

JAKOŚĆ WÓD GRUNTOWYCH POD UŻYTKAMI ZIELONYMI RÓŻNIE UŻYTKOWANYMI

**Jacek JASZCZYŃSKI¹⁾, Sławomir CHRZANOWSKI¹⁾,
Andrzej SAPEK²⁾**

¹⁾ Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Doświadczalny Melioracji i Użytków Zielonych w Biebrzy

²⁾ Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Chemii Gleby i Wody

Słowa kluczowe: jakość wody gruntowej, nawożenie mineralne i nawozami naturalnymi, użytki zielone

Streszczenie

Badania przeprowadzono w latach 2000–2004 na terenach torfowiska Kuwasy, leżącego w basenie środkowej Biebrzy. Dotyczyły one zanieczyszczenia wód odpływających z torfowo-murszowych gleb łąkowych, będących w stałym użytkowaniu rolniczym. Wyróżniono cztery warianty różniące się sposobem: użytkowania (kośne, zmiennie, pastwiskowe) oraz nawożenia (mineralne i nawozami naturalnymi).

W wariancie, obejmującym zarówno nawożenie mineralne, jak i nawozami naturalnymi, stwierdzono największe stężenia azotu azotanowego, azotu amonowego i potasu. Również średnie stężenia tych składników z całego okresu badań były największe na tym wariancie. Największe przekroczenia dopuszczalnych stężeń fosforu występowały na kwaterze nawożonej mineralnie, o dużej naturalnej zasobności gleby w ten pierwiastek. W wariancie, w którym w 2003 r. zaprzestano nawożenia, zanotowano poprawę jakości wody w stosunku do lat wcześniejszych.

WSTĘP

Zmiany w kierunku rolniczego zagospodarowania terenów położonych na glebach organicznych są ściśle związane z melioracjami wodnymi i obniżeniem poziomu wody gruntowej. Następstwem tego jest nasilenie procesów mineralizacji macierzystych utworów glebowych. W zależności od ich naturalnej zasobności

Adres do korespondencji: mgr inż. J. Jaszczyński, Zakład Doświadczalny Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych w Biebrzy, 19-200 Grajewo, tel. +48 (86) 273-40-51, e-mail: zdmuz_biebrza@zetobi.com.pl

w poszczególne składniki pokarmowe oraz od nasilenia procesów decesji masy torfowej do wód mogą przenikać różne ilości rozpuszczonych związków [SAPEK A., 1996]. Zwiększenie stężenia wielu składników chemicznych w płytkich wodach gruntowych jest też wywołane stosowaniem corocznie przez rolników nawozów mineralnych i naturalnych [WESOŁOWSKI, 1985; KIRYLUK, WIATER, 2004]. W wyniku błędnego rozpoznania rzeczywistego zapotrzebowania na składniki pokarmowe i niewłaściwego stosowania nawozów, nie mogą one być w pełni wykorzystane przez roślinność [WESOŁOWSKI, 2003; WESOŁOWSKI, DURKOWSKI, 2004]. Zbyt duże dawki nawozów mogą niekorzystnie wpływać na środowisko glebowe i wodne [FALKOWSKI, OLSZEWSKA, KUKUŁKA, 1979; SAPEK B., 1996].

Dodatkowymi czynnikami, mogącymi wpływać na jakość wody w przypadku gospodarki pastwiskowej, są punktowo pozostawiane odchody, które zawierają liczący się ładunek składników nawozowych [WASILEWSKI, 2000], a których ilość zależy od obciążenia pastwiska. Wymienione czynniki mogą prowadzić do wzmożonego wymywania składników pokarmowych, zwłaszcza na kwaterach, gdzie wysiewa się nawozy mineralne i dodatkowo wprowadza nawozy naturalne.

Przyjęto, że różne użytkowanie łąk na glebach torfowych oraz ich zróżnicowane nawożenie, odmiennie oddziałuje na wymywanie z nich składników nawozowych do wód gruntowych.

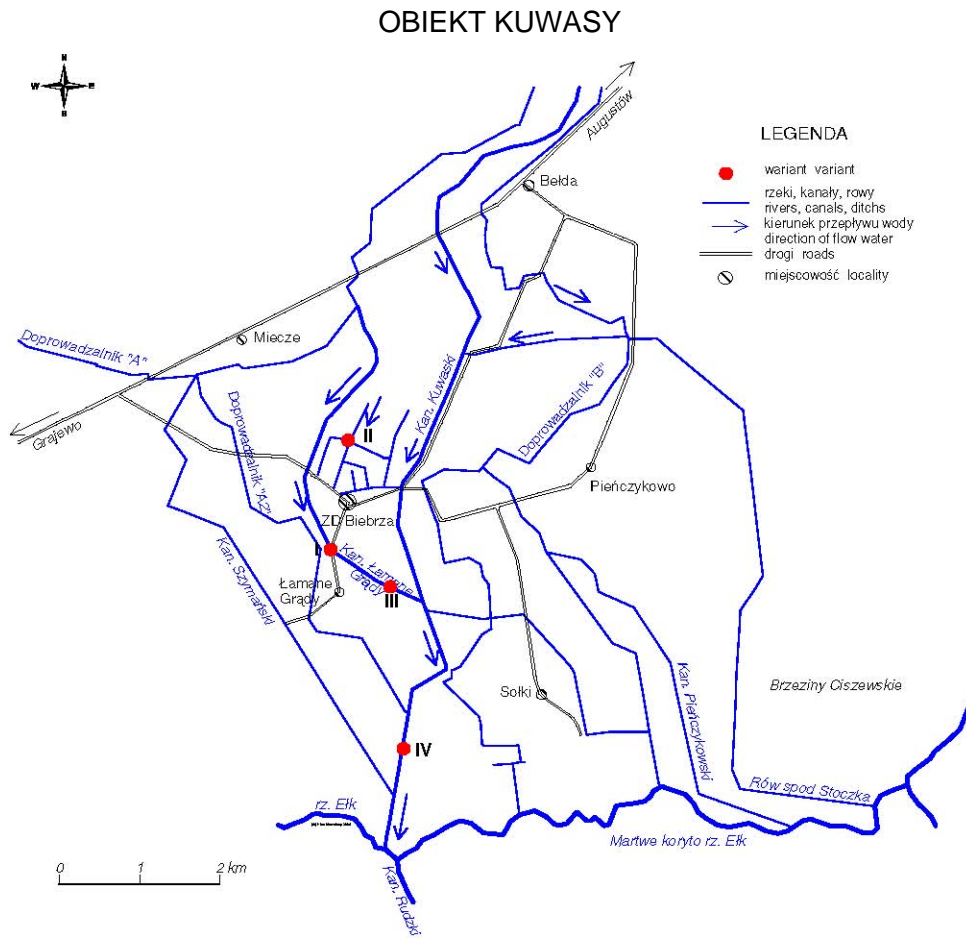
Celem podjętych badań było rozpoznanie wpływu sposobu użytkowania i nawożenia łąk i pastwisk położonych na glebach torfowych na stężenie azotanów, amonu, fosforanów oraz potasu w wodach gruntowych.

