



AVANT-GARDE PIONEERING &  
REMARKABLE SOLUTIONS

## RAPORT KOŃCOWY

Identyfikacja i ograniczenie zanieczyszczeń wód  
powierzchniowych na terenie gminy Skoki w kontekście  
funkcjonowania Jezior Maciejak i Rościńskiego

Dr hab. inż. Jerzy Mirosław Kupiec

Poznań, lipiec 2024 rok





## Spis treści

1. Informacje ogólne .....	4
2. Lokalizacja obszaru badań .....	4
3. Metodyka badawcza.....	16
4. Interpretacja wyników jakości wód w sezonie 2022/2023 .....	19
5. Interpretacja wyników jakości osadów dennych w sezonie 2022/2023 .....	33
6. Podsumowanie i rekomendacje dalszych badań .....	38
7. Interpretacja wyników jakości wód w sezonie 2023/2024 .....	44
8. Interpretacja wyników jakości osadów dennych w sezonie 2023/2024 .....	58
9. Podsumowanie .....	64

**Osoby do kontaktu:**

**Jerzy Mirosław Kupiec** – e-mail: [jerzy.kupiec@up.poznan.pl](mailto:jerzy.kupiec@up.poznan.pl)

**Włodzimierz Żeleźnik** – e-mail: [wz@proenv.pl](mailto:wz@proenv.pl)

**Piotr Brenk** – e-mail: [pb@aprs.com.pl](mailto:pb@aprs.com.pl)

**Autor zdjęć: J. M. Kupiec**

## **1. Informacje ogólne**

Badania zostały wykonane na zlecenie Urzędu Miasta i Gminy w Skokach (oferta z dnia 15.06.2022 r.). Analizy jakości wód oraz osadów zostały wykonane w wytypowanych punktach na podstawie wcześniejszej wizji lokalnej zlewni oraz informacji udzielonych przez UMiG w Skokach w ramach porozumienia zawartego pomiędzy Urzędem a firmą Mikronatura Środowisko sp. z o.o.

Celem szczegółowym przeprowadzonych badań było:

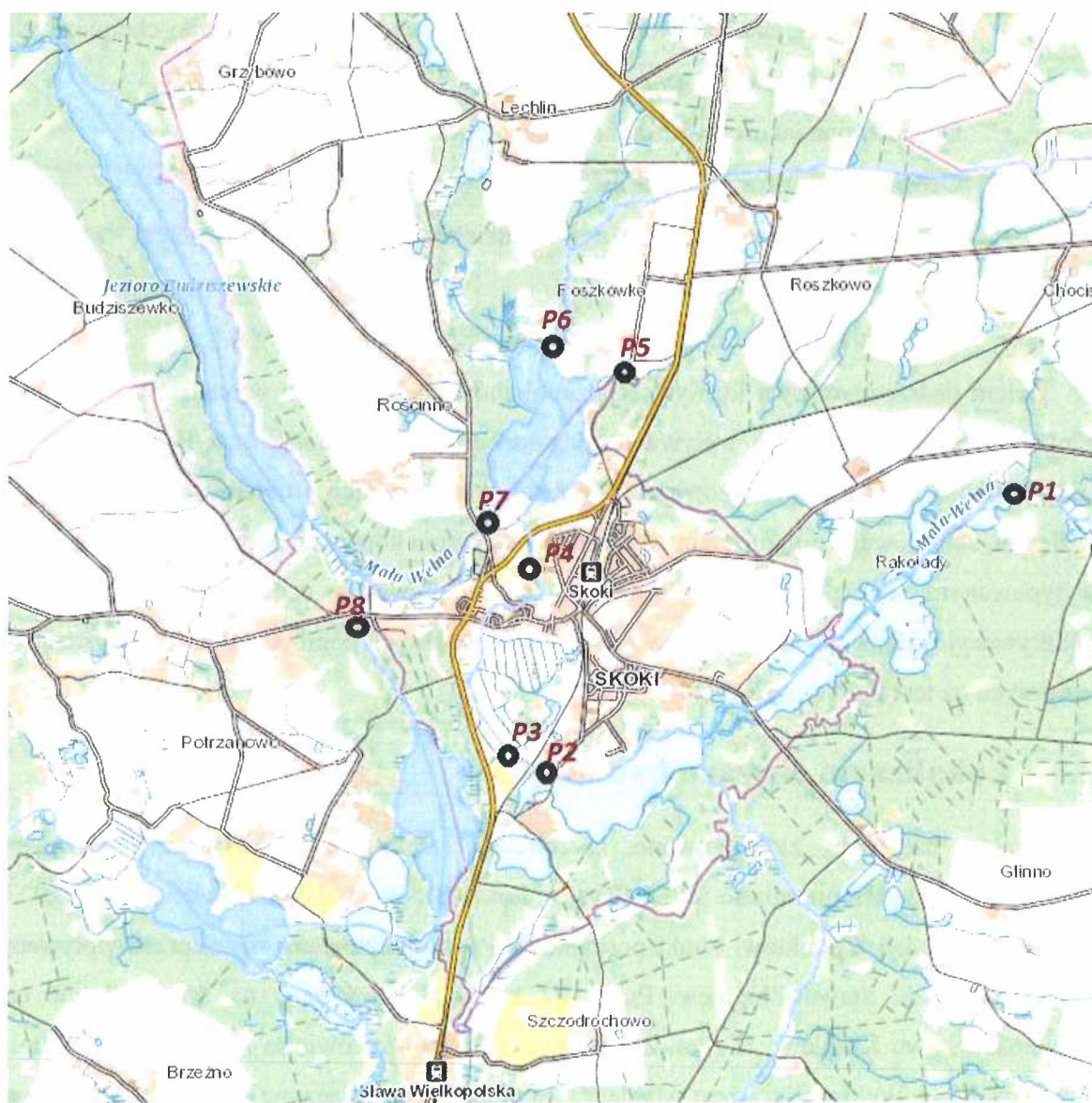
- Ocena stanu jakości wód na podstawie wybranych fizyczno-chemicznych parametrów wskaźnikowych na rzece Mała Wełna i jej dopływach.
- Ocena zmian jakości wód zachodzących w czasie (wartości skrajne).
- Ocena stanu cieków na podstawie analizy osadów dennych.
- Wskazanie potencjalnej presji oddziałującej na badane ciek powyłej analizowanych punktów.
- Sformułowanie rekomendacji co do dalszych badań.

Celem nadrzędnym była identyfikacja problemów zachodzących w analizowanej części zlewni Mała Wełna oraz ich wpływu na degradację jezior Maciejak oraz Rościńskiego w Gminie Skoki. Badania są realizowane w kontekście identyfikacji problemów występujących w zlewni, stopniowego ograniczania tej presji, opracowania koncepcji poprawy jakości wód na wytypowanym odcinku Małej Wełny i jej dopływach, zaplanowaniu rozwiązań rekultywacyjnych na ciekach, co pośrednio ma doprowadzić do poprawy jakości ekosystemów jeziornych na terenie Gminy Skoki.

## **2. Lokalizacja obszaru badań**

Punkty badawcze zlokalizowano na odcinku rzeki Mała Wełna w większości usytuowanych na terenie miasta Skoki (Rys. 1, Fot. 1-3). W sezonie badawczym 2022/2023 wybrano do badań 8 punktów. Punkt początkowy P1, zlokalizowany został przed wpływem Małej Wełny do Stawu Zbigniew. Punkt P2 został zlokalizowany na Małej Wełnie na wysokości Stawu Karolewo II (Fot. 2 i 3). Punkt P3, umiejscowiono na tzw. Kanale Ulgi, łączącym Małą Wełnę z jeziorem Maciejak. Spoglądając na załączone ortofotomapy można zauważyć, że na tym odcinku występuje dość silna presja (Rys. 2-5). Już na Stawie Czaplak obserwujemy zakwity, co wskazuje na zanieczyszczenie tego akwenu (Rys. 3). Staw też prawdopodobnie w okresie wegetacyjnym pełni też rolę filtra biologicznego dla niektórych zanieczyszczeń. W okresie jesiennym, zimowym i wczesno wiosennym zanieczyszczenia te

jednak mogą być oddawane do wód Małej Wełny. Przypuszczenia te potwierdza rysunek nr 4, na którym widzimy fragment rzeki Mała Wełna. Na wysokości Stawu Młyńska woda w rzece jest jeszcze bez tzw. zakwitów. Pojawiają się one na wysokości małego stawu zlokalizowanego pomiędzy Stawem Młyńska a Stawem Karolewo I - jest to Staw Wydma. Od tego momentu Mała Wełna niesie wody przeżyźnione, co widać po intensywnych zakwitach (kolor zielony) wód Małej Wełny. Zakwit ten ustępuje przy grobli na Stawie Karolewo II (Rys. 4). W celu oceny presji należy z pewnością dokonać szczegółowej inwentaryzacji rzeki na tym odcinku.



