

ZANIECZYSZCZENIE WÓD GRUNTOWYCH  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  i  $\text{K}^+$   
W POBLIŻU MIEJSC SKŁADOWANIA NAWOZÓW NATURALNYCH

*Tomasz Korybut Woroniecki*<sup>1</sup>, *Ewa Rumasz-Rudnicka*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy  
ul. Czesława 9, 71-504 Szczecin  
e-mail: woroniecki@o2.pl

<sup>2</sup>Zakład Produkcji Roślinnej i Nawadniania, Akademia Rolnicza  
ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

**Streszczenie.** Składowiska odchodów zwierząt gospodarskich to jedno z najgroźniejszych źródeł zanieczyszczenia wód składnikami nawozowymi, zwłaszcza związkami azotu i fosforu. W Polsce jest to zjawisko dość powszechne wynikające z niedostatecznej świadomości i wiedzy rolników o racjonalnych sposobach gospodarowania odchodami. Badania prowadzono w latach 1998-2001 w górnej części zlewni rzeki Krzekny na obiekcie Kartno i Żeliszawiec. Jest to zespół dwóch wsi o zwartej zabudowie i tym samym o dużej koncentracji zanieczyszczeń. W obu wsiach w 1997 roku wybudowano zbiorniki na gnojówkę i płyty gnojowe. Stanowiska pomiarowe były rozmieszczone w 5 gospodarstwach z obiektami i bez obiektów sanitacyjnych do składowania odchodów zwierzęcych. Analizy próbek wody obejmowały związki azotu (jony amonowe i azotanowe), fosforany i potas.

**Słowa kluczowe:** zanieczyszczenie wody gruntowej, obiekty składowania odchodów zwierzęcych, gospodarstwo

WSTĘP

Rozwój produkcji rolniczej, a szczególnie koncentracja produkcji zwierzęcej może prowadzić do nadmiernej migracji zanieczyszczeń do wód gruntowych. Wzrost zanieczyszczeń wód wynika nie z prowadzenia produkcji zwierzęcej w ogóle, lecz jest następstwem nieuregulowania gospodarki ściekowej i odpadowej na wsiach, a szczególnie braku odpowiednich urządzeń do gromadzenia i przechowywania stałych i płynnych odchodów zwierzęcych oraz ich nieracjonalnego wykorzystywania (Pawlik-Dobrowolski i in. 1998). W Polsce wprowadzono w życie szereg ustaw i rozporządzeń regulujących sprawy przechowywania i stosowania odchodów zwierzęcych jako nawozów naturalnych (Ustawa o nawozach i nawożeniu, Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Rozporządzenie Ministra Środowiska).

Tradycyjne gospodarowanie odchodami zwierzęcymi jest zjawiskiem powszechnym, toteż zanieczyszczenia z nich pochodzące wraz z zanieczyszczeniami z innych źródeł potęgują proces ich kumulacji na terenach wiejskich, a tym samym stwarzają ogromne zagrożenie dla jakości wód.

W gospodarstwach przechowuje się odchody zwierzęce głównie w postaci obornika i gnojówki. Obornik składa się na ogół wprost na gruncie, natomiast gnojówkę często w nieuszczelnionych zbiornikach i o małej pojemności. Nieodpowiednie przechowywanie odchodów zwierzęcych powoduje duże ułatwienie się amoniaku do atmosfery, natomiast w okresach opadowych i roztopowych migrację azotu, fosforu i potasu do wód gruntowych. Jednym z najważniejszych czynników, od których zależy stan higieniczno - sanitarny zagród wiejskich jest poprawne rozwiązanie płyt obornikowych oraz zbiorników do gromadzenia gnojowicy i gnojówki (Sikorski 1997).

Celem pracy jest określenie wielkości stężeń  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  i  $\text{K}^+$  w wodach gruntowych w pobliżu miejsc składowania nawozów naturalnych.

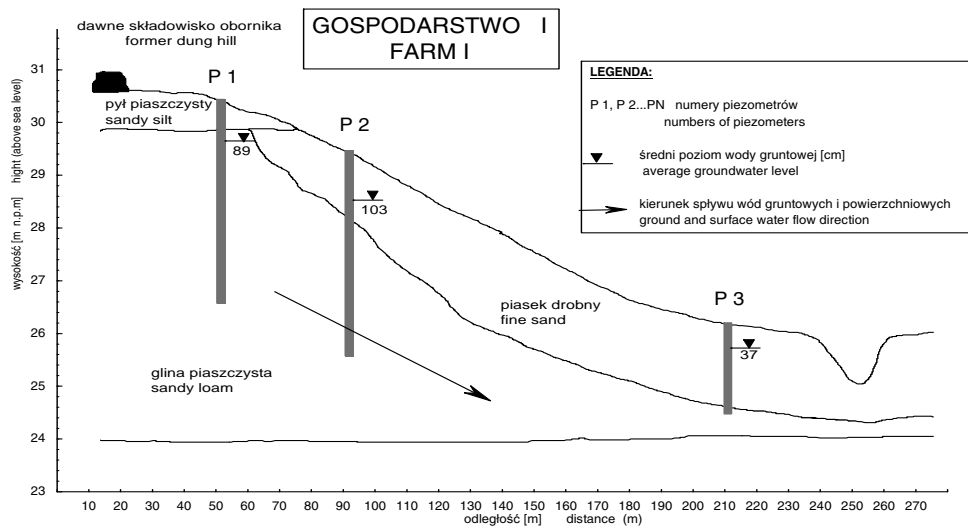
#### MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 1998-2001 w górnej części zlewni rzeki Krzekny – jednego z dopływów jeziora Miedwie w woj. Zachodniopomorskim. W strukturze użytków rolnych dominują grunty orne – 75%, zaś użytki zielone zajmują 25% powierzchni. Obiektem badań było pięć gospodarstw położonych we wsiach Kartno i Żeliszawiec (rys. 1-5). Wsie są typowymi dwuulicówkami o zwartej zabudowie zagród, w większości położonych na spłaszczeniu południowego zbocza doliny rzeki, wyraźnie nachylonego w kierunku północnym ku dolinie Krzekny. Zbocze zbudowane jest z utworów mineralnych o różnej przepuszczalności, natomiast w dolinie rzeki dominują utwory organiczne. Obydwie wsie są skanalizowane, a ścieki bytowe doprowadzane są do oczyszczalni ścieków znajdującej się we wsi Kartno.

