INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 7/2008, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 57–68
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Jolanta Dąbrowska

OCENA ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW AZOTU I FOSFORU W WODACH RZEKI TRZEMNY

EVALUATION OF THE CONTENT OF NITROGEN AND PHOSPHORUS COMPOUNDS IN THE WATERS OF TRZEMNA RIVER

Streszczenie

W pracy przedstawiono charakterystykę zlewni rzeki Trzemny (Ciemnej). Sporządzono charakterystykę klimatyczną, hydrologiczną, geologiczną i glebową. Przeanalizowano zmiany w rolnictwie, w gospodarce wodno-ściekowej oraz gospodarce odpadami. Na podstawie analiz WIOŚ oceniono między innymi zmiany stężeń azotu całkowitego, azotanów, fosforu całkowitego i fosforanów na przestrzeni ostatnich kilku lat. Zawartości azotu i fosforu w wodach rzeki Trzemny analizowano, biorąc pod uwagę środowisko naturalne, przemiany gospodarcze i społeczne.

Wody rzeki Trzemny charakteryzują się wysokimi stężeniami związków azotu i fosforu. Najwyższe stężenia azotanów notuje się od stycznia do maja. W przekroju Szkudła dominuje forma azotanowa, poniżej zbiornika retencyjnego Gołuchów wzrastają stężenia azotu organicznego i amonowego, w przekroju Tursko, znajdującym się poniżej zrzutu ścieków z oczyszczalni w Gołuchowie azotany stanowią mniej niż 50% azotu całkowitego, znacznie wzrastają tu stężenia innych form azotu niż azotanowa. W przypadku stężeń fosforanów bardzo widoczny jest negatywny wpływ oczyszczalni ścieków na jakość wód rzeki Trzemny, poniżej oczyszczalni osiągają one rekordowe wartości, forma fosforanowa stanowi tu 72-83% fosforu całkowitego.

Wody Trzemny zaliczane są do V klasy jakości, przeprowadzane przez WIOŚ badania potwierdzają, że brak jest tendencji do poprawy ich jakości.

Słowa kluczowe: jakość wód powierzchniowych, azotany, fosforany

Summary

The study presents the characteristics of the catchment of Trzemna (Ciemna) River from the point of view of the likelihood of appearance and migration of biogenes. A climatological, hydrological and soil characteristics was prepared. Agricultural changes as well as changes in the water and sewage management system and waste management were analysed. Basing on the analyses of WIOŚ the author evaluated, among others, the changes in the concentration of total nitrogen, nitrates, total phosphorus and phosphates in the last few years. The changes in the content of nitrogen and phosphorus in the waters of Trzemna River were evaluated, taking into consideration the natural environment, as well as social and economic changes.

The water of the Trzemna River, what is characteristic of it, has high phosphorus and nitrogen concentration. The highest concentration of nitrates is marked from January to May, in the period of rich plants growth it lowers visibly. In the cross-section of Szkudła the nitrate nitrogen form dominates, below the reservoir Gołuchów the concentration of organic and ammonium nitrogen raises, in the cross-section of Tursko, which is situated below the sewage drop from the treatment plant in Gołuchów, nitrates are less than 50% of the total nitrogen, noticeably, the concentration of different forms of nitrogen than nitrate nitrogen raises. In the case of phosphates concentration, the negative influence of the treatment plant on the quality of the Trzemna waters is easily visible; below the treatment plant the concentration of phosphates reaches the record level – phosphate form is 72-83% of the total phosphorus. The Trzemna waters are classified as fifth-class quality. The research undertaken by WIOŚ (VIEP – Voivodship Inspectorate for Environmental Protection) confirms that there is no tendency to improve their quality.

Key words: *surface water quality, phosphates, nitrates*

WPROWADZENIE

Związki biogenne w wodach powierzchniowych pochodzą głównie ze ścieków, spływów z terenów użytkowanych rolniczo, opadów atmosferycznych, ługowania i erozji gleb. Imisja składników biogennych do wód powierzchniowych jest naturalnym i nieuniknionym procesem. Działalność człowieka prowadzi jednak do intensyfikacji odpływu biogenów ze zlewni do wód powierzchniowych. Efektem nadmiernego obciążenia wód biogenami jest zjawisko eutrofizacji, a zanieczyszczenie wód ogranicza możliwość ich użytkowania.

