

WYBRANE WSKAŹNIKI FIZYCZNO-CHEMICZNE
JAKOŚCI WODY RZEKI PRZEMSZY (WOJ. ŚLĄSKIE)
NA PRZESTRZENI LAT 1979 – 1999

ANTONI DERYŁO¹, MACIEJ KOSTECKI^{2, 3}, PIOTR SZILMAN³

¹Akademia Medyczna w Lublinie, Katedra i Zakład Biologii i Parazytologii, ul. Staszica 4, 20-081 Lublin

²Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze

³Śląska Akademia Medyczna, Katedra i Zakład Biologii i Parazytologii, Katowice-Ligota, ul. Medyków 17, Blok C

Keywords: long term pollutants changes, hydrochemistry, water quality.

SELECTED PHYSICO-CHEMICAL WATER QUALITY PARAMETERS
OF THE PRZEMSZA RIVER (VOJ. SILESIA) IN 1979 – 1999

In 1999, in comparison to 1979, oxygen conditions in the Przemsza River improved. The maximal concentrations of BOD decreased about 20 times, whereas minimal concentrations from 3 to 10 times. On the basic changes of COD it was found that the quantity of recalcitrant pollutants is the same as 10 years ago, the salinity of water is also the same. The volume of ammonia and nitrites has decreased. The probable cause of decrease of nitrates was the reduction of fertilisers levels in the basin area of the Przemsza River. The suspended solids concentrations in the water are abated. The water quality of the river gets worse along the river, especially near the towns of Myslowice and Jelen.

Streszczenie

W roku 1999, w porównaniu z rokiem 1979, nastąpiła poprawa warunków tlenowych w rzece Przemszy. Maksymalne wartości BZT₅ obniżyły się około 20-krotnie, wartości minimalne od 3 do 10 razy. Na podstawie zmian ChZT stwierdzono, że ilość zanieczyszczeń trudno rozkładalnych jest obecnie taka sama, jak w latach 1979/80. Zmniejszyła się ilość azotu amonowego. Poprawa dotyczy przede wszystkim stężeń maksymalnych, które w latach 1979/80 były wyższe. Wyraźnemu zmniejszeniu uległy stężenia azotu azotynowego. Poprawa nastąpiła zarówno w przypadku stężeń najniższych, jak i najwyższych.

Zmniejszyła się ilość azotanów, prawdopodobnie przyczyną tego stanu jest zmniejszenie intensywności nawożenia gleb użytków rolnych w zlewni rzeki. Na przestrzeni ostatnich 10 lat stopień zasolenia wód rzeki Przemszy nie uległ zmniejszeniu. Pod względem stężenia substancji rozpusz-

czonych, podobnie, jak w przypadku chlorków i siarczanów, sytuacja niewiele się zmieniła. Zmniejszyła się ilość zawiesin, co wskazuje na wzrost skuteczności oczyszczania ścieków przemysłowych. Z biegiem rzeki jakość wody ulega pogorszeniu. Szczególnie widoczne jest to na odcinku w sąsiedztwie miejscowości Mysłowice i Jeleń.

WPROWADZENIE

Zasadność prowadzenia na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego badań mających na celu określenie stanu jakości wody w ciekach jako tła dla uzupełniających je badań hydrobiologicznych, wynika z faktu, iż ekosystemy wód płynących w wielkich aglomeracjach będą zawsze obiektem zainteresowań jako odbiorniki dużych ładunków zanieczyszczeń [1 – 5, 9]. Rozwój gospodarczy i wynikające z tego faktu zmiany ilości oraz składu ścieków powodują zmiany w jakości wody w ciekach oraz wpływają, z reguły niekorzystnie, na stan flory i fauny. GOP jest obszarem, na którym zmiany środowiska wywołane antropopresją mają wyjątkowo silną dynamikę [6, 13, 14]. Poznanie biologicznych skutków antropopresji staje się koniecznością z punktu widzenia zapobiegania procesowi degradacji środowiska naturalnego.

CEL I ZAKRES BADAŃ

W celu poznania skutków naruszania równowagi biologicznej w silnie zmienionych ekosystemach rzecznych wykonano badania fizyczno-chemiczne oraz hydrobiologiczne z zakresu kierunków rozwoju życia biologicznego i funkcjonowania biocenoz w typowej rzece, jaką na terenie GOP jest rzeka Przemsza.

Badania hydrochemiczne przeprowadzono w dwóch etapach. Pierwszy etap badań przeprowadzono w okresie 1979–1980, etap drugi w 1999 r. Celem badań było przedstawienie aktualnego stanu jakości wody na podstawie wybranych wskaźników oraz wskazanie tendencji zmian jakości wody rzeki Przemszy na przestrzeni 10 lat. Równoległe z badaniami hydrochemicznymi prowadzono badania hydrobiologiczne, których wyniki na tle zmian hydrochemicznych przedstawione zostaną w oddzielnym opracowaniu.

OBIEKT BADAŃ

Rzeka Przemsza jest lewobrzeżnym dopływem Wisły, z którą łączy się poniżej Oświęcimia. Powstaje ona w wyniku połączenia wód rzek Białej Przemszy i Czarnej Przemszy. Długość Przemszy od miejsca połączenia obu rzek źródłowych do ujścia do Wisły wynosi 23 km. Powierzchnia łączna zlewni rzeki wynosi 2121 km² [13]. Średni dobowy przepływ Przemszy wynosi około 9,7 m³/s.

Biała Przemsza wypływa z okolic Wolbromia. Jej długość wynosi około 60 km, powierzchnia zlewni 873 km². Średni dobowy przepływ wynosi około 4,5 m³/s. Wody rzeki w górnym biegu są zdecydowanie lepszej jakości aniżeli w biegu dolnym, gdzie do rzeki odprowadzane są znaczne ilości ścieków przemysłowych [13].

Czarna Przemsza jest prawostronną rzeką źródłową Przemszy. Jest to największy ciek odwadniający wschodnie obszary GOP. Wypływa z okolic Zawiercia i Ogrodzieńca. Długość cieku wynosi około 58 km, powierzchnia zlewni 568 km². Średni dobowy przepływ rzeki wynosi około 4,1 m³/s. Począwszy od ujścia potoku Pogoria wody rzeki są silnie zanieczyszczone chemicznie i bakteriologicznie, a stan ten utrzymuje się aż do połączenia z Białą Przemszą w Mysłowicach [13].

Na pograniczu miejscowości Mysłowice i Jęzor rzeki Biała Przemsza i Czarna Przemsza łączą się i od tego miejsca ciek przyjmuje nazwę Przemsza. Poprzez system obu rzek źródłowych rzeka Przemsza odbiera ścieki niemal z całej zlewni Wisły na obszarze GOP.

METODYKA BADAŃ

W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki badań nad zmianami stężeń wybranych wskaźników fizyczno-chemicznych jakości wody, a w szczególności: odczynu wody, stężenia tlenu rozpuszczonego, biochemicznego zapotrzebowania tlenu (BZT₅), chemicznego zapotrzebowania tlenu (ChZT), twardości wody, stężenia jonów: chlorkowych, siarczanowych, amonowych, azotynowych, azotanowych, orto-fosforanowych, stężenia substancji rozpuszczonych oraz zawiesiny.

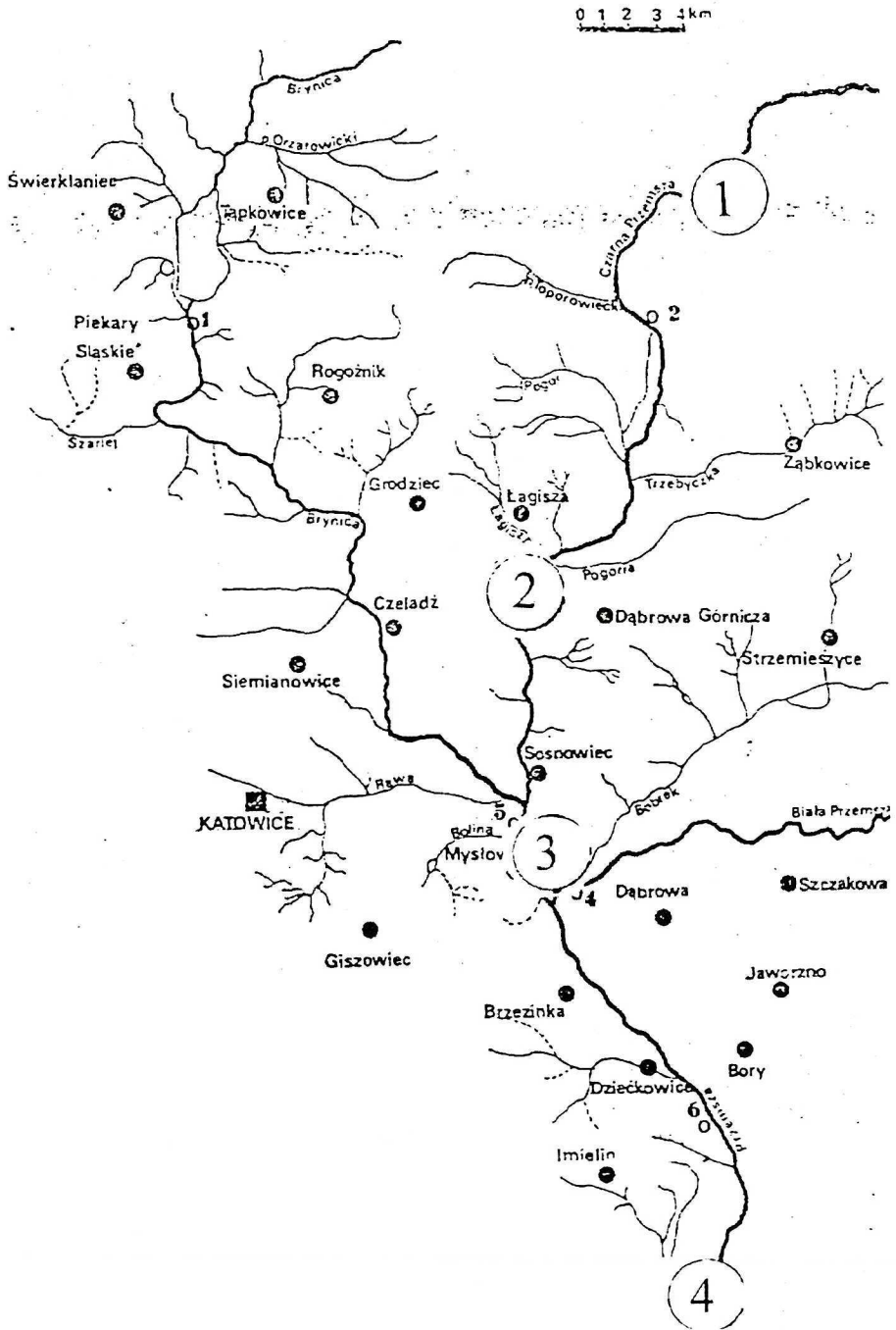
W latach 1979/80 próby pobrano 17-krotnie, od listopada 1979 do października 1980 r., w odstępach około 2 tygodni. W roku 1999 próby pobrano sześciokrotnie w odstępach 1-miesięcznych, w okresie od czerwca do grudnia.

Zarówno w latach 1979/80, jak i w 1999 r., próby wody do badań pobierano z czterech stanowisk przedstawionych na rys. 1, tj.:

– Stanowisko 1: w Wojkowicach, rzeka Czarna Przemsza poniżej ujęcia wodnego w Przeczycach, pod mostem na drodze szybkiego ruchu E-14. Szerokość cieku w tym miejscu około 8–10 m. Brzegi wysoko obwałowane i dodatkowo wzmocnione betonowymi płytami. Wolny przepływ wody, wzdłuż brzegu występuje wodna roślinność naczyniowa.

– Stanowisko 2: rzeka Czarna Przemsza w Będzinie, przy rondzie „Nerka”. Brzegi koryta obudowane betonowymi ścianami. Szerokość koryta 5–8 m. Nurt powolny. Ciek przypomina kanał ściekowy.

– Stanowisko 3: rzeka Czarna Przemsza w centrum Mysłowic, przed mostem na trasie Mysłowice-Jaworzno. Szerokość lustra wody około 25–30 m.



Rys. 1. Rzeka Przemsza – lokalizacja stanowisk poboru prób
Przemsza River – sample points localization

Nurt powolny. Wzdłuż brzegi obwałowania z łupka węglowego. Brzegi bez roślinności, obrzeże cuchnące i zdewastowane.

– Stanowisko 4: rzeka Przemsza w miejscowości Jeleń, obok mostu drogowego łączącego trakty komunikacyjne między Mysłowicami, Jaworzmem i Chrzanowem. Kryto posiada wysokie obwałowanie i brzeg wzmocniony kamienną obudową. Szerokość koryta 12–15 m. Nurt powolny, woda silnie zanieczyszczona, cuchnąca.