W ramach projektu PHARE P9312/06 przeprowadzono we wsiach monitoring jakości wód i gleb, wyposażając obiekt badań w aparaturę pomiarowo-badawczą – sieć piezometrów (Fic 1997). Od lata 1997 roku programowi monitoringu towarzyszyły działania inwestycyjne, m.in. budowa zbiorników na gnojówkę i płyt gnojowych. Wybudowano wówczas 17 zbiorników na gnojówkę z płytami gnojowymi (na 75 gospodarstw ogółem).

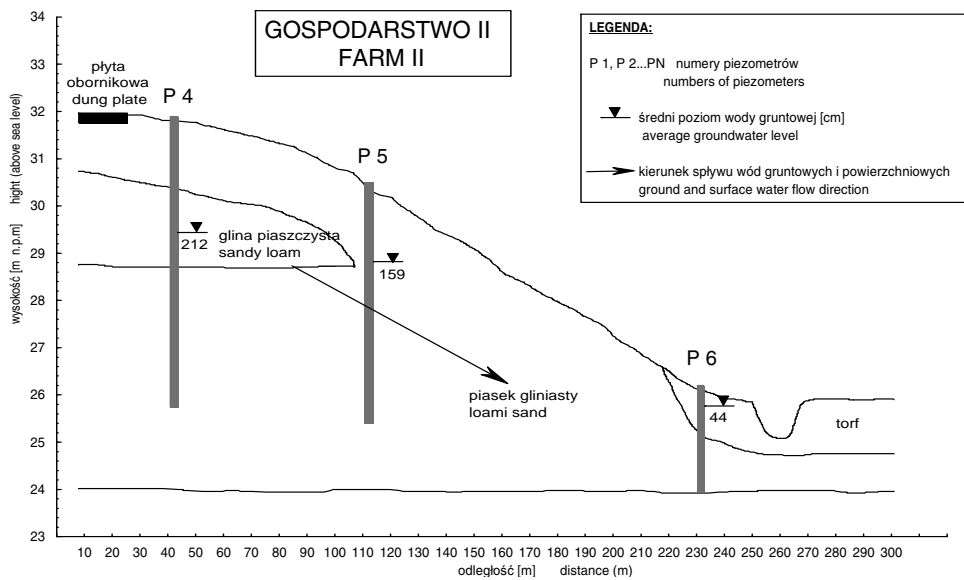
Sieć stanowisk pomiarowych składała się z 13 piezometrów rozmieszczonych w pięciu gospodarstwach (cztery, gdzie wybudowano obiekty sanitacyjne do składowania odchodów zwierzęcych oraz jedno, bez tych obiektów), zgodnie ze spadkiem zbocza doliny rzeki Krzekny (rys. 1-5):

