

*Kacper RAWICKI, Hanna SIWEK<sup>1</sup>*

## WSTĘPNA OCENA POZIOMU STĘŻENIA MINERALNYCH ZWIĄZKÓW AZOTU I FOSFORU W WODACH POWIERZCHNIOWYCH ZLEWNI JEZIORA ŚWIDWIE

### PRELIMINARY ESTIMATION OF MINERAL NITROGEN AND PHOSPHORUS CONCENTRATION IN SURFACE WATERS IN THE ŚWIDWIE LAKE CATCHMENT

Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy w Szczecinie, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach

<sup>1</sup> Zakład Chemii Ogólnej i Ekologicznej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

**Abstract.** An article presents results of six-month research (V–X 2012) of mineral nitrogen and phosphorus compounds on surface waters in Świdwie lake's catchment area. In investigated water courses the concentration of nitrate nitrogen(V) classified water to I purity class and concentration of ammonium nitrogen classified most of these water-courses to II purity class. Whereas the concentration of the phosphate phosphorus(V) on the most of examined water-courses exceeded II class limits for surface waters (especially on water courses running by built-up area). Positive influence of the Żurawie reservoir on the quality of waters flowing in to the Świdwie lake was noted. On the base of obtained results we concluded that Struga Żurawia and canal Bolkowo-Łęgi leading large amounts of phosphate phosphorus to Świdwie lake. It may cause to increased process of its eutrophication. However we did not found large amounts of investigated biogenic compounds in river Gunica which flows to Świdwie lake. On Świdwie lake outflow lower concentration of phosphorus(V) what is the evidence of phosphates cumulation in the lake.

**Słowa kluczowe:** azot, fosfor, jakość wód, jezioro Świdwie, wody powierzchniowe.

**Key words:** biogenic compounds, lake Swidwie, nitrogen, phosphorus, surface water, water quality.

## WSTĘP

W województwie zachodniopomorskim w powiecie polickim znajduje się niewielka Ostoja Świdwie będąca obszarem specjalnej ochrony ptaków – Jezioro Świdwie (PLB320006) utworzonym w ramach programu Natura 2000 (OSO). Jest to miejsce bytowania co najmniej 41 gatunków ptaków uwzględnionych w załączniku I Dyrektywy ptasiej, z czego 28 gatunków posiada na tym terenie siedliska lęgowe. Obszar ten stanowi także punkt spoczynku dla wielu migrujących ptaków wodno-błotnych (np. żurawi). Na terenie Ostoi wyznaczono dwie formy ochrony przyrody: Rezerwat przyrody Świdwie (891,3 ha) oraz Ostoja Konwencji Ramsarskiej Jezioro Świdwie (891,3 ha) (Staszewski i in. 2010).

Centralną część Ostoi zajmuje jezioro Świdwie, którego głównymi dopływami są ciek wodne, których trasy położone są na terenie gminy Dobra. Wskazuje się, że na terenie gminy do głównych źródeł zanieczyszczeń wód powierzchniowych należą ścieki komunalne oraz spływy powierzchniowe z pól uprawnych (Miluniec i in. 2009). Zła jakość wód powierzchniowych jest istotnym zagrożeniem dla chronionego obszaru (Staszewski i in. 2010). W celu poprawy jakości wód dopływających do jeziora Świdwie wybudowano zbiornik Żurawie, którego rolą jest m.in. zatrzymywanie związków biogenych (Studium Uwarunkowań... 2002).

W jego obrębie wykonano lub przebudowano wiele urządzeń melioracyjnych, tj.: kanały i rowy melioracyjne oraz stację pomp Rzędziny, której wylot stanowi konstrukcja dokowa wychodząca na teren zbiornika Żurawie (Kowalewska 1996).

Celem podjętych badań było określenie poziomu zawartości bioprzyswajalnych związków azotu i fosforu w wodach powierzchniowych zlewni jeziora Świdwie. Ponadto w pracy podjęto ocenę stężeń na poszczególnych stanowiskach powyżej i poniżej zbiornika Żurawie w celu zbadania funkcjonowania tego zbiornika jako buforu biogenów.

## MATERIAŁ I METODY

Ostoja Świdwie zajmuje powierzchnię 7196 ha położonych w mezoregionie zwanym Równiną Wkrzańską (Staszewski i in. 2010). Obszar ten charakteryzuje się kompleksem leśnym Puszczy Wkrzańskiej z wydłami śródładowymi i torfowiskami, a także rozległymi obniżeniami torfowiskowymi wykorzystywanymi często jako użytki zielone lub stanowiące podmokłe i bagienne nieużytki (Studium Uwarunkowań... 2002). Lasy i zadrzewienia na terenie Ostoi Świdwie zajmują 45,8% powierzchni. Na pozostałym obszarze znajdują się głównie łąki i pastwiska (19,2%) oraz inne tereny rolne (22,5%), jak i nieużytki (10,7%) (Staszewski i in. 2010).

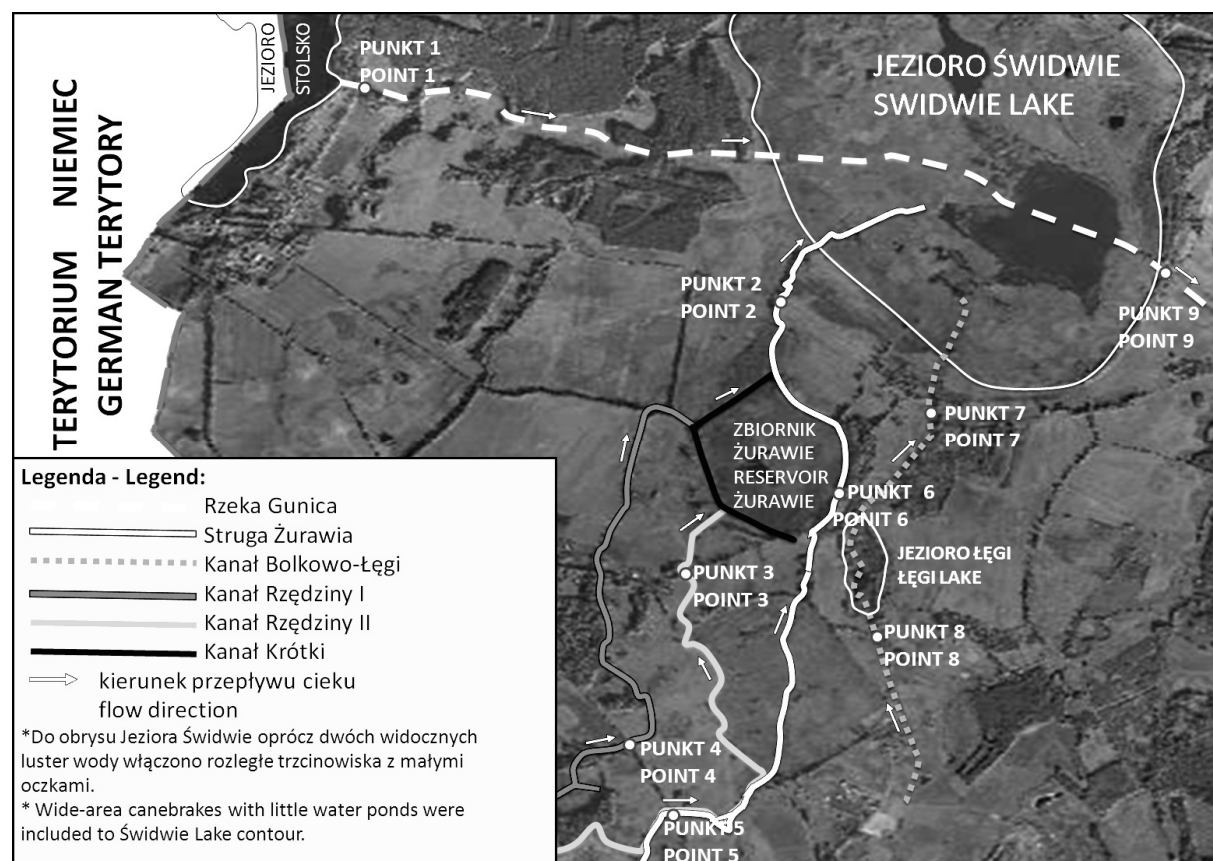
Jezioro Świdwie zajmujące centralną część Ostoi posiada duże lustro wody, otoczone polaciami szuwarów z przylegającymi do nich olsami i łąkami. Ponadto występują na tym terenie inne zbiorniki wodne, np. fragment granicznego jeziora Stolsko, płytki zbiornik retencyjny Żurawie i niewielkie śródpolne zbiorniki (Staszewski i in. 2010).