OBIEKT I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w latach 2000–2004 w gospodarstwie położonym na terenie torfowiska Kuwasy, w basenie środkowej Biebrzy (rys. 1). Na tym zmeliorowanym i przekształconym na potrzeby rolnictwa obiekcie dominują (ok. 80% powierzchni) gleby torfowo-murszowe o średnim stopniu zmurszenia. Gospodarstwo prowadzi zrównoważoną gospodarkę na użytkach zielonych, z których część jest wykorzystywana jako pastwiska, inne są użytkowane kośnie lub w systemie zmiennym (łąkowo-pastwiskowym). W toku produkcji roślinnej na użytkach zielonych stosuje się nawożenie mineralne (NPK) i naturalne (gnojowica).

Badaniami objęto następujące warianty gospodarowania:

- I – użytkowanie pastwiskowe (obciążenie $12 \text{ SD} \cdot \text{ha}^{-1}$), nawożenie nawozami mineralnymi (NPK) i naturalnymi (gnojowicą bydłąca),
- II – użytkowanie kośnie, nawożenie mineralne (NPK),
- III – użytkowanie zmienne (obciążenie $14 \text{ SD} \cdot \text{ha}^{-1}$), nawożenie mineralne (NPK),
- IV – użytkowanie zmienne (obciążenie $7 \text{ SD} \cdot \text{ha}^{-1}$), nawożenie mineralne w latach 2000–2002, od 2003 r. bez nawożenia.



Na kwaterze w wariacie I występuje gleba torfowo-murszowa rodzaju MtlIc1, płytka (75 cm), podścielona piaskiem luźnym. Pod warstwą murszu (do 25 cm) występuje torf olesowy, silnie rozłożony. W wariacie II występuje gleba MtlIcb, również z torfem olesowym, silnie rozłożonym, przechodzącym w warstwie T₂ w torf szuwarowy, podścielony piaskiem luźnym na głębokości 160 cm. Łąka w wariacie III jest położona na glebie MtlIcb. Pod warstwą murszu znajduje się torf olesowy (20–80 cm) i szuwarowy (80–125 cm). Poniżej występuje torf mechowiskowy (do 160 cm), słabo rozłożony, zalegający na gytii detrytusowej. Glebę w wariacie IV zaliczamy do rodzaju MtlIIIcb, w którym pod warstwą murszu, sięgającą 45 cm, występuje torf szuwarowy i turzycowiskowy, silnie rozłożony.

W warstwie T₂ występuje torf turzycowiskowy średnio rozłożony na torfie mechowiskowym słabo rozłożonym (110–135 cm), zalegający na gytii detrytusowej.

Nawożenie mineralne stosowano głównie na początku okresu wegetacyjnego oraz pod drugi pokos. Gnojowicę wylewano w okresie późnej jesieni. Średnia zawartość składników nawozowych w nawozie naturalnym wynosiła: N – 3,8 kg·m⁻³, K – 3,8 kg·m⁻³, P – 0,75 kg·m⁻³ [Rolnicze..., 1990]. Nawożenie na poszczególnych kwaterach w latach 2000–2004 przedstawiono tabeli 1.

Próbki płytkiej wody gruntowej pobierano przez cały rok, w odstępach 3-tygodniowych, ze studzienek kontrolnych, które wykonano z plastikowych rur perforowanych na całej długości i zainstalowanych w warstwach utworu organicznego profilu. Analizy chemiczne obejmowały oznaczenie stężeń azotu azotanowego (N-NO₃), amonowego (N-NH₄) i fosforu metodą kolorymetrii przepływowej oraz stężenia potasu metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej. Otrzymane wyniki przeliczono na stężenia form poszczególnych składników (NO₃, NH₄ i PO₄) ujętych w Rozporządzeniu MŚ [2004] w celu przypisania badanym wodom klas jakości. Średni poziom wody gruntowej dla całego okresu badań wynosił na kolejnych wariantach odpowiednio: 60, 42, 53 i 63 cm.

Rozpoznano także warunki meteorologiczne w okresie badań (rys. 2). Lata 2000, 2002 i 2003, w których suma opadów wyniosła odpowiednio 477, 491, 494 mm zaliczono, na tle wartości z wielolecia, do lat suchych, natomiast lata 2001 (611 mm) i 2004 (635 mm) – do mokrych.

Okres wegetacji (IV–X) w 2000 r. zaliczono do suchych. Opady większe od średnich z wielolecia wystąpiły tylko w lipcu i sierpniu. Okres wegetacji w 2001 r. (podobnie jak cały rok) był mokry, z bardzo dużymi opadami w lipcu i wrześniu. Opady w okresach wegetacyjnych lat 2002 i 2003 były niższe od średnich wieloletnich, zaś w 2004 r. – wyższe (rys. 2).

Średnie roczne temperatury powietrza w latach 2000, 2003 i 2004 były zbliżone do średnich z wielolecia, natomiast w 2001 i 2002 były wyższe o 0,3 i 1,0°C.

Okres wegetacji 2000 r. zaliczono do chłodnych. W 2001 r. temperatura w tym okresie była wyższa od średniej z wielolecia. Trzy kolejne sezony wegetacyjne charakteryzowały się temperaturami zbliżonymi do średnich z wielolecia (rys. 2).

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Największe ilości nawozów zastosowano na kwaterze w wariantcie I (tab. 1), przy czym wielkości dawek nawozów, zarówno mineralnych, jak i naturalnych, były bardzo różne w kolejnych latach. Znajduje to odbicie w wielkości stężeń azotanów, amonu i potasu w próbkach wody. W perspektywie całego okresu badań były one największe spośród opisywanych kwater (tab. 2).

