

MARTYNA A. RZĘTAŁA¹, ANDRZEJ JAGUŚ², MARIUSZ RZĘTAŁA¹

¹Katedra Geografii Fizycznej
Uniwersytet Śląski w Katowicach

²Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

WPLYW EUTROFICZNEGO ŚRODOWISKA LIMNICZNEGO NA FLUWIALNY TRANSPORT ZANIECZYSZCZEŃ (ZBIORNIK ZAPOROWY PRZECZYCE)

Streszczenie. Badaniami objęto zlewnię i geosystem zaporowego zbiornika Przeczyce. Celem badań było rozpoznanie wpływu zbiornika na fluwialny transport zanieczyszczeń. W następstwie przepływu wód rzecznych przez zbiornik zwiększały się wartości BZT₅, a mniej lub bardziej znacząco zmniejszały się stężenia N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, Ca, Mg, Fe, SO₄ i PO₄. W początkowym okresie badań w zbiorniku następowała kumulacja substancji (dodatni bilans ładunków), ale po trzech (i więcej) latach rejestrowano obciążanie wód rzecznych poniżej zbiornika większą ilością substancji w odniesieniu do dopływu. Najsłabszą zdolność kumulacji zbiornik wykazywał w stosunku do substancji organicznych, Ca, Mg i SO₄. W ograniczonym stopniu były zatrzymywane związki azotu, w większym żelaza, z kolei w największym i przez cały analizowany okres – fosforany. Oddziaływanie zbiornika na transport zanieczyszczeń miało charakter chemicznie selektywny. Kumulacja fosforanów oraz wzrost zanieczyszczenia organicznego wód odpływających wskazywały na pogłębianie procesu eutrofizacji.

Słowa kluczowe: zbiornik Przeczyce, antropopresja rolnicza, zanieczyszczenie wód, eutrofizacja

Wstęp

Wśród licznych metod ochrony środowiska wodnego przed zanieczyszczeniem często się podaje tworzenie przepływowych akwenów limnicznych, pozwalających na okresową retencję wody, skutkującą uruchomieniem procesów oczyszczania znamienych dla wód stojących. Rolę oczyszczającą przypisuje się w uogólnieniu zarówno niewielkim zbiornikom typu stawowego, postrzeganym jako biofiltry (MIODUSZEWSKI 1999), jak i dużym zbiornikom zaporowym (WOYCIECHOWSKA i DOJLIDO 1982, PA-STERNAK 1984, RZĘTAŁA 2009 a). W tym drugim przykładzie jednym z procesów

wskazujących na oczyszczające oddziaływanie zbiorników jest przejmowanie znacznych ilości dopływającego rumowiska w procesie sedymentacji (KLIMEK i IN. 1990, RZĘTAŁA 2009b, RZĘTAŁA i IN. 2009). Współczesne badania dowodzą (KOSTECKI 2003, RZĘTAŁA 2008, JAGUŚ i RZĘTAŁA 2009), że oddziaływanie przepływowych zbiorników zaporowych na fluwalny transport zanieczyszczeń ma związek z charakterem zagospodarowania obszaru zlewniowego i rodzajem napływających substancji, a niekiedy zbiorniki powodują wtórne zanieczyszczanie wód rzecznych. W związku z tym jest zasadne rozpatrywanie wpływu poszczególnych zbiorników wodnych na jakość przepływających wód, co umożliwi formułowanie indywidualnych dla danego zbiornika zaleceń w zakresie ochrony środowiska wodnego.

Badaniami objęto zlewnię i geosystem zaporowego zbiornika Przeczyce, usytuowanego w północno-wschodniej części Wyżyny Śląskiej na rzece Czarnej Przemszy (zapora w 53,6 km biegu rzeki). Zbiornik ma powierzchnię maksymalną 470 ha i pojemność całkowitą 20,7 mln m³ (ROSZKOWSKI i KRUCZEK 1993). Jest zasilany głównie wodami Czarnej Przemszy, która przed wpływem do zbiornika przyjmuje wody Mitręgi. Przeczyce to akwen identyfikowany jako zeutrofizowany (DERYŁO i IN. 2000, RZĘTAŁA 2008).

Celem badań było rozpoznanie wpływu zbiornika na transport zanieczyszczeń Czarnej Przemszą, a ściślej: parametryzacja oddziaływania oczyszczającego bądź zanieczyszczającego w stosunku do wód rzecznych. Potrzeba monitoringu środowiskowego i ochrony zbiornika wynika nie tylko z jego niekorzystnego statusu troficznego, ale także z tego, że jest on wielokierunkowo użytkowany, m.in. pod kątem rekreacyjnym.