Jezioro Świdwie jest płytkim i eutroficznym zbiornikiem wodnym o powierzchni 358,32 ha (Studium Uwarunkowań... 2002). Przeważająca część jeziora porośnięta jest roślinnością szuwarową, która stanowi podział jego powierzchni na dwa większe obszary z odkrytym lustrem wody o powierzchni około 50 i 26 ha. Głębokość maksymalna w jeziorze osiąga wartość do 2,4 m, natomiast średnia głębokość wynosi 0,7 m (Sroka 2008). W obrębie jeziora na przestrzeni lat użytkowanie gruntów ulegało znacznym przekształceniom. Na obszarach podmokłych oraz terenach leśnych powiększał się areał gruntów ornych dzięki regulacji stosunków wodnych. W okresie powojennym zaobserwowano jednak ponowne ich zmniejszenie w wyniku zalesiania pól i pozostawienia ich jako odłogi (Pieńkowski i Kupiec 2001).

Ostoja Świdwie położona jest w granicach administracyjnych dwóch gmin: Dobra (4 096,6 ha) i Police (3 099,6 ha). Północna część gminy Dobra, gdzie znajdują się badane ciek wodne, położona jest w zlewni jeziora Świdwie (Miluniec i in. 2009). Zlewnia posiada charakter nizinny o niewielkim zróżnicowaniu wysokości, gdzie spływ wód odbywa się głównie

w kierunku północnym. Zlewnia jeziora wchodzi w skład zlewni rzeki Gunica, której nieduży fragment z częścią jeziora Stolsko położony jest na terytorium Niemiec. W związku z tym jakość wód rzeki Gunica, a także jezior Stolsko i Świdwie jest uwarunkowana użytkowaniem zlewni po obu stronach granicy polsko-niemieckiej (Studium Uwarunkowań... 2002).

Na badanych ciekach wodnych wyznaczono dziewięć punktów badawczych, których rozmieszczenie przedstawiono na schemacie wykonanym na podstawie zdjęcia satelitarnego i mapy udostępnionej przez Zachodniopomorski Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych (rys. 1). W pracy przyjęto nazewnictwo cieków stosowane przez Zachodniopomorski Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych, gdyż zauważono, że nazwy różnią się w zależności od opracowania.



Rys. 1. Schemat przestrzennego rozmieszczenia punktów badawczych (1–9) na terenie zlewni jeziora Świdwie

Fig. 1. Diagram of the spatial distribution of research points (1–9) in the catchment of lake Świdwie

Badaniami objęto trzy główne dopływy do jeziora Świdwie. Pierwszy z nich stanowi rzeka Gunica wypływająca z jeziora Stolsko i przepływająca przez jezioro Świdwie. Na trasie tego ciekusuytuowano dwa punkty badawcze – w pobliżu odpływu z jeziora Stolsko (punkt 1) oraz poniżej jeziora Świdwie (punkt 9).

Drugim dopływem do jeziora Świdwie jest Struga Żurawia, której trasa przebiega przez retencyjny zbiornik Żurawie (70 ha). Na Strudze Żurawiej wyznaczono trzy punkty: dwa powyżej zbiornika Żurawie (punkt 5 i 6) oraz jeden poniżej tego zbiornika (punkt 2). Punkty wyznaczono także na innych ciekach prowadzących wody do Strugi Żurawiej przez zbiornik Żurawie: Kanał Rzędziny I (punkt 4) i Kanał Rzędziny II (punkt 3).

Trzecim dopływem do jeziora Świdwie jest Kanał Bolkowo-Łęgi, którego trasa przebiega przez jezioro Łęgi (2,4 ha). Punkty na tym cieku usytuowano powyżej (punkt 8) i poniżej jeziora Łęgi (punkt 7 – powyżej jeziora Świdwie) (Studium Uwarunkowań... 2002).

Próbki wody pobrano w półroczu hydrologicznym letnim – w okresie od maja do października 2012 roku z częstotliwością jeden raz w miesiącu. Analizy chemiczne na zawartość jonów azotanowych(V) i jonów amonowych w pobranych próbkach wody wykonano w laboratorium za pomocą wieloparametrowego fotometru typu LF 305 firmy Standi, a następnie przeliczono uzyskane wyniki na azot azotanowy(V) i azot amonowy. Jony fosforanowe oznaczono za pomocą fotometru typu PC Compact firmy WTW i przeliczono na fosfor fosforanowy(V). Otrzymane wartości stężeń związków biogennych porównano z wartościami dopuszczalnymi dla poszczególnych wskaźników jakości wód powierzchniowych (Rozporządzenie Ministra Środowiska... 2011).

## WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 1 przedstawiono miesięczne wartości sum opadów atmosferycznych zarejestrowanych na stacji meteorologicznej IMGW w Szczecinie (Biuletyn... 2012). Według kryterium Kaczorowskiej (1962), stwierdzono, że w okresie przeprowadzonych badań do miesięcy suchych zaliczono maj, czerwiec i wrzesień, natomiast sierpień i październik do miesięcy wilgotnych, a lipiec do bardzo wilgotnych.

