

ZMIENNOŚĆ STĘŻEŃ AZOTANÓW W WARUNKACH SILNEJ
ANTROPOPRESJI W WODACH RZEKI STRZEGOMKI I ZBIORNIKA
DOBROMIERZ

KRZYSZTOF LEJCUŚ

Akademia Rolnicza we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław

Key words: nitrate, surface water, eutrophication, dam reservoir.

NITRATE CONCENTRATION CHANGEABILITY UNDER STRONG
ANTHROPOPRESSURE IN THE STRZEGOMKA RIVER AND DOBROMIERZ
RESERVOIR

The results of research of nitrate concentration and loads in the Strzegomka River have been presented. The researches were carried out in two sampling points: on the inflow and outflow of Dobromierz reservoir. Nitrate concentrations and loads have been described. The influence of reservoir on water quality of the Strzegomka River has been characterised. Great seasonal trends of analysed indicators have been indicated. The influence of improper use of organic fertiliser on the Strzegomka River water quality and eutrophication of Dobromierz reservoir has been pointed out.

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań stężeń i ładunków azotanów w rzece Strzegomce. Badania były prowadzone w dwóch punktach pomiarowych: powyżej oraz poniżej zbiornika retencyjnego Dobromierz. Opisano zmiany stężeń i ładunków azotanów oraz określono wpływ zbiornika na jakość wody w rzece Strzegomce. Wskazano na dużą zmienność sezonową analizowanych wskaźników. Wykazano wpływ niewłaściwego zagospodarowania nawozów organicznych i nieuporządkowanej gospodarki wodno-ściekowej na jakość wody w rzece Strzegomce oraz na przyspieszenie procesu eutrofizacji w zbiorniku Dobromierz.

WPROWADZENIE

Wody powierzchniowe na terenach górskich i podgórskich ze względu duże spadki terenu, płytko zalegające skały macierzyste i zubożoną szatę roślinną są szczególnie zagrożone dopływem zanieczyszczeń obszarowych i punktowych. Szczególnie niebezpieczny jest dopływ związków biogenych, w tym azotanów, które powodują przyspieszenie eutrofizacji wód [8, 28]. Biogenne zanieczyszczenia obszarowe stanowią jeden z głównych czynników

eutrofizacji wód powierzchniowych [26], głównie jezior i zbiorników retencyjnych. Wysokie stężenia azotanów w wodach powierzchniowych są często efektem zanieczyszczenia przez ścieki komunalne [4]. Ładunek azotu i fosforu wniesiony do Morza Bałtyckiego, pochodzący z zanieczyszczeń obszarowych, wynosi ponad 200 000 Mg rok⁻¹ azotu i 13 000 Mg rok⁻¹ fosforu [23]. Badania długookresowych zmian produktywności Morza Bałtyckiego wskazują, iż zanieczyszczenia antropogeniczne stanowią główną siłę stymulującą eutrofizację, co powoduje zakwity glonów i obumieranie organizmów dennych [11]. Azot jest pierwiastkiem limitującym produkcję pierwotną w polskiej strefie południowego Bałtyku [14].

Nadmierna ilość azotanów w wodzie pitnej może być szkodliwa dla zdrowia, szczególnie dla niemowląt. Toksyczne działanie azotanów powoduje metahemoglobinemię, chorobę znaną także pod nazwą sinica lub cyjanoza [9, 22, 24, 25]. Usuwanie azotanów zwiększa koszty produkcji wody pitnej [22].

Poznanie procesu dopływu związków biogenych, w tym azotanów, do rzek, zbiorników wodnych a w konsekwencji do mórz i oceanów ma istotne znaczenie dla ochrony jakości wód. Dla lepszego poznania procesów dopływu azotanów do wód powierzchniowych oraz oceny wpływu zbiorników retencyjnych na jakość wód płynących, wykorzystano wyniki badań prowadzonych na rzece Strzegomce. Zlewnia zbiornika retencyjnego Dobromierz, będącego jednocześnie ujęciem wody do picia dla miasta Świebodzice i okolicznych miejscowości, jest intensywnie użytkowana rolniczo. Zwiększa to zagrożenie dla jakości wody w zbiorniku oraz przyspiesza proces eutrofizacji.

