

POLITECHNIKA KOSZALIŃSKA

Z E S Z Y T Y
N A U K O W E
W Y D Z I A Ł U
B U D O W N I C T W A
I I N Ż Y N I E R I I
Ś R O D O W I S K A
NR 20

INŻYNIERIA ŚRODOWISKA



Czasowe i przestrzenne zmiany jakości wód małych cieków nizinnych (na przykładzie rzeki Małej Wełny)

Sadżide Murat-Błażejewska
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
Akademia Rolnicza w Poznaniu

1. Wstęp

Szczegółowe rozpoznanie i ewentualna prognoza ilości i jakości wód powierzchniowych w rolniczych zlewniach Wielkopolski mają znaczenie nie tylko poznawcze, ale i użytkowe. Małe ciekі służą często jako odbiorniki ścieków, ale spełniają także inne ważne funkcje, jak rekreacja, hodowla ryb itd. W niniejszej pracy przedstawiono wybrane wyniki badań jakości wody rz. Małej Wełny w okresie od lipca 1998r. do lipca 2000r. oraz analizę procesów samoczyszczania w różnych porach roku.

2. Zakres i metodyka badań

Badania i obserwacje terenowe wykonane w ramach niniejszej pracy obejmowały:

- codzienne pomiary opadów,
- codzienne pomiary stanów wody w przekroju zamykającym zlewnię (w Kiszkwie),

- cotygodniowe pomiary stanów wody w pięciu innych przekrojach wodowskazowych,
- comiesięczne pobieranie próbek wody w sześciu przekrojach pomiarowo-kontrolnych,
- szczegółową inwentaryzację źródeł zanieczyszczenia badanej zlewni,
- rozpoznanie rodzaju gleb i sposobów użytkowania terenu.

Dane hydrologiczne dotyczące zasobów wód powierzchniowych pochodziły z założonej własnej sieci wodowskazowej. W zlewni tej brak jest posterunków sieci państwowej kontrolowanej przez IMGW. W profilach wodowskazowych, oprócz obserwacji stanów wody, wykonano serie pomiarowe natężenia przepływu. Dla scharakteryzowania warunków meteorologicznych w okresie badań wykorzystano dane z własnych posterunków opadowych Katedry Melioracji i Kształtowania Środowiska w Kiszkuwie i Ostrowie Szlacheckim oraz ze stacji IMGW Gniezno.

Do charakterystyki stanu i składu wód rzeki Małej Wełny wykorzystano analizy wykonywane w laboratorium Katedry Melioracji i Kształtowania Środowiska AR. Próbkę wody pobierano w sześciu przekrojach pomiarowo-kontrolnych (1, 2, 3, 4, 5, 6) wzdłuż biegu rzeki (rys. 1). Miejsca poboru próbek wody zlokalizowano tak, aby móc ocenić skuteczność usuwania zanieczyszczeń w wodach stojących (jeziora i stawy) i oszacować wpływ tych akwenów na jakość wód płynących. W okresie badań pobrano 90 próbek wody i podano je analizom laboratoryjnym.

Fizyko-chemiczne analizy wód obejmowały oznaczenia wskaźników i składników charakteryzujących właściwości fizyczne wody (pH, temperatura), warunki tlenowe (zawartość tlenu rozpuszczonego, BZT₅, ChZT), stężenie substancji organicznych (sucha pozostałość lotna) obecność biogenów (związki azotu i fosforu) oraz skład mineralny (zawartość Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺, Fe⁺³, Cl⁻, SO₄⁻²). Analizy wody wykonywano zgodnie z normami zawartymi w „Wykazie...”[4]. Podstawą oceny jakości badanych wód było Rozporządzenie...[2] określające dopuszczalne wielkości zanieczyszczeń śródlądowych wód powierzchniowych.