Tabela 1. Miesięczne sumy opadów atmosferycznych od maja do października 2012 roku na stacji meteorologicznej IMGW w Szczecinie (za: Biuletyn IMGW 2012)

Table 1. The monthly amount of precipitation at weather from May to October 2012 station in Szczecin IMGW

Stacja IMGW w Szczecinie Station IMGW in Szczecin	Opady atmosferyczne w miesiącach Monthly precipitation					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
Suma (mm) Sum (mm)	25,3	44,1	114,6	56,6	31,4	42,2
Wieloletnie sumy opadów (1971–2000) (mm) Long term precipitation (1971–2000) (mm)	48	62	64	53	44	37
% normy % of norm	53	71	179	107	71	114
Liczba dni z opadem Number of days with precipitation	10	14	21	18	12	15
Liczba dni bez opadu Number of days without precipitation	21	16	10	13	18	15

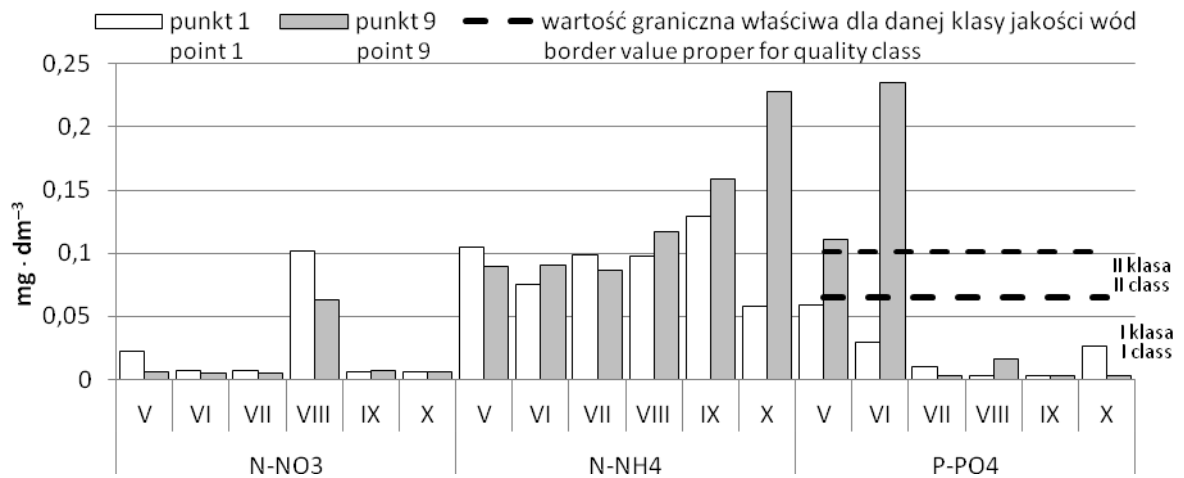
W tabeli 2 przedstawiono wyniki badań z dziewięciu punktów pomiarowych z okresu maj–październik 2012 roku. Z tabeli 2 wynika, że w wyznaczonych punktach badawczych wystąpiły różnice stężeń mineralnych związków azotu i fosforu w zależności od miesiąca pomiaru i lokalizacji punktu.

We wszystkich punktach badawczych (punkty 1–9) przez cały okres badań (maj–październik 2012 roku) zanotowano małe stężenia azotu azotanowego(V) – od  $0,005 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  do  $0,276 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  (rys. 2–4).

Tabela 2. Wyniki pomiarów stężenia azotu azotanowego, azotu amonowego i fosforu fosforanowego w wyznaczonych punktach badawczych (punkty 1–9) zlewni jeziora Świdwie z okresu maj–październik 2012 roku

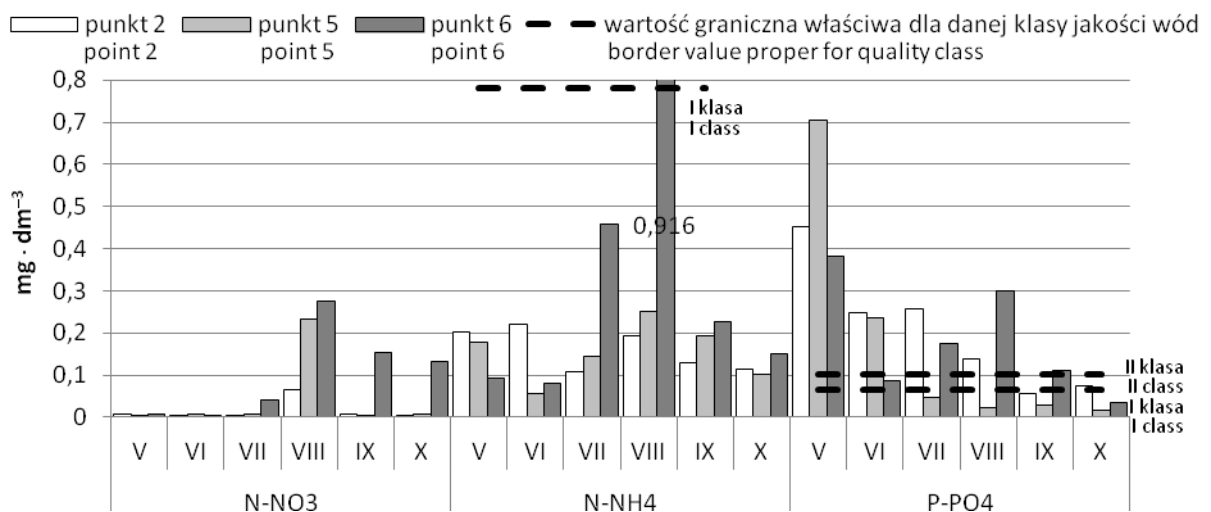
Table 2. The results of measurements of the concentration of nitrate nitrogen, ammonium nitrogen and phosphate phosphorus at designated research points (points 1–9) from the period May–October 2012