TEREN BADAŃ

Zlewnia zbiornika Dobromierz położona jest w południowej części województwa dolnośląskiego, na terenie gmin: Stare Bogaczowice (ok. 90%) i Dobromierz (ok. 10%). Zajmuje powierzchnię 80,7 km². Pod względem geograficznym zlewnia usytuowana jest w makroregionie Sudety Środkowe.

Obszar zlewni położony jest na wysokości od ok. 300 m n.p.m. na północy do 600–700 m n.p.m. na południu, z przewagą terenów, których wysokość waha się w granicach 400–500 m n.p.m. Najniższy punkt zlewni znajduje się przy zaporze zbiornika Dobromierz (ok. 283 m n.p.m.), najwyższe wzniesienie to Trójgarb (778 m n.p.m.). Maksymalna deniwelacja obszaru wynosi 495 m. W morfologii tego obszaru zaznacza się wyraźnie dolina Strzegomki, Chwaliszówki i Czyżynki. Długość Strzegomki od źródeł do zapory wynosi 15,8 km. Źródła rzeki Strzegomki znajdują się na rzędnej około 610 m n.p.m., na stokach góry Łysicy, leżącej między wsiami Gostków i Nagórnik. Średni spadek zlewni wynosi 5,2%, spadek poprzeczny prawobrzeżnej części zlewni 12,3%, średnia długość prawego stoku 470 m, spadek poprzeczny lewobrzeżnej części zlewni 5,7%, średnia długość lewego stoku 540 m [1]. Pod względem geologicznym cała zlewnia znajduje się powyżej uskoku sudeckiego brzeźnego, stanowiącego północną granicę Sudetów [27].

Omawiany obszar zlewni, wg klasyfikacji hydrogeologicznej, należy do makroregionu południowopolskiego, regionu sudeckiego; północna część do podregionu izersko-karkonoskiego, pozostały obszar do podregionu śródsudeckiego. Występują tutaj dwa główne typy wód podziemnych. W starszych geologicznie utworach (paleozoiku) są to wody szczelinowe, natomiast w klastycznych utworach czwartorzędowych – wody porowe. Obszar jest ubogi w wody podziemne [20].

Na powierzchni zlewni przeważają utwory półprzepuszczalne. Utwory bardzo słabo przepuszczalne i nie przepuszczalne występują na północy w rejonie Chwaliszowa, Dobromierza i na południu w rejonie Gór Wałbrzyskich. Utwory przepuszczalne spotyka się w dolinie cieków [1].

Podstawowe dane hydrologiczne rzeki Strzegomki w przekroju zbiornika Dobromierz z okresu od 1966 do 1980 roku są następujące [21]:

Przeływy charakterystyczne:

przeływ najniższy (1969 r.)	NNQ = 0,040 m ³ /s
przeływ średni niski	SNQ = 0,108 m ³ /s
przeływ średni roczny	SSQ = 0,781 m ³ /s
przeływ średni wysoki	SWQ = 12,100 m ³ /s
przeływ najwyższy (1997 r.)	WWQ = 131,00 m ³ /s

Rozkład charakterystycznych przepływów wzdłuż biegu rzeki Strzegomki przedstawiono w tabeli 1 [12].

Tabela 1. Rozkład charakterystycznych przepływów wzdłuż biegu Strzegomki
Distribution of characteristic flow along the course of the Strzegomka River

Lp. No.	Rzeka River	Przekrój Cross-section	km biegu [km] km of the downstream [km]	A [km ²] Area [km ²]	SQ [m ³ · s ⁻¹] Mean discharge [m ³ · s ⁻¹]	NQ [m ³ · s ⁻¹] Low discharge [m ³ · s ⁻¹]	SNQ [m ³ · s ⁻¹] the average low discharge [m ³ · s ⁻¹]	Długość [km] Lenght [km]
1	Strzegomka River	do ujścia Chwaliszówka to the mouth of the Chwaliszówka River	68,0	11,7	0,113	0,006	0,016	6,5
2	Chwaliszówka River	Ujście River mouth	0,0	12,4	0,120	0,006	0,017	5,4
3	Strzegomka River	wraz z Chwaliszówka with Chwaliszówka River	68,0	24,1	0,230	0,012	0,032	6,5
4	Strzegomka River	do ujścia Czyżynki to the mouth of Czyżynka River	63,5	40,0	0,390	0,020	0,054	10,4
5	Czyżynka River	Ujście River mouth	0,0	25,0	0,256	0,013	0,034	13,0
6	Strzegomka River	wraz z Czyżynką with Czyżynka River	36,5	65,3	0,640	0,033	0,087	10,4
7	Strzegomka River	Dobromierz Dobromierz	58,9	80,7	0,781	0,040	0,108	15,7