Material i metody

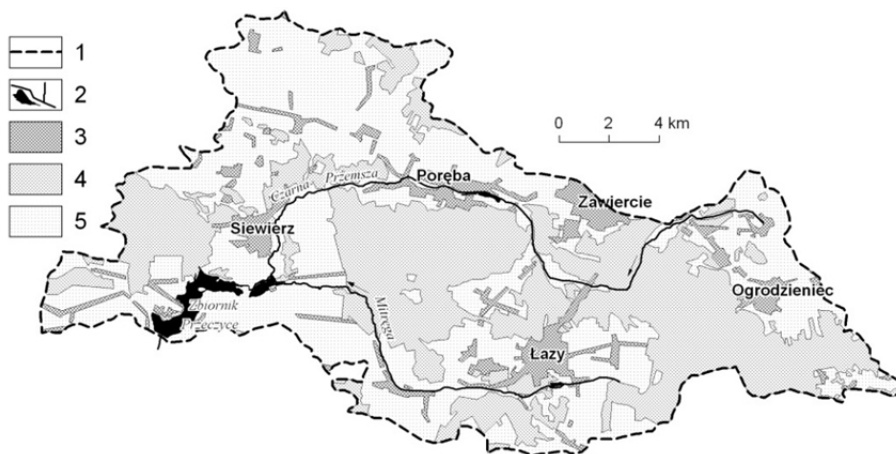
Analizę transferu zanieczyszczeń przez zbiornik Przeczyce poprzedzono rozpoznaniem jego obszaru zlewniowego. Zidentyfikowano stan i strukturę zagospodarowania terenu, wykorzystując materiały kartograficzne, obrazy lotnicze i satelitarne, a także prowadząc rekonesans terenowy. Pozwoliło to na określenie charakteru antropopresji, jakiej podlega zbiornik. Na podstawie rozpoznania zlewniowego wytypowano 10 parametrów jakościowych wód, odzwierciedlających wpływy antropogeniczne: BZT₅, N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, Ca, Mg, Fe, siarczany (SO₄), fosforany (PO₄), sucha pozostałość (SP).

Realizacja celu wymagała porównawczej analizy stężeń oraz określenia ładunków substancji chemicznych wprowadzanych do zbiornika z wodami Czarnej Przemszy i odpływających w profilu poniżej zapory. Obliczenia ładunków oparto na znajomości przepływu oraz stężeń substancji chemicznych w wodzie i przeprowadzono dla dziesięciolecia 1990-1999. Dane dotyczące przepływów powyżej (posterunki wodowskazowe „Piwoń” na Czarnej Przemszy oraz „Kuźnica Sulikowska” na Mitrędze) i poniżej (posterunek wodowskazowy „Przeczyce” na Czarnej Przemszy) zbiornika Przeczyce uzyskano w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej – były to przepływy średnie z każdego miesiąca analizowanego dziesięciolecia. Z kolei comiesięczne wyniki jakości wód Czarnej Przemszy na dopływie do zbiornika i poniżej zapory pozyskano z bazy danych Górnos Śląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów. W konsekwencji obliczano

miesięczne ładunki substancji (dla 120 serii pomiarowych) będące podstawą dalszych analiz.

Wyniki

Zlewnia zbiornika Przeczycze obejmuje obszar 296,25 km² – wody powierzchniowe zajmują 3,31 km², tereny zurbanizowane 27,64 km², grunty leśne 118,7 km², a grunty rolne 146,6 km². Prace terenowe i studia kameralne wykazały, że zbiornik podlega antropopresji związanej z funkcjonowaniem ośrodków miejskich i wiejskich, a także ze znacznym rozprzestrzenieniem użytków rolnych, znajdujących się w różnych częściach zlewni, włącznie ze zlewnią bezpośrednią (rys. 1). Struktura i stan zagospodarowania przestrzennego terenu wskazują, że antropopresja rolnicza jest dominującym czynnikiem pozaprzyrodniczym, kształtującym jakość wód zasilających zbiornik. Z antropopresją rolniczą należy też wiązać użytkowanie stawów hodowlanych w ujściowej części doliny Mitręgi oraz w dolinie Czarnej Przemszy powyżej zbiornika.



