

Włodzimierz Miernik

**WSTĘPNE WYNIKI BADAŃ
NAD PRZEMIANĄ ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH
I BIOGENNYCH W MAŁYM ZBIORNIKU WODNYM**

***PRELIMINARY RESULTS OF INVESTIGATIONS
ON TRANSFORMATION OF ORGANIC AND BIOGENIC
COMPOUNDS IN SMALL WATER RESERVOIR***

Streszczenie

Artykuł zawiera wstępne wyniki badań nad przemianą związków organicznych i biogenych w małym zbiorniku wodnym. Jako obiekt badań wybrano położony na rzece Czystej zbiornik Górny Młyn k. Końskich (pow. konecki, woj. świętokrzyskie). Podstawą do analizy były badania hydrochemiczne, obejmujące pomiary objętości wody dopływającej i odpływającej ze zbiornika oraz oznaczanie ich składu chemicznego. Przeprowadzono je w okresie od maja do lipca 2006 roku, realizując w tym czasie w sumie sześć serii pomiarowych. W pobranych próbkach wody oznaczano w laboratorium metodami referencyjnymi następujące wskaźniki zanieczyszczeń: BZT₅, P-PO₄, N-NH₄, N-NO₂ i N-NO₃. W wyniku przeprowadzonych pomiarów hydrometrycznych ustalono, że podstawowym źródłem alimentacji badanego zbiornika jest położony powyżej zbiornik Szabelnia, z którego dopływ wody do zbiornika Górny Młyn wahał się w przedziale od 0,003 do 0,120 m³·s⁻¹. Uwzględniając także niewielki ciek „bez nazwy”, w sumie do zbiornika dopływało w czasie prowadzenia badań średnio 0,055 m³·s⁻¹, a odpływało średnio 0,051 m³·s⁻¹.

Decydujący wpływ na jakość wód dopływających i odpływających z badanego zbiornika miały przede wszystkim stężenia azotu azotynowego, które kilkakrotnie (zwłaszcza w przypadku wód zasilających) przekraczały dopuszczalną granicę 1,000 mgN-NO₂·dm⁻³, ustaloną w obowiązujących przepisach dla ostatniej, V klasy czystości. Pozostałe oznaczane wskaźniki mieściły się w granicach I lub co najwyżej II klasy czystości. Stwierdzono, że zbiornik zatrzymywał, wnoszone wraz z dopływającymi do niego wodami, ładunki związków organicznych oraz związków fosforu i azotu. Wody odpływające ze zbiornika zawierały średnio o 1,200 kg·d⁻¹ (9,0%) mniej związków organicznych, o 0,182 kg·d⁻¹ (51,0%) mniej P-PO₄, o 3,080 kg·d⁻¹ (99,0%) mniej N-NH₄, o 11,349 kg·d⁻¹ (68,0%) mniej N-NO₂

i o $1,302 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$ (81%) mniej N-NO_3 . Ta retencyjna funkcja jaką spełniał zbiornik w stosunku do dostarczanych do niego ładunków biogenów stanowi poważne zagrożenie dla eutrofizacji magazynowanej w nim wody. Zagrożenie to potwierdzają obliczone dla niego wielkości ładunku dopuszczalnego i niebezpiecznego dla fosforu i azotu. W czasie realizowanych badań zatrzymany w zbiorniku wodnym Górny Młyn ładunek fosforu ($3,370 \text{ mgP}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) był około 3 razy wyższy od dopuszczalnego oraz około 1,5 razy wyższy od niebezpiecznego. Z kolei zatrzymany w tym samym czasie ładunek azotu, stanowiący sumę ładunków oznaczanych jego form mineralnych ($291,315 \text{ mgN}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$), był wyższy o około 19 razy od dopuszczalnego i 10 razy wyższy od niebezpiecznego.

