

WPŁYW OBSZARÓW UŻYTKOWANYCH ROLNICZO NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE WÓD PŁYNĄCYCH NA PRZYKŁADZIE RZEKI ROKIETNICA

Małgorzata Rauba
Politechnika Białostocka

Streszczenie. Szczególne znaczenie w województwie podlaskim ma produkcja rolna. Prawie 20% powierzchni województwa stanowią użytki zielone związane z chowem bydła mlecznego i mięsnego. Duża obsada zwierząt w $DJP \cdot ha^{-1}$ UR, stanowiąca niemal dwukrotność średniej krajowej, generuje znaczne ilości odchodów. Obornik i gnojowica są powszechnie i chętnie stosowane jako nawozy pod zasiewy i trwałe użytki zielone. Celem artykułu jest analiza wpływu rolniczego użytkowania obszaru na stan fizykochemiczny wód rzecznych. Zmiany wartości podstawowych parametrów chemicznych i fizycznych wód rzecznych położonych w zasięgu oddziaływania obszarów użytkowanych rolniczo przedstawiono na przykładzie rzeki Rokitnicy. Badania realizowano w ciągu trzech lat w siedmiu punktach pomiarowych w różnych sezonach, uwzględniając cykl prac rolniczych. Uzyskane wyniki badań wskazują, że istnieje powiązanie między sezonowością wykonywania prac polowych a zawartością związków azotu i fosforu w rzece. Spośród wszystkich badanych związków jedynie stężenia azotu azotanowego (V) mieszczą się w II klasie czystości wód. Pozostałe stężenia parametrów przekraczają II klasę czystości i są pozanormatywne.

Słowa kluczowe: parametry fizyczne i chemiczne wód powierzchniowych, rzeka Rokitnica, obszary rolnicze

WSTĘP

W Polsce rolnictwo jest jednym z głównych działów gospodarki narodowej. Świadczy o tym struktura użytkowania gruntów (grunty rolne stanowią blisko 60% powierzchni Polski) oraz poziom zatrudnienia w tym sektorze (1/5 ogółu osób zatrudnionych). Szczególne znaczenie produkcja rolna ma w województwie podlaskim. Prawie 20% po-

Adres do korespondencji – Corresponding author: Małgorzata Rauba, Politechnika Białostocka, Zamiejscowy Wydział Leśny PB w Hajnówce, ul. Piłsudskiego 8, 17-200 Hajnówka, e-mail: m.rauba@pb.edu.pl

wierzchni województwa stanowią użytki zielone związane z chowem bydła mlecznego i mięsnego. Duża obsada zwierząt w DJP-ha⁻¹ UR, stanowiąca niemal dwukrotność średniej krajowej, generuje znaczne ilości odchodów powstających w obrębie zagrody i na pastwiskach [Rocznik statystyczny rolnictwa 2014]. Obornik i gnojowica są powszechnie i chętnie stosowane jako nawozy pod zasiewy i trwałe użytki zielone. Dodatkowo rolnicy zwiększają zasobność gruntów ornych w składniki odżywcze poprzez stosowanie nawozów mineralnych, co powoduje nierzadko przenawożenie gleb, a to z kolei prowadzi do wzrostu zawartości składników mineralnych w wodach odpływowych z terenów rolniczych. Skutkuje to nadmiernym użyżnieniem powierzchniowych wód płynących, co prowadzi do zjawiska eutrofizacji [Adamczyk i Jachimowski 2013].

Jak wskazują liczne badania [Koc i in. 1996, Sapek 1996, Smoroń 1996, Smoroń i in. 1996], wody z terenów użytkowanych rolniczo zawierają od 2 do 4,5 razy więcej azotu ogólnego niż z terenów seminaturalnych. Ilość przedostających się do wód powierzchniowych związków azotu i fosforu zależy głównie od intensyfikacji prowadzonych prac polowych, rodzaju gleb oraz stosowanych zabiegów agrotechnicznych. W zależności od poziomu nawożenia wymywanie do wód powierzchniowych azotu w postaci N-NO₃⁻ może sięgać nawet 40 kg-ha⁻¹. Zbyt duża zawartość substancji biogennych może powodować zmiany w funkcjonowaniu całego ekosystemu wodnego poprzez pogorszenie warunków fizycznych wody, takich jak: widzialność, temperatura, odczyn, konduktywność, oraz czynników biologicznych prowadzących do dominacji organizmów beztlenowych.