Na obszarze zlewni przeważają gleby IV i V klasy (łącznie 79%). Podłoże gleb na terenie zlewni stanowi głównie zwierzelina skał osadowych, magmowych i metamorficznych. Na

ich bazie wykształciły się gleby bielcowo-brunatne (brunatne bielcowane), głównie wietrzniowe i deluwialne o składzie mechanicznym glin pylastych średnich i ciężkich [2]. Gleby te charakteryzują się dużą zawartością próchnicy, dużą kwasowością hydrolityczną, znaczną zawartością K_2O oraz małą zasobnością w P_2O_5 . Odczyn silnie kwaśny poniżej 4,5. Stopień wysycenia kationami zasadowymi poniżej 20%. Stosunek C/N wynosi około 20 [19].

Struktura użytkowania gruntów na terenie zlewni zbiornika Dobromierz została przedstawiona w tabeli 2 [12].

Tabela 2. Struktura użytkowania gruntów w zlewni zbiornika Dobromierz
Structure of land use of Dobromierz reservoir catchment

Użytkowanie Land use	Powierzchnia [ha] Area [ha]	Udział procentowy [%] Percentage [%]
Grunty orne Arable land	2930,0655	35,76
Łąki Meadows	774,4568	9,45
Pastwiska Pastures	1189,3681	14,52
Lasy ogółem Forest (total)	2611,2323	31,87
Tereny zakrzewione Bushes	35,3767	0,43
Wody ogółem Waters (total)	169,8048	2,07
Tereny różne Different lands	37,568	0,46
Nieużytki Wastelands	12,2661	0,15
Drogi Roads	256,5339	3,13
Sady Orchards	17,6553	0,22
Tereny budowlane Building areas	158,5948	1,94
Ogółem Total	8192,9223	100,00

Na terenie zlewni prowadzona jest intensywna produkcja zwierzęca, głównie drobiu. W roku 1995 na obszarze zlewni w gospodarstwach indywidualnych hodowano 335 krów, 660 sztuk trzody chlewnej, 26 600 sztuk drobiu, 10 koni i 98 owiec. W tym samym czasie roczna produkcja drobiu pochodząca z 3 ferm zlokalizowanych w obrębie zlewni wyniosła aż 675 000 SF (sztuk fizycznych). Roczny ładunek azotu pochodzący z ferm kurzych w roku 1995 wyniósł 309,560 Mg N, co odpowiada rocznemu ładunkowi azotu od 54 700 mieszkańców równoważnych (RM). W tym czasie na obszarze zlewni zameldowanych było 3300 mieszkańców [13]. W roku 2001 w gospodarstwach indywidualnych hodowano około 20 000 sztuk drobiu a fermach 300 000 sztuk [2].

Teren zlewni jest pokryty siecią wodociągową, ale nie jest skanalizowany, co przyczynia się do złego stanu sanitarnego zlewni zbiornika retencyjnego Dobromierz. Ścieki bytowo-gospodarcze są odprowadzane bezpośrednio do gruntu. Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Świdnicy odnotowuje przypadki odprowadzania ścieków bezpośrednio

do wód powierzchniowych.

Intensywna produkcja zwierzęca oraz nieuporządkowana gospodarka wodno-ściekowa stanowią główne zagrożenia dla jakości wód podziemnych i powierzchniowych jak również wody w samym zbiorniku.

Chemizm wód Strzegomki charakteryzuje się dużą zmiennością. Spowodowane jest to górskim charakterem zlewni oraz niekontrolowanym, nieregularnym dopływem zanieczyszczeń ze źródeł obszarowych i punktowych [10].

METODYKA I ZAKRES BADAŃ

Badania terenowe prowadzone były od 7 listopada 2000 do 7 listopada 2001, w dwóch punktach pomiarowych: na dopływie do zbiornika Dobromierz na rzece Strzegomce w miejscowości Chwaliszów w punkcie wodowskazowym oraz na odpływie ze zbiornika Dobromierz, poniżej upustu dennego (przed pierwszymi zabudowaniami).