- *gospodarstwo I* o powierzchni 80 ha, jedyne gdzie nie wybudowano obiektów sanitacyjnych do składowania odchodów zwierzęcych, a obornik przechowywano bezpośrednio na gruncie (rys. 1). Należy dodać, że rolnik w momencie zakładania doświadczenia nie prowadził już hodowli zwierząt, co najmniej od 2 lat. Średnia zawartość składników nawozowych w glebie w obejściu z warstwy 0-200 cm, przedstawiała się następująco (w mg na 100 g gleby): 0,66 N- $\text{NH}_4$ , 0,52 N- $\text{NO}_3$ , 28,94 P i 106,9 K.
- *gospodarstwo II* o powierzchni 165 ha, gdzie wybudowano obiekty sanitacyjne do składowania odchodów zwierzęcych (płyta gnojowa o powierzchni 190,4 m<sup>2</sup> i zbiornik na gnojówkę o pojemności 139 m<sup>3</sup>) (rys. 2). Zbiornika nie opróżniano, a wylewająca się gnojówka spływała po powierzchni terenu tworząc zastoiska. Pogłowie zwierząt w gospodarstwie kształtowało się na poziomie około 128 DJP (bydło). Średnia zawartość składników nawozowych w glebie w obejściu z warstwy 0-200 cm, przedstawiała się następująco (w mg na 100 g gleby): 0,49 N- $\text{NH}_4$ , 0,61 N- $\text{NO}_3$ , 27,05 P i 35,7 K.
- *gospodarstwo III* o powierzchni 7 ha, gdzie wybudowano obiekty sanitacyjne do składowania odchodów zwierzęcych (płyta gnojowa o powierzchni 53,3 m<sup>2</sup> i zbiornik na gnojówkę o pojemności 38,9 m<sup>3</sup>) (rys. 3). Pogłowie zwierząt w gospodarstwie kształtowało się na poziomie około 6,6 DJP (trzoda chlewna). Średnia zawartość składników nawozowych w glebie w obejściu z warstwy 0-200 cm, przedstawiała się następująco (w mg na 100 g gleby): 0,80 N- $\text{NH}_4$ , 5,11 N- $\text{NO}_3$ , 68,02 P i 147,7 K.
- *gospodarstwo IV* o powierzchni 60 ha, gdzie wybudowano obiekty sanitacyjne do składowania odchodów zwierzęcych (płyta gnojowa o powierzchni 49,4 m<sup>2</sup> i zbiornik na gnojówkę o pojemności 36,0 m<sup>3</sup>) (rys. 4). Pogłowie zwierząt w gospodarstwie wynosiło około 1,0 DJP (trzoda chlewna) i 3,8 DJP (bydło). Średnia zawartość składników nawozowych w glebie w obejściu z warstwy 0-200 cm, przedstawiała się następująco (w mg na 100 g gleby): 2,21 N- $\text{NH}_4$ , 3,72 N- $\text{NO}_3$ , 80,10 P i 159,1 K. Część zanieczyszczeń z budynków gospodarczych była odprowadzana bezpośrednio na podwórze, w sąsiedztwie piezometrów.
- *gospodarstwo V* o powierzchni 12 ha, gdzie wybudowano obiekty sanitacyjne do składowania odchodów zwierzęcych (płyta gnojowa o powierzchni 101,7 m<sup>2</sup> i zbiornik na gnojówkę o pojemności 74,2 m<sup>3</sup>) (rys. 5). Pogłowie zwierząt w gospodarstwie wynosiło około 3,2 DJP (trzoda chlewna). Średnia zawartość składników nawozowych w glebie w obejściu z warstwy 0-200 cm, przedstawiała się następująco (w mg na 100 g gleby): 0,71 N- $\text{NH}_4$ , 0,73 N- $\text{NO}_3$ , 38,72 P i 90,2 K. W bezpośrednim sąsiedztwie piezometrów zlokalizowany był dół z kiszonką, zlikwidowany na początku prowadzenia badań.



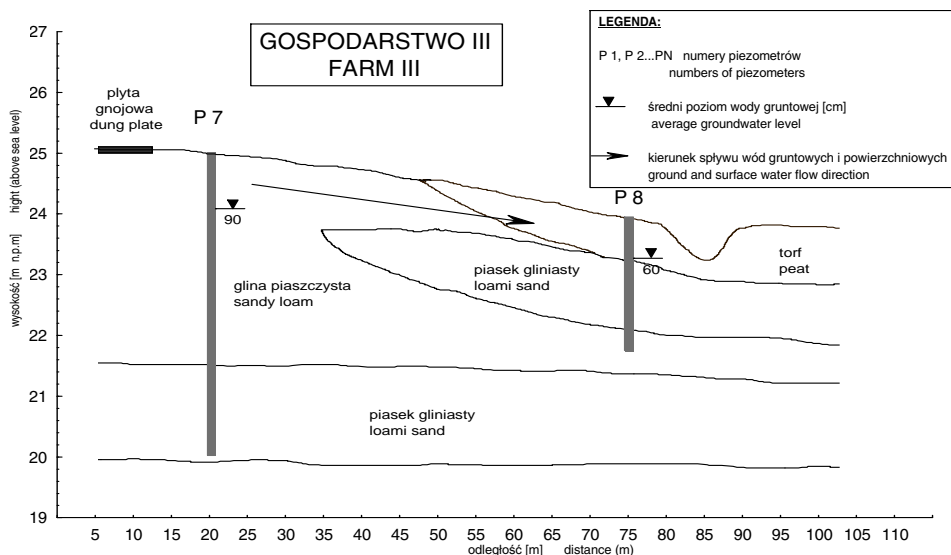
**Rys. 1.** Przekrój hydrogeologiczny i lokalizacja stanowisk poboru prób wód gruntowych w gospodarstwie I