Próby pobierano czerpaczem Patalasa. Odczyn wody oznaczano pH-metrem, stężenie tlenu rozpuszczonego oznaczano sondą tlenową z elektrodą membranową, biochemiczne zapotrzebowanie tlenu oznaczano za pomocą sondy tlenowej po 5-dniowym okresie inkubacji w temp. 20°C. Chemiczne zapotrzebowanie tlenu oznaczano miareczkowo metodą dwuchromianową. Stężenie zawiesiny oraz jonów siarczanowych oznaczano metodą wagową. Stężenie jonów chlorkowych oznaczano metodą argentometryczną. Stężenie orto-fosforanów oznaczano kolorymetrycznie metodą molibdenową na kolorymetrze Specol. Oznaczanie azotu amonowego wykonywano metodą bezpośredniej nessleryzacji. Stężenie azotu azotynowego oznaczano kolorymetryczną metodą dwuazowania z alfa-naftyloaminą. Stężenie azotu azotanowego oznaczano elektrodą jonoselektywną. Stężenie substancji rozpuszczonych oznaczano metodą wagową. Twardość ogólną oznaczano metodą miareczkową (EDTA).

WYNIKI

Wyniki analiz wody rzeki Przemszy z roku 1999, na poszczególnych stanowiskach, przedstawiono w tabelach 1–4.

ODCZYN WODY

W okresie prowadzenia badań odczyn wody rzeki na całej długości jej biegu zmieniał się w granicach od 7,2 do 8,1. Najwyższe wartości odczynu stwierdzono w górnym biegu rzeki, na stanowisku nr 1. Pomimo pewnych różnic, przebieg zmian odczynu na wszystkich czterech stanowiskach pomiarowych w skali czasu, tj. od czerwca do grudnia 1999 r., był podobny. Na przełomie wiosny i lata odczyn wody obniżał się, po czym w sierpniu i wrześniu obserwowano wzrost pH wody na wszystkich stanowiskach. W próbach pobranych w październiku stwierdzono obniżenie odczynu, które wystąpiło na wszystkich stanowiskach. Maksymalne wartości odczynu stwierdzono w grudniu.

Tendencję obniżania się odczynu obserwowano z biegiem rzeki (rys. 2). Średnia wartość pH na stanowisku nr 1 w Wojkowicach wynosiła 7,68, a na stanowisku nr 4 w Jeleniu odczyn wody wynosił $\text{pH} = 7,52$.

Tab. 1. Fizyczno-chemiczne wskaźniki jakości wody rzeki Przemszy – stanowisko nr 1 (Wojkowice), VI–XII 1999 r.

The chemistry parameters of water quality of Przemsza River – sample point nr 1 (Wojkowice)

	Jednostki Units	08.06.99	07.07.99	18.08.99	22.09.99	29.10.99	02.12.99	Średnia Average
Odczyn pH		7,7	7,5	7,9	7,7	7,2	8,1	7,68
Tlen rozp. Oxygen	mgO ₂ /dm ³	6,9	6,9	7,1	6,3	8,7	8,4	7,38
BZT ₅ BOD	mgO ₂ /dm ³	3,8	3,4	4,4	3,4	4,5	3,5	3,83
ChZT COD	mgO ₂ /dm ³	12,8	34,1	67,6	27,5	37	17,4	32,7
Chlorki Chlorides	mg Cl/dm ³	32	28	38	38	34	48	36,3
Siarczany Sulfates	mg SO ₄ /dm ³	70,8	63,8	65,4	53,9	67,5	53,9	62,6
o-fosforany o-phosphates	mg PO ₄ /dm ³	0,08	0,20	0,18	0,15	0,20	0,10	0,13
Azot amonowy ammonia	mg NH ₄ /dm ³	0,72	0,20	0,15	0,15	0,20	0,17	0,24
Azot azotynowy nitrites	mg NO ₂ /dm ³	0,006	0,006	0,020	0,003	0,003	0,002	0,007
Azot azotanowy nitrates	mg NO ₃ /dm ³	2,00	2,04	1,16	3,00	0,45	2,80	1,91
Twardość ogólna total hardness	mg CaCO ₃ /dm ³	241	344	226	144	228	271	259
Subst. rozpuszcz. Dissolved matter	mg/dm ³	260	240	220	230	260	260	245,0
Zawiesina Suspended solids	mg/dm ³	28	34	22	32	23	26	27,5

STĘŻENIE TLENU ROZPUSZCZONEGO

Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie na wszystkich stanowiskach wzrastało od czerwca do grudnia, wraz ze spadkiem temperatury wody. Najwyższe stężenia zanotowano w wodzie na stanowisku nr 1 (Wojkowice). Wzrastały one z 7 mg O₂/dm³ w czerwcu, lipcu i sierpniu, do 8,7 i 8,4 mg O₂/dm³ w końcu października i na początku grudnia. Na stanowisku nr 2 (Będzin) stężenie tlenu było bardzo zbliżone do opisanego na stanowisku nr 1. W wodzie na stanowisku nr 3 (Mysłowice) stężenie tlenu było wyraźnie niższe. W czerwcu stwier-

Tab. 2. Fizyczno-chemiczne wskaźniki jakości wody rzeki Przemszy – stanowisko nr 2 (Będzin), VI–XII 1999 r.

The chemistry parameters of water quality of Przemsza River – sample point nr 2 (Będzin)

	Jednostki Units	08.06.99	07.07.99	18.08.99	22.09.99	29.10.99	02.12.99	Średnia Average
Odczyn pH		7,8	7,6	7,6	7,7	7,2	7,7	7,60
Tlen rozp. Oxygen	mgO ₂ /dm ³	6,6	6,5	7,2	6,3	8,4	8,2	7,20
BZT ₅ BOD	mgO ₂ /dm ³	3,8	2,5	4,7	3,0	4,4	3,8	3,70
ChZT COD	mgO ₂ /dm ³	16	25,6	184,6	27,5	74,4	41,8	61,7
Chlorki Chlorides	mg Cl/dm ³	62	54	58	68	56	86	64,0
Siarczany Sulfates	mg SO ₄ /dm ³	128,4	117,7	132,9	118,5	120,1	140,7	126,4
o-fosforany o-phosphates	mg PO ₄ /dm ³	0,18	0,92	0,32	0,28	0,15	0,13	0,33
Azot amonowy ammonia	mg NH ₄ /dm ³	0,62	0,24	0,10	0,18	0,25	0,20	0,27
Azot azotynowy nitrites	mg NO ₂ /dm ³	0,01	0,007	0,004	0,004	0,003	0,003	0,005
Azot azotanowy nitrates	mg NO ₃ /dm ³	0,96	2,48	2,52	2,72	0,79	1,68	1,86
Twardość ogólna total hardness	mg CaCO ₃ /dm ³	337	312	330	353	314	547	366
Subst. rozpuszcz. Dissolved matter	mg/dm ³	360	345	320	400	350	340	353,0
Zawiesina Suspended solids	mg/dm ³	23	26	67	23	51	45	39,2

dzono 3,9 mg O₂/dm³, następnie w połowie sierpnia 5,9 mg O₂/dm³, a pod koniec badań 7,3 mg O₂/dm³. Jest to zatem mniej o ponad 3 mg O₂/dm³ w czerwcu, niż na stanowisku nr 1 oraz o ponad 1 mg O₂/dm³ mniej niż na stanowisku nr 1 w grudniu. W przypadku stanowiska nr 4 różnica ta była jeszcze większa. Najniższe stężenie tlenu na tym stanowisku stwierdzono w czerwcu (4,6 mg O₂/dm³), najwyższe zaś w październiku (7,0 mg O₂/dm³).

Wraz z biegiem rzeki stężenia tlenu w wodzie wykazują wyraźną tendencję spadkową (rys. 2). Średnie stężenie tlenu w górnym biegu rzeki (stanowisko

Tab. 3. Fizyczno-chemiczne wskaźniki jakości wody rzeki Przemszy – stanowisko nr 3 (Mysłowice), VI – XII 1999 r.

The chemistry parameters of water quality of Przemsza River – sample point nr 3 (Mysłowice)

	Jednostki Units	08.06.99	07.07.99	18.08.99	22.09.99	29.10.99	02.12.99	Średnia Average
Odczyn pH		7,5	7,4	7,7	7,6	7,2	7,9	7,55
Tlen rozp. Oxygen	mgO ₂ /dm ³	3,9	4,9	5,9	4,5	7,3	7,3	5,63
BZT ₅ BOD	mgO ₂ /dm ³	1,1	4	5,1	3,7	6,1	6,1	4,35
ChZT COD	mgO ₂ /dm ³	112	25,6	150,8	74,5	111,6	83,5	93,0
Chlorki Chlorides	mg Cl/dm ³	172	328	478	460	258	374	345,3
Siarczany Sulfates	mg SO ₄ /dm ³	335	255	252	238	260	236	262,5
o-fosforany o-phosphates	mg PO ₄ /dm ³	0,63	0,57	0,7	0,28	0,32	0,30	0,47
Azot amonowy ammonia	mg NH ₄ /dm ³	2,4	2,4	2,5	2,8	2,55	2,6	2,54
Azot azotynowy nitrites	mg NO ₂ /dm ³	0,03	0,02	0,01	0,01	0,015	0,015	0,017
Azot azotanowy nitrates	mg NO ₃ /dm ³	1,1	1,72	0,96	1,68	1,08	1,2	1,11
Twardość ogólna total hardness	mg CaCO ₃ /dm ³	459	525	596	528	539	571	536
Subst. rozpuszcz. Dissolved matter	mg/dm ³	1020	875	1050	1020	860	850	946,0
Zawiesina Suspended solids	mg/dm ³	55	38	38	56	40	44	45,2

nr 1) wynosiło 7,38 mg O₂/dm³, na stanowisku nr 2 – 7,20 mg O₂/dm³, na stanowisku nr 3 – 5,63 mg O₂/dm³ oraz na stanowisku nr 4 – 5,25 mg O₂/dm³.

BIOCHEMICZNE ZAPOTRZEBOWANIE TLENU (BZT₅)

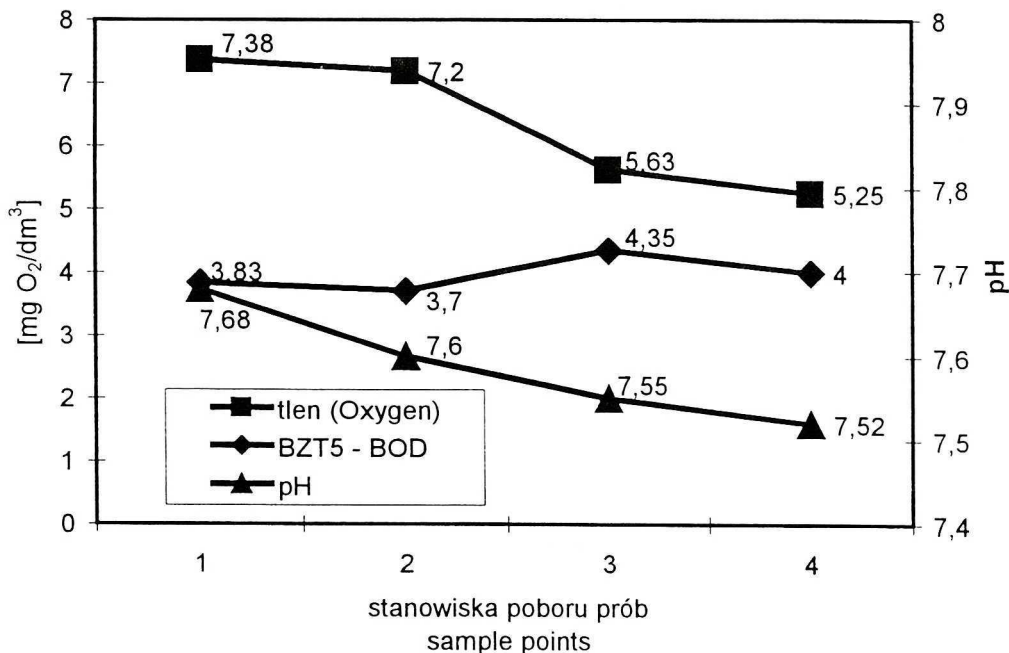
Stężenia BZT₅ w wodzie rzeki Przemszy w okresie prowadzenia badań zmieniały się w granicach od 1,1 do 6,1 mg O₂/dm³. Przebieg zmian w okre-

Tab. 4. Fizyczno-chemiczne wskaźniki jakości wody rzeki Przemszy – stanowisko nr 4 (Jeleń), VI–XII 1999 r.