Celem artykułu jest ocena wpływu obszarów użytkowanych rolniczo na jakość wód rzeki Rokietnicy. Jakość wód zbadana została w odniesieniu do takich wskaźników, jak: fosfor ogólny, fosforany, azot ogólny Kjeldahla, azot amonowy, azot azotanowy (V), tlen rozpuszczony oraz odczyn i przewodność elektrolityczna właściwa.

MATERIAŁY I METODY

Obszar badań stanowiła rzeka Rokietnica, zlokalizowana w południowo-zachodniej części województwa podlaskiego. Rzeka jest lewobrzeżnym dopływem rzeki Śliny, będącej III-rzędowym dopływem rzeki Narwi. Zlewnia rzeki charakteryzuje się typowo rolniczym sposobem użytkowaniem. Dużą część zlewni stanowią grunty orne – 52%. Zbliżone wielkości powierzchni zajmują lasy i użytki zielone – po ok. 24% powierzchni zlewni.

Próbki wody do badań pobierano w siedmiu stałych punktach, po jednej próbie z każdego punktu poboru. Próby pobierane były przez okres trzech lat w terminach związanych z pracami polowymi: w sezonie wiosennym (marzec/kwiecień, maj), letnim (czerwiec, sierpień) i jesiennym (wrzesień, listopad).

Punkty poboru wód powierzchniowych zlokalizowano w miejscach oddalonych od osiedli wiejskich, aby ograniczyć ewentualny dopływ ścieków bytowo-gospodarczych.

Badania chemiczne wód wykonano na spektrofotometrze firmy HACH DR/2000 (numer seryjny P/N 44800-60) z odczytnikami zgodnymi z metodyką tej firmy, co obejmowało oznaczenie zawartości fosforu ogólnego, fosforanów, azotu ogólnego Kjeldahla,

azotu amonowego, azotu azotanowego (V). Tlen rozpuszczony zmierzono przy użyciu tlenomierza firmy HACH HQ30d (numer seryjny Cat. 58258-00). Odczyn wód zmierzono za pomocą pH-metru Elmetron CP 505, a przewodność elektrolityczną właściwą konduktometrem firmy HACH CO J50.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie przy zastosowaniu testu t-Studenta dla zmiennych niezależnych przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$, wykorzystując analizę korelacji Pearsona między badanymi parametrami fizycznymi a chemicznymi oraz określając ich siłę: poniżej 0,2 – korelacja słaba (praktycznie brak związku), 0,2–0,4 – korelacja niska (zależność widoczna), 0,4–0,6 – korelacja umiarkowana (zależność istotna), 0,6–0,8 – korelacja wysoka (zależność znaczna), 0,8–0,9 – korelacja bardzo wysoka (zależność bardzo duża), 0,9–1,0 – korelacja praktycznie pełna.

WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

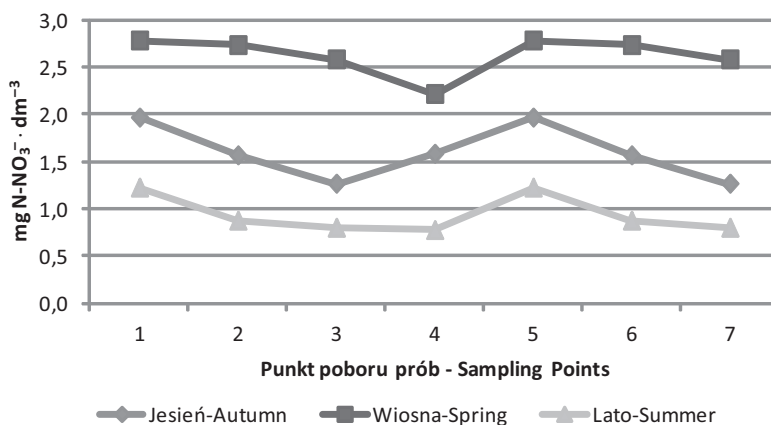
Tabela 1 przedstawia wyniki graniczne zbadanych wartości parametrów wody oraz wartości uśrednione. Wartości poszczególnych wskaźników jakości wód rzecznych są bardzo zmienne i wykazują duże różnice między wartościami minimalnymi a maksymalnymi.

