

JANINA ZBIERSKA, AGNIESZKA E. ŁAWNICZAK, JERZY KUPIEC, ANNA ZBIERSKA

Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## **STĘŻENIE SKŁADNIKÓW BIOGENNYCH W WODACH GRUNTOWYCH I PODZIEMNYCH W ZLEWNI BEZPOŚREDNIEJ JEZIORA NIEPRUSZEWSKIEGO NARAŻONEGO NA ZANIECZYSZCZENIA POCHODZENIA ROLNICZEGO**

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań wykonanych w okresie od marca 2007 do marca 2008 roku, w ramach projektu badawczego nr 2 P06S 026 28, dotyczących stężenia składników biogenych w wodach gruntowych w zlewni bezpośredniej Jeziora Niepruszewskiego, znajdującego się w obszarze szczególnie narażonym na azotany pochodzenia rolniczego. Wykorzystano również dane z monitoringu wód podziemnych WIOŚ na ujęciu wody położonym na północ od jeziora. Poziom wody w piezometrach rejestrowano raz w miesiącu, a próby wody do analiz pobierano co drugi miesiąc. Badane wody gruntowe charakteryzowały się zmiennymi stężeniami składników biogenych. W niektórych studzienkach zlokalizowanych na granicy pól uprawnych i łąk notowano okresowo zwiększone stężenia azotanów, które zdecydowanie zmniejszyły się w kierunku jeziora. Woda podziemna na ujęciu w Kalwach nie budziła większych zastrzeżeń, wykazując jedynie okresowo podwyższony poziom amoniaku.

**Słowa kluczowe:** składniki biogenne, wody gruntowe, Jezioro Niepruszewskie, obszary szczególnie narażone na azotany (OSN)

### **Wstęp**

Długotrwała działalność rolnicza, zwłaszcza stosowanie nawozów naturalnych i sztucznych, skutkuje wprowadzeniem dużych ilości składników biogenych do agroekosystemów (JÓZEFczyk i in. 2001, ZBIERSKA i in. 2002, KUCHARZEWSKI i in. 2004, JASZCZYŃSKI i in. 2006, DURKOWSKI i in. 2007, ZBIERSKA i in. 2008). Niewykorzystane w produkcji składniki nawozowe rozpraszają się w środowisku, w szczególności przenikają do wód powierzchniowych i gruntowych. Stwarza to poważne zagrożenie dla

wód w postaci nasilenia eutrofizacji i towarzyszącej temu degradacji wód (CHERRY i IN. 2008). Zjawisko to jest szczególnie niekorzystne w odniesieniu do jezior, które retencjonują znaczne ilości składników biogennych dopływających z obszaru zlewni (BECHMANN 2005, ZBIERSKA i ŁAWNICZAK 2006). Przenikanie zanieczyszczeń do wód gruntowych stwarza również ryzyko zanieczyszczenia wód podziemnych stanowiących źródło wody pitnej. Liczne badania naukowe oraz monitoring środowiska dostarczają wielu danych o migracji zanieczyszczeń do wód powierzchniowych, natomiast słabiej rozpoznane jest zanieczyszczenie wód gruntowych pierwszego poziomu.

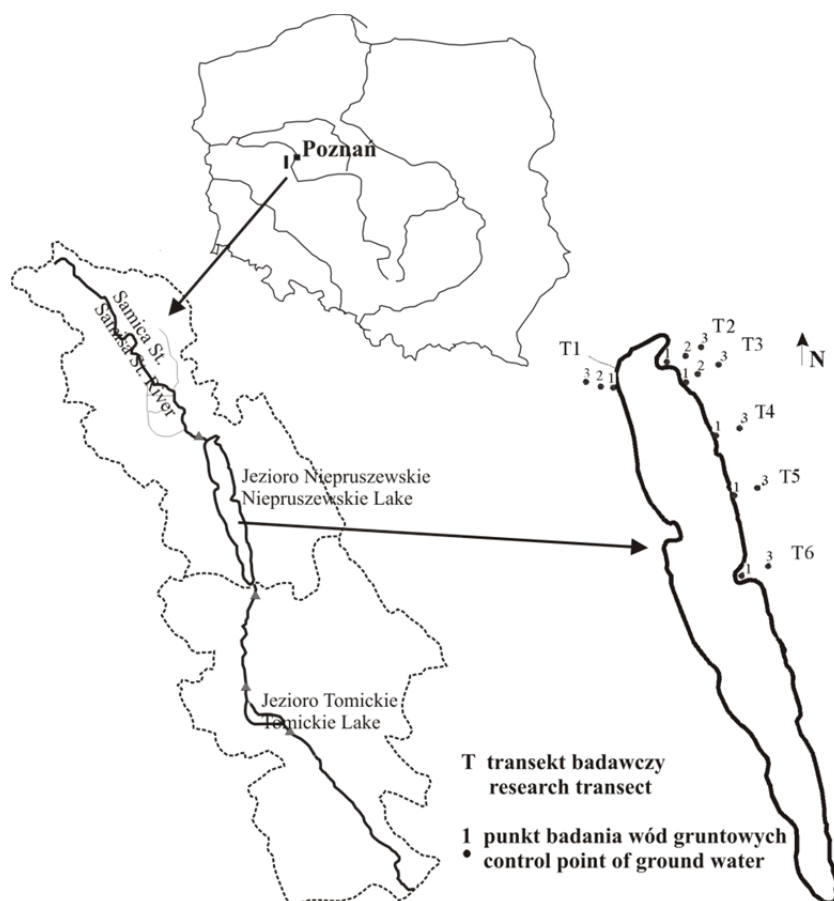
Celem pracy jest ocena zanieczyszczenia wód gruntowych na obszarze zlewni bezpośredniej Jeziora Niepruszewskiego i ryzyka migracji składników biogennych z tymi wodami do jeziora oraz jakości wód podziemnych na ujęciu wody.

## Material i metody

Badania wód gruntowych pierwszego poziomu przeprowadzono w okresie od marca 2007 do marca 2008 roku. Ze względu na ukształtowanie terenu i sposób jego użytkowania studzienki kontrolne (piezometry) zostały zlokalizowane w rynnice Jeziora Niepruszewskiego, od strony występowania pól uprawnych. Punkty badawcze znajdowały się w sześciu transektach: jeden (T1) po stronie zachodniej w części północnej Jeziora Niepruszewskiego (przy dopływie rzeki Samicy Sęszewskiej), a pięć (T2-T6) po stronie wschodniej równomiernie wzdłuż linii brzegowej od Więckowic do Zborowa (rys. 1). W każdym transekcie usytuowano po dwa lub trzy piezometry, w zależności od szerokości pasa łąk: pierwszy (1 – brzeg) w linii brzegowej jeziora (na granicy łąk i szuwarów), drugi (2 – łąka) w środkowej części pasa łąk, trzeci (3 – miedza) na granicy pól uprawnych i łąk. Odległość między studzienkami wynosiła od 35 do 60 m.