Badania na dopływie i odpływie ze zbiornika prowadzone były w cyklu dziennym. Pobór i utrwalenie próbek oraz odczyty na wodowskazach wykonywane były przez obserwatorów. Pobór próbek i odczyt na wodowskazach dokonywany był w tym samym czasie, codziennie między godziną 7 a 8 rano. Do poboru próbek używano butelek polipropylenowych.

Próbki, w których oznaczane były azotany, były utrwalane stężonym kwasem siarkowym H_2SO_4 do $pH < 2$. Do czasu oznaczenia, próby przechowywane były w ciemności w temperaturze poniżej $4^{\circ}C$ (latem temperatura nie przekraczała $7^{\circ}C$). Odpowiednie przechowywanie i utrwalenie próbek pozwoliło na uniknięcie błędów przy oznaczaniu azotanów. Analizowano również przepływy na rzece Strzegomce i opady z posterunku w Gostkowie.

Oznaczenia azotanów wykonywano metodą z salicylanem sodu [5, 17] po uprzednim odkwaszeniu.

WYNIKI BADAŃ

Stężenia azotanów w wodach rzeki Strzegomki są wysokie. Sytuacja ta jest spowodowana niewłaściwym zagospodarowaniem gnojówki i gnojowicy oraz nieuporządkowaną sytuacją wodno-ściekową na terenie zlewni. Średnie wartości stężeń azotanów wahały się w zakresie od $21,3$ do $47,81 \text{ mg dm}^{-3} NO_3$ na dopływie do zbiornika Dobromierz oraz od $13,95$ do $28,20 \text{ mg dm}^{-3} NO_3$ na odpływie i wykazywały wyraźną zmienność sezonową (Tab. 3). Jest to zjawisko typowe dla azotanów w wodach powierzchniowych [3, 7]. Analiza statystyczna wód zbiornika Dobromierz wykazała, że szereg czasowy zmian stężeń azotanów ma istotną składową harmoniczną [13]. Najwyższe wartości wystąpiły w okresie wiosennym i w czasie jesiennych opadów. Wyniki długookresowych badań trendów stężeń azotanów w dorzeczu rzeki Ytham, U.K. wskazały podobny charakter [15]. Wysokie stężenia wystąpiły także w trakcie lipcowych opadów o charakterze nawalnym. Najniższe wartości odnotowano w czasie zimy w okresie niżówek oraz w lecie w czasie wegetacji roślin. Może się jednak zdarzyć, że w przypadku braku pokrywy śnieżnej, stężenie azotanów może osiągać znaczne wartości, wskutek wymywania azotu ze zlewni [16].

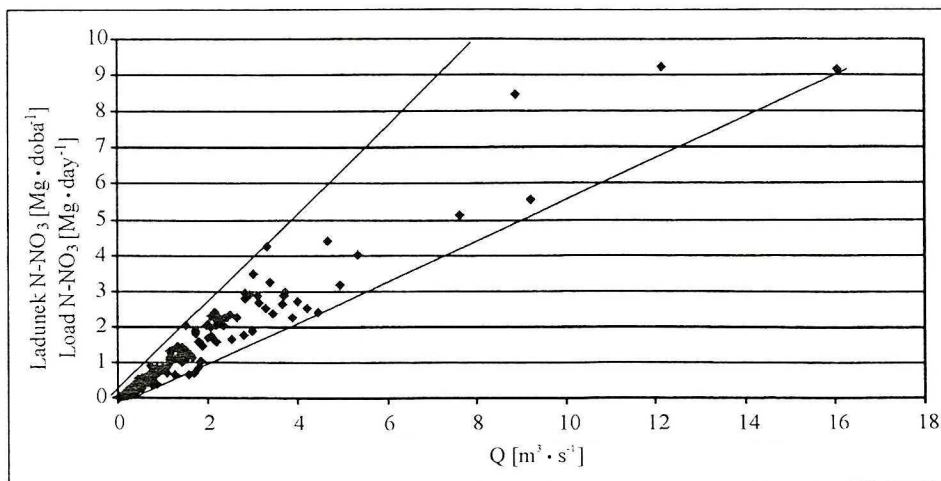
Największa zmienność wystąpiła w marcu w czasie wiosennych roztopów. Świadczy to o obniżeniu stężeń zanieczyszczeń wodami roztopowymi oraz o niekontrolowanym dopływie zanieczyszczeń, co wpłynęło na zwiększenie stężeń azotanów w tym okresie. Średnie stężenia poniżej zbiornika Dobromierz są niższe od wartości na dopływie, co świadczy o wpływie zbiornika na obniżenie stężeń azotanów w wodach Strzegomki.