Punkty badawcze Sampling point	Wskaźnik jakości wody Water quality index	Średnia za okres V–X Average V–X	Odchylenie standardowe Standard deviation	Mediana Median	Max.	Min.
Rzeka Gunica – River Gunica						
Punkt 1. (powyżej jeziora Świdwie)	mgN-NO <sub>3</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,025	0,038	0,007	0,102	0,006
Point 1 (above Świdwie lake)	mgN-NH <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,094	0,025	0,099	0,129	0,058
	mg P-PO <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,022	0,021	0,018	0,059	0,003
Punkt 9. (poniżej jeziora Świdwie)	mgN-NO <sub>3</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,015	0,023	0,006	0,063	0,005
Point 9 (beneath Świdwie lake)	mgN-NH <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,128	0,056	0,104	0,228	0,086
	mg P-PO <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,062	0,095	0,010	0,235	0,003
Struga Żurawia						
Punkt 5. (powyżej zbiornika Żurawie)	mgN-NO <sub>3</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,044	0,093	0,006	0,233	0,005
Point 5 (above Żurawie reservoir)	mgN-NH <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,154	0,069	0,162	0,251	0,056
	mg P-PO <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,176	0,272	0,038	0,704	0,016
Punkt 6. (powyżej zbiornika Żurawie)	mgN-NO <sub>3</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,102	0,106	0,086	0,276	0,005
Point 6 (above Żurawie reservoir)	mgN-NH <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,321	0,323	0,189	0,916	0,080
	mg P-PO <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,182	0,134	0,145	0,382	0,036
Punkt 2. (poniżej zbiornika Żurawie)	mgN-NO <sub>3</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,016	0,024	0,006	0,066	0,005
Point 2 (beneath Żurawie reservoir)	mgN-NH <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,162	0,050	0,162	0,221	0,109
	mg P-PO <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,204	0,148	0,193	0,453	0,055
Kanał Rzędziny I – Canal Rzędziny I						
Punkt 4. (powyżej zbiornika Żurawie)	mgN-NO <sub>3</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,035	0,053	0,008	0,138	0,005
Point 4 (above Żurawie reservoir)	mgN-NH <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,647	0,656	0,316	1,614	0,057
	mg P-PO <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,149	0,195	0,093	0,528	0,003
Kanał Rzędziny II – Canal Rzędziny II						
Punkt 3. (powyżej zbiornika Żurawie)	mgN-NO <sub>3</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,032	0,044	0,008	0,115	0,006
Point 3 (above Żurawie reservoir)	mgN-NH <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,252	0,119	0,236	0,411	0,133
	mg P-PO <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,099	0,152	0,048	0,404	0,003
Kanał Bolkowo-Łęgi – Canal Bolkowo-Łęgi						
Punkt 8. (powyżej jeziora Łęgi)	mgN-NO <sub>3</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,079	0,115	0,006	0,244	0,005
Point 8 (above Łęgi lake)	mgN-NH <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,354	0,480	0,197	1,314	0,047
	mg P-PO <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,224	0,359	0,103	0,949	0,007
Punkt 7. (poniżej jeziora Łęgi)	mgN-NO <sub>3</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,024	0,043	0,007	0,111	0,005
Point 7 (beneath Łęgi lake)	mgN-NH <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,293	0,303	0,134	0,711	0,054
	mg P-PO <sub>4</sub> · dm <sup>-3</sup>	0,252	0,306	0,163	0,858	0,003



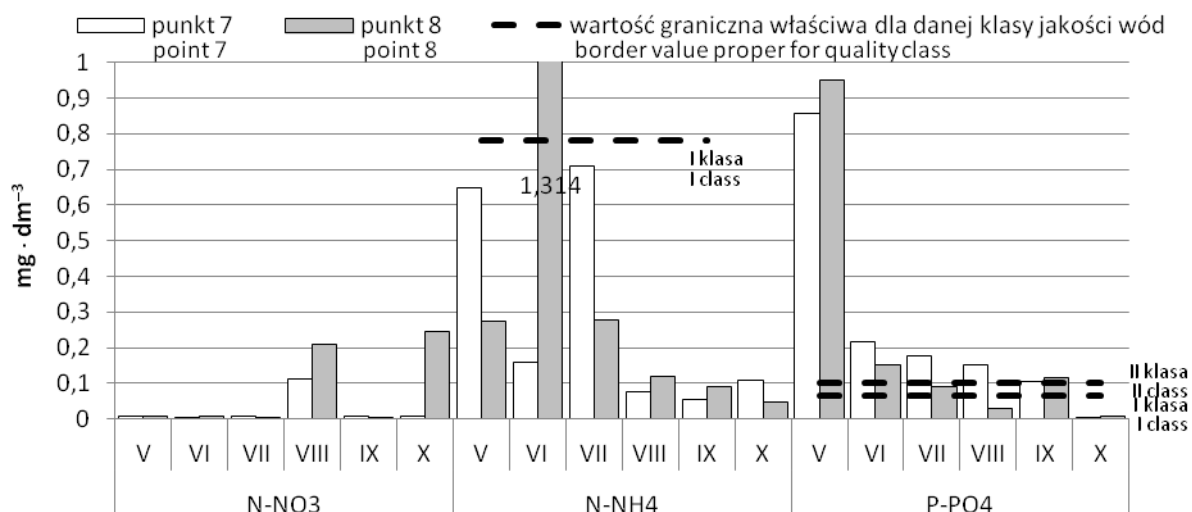
Rys. 2. Miesięczne wartości stężenia N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> i P-PO<sub>4</sub> w wyznaczonych punktach badawczych na rzece Gunica z okresu badań (maj–październik 2012 r.)

Fig.2. Monthly concentrations of N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> and P-PO<sub>4</sub> at designated points on the river Gunica of the study period (May–October 2012)



Rys. 3. Miesięczne wartości stężenia N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> i P-PO<sub>4</sub> w wyznaczonych punktach badawczych na Strudze Żurawiej z okresu badań (maj–październik 2012 r.)

Fig. 3. Monthly concentrations of N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> and P-PO<sub>4</sub> at designated points in Struga Żurawia on the study period (May–October 2012)



Rys. 4. Miesięczne wartości stężenia N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> i P-PO<sub>4</sub> w wyznaczonych punktach badawczych na Kanale Bolkowo-Łęgi z okresu badań (maj–październik 2012 r.) Kanał Bolkowo-Łęgi  
 Fig. 4. Monthly concentrations of N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> and P-PO<sub>4</sub> at designated points on the Canal Bolkowo-Łęgi of the study period (May–October 2012)