Rys. 1. Sieć monitoringowa wraz z lokalizacją punktów pomiarowych

Źródło: Wykonanie własne

Jeziro Maciejak stanowi również odbiornik zanieczyszczeń, co widać na rysunku nr 2. Kolor zielony wskazuje na zakwity w jeziorze. Okoliczne dwa małe zbiorniki (Jeziro Liskówka i Jeziro Lipka) w bliskim sąsiedztwie jeziora nie wykazują aż tak intensywnej degradacji (jedynie w strefie brzegowej). Są one połączone z Jeziorem Maciejak niewielkim ciekami. Jednak pomiędzy Jeziorem Maciejak, a dwoma akwenami znajduje się jeszcze jeden zbiornik (Jeziro Jeziorko), który stanowi pewien bufor dla zanieczyszczeń migrujących ciekami. Tutaj jak widać na rysunku nr 2 też występuje zakwit na całym akwenu, ale jest on mniej intensywny niż na Jeziorze Maciejak. Podobna sytuacja była notowana już w 2011 r. (Rys. 5). Jeziro Maciejak jest w głównej mierze zasilane zanieczyszczeniami poprzez Kanał Ulgi, na którym zlokalizowano punkt P3 (Fot. 1). Analiza map tematycznych wskazuje na zły stan akwenów (zarówno Jeziora Maciejak, jak i stawów Karolewo II, Wydma), który trwa od dłuższego czasu.

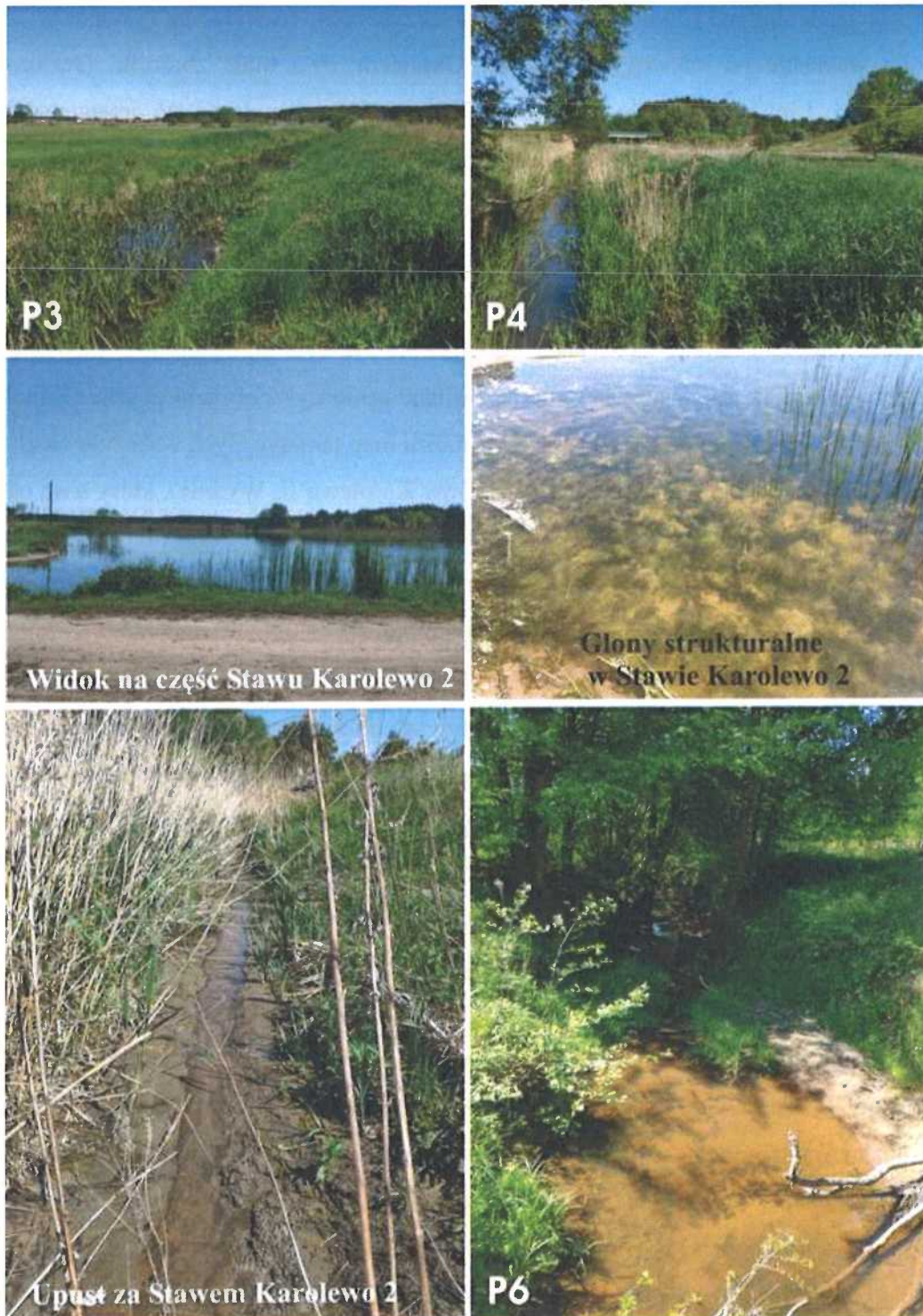
Punkt nr P4 zlokalizowany jest na Małej Welnie terenie zurbanizowanym w pobliżu drogi wojewódzkiej nr 196 (Fot. 1). Punkt ten znajduje się pod presją zabudowy oraz różnych form działalności związanych z obszarami miejskimi.

Punkty P5 i P6 to punkty zlokalizowane na dopływach do Jeziora Rościńskiego - ciek na którym zlokalizowany jest punkt P5 (bez nazwy) dopływa od strony północno-wschodniej – jego źródła są w m. Roszkowo, natomiast rzeka z punktem P6 (zwaną Kanałem Roszkowo-Popowo Kościelne) wpływa do jeziora od strony północnej. Ciek z punktem P6 charakteryzuje się dużym spadkiem terenu na niektórych odcinkach i płynie głęboko wciętą dolinką.

Punkty P7 i P8 to punkty zlokalizowane na rzekach wypływających z jezior – P7 Rościńskiego i P8 Maciejak. Na odcinkach powyżej tych punktów można spodziewać się presji wynikającej z obecności jezior i ich postępującej degradacji.

Analizowany obszar charakteryzuje się dużym współczynnikiem jeziorności. Oprócz naturalnych jezior występują też zbiorniki sztuczne w postaci stawów hodowlanych i innych ekstensywnych akwenów jeziornych (Rys. 5). Występują też małe zbiorniki śródleśne. Sieć hydrologiczna jest więc bogata. Niemniej jednak w analizowanej okolicy występują grunty zerodowane, a także na całym niemal obszarze występują grunty podatne na infiltrację zanieczyszczeń w kierunku wód podziemnych. Występują również grunty chronione (Rys. 6). Ma to szczególne znaczenie w kontekście jakości wód powierzchniowych, ale także podziemnych, gdyż jest to dodatkowy czynnik maksymalizujący presję wywierana na wody.





Fot. 1. Wybrane punkty na badanym odcinku rzeki Mała Wełna

*Źródło: wykonanie własne*





Fot. 2. Mała Wełna na wysokości Stawu Karolewo II – widok na punkt P2

*Źródło: wykonanie własne*



Fot. 3. Jaz piętrzący na Małej Wełnie na wysokości Stawu Karolewo II w okolicach punktu P2