Poziom wody gruntowej w piezometrach rejestrowano raz w miesiącu, natomiast w jeziorze codziennie. Próby wody do analiz pobierano co drugi miesiąc. W wodach gruntowych standardowymi metodami oznaczano stężenie jonu amonowego, azotanów, azotynów, fosforanów rozpuszczonych, fosforu całkowitego, potasu oraz przewodność elektrolityczną właściwą i odczyn wody. Próby wody analizowano w laboratorium Katedry Ekologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. W pracy wykorzystano również dane z monitoringu wód podziemnych WIOŚ na ujęciu wody położonym na północ od jeziora. Ocena jakości wód podziemnych wykonano na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 11.02.2004 r. w sprawie klasyfikacji wód, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji wód powierzchniowych i podziemnych (ROZPORZĄDZENIE... 2004 b).

Zbierska J., Ławniczak A.E., Kupiec J., Zbierska A., 2011. Steżenie składników biogennych w wodach gruntowych i podziemnych w zlewni bezpośredniej Jeziora Niepruszewskiego narażonego na zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 5, #103.



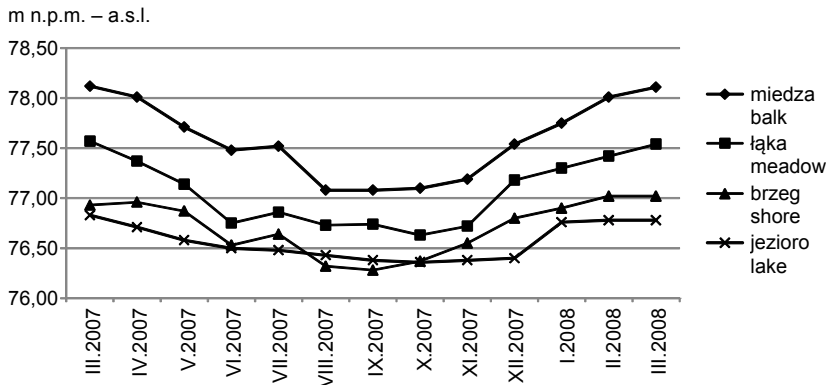
Rys. 1. Rozmieszczenie punktów badania wody gruntowej w zlewni Jeziora Niepruszewskiego

Fig. 1. Location of research points of ground water in the Niepruszewskie Lake catchment

## Wyniki

### Poziom wód gruntowych i wody w jeziorze

Pomiary stanów wody gruntowej w studzienkach kontrolnych oraz wody w jeziorze Niepruszewskim wykazały regularne zmiany położenia lustra wody w ciągu roku (rys. 2). Poziom wody uzależniony był od warunków meteorologicznych i przebiegu wegetacji. Opady zimowe i wiosenne przyczyniały się do podniesienia poziomu wody i odtworzenia retencji wody w gruncie. Wraz ze wzrostem temperatury i rozwojem roślin, poziom wody się obniżał. Najniższe stany wody zanotowano od lipca do września. W tym okresie



Rys. 2. Zmiany średniego poziomu wody gruntowej w piezometrach oraz zwierciadła wody w Jeziorze Niepruszewskim

Fig. 2. Changes of average groundwater level in the piezometers and water level in the Niepruszewskie Lake

woda prawie w całości wykorzystywana była przez rośliny, a także na parowanie terenne, mimo zwiększonej ilości opadów. Po zakończeniu wegetacji i jesiennym obniżeniu temperatury poziom wód gruntowych zaczynał się systematycznie podnosić.

W większości badanych transektów położone zwierciadła wody gruntowej odzwierciedlało ukształtowanie terenu – następowało obniżenie zwierciadła wraz ze spadkiem powierzchni terenu w kierunku jeziora (rys. 2). Wyjątek stanowiły transekty T5 i T6, gdzie wyższe stany wody w ciągu roku zanotowano przy brzegu jeziora – w porównaniu ze stanowiskami położonymi na granicy łąk i pól uprawnych. Było to związane z występowaniem w tym obszarze płytko zalegających utworów nieprzepuszczalnych w gruncie i podnoszeniem się ich w kierunku jeziora, a także z zasilaniem studzienek w strefie brzegowej wodą z jeziora. Zanotowano tu znacznie mniejsze obniżanie się zwierciadła wody gruntowej w okresie letnim, średnio mniej więcej o 50 cm w porównaniu z pozostałymi stanowiskami. W studzienkach leżących na granicy pól uprawnych i łąk poziom wody obniżał się nawet o ponad metr. W sierpniu i we wrześniu w studzienkach zlokalizowanych przy brzegu jeziora lustro wody gruntowej było niższe niż w jeziorze, co oznacza, że wody gruntowe w strefie przybrzeżnej były w tym okresie zasilane przez jezioro.

### Jakość wód gruntowych

Najwyższe stężenia amonu notowano na brzegu jeziora, a podwyższone na granicy pól uprawnych i łąk (tab. 1). Poziom tego składnika w wodzie wahał się od 0 do 4,64 mg NH<sub>4</sub> w 1 dm<sup>3</sup> (tab. 2). Zmiany stężenia amonu w wodzie gruntowej zarówno na miedzy, jak i na łące były nieregularne i nie zanotowano większych odchyśleń (rys. 3). Natomiast przy brzegu jeziora stężenie amonu w wodzie wyraźnie wzrastało wraz z rozwojem wegetacji (od maja do listopada), a malało w okresie zimowym. Wiąże się to z pewnością z aktywnością mikroorganizmów i przemianami azotu w grubej warstwie osadów organicznych w strefie brzegowej jeziora.

Zbińska J., Ławniczak A.E., Kupiec J., Zbińska A., 2011. Stężenie składników biogenych w wodach gruntowych i podziemnych w zlewni bezpośredniej Jeziora Niepruszewskiego narażonego na zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego. Nauka Przyr. Technol. 5, 5, #103.