Słowa kluczowe: zbiornik wodny, związki organiczne, związki biogenne

Summary

The paper contains preliminary results of investigations on transformations of organic and biogenic compounds in small water reservoir. The reservoir Górny Młyn near Końskie (Świętokrzyskie District) located on the Czysła river was chosen as an object of investigations. The bases of analysis were hydrological and chemical investigations covering measurements of water volume inflowing and flowing from the reservoir as well as determination of its chemical composition. The investigations which covered six measurements series were carried out between May and July in the year 2006. The following indicators of pollution were determined in laboratory by means of reference methods in taken samples of water: BOD_2 , P-PO_4 , N-NH_4 , N-NO_2 and N-NO_3 . Hydrometric measurements showed that the main source of alimentation of investigated reservoir is the reservoir Szawelnia located above, from which inflow to the Górny Młyn reservoir fluctuated between $0,003$ do $0,120 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Taking into account small stream „without name”, the total amount of water inflowing to the reservoir during investigations was on an average $0,055 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, while the amount of flowing from the reservoir was on an average $0,051 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.

The crucial influence on quality of water inflowing and flowing from the decanter had concentration of nitrite nitrogen, which several times exceeded permitted limit $1,000 \text{ mgN-NO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$, determined for in obligatory law for the lowest V purity class. The remaining determined indicators were located in limits for the highest I, or at least for II purity class. It was stated that reservoir held carrying in together with inflowing water charges of organic compounds and compounds of phosphorus and nitrogen. Water flowing from the reservoir contained on an average $1,200 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$ (9,0%) of organic compounds less, of $0,182 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$ (51,0%) P-PO_4 less, of $3,080 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$ (99,0%) N-NH_4 , less, $11,349 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$ (68,0%) N-NO_2 less and $1,302 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$ (81%) N-NO_3 less. This retention function the reservoir performed relating to delivered charges of biogenic compounds is the serious threat for eutrophication of water which is stored. The threat is confirmed by calculated quantities of permitted and dangerous charge for phosphorus and nitrogen. During investigations the charge of phosphorus ($3,370 \text{ mgP}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) held in the reservoir Górny Młyn was about three times higher than the permission one and about 1,5 times higher than dangerous one. On the other hand the charge of nitrogen held which is the sum of charges determined its mineral forms ($291,315 \text{ mgN}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$), was about 19 times higher than the permitted one and 10 times higher than the dangerous ones.

Key words: water reservoir, organic compounds, biogenic compounds

WSTĘP

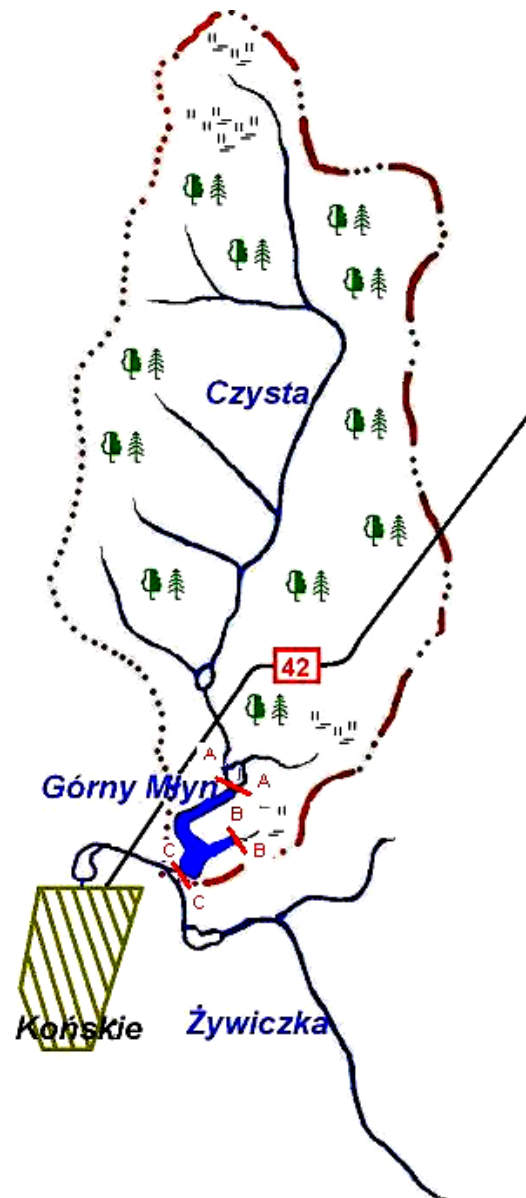
Jednym z podstawowych elementów małej retencji wodnej były, są i nadal będą małe zbiorniki wodne, o pojemności całkowitej nieprzekraczającej 1 mln m³ [Mioduszewski, Łoś 2002]. Ich budowie sprzyjają opracowane przez władze poszczególnych województw tzw. programy małej retencji. Dla przykładu w województwie świętokrzyskim taki program przewiduje w najbliższych latach budowę 179 tego rodzaju obiektów, o łącznej pojemności użytkowej 54,080 mln m³ [Synteza programu... 2005]. Budowa małych zbiorników wodnych służy realizacji wielu różnorodnych celów. Obok celu podstawowego, jakim jest łagodzenie deficytu wody, można wymienić typowe cele gospodarcze, takie jak zaopatrzenie w wodę, nawodnienie użytków rolnych, rekreacja itp. Zbiorniki te mogą także oddziaływać w kierunku poprawy jakości wód powierzchniowych [Szymańska 1994; Miernik, Wałęga 2006] oraz podnosić walory lokalnego krajobrazu [Wiatkowski 2006].