Inwentaryzację zanieczyszczeń przeprowadzono na podstawie wizji lokalnych w terenie i w oparciu o dokumentację Urzędów Gminnych trzech gmin (Łubowo, Kłęcko, Kiszkuwo) położonych na terenie badanej zlewni. Typy i rodzaje gleb, a także rozkład dominujących kompleksów przydatności rolniczej tych gleb ustalono na podstawie map glebowo – rolniczych w skali 1:100 000. Formy użytkowania zlewni ustalono na podstawie map topograficznych oraz danych Wojewódzkiego Urzędu Statystycznego w Poznaniu.



Rys. 1. Zlewnia małej Wełny do przekroju Kiszkowo
 Fig. 1. Catchment of the Mała Wełna down to Kiszkowo

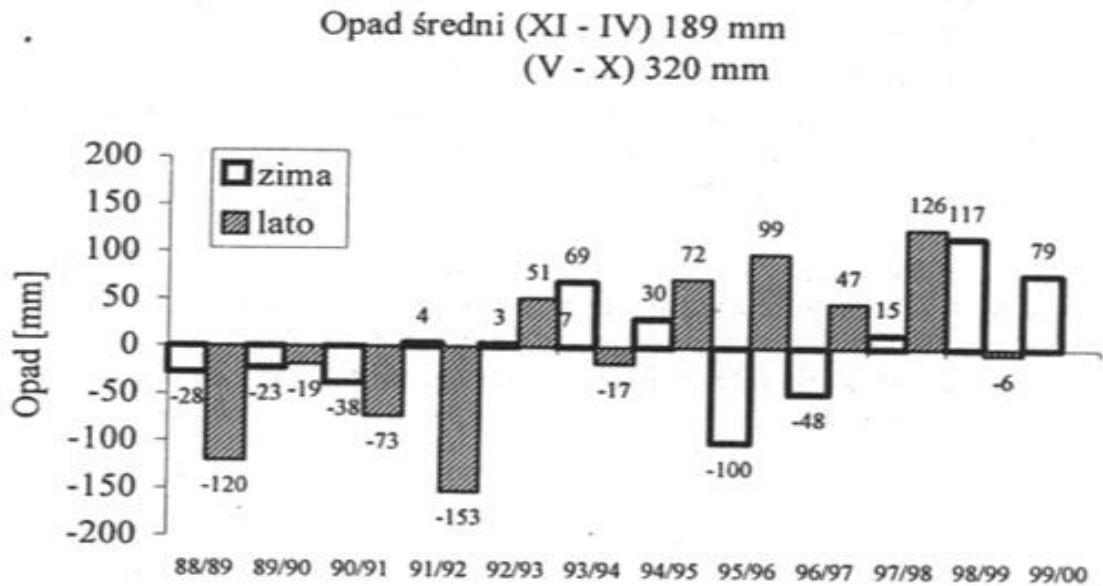
3. Charakterystyka zlewni i przebieg warunków meteorologicznych

Badana zlewnia leży w środkowej części Niziny Wielkopolsko – Kujawskiej na Wysoczyźnie Gnieźnieńskiej. Powierzchnia zlewni Małej Wełny do przekroju Kiszkowo (44,6 km biegu rzeki) wynosi 342 km², a średni spadek podłużny dna cieku – 0,6‰. Mała Wełna wypływa z zatorfionej doliny położonej na wysokości ok. 120 m n.p.m, następnie płynąc rynną Kleckowsko - Lubawską przepływa kolejno przez 9 jezior o zróżnicowanej wielkości (od

5,6 do 141 ha) i głębokości średniej (od 2,5 m do 5 m). Sumaryczne pole powierzchni jezior, przez które przepływa rzeka Mała Wełna wynosi 392,8 ha, zaś całkowita powierzchnia wód stojących w badanym obszarze liczy 780,5 ha, czyli wskaźnik jeziorności wynosi 2,3%. Lasy zajmują niespełna 6% powierzchni zlewni, zaś użytki rolne stanowią 83%, z czego aż 91% - grunty orne, 7,5% - łąki i pastwiska i 0,5% sady. Na gruntach ornym dominują zboża - 87%, na pozostałych gruntach uprawia się głównie rzepak, ziemniaki i buraki cukrowe. Wysokość plonu zbóż wahała się od 28,2 q/ha dla żyta do 50,7 q/ha dla jęczmienia jarego. W 1998 roku stosowano następujące dawki nawozów: azot - 70 kg/ha, fosfor - 50 kg/ha, potas - 70 kg/ha, CaO+MgO - 430 kg/ha. Dodatkowo na około 20% powierzchni gruntów rolnych stosowano nawożenie obornikiem średnio 400 q/ha. Obsada trzody chlewnej odpowiada 279 szt./100ha, a bydła 33 szt./100ha.