Problem silnego zanieczyszczenia substancjami biogennymi dotyczy w Polsce szczególnie rzek nizinnych, położonych na terenach intensywnie użytkowanych rolniczo, na których przeważnie zrealizowano w pełni podłączenie budynków do sieci wodociągowej, natomiast brak jest prawidłowego odprowadzania i oczyszczania ścieków. Rzeki nizinne są zwykle obciążone zanieczyszczeniami z dużej powierzchni zlewni i nawet przy dobrym systemie oczyszczania ścieków, dobrych praktykach rolniczych dostaje się do wód pewna ilość biogenów, która stanowi zagrożenie dla ich jakości. W polskich zlewniach za-

zwyczaj głównym źródłem azotu są rolnicze zanieczyszczenia obszarowe, a fosforu ścieki. Przy dużym obciążeniu ściekami mogą one być głównym źródłem zarówno azotu, jak i fosforu [Kajak 1998]. W niektórych zlewniach, gdzie występują silne zjawiska erozji gleb, z procesów naturalnych pochodzi znacząca ilość biogenów [Taylor i in. 1997].

Jako obiekt do badań wybrano zlewnię rzeki Trzemny (pot. Ciemnej) – jednej z najbardziej zanieczyszczonych rzek Wielkopolski, której zlewnia jest intensywnie użytkowana rolniczo i charakteryzuje się nieuporządkowaną gospodarką wodno-ściekową.

Celem pracy jest ocena stężeń związków azotu i fosforu w poszczególnych latach i przekrojach badawczych w wodach rzeki Trzemny. Określenie, czy w zlewni widoczna jest w ciągu ostatnich lat tendencja do poprawy jakości wody. Wskazanie czynników mających negatywny wpływ na jakość wód powierzchniowych.

W pracy przeanalizowano zmiany stężeń związków azotu i fosforu w wodach rzeki Trzemny w latach 1995–2006, w których rzeka była poddana monitoringowi przez WIOŚ w 3 przekrojach badawczych.

CHARAKTERYSTYKA RZEKI TRZEMNY I JEJ ZLEWNI

Rzeka Trzemna, nazywana potocznie Ciemną bierze początek w okolicach Czachór, gdzie wypływa także inny ciek o nazwie Ciemna, który jest dopływem Ołoboku. Cieki te na dziale wodnym bifurkują [Podział… 1983]. Długość Trzemny wynosi 20,77 km, a powierzchnia zlewni 119,2 km^2 [Atlas... 2005]. Zlewnię rzeki pokazano na rysunku 1. Trzemna uchodzi do Prosny w 45 km jej biegu. W 5,6 km biegu Trzemny usytuowano zbiornik zaporowy Gołuchów o powierzchni 51,5 ha. W przekroju zbiornika przepływ średni roczny wynosi 0,37 $m^3 \cdot s^{-1}$ [Fierek 1994a i b]. Zbiornik jest silnie zeutrofizowany, a podjęte w latach dziewięćdziesiątych próby rekultywacji technicznej nie powiodły się. Na terenie zlewni utworzono obszar chronionego krajobrazu „Dolina rzeki Ciemnej" o powierzchni 3500 ha.

Zlewnia jest intensywnie wykorzystywana rolniczo, grunty orne stanowią tu ok. 80% powierzchni, zalesienie zlewni nie przekracza 10%. Ponad 95% gospodarstw to gospodarstwa indywidualne. W strukturze zasiewów przeważają zboża, w produkcji zwierzęcej dominuje bydło, trzoda chlewna i drób [GUS 2008, Powszechny... 1997]. Porównując dane ze spisów rolnych 1996 i 2002, nie widać znaczących zmian w strukturze upraw i pogłowiu zwierząt gospodarskich, systematycznie natomiast wzrasta zużycie nawozów mineralnych. Obszar ten charakteryzuje się dużymi nadwyżkami azotu w bilansie biogenów pochodzenia rolniczego i wysoką w porównaniu z resztą kraju depozycją azotu z atmosfery [Dąbrowska 2004].

Utworami powierzchniowymi na badanym terenie są czwartorzędowe (plejstocen) gliny morenowe i piaski [Internetowy... 2008]. Dominują tu także czwartorzędowe poziomy wodonośne o miąższości do 10 m, charakteryzujące się średnią lub dobrą wodonośnością [Raport… 1999].

Gleby w zlewni są różnych typów – pseudobielicowe, brunatne wyługowane i kwaśne, bielicowe, rdzawe, brunatne kwaśne, miejscami czarne ziemie, a w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki mady. Dominują gleby piaskowe i gliniaste. Kompleks żytni bardzo dobry, dobry i słaby, rzadziej pszenny dobry [Mapa… 1986].