Rys. 1. Użytkowanie zlewni zbiornika Przeczycze: 1 – granica zlewni, 2 – wody powierzchniowe, 3 – tereny zurbanizowane, 4 – tereny leśne, 5 – grunty rolnicze

Fig. 1. Land use of the catchment area of the Przeczycze dam water reservoir: 1 – catchment boundaries, 2 – surface waters, 3 – urbanised areas, 4 – forestlands, 5 – farmlands

Parametry jakościowe wód Czarnej Przemszy dopływających do zbiornika zmieniały się w warunkach przepływu przez jego geosystem. W skali dziesięciolecia stwierdzono wyraźne zmniejszanie się stężeń N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, Fe oraz PO₄ przy jednoczesnym wzroście zanieczyszczenia wody substancjami organicznymi (wzrost BZT₅). Jedynie stężenia Ca, Mg i SO₄ pozostawały stosunkowo podobne w relacji dopływ – odpływ. Kompleksowa zawartość substancji w badanych wodach, oznaczana dzięki określeniu suchej pozostałości, nieznacznie się zmniejszała – średnio o około 10% (tab. 1). Podobne tendencje zmian stężeń były obserwowane w poszczególnych latach.

Tabela 1. Transport zanieczyszczeń przez zbiornik Przeczycze – średnie roczne (z lat 1990-1999) stężenia i ładunki substancji (na podstawie danych GPW i IMGW)

Table 1. Transport of contaminants through the reservoir Przeczycze – average yearly (years 1990-1999) concentrations and loads of substances (basing on data from GPW – Upper Silesian Water Supply Company, and IMGW – Institute of Meteorology and Water Management)

Parametr	Stężenie		Ładunek		
	dopływ (mg/dm ³)	odpływ (mg/dm ³)	dopływ (Mg)	obciążenie (g/m ²)	odpływ (Mg)
BZT ₅	3,6*	4,3*	145,98*	31,06*	174,94*
N-NH ₄	0,58	0,34	22,69	4,83	15,01
N-NO ₂	0,12	0,06	5,71	1,21	3,38
N-NO ₃	2,43	1,61	103,20	21,96	84,47
Ca	76,5	67,8	3 153,43	670,94	3 339,25
Mg	19,8	18,9	693,76	147,61	802,85
Fe	0,59	0,24	22,92	4,88	12,24
SO ₄	86,0	82,4	3 577,36	761,14	3 852,22
PO ₄	0,40	0,12	20,16	4,29	5,28
Sucha pozostałość	402,2	361,4	16 130	3 431,9	17 065

* ilość tlenu (O₂).

W ujęciu bilansowym ładunków substancji chemicznych, parametryzującym wielkość transportu zanieczyszczeń Czarną Przemszą, w skali dziesięciolecia masa substancji (sucha pozostałość po odparowaniu) wynoszonych ze zbiornika była nieco większa od ilości wnoszonej (tab. 1). Było to determinowane nie tylko ujemnym bilansem zanieczyszczeń organicznych, ale także wapnia, magnezu i siarczanów. Zbiornik zatrzymywał dopływające związki azotu (około 1/3 ładunku N-NH₄, około 60% ładunku N-NO₂, niespełna 20% ładunku N-NO₃), żelaza (ponad 50% ładunku Fe) oraz fosforany (blisko 3/4 ładunku PO₄).

W kolejnych latach analizowanego dziesięciolecia zdolności kumulacyjne zbiornika zmieniały się w stosunku do poszczególnych substancji. Stwierdzono, że w pierwszych trzech-pięciu latach ładunki w relacji dopływ – odpływ były redukowane dla wszystkich badanych substancji, ale później zaistniały sytuacje obciążania wód rzecznych poniżej zbiornika większą ilością substancji w odniesieniu do dopływu (tab. 2). Najmniejszą zdolność kumulacji zbiornik wykazywał wobec substancji organicznych, wapnia, magnezu i siarczanów. W ograniczonym stopniu były zatrzymywane związki azotu, w większym żelaza, a w największym i przez cały analizowany okres fosforany (w 4 spośród 10 analizowanych lat zatrzymano aż ponad 80% dopływającego ładunku PO₄).