The chemistry parameters of water quality of Przemsza River – sample point nr 4 (Jeleń)

	Jednostki Units	08.06.99	07.07.99	18.08.99	22.09.99	29.10.99	02.12.99	Średnia Average
Odczyn pH		7,6	7,4	7,7	7,6	7,3	7,5	7,52
Tlen rozp. Oxygen	mgO ₂ /dm ³	4,6	4,7	5,0	3,9	7,0	6,3	5,25
BZT ₅ BOD	mgO ₂ /dm ³	1,4	3,1	4,4	3,0	6,4	5,7	4,0
ChZT COD	mgO ₂ /dm ³	96	25,6	127,4	101,9	167,4	111,4	105,0
Chlorki Chlorides	mg Cl/dm ³	462	352	364	336	242	332	342,0
Siarczany Sulfates	mg SO ₄ /dm ³	279	216	272	284	270	251	261,9
o-fosforany o-phosphates	mg PO ₄ /dm ³	0,61	0,93	0,52	0,38	0,34	0,35	0,52
Azot amonowy ammonia	mg NH ₄ /dm ³	3,6	3,8	2,0	4,4	4,1	4,2	3,68
Azot azotynowy nitrites	mg NO ₂ /dm ³	0,02	0,05	0,16	0,008	0,008	0,008	0,018
Azot azotanowy nitrates	mg NO ₃ /dm ³	0,2	1,6	0,64	1,44	0,64	1,6	1,02
Twardość ogólna total hardness	mg CaCO ₃ /dm ³	421	528	528	455	555	608	516,0
Subst. rozpuszcz. Dissolved matter	mg/dm ³	1110	925	840	970	960	760	926,0
Zawiesina Suspended solids	mg/dm ³	32	40	69	50	57	58	51,0

się od czerwca do grudnia 1999 r., na stanowiskach 1 i 2 był bardzo podobny. (tab. 1–4). Stwierdzone wartości zmieniały się w granicach od 2,5 do 4,7 mg O₂/dm³. Na stanowiskach 3 i 4 zauważalny był wzrost BZT₅ w ciągu całego okresu prowadzenia badań od czerwca do grudnia 1999 r. W tym czasie wartości wskaźnika wzrastały od 1,1 do 6,4 mg O₂/dm³. Obliczone wartości średnie dla poszczególnych stanowisk były w okresie prowadzenia badań bardzo wyrównane. Jak widać na rys. 2, wykazują one bardzo niewielką tendencję wzrostu.



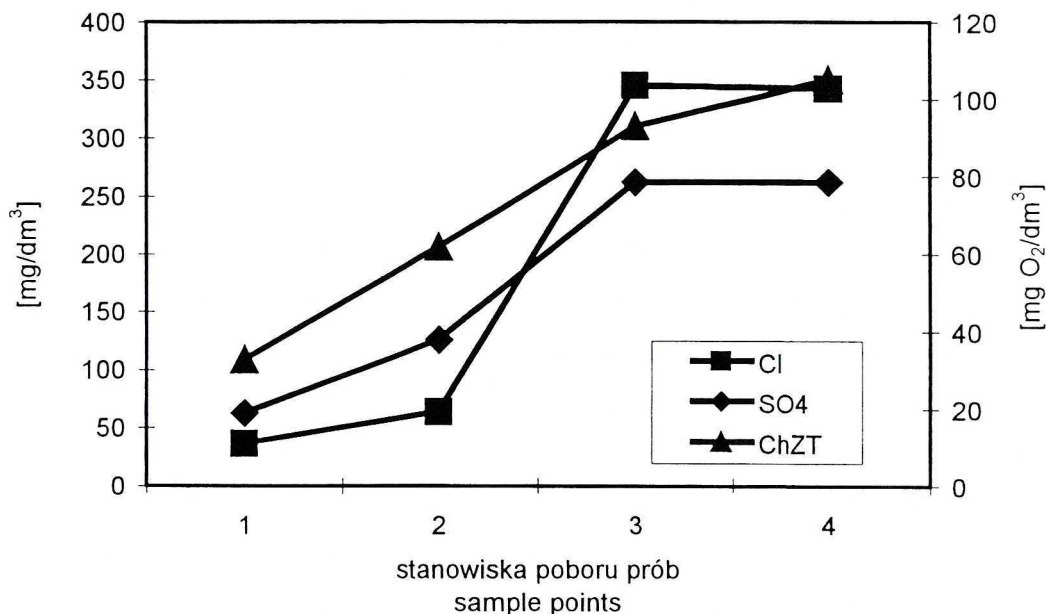
Rys. 2. Zmiany stężenia tlenu, BZT₅ i odczynu wody rzeki Przemszy – 1999, wartości średnie, trend zmian

The tendency of oxygen, BOD concentration and pH of Przemsza River – average values

CHEMICZNE ZAPOTRZEBOWANIE TLENU (ChZT)

Najniższe stężenia ChZT stwierdzano w czasie całego okresu badawczego na stanowisku nr 1 (Wojkowice). Zakres zmian zamykał się w granicach 12,8–67,6 mg O₂/dm³. Dla tego okresu wartość najwyższą stwierdzono w sierpniu. W wodzie rzeki na stanowisku nr 2 (Będzin) ChZT zmieniało się w granicach od 16,0 do 184,6 mg O₂/dm³. Także i na tym stanowisku wartość maksymalną stwierdzono w okresie letnim, w sierpniu. W pozostałych miesiącach notowane wartości były znacznie niższe i wyrównane (tab. 1–4). Stanowisko nr 3 (Mysłowice) cechował w okresie badawczym przebieg podobny do opisanego dla stanowiska nr 2. Jednak stwierdzone wartości były wyraźnie wyższe. Także i w tym przypadku maksymalną wartość omawianego wskaźnika stwierdzono w połowie sierpnia. Na stanowisku nr 4 (Jeleń) najwyraźniej był widoczny wzrost stężenia ChZT w okresie prowadzenia badań. W lipcu stwierdzono w wodzie Przemszy 25,6 mg O₂/dm³, a pod koniec października 111,6 mg O₂/dm³.

Charakterystyczny jest trend zmian wartości średnich obliczonych dla każdego ze stanowisk pomiarowych. Wyraźnie widoczny jest wzrost stężenia ChZT od 33 mg O₂/dm³ na stanowisku nr 1 (Wojkowice) do 105 mg O₂/dm³ na stanowisku nr 4 (Jeleń) (rys. 3).



Rys. 3. Zmiany stężeń chlorków, siarczanów i ChZT w wodzie rzeki Przemszy — 1999 r., wartości średnie, trend zmian

The tendency of chlorides, sulfates and COD concentrations of Przemsza River — average values

JONY CHLORKOWE

Niskie i wyrównane stężenia jonów chlorkowych (od 28 do 48 mg Cl/dm³) występowały w ciągu okresu badawczego na stanowisku nr 1 (Wojkowice). Na stanowisku nr 2 (Będzin) wielkość stężeń wynosiła od 54 do 86 mg Cl/dm³. Była zatem prawie dwukrotnie większa niż na stanowisku poprzednim. Na stanowisku nr 3 (Mysłowice) zakres zmian stężenia jonów chlorkowych wynosił od 172 do 478 mg Cl/dm³. Podobne stężenia omawianego wskaźnika obserwowano na stanowisku nr 4 (Jeleń).

Wyraźnie widoczna jest różnica pomiędzy wielkością stężeń a dynamiką zmian na stanowiskach 1 i 2, w porównaniu ze stanowiskami 3 i 4 (tab. 1–4). Jest to wyraźnie widoczne na wykresie (rys. 3). Widoczna jest wyraźnie tendencja wzrostowa stężeń jonów chlorkowych w miarę oddalania się od źródeł rzeki, a zbliżania się do jej ujścia, do Wisły.

JONY SIARCZANOWE

Przebieg zmian stężeń jonów siarczanowych w wodzie rzeki Przemszy był w okresie badawczym bardzo podobny do opisanych wyżej zmian stężeń jonów chlorkowych. (tab. 1–4). Najniższe, bardzo wyrównane w ciągu całego okresu badawczego (od 53,9 do 70,8 mg SO₄/dm³), stężenia obserwowano na stanowisku nr 1 (Wojkowice). W porównaniu z nimi stężenia siarczanów w wodzie na stanowisku nr 2 (Będzin) były około dwukrotnie wyższe (zakres zmian

od 117 do 141 mg SO_4/dm^3). Dalszy wzrost obserwowano na stanowisku nr 3 (Mysłowice), gdzie następował wzrost stężenia ponownie około dwukrotny, w porównaniu ze stanowiskiem nr 2. Na stanowisku nr 4 (Jeleń) stężenia siarczanów w wodzie rzeki były już tylko nieznacznie wyższe od stwierdzonych na stanowisku nr 3.

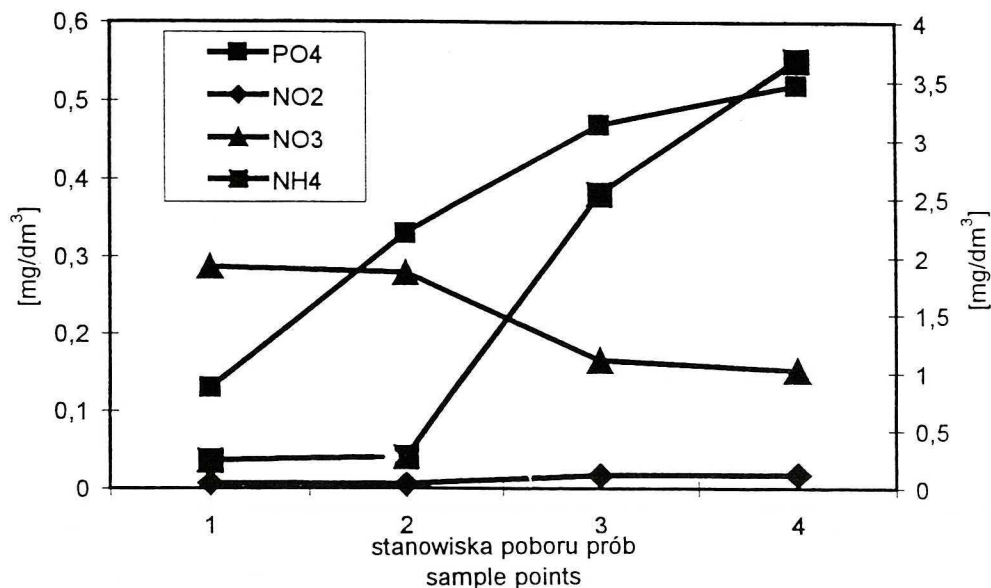
Przedstawione na rys. 3 zmiany średnich stężeń jonów siarczanowych na poszczególnych stanowiskach pomiarowych wykazywały wyraźną tendencję wzrostową od stanowiska nr 1 (63 mg SO_4/dm^3) do stanowiska nr 4 (262 SO_4/dm^3).

ORTO-FOSFORANY

Stężenia o-fosforanów w wodzie rzeki Przemszy przedstawiono w tab. 1–4. W okresie od czerwca do grudnia 1999 r. dało się zauważyć stopniowe zmniejszanie stężeń fosforanów. Najwyższe stężenia zanotowano na wszystkich stanowiskach w lipcu, najniższe w październiku i grudniu 1999 r.

Największy zakres zmian stężeń (od 0,08 do 0,61 mg PO_4/dm^3) obserwowano w czerwcu i lipcu (od 0,2 do 0,93 mg PO_4/dm^3). W pozostałych miesiącach zauważalne było zmniejszanie się zakresu zmian i wyrównywanie stężeń na poszczególnych stanowiskach. Najwyraźniej wystąpiło to w grudniu, kiedy zakres zmian wartości stężeń między pierwszym a czwartym stanowiskiem wynosił od 0,1 do 0,35 mg PO_4/dm^3 .

Charakterystyczny jest, przedstawiony na rys. 4, wzrost średnich wartości stężeń o-fosforanów z 0,13 mg PO_4/dm^3 na stanowisku nr 1 (Wojkowice) do 0,52 mg PO_4/dm^3 na stanowisku nr 4 (Jeleń).



Rys. 4. Zmiany stężeń o-fosforanów, azotu amonowego, azotynowego i azotanowego w wodzie rzeki Przemszy – 1999 r. – wartości średnie, trend zmian

The tendency of changes o-phosphates, ammonia, nitrite and nitrate concentrations of Przemsza River – average values

AZOT AMONOWY

Stężenia azotu amonowego na stanowiskach nr 1 (Wojkowice) i 2 (Będzin) były w okresie badawczym najniższe i bardzo wyrównane. Zakres zmian (tab. 1–4) wynosił odpowiednio od 0,1 do 0,72 mg NH_4/dm^3 i od 0,1 do 0,62 mg NH_4/dm^3 . Na obu stanowiskach najwyższe stężenia zanotowano w czerwcu. Na stanowisku nr 3 stwierdzono w okresie od czerwca do grudnia 1999 podwyższone i jednocześnie wyrównane stężenie azotu amonowego wynoszące od 2,4 do 2,8 mg NH_4/dm^3 . Na stanowisku nr 4 (Jeleń) stężenie azotu amonowego nadal wzrastało, a zakres zmian wynosił od 2,0 do 4,4 mg NH_4/dm^3 .

Przebieg zmian średnich stężeń azotu amonowego dla całego okresu badawczego wskazuje (rys. 4), że najmniejsze stężenia tej formy azotu występują w górnym biegu rzeki, a ilość azotu amonowego w wodzie wzrasta w miarę zbliżania się do ujścia Przemszy, do rzeki Wisły.

AZOT AZOTYNOWY

Stężenie azotynów w wodzie rzeki Przemszy na stanowisku nr 1 (Wojkowice) zmieniało się w granicach od 0,002 do 0,02 mg NO_2/dm^3 . Jednocześnie zanotowano wzrost stężenia azotynów w wodzie rzeki, w sierpniu do wartości maksymalnej 0,02 mg NO_2/dm^3 . Na stanowisku nr 2 (Będzin) zakres zmian azotynów wynosił od 0,003 do 0,01 mg NO_2/dm^3 . Na obu pierwszych stanowiskach wartości najniższe stwierdzono w okresie od września do grudnia 1999 r. W wodzie rzeki Przemszy na stanowisku nr 3 (Mysłowice) stężenie azotynów zmieniało się od 0,03 mg NO_2/dm^3 w czerwcu do 0,015 mg NO_2/dm^3 w grudniu. Poza jednorazowym wzrostem stężenia azotynów do 0,05 mg NO_2/dm^3 w lipcu, wartości omawianego wskaźnika na stanowisku nr 4 (Jeleń) były zbliżone do obserwowanych na stanowisku nr 3.