Tabela 1. Średnie wartości wskaźników jakości wody gruntowej w zlewni Jeziora Niepruszewskiego

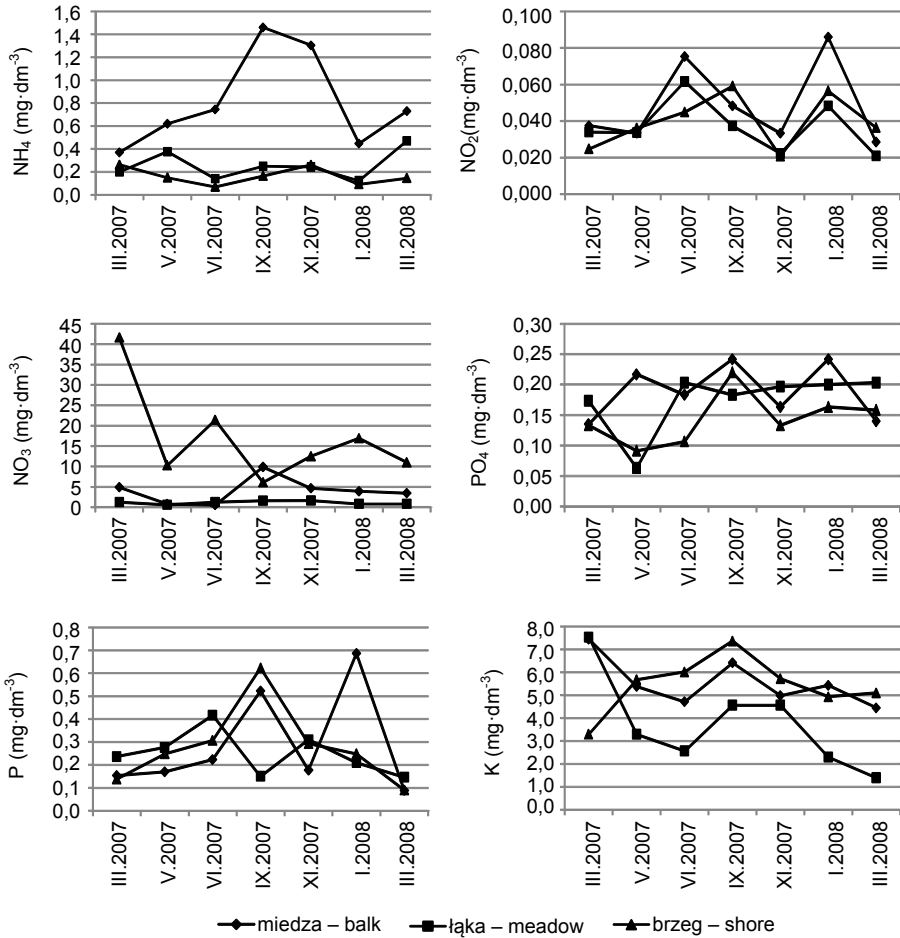
Table 1. Mean value of quality indicators of groundwater in the Niepruszewskie Lake catchment

Wskaźnik Indicator	Lokalizacja – Localization					
	brzeg – shore		łąka – meadow		miedza – balk	
	średnia mean	odchylenie standardowe standard deviation	średnia mean	odchylenie standardowe standard deviation	średnia mean	odchylenie standardowe standard deviation
Amon – NH <sub>4</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> ) Ammonium – NH <sub>4</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> )	0,81	0,42	0,26	0,13	0,16	0,08
Azotany – NO <sub>3</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> ) Nitrates – NO <sub>3</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> )	4,00	3,11	1,14	0,41	17,1	11,88
Azotyny – NO <sub>2</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> ) Nitrites – NO <sub>2</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> )	0,049	0,023	0,037	0,014	0,040	0,015
Fosforany – PO <sub>4</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> ) Phosphates – PO <sub>4</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> )	0,19	0,05	0,17	0,05	0,15	0,04
Fosfor ogólny (mg·dm <sup>-3</sup> ) Total phosphorus (mg·dm <sup>-3</sup> )	0,29	0,22	0,25	0,10	0,28	0,17
Potas (mg·dm <sup>-3</sup> ) Potassium (mg·dm <sup>-3</sup> )	5,5	1,1	3,7	2	5,5	1,2
Przewodność (μS·dm <sup>-3</sup> ) Conductivity (μS·dm <sup>-3</sup> )	1 445	98	1 400	95	1 246	162
pH	7,2	0,1	7,3	0,1	7,4	0,1

Stężenie **azotanów** w wodzie gruntowej w zlewni bezpośredniej Jeziora Niepruszewskiego zawierało się w granicach od 0 do 177 mg NO<sub>3</sub> w 1 dm<sup>3</sup> (tab. 2). Największe wartości odnotowano na granicy pól uprawnych i łąk (miedza), gdzie średnio wynosiły 17,1 mg NO<sub>3</sub> w 1 dm<sup>3</sup> (tab. 1). W transekcie T4 stężenie azotanów przekroczyło wartość progową 50 mg NO<sub>3</sub> w 1 dm<sup>3</sup> określoną w Dyrektywie Azotanowej – średnio wynosiło 61,09 mg NO<sub>3</sub> w 1 dm<sup>3</sup>, a w marcu osiągnęło maksymalną wartość ponad 177 mg NO<sub>3</sub> w 1 dm<sup>3</sup>. Duża koncentracja azotanów w tej części zlewni wynika z intensywnej produkcji rolniczej i chowu trzody chlewnej oraz dużego obciążenia pól uprawnych nawozami. Najniższe stężenia azotanów stwierdzono w transekcie T3, gdzie wahały się od 0 do 17,0 mg NO<sub>3</sub> w 1 dm<sup>3</sup>. Może to wynikać z wyłączenia pól uprawnych w tej części zlewni z rolniczego użytkowania i ich przeznaczenia pod zabudowę mieszkaniową.

Poziom azotanów w środkowym pasie łąk był bardzo niski i wynosił od 0 do 3,76 mg NO<sub>3</sub> w 1 dm<sup>3</sup> (średnio 1,14 mg NO<sub>3</sub> w 1 dm<sup>3</sup>, tab. 1). Większe stężenie zanotowano przy brzegu jeziora: średnio 4,0 mg NO<sub>3</sub> w 1 dm<sup>3</sup> (tab. 1), a w poszczególnych miesiącach wynosiło ono od 0 do 28,6 mg NO<sub>3</sub> w 1 dm<sup>3</sup> (tab. 2). W strefie szuwarowej największe wartości, przekraczające 20 mg NO<sub>3</sub> w 1 dm<sup>3</sup>, zanotowano w transektach T2 i T6, sąsiadujących z intensywnie użytkowanymi polami uprawnymi. Na granicy pól

Zbierska J., Ławniczak A.E., Kupiec J., Zbierska A., 2011. Stężenie składników biogenych w wodach gruntowych i podziemnych w zlewni bezpośredniej Jeziora Niepruszewskiego narażonego na zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego. Nauka Przyr. Technol. 5, 5, #103.