Tabela 1. Właściwości fizykochemiczne wód rzeki Rokietnicy

Table 1. Physical and chemical properties of waters of the river Rokietnica

Parametr Parameter	Jednostka Unit	Zakres pomiarowy Measuring range	Wartość uśredniona stężeń Mean values	Mediana Median
Fosforany Phosphates	mg PO ₄ ³⁻ ·dm ⁻³	0,18–6,84	1,79	1,47
Fosfor ogólny Total phosphorus	mg P·dm ⁻³	0,01–4,48	0,75	0,68
Azot amonowy Ammonia nitrogen	mg N-NH ₄ ⁺ ·dm ⁻³	0,01–4,41	0,93	0,54
Azot azotanowy (V) Nitrate nitrogen (V)	mg N-NO ₃ ⁻ ·dm ⁻³	0,1–5,0	1,8	1,90
Azot ogólny Kjeldahla Kjeldahl's total nitrogen	mg N·dm ⁻³	1,2–13,75	4,13	3,75
Tlen rozpuszczony Dissolved oxygen	mg O ₂ ·dm ⁻³	1,7–9,0	5,9	6,3
pH	–	6,68–8,13	7,64	7,68
Przewodność Conductivity	μS·cm ⁻¹	402–724	633	652

Najwyższe stężenia wszystkich parametrów wystąpiły przede wszystkim w okresach wiosennym i jesiennym, zaś najniższe w sezonie letnim. Przyczyną wahań stężeń badanych parametrów jest przede wszystkim sezonowość prac polowych, a co za tym idzie wzmożone nawożenie w wiosennym i jesiennym okresie. Wyraźnie zaznaczone jest to w przypadku stężeń azotu azotanowego (V) – rysunek 1.



Rys. 1. Zmiany wartości średnich stężeń azotu azotanowego (V) w zależności od pory roku
 Fig. 1. Change of mean concentration nitrate nitrogen (V) depending on the season

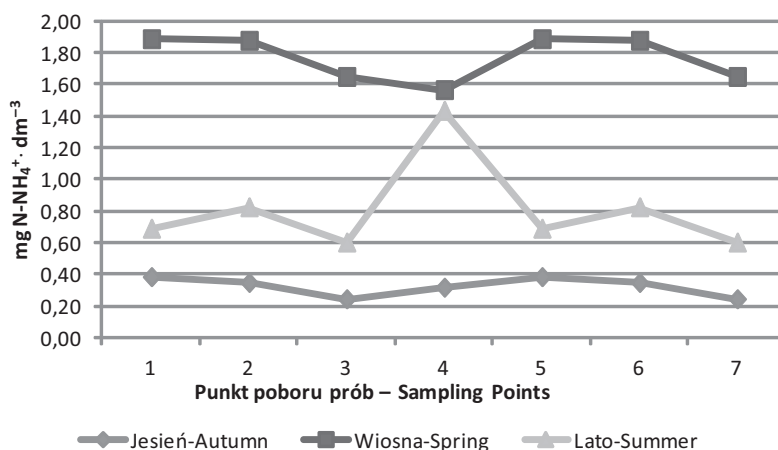
Niskie stężenia tego związku w okresie letnim wynikają z jego pobierania jako podstawowego składnika pokarmowego przez rośliny uprawne oraz trawy w okresie ich intensywnego wzrostu, a przez to jego niewielkim przenikaniem do środowiska [Durkowski i in. 2001]. Z kolei maksimum wiosenne stężeń tego biogenu wynika z uwalniania tego związku zmagazynowanego zimą w glebie wraz z roztopami wiosennymi. Większość azotu azotanowego (V) jest wmywana z gleby jesienią, zimą i wczesną wiosną, gdy jest mała ewapotranspiracja i niskie temperatury, duże opady i nie ma pokrywy roślinnej [Dechnik i Wiater 1996, Piekut i Pawłat 1996, Stenberg i in. 1999].