Przebieg zmian średnich wartości stężeń azotynów (rys. 4) wskazuje na bardzo nieznaczną tendencję wzrostu ilości tej formy azotu wraz z biegiem rzeki.

AZOT AZOTANOWY

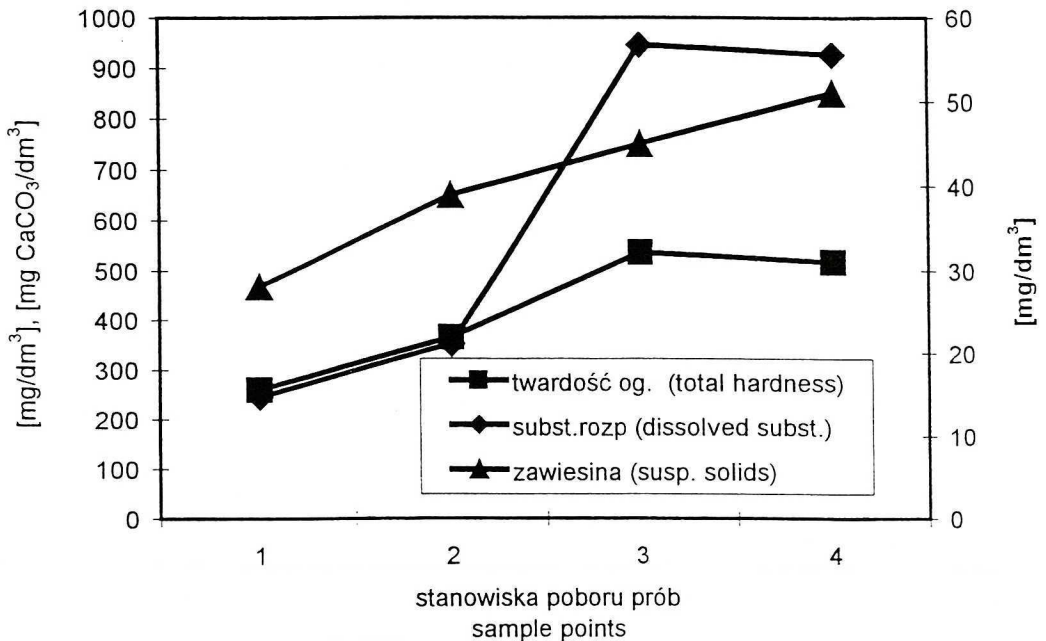
Na stanowisku nr 1 (Wojkowice) stężenie azotanów zmieniało się od 0,45 do 3,0 mg NO_3/dm^3 . Dynamika zmian w okresie badawczym nie wskazuje na określoną, jednoznaczną tendencję. Na stanowisku nr 2 (Będzin) stężenie azotanów zmieniało się od 0,79 do 2,72 mg NO_3/dm^3 . Na tym stanowisku zauważono wyższe stężenia w okresie od lipca do końca września. Jednak i tutaj dynamika zmian nie wskazywała określonej tendencji. Zakres zmian stężenia azotanów na stanowisku nr 3 (Mysłowice) wynosił od 1,0 do 1,72 mg NO_3/dm^3 . Dynamika zmian (tab. 1–4) wskazuje na tendencję wyrównywania stężeń w funkcji czasu. Stanowisko nr 4 (Jeleń) cechowały najniższe stężenia azotanów, w granicach od 0,64 do 1,6 mg NO_3/dm^3 . Dynamika zmian na tym stanowisku w okresie badawczym od czerwca do grudnia 1999 r., przypominała opisaną dla stanowiska nr 3. Z biegiem rzeki (rys. 4) stężenie azotanów w wodzie wykazuje tendencję malejącą.

TWARDOŚĆ OGÓLNA

Stężenia twardości ogólnej wody rzeki Przemszy na poszczególnych stanowiskach przedstawiono w tabelach 1–4.

Najniższą twardość miała woda na stanowisku nr 1 (Wojkowice), gdzie zmieniała się od 227 do 344 mg CaCO₃/dm³. Przebieg zmian był wyrównany i nie wykazywał określonej tendencji. Na stanowisku nr 2 (Będzin) zakres zmian twardości wynosił od 312 do 353 mg CaCO₃/dm³. W okresie od czerwca do końca października wartości omawianego wskaźnika były bardzo wyrównane. Najwyższą wartość, 548 mg CaCO₃/dm³ stwierdzono na początku grudnia. Na stanowisku nr 3 (Mysłowice) oraz na stanowisku nr 4 (Jeleń) zarówno zakres stężeń twardości ogólnej, jak i ich dynamika, były bardzo podobne. Wartości zmieniały się od 421 do 608 mg CaCO₃/dm³. Od czerwca do grudnia obserwowano stopniowy wzrost twardości na ww. stanowiskach.

Na rys. 5 przedstawiono trend zmian średnich stężeń twardości ogólnej dla poszczególnych stanowisk. Widać wyraźnie, że wraz z biegiem rzeki wzrasta jej twardość. W porównaniu z twardością wody na stanowisku nr 1 (Wojkowice), twardość ogólna wody na stanowisku nr 4 (Jeleń) wzrasta dwukrotnie.



Rys. 5. Zmiany stężenia twardości, substancji rozpuszczonych oraz zawiesin w wodzie rzeki Przemszy – 1999 r. – wartości średnie, trend zmian

The tendency of changes total hardness, dissolved matter and suspended solids concentrations of Przemsza River

SUBSTANCJE ROZPUSZCZONE

Stężenie substancji rozpuszczonych w wodzie rzeki Przemszy na stanowisku nr 1 (Wojkowice) wynosiło od 220 mg/dm³ (w połowie sierpnia) do 260 mg/dm³ (w czerwcu, październiku i grudniu). Stwierdzone wartości w ciągu okresu badawczego były bardzo wyrównane. Na stanowisku nr 2 (Będzin), ilość substancji rozpuszczonych w wodzie rzeki wynosiła od 320 (w połowie sierpnia) do 400 mg/dm³ (w końcu września). Dynamika zmian tych wartości była niewielka (tab. 1–4). Stężenia substancji rozpuszczonych w wodzie na stanowisku nr 3 (Mysłowice) i nr 4 (Jeleń) były bardzo zbliżone (tab. 1–4). Zmieniały się od 840 do 1050 mg/dm³. Były to zatem wartości około czterokrotnie wyższe od zanotowanych dla stanowisk 1 i 2.

Zmiany średnich wartości omawianego wskaźnika dla poszczególnych stanowisk w ciągu okresu badawczego wykazywały, że z biegiem rzeki ilość substancji rozpuszczonych w wodzie wyraźnie wzrastała. Szczególnie wyraźnie wzrost następował między stanowiskiem nr 2 i nr 3.

ZAWIESINA

Stwierdzono, że w okresie badawczym ilość zawiesin niesionych z wodą rzeki Przemszy wzrastała z biegiem rzeki.

Na stanowisku nr 1 (Wojkowice) stężenie zawiesin zmieniało się w niewielkich granicach i wynosiło od 22 do 34 mg/dm³. Na stanowisku nr 2 (Będzin) zakres zmian wynosił od 23 do 67 mg/dm³. Wartość maksymalną zanotowano w połowie sierpnia. W wodzie na stanowisku nr 3 (Mysłowice) ilość zawiesin zmieniała się od 38 do 56 mg/dm³. Na stanowisku nr 4 (Jeleń) zakres zmian wynosił od 32 do 69 mg/dm³.

Jak widać (tab. 1–4), obserwowane stężenia zawiesin można uznać za typowe, a dynamikę zmian za niewielką, nie wykazującą określonej tendencji.

Z przedstawionego wykresu (rys. 5) wynika, że z biegiem rzeki ilość wleczonych zawiesin w wodzie zwiększa się, przy czym na stanowisku nr 4 (Jeleń) zaznaczył się około dwukrotny wzrost w porównaniu ze stanowiskiem nr 1 (Wojkowice).

DYSKUSJA WYNIKÓW

Analiza trendów zmian poszczególnych wyników wykazała, że jakość wody rzeki Przemszy zmienia się wraz z oddalaniem się od strefy źródłiskowej (rys. 2–5).

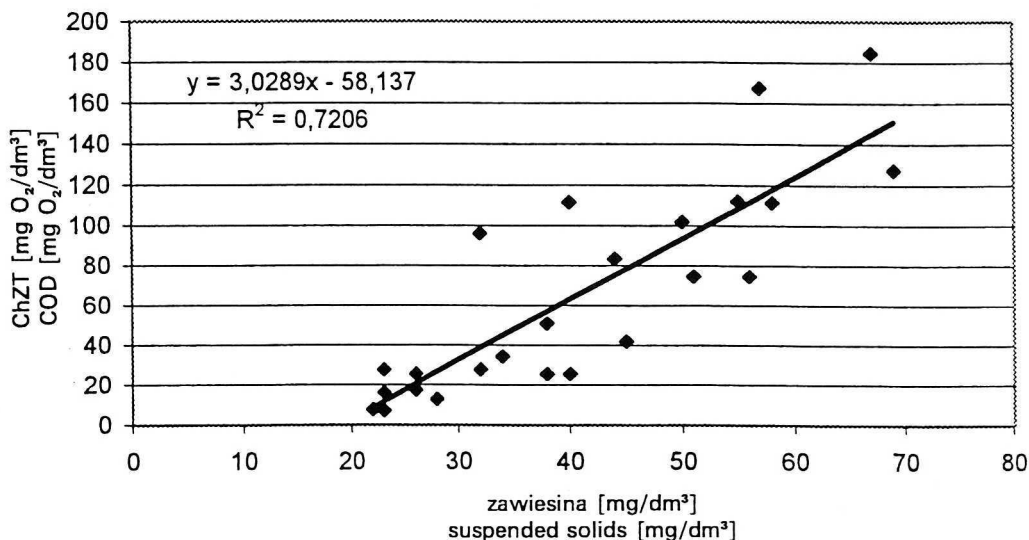
Następuje niewielkie, ale zauważalne obniżenie odczynu wody, zmniejsza się wyraźnie stężenie tlenu w wodzie rzeki, w niewielkim stopniu, ale w sposób zauważalny wzrasta BZT₅. Z biegiem rzeki około 6-krotnie wzrasta ChZT, dochodząc do ponad 105 mg O₂/dm³ na stanowisku nr 4 (Jeleń). Wskazuje to na obecność trudno rozkładalnych zanieczyszczeń wprowadzanych do rzeki ze ściekami opadowymi [10, 14, 16–18]. Dane te wskazują na zdecydowane pogorszenie warunków tlenowych w wodzie rzeki.

Również z biegiem rzeki wzrasta jej zasolenie. Około 7-krotnie wzrasta w wodzie ilość jonów chlorkowych, 5-krotnie wzrasta ilość jonów siarczanowych. Wzrost zasolenia wody znajduje także wyraz we wzroście jej twardości oraz ilości substancji rozpuszczonych w wodzie rzeki. W porównaniu do stanowiska nr 1 (Wojkowice) twardość wody na stanowisku nr 4 (Jeleń) wzrasta około dwukrotnie, a ilość substancji rozpuszczonych około 4-krotnie. Przedstawione na rysunkach 1–4 trendy świadczą o antropopresji, jakiej podlega rzeka Przemsza, wynikającej ze zrzucania do Przemszy ścieków komunalnych oraz zasolonych wód kopalnianych [7].

Wzrost stężenia azotu amonowego w wodzie rzeki jest skutkiem wzrastających ładunków ścieków zrzucanych do rzeki, co szczególnie wyraźne jest na odcinku od Będzina do Mysłowic. Na tym odcinku wzrost zanieczyszczenia wody jest szczególnie widoczny, poza azotem amonowym także w przypadku chlorków, siarczanów oraz sumy substancji rozpuszczonych.

Z biegiem rzeki w wodzie wyraźnie zmniejsza się stężenie azotanów. Łącząc to zjawisko z pogarszaniem się warunków tlenowych, można wnioskować o przewadze procesów redukcyjnych nad utleniającymi w wodzie rzeki.