**Fig. 1.** Hydro-geological section and location of groundwater sampling points on farm I



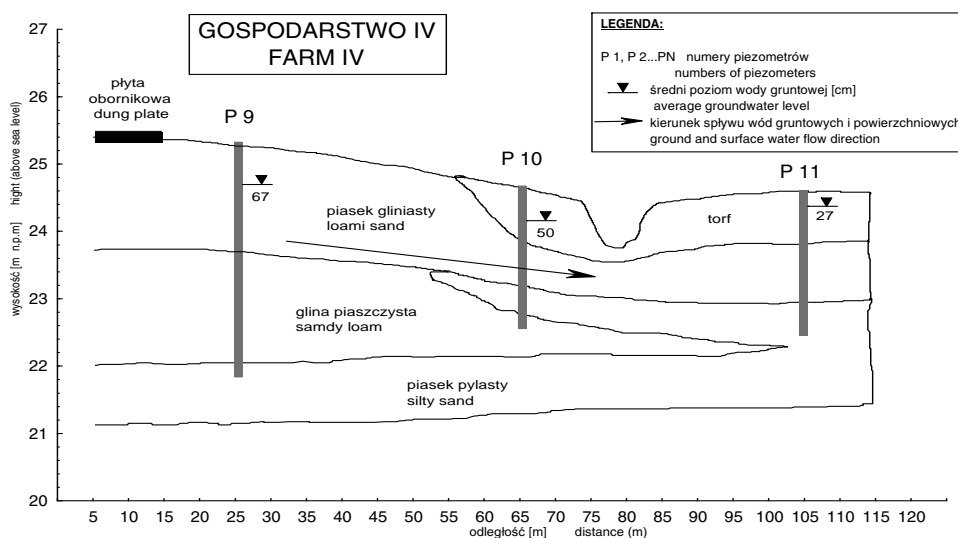
**Rys. 2.** Przekrój hydrogeologiczny i lokalizacja stanowisk poboru prób wód gruntowych w gospodarstwie II

**Fig. 2.** Hydro-geological section and location of groundwater sampling points on farm II



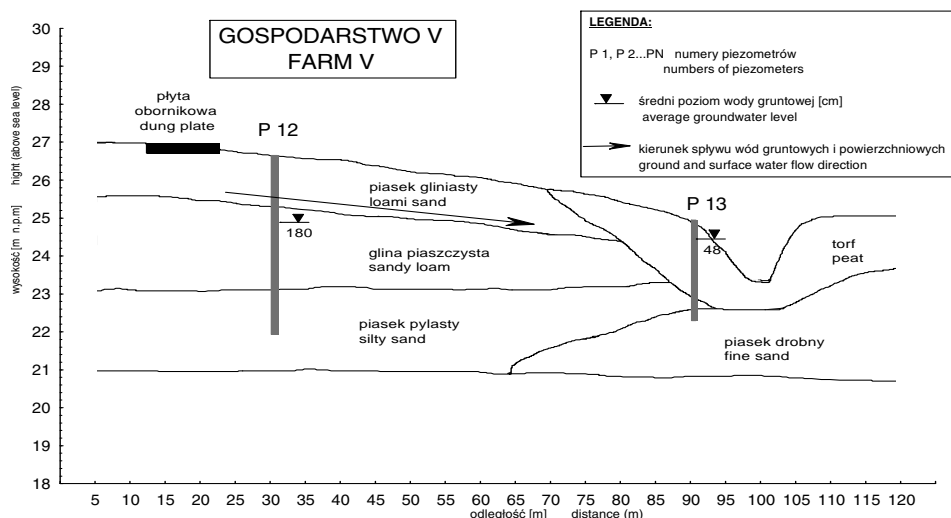
**Rys. 3.** Przekrój hydrogeologiczny i lokalizacja stanowisk poboru prób wód gruntowych w gospodarstwie III

**Fig. 3.** Hydro-geological section and location of groundwater sampling points on farm III



**Rys. 4.** Przekrój hydrogeologiczny i lokalizacja stanowisk poboru prób wód gruntowych w gospodarstwie IV

**Fig. 4.** Hydro-geological section and location of groundwater sampling points on farm IV



**Rys. 5.** Przekrój hydrogeologiczny i lokalizacja stanowisk poboru prób wód gruntowych w gospodarstwie V

**Fig. 5.** Hydro-geological section and location of groundwater sampling points on farm V

Próbki wody gruntowej pobierano raz w miesiącu. Przed oznaczeniami, wody nie sączono. Oznaczano w nich jony amonowe i azotanowe, fosforany oraz potas. Analizy wykonano z wykorzystaniem odczynników i fotometru LF 204.

Próbki gleby pobierano dwa razy w roku – wiosną i jesienią z poszczególnych warstw danego stanowiska (0-20, 20-40, 40-60, 60-100, 100-150 i 150-200 cm). Stanowiska te były rozmieszczone wzdłuż spadku zbocza doliny rzeki Krzekny, podobnie jak stanowiska poboru prób wody gruntowej. Głębokość pobierania próbek gleby była uzależniona od poziomu wody gruntowej w piezometrach. Średnią zawartość składników nawozowych w całym profilu określano biorąc pod uwagę ich wielkości w poszczególnych warstwach. Określono je orientacyjnie, chcąc wskazać na występującą wysoką zasobność gleby w niektóre składniki nawozowe w gospodarstwach. Oznaczano w nich azot amonowy i azotanowy w wyciągu za pomocą 1% roztworu  $K_2SO_4$  metodą kolorymetryczną automatyczną, potas za pomocą spektrometrii emisyjnej oraz fosfor metodą kolorymetryczną automatyczną. Analizy wykonano w Zakładzie Chemii Wody i Gleby IMUZ w Falentach.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Stężenia badanych składników nawozowych w wodach gruntowych pobieranych w pobliżu miejsc składowania obornika i gnojówki były wyraźnie zróżnicowane.