Tabela 2. Średnie stężenie \bar{x} i odchylenie standardowe SD ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) badanych składników w wodzie w latach 2000–2004**Table 2.** Mean concentrations \bar{x} and standard deviation SD ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) of analysed components in water in the years 2000–2004

Wariant Variant	NO ₃		NH ₄		PO ₄		K	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
I	48,1	15,1	21,7	60,2	2,2	1,4	19,6	48,0
II	27,7	13,3	7,4	18,5	4,6	4,5	8,8	11,1
III	15,8	3,8	7,4	13,6	1,5	1,0	8,2	4,6
IV	19,8	8,7	8,5	21,0	2,4	1,7	3,4	5,1

W wariancie I, w którym oprócz nawożenia mineralnego stosowano gnojowicę w ilości 12 (2000 r.) i 20 $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ (2001 r.), stężenia wszystkich badanych składników w próbkach wody często kwalifikowały ją do V, najgorszej klasy jakości wód podziemnych [Rozporządzenie..., 2004] (rys. 3a). W latach 2002–2004, przy dawkach nawozu naturalnego zwiększonych do 30 $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$, stwierdzono większe stężenia NO₃, NH₄ i K. Były one szczególnie duże na przełomie czerwca i lipca. Kilkakrotnie notowano stężenia amonu przekraczające 100 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, a dwukrotnie sięgały one 400 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Stężenie NH₄ większe niż 3 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ kwalifikuje wody podziemne do V klasy jakości. Obserwowane stężenia azotanów sięgały w tym okresie nawet 300 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (V klasa jakości powyżej 100 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), zaś potasu – 220–300 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (V klasa jakości powyżej 20 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). Bardzo silna korelacja między stężeniami azotu amonowego i potasu w tym wariancie (tab. 3) świadczy o silnym ich wymywaniu z zastosowanego nawozu naturalnego. Zastosowanie większej ilości gnojowicy doprowadziło do sytuacji, w której odrastająca po pierwszym pokosie roślinność nie była w stanie wykorzystać w danym momencie dostępnych składników pokarmowych.

Pod względem obecności fosforanów tylko w pięciu przypadkach (na 55 przebadanych próbek) woda nie spełniała norm.

Łąkę w wariancie II nawożono tylko nawozami mineralnymi. Stwierdzone stężenia azotanów, amonu i potasu były znacznie mniejsze niż w wariancie I (tab. 2). W 2002 r. obserwowano jednoczesne zwiększenie stężenia wszystkich czterech badanych wskaźników. Również w latach 2000 i 2003 notowano większe ich stężenie w okresie od czerwca do września. Występowały one jednak tylko w próbkach pobieranych w jednym terminie. W tym wariancie zanotowano największe średnie stężenie fosforanów. Ich źródłem, poza nawozami mineralnymi, mogła być mineralizacja bogatych w ten pierwiastek utworów organicznych, występujących na tej kwaterze.

W próbkach wody pobranych w wariancie III nie stwierdzono wpływu poziomu nawożenia mineralnego na wzrost stężenia składników pokarmowych w wodzie gruntowej. Nie zauważono zwiększenia stężeń oznaczanych składników

w wodzie po stosunkowo dużym nawożeniu w roku 2000 (tab. 1, rys. 3). W latach 2003 i 2004, mimo mniejszego nawożenia mineralnego, odnotowano jednoczesne wyraźne zwiększenie stężenia amonu i potasu. Zależność występowania tych dwóch składników była istotna (tab. 3). Należy zauważyć także, że stężenia azotanów w wodzie z tej kwatery, podobnie jak w wariancie II, były największe w 2002 r. (rys. 3c).

W wariancie IV w latach 2000–2002, gdy stosowano nawożenie mineralne, zła jakość wody była spowodowana głównie ponadnormatywnym stężeniem amonu (rys. 3d). Pomimo najmniejszego poziomu nawożenia jakość wody często była niezadowolająca także pod względem stężeń fosforanów i potasu. Należy przypuszczać, że w latach przed rozpoczęciem badań stosowano tu wysokie nawożenie tymi składnikami. W kolejnych latach nawożenie było mniej intensywne, a po jego zaniechaniu, począwszy od 2003 r., stężenia badanych składników były najniższe wśród badanych wariantów.

Ponieważ pastwisko w wariancie I było nawożone także nawozami naturalnymi, trudno jest stwierdzić występowanie oraz wielkość dodatkowych zanieczyszczeń wynikających z przebywania na nim grupy zwierząt. W wariancie III w latach 2003–2004 występowały ciągle zanieczyszczenia wody amonem i potasem w okresach obecności krów na pastwisku ($12 \text{ SD}\cdot\text{ha}^{-1}$), jednak w latach wcześniejszych nie stwierdzono takiej prawidłowości. Również w okresie po zaprzestaniu nawożenia mineralnego w wariancie IV nie obserwowano zanieczyszczenia wody powodowanego wypasem na pastwisku ($7 \text{ SD}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Duże średnie stężenia azotanów obserwowano w wodzie z badanych kwater w różnych porach roku. Nie zanotowano wspólnego dla wszystkich wariantów jesienno-zimowego okresu nasilenia wymywania tej formy azotu (rys. 4). Poziom wody gruntowej w czasie pobierania próbek nie miał wpływu na stężenie NO_3 .

W przedstawionych wariantach zaznacza się pewien sezonowy rytm we wzroście stężeń amonu i potasu w płytkich wodach gruntowych. Ich największe wartości notujemy w okresach letnich (czerwiec–wrzesień) i to niezależnie od sposobu użytkowania danej kwatery czy rodzaju i wielkości nawożenia (rys. 5 i 6). W przypadku amonu należy podkreślić, że jego stężenia poza wskazanymi terminami były wielokrotnie mniejsze.

W wariancie II, III i IV również fosforany występowały w większych ilościach w okresie letnim (rys. 7). Znaczne ilości fosforu dostarczane do gleby z gnojowicą w wariancie I powodowały, iż ponadnormatywne ilości tego składnika występowały w ciągu całego roku.

Zmniejszenie się stężeń amonu, fosforanów i potasu w wodzie następuje we wszystkich wariantach w zbliżonym terminie. Począwszy od września bądź października stężenia tych składników były wyraźnie mniejsze. Być może wiąże się to z niższymi dobowymi temperaturami powietrza i gruntu lub mniejszym przesiąkaniem wody na skutek słabszych opadów. W wariancie II największe stężenia amonu, fosforanów i potasu stwierdzono w próbkach pobranych w warunkach niskiego

stanu wody gruntowej. W pozostałych wariantach zależność ta wydaje się być zakłócona przez stosowanie gnojowicy (wariant I) bądź wypas zwierząt.

Na żadnej z badanych kwater nie stwierdzono także zależności stężeń badanych składników od występowania lat suchych i mokrych. Trudno jest uchwycić taką zależność, ponieważ proces migracji składników nawozowych w głąb profilu glebowego odbywa się bardzo powoli.