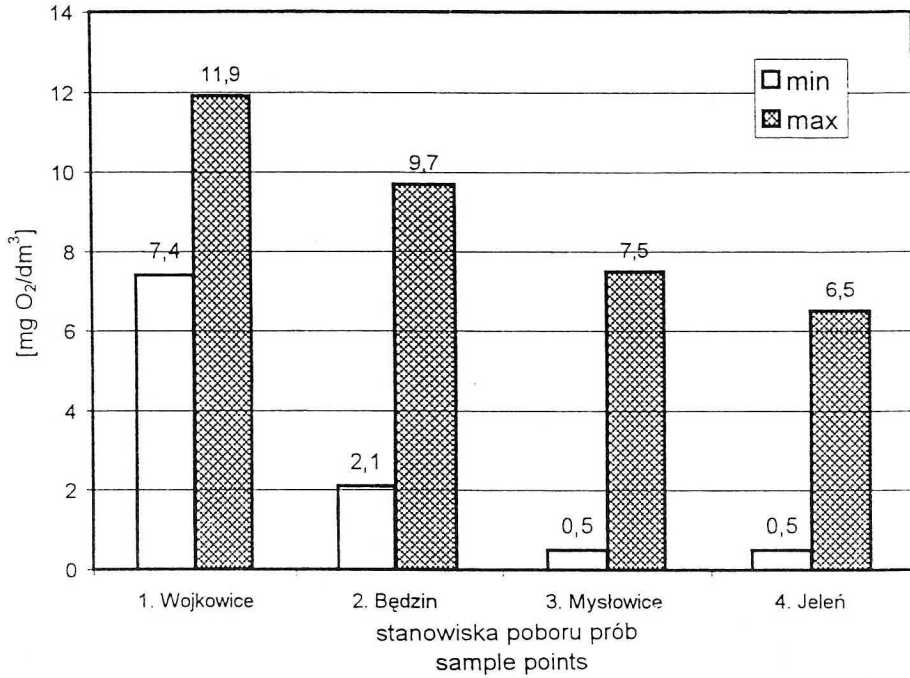
Analizując uzyskane dane, stwierdzono silną zależność między stężeniem zawiesin w wodzie rzeki a ChZT (rys. 6). Zależność ta wskazuje na wzrost –



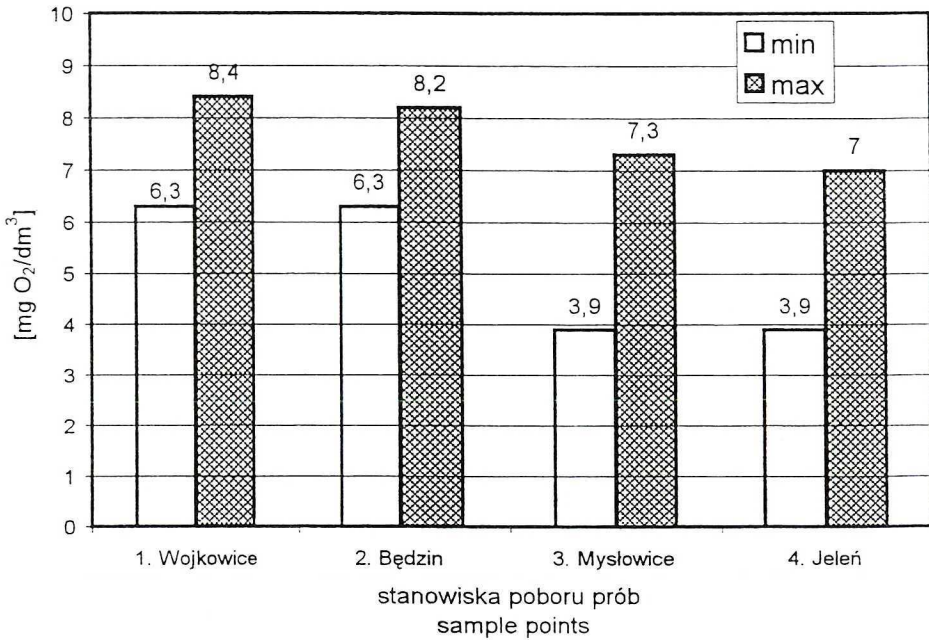
Rys 6. Zależność między stężeniem zawiesin a ChZT w wodzie rzeki Przemszy – 1999 r.
The relationship between suspended solids and COD concentration in the Przemsza River

wraz ze wzrostem stężenia zawiesin w wodzie rzeki – ilości substancji trudno rozkładalnych biologicznie. Prawdopodobnie są to substancje pochodzące ze ścieków przemysłowych, jak fenole, oleje, węglowodory, cyjanki, rodanki.

Z porównania wyników badań z lat 1979/80 z wynikami z roku 1999, dokonanego w zakresie zmian najniższych i najwyższych wartości omawianych



Rys. 7. Minimalne i maksymalne stężenia tlenu w wodzie rzeki Przemszy w 1979 r.
The minimally and maximally oxygen concentrations of Przemsza River



Rys. 8. Minimalne i maksymalne stężenia tlenu w wodzie rzeki Przemszy w 1999 r.
The minimally and maximally oxygen concentrations of Przemsza River

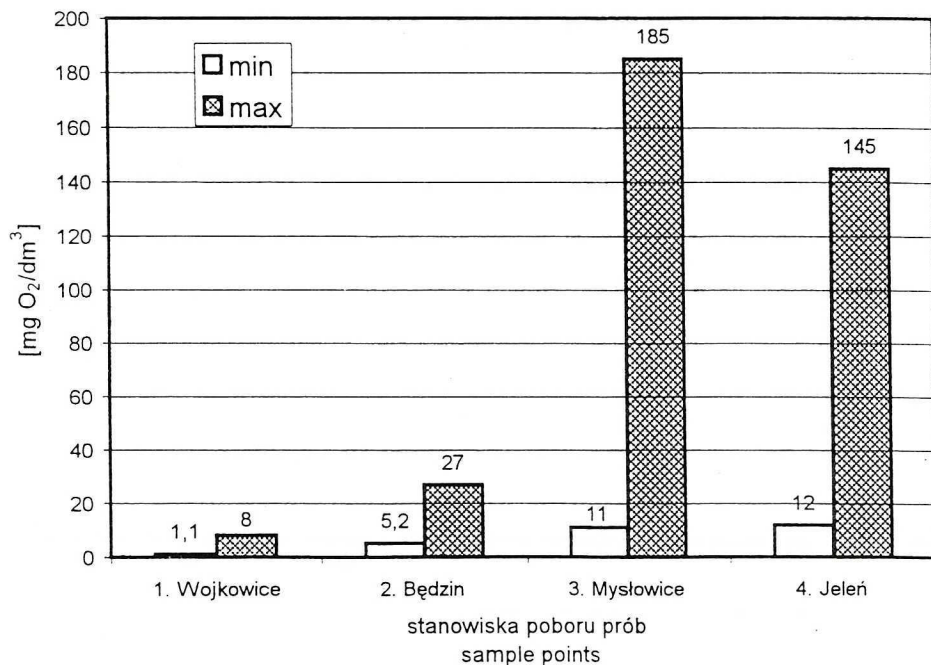
wskaźników jakości wody, wynika że w porównaniu z latami 1979/80 nastąpiła poprawa warunków tlenowych w rzece Przemszy. Znalazło to wyraz w wyraźnie wyższych minimalnych wartościach stężeń tlenu rozpuszczonego w wodzie na poszczególnych stanowiskach.

Wyraźnie poprawił się stan jakości wody określany na podstawie BZT₅. W porównaniu z latami 1979/80 maksymalne wartości obniżyły się około 20-krotnie, wartości minimalne zaś od około 3 do 10 razy (rys. 9 i 10).

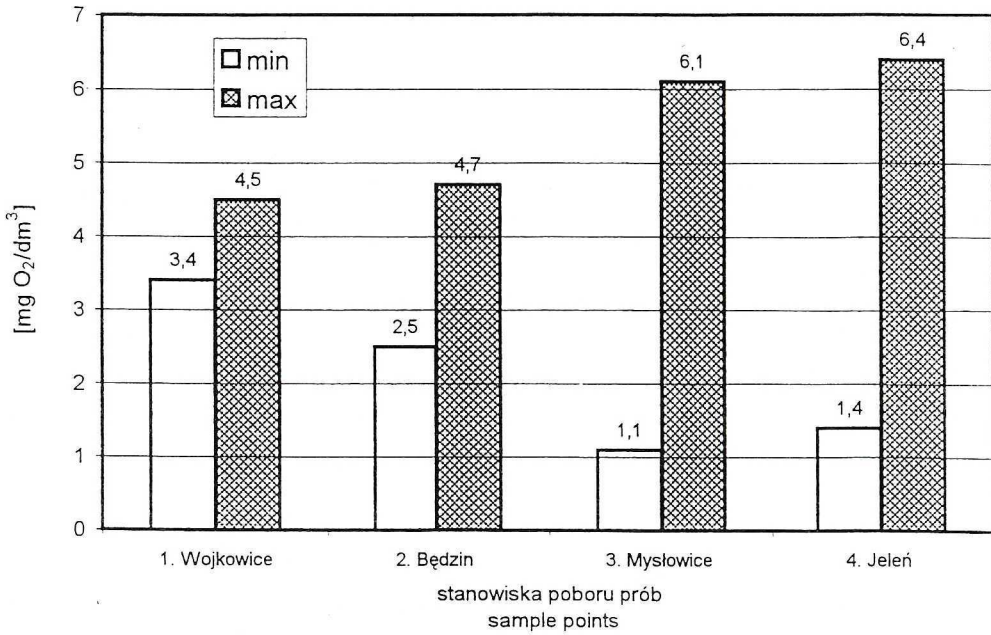
Porównanie zakresów stężeń ChZT w obu okresach badawczych pozwoliło stwierdzić, (rys. 11 i 12), że ilość zanieczyszczeń w wodzie rzeki, oznaczanych metodą chromianową jako chemiczne zapotrzebowanie tlenu, praktycznie obecnie jest taka sama jak w latach 1979/80. Zatem źródła tych zanieczyszczeń nadal występują i funkcjonują w zlewni badanej rzeki.

Podobny wniosek wynika z diagramów porównujących stężenia chlorków i siarczanów (rys. 13 i 14, oraz 15 i 16). Najniższe i najwyższe stężenia tych jonów przed 10 laty były takie same jak są obecnie. Zatem na przestrzeni ostatnich 10 lat stopień zasolenia wód rzeki Przemszy nie uległ zmniejszeniu.

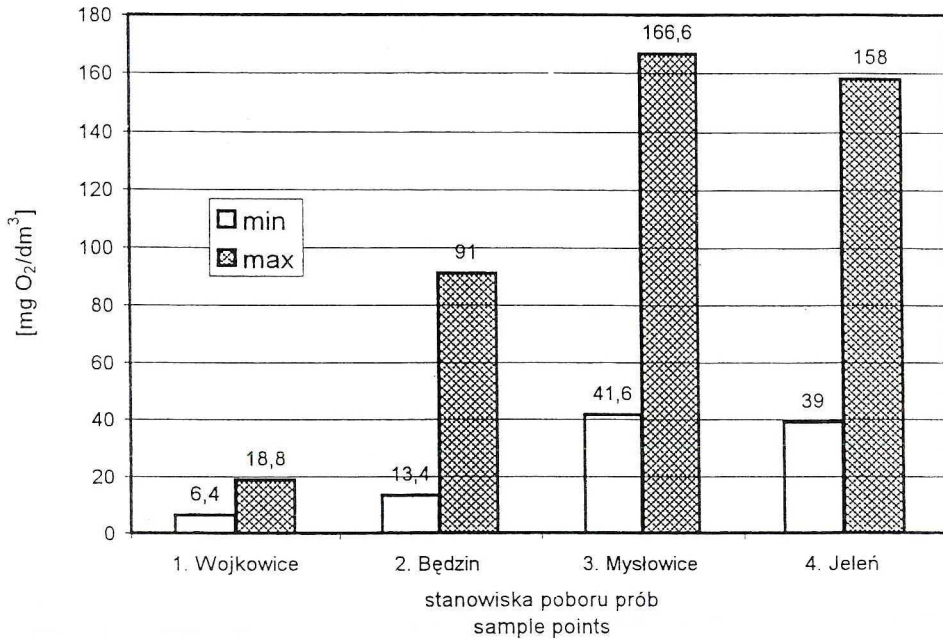
Pewnej poprawy można się dopatrywać w zmniejszeniu ilości azotu amonowego w wodzie rzeki Przemszy (rys. 17 i 18). Poprawa dotyczy przede wszystkim stężeń maksymalnych, które w latach 1979/80 były wyższe. Należy przypuszczać, że jest to skutek zwiększenia stopnia oraz ilości oczyszczanych ścieków.