Najniższe stężenia stwierdzono w wodzie w gospodarstwie III, w którym wybudowano obiekty sanitacyjne do składowania odchodów zwierzęcych. Średnie stężenia badanych składników chemicznych w pobliżu wybudowanej płyty obornikowej były stosunkowo niskie i wynosiły:  $0,32 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3} \text{ NH}_4^+$ ;  $0,67 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3} \text{ NO}_3^-$ ;  $0,15 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3} \text{ PO}_4^{3-}$  i  $9,2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3} \text{ K}^+$  (tab. 1). W próbkach wody pobranej z miejsca oddalonego o 25 m od składowiska nawozów naturalnych, w kierunku spływu wód gruntowych, stwierdzono dalsze obniżenie się średnich wartości stężeń badanych składników (tab. 1).

Odmienne przedstawiała się sytuacja w gospodarstwach, gdzie wybudowano obiekty sanitacyjne do przechowywania obornika i gnojówki, lecz wystąpiły dodatkowe źródła zanieczyszczeń, niezależne od sposobów przechowywania odchodów zwierzęcych (gospodarstwa IV i V). W wodzie gruntowej w gospodarstwie IV, w piezometrach narażonych na zanieczyszczenia odprowadzane z obejścia, stwierdzono wysokie średnie stężenia  $\text{NH}_4^+$  i  $\text{K}^+$ , odpowiednio:  $4,0$  i  $33,7 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$  w pobliżu płyty obornikowej oraz  $4,5$  i  $32,1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$  w miejscu oddalonym od niej o 40 m (tab. 1). W przypadku stężeń  $\text{NH}_4^+$ , 98% próbek wody kwalifikowało je do IV i V klasy czystości (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r.). Te wysokie stężenia  $\text{NH}_4^+$  i  $\text{K}^+$  utrzymujące się przez cały okres badań świadczą o ciągłym dopływie zanieczyszczeń. Do wody gruntowej wymywane są głównie azotany, jednakże w zagrodzie mogą ulec wymyciu także jony amonowe, których obecność świadczy o bezpośrednim kontakcie z zanieczyszczeniami pochodzenia organicznego. Najmniejsze, zarówno średnie jak i maksymalne stężenia wszystkich badanych składników stwierdzono w punkcie najbardziej oddalonym od miejsca składowania odchodów zwierzęcych, o około 95 m.

Na uwagę zasługują wysokie stężenia  $\text{NO}_3^-$  i  $\text{K}^+$ , odpowiednio:  $28,10$  i  $33,6 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$  w wodzie gruntowej pobranej z piezometru 12, oddalonego o około 10 m od płyty obornikowej, w gospodarstwie V (tab. 1). Różnica stężeń  $\text{NO}_3^-$  była stosunkowo duża i zawierała się w przedziale od  $0,50$  do  $82,00 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$  (tab. 1), przy czym 34,3% próbek wody kwalifikowało się do III, a 15,7% do IV i V klasy czystości. Tak wysokie stężenia  $\text{NO}_3^-$  w próbkach wody były wynikiem wpływu niewłaściwie przechowywanej kiszonki w bezpośrednim sąsiedztwie piezometrów. Sytuacji nie polepszyła nawet likwidacja składowiska w pierwszym roku trwania doświadczenia. Część  $\text{NO}_3^-$  nagromadzonego w glebie była wypłukiwana w wyniku kontaktu podwyższonego zwierciadła wody gruntowej z zanieczyszczonym ośrodkiem gruntowym. Przepuszczalne podłoże sprzyjało dodatkowo wymywaniu azotanów do wód gruntowych. Stwierdzono reakcję stężeń  $\text{NO}_3^-$  na wahania poziomu wód gruntowych w piezometrze 12. Ze wzrostem poziomu wód następowało podwyższenie stężeń azotanów.

Mniejsze średnie stężenia  $\text{NO}_3^-$  stwierdzono w wodzie gruntowej pochodzącej z piezometru 13, oddalonego od obejścia o około 60 m (tab. 1).