Rys. 3. Zmiany sezonowe stężenia składników biogenych w wodzie gruntowej w zlewni Jeziora Niepruszewskiego

Fig. 3. Season changes of nutrient concentrations in groundwater in the Niepruszewskie Lake catchment

uprawnych i łąk wartości te były znacznie większe w porównaniu do pasa łąk i strefy szuwarowej (rys. 3). W miesiącach jesienno-zimowych i na początku wiosny poziom azotanów w wodach gruntowych był wyższy w porównaniu do okresu wegetacyjnego (maj – wrzesień).

Stężenie **azotanów** w wodzie gruntowej w sąsiedztwie Jeziora Niepruszewskiego wynosiło średnio 0,04 mg NO<sub>2</sub> w 1 dm<sup>3</sup> i wahało się od 0 do 0,184 mg NO<sub>2</sub> w 1 dm<sup>3</sup> (tab. 2). Średnie stężenie zarówno dla miedzy, jak i dla łąki wynosiło 0,04 mg NO<sub>2</sub> w 1 dm<sup>3</sup>, natomiast przy brzegu jeziora było większe i wynosiło 0,049 mg NO<sub>2</sub> w 1 dm<sup>3</sup> (tab. 1). Przebieg zmian stężenia azotanów był nieregularny, choć odnotowano wzrost

Zbińska J., Ławniczak A.E., Kupiec J., Zbińska A., 2011. Stężenie składników biogennych w wodach gruntowych i podziemnych w zlewni bezpośredniej Jeziora Niepruszewskiego narażonego na zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego. Nauka Przyr. Technol. 5, 5, #103.

Tabela 2. Zakres wahań i średnie stężenia związków azotu w wodzie gruntowej w zlewni Jeziora Niepruszewskiego w okresie od marca 2007 do marca 2008

Table 2. Range and average concentration of nitrogen compounds in groundwater in the Niepruszewskie Lake catchment in period March 2007 to March 2008

Lokalizacja Localization		Amon – NH <sub>4</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> ) Ammonium – NH <sub>4</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> )		Azotany – NO <sub>3</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> ) Nitrates – NO <sub>3</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> )		Azotyny – NO <sub>2</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> ) Nitrites – NO <sub>2</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> )	
		zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean
T1	Brzeg Shore	0,15-4,64	1,08	0-1,11	0,46	0,016-0,056	0,037
	Łąka Meadow	0,05-0,62	0,25	0-1,55	0,44	0,010-0,046	0,032
	Miedza Balk	0-0,26	0,13	0-21,3	3,37	0-0,171	0,052
T2	Brzeg Shore	0,1-2,31	0,54	0-28,6	13,06	0,039-0,148	0,075
	Łąka Meadow	0,01-0,37	0,26	0-3,76	2,13	0-0,061	0,032
	Miedza Balk	0,01-0,27	0,13	0-25,2	11,43	0,015-0,043	0,033
T3	Brzeg Shore	0,06-1,66	0,52	0-1,11	0,35	0,010-0,118	0,050
	Łąka Meadow	0,1-0,53	0,26	0-1,55	0,84	0,013-0,085	0,047
	Miedza Balk	0-0,21	0,12	0-17,0	4,56	0,007-0,076	0,029
T4	Brzeg Shore	0,04-0,42	0,21	0-9,52	1,57	0,013-0,184	0,059
	Miedza Balk	0-0,18	0,05	0-177	44,65	0,013-0,122	0,043
T5	Brzeg Shore	0,17-2,73	1,36	3,00	3,98	0,016-0,069	0,036
	Miedza Balk	0,04-0,81	0,32	0,22-26,1	13,36	0,003-0,056	0,035
T6	Brzeg Shore	0,37-2,6	1,16	0-25,6	4,60	0,003-0,059	0,037
	Miedza Balk	0,06-0,72	0,22	15,7-47,2	25,27	0,007-0,141	0,046

w okresie letnim (VII) oraz spadek w okresie jesiennym i wiosennym (III i XI) (rys. 3). Wyraźny wzrost poziomu azotynów zanotowano także w styczniu 2008 roku, zwłaszcza w strefie brzegowej, co może wynikać z wysokich temperatur tej zimy i braku zamarza-

nia gruntu, a także zasilania tej strefy wodą z jeziora, w której azotynów było więcej (ZBIERSKA i IN. 2008).

Przez większość okresu badań wyższe stężenia azotynów notowane były na brzegu jeziora i na łące, tylko we wrześniu stwierdzono wyższe średnie stężenie azotynów na granicy pola uprawnego i łąki (rys. 3).

Analizując stężenie **fosforanów** w wodzie gruntowej w transekcje, największe wartości stwierdzono na granicy łąki i brzegu jeziora, gdzie średnio wynosiło 0,19 mg PO<sub>4</sub> w 1 dm<sup>3</sup>, a najmniejsze na miedzy – średnio 0,15 mg PO<sub>4</sub> w 1 dm<sup>3</sup> (tab. 1). W poszczególnych transektach poziom fosforanów wynosił od 0 do 0,95 mg PO<sub>4</sub> w 1 dm<sup>3</sup> (tab. 3). Największy wzrost stężenia fosforanów stwierdzono w maju w transekcje T5. Ogólnie zmiany sezonowe poziomu fosforanów w wodzie gruntowej były stosunkowo niewielkie i nieregularne, jedynie w okresie wiosennym zanotowano pewien spadek poziomu fosforanów na miedzy i w pasie łąk (rys. 3).

Tabela. 3. Zakres wahań i średnie stężenia związków fosforu i potasu w wodzie gruntowej w zlewni Jeziora Niepruszewskiego w okresie od marca 2007 do marca 2008

Table 3. Range and average concentration of phosphorus compounds and potassium in groundwater of the Niepruszewskie Lake catchment in the period March 2007 to March 2008

Lokalizacja Localization		Fosforany – PO <sub>4</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> ) Phosphates – PO <sub>4</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> )		Fosfor ogólny (mg·dm <sup>-3</sup> ) Total phosphorus (mg·dm <sup>-3</sup> )		Potas (mg·dm <sup>-3</sup> ) Potassium (mg·dm <sup>-3</sup> )	
		zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean
1		2	3	4	5	6	7
T1	Brzeg Shore	0-0,18	0,12	0,08-1,06	0,39	0,8-3,8	2,0
	Łąka Meadow	0,01-0,19	0,11	0,07-0,23	0,15	0,3-2,5	1,0
	Miedza Balk	0,03-0,18	0,1	0,10-0,90	0,25	1,0-8,6	3,0
T2	Brzeg Shore	0,02-0,27	0,14	0,06-2,41	0,54	4,8-10,5	6,6
	Łąka Meadow	0,03-0,37	0,16	0,10-0,31	0,17	2,1-4,0	3,2
	Miedza Balk	0,08-0,18	0,16	0,13-0,56	0,41	1,6-3,1	2,6
T3	Brzeg Shore	0,08-0,36	0,2	0,06-0,22	0,14	0,8-5,0	1,8
	Łąka Meadow	0,13-0,39	0,25	0,10-0,95	0,43	1,3-10,0	7,0
	Miedza Balk	0,05-0,24	0,14	0,04-0,94	0,33	0,8-2,5	1,5



Tabela 3 – cd. / Table 3 – cont.