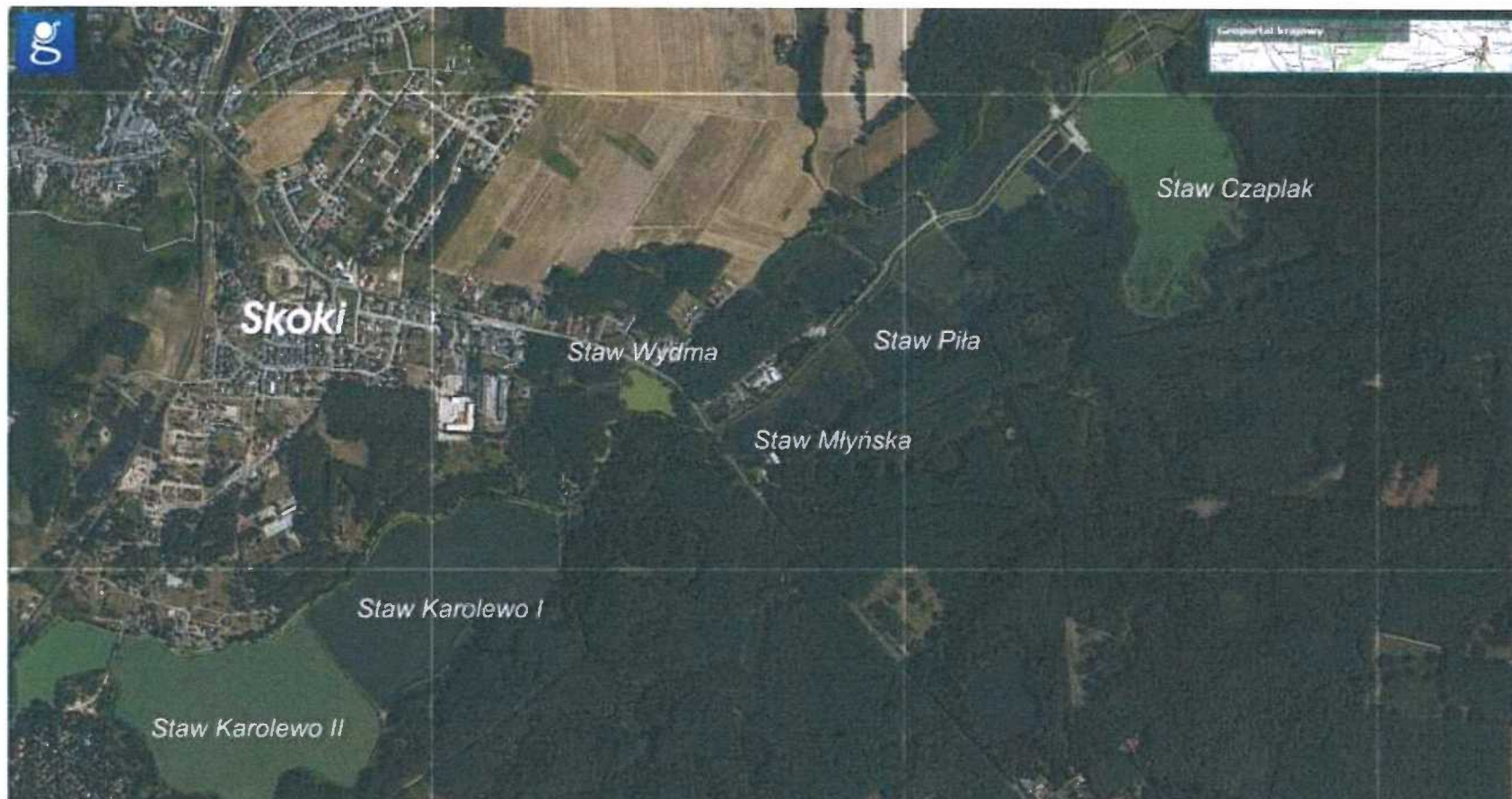
*Źródło: wykonanie własne*



Rys. 2. Fragment ortofotomapy z Jeziorem Maciejak oraz stawami rybnymi – Karolewo I i Karolewo II – zarówno w jeziorze jak i w stawie Karolewo II widoczne są procesy eutrofizacji

Źródło: wykonanie własne na podstawie podkładu z <https://mapy.geoportal.gov.pl>





Rys. 3. Fragment ortofotomapy ze stawami rybnymi – Karolewo I i Karolewo II oraz stawem Czaplak i Piła - widoczne procesy eutrofizacji na stawie Karolewo II oraz Czaplak

Źródło: wykonanie własne na podstawie podkładu z <https://mapy.geoportal.gov.pl>



Rys. 4. Fragment Małej Wełny od Stawu Wydma do grobli na Stawie Karolewo II

Źródło: wykonanie własne na podstawie podkładu z <https://mapy.geoportal.gov.pl>

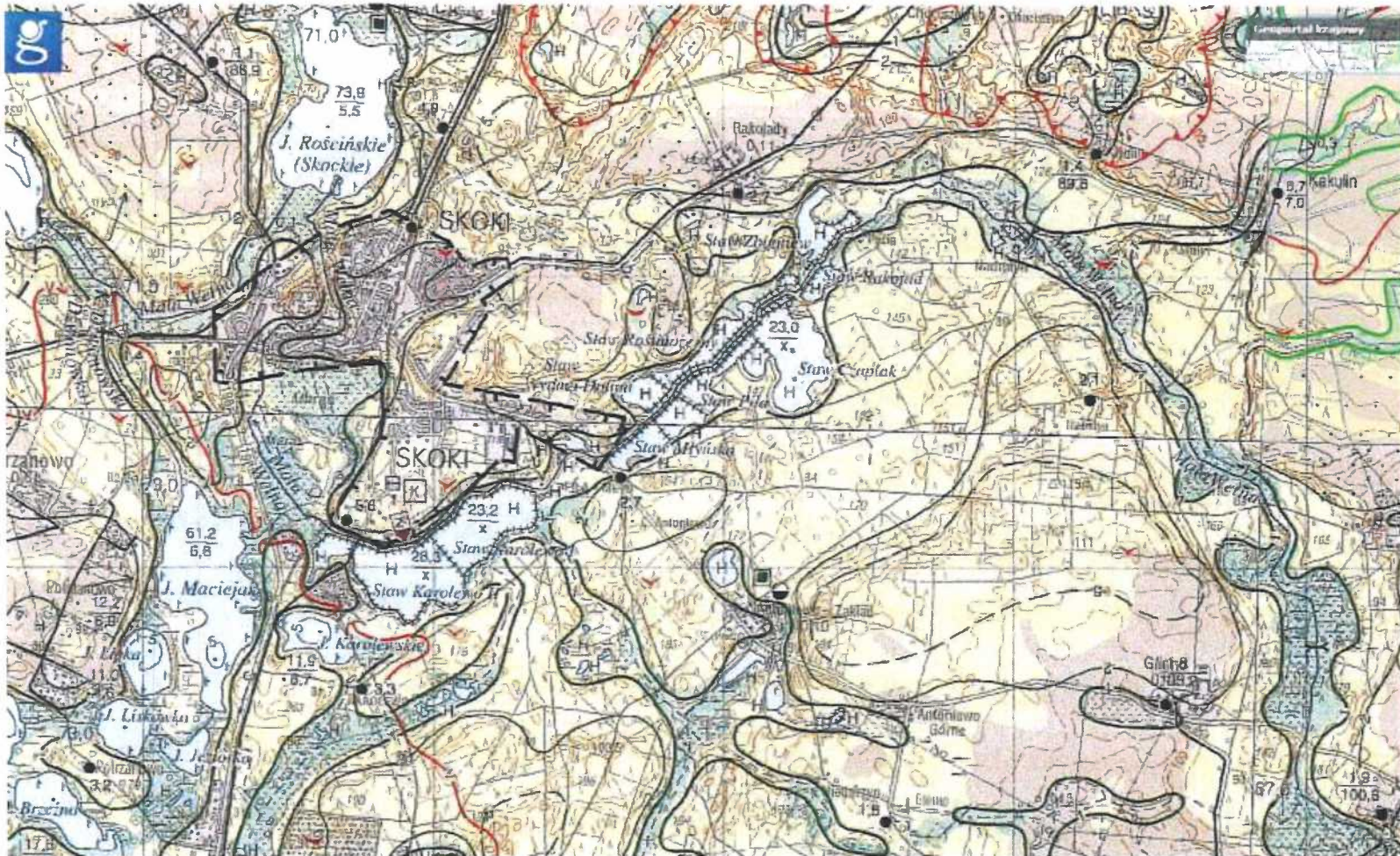




Rys. 5. Wizualny stan akwenów w analizowanej okolicy w 2011 r.