Nieco inaczej przebiega rozkład stężeń azotu amonowego (rys. 2). Najniższe stężenia tego parametru zaobserwowano jesienią, zaś najwyższe wiosną. Ponieważ azot amonowy szybko ulega przekształceniu w inne formy azotu, można sądzić, że przyczyną wysokich stężeń tej formy azotu wiosną będzie świeże nawożenie gnojowicą, którą na użytki zielone najczęściej stosuje się od końca marca do początku kwietnia [Nazaruk 1998, Kiryluk i in. 2009].

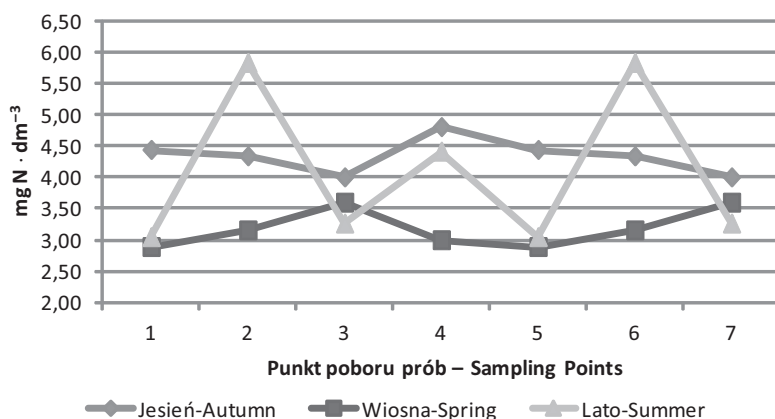
Bardzo zróżnicowane stężenia zanotowano natomiast w przypadku azotu ogólnego Kjeldahla (rys. 3).

Wysokie stężenia tej formy azotu zaobserwowano jesienią, na co wpływ miało przedostawanie się do wód resztek poźniwnych wraz z jesiennymi spływami powierzchniowymi oraz rozkładająca się roślinność brzegowa i wodna.

W przypadku związków fosforu (rys. 4 i 5) najwyższe stężenie stwierdzono latem, natomiast najniższe wiosną. Jedną z przyczyn takiego rozkładu stężeń jest intensywne parowanie połączone z niewielkim zasilaniem cieku oraz spadkiem zawartości tlenu rozpuszczonego (rys. 6), którego okresowe braki powodują uwalnianie się rozpuszczalnych związków fosforu w warunkach anaerobowych [Dojlido 1995, Miller 2000]. Drugą zaś spływy powierzchniowe z obszarów pastwisk, na których zaobserwowano najwyższe stężenia tych parametrów. Jest to związane z faktem, że zarówno łąki, jak i pastwiska