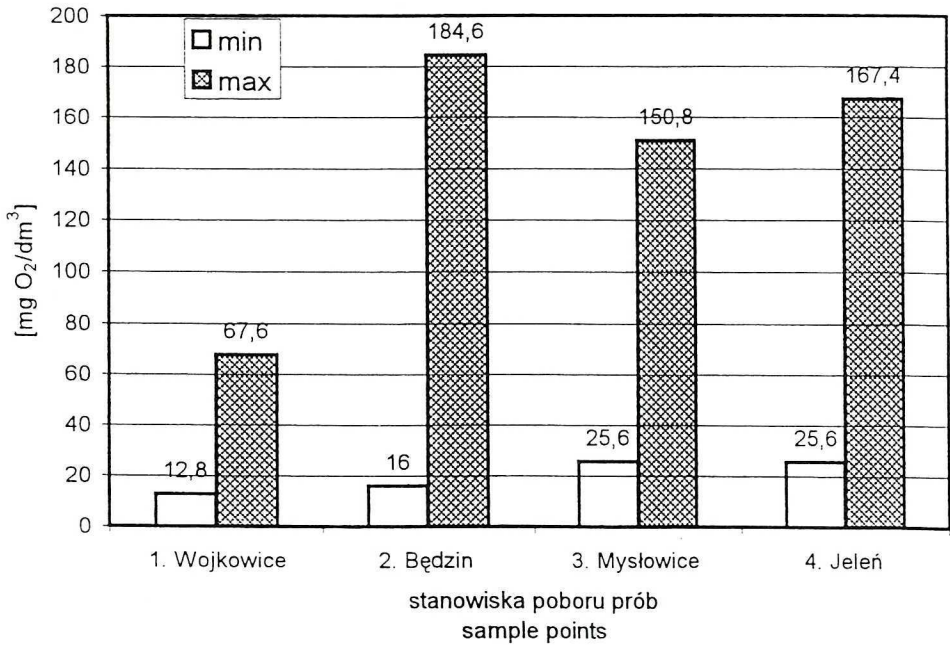
Rys. 9. Minimalne i maksymalne stężenia BZT₅ w wodzie rzeki Przemszy w 1979 r.
The minimally and maximally BOD concentrations of Przemsza River



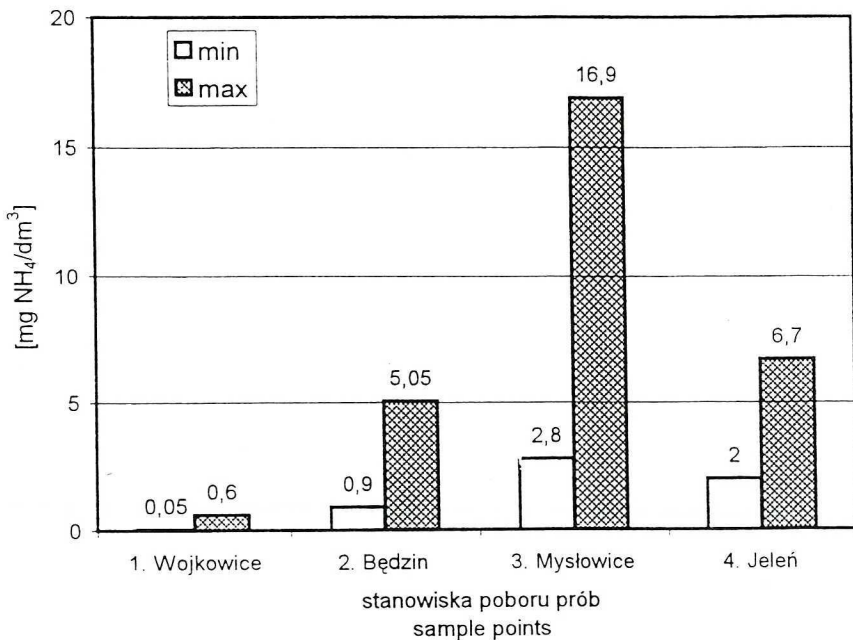
Rys. 10. Minimalne i maksymalne stężenia BZT₅ w wodzie rzeki Przemszy w 1999 r.
The minimally and maximally oxygen concentrations of Przemsza River



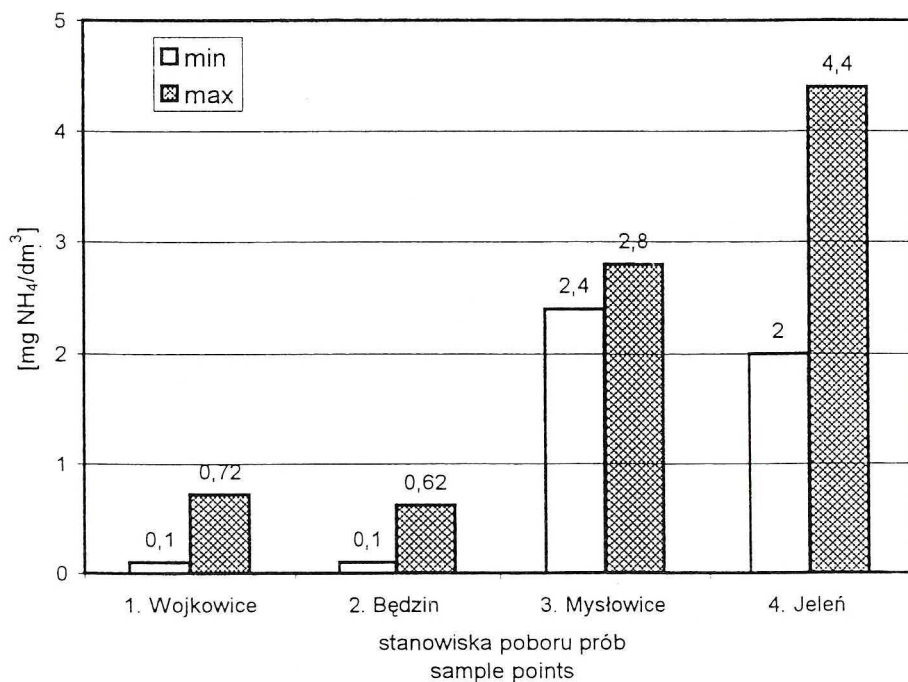
Rys. 11. Minimalne i maksymalne stężenia ChZT w wodzie rzeki Przemszy w 1979 r.
The minimally and maximally COD concentrations of Przemsza River



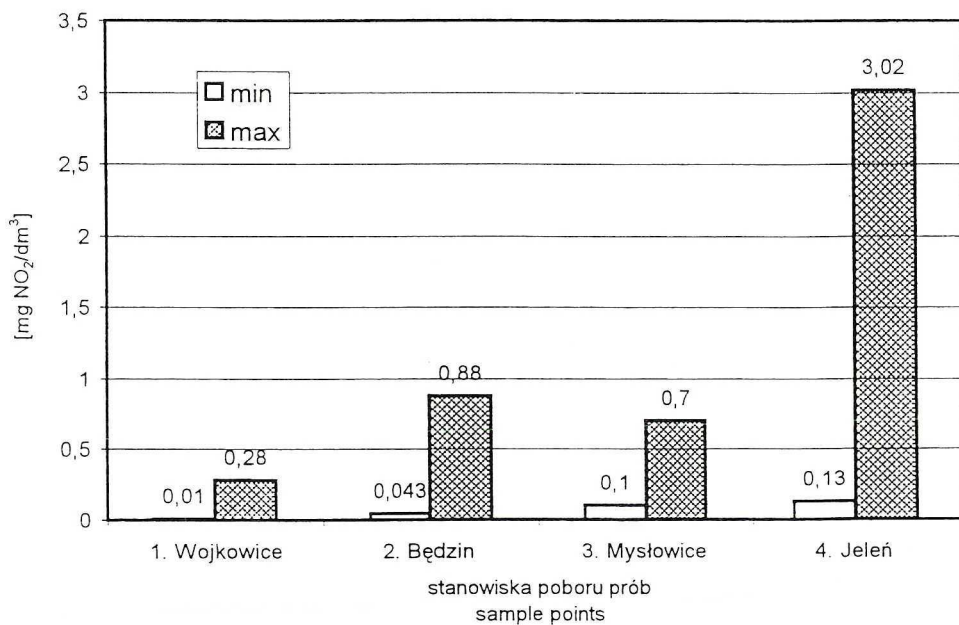
Rys. 12. Minimalne i maksymalne stężenia ChZT w wodzie rzeki Przemszy w 1999 r.
The minimally and maximally COD concentrations of Przemsza River



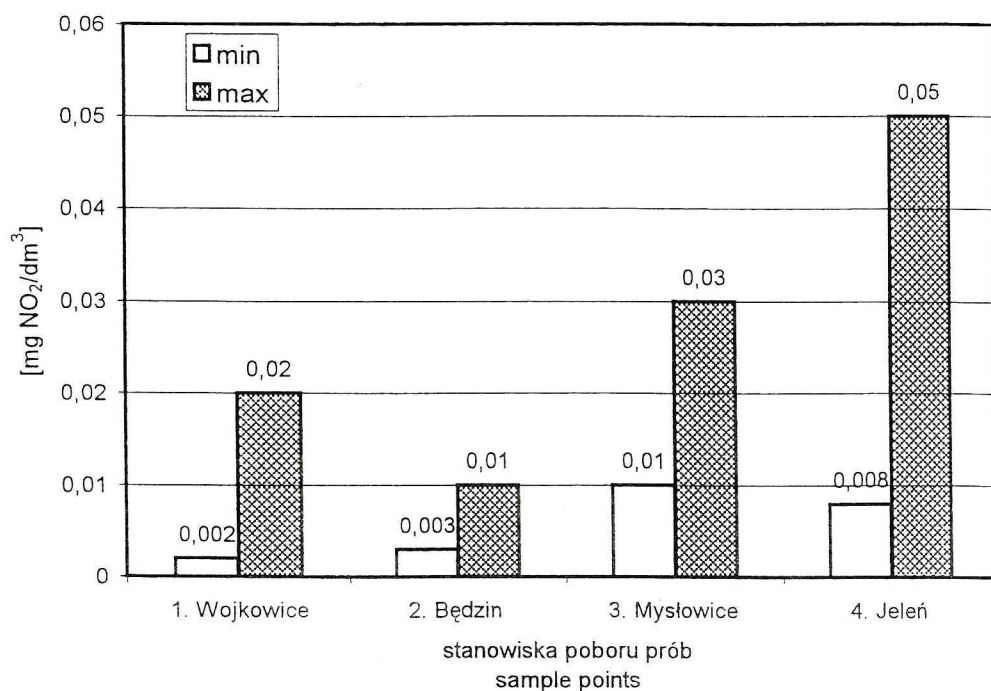
Rys. 13. Minimalne i maksymalne stężenia azotu amonowego w wodzie rzeki Przemszy w 1979 r.
The minimally and maximally ammonia concentrations of Przemsza River



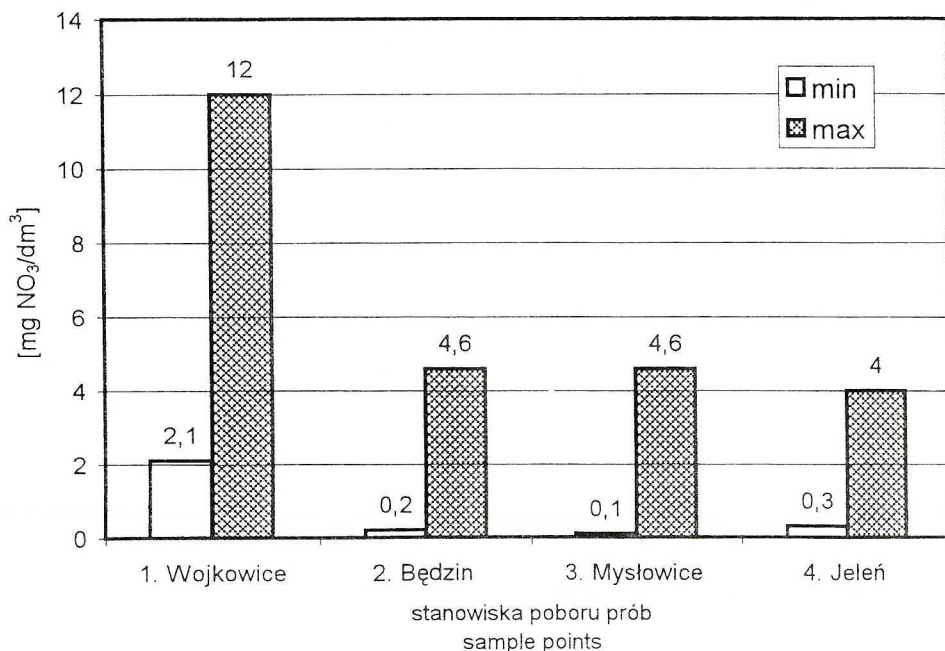
Rys. 14. Minimalne i maksymalne stężenia azotu amonowego w wodzie rzeki Przemszy w 1999 r.
The minimally and maximally ammonia concentrations of Przemsza River



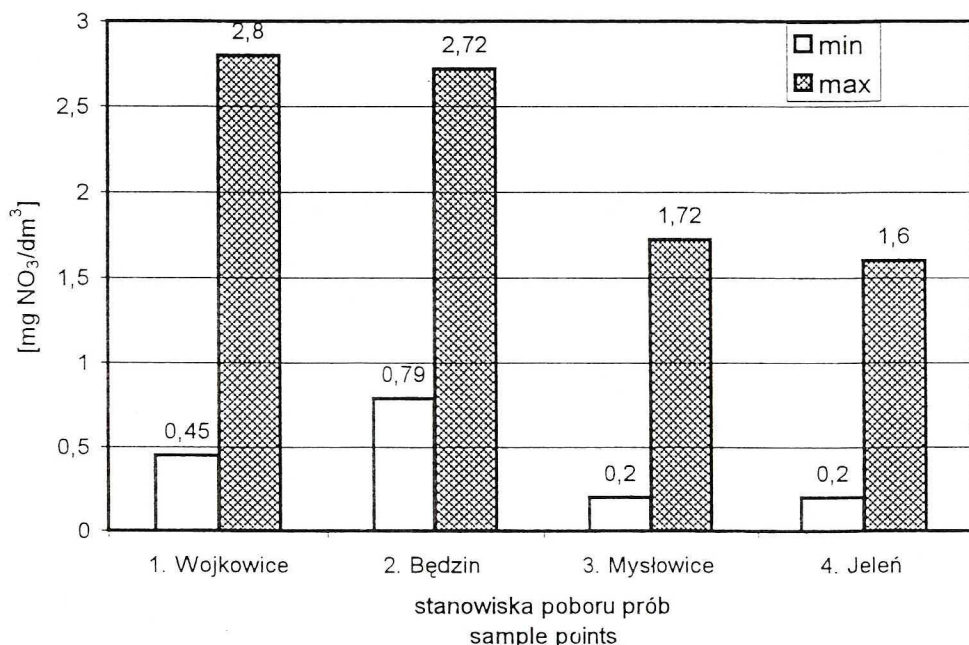
Rys. 15. Minimalne i maksymalne stężenia azotu azotynowego w wodzie rzeki Przemszy w 1979 r.
The minimally and maximally nitrite concentrations of Przemsza River