DYSKUSJA

Z badań wynika, że największe nasilenie procesów wymywania składników pokarmowych do wód gruntowych zachodziło pod kwaterą użytkowaną pastwiskowo i nawożoną nawozami mineralnymi oraz gnojowicą. Dawki stosowanego nawozu naturalnego nie przekraczały tam $30 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, a ilość dostarczonego z obydwoma rodzajami nawożenia azotu – 130 kg czystego składnika na hektar. Mimo to zanieczyszczenie wody związkami azotu, potasu i fosforu było znaczące. WESOŁOWSKI [1985], badając skład chemiczny wody spod użytków zielonych nawożonych gnojowicą bydłą, także stwierdza wzrost stężeń potasu i obu form azotu w porównaniu z ich stężeniami w wodzie spod powierzchni nienawożonych, jednak w przypadku nawożenia gnojowicą w dawkach $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ($300 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) obserwuje średnie stężenia azotu azotanowego, amonowego i potasu, kwalifikujące wodę do znacznie lepszych klas jakości niż przedstawione w niniejszej pracy. W kolejnej pracy WESOŁOWSKI [2003] wskazuje, że zastosowanie gnojówki bydłowej w ilości $20 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, jednorazowo lub podzielonej na dwie lub trzy równe części pod kolejne odrosty roślinności łąkowej na glebie torfowo-murszowej, nie wpłynęło ujemnie na jakość wody gruntowej.

Nie zanotowano zależności między ilością przedostających się do wody składników i poziomem nawożenia mineralnego w kolejnych latach, co wynika z rozłożonego w czasie procesu ich uwalniania i wędrówki w profilu glebowym. Warto jednak zwrócić uwagę na to, że całkowite zaniechanie nawożenia (wariant IV) w stosunkowo krótkim czasie może przyczynić się do poprawy jakości wody. Mniejsze stężenia badanych tam składników mogły częściowo wynikać także z osłabienia procesów mineralizacji silnie już rozłożonych warstw torfu na tej kwaterze.

Przedstawione w pracy wyniki świadczą o dużym zwiększeniu się stężeń azotanów w latach 2001 i 2002 w wariantach II, III i IV (rys. 3). Ponieważ nie dopatrzonego się związku z poziomami wody gruntowej, zwrócono uwagę na wielkość opadu w roku. O ile 2000 r. był suchy i tempo mineralizacji mogło przybierać na sile, to 2001 r. charakteryzował się wysokimi opadami. Mogło to sprzyjać rozpoczęciu wzmożonego wymywania azotanów w tym okresie, nałożonego także na 2002 r. W 2003 r. stężenia azotanów ponownie zmalały.

Zauważone w pracy wyższe stężenia amonu, potasu i fosforu od czerwca do września przypadają na okres najwyższych temperatur gruntu. Może to wynikać z największej aktywności mikroorganizmów glebowych, rozkładających masę organiczną, a tym samym powodujących uwalnianie zawartych w niej składników.

Często poruszonym problemem jest zanieczyszczenie wody odchodami pozostawianymi na pastwisku przez zwierzęta. Wyniki otrzymane w pracy są zgodne z przedstawionymi przez WASILEWSKIEGO [2000], że w warunkach nawet intensywnego nawożenia azotem, wypas zwierząt w warunkach umiarkowanego obciążenia nie zagraża jakości wód gruntowych.

WNIOSKI

1. Największe stężenia NO_3 , NH_4 i K obserwowano w płytkich wodach gruntowych na kwaterze użytkowanej pastwiskowo i nawożonej nawozami mineralnymi oraz gnojowicą bydłą. Podczas stosowania gnojowicy w ilości $30 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ notowano bardzo duże stężenia jonu amonowego i potasu.

2. Największe stężenia jonu amonowego i potasu w wodzie gruntowej spod użytków zielonych występowały w miesiącach letnich (VI–IX), niezależnie od sposobu użytkowania oraz rodzaju i wielkości nawożenia.

3. Stężenia fosforanów były największe w okresie letnim, z wyjątkiem kwatery nawożonej nawozami mineralnymi i naturalnymi, gdzie obecność tego składnika wpływała negatywnie na jakość wody również wczesną wiosną.

4. Na kwaterze użytkowanej w systemie pastwiskowo-kośnym, jakość płytkiej wody gruntowej uległa znacznej poprawie już w następnym roku po całkowitym zaprzestaniu nawożenia mineralnego (NPK).

LITERATURA

- FALKOWSKI M., OLSZEWSKA L., KUKUŁKA I., 1979. Wpływ nawożenia użytków zielonych na skażenie wód gruntowych azotem azotanowym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 221 s. 153–159.
- KIRYLUK A., WIATER J., 2004. Stężenie składników pokarmowych w wodach odpływających z ekstensywnych ekosystemów łąkowych. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 4 z. 2a(11) s. 445–453.
- KUTERA J., 1990. Rolnicze wykorzystanie gnojowicy. Mater. Instr. nr 76 Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 37.
- PROWATER (1999–2003). Program zapobiegania obszarowym zanieczyszczeniom wody fosforem ze zdegradowanych i renaturyzowanych gleb torfowych). Contract No EVK1-CT-1999-00036
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych. Dz. U. 2004 nr 32 poz. 284.
- SAPEK A., 1996. Udział rolnictwa w zanieczyszczeniu wody składnikami nawozowymi. Zesz. Edukac. 1/96. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 9–33.
- SAPEK B., 1996. Mineralizacja materii organicznej w glebach łąkowych jako źródło azotu. Zesz. Edukac. 1/96. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 75–85.

- WASILEWSKI Z., 2000. Wpływ użytkowania pastwiskowego i kośnego na plony, ich jakość oraz zagrożenie dla wód gruntowych. *Wiad. IMUZ* t. 20 z. 4 s. 13–22.
- WESOŁOWSKI P., 1985. Skład chemiczny wód infiltracyjnych gleb łąkowych nawożonych gnojowicą. *Wiad. IMUZ* t. 15 z. 2 s. 93–102.
- WESOŁOWSKI P., 2003. Wyniki nawożenia gnojówką bydlęcą i nawozami mineralnymi łąki na glebach torfowo-murszowych. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* t. 3 z. 1(7) s. 39–51.
- WESOŁOWSKI P., DURKOWSKI T., 2004. Stężenie składników mineralnych w wodach gruntowych na łąkach torfowych nawożonych gnojowicą i obornikiem. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* t. 4 z. 1 (10) s. 139–145.