Tabela 3. Średnie stężenia azotanów na dopływie i odpływie ze zbiornika Dobromierz
Mean nitrate concentration on the inflow and the outflow of Dobromierz reservoir

Miesiąc Month	Dopływ inflow				Odpływ outflow			
	Średnia Mean	Max. Max.	Min. Min.	Odchyl. st. s.d.	Średnia Mean	Max. Max.	Min. Min.	Odchyl. st. s.d.
XI	28,78	39,84	17,71	6,3	15,55	22,14	11,60	2,3
XII	22,89	30,99	17,71	3,8	15,31	18,70	10,50	2,0
I	21,30	28,78	11,40	5,8	13,95	19,30	8,85	3,3
II	32,42	49,24	17,71	7,0	17,46	23,83	14,67	2,5
III	38,87	57,54	21,49	11,7	25,59	50,10	12,90	12,5
IV	45,33	54,96	37,00	7,8	28,20	37,45	21,00	4,7
V	32,04	47,81	25,49	5,2	26,74	33,90	22,00	3,0
VI	29,59	39,40	21,82	5,1	23,32	27,72	18,16	2,7
VII	28,79	49,53	20,05	8,5	20,08	35,10	16,33	4,6
VIII	42,46	57,48	30,87	7,0	25,81	28,75	23,37	1,6
IX	47,81	59,03	36,36	6,5	26,07	33,39	20,11	3,6
X	42,28	59,83	31,78	6,4	25,04	36,36	20,91	3,4
Średnia Mean	34,38	47,87	24,12	6,8	21,93	30,56	16,70	3,8

DYSKUSJA WYNIKÓW

Wyniki analizy zależności $L = f(Q)$ dla rzeki Strzegomki w przekroju wodowskazowym w Chwaliszowie (powyżej zbiornika Dobromierz) przedstawiono na rysunku 1. Stwierdzono występowanie „górnej” i „dolnej” granicy ładunków.

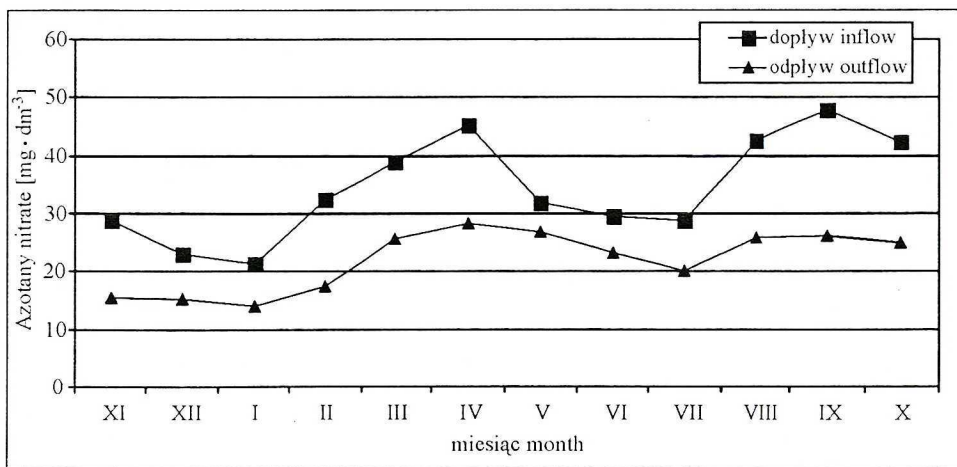


Rys. 1. Granice występowania ładunków (linie oznaczają „górną” i „dolną” granicę)
Boundaries of load occurring (lines show „upper” and „lower” border)

Analiza ładunku azotanów w funkcji przepływu $L = f(Q)$ wykazuje pewne zależności. Punkty charakteryzujące zależność $L = f(Q)$ posiadają wyraźnie zaznaczone granice: „górną” dla wysokich wielkości ładunków występujących przy niskich przepływach, drugą „dolną” dla wysokich wartości przepływów. „Górna” i „dolna” granica ładunków przyjmuje najczęściej postać prostych o nachyleniach charakterystycznych dla badanego ciek [6].