Rys. 16. Minimalne i maksymalne stężenia azotu azotynowego w wodzie rzeki Przemszy w 1999 r.
The minimally and maximally nitrite concentration of Przemsza River



Rys. 17. Minimalne i maksymalne stężenia azotu azotanowego w wodzie rzeki Przemszy w 1979 r.
The minimally and maximally nitrate concentrations of Przemsza River



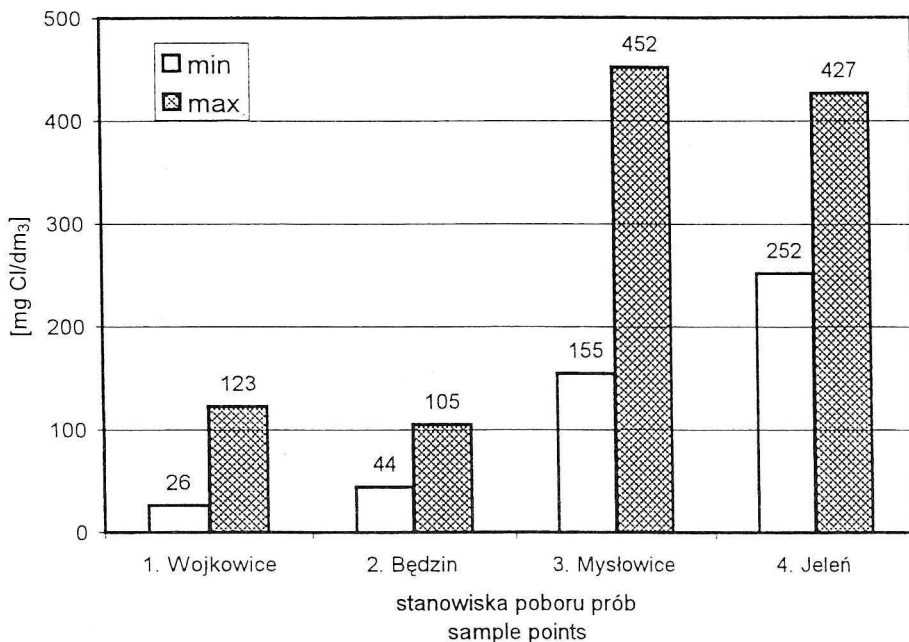
Rys. 18. Minimalne i maksymalne stężenia azotu azotanowego w wodzie rzeki Przemszy w 1999 r.
The minimally and maximally nitrate concentrations of Przemsza River

Wyraźnemu zmniejszeniu uległy stężenia azotu azotynowego. Poprawa nastąpiła zarówno w przypadku stężeń najniższych, jak i najwyższych (rys. 19 i 20). Z pewnością wpływ na ten stan może mieć zwiększenie skuteczności oczyszczania ścieków oraz wspomniana wyżej poprawa bilansu tlenowego rzeki Przemszy.

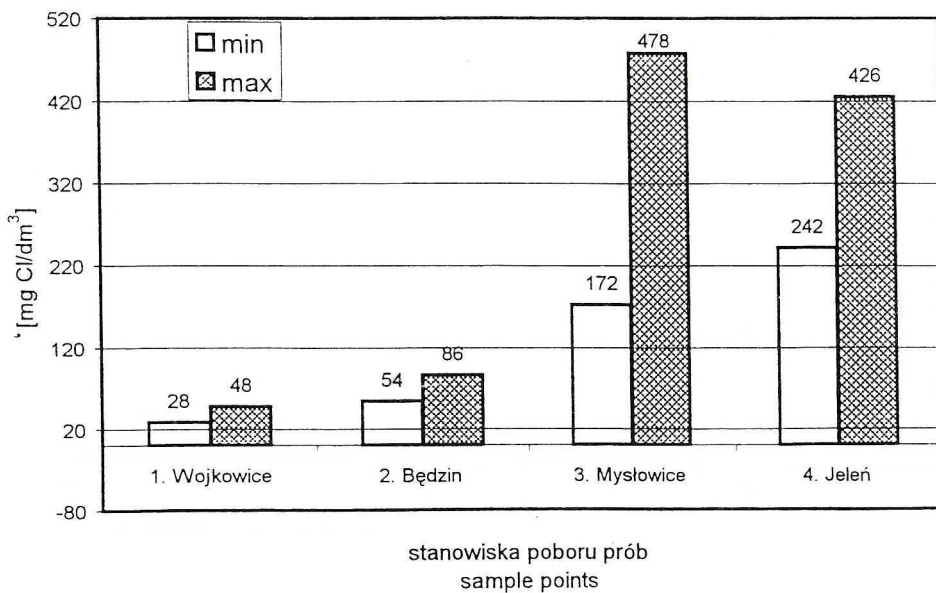
Rysunki 21 i 22 wskazują, że na przestrzeni 10 lat w wodzie rzeki zmniejszyła się ilość azotanów. Jakkolwiek mogłoby to sugerować przewagę procesów redukcji (denitryfikacja) nad procesami utleniania, jednakże w związku z poprawą stosunków tlenowych w rzece można sądzić, że przyczyną obserwowanego zjawiska jest zmniejszenie intensywności nawożenia gleb użytków rolnych w zlewni rzeki. Skutki tego obserwowano także w innych zlewniach Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego [8].

Porównanie lat 1979/80 i 1999 pod względem ilości substancji rozpuszczonych w wodzie rzeki Przemszy pozwala stwierdzić (rys. 23 i 24), że podobnie, jak w przypadku chlorków i siarczanów, sytuacja niewiele się zmieniła. Także i to zestawienie wskazuje, że zanieczyszczenia w postaci zasolonych wód kopalnianych nadal są odprowadzane do rzeki.

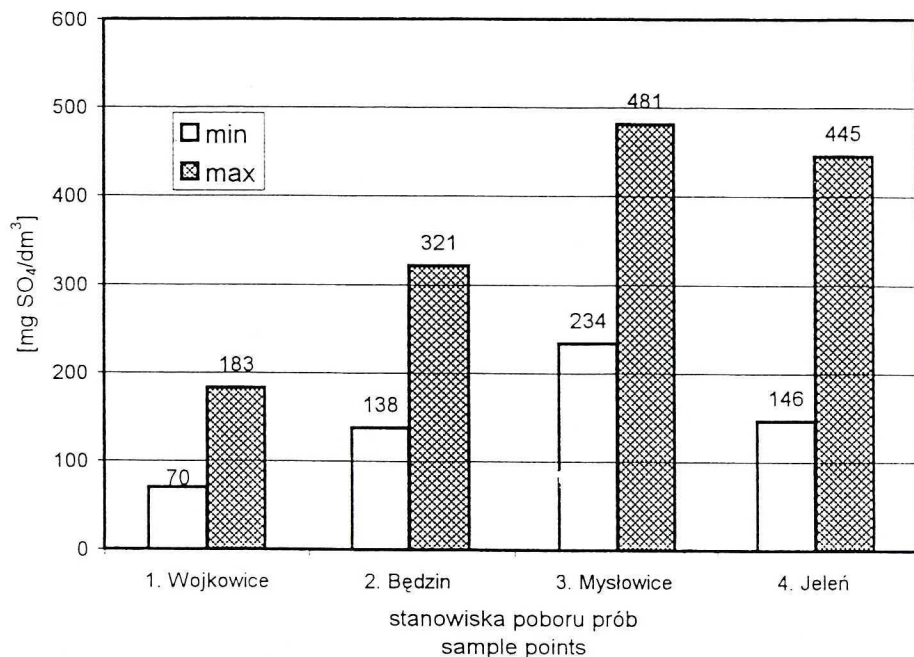
Zawiesiny allochtoniczne wprowadzane są do wód rzek ze spływami powierzchniowymi [9, 11, 12]. W wodzie rzeki zmniejszyła się ilość zawiesin, co szczególnie wyraźnie jest widoczne na stanowiskach nr 3 i 4 (rys. 25 i 26). Wskazuje to na wzrost skuteczności oczyszczania ścieków przemysłowych, zwłaszcza zatrzymywania w osadnikach zawiesin pochodzących z mułów węglowych.



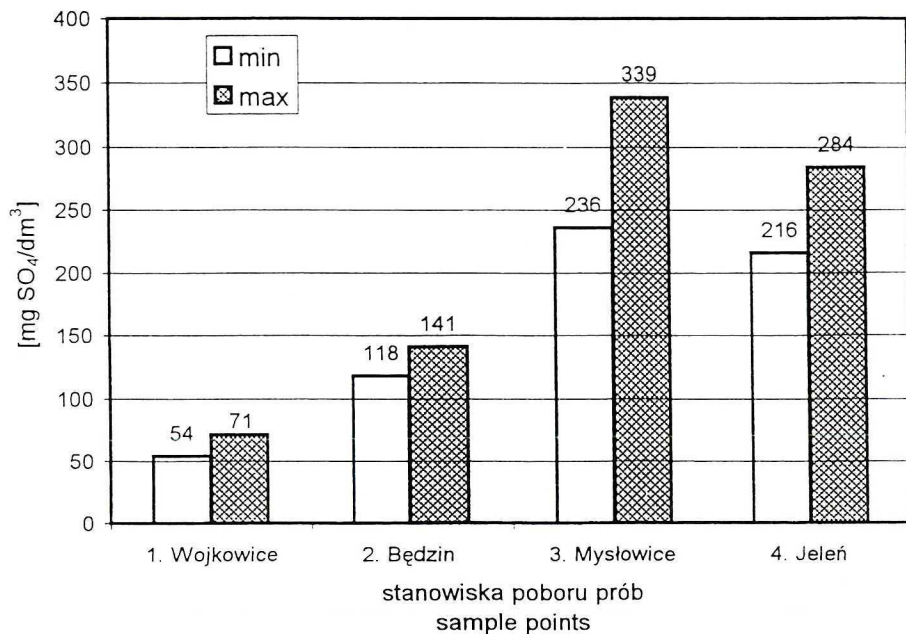
Rys. 19. Minimalne i maksymalne stężenia chlorków w wodzie rzeki Przemszy w 1979 r.
The minimally and maximally chloride concentrations of Przemsza River



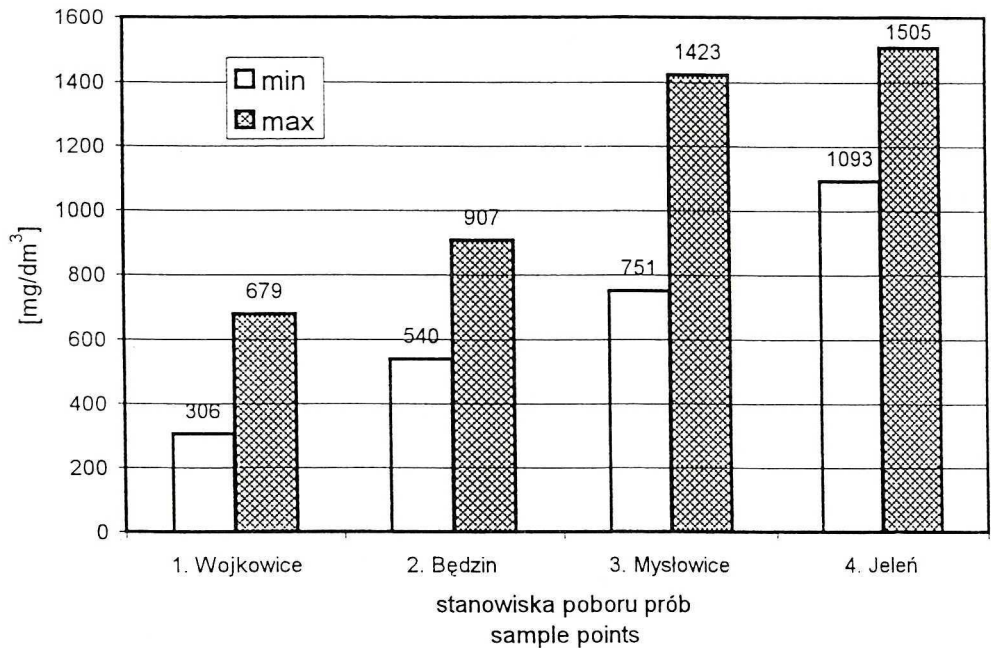
Rys. 20. Minimalne i maksymalne stężenia chlorków w wodzie rzeki Przemszy w 1999 r.
The minimally and maximally chloride concentrations of Przemsza River