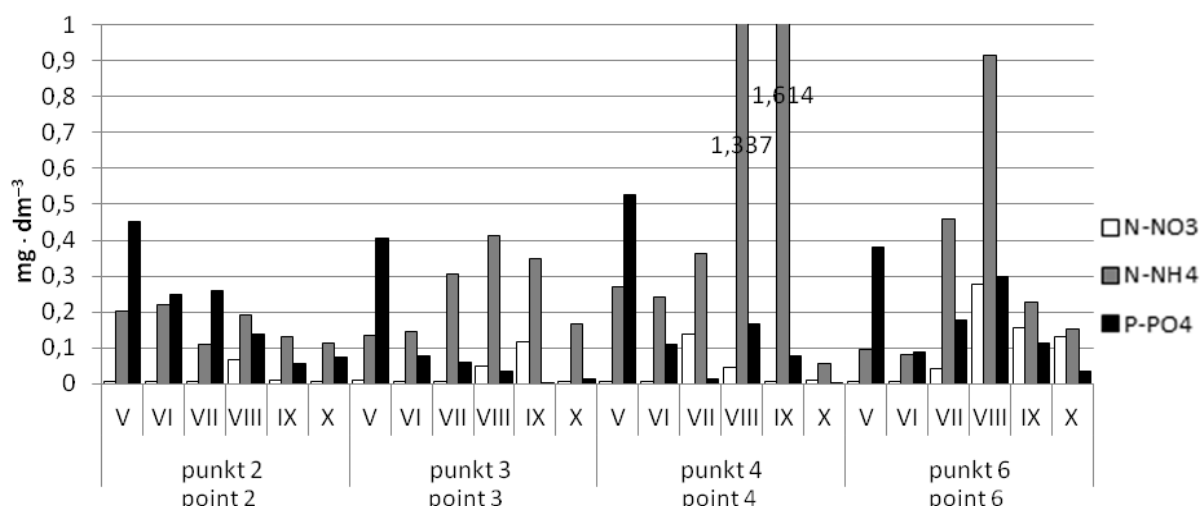
W żadnym z wyznaczonych punktów nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych wartości stężenia tej formy azotu dla I klasy jakości wód powierzchniowych (norma:  $\leq 2,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Porównując uzyskane wyniki miesięcznych stężeń azotu azotanowego(V) z wynikami innych badaczy, którzy oceniali chemizm wód cieków powierzchniowych na terenach typowo rolniczych, zauważa się, że badane ciek wodne charakteryzują się stosunkowo małym stężeniem tej formy azotu. Wielokrotnie większe stężenie azotu azotanowego(V) zostało stwierdzone w wodach rzeki Narwi (Ignatowicz i Struk-Sokołowska 2004) oraz rzeki Śliny (Kiryłuk i Rauba 2009), w okresie od maja do października stężenie to zmieniało się w zakresie od  $0,92 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  do  $1,1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  (w wodach Narwi) oraz od  $0,10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  do  $18,4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  (w wodach Śliny). Natomiast Skoczko (2004), która przeprowadziła pomiary stężenia tej formy azotu między innymi na rzece Sidra, zanotowała od maja do października stężenia omawianego biogenu w przedziale od  $0,1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  do  $0,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Badania chemizmu wód przeprowadzone przez Gałczyńską i in. (2007) raz w miesiącu od marca do października 2003 roku między innymi na trzech dopływach do jeziora Świdwie (rzeka Gunica, Struga Żurawia, Kanał Bolkowo-Łęgi) oraz na jego odpływie (rzeka Gunica) wykazały również niskie stężenia azotu azotanowego(V) w badanych ciekach wodnych. Autorzy tych badań uzyskali wyniki, w których średnie stężenie azotu azotanowego(V) (z okresu marzec–październik) w wodach Strugi Żurawiej wynosiło  $0,144 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , natomiast w wodach Kanału Bolkowo-Łęgi  $0,173 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Również analizy chemizmu wód rzeki Gunica wykonane przez tych badaczy wykazały niskie stężenie tego biogenu – poniżej  $0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Azotany są niezbędnymi składnikami pokarmowymi dla roślin wodnych. W okresie wegetacji wraz ze wzrostem zawartości fitoplanktonu w wodzie stężenie tej formy azotu maleje (Dojlido 1995). We wszystkich punktach badawczych położonych na rzece Gunica, Strudze Żurawiej i Kanale Bolkowo-Łęgi w sierpniu stwierdzono nieznaczny wzrost stężenia azotu azotanowego(V). W tym miesiącu przyczyną zwiększenia zawartości omawianego

biogenu nie mogło być źródło punktowe zanieczyszczenia, gdyż wzrost stężenia nastąpił w wodach wszystkich badanych cieków powierzchniowych. Prawdopodobnie zmiana stężenia azotu azotanowego(V) wystąpiła w lipcu i sierpniu w wyniku intensywnych opadów atmosferycznych, które według wielu badań zawierają dużą ilość związków azotu (Dojlido 1995; Sapek 2011) oraz powodują spływ powierzchniowy w kierunku rzek i zbiorników wodnych z terenów do nich przyległych (Zdanowicz 2009). Badania Sapka i Nawalanego (2006) dotyczące ilości ładunków składników nawozowych, wnoszonych z opadem atmosferycznym na powierzchnię ziemi, wykazały, że w latach 1988–2003 średnie stężenie azotu azotanowego(V) w opadzie mokrym wynosiło  $1,76 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Również badania przeprowadzone przez Durkowskiego i Korybuta-Woronieckiego (2009) na terenie zlewni jeziora Miedwie wykazały, że opady atmosferyczne zawierały duże ilości jonów azotanowych (najczęściej od  $2,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  do  $5,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).

Największe średnie stężenie azotu azotanowego(V) z całego okresu badań stwierdzono w punkcie 6., zlokalizowanym powyżej zbiornika retencyjnego Żurawie za stacją pomp Rzędziny, wynosiło ono  $0,102 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  (tab. 2). Warto jednak zwrócić uwagę, że w punkcie 2., położonym na tym samym cieku wodnym, lecz poniżej zbiornika Żurawie, zanotowano znacznie mniejsze średnie stężenie tej formy azotu – wynosiło ono  $0,016 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Stężenie to było mniejsze od średniego stężenia azotu azotanowego(V) stwierdzonego w punktach 3–5, zlokalizowanych na pozostałych ciekach zasilających zbiornik Żurawie. Na tej podstawie można stwierdzić, że zbiornik Żurawie spełnia funkcję buforu zanieczyszczeń biogennych, ograniczając dopływ biogenów do jeziora Świdwie (rys. 5). Przykładem badań ukazującym wpływ zbiorników retencyjnych na poprawę jakości wód w ciekach powierzchniowych są wieloletnie badania Wiatkowskiego i in. (2010), którzy na podstawie uzyskanych wyników stwierdzili, że badany przez nich zbiornik Mietków wpływa dodatnio na poprawę jakości wód rzeki Bystrzycy.



Rys. 5. Miesięczne wartości stężenia N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> i P-PO<sub>4</sub> w punktach badawczych położonych powyżej (3, 4, 6) i poniżej (2) zbiornika Żurawie z okresu badań (maj–październik 2012 r.)

Fig. 5. Monthly concentrations of N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> and P-PO<sub>4</sub> at the points lying above (3, 4, 6) and below (2) container Żurawie on the study period (May–October 2012)



Stężenie azotu amonowego w badanych ciekach powierzchniowych zmieniało się w zakresie od  $0,047 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  do  $1,614 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  i było zróżnicowane zarówno ze względu na miesiąc, jak i położenie punktu badawczego (rys. 2–4). Średnie wartości stężenia tej formy azotu z całego okresu badań (maj–październik 2012 r.) w poszczególnych punktach badawczych (punkty 1–9) klasyfikują wody cieków zlewni jeziora Świdwie do I klasy jakości wód powierzchniowych (norma:  $\leq 0,78 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Jednak należy zaznaczyć, że w czterech próbach stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych wartości stężenia azotu amonowego dla tej klasy. Wartości azotu amonowego odpowiadające II klasie jakości wód powierzchniowych (norma:  $> 0,78 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  $\leq 1,56 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) zanotowano w czerwcu w punkcie 8. ( $1,314 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) oraz w sierpniu w punkcie 4. ( $1,337 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) i w punkcie 6. ( $0,916 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Natomiast stężenie wskazujące na pozaklasową jakość wód powierzchniowych (powyżej  $1,56 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) stwierdzono we wrześniu w punkcie 4. ( $1,614 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) (rys. 2–4).