Celem niniejszej pracy jest określenie kierunków oraz wielkości przemian związków organicznych i biogennych, na podstawie porównania ich stężeń i ładunków, zawartych w wodach dopływających i odpływających z małego zbiornika, położonego w miejscowości Górny Młyn k. Końskich (woj. świętokrzyskie).

OBIEKT I METODYKA BADAŃ

Zbiornik Górny Młyn (rys. 1) zlokalizowany jest na rzece Czystej w km 5+460 jej biegu. Powstał w wyniku przegrodzenia doliny rzeki zaporą czołową, ziemną, o długości 130 m i wysokości 4,5 m. Jest typowym przykładem małego, dolinowego zbiornika wodnego, którego podstawową funkcją jest funkcja rekreacyjna. Dzięki istniejącej w nim rezerwie wymuszonej może zredukować objętość fali powodziowej o około 20%. Przy zachowaniu normalnego poziomu piętrzenia (235,25 m n.p.m.) jego pojemność użytkowa wynosi 97 000 m³, powierzchnia zalewu 5,4 ha, a średnia głębokość 1,6 m. Długość zbiornika mierzona w osi wynosi 270 m. Sekcję przelewowo-upustową stanowi usytuowana w bezpośrednim sąsiedztwie skarpy odwodnej zapory studnia żelbetonowa o przekroju sześciokąta foremego. Długość krawędzi przelewowej studni wynosi 18 m. Przy dnie studni znajdują się dwa rurociągi o średnicy 600 mm każdy, zamykane stalowymi zasuwami. Wykonano je z kręgów żelbetowych i zakończono wspólną niecką wypadową.

Zbiornik wodny Górny Młyn jest poprzedzony czterokrotnie mniejszym (objętość całkowita 28 000 m³, powierzchnia zalewu 1,39 ha) zbiornikiem Szabelnia. Połączone są one z sobą kilkudziesięciometrowym odcinkiem naturalnego koryta rzeki Czystej.



Rysunek 1. Mapa zbiornika wodnego Górny Młyn i jego zlewni z zaznaczonymi przekrojami hydrometrycznymi. Skala 1:200 000

Figure 1. Map of the Górny Młyn water reservoir and its basin with marked hydrometric sections. Scale 1:200 000

Zlewnia rzeki Czystej, zalicza się do kategorii V rzędu, ma powierzchnię zaledwie 33 km² i niemal w 100% stanowi zlewnię opisywanego zbiornika. Jest wyścielana przede wszystkim takimi utworami, jak: piaskowce, zlepieńce i łupki, natomiast w dolinie samej rzeki Czystej występują piaski i żwiry. Można tu również spotkać obszary pokryte piaskami gliniastymi oraz glinami zwałowymi i zwietrzelinowymi. Zdecydowaną większość powierzchni zlewni (65%) zajmują lasy w których największy udział mają drzewostany iglaste z dominacją sosny (75% całej powierzchni lasów). Na drugiej pozycji ze względu na formę użytkowanie znajdują się użytki rolne. Zajmują one w sumie 26% powierzchni całej zlewni, a pozostałe 9% to nieużytki i tereny zabudowane. Rolnictwo na obszarze charakteryzowanej zlewni ma charakter ekstensywny, skupia się na uprawie zbóż, roślin okopowych, pastewnych i warzyw. W górnej i dolnej partii zlewni można wyodrębnić tereny podmokłe i zabagnione.