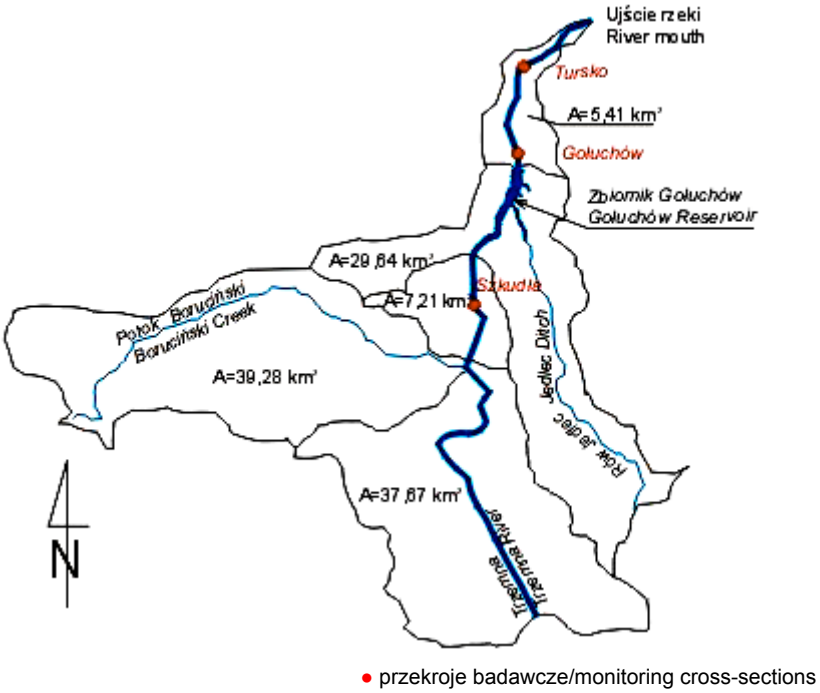
Obszar zlewni charakteryzuje się jednymi z najniższych opadów w Polsce – poniżej 550 mm rocznie, średnia roczna temperatura to 6–7°C [Internetowy... 2008]. Nie występują tu nasilone procesy erozji ani inne procesy naturalne, które mogłyby w znaczący sposób wpływać na zwiększenie stężeń biogenów w wodach powierzchniowych.

Od lat zgodnie z materiałami WIOŚ problemem zlewni jest nieuporządkowana gospodarka wodno-ściekowa, a także w mniejszym stopniu gospodarka odpadami. Głównymi źródłami zanieczyszczeń w ostatnich latach były znajdujące się na terenie zlewni masarnie (Sobótka, Jedlec), gorzelnie (Sobótka, Kotowiecko), stacja hodowli roślin (Sobótka), zakłady rolne (Bronów, Szkudła, Taczanów), znajdujący się w Jedlcu ośrodek rehabilitacyjny, OSiR Gołuchów, wysypiska odpadów (Kajew, Czechel) [Raport... 2005, materiały wewnętrzne WIOŚ]. Gmina Gołuchów nie prowadziła selektywnej zbiórki odpadów [Raport ... 2006]. Na początku okresu, dla którego prowadzono badania (1996 r.) skanalizowane było ok. 6,5% gospodarstw, natomiast do wodociągu podłączone było 90% gospodarstw [Powszechny... 1997].

Oczyszczalnia ścieków w Gołuchowie (jedyna komunalna w zlewni) znajduje się poniżej zbiornika zaporowego i od początku nie działała prawidłowo, nie spełniała warunków pozwolenia wodnoprawnego, z danych WIOŚ wynika, że w 2001 r. zrzucała 289,7 $m^3 \cdot d^{-1}$ z 1131,3 $m^3 \cdot d^{-1}$, na jakie miała pozwolenie [Raport... 2002]. Nikłe jej wykorzystanie było spowodowane brakiem kanalizacji, ścieki były dowożone do oczyszczalni. Obecnie oczyszczalnia przechodzi modernizację, oczyszczone ścieki będą tłoczone do Prosny z pominięciem rzeki Trzemny [http://www.goluchow.pl/6.htm].

ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW AZOTU I FOSFORU W WODACH RZEKI TRZEMNY

Rzeka Trzemna była badana przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu Delegaturę w Kaliszu w latach 1995, 1997, 1999, 2004, 2005, 2006 w trzech przekrojach – *Szkudła* powyżej zbiornika Gołuchów (9,5 km biegu), *Gołuchów* poniżej zbiornika (4,0 km biegu) oraz *Tursko* w odcinku ujściowym (1,8 km biegu). W 3,6 km biegu rzeki zrzucane są do rzeki ścieki z oczyszczalni w Gołuchowie. Lokalizację przekrojów pokazano na rysunku 1.