W gospodarstwie II gdzie znajdowały się nowo wybudowane obiekty sanitacyjne do składowania odchodów zwierzęcych, brak odpowiedzialności rolników (nie opróżnianie zbiornika na gnojówkę) powodował, że stały się one źródłem zanieczyszczenia wód gruntowych. W gospodarstwie tym stwierdzono wysokie średnie stężenia  $\text{NH}_4^+$  zarówno w pobliżu zbiornika na gnojówkę (piezometr 4), jak i w miejscu oddalonym o ok. 40 m, odpowiednio  $0,69 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$  i  $0,48 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$  (tab. 1). W miejscu poboru próbek (piezometr 5), zlokalizowanym ok. 40 m od przepełnionego zbiornika na gnojówkę zanotowano również wysokie średnie stężenie  $\text{NO}_3^-$  –  $17,3 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ , przy czym maksymalne stężenia osiągały wartość około  $61,0 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$  (tab. 1). Stwierdzono istnienie zależności regresyjnych między stężeniami  $\text{NH}_4^+$  i  $\text{NO}_3^-$  w piezometrach 4 i 5. Wzrostowi stężeń  $\text{NH}_4^+$  w piezometrze 4 znajdującym się w pobliżu przepełnionego zbiornika na gnojówkę odpowiadał wzrost stężeń  $\text{NO}_3^-$  w piezometrze 5 oddalonym o 40 m od piezometru 4. Wody gruntowe w tym miejscu prawdopodobnie zasilane były wylewającą się z przepełnionego zbiornika gnojówką. Azot zawarty w spływającej gnojowicy ulegał przemianom i przemieszczał się do wód gruntowych, czemu sprzyjało przepuszczalne podłoże (piasek gliniasty w całym profilu z małym przewarstwieniem gliny piaszczystej). Azot azotanowy dzięki swej ruchliwości, przemieszczał się wraz ze spływem podpowierzchniowym zgodnie ze spadkiem terenu i zanieczyszczał wody, stąd duże stężenie w piezometrze 5. W miejscu położonym bliżej zbiornika na gnojówkę (ok. 6 m – piezometr 4), 96% próbek wody pod względem zawartości  $\text{NO}_3^-$  kwalifikowało je do I klasy czystości, Im dalej od zbiornika (w kierunku spływu gnojówki) tym większe zanieczyszczenie wody azotanami. Tylko 41% stężeń  $\text{NO}_3^-$  kwalifikowało wody do I klasy czystości, pozostała część (59%) to wody klasy II, III i IV. Najmniejsze stężenia badanych składników chemicznych wystąpiły w miejscu najbardziej oddalonym od źródła zanieczyszczeń – ok. 160 m (tab. 1). Stwierdzono wpływ wahań poziomu wód gruntowych na kształtowanie się stężeń  $\text{NO}_3^-$  we wszystkich trzech piezometrach. Wzrost poziomu wód gruntowych powodował wzrost stężeń  $\text{NO}_3^-$ .

W próbkach wody gruntowej pochodzących z piezometru 1, około 10 m od miejsca gdzie przechowywano obornik na glebie (gospodarstwo I), zaobserwowano wysokie średnie stężenia  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  i  $\text{K}^+$  przy dużych wartościach maksymalnych (tab. 1), natomiast 46% próbek wody pod względem zawartości  $\text{NH}_4^+$  kwalifikowało je do IV i V klasy czystości, a w przypadku stężeń  $\text{PO}_4^{3-}$  było to 90% próbek. Także Barszczewski i in. (2001), Rossa (2001), Sapek (2001) i Terlikowska (1998), stwierdzili występowanie wysokich maksymalnych stężeń badanych składników chemicznych w pobliżu składowisk obornika. Sapek i in. (1998) potwierdzili w swoich badaniach fakt, że zaniechanie składowania obornika na glebie nie powodowało poprawy jakości wody gruntowej. W odległości



10 m od dawnej przyzmy obornika na glebie w okresie 3,5 letnich badań, autor stwierdził duże zanieczyszczenie wody azotanami i fosforanami. Natomiast mniejsze średnie i maksymalne stężenia  $\text{NH}_4^+$  i  $\text{PO}_4^{3-}$  wystąpiły w próbkach wody pobranych z piezometru 2 oddalonego od gospodarstwa o około 40 m (tab. 1). Stwierdzono także wysokie średnie stężenie  $\text{NO}_3^-$  –  $25,3 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ , przy czym maksymalne stężenia osiągały wartość około  $49,0 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$  (tab. 1). 53% próbek wody pod względem zawartości  $\text{NO}_3^-$  kwalifikowało je do III klasy czystości. Także Sapek (2000) zwróciła uwagę na zanieczyszczenie wody gruntowej azotanami w miejscu oddalonym od składowiska odchodów zwierzęcych o ok. 50 m. Związki organiczne azotu w odchodach zwierzęcych składowanych bezpośrednio na gruncie ulegały przemianom i część z nich po mineralizacji do kationu amonowego, została wymyta do wód gruntowych. Tam w warunkach utleniających następowała dalsza przemiana  $\text{NH}_4^+$  do  $\text{NO}_3^-$ , który przemieszczał się na dalsze odległości (duży spadek terenu, przepuszczalne podłoże – piasek drobny położony na glinie piaszczystej). Fosfor w odchodach zwierzęcych występuje w postaci nieorganicznych lub organicznych fosforanów. Związki fosforu w odchodach zwierzęcych są na ogół dobrze rozpuszczalne w wodzie i mogły ulec wymyciu do wody gruntowej, stąd też wysokie stężenia  $\text{PO}_4^{3-}$  w miejscu oddalonym od przyzmy obornika. Stwierdzono wpływ wahań poziomu wód gruntowych na kształtowanie się stężeń  $\text{NO}_3^-$  w piezometrze 1, szczególnie przy dużych amplitudach. Wraz ze wzrostem poziomu wód gruntowych następował wzrost stężeń  $\text{NO}_3^-$ . Najmniej zanieczyszczone były wody gruntowe w miejscu oddalonym o 170 m od miejsca gdzie składowano obornik (tab. 1).