Analiza zależności korelacyjnych między ładunkiem dopływającym i odpływającym określonej substancji wykazała istnienie istotnej korelacji dodatniej (zgodnie z rozkładem *t* Studenta dla *n*-2 = 118 oraz $\alpha = 0,05$). Innymi słowy wzrost ilości substancji dopływającej przekładał się na wzrost ilości substancji odpływającej. Zależność tę

Rzętała M.A., Jaguś A., Rzętała M., 2011. Wpływ eutroficznego środowiska limnicznego na fluwialny transport zanieczyszczeń (zbiornik zaporowy Przeczyce). *Nauka Przyr. Technol.* 5, 4, #46.

Tabela 2. Transport zanieczyszczeń przez zbiornik Przeczyce – roczna redukcja (%) ładunków w relacji dopływ – odpływ (na podstawie danych GPW i IMGW)

Table 2. Transport of contaminants through the reservoir Przeczyce – average reduction (%) of loads between the inflow and the outflow (basing on data from GPW – Upper Silesian Water Supply Company, and IMGW – Institute of Meteorology and Water Management)

Parametr	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
BZT ₅	6	19	8	0	0	0	0	42	0	0
N-NH ₄	77	68	71	42	24	1	0	38	28	0
N-NO ₂	73	71	48	43	6	0	0	61	33	0
N-NO ₃	65	49	30	32	5	0	13	42	0	0
Ca	40	37	27	11	0	0	3	0	0	0
Mg	14	38	21	0	0	0	0	6	0	0
Fe	81	81	75	65	43	0	58	39	44	0
SO ₄	39	35	27	9	0	0	3	0	0	0
PO ₄	88	85	83	62	48	12	74	89	53	24
Sucha pozostałość	32	36	30	6	0	0	6	1	0	0

Zero (0) oznacza bilans ujemny.

stwierdzono dla każdego parametru, jednak najmniejszy stopień korelacji dotyczył efektywnie zatrzymywanych w zbiorniku fosforanów (PO₄). Przeprowadzono analizę tendencji zmian ładunków dopływających i odpływających w ciągu dziesięciolecia – według analizy regresji liniowej ładunki dopływające nie wykazywały określonego trendu zmian lub słabą tendencję wzrostową. Z kolei przebieg comiesięcznych wartości ładunków odpływających charakteryzowała tendencja wzrostowa. Była ona istotna statystycznie (zgodnie z rozkładem *t* Studenta dla $n-2 = 118$ oraz $\alpha = 0,05$) dla każdego parametru, ale najbardziej stabilny wzrost dotyczył ładunków BZT₅, Ca, Mg, Fe i SP.

Dyskusja

Kształtowanie transferu zanieczyszczeń w warunkach przepływu wód rzecznych przez środowisko limniczne jest pochodną wielu czynników, wśród których najczęściej wymienia się parametry morfometryczne zbiornika, jakość wód alimentujących czy też tempo wymiany wody w zbiorniku. Mimo że jeziora przepływowe traktowane są zwykle jak odstożniki kumulujące substancje dostarczane (KUDELSKA i IN. 1994), nierzadkie są doniesienia literaturowe o ich zróżnicowanym, także zanieczyszczającym oddziaływaniu (JAGUŚ i RZĘTAŁA 2008).

W badaniach rozpoznano oddziaływanie zbiornika Przeczyce na migrację zanieczyszczeń rzeką Czarną Przemszą. W okresie badań zbiornik był zasilany wodami zasoźnymi w składniki pokarmowe. Średnia roczna zawartość azotanów w dopływających wodach Czarnej Przemszy na ogół przekraczała stężenie uznawane za graniczne dla

stanu eutrofizacji wód płynących, czyli 2,2 mg N-NO₃ na 1 dm³ (ROZPORZĄDZENIE... 2002). Było to najpewniej efektem rolniczego gospodarowania na znacznym odsetku powierzchni zlewni (blisko 50%). Ten rodzaj antropopresji jest poważnym czynnikiem ryzyka zanieczyszczenia wód (SAPEK 1997), zwłaszcza w powszechnie występującej sytuacji niewłaściwej gospodarki bilansowej azotem i fosforem (SAPEK i SAPEK 1993, 2005). Na zagrożenie degradacją jakości wód zbiornika wskazywało także znaczne roczne obciążenie akwenu pierwiastkami biogennymi (tab. 1) – przeciętnie 28 g N na 1 m² (azot mineralny) i 1,4 g P na 1 m² (fosfor w fosforanach). Wartości te były niepokojące w odniesieniu do poziomów bezpiecznych (VOLLENWEIDER 1975, ZDANOWSKI 1982).