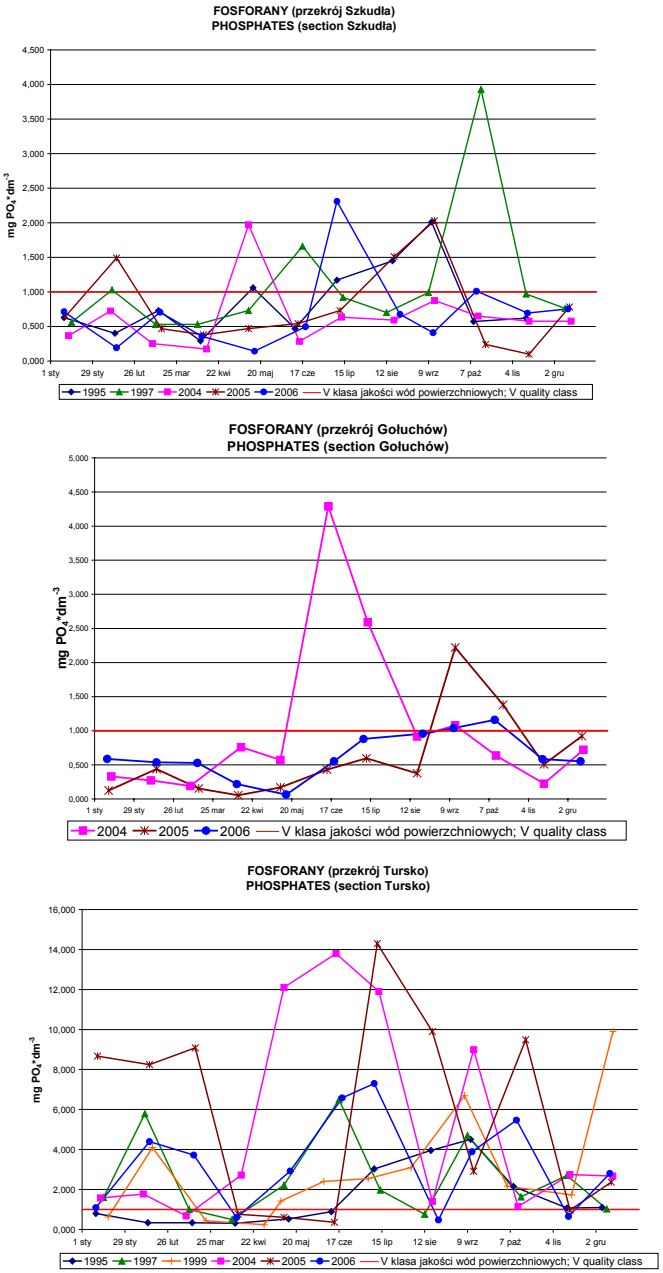


Rysunek 1. Zlewnia rzeki Trzemny
Figure 1. Trzemna River Catchment

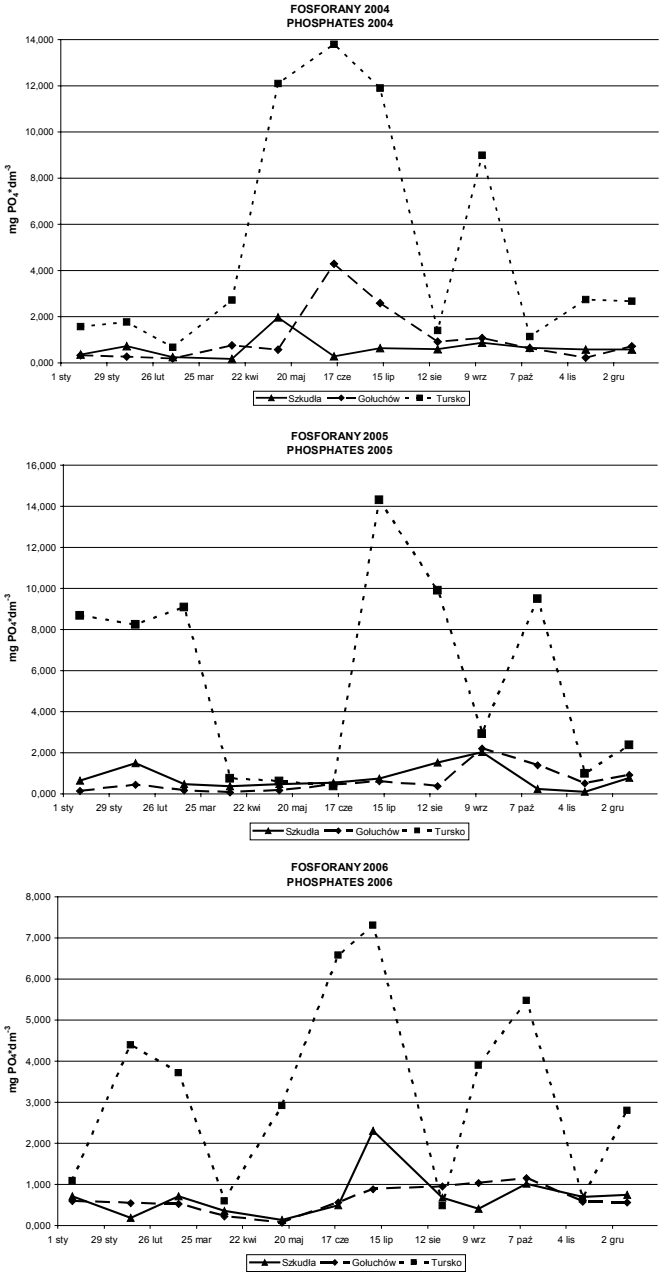
Trzemna od lat prowadzi wody V klasy jakości[1] [Rozporządzenie… 2004] ze względu na duże stężenia między innymi azotanów, azotu ogólnego, azotu Kjeldahla, fosforanów, fosforu, wskaźników mikrobiologicznych, substancji rozpuszczonych – jest jedną z najbardziej zanieczyszczonych rzek regionu.

Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono stężenia fosforanów w wybranych latach. Nie zauważono tu tendencji do poprawy jakości wody, stężenia fosforanów zdecydowanie przekraczają granicę V klasy jakości wody, najwyższe notowane są w przekroju Tursko. Z wyników badań przedstawionych na rysunku 3 wynika, że w przekroju Szkudła i Gołuchów stężenia fosforanów utrzymywały się na poziomie do 4 mg PO_4 dm^{-3}, natomiast w przekroju Tursko wzrastały gwałtownie nawet do poziomu 14 mg PO_4 dm^{-3}. Pomiędzy przekrojami Gołuchów i Tursko znajduje się wylot ścieków z oczyszczalni w Gołuchowie, co może

[1] W związku z tym, że rozporządzenie straciło moc prawną z dniem 1 stycznia 2005 r., a nie wprowadzono zastępujących go nowych regulacji prawnych Główny Inspektor Ochrony Środowiska zezwolił na przeprowadzanie oceny wód według nieobowiązujących przepisów do czasu wejścia w życie nowego.



Rysunek 2. Stężenia fosforanów w wodach rzeki Trzemny w latach 1995–2006 (wg badań WIOŚ)
Figure 2. Concentrations of phosphates in the waters of Trzemna River in the years 1995–2006 (according to research by WIOŚ)



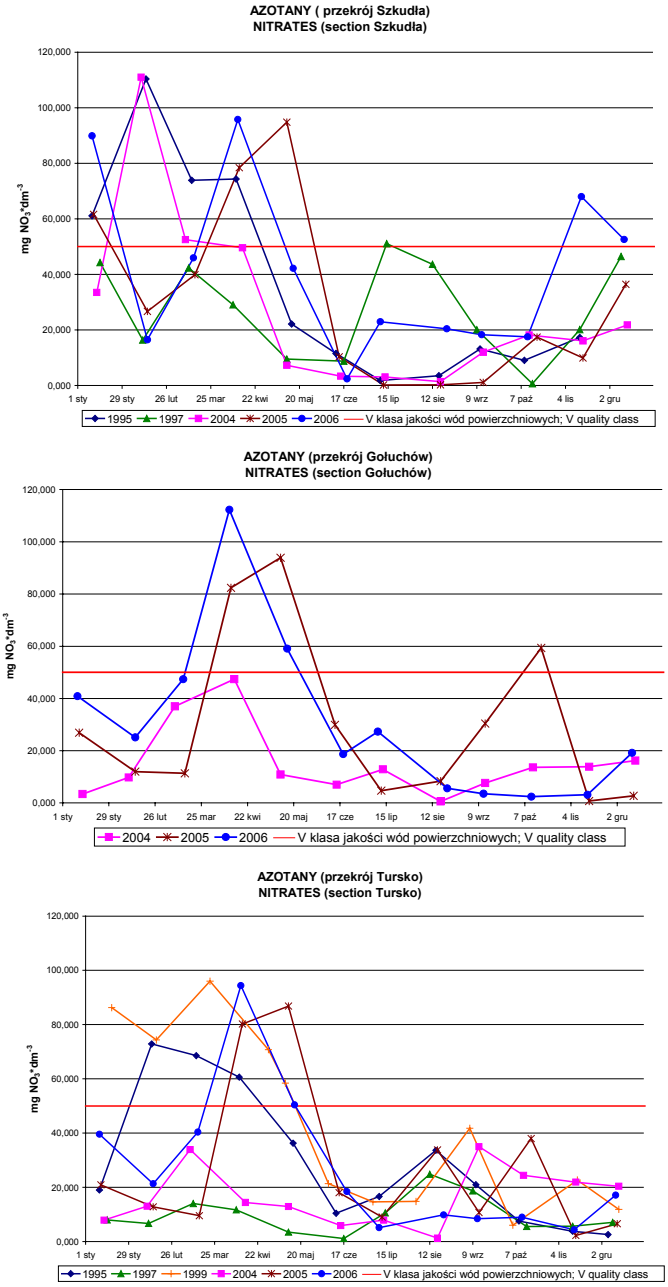
Rysunek 3. Stężenia fosforanów w wodach rzeki Trzemny w latach 2004–2006 (wg badań WIOŚ)
Figure 3. Concentrations of phosphates in the waters of Trzemna River in the years 2004–2006 (according to research by WIOŚ)