*Źródło: wykonanie własne na podstawie Google Earth*

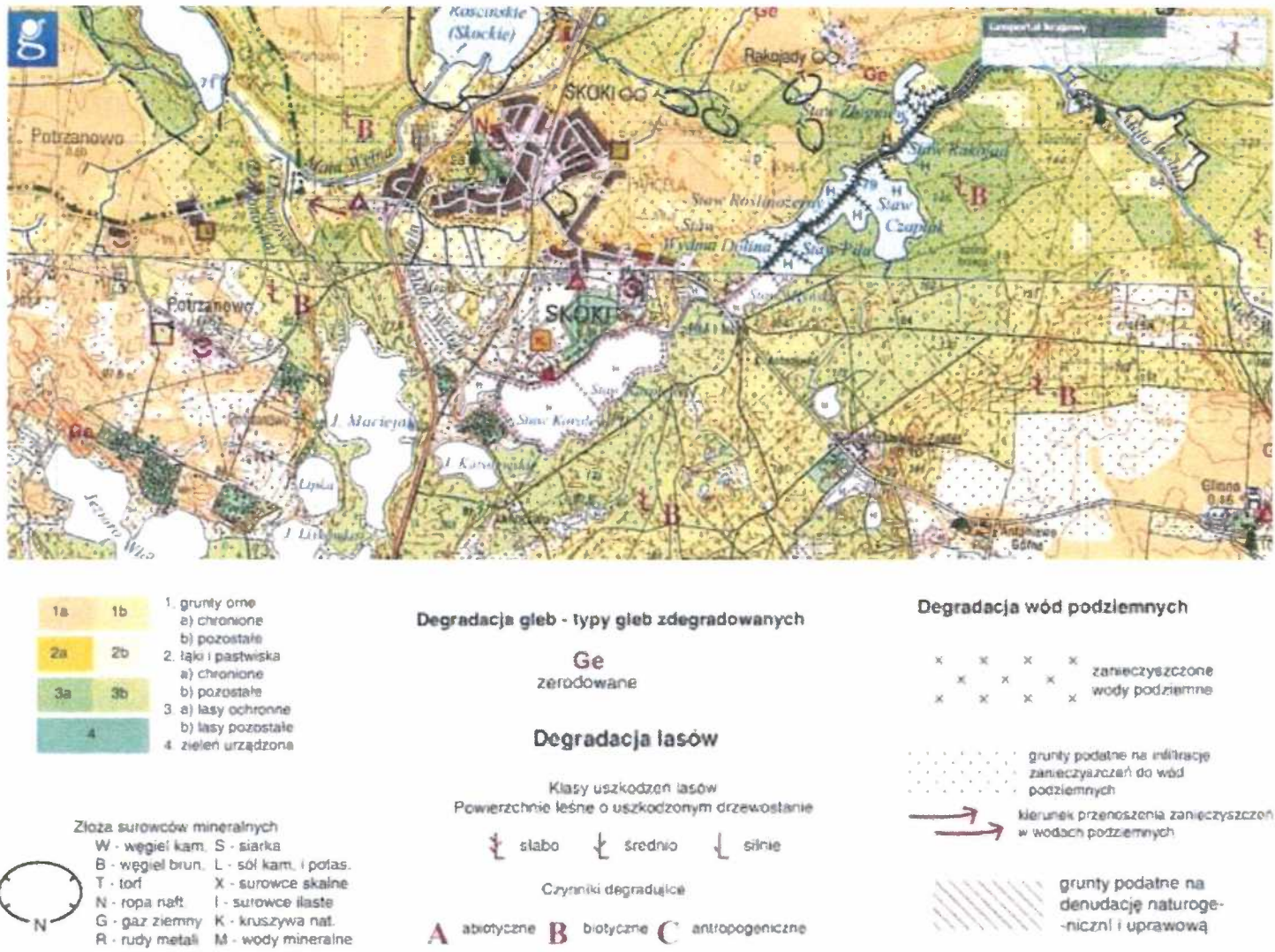




Rys. 5. Sieć hydrograficzna na terenie Gminy Skoki

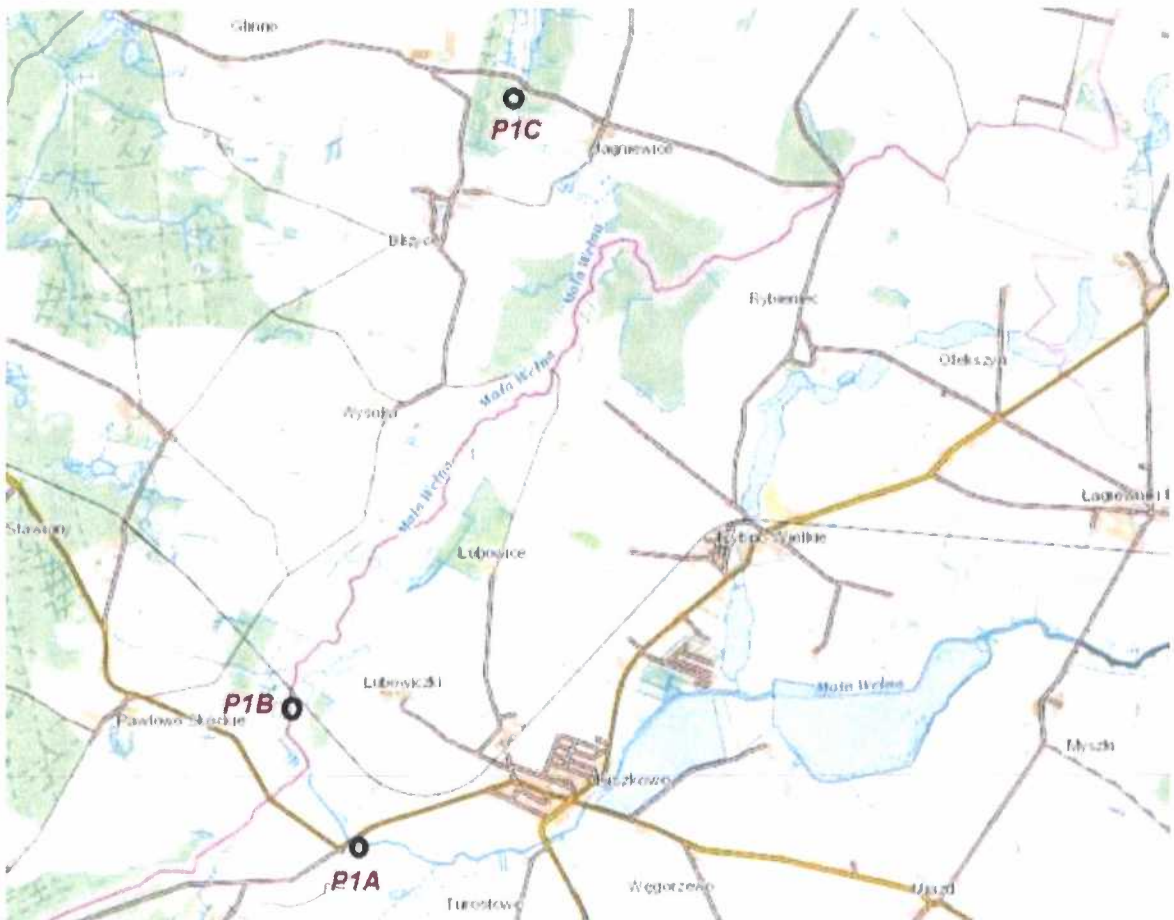
Źródło: wykonanie własne na podstawie podkładu z <https://mapy.geoportal.gov.pl>





Rys. 6. Mapa soziologiczna analizowanej części zlewni Małej Wełny na terenie Gminy Skoki  
 Źródło: wykonanie własne na podstawie podkładu z <https://mapy.geoportal.gov.pl>

W sezonie 2023/2024 badaniami monitoringowymi objęto trzy dodatkowe punkty P1A - gm. Kiszkowo – łąka (Mała Wełna), P1B - Młynki (Mała Wełna) i P1C Jagniewice - most (Mała Wełna) (Rys. 7). Punkt P1A może być pod presją m. Kiszkowo, gospodarka rolna oraz Stawy Kiszkowskie. Na terenie tych ostatnich wyznaczone zostały dwa obszary Natura 2000. Pierwszym jest Dolina Małej Wełny pod Kiszkowem powstała na podstawie tzw. Dyrektywy Ptasiej. Drugim obszarem praktycznie wpisanym w granice obszaru „ptasiego” są „Stawy Kiszkowskie” powstałe na mocy Dyrektywy Siedliskowej. Ostoje obejmują fragment doliny rzeki z trzema jeziorami oraz dwoma kompleksami stawów rybnych. „Stawy Kiszkowskie” to sztuczne zbiorniki, ale poprzez swoją mozaikę siedlisk, które tam się znajdują, poprzez duże szuwały trzcinowe, czy wyspy, są one bardzo atrakcyjne dla ptaków. W granicach ostoi w okresie migracji dochodzi do dużych w skali kraju koncentracji gęsi zbożowych i białoczelnych, a łączna liczebność ptaków wodnych w czasie wędrówki wiosennej przekracza 80 tys. osobników. Tak liczba grupa ptaków może wywierać niekorzystny wpływ na jakość wód.



Rys. 7. Dodatkowe punkty objęte monitoringiem w sezonie 2023/2024

Źródło: wykonanie własne na podstawie podkładu z <https://mapy.geoportal.gov.pl>

### 3. Metodyka badawcza

#### Badanie wód

Badania wody w sezonie 2022/2023 w wytypowanych wcześniej na podstawie wizji lokalnej punktów (P1-P8) zostały zrealizowane przez Aquanet Laboratorium Sp. z o.o., 61-492 Poznań, ul. Dolna Wilda 126. Typologii punktów wykonał Zespół Mikronatury Środowisko sp. z o.o. po konsultacjach z Panem Krzysztofem Mańką, przedstawicielem Urzędu Miasta i Gminy w Skokach. Badania prowadzone były w terminach przedstawionych w tabeli nr 1.

Tab. 1. Częstotliwość wykonywanych badań wody w wyznaczonych punktach monitoringowych w sezonie 2022/2023

Data	Badane punkty
27.10.2022	P1-P5 oraz P7-P8
03.11.2022	P2 i P3
08.11.2022	P2 i P3
18.11.2022	P2 i P3
28.11.2022	P4-P5 oraz P7-P8
13.12.2022	P1-P5 oraz P7-P8
27.01.2023	P1-P5 oraz P7-P8
24.02.2023	P1-P8
24.03.2023	P1-P8
20.04.2023	P1-P8
26.06.2023	P1-P5 oraz P7-P8

Próbki zostały pobrane przez Laboratorium Aquanetu zgodnie z normą PN- ISO 5667-6:2016-12 z wył. pkt. 7,6(A) i przeanalizowane pod kątem wybranych parametrów fizykochemicznych przedstawionych w tabeli nr 3.

W sezonie 2023/2024 badania również wykonano w Aquanet Laboratorium Sp. z o.o. Poniżej w tabeli nr 2.

Tab. 2. Częstotliwość wykonywanych badań wody w wyznaczonych punktach monitoringowych w sezonie 2023/2024

Data	Badane punkty
06.12.2023	P1A-P8
12.12.2023	P1A-P8
26.01.2024	P1A-P6
23.02.2024	P1A-P6
08.03.2024	P1A-P6
30.04.2024	P1A-P6

## **Badanie osadów**

Próbki osadu zostały pobrane w 8 wcześniej wyznaczonych przez Mikronaturę Środowisko Sp. Z o.o. na podstawie wizji lokalnej punktach (P1A-P8) przez Zespół badawczy Aquanetu w Poznaniu zgodnie z PN-EN ISO 5667-13:2004 (N) i PN-EN ISO 5667-13:2011 (N). Próbki osadów pobierane były pomiędzy październikiem 2022 r. a czerwcem 2023 r. (sezon 2022/2023) oraz między grudniem 2023 r. a kwietniem 2024 r. (sezon 2023/2024). Poniżej w tabelach nr 4 i 5 przedstawione zostały terminy badań oraz punkty objęte badaniami.