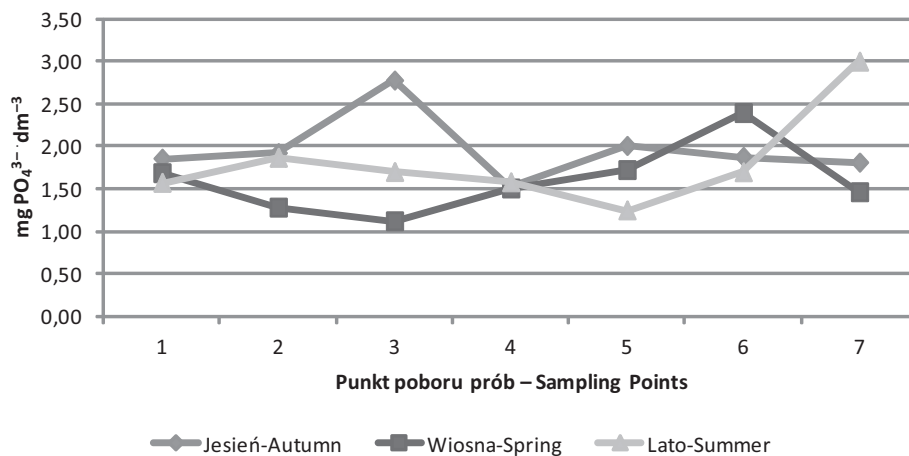
Rys. 2. Zmiany wartości średnich stężeń azotu amonowego w zależności od pory roku
 Fig. 2. Change of mean concentration ammonia nitrogen depending on the season



Rys. 3. Zmiany wartości średnich stężeń azotu ogólnego Kjeldahla w zależności od pory roku
 Fig. 3. Change of mean concentration Kjeldahl's total nitrogen depending on the season

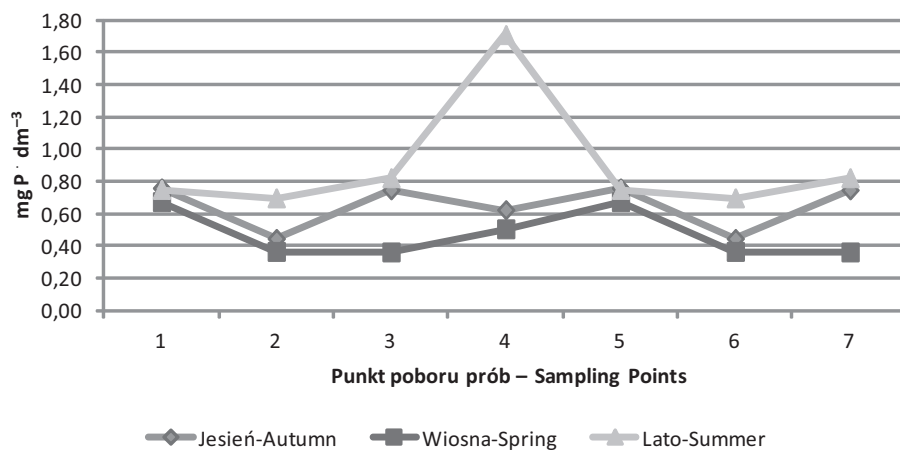
zasilane są nawozami naturalnymi, które mają zdolność do łatwego przemieszczania się w profilu glebowym [Stępień i in. 1999, Zhang i in. 2003].

Równie ważne jak czynniki chemiczne są wskaźniki fizyczne jakości wód. W przypadku wód płynących jest to odczyn i przewodność elektrolityczna właściwa. Odczyn wód naturalnych zawarty jest w granicach pH 6,5–8,5. Różnice te spowodowane są przede wszystkim różną zawartością dwutlenku węgla. Poza tym pH wód naturalnych zależy od obecności słabych kwasów organicznych i soli, których jony ulegają protolitycznej reakcji z wodą [Bielicka-Giełdoń i in. 2014]. We wszystkich punktach pomiarowych w całym okresie badawczym odczyn wód rzecznych mieścił się w granicach przypisanych wodom naturalnym (rys. 7).