Jacek JASZCZYŃSKI, Sławomir CHRZANOWSKI, Andrzej SAPEK

GROUND WATER QUALITY UNDER VARIABLY UTILISED GRASSLANDS

Key words: ground water quality, grasslands, mineral and organic fertilisation

S u m m a r y

The study was carried out in Kuwasy peatland situated in the middle Biebrza River basin in the years 2000–2004 and was aimed at assessing the pollution of waters flowing out of peat-moorsh meadow soils under permanent agricultural use. Four variants differing in the type of land use (mown meadows, alternate meadows, pastures) and in fertilization (mineral *versus* organic) were distinguished.

The greatest concentrations of nitrate nitrogen, ammonium nitrogen and potassium were found in variant I which involved both mineral and organic fertilization. Mean concentrations of these components for the whole study period were also greatest in this variant. The greatest excess over permissible phosphorus concentrations was noted in a plot fertilized with mineral fertilisers and of large natural phosphorus abundance (variant II). An improvement of water quality was recorded in variant IV after a complete cessation of mineral fertilization.

Recenzenci:

dr inż. Jerzy Barszczewski

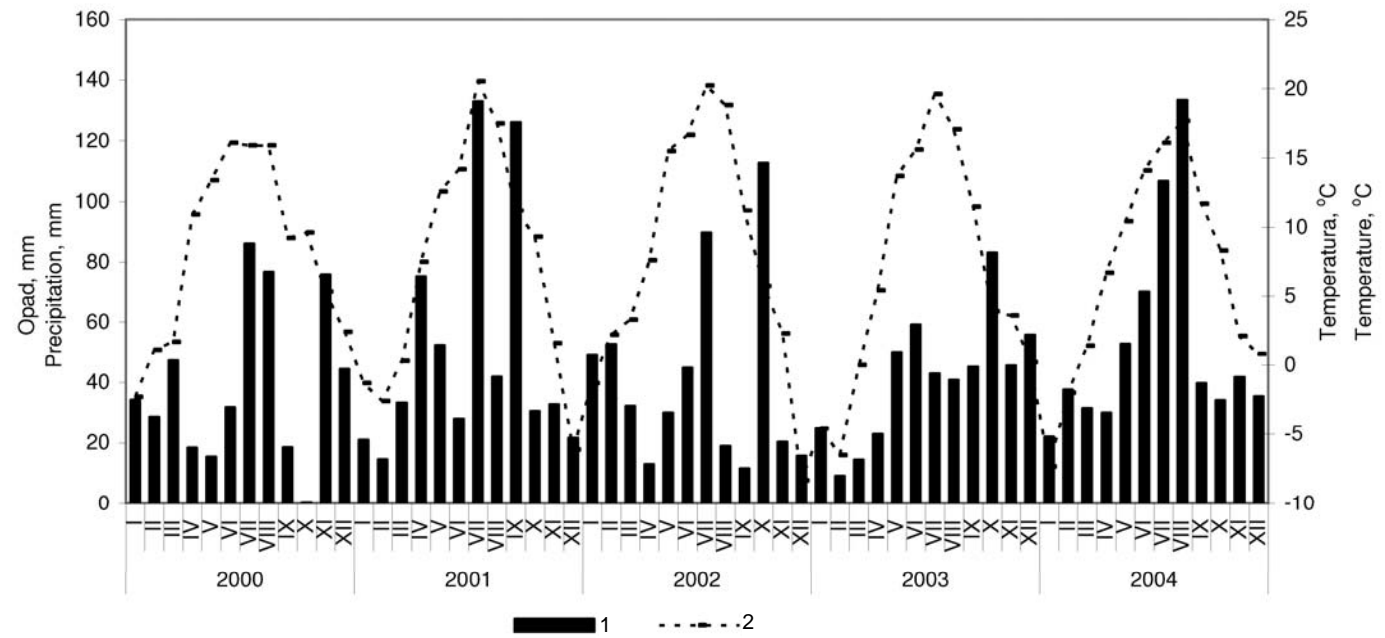
prof. dr hab. Janusz Gotkiewicz

Praca wpłynęła do Redakcji 02.01.2006 r.

Tabela 1. Nawożenie mineralne (M) i nawozami naturalnymi (O) w kg czystego składnika na hektar

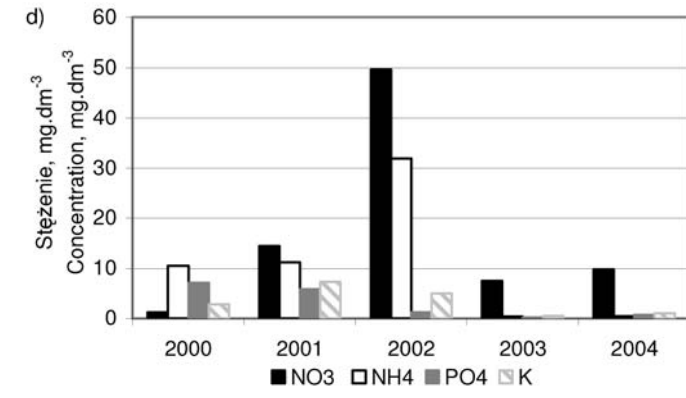
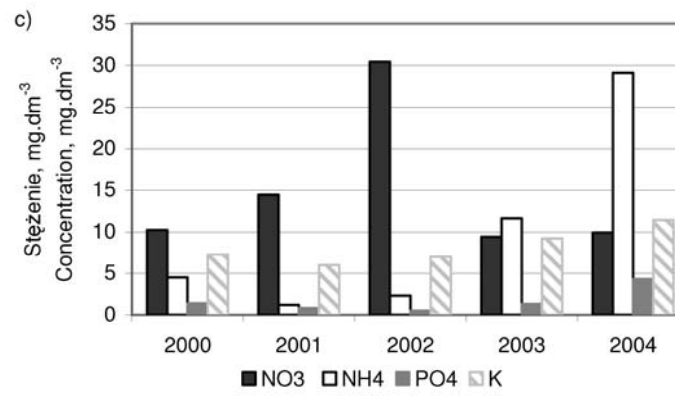
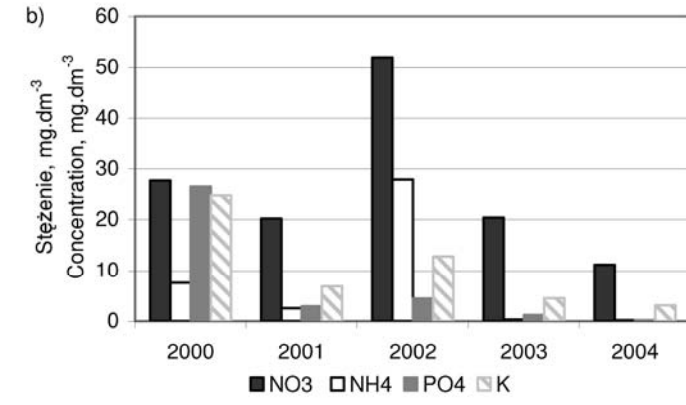
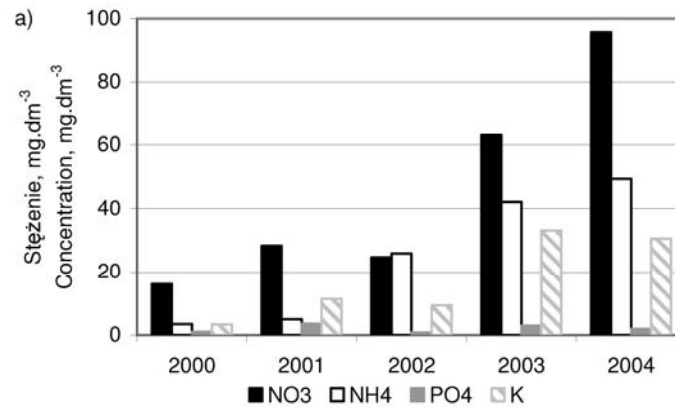
Table 1. Mineral (M) and organic (O) fertilisation in kg of nutrient per ha