W zlewni Małej Wełny punktowymi źródłami zanieczyszczenia (rys. 1) są zakłady rolne w Falkowie (1), Leśniewie i Łubowie (2). Na terenie gminy Kłęcko znajdują się dwie gorzelnie (3) odprowadzające ścieki do jeziora Działyńskiego. Oczyszczone ścieki komunalne z gminy Kłęcko trafiają rowem do jeziora Gorzuchowskiego (4). Do tego jeziora dopływają także ścieki z masarni (5) znajdującej się w miejscowości Gorzuchowo. Następne źródło punktowego zanieczyszczenia znajduje się w Zakrzewie (Ośrodek Wypoczynkowy 6). Do Małej Wełny dopływają oczyszczone ścieki komunalne z Rybna Wielkiego (7). Podsumowując w zlewni Małej Wełny głównymi źródłami zanieczyszczeń są przede wszystkim niedostatecznie oczyszczone ścieki komunalne i ścieki gospodarskie, które są odprowadzane do nieszczelnych szamb lub wywożone na pola. Udział w zanieczyszczeniach mają także zakłady produkcyjne, gorzelnie i masarnie.

Na rys. 2 przedstawiono odchylenie sum opadów półrocznych od średnich z wielolecia 1989-1999 według danych IMGW (posterunek opadowy Gniezno). Półrocze letnie 1998r. i półrocza zimowe 1999 i 2000 roku były mokre, gdyż sumy opadów były wyższe odpowiednio o 126, 117 i 79 mm od średnich z wieloletnich. Pozostałe półrocze w okresie badań było zbliżone do średnich z wielolecia. Wartości przepływów charakterystycznych dla profilu Kiszkowo w okresie badań przedstawia się następująco: $NQ = 0,18 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, $SQ = 0,40 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, $WQ = 1,08 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.



Rys. 2. Odchylenie sum opadów półrocznych od średnich z wielolecia (posterunek opadowy Gniezno)

Fig. 2. Deviations of half - yearly sums of precipitation from multi - yearly mean value (measured at Gniezno Climatological Station)

4. Charakterystyka jakości wody

W całym okresie badań wody Małej Wełny charakteryzowały się naturalnym lekko alkalicznym odczynem (pH 7,4÷8,2). Badania zmian jakości wody wód rzeki Małej Wełny w roku 1997 w stosunku do 1991 wykazały, że w ostatnich latach jakość wody w rzece uległa poprawie [1]. Wyraźne obniżenie stężeń fosforanów, fosforu ogólnego, azotu amonowego świadczyło o spadku obciążenia rzeki nie oczyszczonymi ściekami. W tabeli 1 przedstawiono ekstremalne średnie i błędy standardowe wartości wybranych wskaźników jakości wody w badanych punktach pomiarowo – kontrolnych w okresie od lipca 1998 do lipca 2000r. Na ich podstawie można stwierdzić, że warunki tlenowe, mierzone ilością tlenu rozpuszczonego badanych wód były dobre, gdyż średnie stężenia wahały się od 6,3 do 9,0 mg O₂dm⁻¹. Występowanie bardzo małych stężeń tlenu rozpuszczonego (niższych od stężeń dopuszczalnych dla III klasy czystości) zaobserwowano w maju, czerwcu i wrześniu. Obciążenie wód Małej Wełny substancjami wpływającymi na zużycie tlenu w procesach samooczyszczania było bardzo nierównomierne. Wartości wskaźnika BZT₅ były niewysokie, mieściły się w normach dla II i III klasy sporadycznie wykraczając poza te normy. Natomiast duże zróżnicowanie wskaźnika chemicznego zapotrzebowania tlenu ChZT_{Mn} (od 9,8 do 104,4 mg O₂dm⁻¹), przeważnie (67 razy na 90) nie