tłumaczyć tak gwałtowny wzrost stężenia fosforanów. Jak wynika z tabeli 1 za zbiornikiem Gołuchów w latach 2004 i 2005 maleje udział fosforanów w całkowitej ilości fosforu, ale jego stężenia wzrastają, w roku 2006 stężenia fosforu i fosforanów nieznacznie się zmniejszyły, a udział fosforanów zwiększył się tylko o 1%. W przekroju Tursko poniżej oczyszczalni stężenia wzrastają gwałtownie, a udział fosforanów w całkowitej ilości fosforu także wzrasta i dochodzi do 83%.

Tabela 1. Średnie roczne stężenia fosforu całkowitego i fosforanów w wodach rzeki Trzemny w wybranych latach (wg badań WIOŚ)
Table 1. Mean annual concentrations of total phosphorus and phosphates in the waters of Trzemna River in selected years (according to research by WIOŚ)

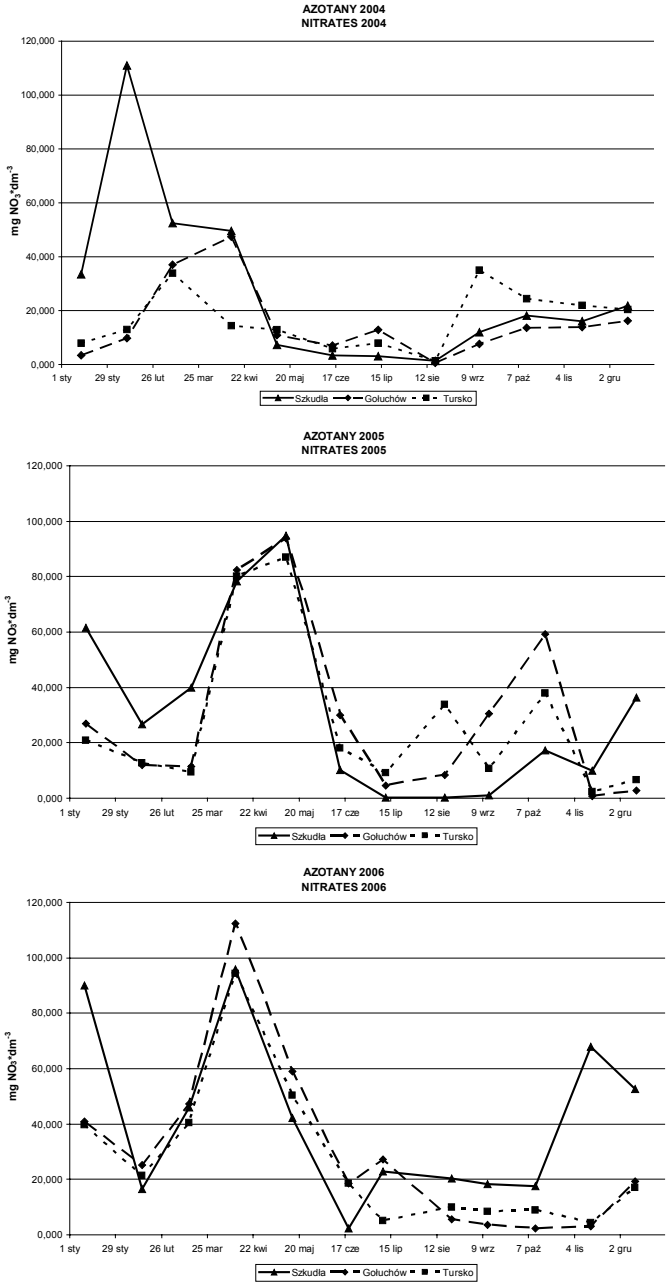
Rok Year	Szkudła		Gołuchów		Tursko	
	P $mgP \cdot dm^{-3}$	PO_4 $mgPO_4 \cdot dm^{-3}$	P $mgP \cdot dm^{-3}$	PO_4 $mgPO_4 \cdot dm^{-3}$	P $mgP \cdot dm^{-3}$	PO_4 $mgPO_4 \cdot dm^{-3}$
2004	0,39 100%	0,64 54%	0,66 100%	1,05 52%	2,01 100%	5,12 83%
2005	0,42 100%	0,78 61%	0,61 100%	0,65 35%	2,37 100%	5,64 78%
2006	0,38 100%	0,71 61%	0,33 100%	0,63 62%	1,51 100%	3,32 72%