Badania własne nad przemianą związków organicznych i biogennych w zbiorniku wodnym Górny Młyn zrealizowano w czasie trzech kolejnych miesięcy 2006 roku, tj. maja, czerwca i lipca. W tym czasie wykonano sześć serii pomiarów terenowych w trzech wybranych przekrojach hydrochemicznych, położonych i oznaczonych jak na rysunku. Przekrój A-A i przekrój B-B to przekroje, w których mierzono objętość wody dopływającej do zbiornika oraz pobierano ich próbki w celu ustalenia ilości dostarczanych do niego związków organicznych i biogennych. Pierwszy z nich zlokalizowano poniżej siedmioprzęsłowego jazu piętrzącego wodę w zbiorniku Szabelnia, drugi natomiast na bezimiennym, niewielkim cieku tuż przy jego ujściu. Z kolei w przekroju C-C mierzono objętość wody odpływającej ze zbiornika oraz pobierano ich próbki w celu ustalenia ilości wynoszonych z niego związków organicznych i biogennych. Przekrój ten usytuowano przy wylocie niecki wypadowej urządzenia przelewo-upustowego. Pomiarów objętości natężenia wody do- i odpływającej ze zbiornika Górny Młyn dokonywano stosowaną w hydrometrii metodą pływakową. Pobrane do analizy próby wody, odpowiednio utrwalone i zabezpieczone na czas transportu, dostarczano do Laboratorium Oceny Jakości Wody i Ścieków przy Zakładzie Gospodarki Wodnej i Ochrony Wód. Zakresem analizy objęto oznaczanie następujących parametrów: BZT₅ – metodą bez rozcieńczeń, fosforany, azot amonowy, azot azotynowy i azot azotanowy – metodą instrumentalną przy zastosowaniu spektrofotometru PhotoLab S12 niemieckiej firmy WTW. Wyniki pomiarów hydrochemicznych posłużyły między innymi do opracowania bilansu wodnego oraz bilansu materii organicznej i związków biogennych dla badanego zbiornika. Zatrzymany w nim ładunek fosforu i azotu (suma ładunków oznaczanych form mineralnych) porównano z ładunkiem dopuszczalnym i niebezpiecznym, obliczonym według formuł zalecanych przez Vollenweidera [Bajkiewicz-Grabowską 2002].

WYNIKI BADAŃ

Analizując uzyskane wyniki pomiarów hydrometrycznych, można zauważyć, że podstawowym źródłem alimentacji zbiornika Górny Młyn jest położony powyżej niego zbiornik Szabelnia. W czasie prowadzonych badań natężenie dopływu wody przekrojem A-A wahało się od 0,003 do 0,120 m³·s⁻¹ i wynosiło średnio 0,048 m³·s⁻¹. Drugorzędne znaczenie odgrywał w tym przypadku niewielki ciek „bez nazwy”, który zasilał zbiornik tylko w maju i czerwcu. Dopływ wody przekrojem B-B zawierał się w tym czasie w przedziale od 0,004 do 0,019 m³·s⁻¹, utrzymując się średnio na poziomie 0,007 m³·s⁻¹. W lipcu ze względu na utrzymującą się upalną i bezdeszczową pogodę, dopływ wody tym ciekim zupełnie ustał. Z kolei wyniki pomiarów jakie wykonano w przekroju C-C pozwoliły stwierdzić, że objętość wody jaka w tym samym okresie czasu odpłynęła ze zbiornika, wahała się od 0,018 do 0,093 m³·s⁻¹, średnio przyjmując wartość 0,051 m³·s⁻¹.

Zawartość związków organicznych oraz związków biogennych w wodach dopływających i odpływających ze zbiornika Górny Młyn prezentuje tabela 1.