odpowiadało wartościom normatywnym. Świadczy to o stałym zanieczyszczeniu wód Małej Węły substancjami organicznymi i zredukowanymi związkami nieorganicznymi. Wskaźnikiem udziału związków organicznych podatnych na biologiczny rozkład jest stosunek ChZT/BZT₅, który był przeważnie wyższy od 5. To, że analizowane wartości były wyższe od 2,5, daje podstawę wnioskować, że Mała Węła jest zanieczyszczana stale ściekami przemysłowymi.

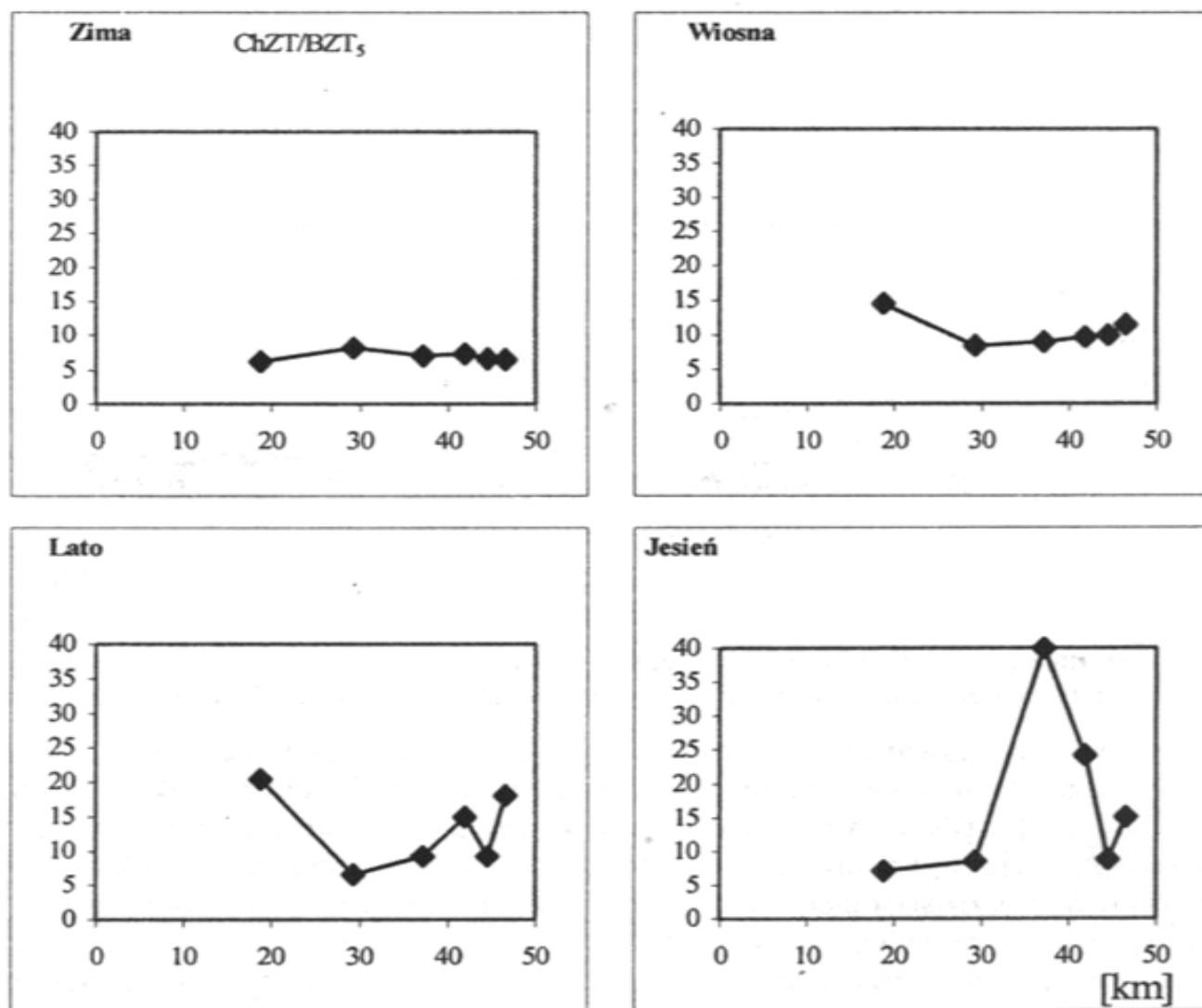
Tabela 1. Minimalne, maksymalne (licznik), średnie wartości oraz ich błędy standardowe (mianownik) wybranych wskaźników jakości wody w badanych punktach pomiarowo – kontrolnych w latach 1998+2000