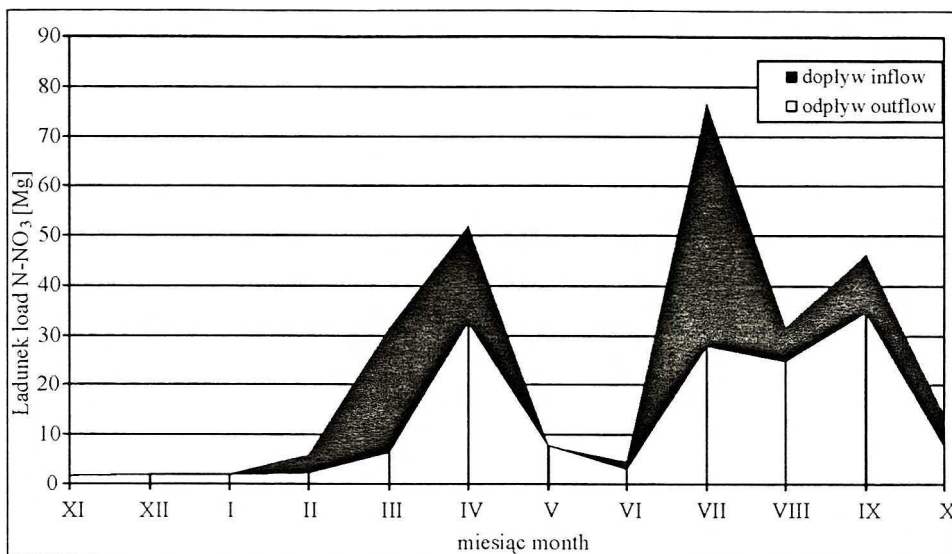
Zakres przepływów odpowiadających ładunkom bliskim zera był niewielki i występował od połowy listopada do początku stycznia. „Dolną” granicę wyznaczały przepływy z lipca, kiedy to na terenie zlewni wystąpiła powódź o charakterze lokalnym. Bardzo wysokie ładunki w tym okresie świadczą, iż na polach znajdowała się duża ilość nawozów organicznych, która nie została jeszcze przyswojona przez rośliny lub zatrzymana w glebie. Granicę „górną”, tworzyły ładunki odpływające we wrześniu, czemu towarzyszyły intensywne opady (suma opadów we wrześniu wyniosła 122,2 mm) oraz w marcu i w kwietniu w czasie wiosennych roztopów, kiedy to z pól zmywane były nawozy organiczne, pochodzące z niewłaściwie zagospodarowanego pomiotu kurzego.

Na podstawie średnich miesięcznych stężeń azotanów i ładunków azotu azotanowego ($N-NO_3$) dopływających i odpływających ze zbiornika dokonano analizy wpływu zbiornika Dobromierz na występowanie azotanów w wodach rzeki Strzegomki. Stężenia azotanów poniżej zapory są niższe niż powyżej zbiornika w ciągu całego roku (Rys. 2). Charakter krzywej stężeń azotanów na odpływie ze zbiornika jest podobny jak na dopływie z tym, że cechuje się mniejszą amplitudą wahań. Następujące w zbiorniku obniżenie stężeń azotanów zachodzące na drodze przemian biochemicznych potwierdza łagodzący wpływ zbiornika na jakość wody w rzece Strzegomce.



Rys. 2. Średnie miesięczne stężenia azotanów na dopływie i odpływie ze zbiornika Dobromierz
Mean monthly concentration of nitrate on the inflow and the outflow of Dobromierz reservoir

Ładunek azotu azotanowego $N-NO_3$ wprowadzony wraz z wodami Strzegomki do zbiornika Dobromierz w roku hydrologicznym 2001 był o 37% wyższy, niż ładunek, który z niego odpłynął. Odpowiada to 92 Mg $N-NO_3$. Wyższe miesięczne ładunki wystąpiły na dopływie w listopadzie, grudniu oraz w maju (Rys. 3).