Stężenie azotu amonowego w ciekach uwarunkowane jest głównie dopływem amoniaku ze źródeł punktowych i obszarowych, rozwojem roślinności wodnej, warunkami tlenowymi oraz temperaturą. Stężenie tego biogenu wykazuje wahania w ciągu roku. Latem jego zawartość jest dość mała w wyniku procesu nityfikacji oraz wykorzystywania amoniaku przez rośliny (Dojlido 1995). Przekroczenia dopuszczalnych wartości dla I klasy jakości wód powierzchniowych w czterech próbach najprawdopodobniej spowodowane były dopływem tej formy azotu ze źródeł punktowych. Wystąpiły one w punktach usytuowanych na ciekach wodnych (Kanał Rzędziny I, Struga Żurawia i Kanał Bolkowo-Łęgi), przepływających przez obszary zabudowane.

Wspomniane już badania przeprowadzone przez Gałczyńską i in. (2007) w 2003 roku ukazują nieco wyższe wartości stężenia azotu amonowego w badanych ciekach. Uzyskane przez tych badaczy wyniki wykazały, że średnia zawartość azotu amonowego (z okresu marzec–październik) w wodach Strugi Żurawiej wynosiła  $0,761 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , w wodach Kanału Bolkowo-Łęgi –  $0,570 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , natomiast na odpływie z jeziora (rzeka Gunica) –  $0,160 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Autorzy tych badań wskazują na możliwość przenikania tej formy azotu z zabudowań bytowych i gospodarczych do wód Strugi Żurawiej i Kanału Bolkowo-Łęgi, czyli do cieków wodnych, gdzie zostały stwierdzone przekroczenia dla I klasy jakości wód powierzchniowych.

Podczas badań zanotowano także zróżnicowane stężenie fosforu fosforanowego(V) w zależności od daty poboru próbki oraz położenia punktu badawczego – od  $0,003 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  do  $0,949 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  (rys. 2–4). Obecność fosforanów w wodach powierzchniowych może wynikać głównie z dopływu ścieków komunalnych i przemysłowych, a także ze spływów powierzchniowych oraz z wietrzenia i rozpuszczania minerałów fosforanowych, erozji gleby i opadów atmosferycznych (Dojlido 1995).

Średnie stężenie fosforu fosforanowego(V) w badanych wodach powierzchniowych ze wszystkich punktów pomiarowych (punkty 1–9) i całego okresu badań (maj–październik 2012 r.) wynosiło  $0,152 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  (tab. 2). Wynik ten wykracza poza przedział wartości charakterystyczny dla II klasy jakości wód powierzchniowych. Jedynie w punkcie 1., usytuowanym powyżej jeziora Świdwie na rzece Gunica, w całym okresie badań nie stwierdzono wysokiego stężenia tego biogenu – wszystkie wyniki odpowiadały I klasie jakości wód (norma:  $\leq 0,065 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Na wypływie z jeziora Świdwie, czyli w punkcie 9., średnia wartość z całego okresu badań wskazywała na I klasę jakości wód powierzchniowych. Jednak należy zwrócić uwagę, że w dwóch miesiącach stwierdzono przekroczenie dopuszczalnej wartości stężenia fosforu

fosforanowego(V) dla II klasy jakości wód powierzchniowych, która wynosi  $0,101 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Wartości fosforu fosforanowego(V) zanotowane w maju ( $0,111 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) oraz w czerwcu ( $0,235 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) klasyfikują badane wody do wód pozaklasowych (norma:  $>0,101 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). W pozostałych punktach badawczych (punkty 2–8) również stwierdzono przekroczenie stężenia granicznego fosforu fosforanowego(V) dla II klasy jakości wód powierzchniowych, co klasyfikuje badane ciekę do wód pozaklasowych ( $0,104\text{--}1,614 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).

Galczyńska i in. (2001), badając zanieczyszczenie wód powierzchniowych rezerwatu Świdwie związkami biogennymi w latach 1993–1996, zanotowali stężenie fosforu fosforanowego(V) w wodach Strugi Żurawiej i Kanału Bolkowo-Łęgi w granicach od  $0,006 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  do  $1,794 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Autorzy tych badań wskazują, że źródłem wzrostu stężenia fosforanów podczas ich badań było prawdopodobnie zwiększenie bezpośredniego odprowadzania ścieków do kanałów melioracyjnych ze względu na zwiększoną produkcję zwierzęcą. Jednak na podstawie uzyskanych wyników nie można stwierdzić, że przyczyną wysokiego stężenia fosforanów były ścieki odprowadzane z produkcji zwierzęcej, ponieważ uzyskano znacznie niższe wyniki azotu amonowego.

Najprawdopodobniej źródłem wysokiego stężenia fosforanów w kanałach: Rzędziny I, Rzędziny II, Bolkowo-Łęgi i Struga Żurawia są ścieki bytowo-gospodarcze z obszarów zabudowanych. W ostatnich latach na terenie gminy następowało systematyczne wykupywanie ziemi przez ludność migrującą z pobliskiego Szczecina, a tym samym powiększenie terenów mieszkalnych w pobliżu badanych cieków (Miluniec i in. 2009).

Największe stężenie fosforu fosforanowego(V) stwierdzono w maju (oprócz punktu 9. wyznaczonego poniżej jeziora Świdwie), a w następnych miesiącach zanotowano znaczne zmniejszenie jego wartości. Do tak znacznego zmniejszenia się stężenia fosforu fosforanowego(V) mógł przyczynić się masowy rozwój fitoplanktonu, który był obserwowany w sezonie letnim w wodach większości badanych w pracy cieków wodnych (oprócz rzeki Gunicy). W wyniku gwałtownego rozwoju biomasy następuje spadek stężenia substancji pożywkowych, w tym także fosforu fosforanowego(V) (Dojlido 1995). Zapotrzebowanie roślin na azot, w stosunku do zapotrzebowania na fosfor, ma się wagowo 7 : 1. Zakłada się, że jeśli jeden z tych pierwiastków występuje w wodzie w ilości wyraźnie mniejszej, niż wynika to z tej proporcji, to ogranicza on rozwój niektórych glonów. Wieloletnie badania monitoringowe wykazały, że stosunek azotu mineralnego do fosforu fosforanowego(V) w wodzie uważa się za wysoki kiedy przekracza on wartość 20 (White 1989). Stosunek N<sub>min</sub> : P obliczony dla badanych cieków wodnych wskazuje, że w rzece Gunicy i Kanale Rzędziny II pierwiastkiem ograniczającym rozwój biomasy fitoplanktonu mógł być fosfor, a w Strudze Żurawiej – azot. W pozostałych ciekach pierwiastkiem limitującym rozwój glonów mógł być albo azot, albo fosfor (tab. 3).