Tab. 3. Zakres badanych parametrów wody w zlewni rzeki Mała Wełna (metody akredytowane)

Parametr	Norma	Jednostka
pH	PN-EN ISO 10523:2012	-
Przewodność elektryczna właściwa w 25°C	PN-EN 27888:1999, korekta za pomocą urządzenia do kompensacji temperatury, temp. - temperatura pomiaru	µS/cm
Azot amonowy (z obliczeń)	PN-EN ISO 14911:2002	mg/L
Azotany	PN-EN ISO 10304-1:2009+AC:2012	mg/L
Fosforany	PN-EN ISO 10304-1:2009+AC:2012	mg/L
Azot azotanowy (z obliczeń)	PN-EN ISO 10304-1:2009+AC:2012	mg/L
Azot azotynowy (z obliczeń)	PN-EN ISO 10304-1:2009+AC:2012	mg/L
Potas	PN-EN ISO 11885:2009	mg/L
Azot Kjeldahla	PN-EN 25663:2001	mg/L
Azot ogólny	PB/PFO-13 wyd. 4 z dnia 01.10.2018	mg/L
Fosfor ogólny	PN-EN ISO 6878:2006+Ap1+Ap2/2010	mg/L
Substancje rozpuszczone całkowite	PB/PFO-33 wyd. 5 z dnia 01.10.2018	mg/L
Tlen rozpuszczony	PN-EN ISO 5814:2013-04	mg/L
Temperatura próbki	PB/PPP-8 wyd. 6 z dnia 01.10.2018	mg/L

Tab. 4. Częstotliwość wykonywanych badań osadów dennych w wyznaczonych punktach monitoringowych w sezonie 2022/2023

Data	Badane punkty
27.10.2022	P1-P5 oraz P7-P8
03.11.2022	P2 i P3
08.11.2022	P2 i P3
18.11.2022	P2 i P3
28.11.2022	P1-P5 oraz P7-P8
13.12.2022	P1-P5 oraz P7-P8
27.01.2023	P1-P5 oraz P7-P8
24.02.2023	P1-P8
24.03.2023	P1-P8
20.04.2023	P1-P8
26.06.2023	P1-P5 oraz P7-P8



Tab. 5. Częstotliwość wykonywanych badań osadów dennych w wyznaczonych punktach monitoringowych w sezonie 2023/2024

Data	Badane punkty
06.12.2023	P1A-P8
12.12.2023	P1A-P8
26.01.2024	P1A-P6
23.02.2024	P1A, P1C, P2-P6
08.03.2024	P1A, P1C, P2-P6
30.04.2024	P1A, P1C, P2-P6

Zakres badań osadów dennych oraz metodyka badawcza zostały przedstawione w tabeli nr 6. W sezonie 2023/2024, oprócz wcześniej badanych, analizowano dwa dodatkowe parametry w osadach - wapń i żelazo.

Tab. 6. Zakres badanych parametrów w osadach dennych w zlewni Mała Wełna (metody akredytowane)

Parametr	Norma	Jednostka
Zawartość suchej masy	PB/PFO-30 wyd. 4 z dnia 01.10.2018	%
Potas	PN-EN ISO 11885:2009 PN-EN 16173:2012	mg/kg s.m.
Wapń	PN-EN ISO 11885:2009 PN-EN 16173:2012	mg/kg s.m.
Żelazo	PN-EN ISO 11885:2009 PN-EN 16173:2012	mg/kg s.m.
Azot Kjeldahla	PB/PFO-45 wyd. 2 z dnia 08.10.2019	% s.m.
Fosfor ogólny	PB/PFO-43 wyd. 2 z dnia 08.10.2019	% s.m.

#### 4. Interpretacja wyników jakości wód w sezonie 2022/2023

W tabeli nr 7 przedstawiono wartości skrajne oraz średnie dla uzyskane w analizowanym okresie badań. W tabeli przedstawiono kolorystycznie wartości odbiegające od normy przewidzianej dla jakości wód płynących.

Wartości średnie jak i minimalne oraz maksymalne analizowanych parametrów zostały przyrównane do obowiązującej normy - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [Dz.U. Warszawa, dnia 13 sierpnia 2021 r. Poz. 1475].

W przypadku braku odniesień parametru do obowiązującej normy wyniki zostały porównane z normą zawartą w Rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków jakimi powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi [Dz.U. 1991 nr 116 poz. 503].

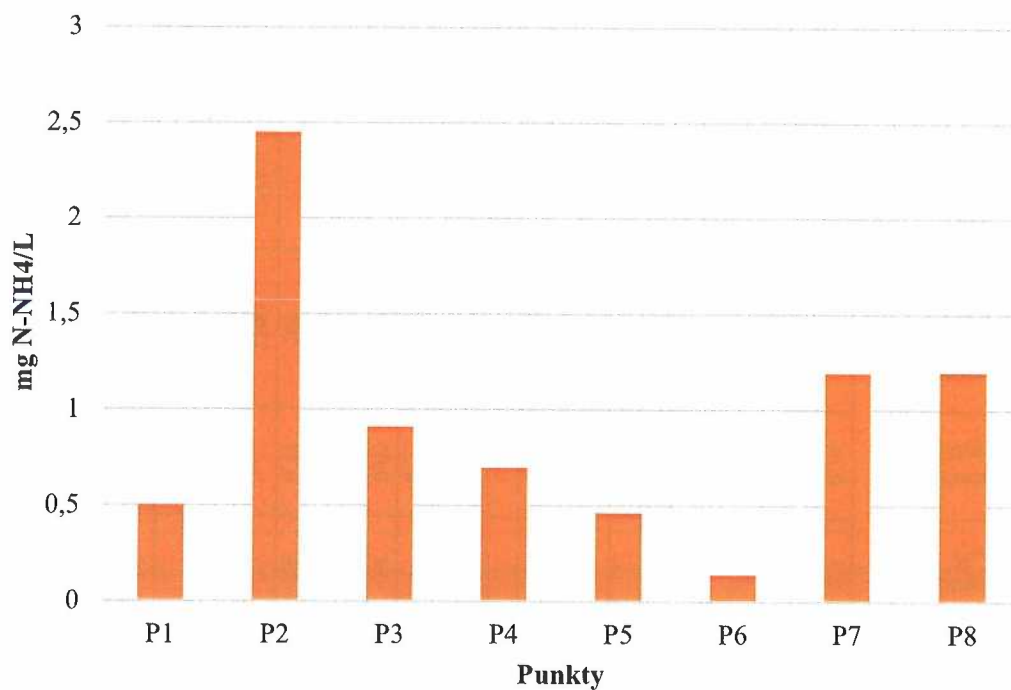
Na podstawie analizowanych parametrów fizyczno-chemicznych można stwierdzić, że stan wód badanego odcinka rzeki Mała Wełna jest zły. Decyduje o tym większość analizowanych parametrów, które wykazują przekroczenia dla wartości maksymalnych, średnich, a w niektórych przypadkach nawet minimalnych. Stężenia niektórych substancji utrzymywały się przez cały okres badawczy na wysokim poziomie. Świadczy to o stale oddziałującej presji. W niektórych przypadkach ta presja była okresowa i może być związana z pewnymi procesami, działaniami które są charakterystyczne dla pewnych technologii wykorzystywanych w procesach różnych działalności.

Spośród analizowanych parametrów rejestrowano stężenia **azotu amonowego** w 8 punktach zlokalizowanych na Małej Wełnie i jej dopływach. Źródło jonu amonowego w wodzie może być naturalne lub jego obecność może wynikać z działalność człowieka. Przy doborze metod ograniczających stężenia azotu amonowego bardzo ważna jest identyfikacja jego źródła. Oprócz punktu P6, we wszystkich pozostałych badanych punktach notowano przekroczenia normy przewidzianej dla klasy II, jeśli chodzi o wartości średnie (Rys. 8). Krotność przekroczenia normy wahała się od 1,2 do 6,1x. Najmniej korzystna sytuacja przedstawiała się w punkcie P2 gdzie wartości maksymalne przekraczały normę dla klasy II niemal 16x. Tendencje tą potwierdzają wyniki wartości maksymalnych tego parametru (Rys. 9). Punkt P2 znajduje się na wysokości stawów wykorzystywanych w gospodarce rybackiej. Obecność związków amonowych może wynikać z nawożenia stawów uzdatnianymi biologicznie ściekami, nawozami naturalnymi czy też skarmiania ryb paszami białkowymi.