Tabela 1. Zawartość związków organicznych i biogennych [mg·dm⁻³] w wodach dopływających i odpływających ze zbiornika Górny Młyn
Table 1. Content of organic and biogenic compounds [mg·dm⁻³] in water inflowing and flowing from the reservoir Górny Młyn

Parametr Parameter	Dopływ do zbiornika: Inflow to the reservoir		Odpływ ze zbiornika: przekrój C-C Outflow from the reservoir section C-C
	przekrój A-A section A-A	przekrój B-B section B-B	
BZT ₅	3,20	1,00	3,10
BOD ₅	2,20 – 6,00	0,20 – 1,40	2,20 – 4,40
Fosforany Phosphates	0,029 0,018 – 0,045	0,146 0,020 – 0,431	0,033 0,018 – 0,080
Azot amonowy Ammonium nitro- gen	0,298 0,000 – 1,756	0,041 0,028 – 0,101	0,006 0,000 – 0,019
Azot azotynowy Nitrite nitrogen	3,390 0,000 – 6,420	3,070 0,000 – 6,760	1,240 0,000 – 3,050
Azot azotanowy Nitrate nitrogen	0,142 0,060 – 0,257	0,438 0,254 – 0,580	0,060 0,000 – 0,098

Zestawiono w niej średnie i ekstremalne wartości i stężenia oznaczanych parametrów zanieczyszczeń. Na podstawie danych zawartych w tej tabeli można stwierdzić, że najwięcej materii organicznej (średnia wartość BZT₅ –

3,20 mgO₂·dm⁻³) zawierały wody dopływające ze zbiornika Szabelnia (przekrój A-A), natomiast najmniej (średnia wartość BZT₅-1,00 mgO₂·dm⁻³) wody ciekłu „bez nazwy” (przekrój B-B), który płynie przez tereny zalesione, z dala od siedlisk ludzkich. Wody odpływające ze zbiornika Górny Młyn (przekrój C-C) zawierały zbliżoną zawartość związków organicznych (przeciętnie 3,10 mgO₂·dm⁻³) jak wody zasilającego go zbiornika Szabelnia. Ze względu na oznaczone wartości BZT₅, jakość wody dopływającej do badanego zbiornika i z niego odpływającej kwalifikowała się najczęściej do I lub II klasy czystości. Jeden raz stwierdzono w nich III klasę [Dz.U. Nr 32, poz. 284].

Również stężenia fosforanów w wodach zasilających i opuszczających zbiornik Górny Młyn były niewielkie i poza pojedynczymi przypadkami nie przekraczały granicy dopuszczalnej dla wód I klasy czystości – 0,200 mgPO₄⁻³·dm⁻³. Ich największą koncentrację stwierdzono w przekroju B-B tj. w wodach ciekłu „bez nazwy” – średnio 0,146 mgPO₄⁻³·dm⁻³. W pozostałych dwóch przekrojach zawartość fosforanów w badanych próbkach wody utrzymywała się generalnie na poziomie zbliżonym do siebie, a ich przeciętne stężenie wynosiło odpowiednio: 0,029 mgPO₄⁻³·dm⁻³ (przekrój A-A) i 0,033 mgPO₄⁻³·dm⁻³ (przekrój C-C). Spośród oznaczanych mineralnych form azotu, w czasie realizowanych badań, zdecydowanie nad pozostałymi dominował azot azotynowy. Jego stężenia, zwłaszcza w próbkach wód obu dopływów, najczęściej odpowiadały V (najgorszej) klasie czystości, przekraczając dopuszczalną dla niej granicę 1,000 mgN-NO₂·dm⁻³. Można również zauważyć, że średnie stężenia azotu amonowego (0,006 mgN-NH₄⁺·dm⁻³), azotu azotynowego (1,240 mgN-NO₂·dm⁻³) i azotu azotanowego (0,060 mgN-NO₃·dm⁻³) w wodach odpływających ze zbiornika Górny Młyn są kilkadziesiąt lub kilka razy niższe niż w wodach do niego dopływających. Badany zbiornik obniżał więc wyraźnie zawartość związków azotowych, prawdopodobnie w wyniku przyswajania ich przez rozwijający się fitoplankton. Sprzyjała temu pełnia sezonu wegetacyjnego, w czasie którego realizowano badania.