Zbiornik Przeczyce jest akwem podatnym na eutrofizację, o czym świadczą chociażby jego niewielka głębokość średnia (4,4 m) lub wysoki współczynnik Schindlera (14,5). W następstwie antropopresji ulega temu procesowi. Potwierdzają to m.in. dane dotyczące przezroczystości jego wód, która w badaniach RZĘTAŁY (2008) w latach 1998-2007 nie przekroczyła 1,5 m. Jednym z rozpoznanych – w kontekście problematyki niniejszej pracy – efektów eutrofizacji było zwiększanie zanieczyszczenia przepływających wód rzecznych związkami organicznymi wskutek nadprodukcji biologicznej, choć zapewne także dopływu tych związków ze zlewni bezpośredniej. O eutrofizacji świadczyły również zmiany stosunku mas atomowych azotu i fosforu (N/P) obecnych w wodzie Czarnej Przemisy – od wartości mniejszych na dopływie do większych na odpływie – wskazujące na intensywne zatrzymywanie i wyczerpywanie (w produkcji biologicznej) fosforu w zbiorniku.

W analizowanym dziesięcioleciu (1990-1999) uchwycono transformację oddziaływania zbiornika na transport zanieczyszczeń. W funkcji czasu stwierdzono poważne osłabienie bądź utratę możliwości kumulacyjnych zbiornika w stosunku do poszczególnych substancji chemicznych (za wyjątkiem fosforanów). Najlepiej odzwierciedlały to wyraźne w kolejnych latach zmiany bilansu – z dodatniego na ujemny – ładunków suchej pozostałości. A zatem zbiornik powodował wtórne zanieczyszczenie środowiska rzecznoego, oddając najpewniej część ładunku substancji zakumulowanego w latach wcześniejszych. Wzrost obciążenia zanieczyszczeniami środowiska rzeki poniżej zbiornika charakteryzowała chemiczna selektywność – zbiornik oddawał coraz większe ilości zwłaszcza substancji organicznych, wapnia, magnezu i żelaza. Niepokojąca była także mała redukcja (lub jej brak) wprowadzanych z wodami Czarnej Przemisy ładunków amoniaku i azotynów, co wskazywało na niekorzystne warunki procesu nityfikacji.

Wnioski

1. Parametry jakościowe wód Czarnej Przemisy przepływających przez zbiornik Przeczyce zmieniały się – zmniejszała się zawartość makroskładników, lecz wzrastało zanieczyszczenie substancjami organicznymi.

2. W okresie badań funkcjonowanie zbiornika charakteryzowało się osłabieniem bądź zaprzestaniem kumulowania zanieczyszczeń – w warunkach stabilności ładunków dopływających wzrastały ładunki odpływające, a wyraźnie kumulowane były jedynie fosforany.

3. Oddziaływanie zbiornika na przepływ zanieczyszczeń z wodami rzecznyymi było chemicznie selektywne.

4. Przepływ wód zanieczyszczonych przez eutroficzne środowisko limniczne może prowadzić do pogłębiania procesu eutrofizacji oraz wtórnego zanieczyszczania środowiska rzecznoego.