Table 1. Minimum, maximum (numerator), average values and standard error (denominator) of water quality indexes at investigated gauging points in 1998+2000

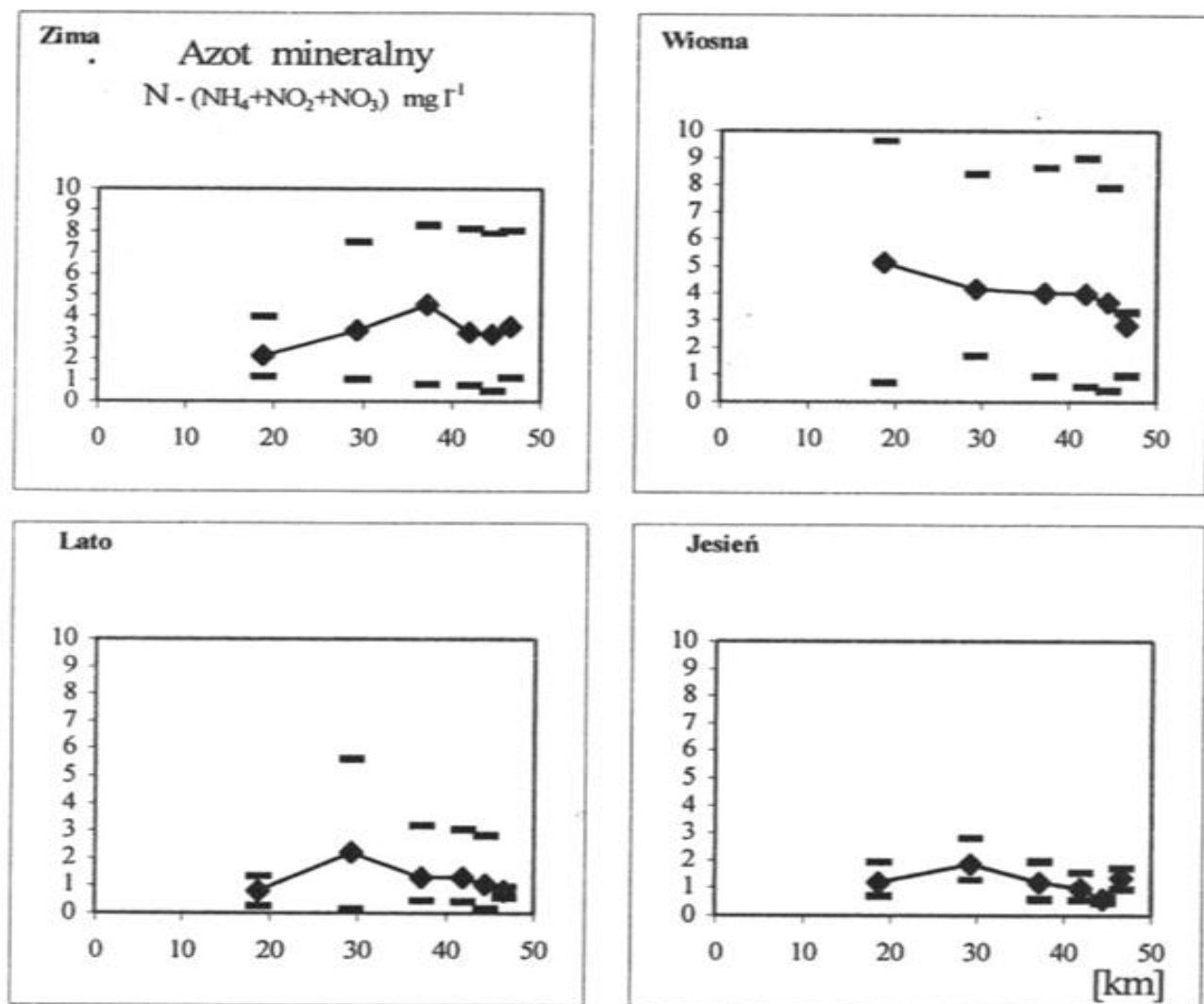
Punkty Points (nr) km biegu	Owieczki (1) 18,8	Kłeczko (2) 29,3	Zakrzewo (3) 37,1	Myszki (4) 41,9	Kiszkowo jaz weir (5) 44,5	Kiszkowo most bridge (6) 46,6
Tlen rozpuszczony Dissolved oxygen mg O ₂ dm ⁻³	<u>1,0÷18,8</u> 7,8±1,5	<u>3,8÷13,4</u> 9,0±0,7	<u>2,8÷12,4</u> 7,5±0,9	<u>1,2÷12,4</u> 6,5±1,0	<u>4,8÷13,6</u> 8,4±0,8	<u>3,2÷12,4</u> 6,3±0,7
BZT ₅ BOD ₅	<u>nw÷12,6</u> 5,6±1,0	<u>nw÷15,0</u> 5,8±0,9	<u>nw÷8,8</u> 4,6±0,6	<u>1,0÷8,8</u> 3,9±0,6	<u>1,6÷10,4</u> 5,0±0,6	<u>1,2÷5,8</u> 3,0±0,4
Utlenialność COD _{Mn} mg O ₂ dm ⁻³	<u>18,0÷91,2</u> 55,4±5,2	<u>9,6÷104,4</u> 44,3±6,2	<u>11,2÷67,4</u> 43,3±4,2	<u>9,8÷90,0</u> 42,2±5,2	<u>10,2÷67,8</u> 42,8±3,9	<u>10,6÷52,0</u> 32,9±2,6