Mając na uwadze bardziej pogłębioną analizę przemian związków organicznych i biogennych zachodzących w zbiorniku Górny Młyn, zbilansowano ich ładunki. Uśrednione wartości tych ładunków w wodach do niego dopływających i z niego odpływających w okresie realizowanych badań zawiera tabela 2. Dane zestawione w tabeli 2 wskazują jednoznacznie na redukującą rolę jaką badany zbiornik pełnił w procesie obiegu materii. Zarówno bowiem ładunek związków organicznych, jak i związków fosforu, ale przede wszystkim ładunki azotu były w nim w rozpatrywanym okresie czasu zatrzymywane. W wodach odpływających ze zbiornika stwierdzono średnio o 1,200 kg·d⁻¹ (9,0%) mniej związków organicznych (BZT₅), o 0,182 kg·d⁻¹ (51,0%) mniej P-PO₄, o 3,080 kg·d⁻¹ (99,0%) mniej N-NH₄, o 11,349 kg·d⁻¹ (68,0%) mniej N-NO₂ i o 1,302 kg·d⁻¹ (81%) mniej N-NO₃. Ta retencyjna funkcja, jaką spełniał zbiornik w sto-

sunku do dostarczanych do niego ładunków związków biogenych może stymulować eutrofizację magazynowanej w nim wody. Zagrożenie to potwierdzają obliczone dla badanego obiektu wartości ładunku dopuszczalnego i niebezpiecznego dla fosforu i azotu. W czasie realizowanych badań zatrzymany w zbiorniku wodnym Górny Młyn ładunek fosforu ($3,370 \text{ mgP}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) był około 3 razy wyższy od dopuszczalnego oraz około 1,5 razy wyższy od niebezpiecznego. Z kolei zatrzymany w tym samym czasie ładunek azotu, stanowiący sumę ładunków oznaczanych jego form mineralnych ($291,315 \text{ mgN}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$), był wyższy o około 19 razy od dopuszczalnego i 10 razy wyższy od niebezpiecznego.

Tabela 2. Bilans ładunków związków organicznych i biogenych [$\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$] zbiornika Górny Młyn za okres od maja do lipca 2006 roku

Table 2. Balance of charges of organic and biogenic compounds [$\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$] of the Górny Młyn reservoir in the period May – July 2006

Parametr Parameter	Ładunek dopływający: Inflow charge:			Ładunek odpływający przekrój C-C Outflow charge section C-C	Zmiana ładunku w okresie bilansowym Change of charge in balance period
	przekrój A-A section A-A	przekrój B-B section B-B	razem total		
BZT ₅ BOD ₅	12,500	1,600	14,100	12,900	-1,200
Fosforany Phosphates	0,130	0,226	0,356	0,174	-0,182
Azot amonowy Ammonium nitrogen	3,057	0,054	3,111	0,031	-3,080
Azot azotynowy Nitrite nitrogen	11,192	5,598	16,790	5,441	-11,349
Azot azotanowy Nitrate nitrogen	0,864	0,734	1,598	0,296	-1,302

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Stosunkowo krótki okres, w którym zrealizowano badania nad przemianą związków organicznych i biogenych w zbiorniku Górny Młyn k. Końskich nakazuje traktować uzyskane wyniki jako wyniki o charakterze wstępnym. Dostarczają one jednak pewnych spostrzeżeń tak ogólnych, jak i szczegółowych, przy czym te ostatnie zawarto w zamykających pracę wnioskach końcowych.

Należy przypuszczać, że o zawartości związków organicznych i biogenych wnoszonych wraz z wodami zasilającymi zbiornik Górny Młyn decyduje sposób użytkowania i zagospodarowania jego zlewni. W rozpatrywanym przypadku jest to zlewnia leśno-rolnicza, ale z rolnictwem ekstensywnym. Zatem

poważnym źródłem z którego przenikają zanieczyszczenia do wód powierzchniowych w zlewni, jest osadnictwo wiejskie z nie uporządkowaną gospodarką ściekową. Sytuację zbiornika Górny Młyn ze względu na jakość dostarczanej do niego wody należy traktować jako wyjątkową. Jest on bowiem poprzedzony czterokrotnie mniejszym zbiornikiem Szabelnia, który pełni w stosunku do zbiornika Górny Młyn rolę tzw. zbiornika wstępnego (osadnika) zatrzymującego zanieczyszczenia niesione wraz z wodami rzeki Czystej.