Azotany (rys. 4 i 5) wykazują zmienność w ciągu roku, najwyższe stężenia do 120 mg NO_3 dm^{-3} notowane są do maja, następnie w czerwcu i lipcu wyraźnie maleją, a w okresie od sierpnia do końca roku nieznacznie wrastają. Niskie stężenia azotanów w okresie intensywnego wzrostu roślin są charakterystyczne dla większości wód powierzchniowych, po obumarciu roślin stężenia azotanów wyraźnie wzrastają. W przypadku azotanów nie zanotowano gwałtownego wzrostu stężenia w przekroju Tursko poniżej oczyszczalni, wręcz przeciwnie, stężenia są tam zwykle niższe niż w przekrojach znajdujących się powyżej. W tabeli 2 przedstawiono średnie roczne stężenia form azotu we wszystkich przekrojach w wybranych latach. W przekroju Szkudła udział azotu azotanowego w azocie całkowitym jest najwyższy i sięga 82%. W kolejnym przekroju maleje, ale nadal jest to główna forma występowania azotu, stanowiąca ponad 50%, wzrasta jednak udział azotu amonowego i organicznego – związane jest to z retencjonowaniem wody w zbiorniku zaporowym, wbudowywaniem azotu w biomasę, zrzucaniem wód o wyższym stężeniu azotu amonowego upustami dennymi. W ostatnim przekroju poniżej oczyszczalni gwałtownie zwiększają się stężenia azotu całkowitego, azot azotanowy stanowi mniej niż 50% azotu całkowitego, dominuje azot amonowy i organiczny. Na przykładzie form azotu innych niż azotanowa widać negatywny wpływ oczyszczalni ścieków.



Rysunek 4. Stężenia azotanów w wodach rzeki Trzemny w latach 1995–2006 (wg badań WIOŚ)

Figure 4. Concentrations of nitrates in the waters of Trzemna River in the years 1995–2006 (according to research by WIOŚ)



Rysunek 5. Stężenia azotanów w wodach rzeki Trzemny w latach 2004–2006 (wg badań WIOŚ)

Figure 5. Concentrations of nitrates in the waters of Trzemna River in the years 2004-2006 (according to research by WIOŚ)

Tabela 2. Średnie roczne stężenia form azotu w wodach rzeki Trzemny w wybranych latach (wg badań WIOŚ)
Table 2. Mean annual concentrations of nitrogen forms in the waters of Trzemna River in selected years (according to research by WIOŚ)

Rok /Year	Szkudła					Gołuchów					Tursko				
	N mgN·dm^{-3}	$N\text{-}NO_2$ mgN·dm^{-3}	NO_3 mgNO_3·dm^{-3}	$N\text{-}NH_4$ mgN·dm^{-3}	Norg. mgN·dm^{-3}	N mgN·dm^{-3}	$N\text{-}NO_2$ mgN·dm^{-3}	NO_3 mgNO_3·dm^{-3}	$N\text{-}NH_4$ mgN·dm^{-3}	Norg. mgN·dm^{-3}	N mgN·dm^{-3}	$N\text{-}NO_2$ mgN·dm^{-3}	NO_3 mgNO_3·dm^{-3}	$N\text{-}NH_4$ mgN·dm^{-3}	Norg. mgN·dm^{-3}
2004	7,98 100%	0,07 1%	27,47 78%	0,32 4%	1,41 17%	6,69 100%	0,05 1%	15,02 51%	1,50 22%	1,76 26%	15,46 100%	0,24 2%	16,58 24%	8,96 58%	2,51 16%
2005	9,10 100%	0,06 1%	31,41 78%	0,33 3%	1,62 18%	10,88 100%	0,14 1%	30,22 63%	0,91 8%	3,01 28%	18,95 100%	0,38 2%	27,39 33%	7,98 42%	4,41 23%
2006	11,31 100%	0,13 1%	41,04 82%	0,45 4%	1,46 13%	9,01 100%	0,14 2%	30,38 76%	0,55 6%	1,48 16%	13,09 100%	0,24 2%	26,53 46%	4,55 35%	2,31 17%