Rys. 4. Średnie wartości stężeń fosforanów w zależności od pory roku

Fig. 4. Change of mean concentration phosphates depending on the season

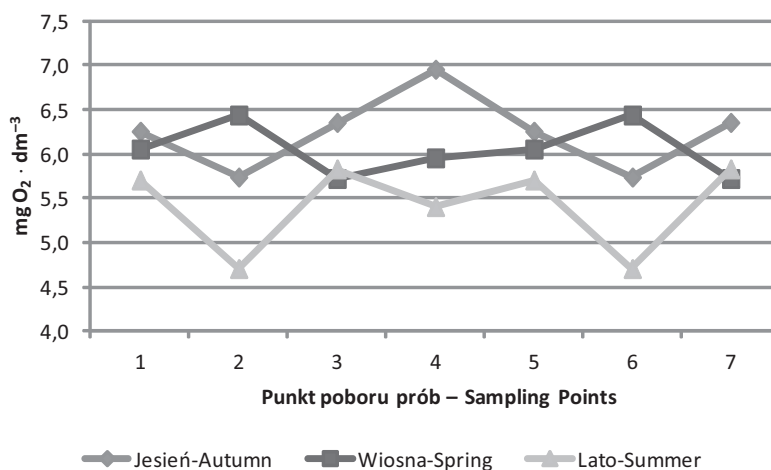


Rys. 5. Średnie wartości stężeń fosforu ogólnego w zależności od pory roku

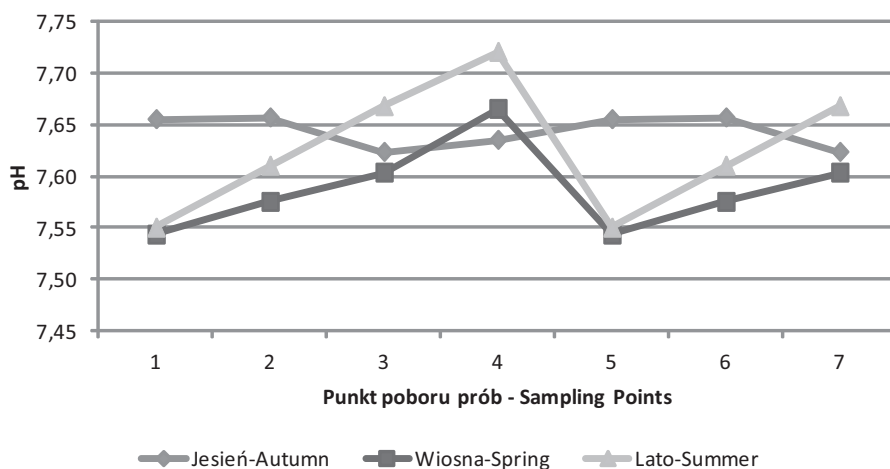
Fig. 5. Change of mean concentration total phosphorus depending on the season

Od odczynu wód zależy również jej przewodność (rys. 8). Przy odczynie silnie kwaśnym i silnie zasadowym wzrasta przewodność. Wyższe przewodnictwo w okresie letnim i jesiennym wynika głównie z niewielkiego zasilania rzeki wodami.

Analizy statystyczne wskazują na silną dodatnią zależność ($r = 0,78$) pomiędzy stężeniami azotu azotanowego (V) a odczynem wód w okresie jesiennym, zaś ujemną

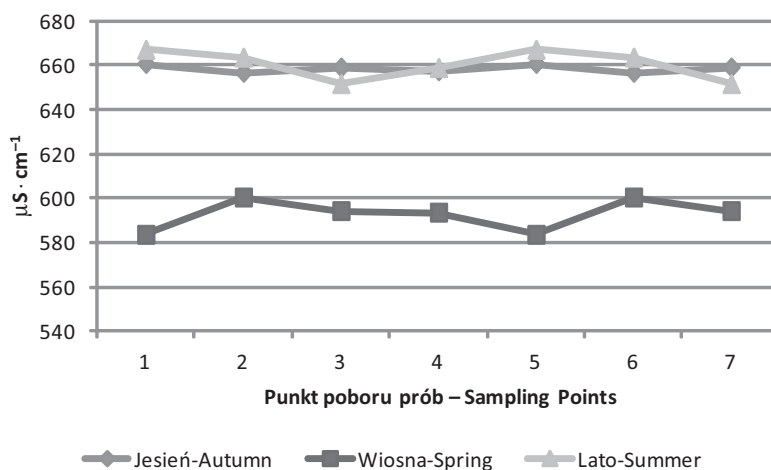


Rys. 6. Średnie wartości stężeń tlenu rozpuszczonego w zależności od pory roku
 Fig. 6. Change of mean concentration dissolved oxygen depending on the season



