojnacki A., Ślusarczyk E. Zawartość i straty niektórych składników mineralnych w wodach drenarskich z pól zakładu doświadczalnego Osiny k. Puław. Pam. Puł. 1982 z. 78 s. 49.
- [6] Maćkowiak Cz. Wpływ gnojowicy na chemiczne właściwości gleby. Wyd. Centr. Bibl. Rol., Warszawa 1977.
- [7] Margowski Z., Bartoszewicz A. Gehalte and Nitrat-Amonium und anderen Jonen im Grundwasser bei unterschiedlichen Höhe der Mineraldüngung. Arch. f. Acker. Pflbau. 1977 t. 21 nr 3 s. 231.
- [8] Sadowski S. Wpływ nawożenia na migrację składników mineralnych z gleby do wód gruntowych w warunkach produkcyjnych. Nowe Roln. 1985 nr 4 s. 4.
- [9] Sieroń H., Waśniowski B. Hydrochemiczne rozpoznanie wód podziemnych w zlewni Rudnej. ZBiPM „Cuprum” 1970 (maszynopis).
- [10] Walczak W. Obszar przedludecki. PWN, Wrocław 1970.
- [11] Wilk K., Rabikowska B. Pottery pitatielnych wieszczestw udobrenii na suglinistych poczwach. Mat. VII Int. Fertil. Congr. Moskva 1976.
- [12] Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. Cz. I. Badanie gleb. Wrocław 1969.

Э. РОШИК, Л. ШЕРШЕНЬ

### ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГЛУБИННЫХ ВОД

Отдел агрохимии Кафедры почвоведения и охраны сельской среды Сельскохозяйственной академии во Вроцлаве

#### Резюме

Проведенные на площади водосбора реки Рудна исследования по химическому составу глубинных вод позволили установить, что 65% исследованных вод содержали чрезмерные количества фосфора, 59% нитратов, 26% сульфатов и 16% аммиака. Не можно было однозначно констатировать, чтобы концентрации указанных элементов зависели от величины доз минеральных удобрений и применяемых на этой площади доз жидкого навоза.

E. ROSZYK, L. SZERSZEN

FERTILIZATION EFFECT ON THE CHEMICAL COMPOSITION  
OF SUBTERRANEAN WATERSChair of Agricultural Chemistry, Department of Soil Science  
and Rural Environment Protection  
Agricultural University of Wrocław

## Summary

Investigations on the composition of subterranean waters, carried out on the Rudna river catchment area have proved that in 65% of the waters tested excessive amounts of phosphorus, 59% of nitrates, 26% of sulphates and 16% of ammonia were contained. No univocal statements could be made that concentrations of the above elements would depend on the rates of mineral fertilizers or the rates of liquid manure applied on that area.

*Prof. dr E. Roszyk*  
*Katedra Chemii Rolniczej*  
*Akademia Rolnicza we Wrocławiu*  
*50-857 Wrocław, Grunwaldzka 53*

*Praca wpłynęła do redakcji w styczniu 1989 r.*