Azot amonowy Ammoniacal nitrogen mg N-NH ₄ dm ⁻³	<u>0,05÷0,58</u> 0,27±0,05	<u>0,10÷1,73</u> 0,67±0,14	<u>0,11÷0,88</u> 0,48±0,07	<u>0,08÷0,90</u> 0,27±0,06	<u>0,05÷0,43</u> 0,17±0,03	<u>0,10÷0,65</u> 0,34±0,1
Azot azotynowy Nitrite nitrogen mg N-NO ₂ dm ⁻³	<u>nw÷0,17</u> 0,06±0,01	<u>0,02÷0,14</u> 0,07±0,01	<u>0,02÷0,21</u> 0,07±0,01	<u>0,01÷0,29</u> 0,07±0,02	<u>nw÷0,19</u> 0,05±0,01	<u>0,02÷0,13</u> 0,06±0,0
Azot azotanowy Nitrate nitrogen mg N-NO ₃ dm ⁻³	<u>0,10÷9,40</u> 2,09±0,77	<u>nw÷8,20</u> 2,21±0,71	<u>nw÷8,40</u> 2,32±0,82	<u>0,10÷8,80</u> 2,14±0,73	<u>0,10÷7,70</u> 2,11±0,73	<u>0,20÷7,80</u> 1,78±0,5
Fosforany Phosphates Mg PO ₄ dm ⁻³	<u>0,1÷2,1</u> 0,6±0,2	<u>nw÷1,6</u> 0,4±0,1	<u>0,1÷0,8</u> 0,3±0,0	<u>0,1÷0,9</u> 0,3±0,0	<u>nw÷0,5</u> 0,3±0,0	<u>0,2÷1,1</u> 0,5±0,1