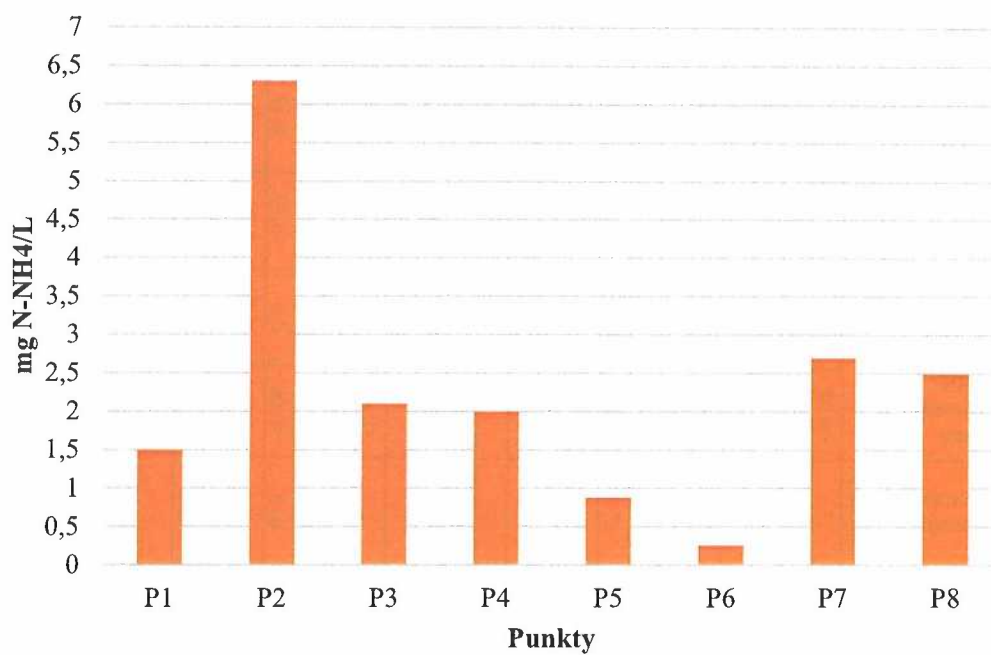
Tab. 7. Wartości parametrów fizyczno-chemicznych wód w badanych punktach

Punkt	Wartość	pH	Przewodność elektryczna	Azot amonowy N-NH <sub>4</sub>	Azotany NO <sub>3</sub>	Fosforany PO <sub>4</sub>	Azot azotanowy N-NO <sub>3</sub>	Azot azotynowy N-NO <sub>2</sub>	Potas K	Azot Kjeldahla N	Azot ogólny N <sub>og</sub>	Fosfor ogólny P <sub>og</sub>	Substancje rozpuszczone całkowite TDS	Tlen rozpuszczony O <sub>2</sub>	Temperatura próbki
			[μS/cm]	[mg/L]											°C
P1	Min	7,5	<b>830</b>	<0,08	3,5	<0,10	0,80	0,018	8,2	<1,5	2,5	0,14	<b>560</b>	<b>2,7</b>	3,0
	Maks	8,0	<b>910</b>	<b>1,50</b>	<b>40,0</b>	<b>&gt;1,00</b>	<b>9,10</b>	<b>0,140</b>	<b>16,0</b>	3,0	<b>11,5</b>	<b>1,50</b>	<b>6200</b>	10,0	14,0
	Średnia	7,8	<b>880</b>	<b>0,50</b>	18,3	<b>0,38</b>	<b>4,15</b>	<b>0,046</b>	10,6	2,1	<b>6,3</b>	<b>0,43</b>	<b>1449</b>	7,1	8,6
P2	Min	7,5	<b>720</b>	0,34	0,5	<0,10	0,12	<0,015	7,1	2,0	2,6	0,27	210	<b>5,1</b>	1,0
	Maks	8,1	<b>910</b>	<b>6,30</b>	9,1	<b>&gt;1,00</b>	<b>2,10</b>	<b>0,069</b>	<b>25,0</b>	10,5	<b>12,7</b>	<b>2,20</b>	<b>5100</b>	11,0	14,0
	Średnia	7,8	<b>812</b>	<b>2,45</b>	2,7	<b>0,40</b>	0,61	0,023	10,9	5,1	<b>5,7</b>	<b>0,66</b>	<b>945</b>	8,3	7,6
P3	Min	7,5	<b>720</b>	<0,08	0,4	<0,10	0,09	<0,015	6,4	1,8	3,1	0,22	450	<b>5,0</b>	3,0
	Maks	7,9	<b>870</b>	<b>2,10</b>	19,0	<b>&gt;1,00</b>	<b>4,30</b>	<b>0,062</b>	<b>13,0</b>	4,9	<b>6,2</b>	<b>0,80</b>	<b>3100</b>	11,0	14,0
	Średnia	7,8	<b>821</b>	<b>0,91</b>	6,2	<b>0,31</b>	1,42	0,029	9,6	3,1	<b>4,6</b>	<b>0,49</b>	<b>845</b>	8,7	8,6
P4	Min	7,6	<b>740</b>	0,19	1,1	<0,10	0,26	0,018	7,6	1,8	2,2	0,24	370	<b>7,1</b>	2,0
	Maks	8,1	<b>870</b>	<b>2,00</b>	21,0	<b>1,40</b>	<b>4,70</b>	<b>0,098</b>	<b>13,0</b>	3,6	<b>8,1</b>	<b>0,56</b>	<b>4900</b>	11,0	14,0
	Średnia	7,8	<b>821</b>	<b>0,70</b>	6,9	<b>0,38</b>	1,55	<b>0,052</b>	9,7	2,5	<b>4,0</b>	<b>0,43</b>	<b>1056</b>	9,3	8,0
P5	Min	7,5	<b>820</b>	0,22	1,4	<0,10	0,32	<0,015	3,4	<1,5	1,0	0,14	440	<b>2,8</b>	2,0
	Maks	7,8	<b>1100</b>	<b>0,88</b>	<b>55,0</b>	0,19	<b>12,00</b>	<b>0,071</b>	8,3	3,2	<b>14,7</b>	0,32	<b>6900</b>	9,9	12,0
	Średnia	7,6	<b>1006</b>	<b>0,46</b>	21,7	0,10	<b>4,86</b>	<b>0,033</b>	4,9	1,9	<b>6,7</b>	0,22	<b>1531</b>	7,8	6,4
P6	Min	7,9	<b>620</b>	<0,08	1,5	<0,10	0,35	<0,015	2,9	<1,5	0,4	0,05	360	8,9	6,0
	Maks	8,1	<b>1000</b>	0,26	<b>94,0</b>	<b>0,47</b>	<b>21,00</b>	<b>0,091</b>	9,9	2,9	<b>24,0</b>	<b>11,00</b>	<b>2600</b>	>11	14,0
	Średnia	8,1	<b>895</b>	0,14	<b>55,4</b>	0,18	<b>12,34</b>	<b>0,046</b>	7,7	1,5	<b>13,8</b>	<b>2,82</b>	<b>984</b>	10,5	10,5
P7	Min	7,6	610	<0,08	0,6	<0,10	0,13	<0,015	6,1	2,5	2,9	0,11	200	<b>2,6</b>	2,0
	Maks	8,6	<b>740</b>	<b>2,70</b>	15,0	<b>0,83</b>	<b>3,40</b>	<b>0,052</b>	10,0	4,5	<b>6,7</b>	<b>0,46</b>	<b>2300</b>	>11	14,0
	Średnia	8,0	<b>691</b>	<b>1,20</b>	5,2	0,25	1,18	0,023	8,6	3,4	<b>4,6</b>	0,31	<b>670</b>	8,2	7,5
P8	Min	7,5	590	<0,08	0,2	<0,1	0,05	<0,015	5,5	<1,5	0,0	0,13	270	<b>1,7</b>	3,0
	Maks	8,5	<b>690</b>	<b>2,50</b>	3,7	<b>0,43</b>	0,85	<b>0,062</b>	8,4	4,5	<b>4,7</b>	<b>0,36</b>	<b>4300</b>	>11	14,0
	Średnia	7,9	635	<b>1,20</b>	1,4	0,21	0,32	0,029	6,9	3,1	3,3	0,23	<b>893</b>	8,3	7,8

*poniżej stanu dobrego, wody zagrożone azotanami pochodzenia rolniczego, wody zanieczyszczone azotanami pochodzenia rolniczego, według normy z 1991 r., jako nieakceptowalny przyjęto poziom >500 TDS mg/L*



Rys. 8. Średnie stężenia azotu amonowego w badanych punktach



Rys. 9. Maksymalne stężenia azotu amonowego w badanych punktach

Cupak i Krzanowski (2009)<sup>1</sup> prowadzili badania na stawach hodowlanych zasilanych biologicznie oczyszczonymi ściekami komunalnymi. Główny nacisk Abadan położono na obieg związków azotu w wodzie. Mimo iż autorzy potwierdzili redukcje tych związków w stawach, w porównaniu do wprowadzonych ze ściekami ładunków, to jednak zaobserwowali, że wyższym koncentracjom wskaźnika w ściekach zasilających stawy towarzyszyły wyższe stężenia w wodzie odpływającej ze stawów.

W punktach P7 i P8 (Dzwonówka) usytuowanych na wypływach z jezior: Maciejak – punkt P8 na rzece Dzwonówka, oraz za jeziorem Rościńskim – punkt P7 zlokalizowany na Małej Welnie, zaobserwowano również wysokie, ponadnormatywne stężenia azotu amonowego (Rys. 8). Może to być spowodowane dopływem dużych ładunków zanieczyszczeń do jezior, wysokiej produkcji pierwotnej, a przy tym nagromadzeniu dużej ilości związków organicznych, które z czasem uwalniają związki amonowe do wód rzecznych.