Wariant Variant	Składnik nawozu Nutrient	Nawożenie w roku Fertilisation in year										Suma Sum
		2000		2001		2002		2003		2004		
		M	O	M	O	M	O	M	O	M	O	
I	N	79,9	45,6	–	76,0	9,3	114,0	–	98,8	45,6	38,0	507
	P	8,1	9,0	5,2	15,0	5,2	22,5	–	19,5	5,2	7,5	97
	K	26,4	45,6	25,6	76,0	38,4	114,0	48,5	98,8	13,7	38,0	525
II	N	106,3	–	–	–	–	–	53,8	–	53,8	–	214
	P	–	–	6,3	–	–	–	6,3	–	6,3	–	19
	K	15,6	–	31,1	–	–	–	62,2	–	31,1	–	140
III	N	87,9	–	–	–	40,2	–	–	–	26,8	–	155
	P	5,4	–	5,4	–	9,3	–	–	–	5,2	–	25
	K	45,8	–	27,0	–	25,6	–	25,6	–	25,6	–	150
IV	N	40,0	–	–	–	35,0	–	–	–	–	–	75
	P	4,0	–	–	–	4,0	–	–	–	–	–	8
	K	20,0	–	25,0	–	20,0	–	–	–	–	–	65



Rys. 2. Rozkład opadów i średnich temperatur powietrza w okresie badań; 1 – opad, 2 – temperatura powietrza

Fig. 2. Distribution of precipitation and mean air temperatures in the study period; 1 – precipitation, 2 – air temperature



Rys. 3. Średnie roczne stężenie składników w wodzie w kolejnych latach: a) wariant I, b) wariant II, c) wariant III, d) wariant IV
 Fig. 3. Annual mean concentrations of analysed components in subsequent years: a) variant I, b) variant II, c) variant III, d) variant IV

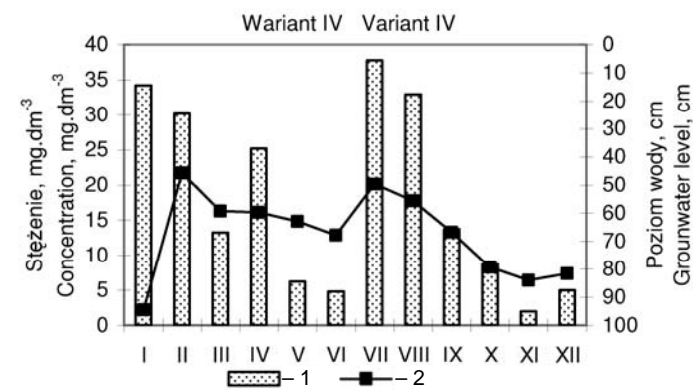
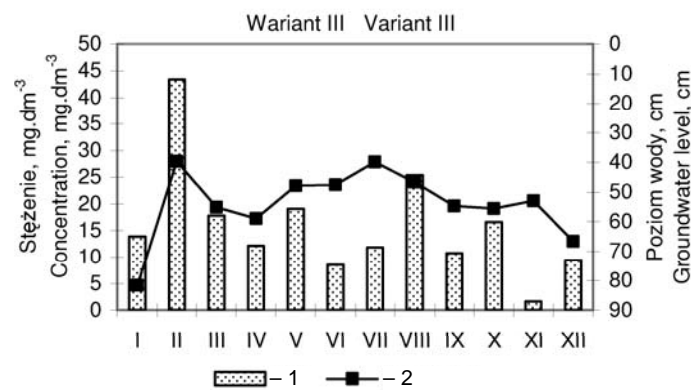
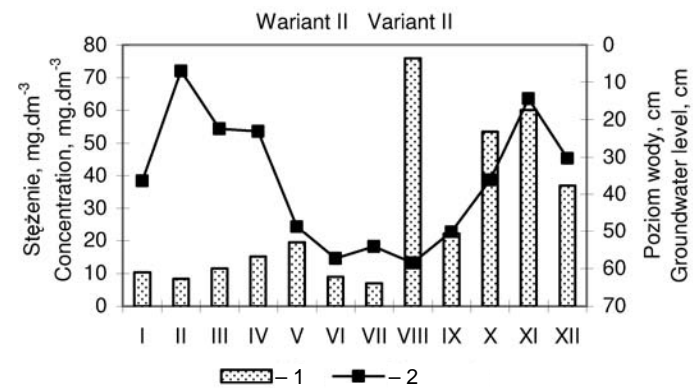
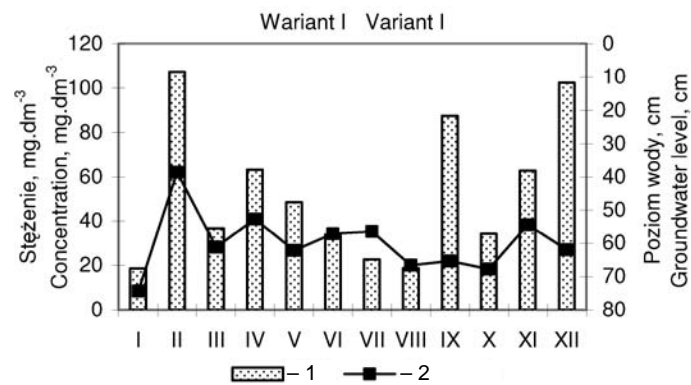
Tabela 3. Współczynniki korelacji dla zależności między stężeniami poszczególnych składników (istotne przy $\alpha < 0,05$)