Notowano także dużą zmienność stężeń związków azotowych. Azot amonowy występował w niewielkich stężeniach (klasa I), mieszczących się w granicach 0,05÷1,73 mg N dm⁻³. Stężenia azotu (III) były zmienne od śladowych do 9,40 mg N dm⁻³ i mieściły się w klasach od I do III. Azot charakteryzował się największą zmiennością wśród związków azotu. Jego stężenia wynosiły od 0 do 0,29 mg N dm⁻³ (klasy czystości od I do NON). Oceniając wystę-

powanie związków azotowych można stwierdzić duże zróżnicowanie w sezonach i wzdłuż biegu Małej Wełny (rys. 3). Podwyższone stężenia azotu mineralnego w okresie zimy świadczą o tym, że istniejące oczyszczalnie, ze względu na niskie temperatury, słabo usuwały związki azotu ze ścieków, co objawiało się dwukrotnie wyższym stężeniem azotu mineralnego (szczególnie w formie amonowej) w tym sezonie w stosunku do stężenia średniego rocznego. Efekt ten jest dodatkowo potęgowany stosunkowo małymi przepływami w okresie zimowym i związanym z tym małym rozcieńczeniem niedostatecznie oczyszczonych ścieków. Dodatkowo na wiosnę zwiększone spływy powierzchniowe dostarczały duże ładunki zanieczyszczeń organicznych i mineralnych.



Rys. 3. Stosunek ChZT/BZT₅ w wodach Małej Wełny w okresie badań
 Fig. 3. COD/BOD₅ ratio in the Mała Wełna River during



Rys. 4. Średnie stężenia azotu mineralnego w wodach Małej Wełny w okresie badań
Fig. 4. Mean concentrations of mineral nitrogen in the Mała Wełna River during

Na analizowanej długości rzeki zanieczyszczenia wód w przekrojach Kłęcko i Zakrzewo związane były dopływem ścieków. Przekrój w Kłęcku znajdował się pod wpływem zrzutów ścieków przez kanalizację burzową z części miasta pozbawionej kanalizacji (w 1998r. około połowy mieszkańców). Stąd też obserwowano wzrost stężenia związków azotu (szczególnie azotu amonowego) w stosunku do przekroju w Owieczkach. Przekrój Zakrzewo leży poniżej kilku dużych punktowych zrzutów z oczyszczalni ścieków (Kłęcko, Gorzuchów, Zakrzewo. Zmniejszenie stężenia azotanów wraz z biegiem rzeki w okresie wiosny nie wynikało z rozcieńczenia czystą wodą, gdyż stosunek stężeń azotanów do chlorków nie jest stały. Raczej związane jest to z procesem denitryfikacji w strefach anoksydacyjnych jezior, przez które przepływa Mała Wełna. Hipotezę tę

podtrzymuje częściowo brak korelacji pomiędzy stężeniem związków azotu a stężeniem fosforanów. Te ostatnie są pobierane przez rośliny wodne (w tym fitoplankton), lecz z drugiej strony uwalniane są z osadów dennych w warunkach beztlenowych. Brak korelacji między stężeniem związków azotowych a stężeniem fosforanów w badanych wodach związany jest z wpływem jezior, przez które przepływa rzeka. Wyniki te nie potwierdzają opinii Verviera i in. [3], że istnieje podobna czasowa i przestrzenna zależność stężeń azotu co i stężeń fosforu w wodach zlewni rolniczych. Niedostateczne uporządkowanie gospodarki w zlewni powoduje, że wody Małej Wełny na całym badanym odcinku są zanieczyszczone. Poszczególne wskaźniki wykazywały wyraźne zmiany wzdłuż biegu rzeki i w czasie (sezonach). Najczęściej normy dla III klasy czystości wód przekraczane były przez wartości $ChZT_{Mn}$, stężenia azotu azotynowego, rzadziej przez stężenia tlenu rozpuszczonego.