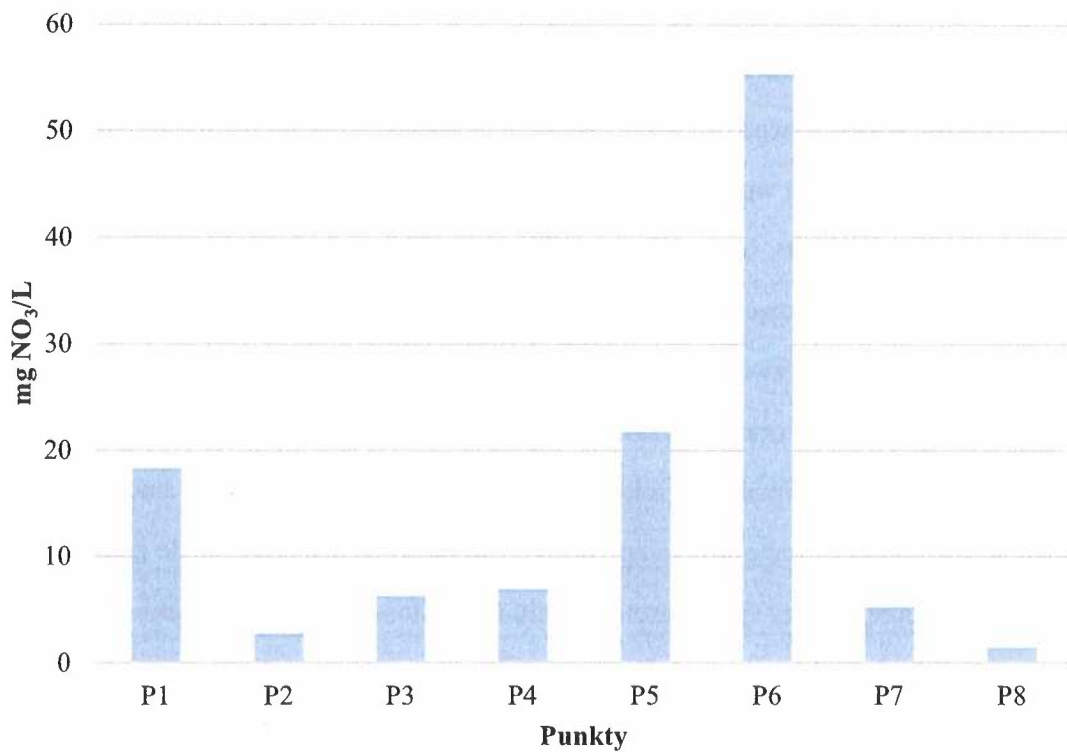
**Azotany** są ewidentnym wskaźnikiem zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego. Analizując uzyskane wyniki dotyczące tego parametru, można zauważyć, że pod bezpośrednim wpływem presji rolniczej są przede wszystkim punkty P6 oraz P5 (Rys. 10, Rys. 11). Oczywiście nie wyklucza to udziału innych źródeł zanieczyszczeń na jakość wód powyżej tych punktów. Niemniej jednak średnie stężenia azotanów wskazują, iż wody w punkcie P6 powinny zostać zaliczone do wód wrażliwych na zanieczyszczenia związkami azotu zgodnie z kryteriami ich wyznaczania<sup>2</sup>. Średnie stężenia azotanów przekraczają w tym punkcie 50 mg/L (Rys. 10), a maksymalne sięgają nawet 94 mg/L (Rys. 11). W punkcie P5 poziom azotanów okresowo również przekracza wyznaczone normy, gdzie notowano stężenia na poziomie 55 mg/L (Rys. 11).

---

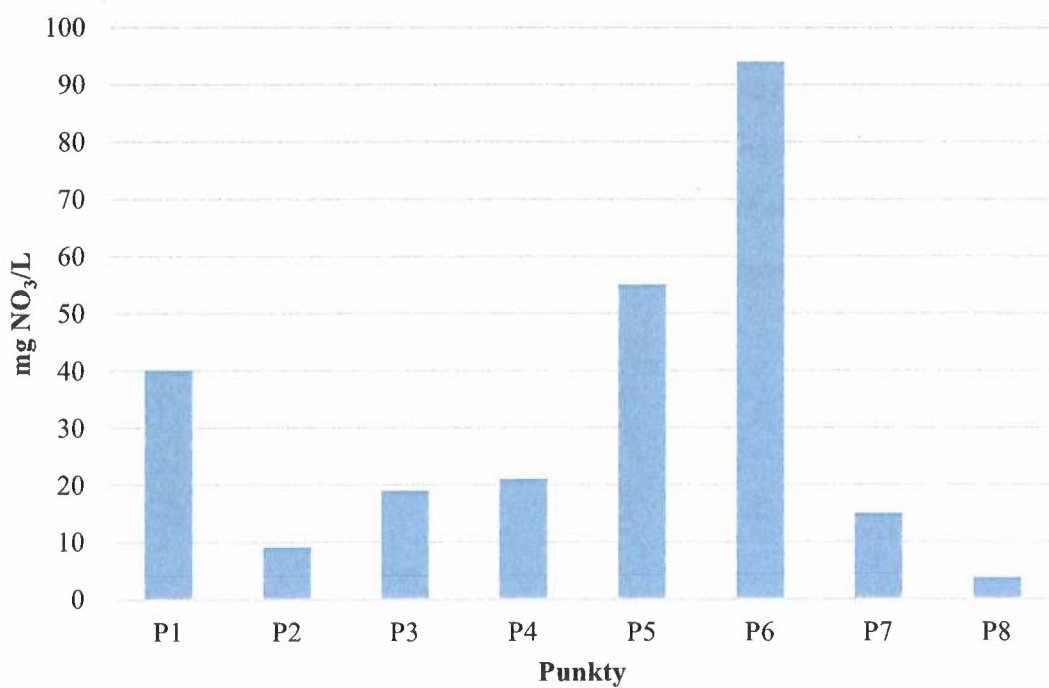
<sup>1</sup> Cupak A., Krzanowski S. 2009. Eliminacja związków azotu biologicznie oczyszczonych ścieków komunalnych w stawach rybnych. *Infrastruktura i Ekologia Obszarów Wiejskich*. 5: 197–207.

<sup>2</sup> Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych (Dz.U.2002.241.2093) - akt utracił moc.





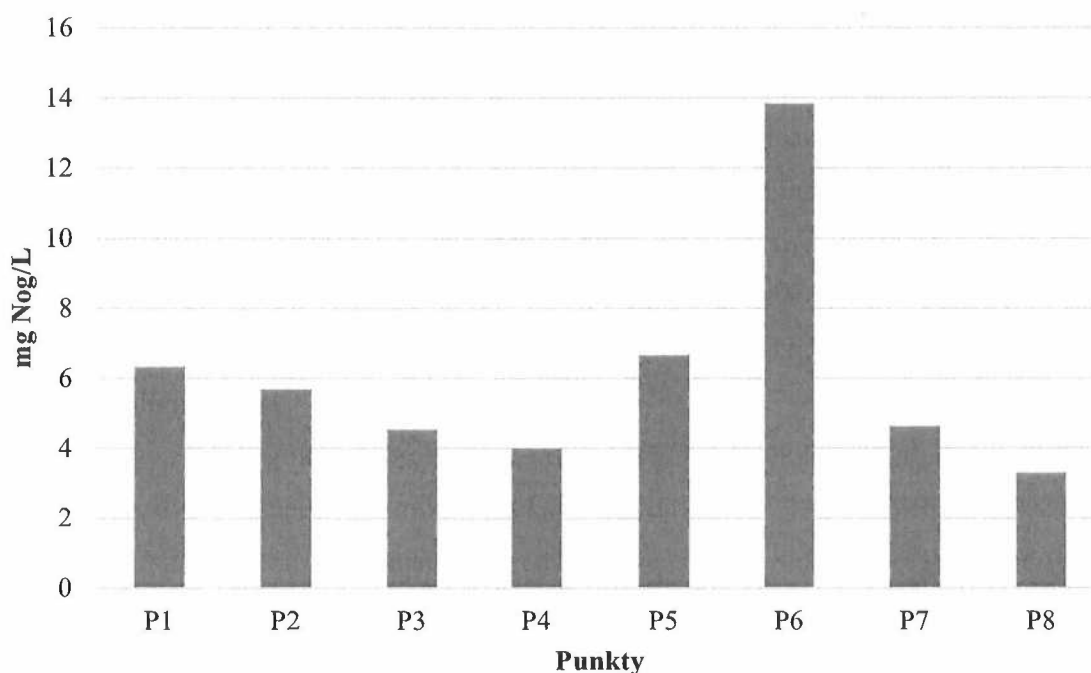
Rys. 10. Średnie stężenia azotanów w badanych punktach