Table 3. Coefficients of correlation between the concentrations of particular components significant at $\alpha < 0.05$

Składnik Component	Wariant Variant											
	I			II			III			IV		
	<i>n</i> = 55			<i>n</i> = 54			<i>n</i> = 56			<i>n</i> = 48		
	NH ₄	PO ₄	K	NH ₄	PO ₄	K	NH ₄	PO ₄	K	NH ₄	PO ₄	K
NO ₃	n.i.	-0,29	n.i.	n.i.	n.i.	0,37	-0,36	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
NH ₄	n.i.	0,30	0,92	n.i.	n.i.	0,46	n.i.	0,69	0,59	n.i.	0,34	0,56
PO ₄	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	0,83	n.i.	n.i.	0,39	n.i.	n.i.	0,43

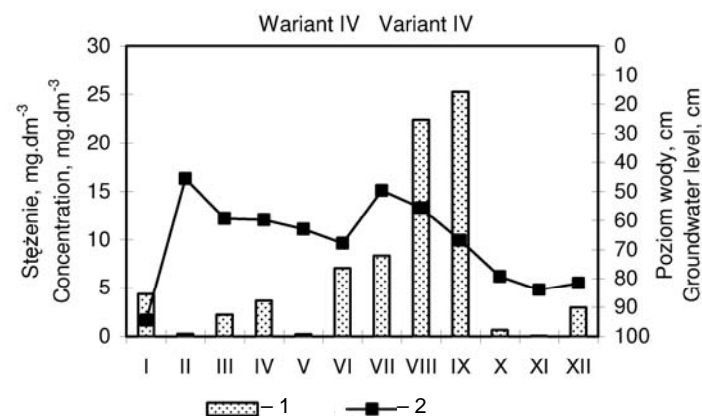
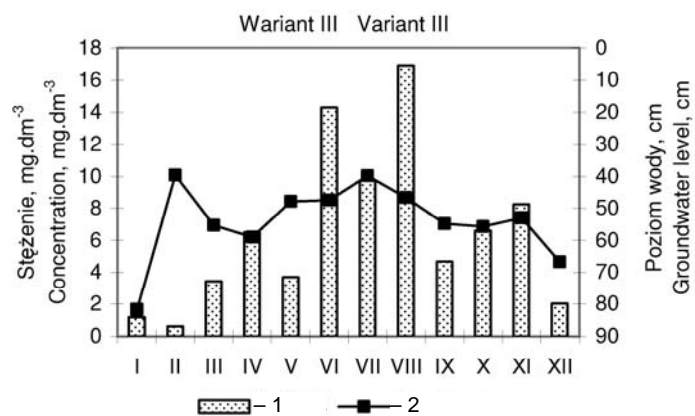
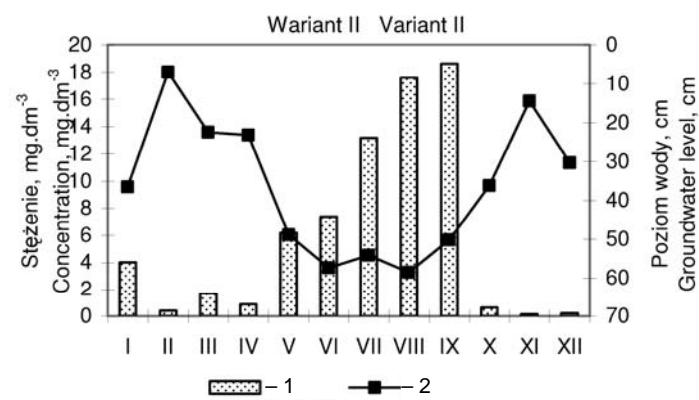
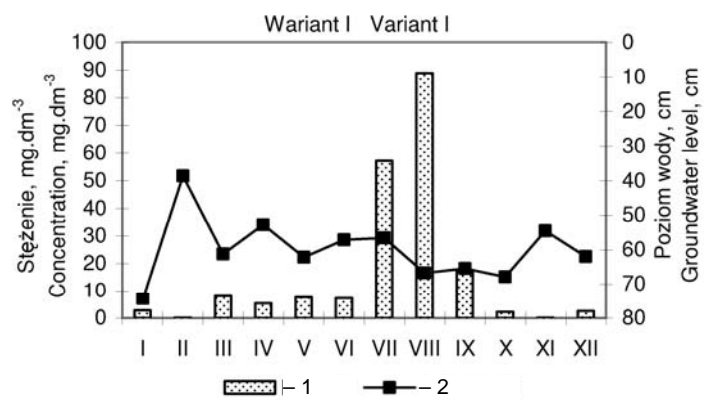
Objaśnienia: *n* – liczba próbek, n.i. – różnica nieistotna.

Explanation: *n* – number of samples, n.i. – not significant.