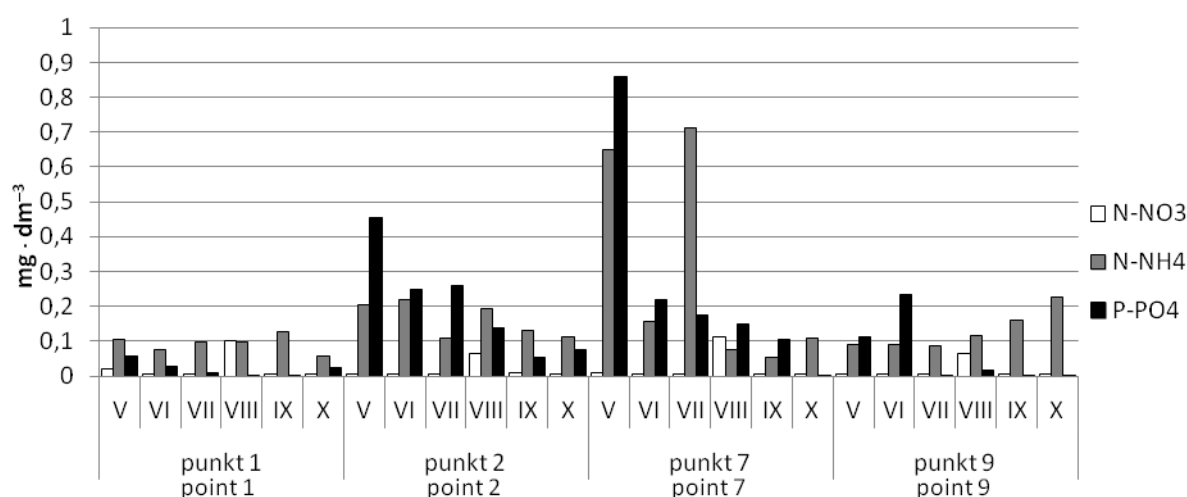
Najmniejsze średnie stężenie azotu amonowego ( $0,094 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) i fosforu fosforanowego(V) ( $0,022 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) zanotowano w punkcie 1., czyli na cieku wodnym odpływającym z jeziora Stolsko. W punkcie tym zanotowano również niskie średnie stężenie azotu azotanowego(V) ( $0,025 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Na tej podstawie można stwierdzić, że wody dopływające z terytorium Niemiec rzeką Gunicą dostarczają niewielkie stężenia biogenów do jeziora Świdwie. Inne dopływy – Struga Żurawia i Kanał Bolkowo-Łęgi – prowadzące wody z terenów zabudowanych gminy Dobra doprowadzają do jeziora Świdwie duże ilości fosforanów, których stężenie w przeważającej części badań przekraczało dopuszczalną zawartość dla II klasy jakości wód powierzchniowych. Należy zaznaczyć, że przed samymi dopływami tych cieków (punkty 2. i 7.) do jeziora Świdwie nie zanotowano przekroczeń stężenia azotu azotanowego(V) i azotu

amonowego dla I klasy jakości wód powierzchniowych. Natomiast zanotowano znaczne przekroczenia zawartości fosforu fosforanowego(V). Na odpływie z jeziora Świdwie (punkt 9.) stwierdzono znacznie niższe wartości badanych biogenów (rys. 6), co może świadczyć o ich kumulowaniu się w jeziorze Świdwie oraz dalszym przebiegu procesu jego eutrofizacji.

Tabela 3. Stosunek stężenia azotu mineralnego do fosforu fosforanowego(V) w punktach badawczych z okresu badań (maj–październik 2012 r.)

Table 3. The ratio of nitrogen to phosphorus mineral phosphate(V) on research points on the study period (May–October 2012)

Punkty badawcze Sampling points	Stosunek Nmin : P Ratio Nmin : P	Odchylenie standardowe Standard deviation	Maksymalny stosunek Nmin : P Maximum Nmin : P ratio	Minimalny stosunek Nmin : P Manimum Nmin : P ratio
Rzeka Gunica – River Gunica				
Punkt 1. (powyżej jeziora Świdwie) Point 1 (above Świdwie lake)	21,6	27,6	66,7	2,2
Punkt 9. (poniżej jeziora Świdwie) Point 9 (beneath Świdwie lake)	29,4	31,7	78,0	0,4
Struga Żurawia				
Punkt 5. (powyżej zbiornika Żurawie) Point 5 (above Żurawie reservoir)	6,4	7,7	21,0	0,3
Punkt 6. (powyżej zbiornika Żurawie) Point 6 (above Żurawie reservoir)	3,2	2,7	7,8	0,3
Punkt 2. (poniżej zbiornika Żurawie) Point 2 (beneath Żurawie resersior)	1,3	0,8	2,5	0,4
Kanał Rzędziny I – Canal Rzędziny I				
Punkt 4. (powyżej zbiornika Żurawie) Point 4 (above Żurawie reservoir)	15,3	14,5	38,5	0,5
Kanał Rzędziny II – Canal Rzędziny II				
Punkt 3. (powyżej zbiornika Żurawie) Point 3 (above Żurawie reservoir)	31,4	60,8	155,0	0,4
Kanał Bolkowo-Łęgi – Canal Bolkowo-Łęgi				
Punkt 8. (powyżej zbiornika Łęgi) Point 8 (above Łęgi lake)	11,0	15,6	41,6	0,3
Punkt 7. (poniżej zbiornika Łęgi) Point 7 (beneath Łęgi lake)	7,7	15,2	38,7	0,6



Rys. 6. Miesięczne wartości stężenia N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> i P-PO<sub>4</sub> w punktach badawczych położonych na dopływach (1, 2, 7) do jeziora Świdwie i na odpływie (9) z okresu badań (maj–październik 2012 r.)