Średnie stężenia badanych składników nawozowych w wodach gruntowych malały wraz z oddalaniem się punktów pomiarowych od miejsca składowania odchodów zwierzęcych (tab. 1). Przyczyną tego mogą być procesy adwekcji, dyspersji lub retardacji, które decydują o transporcie zanieczyszczeń w środowisku wód gruntowych (Fetter 1994). Szczególnie dyspersja zanieczyszczeń, czyli zasilanie czystymi wodami gruntowymi miała tutaj istotne znaczenie.

Najkorzystniej przedstawiała się sytuacja w gospodarstwie III, gdzie wybudowano obiekty do gromadzenia nawozów naturalnych i przestrzegano zasad dotyczących ich prawidłowego przechowywania i terminowego opróżniania zbiornika na gnojówkę. W kilku gospodarstwach, pomimo wybudowania obiektów sanitacyjnych do składowania odchodów zwierzęcych, stwierdzono utrzymywanie się wysokich wartości stężeń badanych składników chemicznych. Wynikało to z zaniedbań ze strony rolników – nie opróżniany zbiornik na gnojówkę, odprowadzanie z budynków gospodarskich zanieczyszczeń bezpośrednio na podwórze, składowanie kizzonki w glebie.

**Tabela 1.** Średnie stężenia składników nawozowych w badanych wodach gruntowych w latach 1998-2001 ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )**Table 1.** Average concentration of nutrients in investigated ground waters in the years 1998-2001 ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )

| Piezometr<br>Piezometers   | $\text{NH}_4^+$ |           |       | $\text{NO}_3^-$ |            |       | $\text{PO}_4^{3-}$ |             |       | $\text{K}^+$ |           |       |
|--|-----------------|-----------|-------|-----------------|------------|-------|--------------------|-------------|-------|--------------|-----------|-------|
|  | śr.<br>mean     | min-max   | $S_x$ | śr.<br>mean     | min-max    | $S_x$ | śr.<br>mean        | min-max     | $S_x$ | śr.<br>mean  | min-max   | $S_x$ |
| gospodarstwo I – bez obiektów do składowania odchodów zwierzęcych, w którym obornik był przechowywany bezpośrednio na glebie<br>farm I – without construction of animal waste handling objects, manure stored directly on the ground |                 |           |       |                 |            |       |                    |             |       |              |           |       |
| 1  | 0,97            | 0,01-3,90 | 1,04  | 8,68            | 0,02-59,00 | 14,01 | 2,063              | 0,010-5,300 | 0,939 | 32,4         | 3,4-39,3  | 5,77  |
| 2  | 0,17            | 0,01-0,65 | 0,15  | 25,27           | 1,00-49,00 | 11,86 | 0,154              | 0,007-1,300 | 0,156 | 31,8         | 2,1-38,0  | 7,52  |
| 3  | 0,14            | 0,01-0,86 | 0,15  | 3,18            | 0,10-11,00 | 2,53  | 0,047              | 0,006-0,250 | 0,051 | 4,6          | 1,4-30,2  | 4,53  |
| gospodarstwo II – z wybudowanymi obiektami do przechowywania odchodów zwierzęcych i nie opróżnianym zbiornikiem na gnojówkę<br>farm II – with construction of animal waste handling objects and an unpurged slurry tank              |                 |           |       |                 |            |       |                    |             |       |              |           |       |
| 4  | 0,69            | 0,01-3,00 | 0,68  | 2,53            | 0,01-46,00 | 5,94  | 0,132              | 0,007-1,490 | 0,258 | 7,9          | 1,3-31,5  | 5,80  |
| 5  | 0,48            | 0,01-3,00 | 0,69  | 17,34           | 0,20-61,00 | 17,09 | 0,061              | 0,004-0,430 | 0,785 | 4,7          | 0,1-33,4  | 6,92  |
| 6  | 0,22            | 0,01-0,85 | 0,17  | 0,71            | 0,01-3,00  | 0,53  | 0,124              | 0,004-2,820 | 0,400 | 4,6          | 1,3-34,5  | 4,56  |
| gospodarstwo III – z wybudowanymi obiektami do przechowywania odchodów zwierzęcych<br>farm III – with construction of animal waste handling objects  |                 |           |       |                 |            |       |                    |             |       |              |           |       |
| 7  | 0,32            | 0,01-2,70 | 0,40  | 0,67            | 0,00-7,00  | 1,02  | 0,151              | 0,010-1,800 | 0,301 | 9,2          | 1,5-30,9  | 3,96  |
| 8  | 0,23            | 0,01-2,70 | 0,35  | 0,47            | 0,00-5,00  | 0,66  | 0,096              | 0,005-0,600 | 0,099 | 3,7          | 1,5-22,5  | 2,51  |
| gospodarstwo IV – z wybudowanymi obiektami do przechowywania odchodów zwierzęcych<br>farm IV – with construction of animal waste handling objects  |                 |           |       |                 |            |       |                    |             |       |              |           |       |
| 9  | 4,03            | 0,05-7,05 | 1,70  | 1,17            | 0,01-10,00 | 1,63  | 0,080              | 0,005-0,330 | 0,079 | 33,7         | 20,4-44,0 | 3,83  |
| 10   | 4,49            | 0,40-7,50 | 1,71  | 1,51            | 0,10-8,00  | 1,57  | 0,060              | 0,004-0,470 | 0,079 | 32,1         | 2,7-38,0  | 4,90  |
| 11   | 0,69            | 0,01-4,50 | 0,55  | 0,76            | 0,05-3,00  | 0,61  | 0,048              | 0,003-0,250 | 0,049 | 26,5         | 1,8-33,9  | 5,48  |
| gospodarstwo V – z wybudowanymi obiektami do przechowywania odchodów zwierzęcych<br>farm V – with construction of animal waste handling objects  |                 |           |       |                 |            |       |                    |             |       |              |           |       |
| 12   | 0,13            | 0,01-1,15 | 0,17  | 28,10           | 0,50-82,00 | 20,98 | 0,089              | 0,008-1,270 | 0,177 | 33,6         | 25,1-39,3 | 2,79  |
| 13   | 0,12            | 0,01-0,70 | 0,14  | 0,64            | 0,01-7,00  | 1,24  | 0,035              | 0,010-0,250 | 0,052 | 33,2         | 9,7-39,8  | 5,54  |