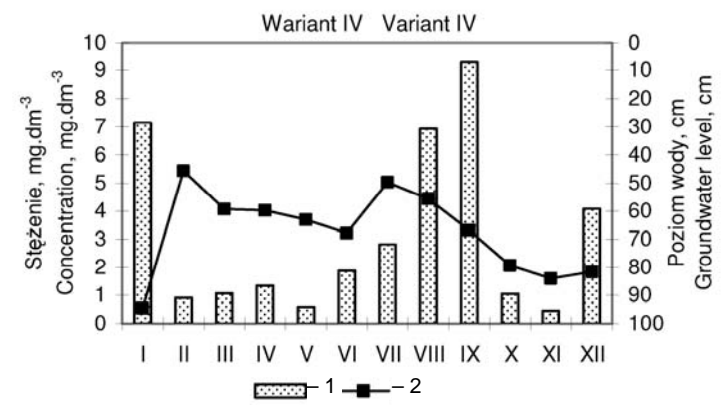
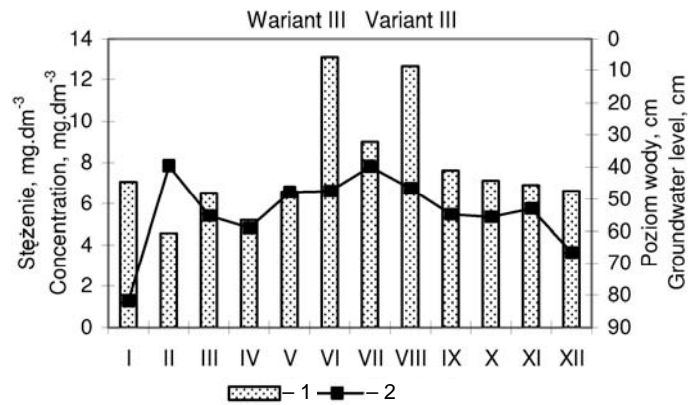
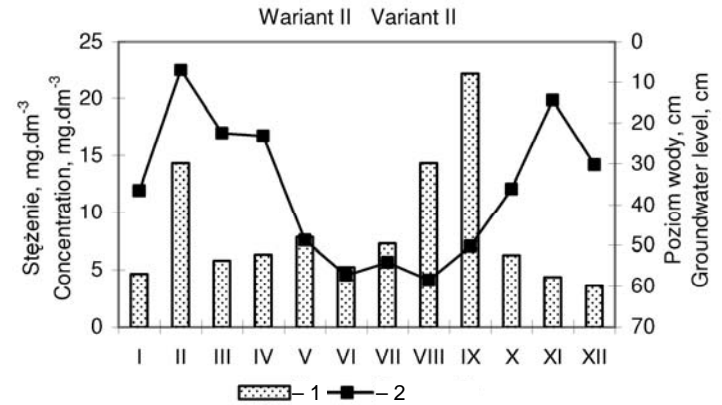
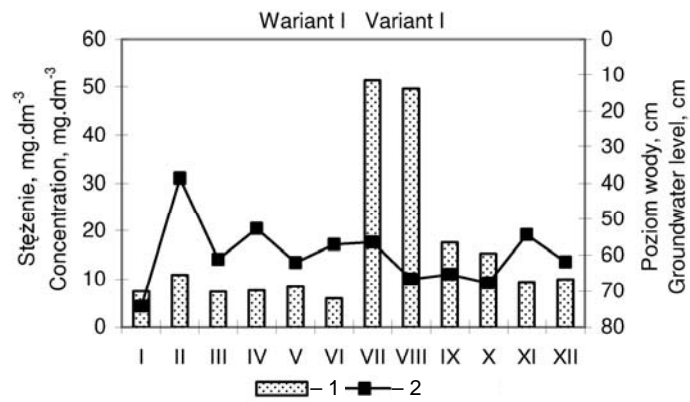
Rys. 4. Średnie miesięczne stężenia azotanów (1) i poziomu wody gruntowej (2)

Fig. 4. Monthly mean concentrations of nitrates (1) and groundwater level (2)

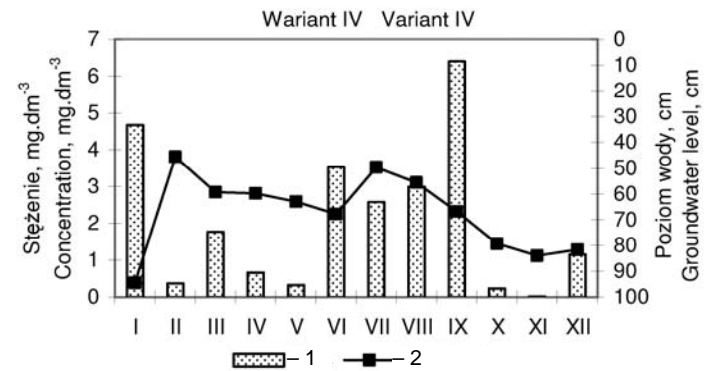
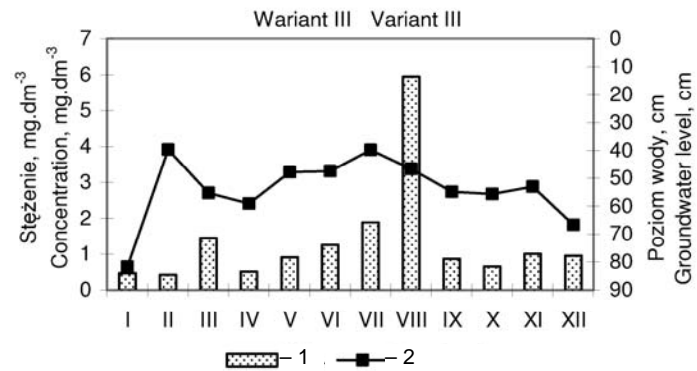
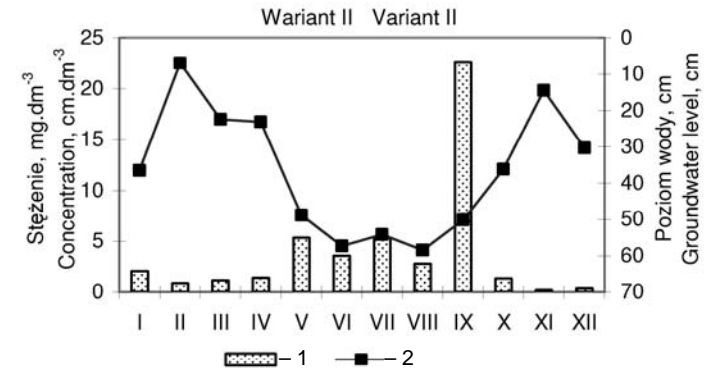
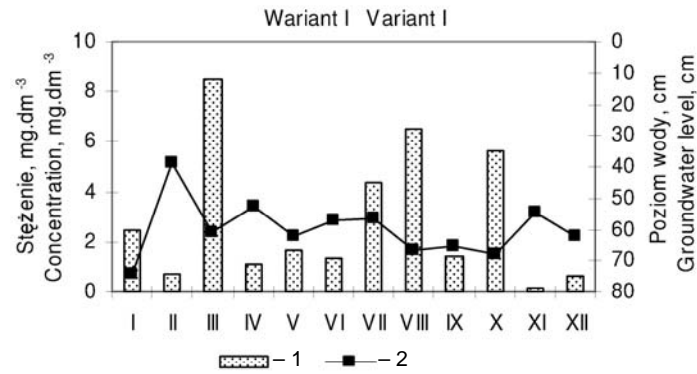


Rys. 5. Średnie miesięczne stężenia amonu (1) i poziomu wody gruntowej (2)

Fig. 5. Monthly mean concentrations of ammonium (1) and groundwater level (2)



Rys. 6. Średnie miesięczne stężenia potasu (1) i poziom wody gruntowej (2)
 Fig. 6. Monthly mean concentrations of potassium (1) and groundwater level (2)



Rys. 7. Średnie miesięczne stężenia fosforanów (1) i poziom wody gruntowej (2)

Fig. 7. Monthly mean concentrations of phosphates (1) and groundwater level (2)