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zlewnia rzeki Trzemny jest intensywnie wykorzystywana rolniczo, znajduje się w części Polski charakteryzującej się najniższymi opadami, utworami powierzchniowymi są piaski i gliny, nie występują tu nasilone zjawiska erozji gleb. Rolnicze wykorzystanie zlewni, nieuporządkowana gospodarka wodno-ściekowa oraz źle działająca oczyszczalnia ścieków przyczyniają się do zanieczyszczenia wód powierzchniowych. Wody rzeki charakteryzują się bardzo wysokimi stężeniami substancji biogennych.

WNIOSKI

1. Najwyższe stężenia azotanów notuje się od stycznia do maja, w okresie intensywnego wzrostu roślin stężenia azotanów wyraźnie zmniejszają się. W przekroju Szkudła dominuje forma azotanowa, poniżej zbiornika retencyjnego Gołuchów wzrastają stężenia azotu organicznego i amonowego, w przekroju Tursko (poniżej zrzutu ścieków z oczyszczalni w Gołuchowie) azotany stanowią mniej niż 50% azotu całkowitego, znacznie wzrastają tu stężenia innych form azotu niż azotanowa.

2. Stężenia fosforanów we wszystkich przekrojach są wysokie i jest to dominująca forma fosforu, na ich przykładzie bardzo widoczny jest negatywny wpływ oczyszczalni w Gołuchowie na jakość wód rzeki Trzemny, poniżej oczyszczalni stężenia fosforanów osiągają rekordowe wartości, forma fosforanowa stanowi tu 72–83% fosforu całkowitego.

3. Wody Trzemny w całym okresie badawczym zaliczane są do V klasy jakości, przeprowadzane przez WIOŚ badania potwierdzają, że brak jest tendencji do poprawy ich jakości. Modernizacja oczyszczalni w Gołuchowie być może poprawi sytuację w odcinku ujściowym, co wpłynie na poprawę jakości wód Prosny, natomiast dla Trzemny i zbiornika Gołuchów potrzebne jest ograniczenie dopływu ścieków ze zlewni i działania skierowane na ograniczenie dopływu biogenów pochodzenia rolniczego.

BIBLIOGRAFIA

Atlas podziału hydrograficznego Polski. Red. H. Czarnecka. Warszawa 2005.

Dąbrowska J. *Wpływ czynników antropogenicznych na jakość zasobów wód powierzchniowych na przykładzie zbiornika Gołuchów*. Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 502, Inżynieria Środowiska XII. Wrocław 2004.

Fierek J. *Zbiornik wodny Gołuchów*. Instrukcja eksploatacji. Ostrów Wielkopolski 1994a.

Fierek J. *Zbiornik wodny Gołuchów*. Operat wodnoprawny. Ostrów Wielkopolski 1994b.

GUS, www.stat.gov.pl, strona dostępna 24.05.2008.

http://www.goluchow.pl/6.htm, strona dostępna 27.06.2008.

Internetowy Atlas Polski http://maps.igipz.pan.pl/atlas/, strona dostępna 27. 06. 2008.

Kajak Z. *Hydrobiologia-Limnologia*. Ekosystemy wód śródlądowych. PWN, Warszawa 1998.

Mapa Glebowo-Rolnicza. Województwo kaliskie, 1:100 000, IUNG 1986.

Podział hydrograficzny Polski. IMGW, Warszawa 1983.

Powszechny spis rolny 1996. Urząd Statystyczny w Kaliszu, Kalisz 1997.

Raport o stanie środowiska w Wielkopolsce w latach 1997–1998. Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu, Tom I i II, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Poznań 1999.

Raport o stanie środowiska w Wielkopolsce w roku 2001. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu, Biblioteka Monitoringu Środowiska. Poznań 2002.

Raport o stanie środowiska w Wielkopolsce w roku 2004. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu, Biblioteka Monitoringu Środowiska. Poznań 2005.

Raport o stanie środowiska w Wielkopolsce w roku 2005. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu, Biblioteka Monitoringu Środowiska. Poznań 2006.

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. z 2004r., Nr 32, poz. 284, nieobowiazujące].

Taylor R., Bogacka T., Makowski Z. *Emisja azotu i fosforu z obszaru Polski do wód powierzchniowych*. Wiadomości Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Tom XX (XLI), Zeszyt 3, 1997.

Jolanta Dąbrowska
Instytut Inżynierii Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Recenzent: *Prof. dr hab. Jerzy Kowalski*