	1	2	3	4	5	6	7
T4	Brzeg Shore	0,06-0,32	0,2	0,06-0,63	0,17	1,0-1,9	1,5
	Miedza Balk	0,07-0,30	0,15	0,10-0,17	0,13	1,4-1,9	1,7
T5	Brzeg Shore	0,16-0,95	0,35	0,06-0, 80	0,28	15,9-23,6	19,1
	Miedza Balk	0,07-0,19	0,14	0,05-0,73	0,31	7,0-16,8	13,8
T6	Brzeg Shore	0,03-0,19	0,12	0,06-0,38	0,21	1,0-4,3	2,2
	Miedza Balk	0,09-0,29	0,18	0,10-0,62	0,24	5,0-13,3	10,1

Średnie wartości stężenia **fosforu ogólnego** w wodzie gruntowej na miedzy i brzegu były zbliżone (wynosiły odpowiednio 0,28 i 0,29 mg P w 1 dm<sup>3</sup>), a na łące były niższe (0,25 mg P w 1 dm<sup>3</sup>, tab. 1). Ogólnie stężenie tego składnika wahało się od 0,10 do 0,94 mg P w 1 dm<sup>3</sup> (tab. 3). Przebieg sezonowych zmian również wykazywał nieregularność. Najwyższe wartości we wszystkich transektach stwierdzono na granicy pól i łąk we wrześniu, a na brzegu jeziora we wrześniu i styczniu (rys. 3).

Ilość **potasu** występująca w badanej wodzie gruntowej była na ogół niewielka (tab. 1 i 3). Średnie stężenie w wodzie gruntowej na brzegu jeziora i na granicy pól uprawnych wyniosło 5,5 mg K w 1 dm<sup>3</sup>, natomiast w pasie łąk tylko 3,7 mg K w 1 dm<sup>3</sup>. W większości studzienek w okresie badań jego stężenie wynosiło od 0,3 do 13,3 mg·dm<sup>-3</sup>, jedynie w transekcji T5 było większe, gdzie wynosiło od 7,0 do 23,6 mg·dm<sup>-3</sup> (tab. 3). Podwyższone stężenia potasu zanotowano także w transekcji 2 na brzegu jeziora oraz w transekcji 6 na granicy pól uprawnych. Są to tereny, na których stosowano duże dawki nawozów naturalnych, w tym gnojówki, w związku z intensywnym chowem zwierząt. Z analizy zmian sezonowych stężenia potasu w wodzie gruntowej wynika, że w pasie łąk i przy brzegu jeziora było ono wyższe wiosną i jesienią, natomiast na granicy pól uprawnych wzrastało tylko jesienią (rys. 3). Pokrywało się to z terminami stosowania nawozów naturalnych i mineralnych nawozów potasowych.

**Przewodność elektrolityczna** wody gruntowej w zlewni Jeziora Niepruszewskiego mieściła się w przedziale od 734 do 2650  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (tab. 4). Największe wartości zanotowano na brzegu (średnio 1445  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) i na łące (średnio 1400  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , tab. 1). Analizując przebieg zmian konduktywności (rys. 4), można zauważyć, że spadała ona wraz z rozwojem wegetacji, natomiast jesienią zaczynała ponownie wzrastać. Największe wartości zanotowano na łące w transekcji T1 (średnio 1820  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), a najmniejsze – na miedzy w transekcji T4 (średnio 886  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , tab. 1).

**Odczyn wody** w studzienkach gruntowych wykazywał małe zróżnicowanie (tab. 1), był zbliżony do obojętnego lub zasadowy i wynosił od 6,9 do 7,8 (tab. 2). Najmniejszą wartość odczynu wody (pH poniżej 7) w całym okresie badań zanotowano na łące

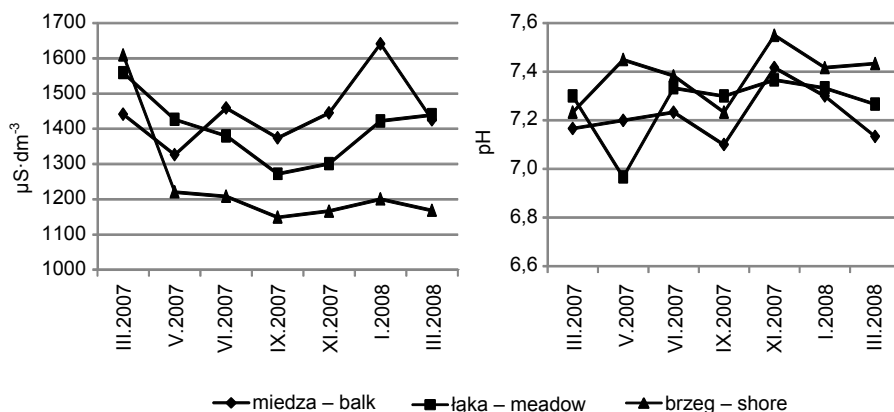
Tabela 4. Zakres wahań i średnie wartości przewodności elektrolitycznej i odczynu w wodzie gruntowej w zlewni Jeziora Niepruszewskiego w okresie od marca 2007 do marca 2008

Table 4. Range and average value of conductivity and pH of groundwater in the Niepruszewskie Lake catchment in the period March 2007 to March 2008