Rys. 3. Miesięczne ładunki N-NO₃ na dopływie i odpływie ze zbiornika Dobromierz
Monthly N-NO₃ loads on inflow and outflow of Dobromierz reservoir

W listopadzie i grudniu na dopływie występowały stany niżówkowe a na odpływie utrzymywany był przepływ nienaruszalny, wynoszący 0,150 m³/s [18]. W maju różnica między ładunkiem na dopływie i odpływie ze zbiornika wynosiła 0,314 Mg N-NO₃. Była ona spowodowana zwiększonym zrzutem wody ze zbiornika w pierwszej dekadzie maja. Największe obniżenie ładunku azotu azotanowego N-NO₃ nastąpiło w miesiącach, w których wystąpił największy odpływ azotanów z terenu zlewni, w okresie wiosennym, letnim i jesiennym. Taka sytuacja świadczy o tym, iż azotany były deponowane w zbiorniku Dobromierz. Na wiosnę i jesienią, w zbiorniku Dobromierz nie występował w znacznej ilości fitoplankton, w którego biomasę mogły zostać wbudowane azotany. W lipcu, większość ładunku została wprowadzona do zbiornika w ciągu kilku dni, w których wystąpiły wezbrania powodziowe. Późnym latem w zbiorniku wystąpił zakwit glonów. Tłumaczy to duże obniżenie stężeń azotanów w tym okresie. Znacząca redukcja ładunku azotanów zachodząca w zbiorniku Dobromierz ma korzystny wpływ na jakość wód Strzegomki poniżej zbiornika. Nie pozostaje jednak bez wpływu na jakość wody w samym zbiorniku. O przemianach związków azotu w wodach zbiornika decydują procesy fizyko-chemiczne, biologiczne i hydrologiczne. Nie można stwierdzić, jaki był udział azotanów w ogólnym bilansie azotu w zbiorniku, jaki procent azotanów został przyswojony przez fitoplankton a jaki został zdeponowany w osadach dennych. Można stwierdzić, iż część azotu wnoszona do zbiornika w postaci azotanów jest w nim retencjonowana w postaci azotu organicznego nie powodując wzrostu stężeń azotanów. Przyspiesza to proces eutrofizacji zbiornika Dobromierz.

PODSUMOWANIE

Stężenia azotanów w wodach rzeki Strzegomki są wysokie. Powodują je zanieczyszczenia o charakterze obszarowym jak i punktowym. Stężenia azotanów wykazują dużą zmienność

w ciągu roku. Najwyższe stężenia wystąpiły na wiosnę, latem w czasie wezbrań powodziowych oraz jesienią. Natomiast najniższe w zimie i w lecie. Zmienność ładunków wykazuje podobny charakter jak stężenia. Stwierdzono zależność ładunku w funkcji przepływu ($L = f(Q)$). Potwierdzono występowanie „górną” i „dolną” granicy ładunków. Wykazano łagodzący charakter zbiornika Dobromierz na stężenia i ładunki azotanów w Strzegomce. Wskazano na wpływ azotanów w przyspieszeniu eutrofizacji zbiornika Dobromierz.