Literatura

- DERYŁO A., KOSTECKI M., SZILMAN P., 2000. Badania hydrobiologiczne zbiornika zaporowego w Przeczcach – Część I – Fizyczno-chemiczne wskaźniki jakości wody. *Arch. Environ. Prot.* 26, 3: 67-87.
- JAGUŚ A., RZĘTAŁA M., 2008. Znaczenie zbiorników wodnych w kształtowaniu krajobrazu (na przykładzie kaskady jezior Pogorii). *WNoMiŚ ATH, WNoZ UŚ, Bielsko-Biała – Sosnowiec.*
- JAGUŚ A., RZĘTAŁA M., 2009. Transformacja parametrów fizykochemicznych wód płynących w zbiornikach przepływowych. *Ochr. Środ. Zas. Natur.* 38: 115-122.
- KLIMEK K., ŁAJCZAK A., ZAWILIŃSKA L., 1990. Sedimentary environment of modern Dunajec delta in artificial Rożnów Lake, Carpathian Mts., Poland. *Quaest. Geograp.* 11/12: 81-92.
- KOSTECKI M., 2003. Alokacja i przemiany wybranych zanieczyszczeń w zbiornikach zaporowych hydrowęzła rzeki Kłodnicy i Kanale Gliwickim. Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, Zabrze.
- KUDELSKA D., CYDZIK D., SOSZKA H., 1994. Wytyczne monitoringu podstawowego jezior. *PIOŚ, Warszawa.*
- MIODUSZEWSKI W., 1999. Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym. Wyd. Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty.
- PASTERNAK K., 1984. Zmiany w chemicznych i biologicznych stosunkach środowiska wodnego rzeki jako rezultat oddziaływania zbiorników retencyjnych. *Czasop. Geograf.* 55, 3: 365-377.
- ROSZKOWSKI A., KRUCZEK B., 1993. Weryfikacja regionalnych planów gospodarki wodnej w zakresie kształtowania zasobów wodnych dla obszaru RZGW-Katowice – zbiornik Przeczyce. *Hydroprojekt, Kraków.*
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 roku w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych. 2002. *Dz. U.* Nr 241, poz. 2093.
- RZĘTAŁA M., 2008. Funkcjonowanie zbiorników wodnych oraz przebieg procesów limnicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie regionu górnośląskiego. *Wyd. Uniw. Śl., Katowice.*
- RZĘTAŁA M., 2009 a. Purification of surface waters flowing in transfer reservoirs. *Polish J. Environ. Stud. – Series of Monogr.* 3: 43-50.
- RZĘTAŁA M.A., 2009b. Role of sedimentation in anthropogenic reservoirs in purification of flowing waters. *Polish J. Environ. Stud. – Series of Monogr.* 3: 51-57.
- RZĘTAŁA M.A., MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M., 2009. Sedymentacja w strefie kontaktu wód rzecznych i jeziornych na przykładzie zbiorników wodnych regionu górnośląskiego. *Wydział Nauk o Ziemi Uniw. Śl., Sosnowiec.*
- SAPEK A., 1997. Risk of water pollution as a result of agricultural activities. *W: Sustainable agriculture and rural area development – meeting environmental challengers for water quality, sustainable agricultural and rural development.* Wyd. Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty: 79-99.
- SAPEK A., SAPEK B., 1993. Assumed non-point water pollution based on the nitrogen budget in Polish Agriculture. *Water Sci. Technol.* 28: 483-488.

- SAPEK A., SAPEK B., 2005. Strategia gospodarowania azotem i fosforem w rolnictwie w aspekcie ochrony wód Morza Bałtyckiego. *Zeszyty Edukacyjne IMUZ* 10: 27-38.
- VOLLENWEIDER R.A., 1975. Input-output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology. *Schweizer. Z. Hydrol.* 37: 53-84.
- WOYCIECHOWSKA J., DOJLIDO J., 1982. Zmiany jakości wód powierzchniowych pod wpływem zabudowy hydrotechnicznej. *Gosp. Wod.* 5: 47-51.
- ZDANOWSKI B., 1982. Variability of nitrogen and phosphorus content and lake eutrophication. *Polish Arch. Hydrobiol.* 29, 3-4: 541-597.

IMPACT OF EUTROPHIC LIMNIC ENVIRONMENT ON FLUVIAL TRANSPORT OF CONTAMINANTS (DAM RESERVOIR PRZECZYCE)

Summary. The research was conducted in the catchment and geosystem of the dam reservoir Przeczyce. Its aim was to determine the impact of the reservoir on fluvial transport of contaminants. The flow of river water through the reservoir results in increased values of BOD₅, and increased, less or more significantly, concentrations of N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, Ca, Mg, Fe, SO₄ and PO₄. The initial stage of the research of the reservoir showed accumulation of substances (positive balance of loads), while three (and more) years later river waters below the reservoir were reported to include higher loads of substances in comparison with inflowing waters. The reservoir showed the poorest accumulating capacities in case of organic substances, Ca, Mg and SO₄. Nitrogen compounds were accumulated to a lower extent, iron compounds to a higher degree, while phosphates were accumulated the most efficiently and throughout the whole research period. The impact of the reservoir on transport of contaminants was chemically selective. Accumulation of phosphates and increased organic contamination of outflowing waters suggested that the eutrophication process was on the increase.

Key words: Przeczyce reservoir, agricultural anthropopression, contamination of water, eutrophication

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Andrzej Jaguś, Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Poland, e-mail: ajagus@ath.bielsko.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

11.05.2011

Do cytowania – For citation:

*Rzętała M.A., Jaguś A., Rzętała M., 2011. Wpływ eutroficznego środowiska limnicznego na fluwialny transport zanieczyszczeń (zbiornik zaporowy Przeczyce). *Nauka Przyr. Technol.* 5, 4, #46.*