5. Podsumowanie

Wyniki dwuletnich badań hydrochemicznych wykazały, że wody rzeki Małej Wełny na odcinku 47 km od źródła odpowiadały I, II i III klasie czystości wód względem większości wskaźników. Normy dla III klasy czystości wód przekraczały wartości $ChZT_{Mn}$, azotu azotynowego wzdłuż biegu rzeki jak i w sezonach, zaś tlenu rozpuszczonego w maju, czerwcu i wrześniu. Podwyższone stężenia azotu mineralnego w okresie zimy i wiosny świadczą o tym, że istniejące oczyszczalnie słabo usuwają związki azotu ze ścieków przy niskich temperaturach. Wysokie wartości wskaźnika $ChZT_{Mn}$, wskazują na stały odpływ zanieczyszczeń organicznych lub zredukowanych związków nieorganicznych.

Literatura

1. Mikołajczak M., Pułyk M., Szeremietiew M., Tybiszewska E.: *Stan czystości wód powierzchniowych w zlewni rzeki Małej Wełny*. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu, s. 118, 1998r.
2. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z 5 listopada 1991r. w sprawie klasyfikacji wód.: Dz. U. Nr 116, poz. 503.
3. Vervier P., Pinheiro A., Fabre A., Pinay G. und Fustec E.: *Spatial changes in the modalities of N and P inputs in a rural river network*. Wat. Res. Vol. 33. No 1, pp. 95-104, 1999r.
4. Wykaz norm z zakresu analityki wody i ścieków.: Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej – Zespół Normalizacji, Warszawa, 1993r.

Streszczenie

Szczegółowe rozpoznanie i ewentualna prognoza ilości i jakości wód powierzchniowych w rolniczych zlewniach Wielkopolski mają znaczenie nie tylko poznawcze, ale i użytkowe. Małe ciekły służą często jako odbiorniki ścieków, ale spełniają także inne ważne funkcje, jak rekreacja, hodowla ryb itd. W niniejszej pracy przedstawiono wybrane wyniki badań jakości wody rz. Małej Wełny w okresie od lipca 1998r. do lipca 2000r. oraz analizę procesów samooczyszczania w różnych porach roku.

Wyniki dwuletnich badań hydrochemicznych wykazały, że wody rzeki Małej Wełny na odcinku 47 km od źródła odpowiadały I, II i III klasie czystości wód względem większości wskaźników. Normy dla III klasy czystości wód przekraczały wartości $ChZT_{Mn}$, azotu azotynowego wzdłuż biegu rzeki jak i w sezonach, zaś tlenu rozpuszczonego w maju, czerwcu i wrześniu. Podwyższone stężenia azotu mineralnego w okresie zimy i wiosny świadczą o tym, że istniejące oczyszczalnie słabo usuwają związki azotu ze ścieków przy niskich temperaturach. Wysokie wartości wskaźnika $ChZT_{Mn}$, wskazują na stały odpływ zanieczyszczeń organicznych lub zredukowanych związków nieorganicznych.

Temporal and Spatial Changes of Water Quality in Small Lowland Water-courses (on the Example of Mała Wełna River)

Abstract

Detailed diagnosis and possible prognosis of amount and quality of surface waters in the agricultural rivers basins of Greater Poland have not only cognitive meaning, but also utilitarian. Small water-courses serve often as a receiving body of water, but they also fulfil other important parts, such as recreation, fish breeding, etc. This paper presents selected results of research on water quality in Mała Wełna river during period from July 1998 till July 2000 as well as analysis of self-cleaning processes during different seasons of a year.

Results of two-year hydrochemical research showed, that waters of Mała Wełna river along 47 km long section fulfilled I, II and III class of water cleanness as regards most of indicators. Standards for III class of water cleanness were exceeded by values of COD_{Mn} , nitrite nitrogen along river course as well as in seasons, while dissolved oxygen in May, June and September. Increased concentrations of mineral nitrogen during winter and spring periods show, that existing sewage treatment plants poorly remove nitrogen compounds from sewage by low temperatures. High values of $ChZT_{Mn}$ indicator point to constant outflow of organic contaminants or reduced inorganic compounds.