Lokalizacja Localization		Przewodność ( $\mu\text{S}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) Conductivity ( $\mu\text{S}\cdot\text{dm}^{-3}$ )		pH	
		zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean
T1	Brzeg Shore	1 205-2 650	1 661	7,0-7,4	7,1
	Łąka Meadow	1 687-1 060	1 820	6,4-7,1	6,9
	Miedza Balk	1 326-1 852	1 651	7,1-7,6	7,3
T2	Brzeg Shore	1 059-1 212	1 137	7,2-7,6	7,4
	Łąka Meadow	1 171-1 273	1 255	7,2-7,7	7,5
	Miedza Balk	1 031-1 346	1 212	6,7-7,7	7,4
T3	Brzeg Shore	1 245-1 365	1 321	7,0-7,4	7,2
	Łąka Meadow	920-1 718	1 126	7,3-7,5	7,4
	Miedza Balk	864-1 016	920	7,2-7,7	7,4
T4	Brzeg Shore	1 158-1 401	1 260	6,9-7,4	7,2
	Miedza Balk	734-939	886	7,2-7,6	7,3
T5	Brzeg Shore	1 520-1 771	1 630	7,0-7,8	7,3
	Miedza Balk	1 047-2 350	1 367	7,1-7,5	7,4
T6	Brzeg Shore	1 335-1 925	1 661	6,9-7,5	7,2
	Miedza Balk	1 092-2 750	1 442	7,2-7,7	7,5

w transekcie T1. W poszczególnych ciągach studzienek nie stwierdzono znacznego zróżnicowania i nie zaobserwowano jednoznacznej zmienności sezonowej.

Zbierska J., Ławniczak A.E., Kupiec J., Zbierska A., 2011. Stężenie składników biogenych w wodach gruntowych i podziemnych w zlewni bezpośredniej Jeziora Niepruszewskiego narażonego na zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 5, #103.



Rys. 4. Zmiany przewodności elektrolitycznej i odczynu (pH) wody gruntowej w zlewni Jeziora Niepruszewskiego

Fig. 4. Changes of conductivity and pH in groundwater in the Niepruszewskie Lake catchment

### Jakość głębszych wód podziemnych

Na obszarze badanej zlewni ocena jakości głębszych wód podziemnych w latach 2005-2007 przeprowadzana była przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu tylko w jednym punkcie, na ujęciu wody w Kalwach. Jakość tych wód nie budziła większych zastrzeżeń pod względem analizowanych wskaźników (tab. 5). Temperatura i odczyn wody oraz stężenie tlenu rozpuszczonego w całym okresie badań

Tabela 5. Wybrane wskaźniki jakości wody podziemnej na ujęciu w Kalwach (dane Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Poznaniu)

Table 5. Selected indicators of groundwater quality of water intake in Kalwy (Voivodship Inspectorate for Environmental Protection in Poznań data)

Wskaźnik Indicator	Data pomiaru Sampling date				Klasa jakości Quality class
	V 2006	X 2006	V 2007	XI 2007	
1	2	3	4	5	6
Temperatura wody (°C) Water temperature (°C)	11,1	11,4	12,0	9,0	I
Tlen rozpuszczony – O <sub>2</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> ) Soluble oxygen – O <sub>2</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> )	3,40	2,60	2,10	6,70	I
pH	7,30	7,22	7,22	7,50	I
Przewodność (µS·cm <sup>-1</sup> ) Conductivity (µS·cm <sup>-1</sup> )	854	852	842	917	II

Tabela 4 – cd. / Table 5 – cont.

1	2	3	4	5	6
Azotany – NO <sub>3</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> ) Nitrates – NO <sub>3</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> )	0,354	0,004	0,425	0,323	I
Azotyny – NO <sub>2</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> ) Nitrites – NO <sub>2</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> )	0,020	0,007	0,020	0,016	I-II
Azot ogólny (mg·dm <sup>-3</sup> ) Total nitrogen (mg·dm <sup>-3</sup> )	1,431	1,460	0,957	0,749	–
Azot Kjeldahla – N (mg·dm <sup>-3</sup> ) Kjeldahl nitrogen – N (mg·dm <sup>-3</sup> )	1,345	1,457	0,855	0,644	–
Amon – NH <sub>4</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> ) Ammonium – NH <sub>4</sub> (mg·dm <sup>-3</sup> )	0,277	0,685	0,057	0,175	I-III

odpowiadały kryteriom I klasy jakości, przewodność natomiast II klasy jakości. Poziom azotynów w dwóch pomiarach mieścił się w I klasie, w trzech pozostałych w II klasie. Jedynie stężenie amonu było zwiększone i przez większość okresu odpowiadało II klasie, a w październiku 2006 roku nawet III klasie.

## Dyskusja

Poziom wody gruntowej oraz jego zmiany sezonowe w omawianym okresie badań były zbliżone do obserwacji prowadzonych na tym obszarze w latach 2000-2002 (ZBIERSKA i IN. 2002, ZBIERSKA i ŁAWNICZAK 2002). Natomiast stan wody w Jeziorze Niepruszewskim był niższy, w związku z obniżeniem poziomu piętrzenia wody w tym akwenu w 2002 roku (ZBIERSKA i KUPIEC 2004). W związku z powyższym w latach 2007-2008 nie występowało już zasilanie wód gruntowych w strefie brzegowej w okresie wiosennym (tj. maksymalnego piętrzenia) przez wodę z jeziora i modyfikujące oddziaływanie wody z jeziora na jakość wód gruntowych.

W porównaniu z wcześniejszymi wynikami badań wód gruntowych w latach 2000-2002 (ZBIERSKA i ŁAWNICZAK 2002, ZBIERSKA i IN. 2002) zanotowano obecnie zmniejszenie średniego stężenia amonu we wszystkich punktach (mniej więcej o 40% w strefie brzegowej i blisko sześciokrotnie na miedzy i w pasie łąk), azotanów na granicy pól uprawnych i w pasie łąk (ok. dwukrotnie), fosforanów na granicy pól i łąk (o 24%) oraz potasu w pasie łąk (o 13%). Może to być wynikiem działań kontrolnych i ograniczających intensywność produkcji rolnej, podejmowanych od 2004 roku w związku z wyznaczeniem obszaru szczególnie narażonego na azotany (ROZPORZĄDZENIE... 2003) i wprowadzeniem mocą prawa lokalnego programu działań na rzecz ograniczenia spływu zanieczyszczeń ze źródeł rolniczych (ROZPORZĄDZENIE... 2004, KUPIEC i IN. 2008). Wzrost wartości stwierdzono w strefie brzegowej jeziora dla stężenia azotanów (o 33%) i potasu (o 25%) oraz przewodności elektrolitycznej (o 30%), a także w pasie łąk w odniesieniu do fosforanów (o 15%). Może to być spowodowane mniej intensywnym wykaszaniem łąk oraz obniżeniem poziomu wody w jeziorze.