Fig. 6. Monthly concentrations of N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> and P-PO<sub>4</sub> at points located on Świdwie tributaries (1, 2, 7) and the lake and downstream (9) on the study period (May–October 2012)

## PODSUMOWANIE

Przedstawione w niniejszej pracy wyniki zawartości azotu azotanowego(V) w wodach powierzchniowych z terenu zlewni jeziora Świdwie klasyfikują te wody do I klasy, a azotu amonowego do II klasy jakości wód powierzchniowych. Natomiast stwierdzone wartości stężenia fosforu fosforanowego(V) w większości badanych cieków wykraczają poza przedział wartości charakterystycznych dla II klasy jakości wód powierzchniowych. Stwierdzono różnice w zawartości azotu amonowego i fosforu fosforanowego(V) w poszczególnych punktach pomiarowych. Najmniejsze stężenia stwierdzono na rzece Gunica (punkty 1. i 9.) – wynosiły one odpowiednio: 0,058–0,228 mg · dm<sup>-3</sup> azotu amonowego i 0,003–0,235 mg · dm<sup>-3</sup> fosforu fosforanowego(V). Natomiast w punktach usytuowanych na pozostałych ciekach zawartości tych związków zmieniały się w zakresie: 0,047–1,614 mg · dm<sup>-3</sup> azotu amonowego i 0,003–0,949 mg · dm<sup>-3</sup> fosforu fosforanowego(V). W wodach rzeki Gunicy powyżej jeziora Świdwie zanotowano niskie stężenia azotu amonowego (0,058–0,129 mg · dm<sup>-3</sup>) i fosforu fosforanowego(V) (0,003–0,059 mg · dm<sup>-3</sup>). Natomiast wyższe wartości tych biogenów, a zwłaszcza fosforu fosforanowego(V) stwierdzono w wodach pozostałych cieków: Strugi Żurawiej (0,016–0,704 mg · dm<sup>-3</sup>), Kanału Bolkowo-Łęgi (0,003–0,949 mg · dm<sup>-3</sup>), Kanału Rzędziny I (0,003–0,528 mg · dm<sup>-3</sup>) i Kanału Rzędziny II (0,003–0,404 mg · dm<sup>-3</sup>). Zanotowane wartości na tych ciekach wodnych świadczą o prawdopodobnym przedostawaniu się do nich ścieków bytowo-gospodarczych z terenów zabudowy mieszkalnej.

Uzyskane wyniki jakości wody powyżej i poniżej zbiornika Żurawie wskazują na dodatni wpływ tego zbiornika w ograniczaniu związków azotu dopływających do jeziora Świdwie. Jednak nie jest to wystarczająca bariera dla związków biogenych – zwłaszcza fosforanów, których wysokie stężenia zanotowano poniżej tego zbiornika. Stwierdza się, że do jeziora Świdwie Strugą Żurawią i Kanałem Bolkowo-Łęgi docierają duże ilości fosforu fosforanowego(V). Na odpływie z jeziora Świdwie zanotowano znacznie niższe wartości tego biogenu świadczące o kumulowaniu się fosforanów w jeziorze, co może prowadzić do wzmożonego procesu eutrofizacji.

## PIŚMIENNICTWO

- Biuletyn Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej** maj–październik 2012 r., IMGW PIB, Warszawa.
- Dojlido J.R.** 1995. Chemia wód powierzchniowych. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok.
- Durkowski T., Korybut-Woroniecki T.** 2009. Dynamika wybranych składników chemicznych w opadach atmosferycznych w zlewni jeziora Miedwie. *Woda Środowisko Wiejskie*. T. 9, z. 2 (26), 19–32.
- Gałczyńska M., Wybieralski J., Siwek H.** 2001. Zanieczyszczenia związkami azotu i fosforu wód powierzchniowych rezerwatu Świdwie. *Inż. Ekol.* 5. Olsztyn, 47–53.
- Gałczyńska M., Wybieralski J., Boczuń K.** 2007. Zmiany zawartości związków azotu i potasu w zlewni Jeziora Świdwie. *Ekol. Tech. R.* 15, 2, 70–74.
- Ignatowicz K., Struk-Sokołowska J.** 2004. Sezonowe wahania zanieczyszczeń agrotechnicznych w rzece Narwi ze szczególnym uwzględnieniem herbicydów fenoksyoctowych. *Rocz. Ochr. Śr.* T. 6, 189–205.
- Kaczorowska Z.** 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Prz. Geogr. IG PAN*, 33. Wydaw. Geolog., Warszawa.

- Kiryłuk A., Rauba M.** 2009. Zmienność stężenia związków azotu w różnie użytkowanej zlewni rolniczej rzeki Ślina. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*. T. 9 z. 4 (28), 71–86.
- Kowalewska B.** 1996. Jezioro Świdwie – Gunica. Projekt techniczny melioracji podstawowych i szczegółowych. Opis techniczny. Wojewódzki Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych, Szczecin.
- Miluniec R., Miluniec B., Silkowski A.** 2009. Program Ochrony Środowiska Gminy Dobra na lata 2009-2012 z perspektywą do roku 2016. Narodowa Fundacja Ochrony Środowiska, Zakład Technicznych Usług Komunalnych w Szczecinie. Szczecin.
- Pieńkowski P., Kupiec M.** 2001. Proces zarastania Jeziora Świdwie i zmiany w użytkowaniu jego otoczenia od początku XIX do końca XX wieku. *Zesz. Nauk. Politech. Ziel.* 125. Inż. Śr. 11. Politechnika Zielonogórska, 265–277.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska** z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. DzU nr 257, poz. 1545.
- Sapek A., Nawalany P.** 2006. Ładunek składników nawozowych wnoszonych z opadem atmosferycznym na powierzchnię ziemi na przykładzie pól doświadczalnych w Falentach. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*. T. 6 z. spec. (17), 23–27.
- Sapek A.** 2011. Azot w opadzie atmosferycznym. Obecny stan wiedzy. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*. Rozpr. nauk. mon. 29, Wydaw. ITP, Falenty.
- Skoczko I.** 2004. Analiza wybranych dopływów zanieczyszczających rzekę Biebrzę. *Rocz. Ochr. Śr.* T. 6, Wydaw. Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, Koszalin, 245–263.
- Sroka E.** 2008. Forms of nitrogen and phosphorus in Swidwie Lake in 2004. *Procc. EC*. Opole, vol. 2, 2, 393–396.
- Staszewski A., Czeraszewicz R., Kaliciuk J., Kalisiński M., Oleksiak A., Wysocki D., Adamczak K., Jasiński M.** 2010. Ostoja Świdwie [w: Ostoje ptaków o znaczeniu międzynarodowym w Polsce]. Red. T. Wilk, M. Jujka, J. Krogulec, P. Chylarecki. OTOP. Marki, 89–90.
- Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego gminy Dobra**, 2002, Uchwała Nr III/48/02.
- Wiatkowski M., Czamara W., Wiatkowska B.** 2010. Wpływ zbiornika Mietków na zmiany jakości wody rzeki Bystrzyca. *Woda w badaniach geograficznych*. Kielce, 327–337.
- White E.** 1989. Utility of relationships between lake phosphorus and chlorophyll a as predictive tools in eutrophication control studies. *New Zealand J. Mar. Freshwat. Res.* 23, 35–41.
- Zdanowicz A.** 2009. Charakterystyka jakości wód [w: Woda na obszarach wiejskich]. Red. M. Mioduszewski, W. Dembek. Wydaw. IMUZ. Falenty, Warszawa, 58–80.