LITERATURA

- [1] Czamara A.: *Charakterystyka warunków fizjograficznych zlewni górnej Strzegomki*, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Inżynieria Środowiska, 413 (2001).
- [2] Czamara A., K. Lejcuś: *Wpływ wybranych czynników antropogenicznych na stosunki wodne zlewni rolniczych*, Maszynopis, Wrocław 2002.
- [3] Dojlido J.: *Chemia wód powierzchniowych*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, 118 (1995).
- [4] Environmental Agency: *Aquatic eutrophication management strategy. First annual review*, www.environmental-agency.gov.uk (2002).
- [5] Hermanowicz W., J. Dojlido: *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*. Wydanie 2, Arkady, Warszawa 1999.
- [6] Jarząbek A., S. Sarna: *Zmiany ładunków azotanów w ciekach Pogorza Wielickiego*. X Ogólnopolska Szkoła Naukowa Gospodarki Wodnej „Jakość wód powierzchniowych”, Jachranka 4–6 października, 45–52 (1999).
- [7] Johnes P. J., T. P. Burt: *Nitrates in surface waters*. In *Nitrate. Progresses, Patterns and Management*, (Edited by Burt T.P., Heathwaite A.L. and Trudgill S.T.), 269–317 (1993).
- [8] Kajak Z.: *Eutrofizacja jezior*, PWN, Warszawa 1979.
- [9] Kowalski J.: *Hydrogeologia z podstawami geologii*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, 127 (1998).
- [10] Lejcuś K., A. Czamara: *Wpływ czynników antropogenicznych na jakość wody rzeki Strzegomki do przekroju wodowskazowego Dobromierz*. Mat. Konf. Kom. Hydrologii PTG i IG AŚ. Wpływ użytkowania terenu i antropogenicznych przekształceń środowiska przyrodniczego na elementy obiegu wody w zlewni rzecznej, Kielce – Wólka Milanowska, 25–27 września, 69–71 (2001).
- [11] Lund S.: *Introduction to the Baltic Agricultural run-off*. Action Programme (BAAP) Phase 1: 1994–1997 and Phase 2: 1998–2002, 7–11 (2000).
- [12] Łomotowski J.: *Projekt strefy ochrony sanitarnej zbiornika retencyjnego Dobromierz*, Maszynopis, Wrocław 1996.
- [13] Łomotowski J., A. Czamara, K. Lejcuś: *Analiza zmian wybranych wskaźników jakości wody obserwowanych w zbiorniku Dobromierz w latach 1992–2000*, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych PAN, 475, 439–446 (2002).
- [14] Łysiak E., N. Drgas: *Rola azotanów w eutrofizacji polskiej strefy południowego Bałtyku*, Inżynieria Morska i Geotechnika, 2 (2002).
- [15] MacDonald A.M., A.C. Edwards, K.B. Pugh, P.W. Balls: *Soluble nitrogen and phosphorus in the River Ythan. U.K.: Annual and seasonal trends*. Water Res., 29, 3, 837–846 (1995).
- [16] Mitchell M.J., C.T. Driscoll, J.S. Kahl, G.E. Likens, P.S. Murdoch, L.H. Pardo: *Climatic control of nitrate loss from forested watersheds in the northeast United States*, Environ. Sci. Technol., 30, 2609–2612 (1996).
- [17] PN-82/C-04576/08. *Woda i ścieki – Badania zawartości związków azotu – Oznaczanie azotu azotanowego metodą kolorymetryczną z salicylanem sodowym*.
- [18] Praca zbiorowa: *Zbiornik wodny Dobromierz na rzece Strzegomce. Operat hydrologiczny, gospodarka wodna*. Hydroprojekt Wrocław, Maszynopis 1982.
- [19] Praca zbiorowa: *Album Gleb Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1986.
- [20] Praca zbiorowa: *Mapa hydrogeologiczna Polski (1:200 000) wraz z objaśnieniami*, Wyd. Geol., Warszawa 1989.
- [21] Praca zbiorowa: *Instrukcja obsługi i gospodarki wodnej zbiornika retencyjnego Dobromierz*, Hydroprojekt Poznań, spółka z o.o. Maszynopis 2001.
- [22] Rybicki S.: *Możliwości usuwania azotanów z wody do picia – wybrane zagadnienia*, Ochrona Środowiska, 3(66), 10–14 (1997).

- [23] Sapek A.: *Scientific basis to mitigate the nutrient dispersion into the environment in Poland*, Naukowe podstawy ograniczenia rozpraszania składników nawozowych do środowiska, Falenty IMUZ Publisher, 14–25, Falenty, 13–14 grudzień 2000.
- [24] Skolimowska J.: *Wpływ nieuporządkowanej gospodarki wodno-ściekowej na jakość wód podziemnych na przykładzie wsi Poniatowice*, Akademia Rolnicza we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Rozprawa doktorska 2002.
- [25] Świetlik R., D. Kowalczyk, J. Dojlido: *Azotany w wodach studziennych*, Gospodarka Wodna, 11, 382–385 (1999).
- [26] Taylor R.: *Biogenne zanieczyszczenia obszarowe wód powierzchniowych*, Gospodarka Wodna, 8, 175–176 (1988).
- [27] Teisseyre H.: *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów*, Arkusz Stare Bogaczowice, Wydawnictwa Geologiczne 1973.
- [28] Vollenweider R. A.: *Scientific fundamentals of eutrophication of lakes and flowing waters with particular references to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication*, OECD, Dir. Sci. Affairs, Techn. Rep. DA 5/SCI/68.27, Paris 1968.

Wpłynęło: 19 maja 2004, zaakceptowano do druku: 6 lipca 2004.