Liczoność prób (number of samples)  $n = 70$ ,  $S_x$  – odchylenie standardowe – standard deviation.

## WNIOSKI

1. Niewłaściwe przechowywanie i gospodarowanie odchodami zwierzęcymi stanowi dla wód gruntowych duże zagrożenie zanieczyszczeniem  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  i  $\text{K}^+$ .

2. Najmniejsze stężenia  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  i  $\text{K}^+$  w wodach gruntowych stwierdzono w próbkach wód pobranych z piezometrów najbardziej oddalonych od miejsca składowania odchodów zwierzęcych. Może to być wynikiem dyspersji zanieczyszczeń, czyli zasilania wód zanieczyszczonych czystymi wodami gruntowymi.

3. Poprawa sposobów składowania odchodów zwierzęcych poprzez budowę płyt obornikowych i zbiorników na gnojówkę nie rozwiązuje w pełni problemu. Ważną rzeczą jest także właściwa gospodarka odchodami zwierzęcymi zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej.

## PIŚMIENNICTWO

- Barszczewski J., Sapek B., Pietrzak S., 2001. Wpływ działalności rolniczej w dużym gospodarstwie mlecznym na jakość środowiska. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 476, 39-47.
- Fetter C.W., 1994. Applied Hydrogeology, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Fic M., 1997. Sprawozdanie z prac instalacji sieci piezometrycznej do badań hydrochemicznych na obiektach Wykrot i Kartno-Żeliszewice. Warszawa/Raszyn.
- Pawlik-Dobrowolski J., Durkowski T., 1998. Ocena transferu zanieczyszczeń w wodach zlewni cząstkowych rzeki Krzekny. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 458, 461-471.
- Rossa L., 2001. Zanieczyszczenie składnikami nawozowymi gleby i wody w pobliżu obiektów chowu bydła mlecznego. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 1, 1, 187-200.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. Dz. U. Nr 32, poz. 284.
- Sapek A., Sapek B., Pietrzak S., 1998. Zagęszczenie produkcji rolnej w zagrodzie jako źródło zanieczyszczenia wody. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 459, 103-124.
- Sapek B., 2000. Wpływ zagrody i jej otoczenia na jakość wody. Regionalne Centrum Doradztwa Rozwoju Rolnictwa i Obszarów wiejskich w Przysieku, 60-68.
- Sapek B., 2001. Zagadnienie potasu w świetle oddziaływania rolnictwa na środowisko. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 476, 281-292.
- Sikorski M., 1997. Sanitacja zagrody wiejskiej. Zesz. Eduk. 3/97, Wyd. IMUZ Falenty, 51-81.
- Terlikowska K., 1998. Sposób składowania obornika a jakość wody gruntowej. Mat. Konf. Wydz. Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW Warszawa, 65-70.

GROUNDWATERS POLLUTION BY  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  AND  $\text{K}^+$  NEAR  
PLACES OF NATURAL FERTILIZERS STORAGE

*Tomasz Korybut Woroniecki<sup>1</sup>, Ewa Rumasz-Rudnicka<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Melioration and Grasslands in Falenty, West-Pomeranian Research Centre  
ul. Czesława 9, 71-504 Szczecin  
e-mail: woroniecki@o2.pl

<sup>2</sup>Institute of plant production and Irrigation, Agricultural University  
ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin

**Abstract.** Improper animal manure storage is one of the most dangerous sources of water contamination by nutrients – mostly nitrogen and phosphorus compounds. It is quite a common situation in Poland caused by farmers' insufficient awareness and knowledge about proper manure handling and storage. The investigations were carried out in the years 1998-2001 on the upper part of Krzekna river basin at Kartno and Żelisławiec. Those are unit villages with concentrated building and tanks that with a high concentration of pollutants. In 1997 in both villages slurry tanks and dung plates were built. Sampling points were placed on 5 farms with and without objects for animal waste handling. Nitrogen forms (ammonium and nitrates), phosphates and potassium were analysed in ground water.

**Key words:** groundwater pollution, objects for animal waste storage, farm