Z kolei zawartość związków organicznych i biogennych wynoszonych wraz z wodami odpływającymi ze zbiornika Górny Młyn jest determinowana przez wiele zachodzących w nim procesów mających wpływ na obieg materii. Będą to więc procesy biodegradacji i sedimentacji mające wpływ na materię organiczną, proces biologicznej defosfatacji związków fosforu oraz nityfikacji związków azotu.

Reasumując, uzyskane wyniki badań pozwalają zamknąć pracę następującymi wnioskami końcowymi:

1. W czasie realizowanych badań jakość wód dopływających i odpływających ze zbiornika ze względu na zawarte w nich ilości związków organicznych i związków biogennych, za wyjątkiem azotu azotynowego, była generalnie bardzo wysoka i odpowiadała I lub II klasie czystości. Stan ten znacząco pogarszała zawartość azotu azotynowego w badanych próbkach wód, którego stężenie przekraczało najczęściej granicę ostatniej, V klasy czystości – przyjętą na poziomie $1,000 \text{ mg N-NO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$. Retencjonowanie wody w zbiorniku przyczyniało się do obniżenia stężeń fosforanów oraz azotu amonowego, azotu azotynowego i azotu azotanowego.

2. Bilans ładunków zanieczyszczeń wskazuje na retencyjną rolę jaką w okresie badań spełniał zbiornik w stosunku do związków organicznych, a przede wszystkim związków biogennych. W porównaniu do ładunków zawartych w wodach dopływających do zbiornika, w wodach z niego odpływających przeciętnie ładunki BZT₅ były niższe o 9%, fosforanów o 51%, azotu amonowego o 99%, azotu azotynowego o 68% i azotu azotanowego o 81%.

3. Wyniki badań wskazują jednoznacznie na istniejące wysokie zagrożenie procesem eutrofizacji wód badanego zbiornika. Potwierdzają to obliczenia z których wynika, że zatrzymany w nim, w czasie prowadzonych badań, ładunek fosforu był kilka, a azotu (suma ładunków oznaczanych form mineralnych) nawet kilkanaście razy wyższy od ładunku dopuszczalnego i ładunku niebezpiecznego.

BIBLIOGRAFIA

- Atlas Hydrologiczny Polski. *IMGiW. Wydawnictwo Geologiczne*. Warszawa 1986, t. 1, s. 79.
Bajkiewicz-Grabowska E. *Obieg materii w systemach rzeczno-jeziornych*. Uniwersytet Warszawski, Wyd. Geografii i Studiów Regionalnych, Warszawa 2002, s. 274.

- Miernik W., Wałęga A. *Wstępne wyniki badań nad zawartością mineralnych form azotu wnoszonych i wynoszonych ze zbiornika Zesławice na rzece Dhubni*. Zeszyty Naukowe ATH-Inżynieria Włókiennicza i Ochrona Środowiska 24(7), 2006, s. 229–239.
- Mioduszewski W., Łoś M. J. *Mała retencja w systemie ochrony przeciwpowodziowej w kraju*. Gospodarka Wodna nr 2, 2002, s. 69–73.
- Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska z dnia 11 lutego 2004 roku, w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników. Dz.U. Nr 32, poz.284.
- Synteza programu małej retencji dla województwa świętokrzyskiego*. Świętokrzyski Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych w Kielcach, 2005, s. 60–61.
- Szymańska H. *Poprawa funkcjonowania małych zbiorników retencyjnych za pomocą makrofitów*. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu, 1994, 246, s. 175–178.
- Wiatkowski M. *Poprawa jakości wód w zbiornikach małej retencji za pomocą osadników wstępnych*. Zesz. Nauk. ATH-Inżynieria Włókiennicza i Ochrona Środowiska 24(7), 2006, s. 326–335.

Dr inż. Włodzimierz Miernik
Akademia Rolnicza w Krakowie
Zakład Gospodarki Wodnej i Ochrony Wód
30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 24/28
tel. 012 662 40 50
e-mail; wmiernik@ar.krakow.pl

Recenzent: Prof. dr hab. Marek Madeyski