Dla oceny oddziaływania wód gruntowych na jakość wód w jeziorze i kierunku migracji składników biogenych ważne jest odniesienie uzyskanych wyników badań do jakości wody w jeziorze (ŁAWNICZAK i IN. 2008, ZBIERSKA i IN. 2008). Stężenie amonu w wodzie Jeziora Niepruszewskiego wynosiło średnio  $0,31 \text{ mg NH}_4 \text{ w } 1 \text{ dm}^3$  i zawierało się w przedziale od  $0,05$  do  $0,60 \text{ mg NH}_4 \text{ w } 1 \text{ dm}^3$ . Było ono większe niż na granicy pól i w pasie łąk, natomiast mniejsze niż w strefie brzegowej. Stężenie azotanów w wodzie Jeziora Niepruszewskiego w badanych miesiącach wynosiło od  $0$  do  $24,2 \text{ mg NO}_3 \text{ w } 1 \text{ dm}^3$  (średnio  $10,9 \text{ mg NO}_3 \text{ w } 1 \text{ dm}^3$ ) i było większe niż w wodzie gruntowej w strefie brzegowej i w pasie łąk. Wynika z powyższego, że wody gruntowe z pól nie wnosiły związków azotowych do jeziora. Stężenie fosforanów (średnio  $0,09 \text{ mg PO}_4 \text{ w } 1 \text{ dm}^3$ ) i fosforu ogólnego (średnio  $0,09 \text{ mg P w } 1 \text{ dm}^3$ ) w wodzie jeziora było wyraźnie mniejsze niż w badanych wodach gruntowych. Wskazuje to na możliwość spływu tych związków z wodami gruntowymi do jeziora. Woda w jeziorze wykazywała o ok. połowę mniejszą przewodność (średnio  $692 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) niż badane wody gruntowe, co wskazuje na wyraźnie większe zmineralizowanie wód gruntowych. Badania wód powierzchniowych na tym obszarze wykazały, że głównym źródłem zasilania jeziora w składniki biogenne były ciekły (ZBIERSKA i IN. 2002, ZBIERSKA i IN. 2008). Woda w jeziorze ma większą wartość pH, co wiąże się z występowaniem kredy jeziornej w dnie i w sąsiedztwie tego akwenu oraz jej wydobywaniem w niedawnej przeszłości.

W badaniach wykazano wyraźną zmienność sezonową jakości wód gruntowych, w szczególności wzrost stężenia azotanów w okresie wiosennym jesienno-zimowym i spadek w okresie wegetacyjnym oraz wzrost stężenia amonu i fosforanów w okresie letnio-jesiennym. Podobne tendencje stwierdzili JÓZEFczyk i IN. (2001) w wodach gruntowych na polach uprawnych wielkoobszarowego gospodarstwa Manieczki. W badaniach tych zanotowano zbliżone stężenia amonu, nieco wyższe stężenia fosforanów i wielokrotnie wyższe stężenia azotanów. Zwiększone stężenia jonu amonowego, fosforanów i potasu w wodach gruntowych w miesiącach letnich zanotowali również JASZCZYŃSKI i IN. (2006) pod użytkami zielonymi, niezależnie od sposobu użytkowania i poziomu nawożenia. Autorzy Ci podkreślają, że zmiany te mogą wynikać z największej aktywności mikroorganizmów glebowych, rozkładających masę organiczną w okresie wysokich temperatur i uwalniających zawarte w nich składniki. Spadek stężenia azotanów w sezonie wegetacyjnym, obserwowany w niniejszych badaniach i wykazywany przez wielu autorów (JÓZEFczyk i IN. 2001, KUPIEC i IN. 2008, ŁAWNICZAK i ZBIERSKA 2007, JASZCZYŃSKI i IN. 2006), był wynikiem pobierania tego składnika przez rośliny i potwierdza ich ochronny wpływ na jakość wód. KUCHARZEWSKI i IN. (2004) w badaniach wód drenarskich i gruntowych terenów rolniczych Dolnego Śląska notowali zbliżone stężenia azotanów i fosforanów oraz nieco wyższe stężenia azotu amonowego, wykazując jednocześnie nieznaczne zanieczyszczenie badanych wód.

Na omawianym terenie większe stężenia składników biogenych obserwowano na polach i łąkach intensywnie nawożonych, zarówno nawozami mineralnymi, jak i naturalnymi. Podobne obserwacje poczynili również DURKOWSKI i IN. (2007), wykazując wyraźny wpływ obecności zagrody wiejskiej i stosowania gnojówki na zwiększone zanieczyszczenie wód gruntowych związkami azotu i potasem. W cytowanych bada-

niach wskazano także na ścisły związek stężenia składników biogenych ze zmianami poziomu wody gruntowej, tj. zmniejszenie stężenia przy obniżaniu poziomu wody.

## Wnioski

1. Poziom wody gruntowej jest związany z ukształtowaniem terenu oraz wykazuje regularne zmiany w ciągu roku związane z warunkami meteorologicznymi i przebiegiem wegetacji. W okresie jesienno-zimowym notowano wyższe stany wody, natomiast w sezonie wegetacyjnym poziom wody wyraźnie się obniżał.

2. Podwyższone stężenia azotanów notowano w wodach gruntowych na granicy pól uprawnych i łąk, najniższe w środkowym pasie łąk. Wskazuje to na ograniczające oddziaływanie użytków zielonych w odniesieniu do spływu azotanów do wód. Stężenie azotanów przekraczające poziom 50 mg NO<sub>3</sub> w 1 dm<sup>3</sup>, określony jako progowy w Dyrektywie Azotanowej, zanotowano tylko w jednym punkcie, w miejscu stosowania dużej ilości nawozów mineralnych oraz naturalnych pochodzących z intensywnego chowu trzody chlewnej.

3. Stężenie amonu, azotynów i fosforu było wyższe w strefie brzegowej jeziora, co wynika z nagromadzenia większej ilości materii organicznej w glebie i uwalniania składników w procesie mineralizacji.

4. Poziom potasu w badanych wodach gruntowych był niski i stosunkowo mało zróżnicowany. Odczyn wody był zbliżony do obojętnego lub zasadowy i ustabilizowany. Przewodność elektrolityczna była zróżnicowana, nieco większa w strefie brzegowej jeziora.

5. W okresie badań stwierdzono wyraźną zmienność sezonową jakości wód gruntowych, w szczególności wzrost stężenia azotanów w okresie jesienno-zimowym i spadek w okresie wegetacyjnym oraz wzrost stężenia amonu i fosforanów w okresie letnio-jesiennym.

6. Jakość wód podziemnych na ujęciu wody nie budziła zastrzeżeń, wykazywała jedynie okresowo nieco podwyższony poziom amonu.