Rys. 7. Zmiany odczynu wody w zależności od pory roku
 Fig. 7. Change of pH depending on the season

($r = -0,899$) w okresach wiosennym i letnim. Przy wzroście pH wody obniżało się stężenie azotu azotanowego (V). Nie stwierdzono natomiast zależności między stężeniami $N-NO_3^-$ a przewodnością w okresach jesiennym i wiosennym. Dodatnią istotną korelację zanotowano natomiast w sezonie letnim ($r = 0,83$). Również stężenia azotu amonowego zależą od wartości pH wód. Wykazano ujemną korelację ($r = -0,91$) w okresie wiosen-



Rys. 8. Zmiany przewodności elektrolitycznej właściwa w zależności od pory roku
 Fig. 8. Change of specific electrolytic conductivity depending on the season

nym i dodatnią ($r = 0,94$) w okresie jesiennym. Nie występuje natomiast zależność między stężeniami $N-NH_4^+$ a przewodnością. Analizy statystyczne nie wykazały wzajemnych zależności między stężeniami: azotu ogólnego Kjeldahla, fosforanami, fosforem ogólnym a odczytem i przewodnością.

WNIOSKI

1. Struktura użytkowania obszarów przyległych do rzeki ma istotny wpływ na przenikanie związków biogenych do wód rzeki Rokiętica. Parametry fizyczne i chemiczne wód rzecznych determinowane są sezonowością prac rolnych.

2. Najwyższe stężenia związków azotu stwierdzono w okresach nawożenia obszarów użytkowanych rolniczo.

3. Stężenia związków fosforu wystąpiły w największej ilości w okresie letnim, co związane było z niewielkim zasilaniem wód, a co za tym idzie często wytworzeniem warunków anaerobowych, które sprzyjają uwalnianiu się związków fosforu zakumulowanych w osadach dennych.

4. Spośród wszystkich badanych związków jedynie stężenia azotu azotanowego (V) mieściły się w II klasie czystości wód. Pozostałe stężenia parametrów przekraczały II klasę czystości i były pozanormatywne [Rozporządzenie Ministra Środowiska... 2014].

PODZIĘKOWANIA

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy S/ZWL/1/2014 i sfinansowane ze środków na naukę MNiSW.