Rys. 21. Minimalne i maksymalne stężenia siarczanów w wodzie rzeki Przemszy w 1979 r.
The minimally and maximally sulfate concentrations of Przemsza River

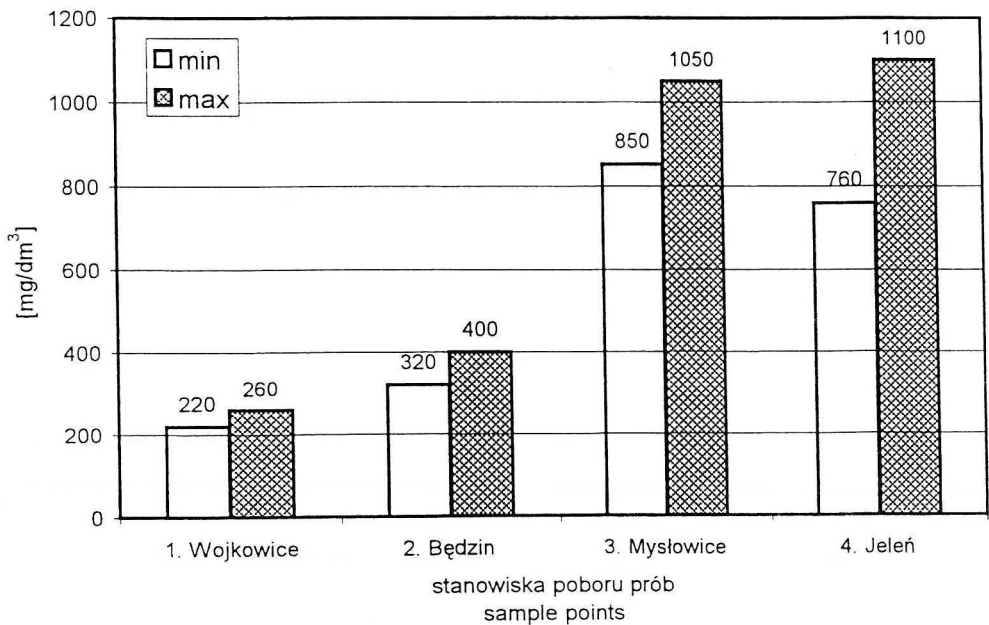


Rys. 22. Minimalne i maksymalne stężenia siarczanów w wodzie rzeki Przemszy w 1999 r.
The minimally and maximally sulfate concentrations of Przemsza River



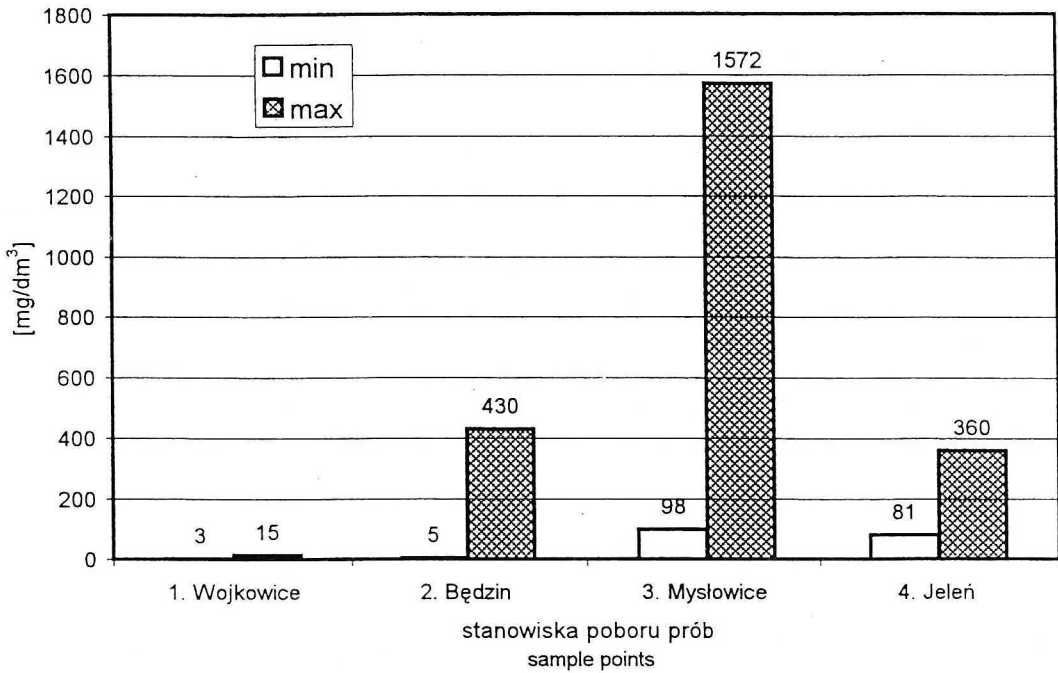
Rys. 23. Minimalne i maksymalne stężenia substancji rozpuszczonych w wodzie rzeki Przemszy w 1979 r.

The minimally and maximally dissolved matter concentrations of Przemsza River

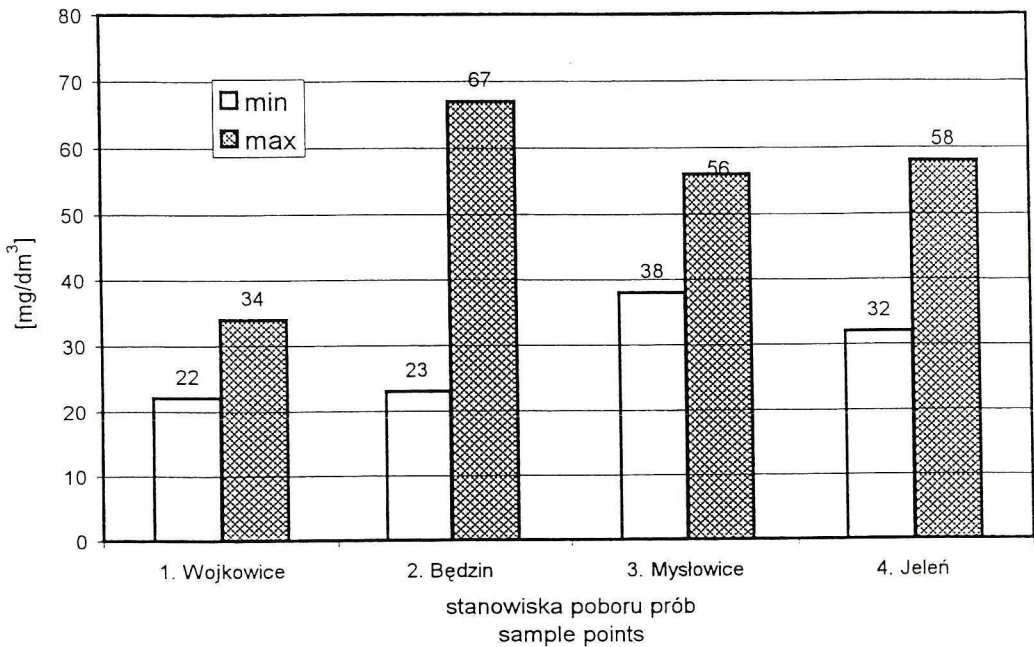


Rys. 24. Minimalne i maksymalne stężenia substancji rozpuszczonych w wodzie rzeki Przemszy w 1999 r.

The minimally and maximally dissolved matter concentrations of Przemsza River



Rys. 25. Minimalne i maksymalne stężenia zawiesin w wodzie rzeki Przemszy w 1979 r.
The minimally and maximally suspended solids concentrations of Przemsza River



Rys. 26. Minimalne i maksymalne stężenia zawiesin w wodzie rzeki Przemszy w 1999 r.
The minimally and maximally suspended solids concentrations of Przemsza River

WNIOSKI

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. W porównaniu z latami 1979/80 nastąpiła zauważalna poprawa jakości wody. Polega ona przede wszystkim na zwiększeniu stężenia tlenu w wodzie rzeki i wyraźnemu zmniejszeniu stężeń BZT₅.

2. Analiza zmian stężeń ChZT pozwoliła stwierdzić, że ilość trudno utleniających zanieczyszczeń, oznaczanych metodą chromianową jako chemiczne zapotrzebowanie tlenu, jest obecnie taka sama, jak w latach 1979/80.

3. Zasolenie wody rzeki Przemszy na przestrzeni ostatnich 10 lat nie uległo zmniejszeniu.

4. W wodzie rzeki zmniejszeniu uległy stężenia mineralnych form azotu. Prawdopodobnie wynika to ze zwiększenia skuteczności oczyszczania ścieków, zmniejszenia intensywności nawożenia oraz wspomnianej wyżej poprawy bilansu tlenowego rzeki Przemszy.

5. Pomimo widocznych oznak ogólnej poprawy czystości, nadal wraz z biegiem rzeki, jakość wody ulega pogorszeniu. Szczególnie widoczne jest to na odcinku rzeki w sąsiedztwie miejscowości Mysłowice i Jeleń.

6. Poprawa jakości wody rzeki Przemszy wymaga dalszego porządkowania gospodarki wodno-ściekowej w zlewni rzeki.

LITERATURA

- [1] Deryło A., L. Narloch, P. Szilman: *Badania fizykochemiczne wody rzeki Rawy w Katowicach*, III Kraj. Konf. NFOŚiGW. Ustroń, 17–19 października, t. 2, 169–173 (1995).
- [2] Deryło A., L. Narloch, D. Jarosińska: *Ocena zanieczyszczenia wody potoku Ślepiotka w aspekcie fizykochemicznym*, III Kraj. Konf. NFOŚiGW. Ustroń, 17–19 października, t. 2, 189–198 (1995).
- [3] Deryło A., L. Narloch, P. Szilman: *Fizykochemiczna ocena jakości wody potoku Bobrek*, Konf. Narodowej Fundacji Gospodarki Wodnej, Ustroń 23–25 października 1996 r.
- [4] Deryło A., M. Kostecki, L. Narloch, P. Szilman: *Badania hydrochemiczne rzeki Bobrek. Cz. I. Charakterystyka hydrochemiczna rzeki Bobrek*, Archiwum Ochrony Środowiska, nr 4, vol. 24, 119–131, 1998.
- [5] Kajak Z.: *Hydrobiologia–Limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1998.
- [6] Karaś-Brzozowska B.: *Charakterystyka geomorfologiczna GOP*, Biuletyn Komitetu dla spraw GOP, Warszawa, 2–12, 103–111 (1960).
- [7] Klimaszewski M.: *Charakterystyka hydrograficzna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*, Biuletyn nr 62 PAN, Warszawa 1962.
- [8] Kostecki M.: *Spyły powierzchniowy ze zlewni bezpośredniej jako element bilansu biogenów*, Gosp. Wodna, 2, 52–53 (1976).
- [9] Kostecki M.: *Zawiesina jako element zanieczyszczenia antropogenicznego ekosystemu wodnego na przykładzie zbiornika zaporowego Dzierżno Duże (woj. śląskie)*, Archiwum Ochrony Środowiska, vol. 26, nr 4, 75–95 (2000).
- [10] Kostecki M., A. Węglarz: *Wybrane związki organiczne (BTEX, WWA) w osadach dennych antropogenicznego zbiornika Dzierżno Duże (woj. śląskie)*, Archiwum Ochrony Środowiska, vol. 26, nr 4, 7–19 (2000).

- [11] Kostrzewski A., M. Mazurek, Z. Zwoliński: *Reżim transportu fluwialnego a charakter procesów denudacyjnych w zlewni górnej Parsęty*, I Zjazd Geomorfologów Polskich, Poznań, 61–62 (1991).
- [12] Kostrzewski A., Z. Zwoliński: *Koncentracja i ładunek materiału zawieszonoego i rozpuszczonego w zlewniach cząstkowych dorzecza górnej Parsęty w roku hydrologicznym 1986*, Spraw. PTPN, 105, 51–54 (1988a).
- [13] Leszczycki S., Z. Tokarski: *Niektóre problemy bytowania w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym*, Ossolineum, Wrocław 1970.
- [14] *Ocena zagrożenia powietrza atmosferycznego węglowodorami aromatycznymi w sąsiedztwie tras komunikacyjnych*, Praca IPIŚ – PAN – Zabrze, niepubl. (2000).
- [15] Smreczek B., B. Maliszewska-Kordybach: *Rozkład i oddziaływanie ekotoksykologiczne WWA w glebie zanieczyszczonej przez niektóre metale ciężkie. Związki organiczne w środowisku i metody ich oznaczania*, Bibl. Monit. Środow., Warszawa 1998, 235.
- [16] Stach A.: *Przebieg transportu substancji rozpuszczonych i zawiesin w trakcie wezbrania opadowego w dwóch zlewniach dorzecza Parsęty*, Spraw. PTPN, 106, 24–28, (1988).
- [17] *Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w środowisku przyrodniczym*, Prace IKŚ – PWN, Warszawa (1988).
- [18] Zaricchia A.H., S. Chiavarini, M. Pezza: *Polycyclic aromatic hydrocarbons in the urban atmospheric particulate matter in the city of Naples (Italy)*, *Atm. Env.* 33, 3731–3738 (1999).

Wpłynęło: 28 lutego 2001, zaakceptowano do druku: 21 maja 2001.