## Literatura

- BECHMANN M.E., BERGE D., EGGESTAD H.O., VANDSEMB S.M., 2005. Phosphorus transfer from agricultural areas and its impact on the eutrophication of lakes – two long-term integrated studies from Norway. *J. Hydrol.* 304, 1-4: 238-250.
- CHERRY K.A., SHEPHERD M., WITHERS P.J.A., MOONEY S.J., 2008. Assessing the effectiveness of actions to mitigate nutrient loss from agriculture: a review of methods. *Sci. Total Environ.* 406: 1-23.
- DURKOWSKI T., BURCZYK P., KRÓLAK B., 2007. Stężenie wybranych składników chemicznych w wodach gruntowych i roztworze glebowym w małej zlewni rolniczej. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 7, 1(19): 5-15.
- JASZCZYŃSKI J., CHRZANOWSKI S., SAPEK A., 2006. Jakość wód gruntowych pod użytkami zielonymi różnie użytkowanymi. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 6, 2(18): 111-127.

Zbierska J., Ławniczak A.E., Kupiec J., Zbierska A., 2011. Steżenie składników biogenych w wodach gruntowych i podziemnych w zlewni bezpośredniej Jeziora Niepruszewskiego narażonego na zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 5, #103.

- JÓZEFczyk D., Leśny J., Wandelt W., 2001. Zmienność czasowa i przestrzenna biogenów w wodzie gruntowej na terenie gospodarstwa Manieczki. *Rocz. AR Pozn.* 329, *Melior.* 21: 87-93.
- Kucharzewski A., Nowak L., Szymańska-Pulikowska A., 2004. Zawartość składników biogenych w odciekach drenarskich, wodach gruntowych i powierzchniowych na wybranych terenach rolniczych Dolnego Śląska. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 499: 203-209.
- Kupiec J., Ławniczak A.E., Zbierska J., 2008. Action reducing the outflow of nitrates from agricultural sources to waters on the nitrate vulnerable zone in the catchment of the Samica Sęszewska river. *Ann. Warsaw Univ. Life Sci. SGGW Land Reclam.* 40: 3-13.
- Ławniczak A.E., Zbierska J., 2007. Wpływ sposobu użytkowania strefy przybrzeżnej jeziora na jakość wód gruntowych. *Fragm. Agronom.* 95, 3: 283-291.
- Ławniczak A.E., Zbierska J., Kupiec J., 2008. Changes of nutrient concentrations in water sensitive to nitrate pollution from agricultural sources in the Samica Sęszewska river catchment. *Ann. Warsaw Univ. Life Sci. SGGW Land Reclam.* 40: 15-25.
- ROZPORZĄDZENIE Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Poznaniu z dnia 2 grudnia 2003 roku w sprawie określenia wód wrażliwych na zanieczyszczenia związkami azotu ze źródeł rolniczych oraz obszarów szczególnie narażonych, z których odpływ azotu ze źródeł rolniczych do tych wód należy ograniczyć. 2003. *Dz. Urz. Woj. Wlkp.* 192, poz. 3568.
- ROZPORZĄDZENIE Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Poznaniu z dnia 31 marca 2004 roku w sprawie programu działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych dla obszaru zlewni rzek Samica Sęszewska i Mogilnica. 2004 a. *Dz. Urz. Woj. Wlkp.* 51, poz. 1173.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji wód, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji wód powierzchniowych i podziemnych. 2004 b. *Dz. U.* 32, poz. 284.
- Zbierska J., Kupiec J., 2004. Ekologiczne skutki obniżenia poziomu wody w Jeziorze Niepruszewskim. *Zesz. Nauk. AR Krak.* 412, *Inż. Środ.* 25: 21-30.
- Zbierska J., Ławniczak A., 2002. Zmiany zawartości składników nawozowych w wodach gruntowych strefy przybrzeżnej Jeziora Niepruszewskiego. *Rocz. AR Pozn.* 342, *Melior.* 23: 548-557.
- Zbierska J., Ławniczak A.E., 2006. Wpływ jezior przepływowych na jakość wody w rzece Samicy Sęszewskiej. *Zesz. Nauk. AR Krak. Inż. Środ.* 27: 7-15.
- Zbierska J., Murat-Błażejewska S., Szoszkiewicz K., Ławniczak A.E., 2002. Bilans biogenów w agroekosystemach Wielkopolski w aspekcie ochrony jakości wód na przykładzie zlewni Samicy Sęszewskiej. *Wyd. AR, Poznań.*
- Zbierska J., Murat-Błażejewska S., Szoszkiewicz K., Kupiec J., Ławniczak A., Kujawa J., Sojka M., 2008. Raport końcowy z projektu badawczego nr 2 P06S 026 28 „Ocena skuteczności kontrolowania obiegu biogenów w agro-ekosystemach i wdrażania dyrektywy azotanowej na obszarze demonstracyjnym zlewni rzeki Samicy Sęszewskiej”. *Maszynopis. Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska AR, Poznań.*

## NUTRIENT CONCENTRATION IN GROUND AND UNDERGROUND WATER IN THE NIEPRUSZEWSKIE LAKE CATCHMENT VULNERABLE TO NITRATE FROM AGRICULTURAL SOURCES

**Summary.** This paper presents results of realized surveys between march 2007 and march 2008 year in the frame of research project nr 2 P06S 026 28. The study relating nutrients concentration in groundwater of Niepruszewskie Lake direct catchment area located in nitrate vulnerable zone.

Zbierska J., Ławniczak A.E., Kupiec J., Zbierska A., 2011. Stężenie składników biogenych w wodach gruntowych i podziemnych w zlewni bezpośredniej Jeziora Niepruszewskiego narażonego na zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 5, #103.

---

There were used groundwater monitoring data from Voivodship Inspectorate of Environmental Protection in Poznań from point located in north of the lake. Water level in piezometers was checked ones per month and samples of water to analyzing were collected month after the second month. Surveyed groundwater characterizing variable of nutrients concentration were not contaminated and not carried in pollution to the lake. In some piezometers located on field and grassland borders were recorded increased nitrate concentration, which clearly lessened into the lake direction. Underground water in Kalwy observing point didn't show doubts, but periodically rise of ammonia was recorded.

**Key words:** nutrients, ground water, Niepruszewskie Lake, nitrate vulnerable zone's (NVZ's)

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Janina Zbierska, Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94 C, 60-649 Poznań, Poland, e-mail: jzbier@up.poznan.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

*13.06.2011*

*Do cytowania – For citation:*

*Zbierska J., Ławniczak A.E., Kupiec J., Zbierska A., 2011. Stężenie składników biogenych w wodach gruntowych i podziemnych w zlewni bezpośredniej Jeziora Niepruszewskiego narażonego na zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 5, #103.*