LITERATURA

- Adameczyk W., Jachimowski A., 2013. Wpływ składników biogennych na jakość i eutrofizację powierzchniowych wód płynących, stanowiących źródło wody pitnej Krakowa. *ŻNTJ* 6(91), 175–190.
- Bielicka-Giełdoń A., Grabowska E., Siedlecka E. M., Zaleska A., 2014. *Inżynieria środowiska*. Wyd. UG, Gdańsk.
- Dechnik I., Wiater J., 1996. Dynamika azotu azotanowego w glebie pod monokulturą pszenicy ozimej. *ZPPNR* 440, 75–80.
- Dojlido J.R., 1995. *Chemia wód powierzchniowych*. Ekonomia i Środowisko, Białystok.
- Durkowski T., Sobieraj R., Wesołowski P., 2001. Badania związków biogennych w małej rzece na przykładzie Gowienicy. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 1, 2(2), 137–152.
- Kiryłuk A., Rauba M., 2009. Zmienność stężenia związków azotu w różnie użytkowanej zlewni rolniczej rzeki Śliny. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 9, 4(28), 71–86.
- Koc J., Ciećko C., Janicka R., Rochwerger A., 1996. Czynniki kształtujące poziom mineralnych form azotu w wodach obszarów rolniczych. *ZPPNR* 440, 175–183.
- Miller A.T., 2002. Skład chemiczny oraz unosiny i zawiesiny w ciekach dwóch mikrozelewni o kontrastowym zalesieniu. *PN IKŚ* 11, 2(25), 62–70.
- Nazaruk M., 1998. *Podstawy rolnictwa – działy wybrane dla meliorantów*. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Piekut K., Pawłat H., 1996. Bilans azotu ekosystemów łąkowych w zróżnicowanych warunkach glebowo-wodnych. *ZPPNR* 440, 291–299.
- Rocznik statystyczny rolnictwa, 2014. *Roczniki branżowe*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [Dz.U. 2014, poz. 1482].
- Sapek A., 1996. Zagrożenie zanieczyszczenia wód azotem w wyniku działalności rolniczej. *ZPPNR* 309–329.
- Smoroń S., 1996. Obieg fosforu w rolnictwie i zagrożenie dla jakości wody. *Zesz. Edukacyjne* 1. Falenty. IMUZ, 86–104.
- Smoroń S., Kopeć S., Misztal A., 1996. Dynamika azotanów w wodach infiltrujących przy różnych uprawach rolniczych. *ZPPNR* 440, 365–374.
- Stenberg M., Aronsson H., Linden B., Rydberg T., Gustafson A., 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil Till. Res.* 50, 115–125.
- Stępień W., Mercik S., 1999. Zmiany zawartości fosforu i potasu w glebie oraz plonowania roślin na przestrzeni 30-tu lat na glebie nawożonej i nie nawożonej tymi składnikami. *ZPPNR* 467, 269–278.
- Zhang H.C., Cao Z.H., Shen Q.R., Wong M.H., 2003. Effect of phosphate fertilizer application on phosphorus (P) losses from paddy soils in Taihu Lake region. I. Effect of phosphate fertilizer rate on P losses from paddy soil. *Chemosphere* 50, 695–701.

THE IMPACT OF AGRICULTURAL AREAS ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF FLOWING WATERS ON THE EXAMPLE OF RIVER ROKIETNICA

Summary. Livestock farming is linked to the production of large amounts of excrements, which are used on farms as a natural fertilizer. In addition, farmers use mineral fertilizers, which often cause fertilization of soil, which in turn leads to an increase of the mineral content in the water flowing from agriculture. This results in excessive fertilization of water surface, which can lead to eutrophication.

This article aims to assess the influence of agricultural land on the water quality of the river. The study area was a river Rokietnica, located in southwestern part of the Podlasie region. Water samples for testing were collected at seven fixed points during three years in terms related to the work field: in the spring season (March/April, May), summer (June and August) and autumn (September, November). Water point was located in places away from rural settlements to reduce the potential supply of municipal wastewater.

In water samples tested: total phosphorus, phosphate, general Kjeldahl nitrogen, ammonia nitrogen, nitrate nitrogen (V), dissolved oxygen, pH and specific conductivity electrolytic. The results were statistically analyzed using analysis of correlation between the physical and chemical parameters with a confidence interval of 0.05 and determining their strength.

The indicators of quality of river water are highly variable and we can observe big differences between the minimum and maximum. The highest concentrations of all parameters were primarily in the spring and autumn and the lowest in summer. The cause of fluctuations of concentrations of the tested parameters is primarily seasonal field work and related fertilization in the spring and autumn. This is apparent with reference to the concentration of nitrate nitrogen (V). Differently distribution of concentrations was observed for ammonia nitrogen. The lowest concentration of this parameter was observed in autumn and the highest in spring. Very different concentrations was recorded in relation to the total nitrogen Kjeldahl. High levels of this form of nitrogen were observed in autumn, because crop residues and decaying water and coastline vegetation get into the water. In the case of phosphorus compounds the highest concentrations found in the summer and the lowest in spring. However, pH at all measurement points, throughout the study period, was within the range for natural waters. Conductivity is pH-dependent parameter. Higher conductivity in the summer and autumn is the result of small supply of the river waters.

The study shows that the structure of the use of areas adjacent to the river has a significant impact on the penetration of nutrients into the waters of the river Rokietnica.

Key words: physical and chemical parameters of surface water, river Rokietnica, agricultural areas