Rys. 11. Maksymalne stężenia azotanów w badanych punktach

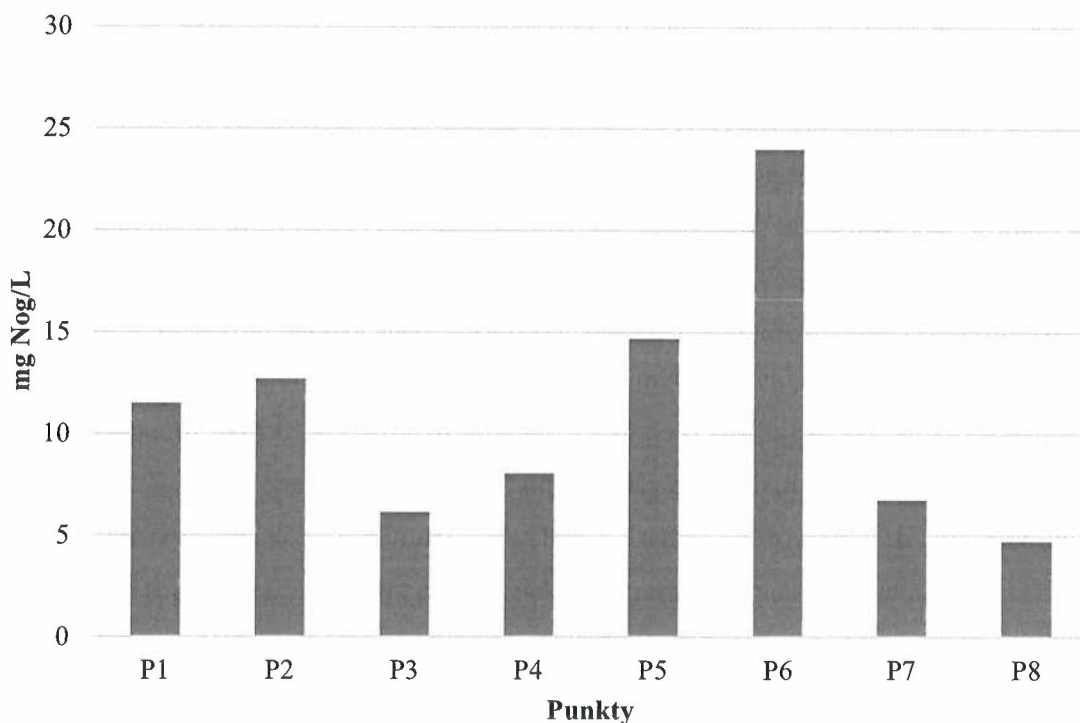
Średnie stężenia **azotu ogólnego** w analizowanym okresie, we wszystkich punktach kontrolnych na rzece Mała Wełna i jej dopływach, przekraczały obowiązujące normy<sup>3</sup> dla klasy II. Zakres przekroczeń dla wartości średnich mieścił się pomiędzy 1,0 a 4,2x. Najwyższe przekroczenia rejestrowano w punkcie P6 (Rys. 12). Azot ogólny może być pochodzenia rolniczego i pochodzić z intensywnego nawożenia pól nawozami mineralnymi oraz naturalnymi (obornik, gnojówka, gnojowica, pomiot ptasi), ale także jego źródłem może być niewłaściwa gospodarka komunalna i zrzut okresowy, bądź cykliczny ścieków bytowych z gospodarstw domowych.

Problem z azotem ogólnym obserwowano również w punktach P5 i P1. Podobne tendencje obserwuje się w przypadku wartości maksymalnych (Rys. 13). Stężenia maksymalne potwierdzają istniejące źródła zanieczyszczeń powyżej punktów P6, P5 i P1. W przypadku punktu P6, rejestrowane stężenie maksymalne aż 7,3x przekraczało normę przewidzianą dla klasy II.



Rys. 12. Średnie stężenia azotu ogólnego w badanych punktach

<sup>3</sup> Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. RP, Poz. 1475)



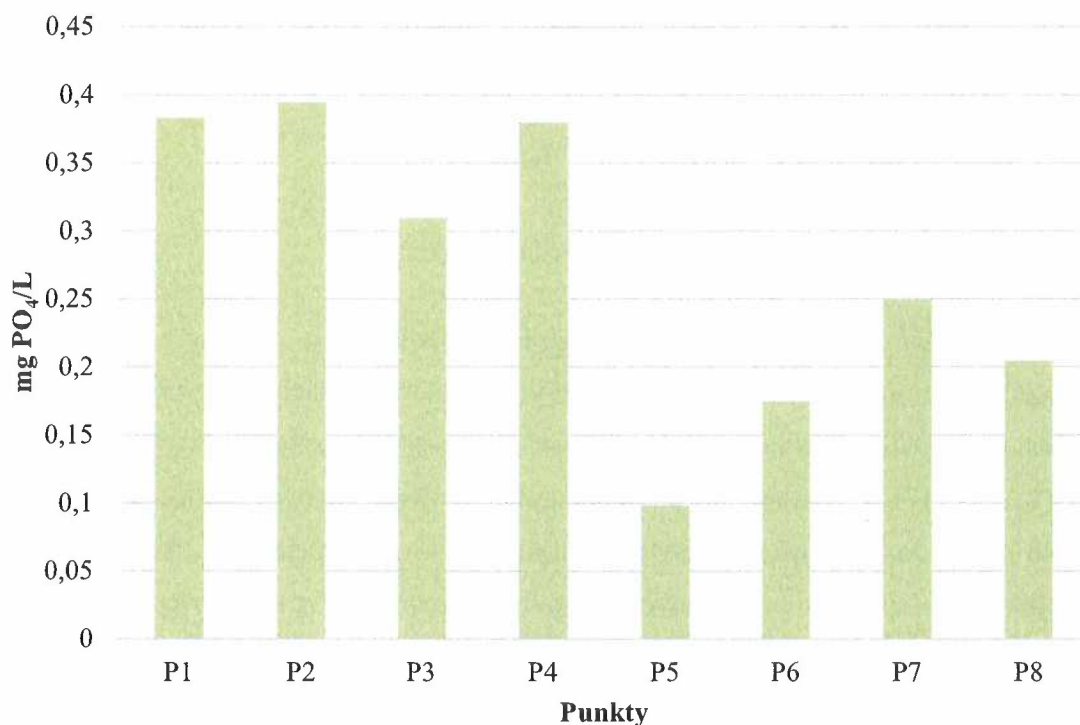
Rys. 13. Maksymalne stężenia azotu ogólnego w badanych punktach

Analiza stężeń **fosforanów** wskazuje, że i ten parametr jest problemem w niektórych punktach na badanym odcinku rzeki Mała Wełna oraz jej dopływach. W analizowanych punktach od P1 do P4 normy dla klasy II dla wartości średnich zostały znacznie przekroczone (Rys. 14). Przekroczenia wahały się od 1,1 do 1,4x. Najwyższe średnie stężenia notowano w punkcie P2, ale także kolejno P1 P4 i P3. Największe przekroczenia dla stężeń maksymalnych notowano w punkcie P4 (5,1x) oraz w punktach od P1 do P3 (4,0x) (Rys. 15).

Fosfor w wodach naturalnych może pochodzić z rozkładu związków organicznych roślinnych lub zwierzęcych, z pól nawożonych nawozami fosforowymi lub naturalnymi, czy organicznymi (np. osad ściekowy) oraz ze ścieków przemysłowych i komunalnych. Fosforany najłatwiej wymywane są z gleb mających odczyn pH = 6-7, czyli z rolniczego punktu widzenia - pożądanym. Z wiązki fosforu w wodach powierzchniowych są pobierane przez makrofitę oraz fitoplankton i sinice, lecz z drugiej strony są uwalniane z osadów dennych w warunkach beztlenowych. Fosfor jest mało mobilnym pierwiastkiem, tym samym do wód powierzchniowych dostaje się głównie w wyniku spływów powierzchniowych materiału

glebowego, doprowadzenia ścieków oczyszczonych lub podczas dokarmiania ryb<sup>4</sup>. Jadczyzyn i in. (2014)<sup>5</sup> twierdzą, że wielkość transportowanego ładunku fosforu wzrasta ze stężeniem tego pierwiastka w glebie, a stężenie ortofosforanów (V) w wodach spływu powierzchniowego było największe w przypadku gleb piaszczystych, o małych zdolnościach retencyjnych.

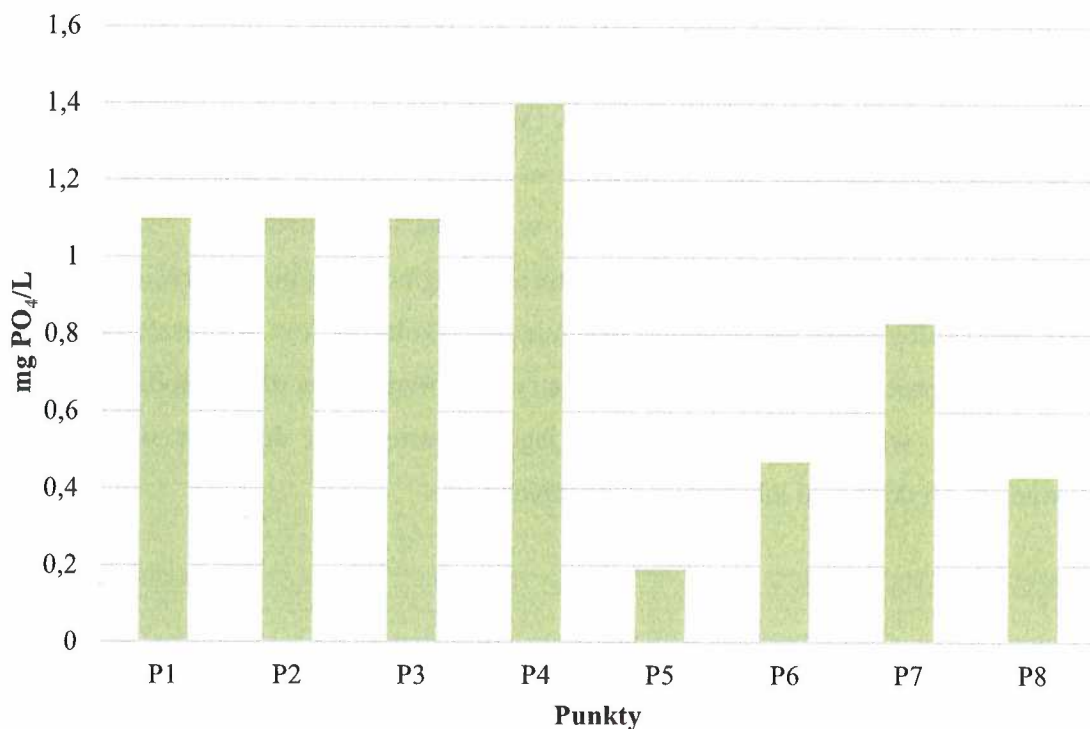
Niewielkie stężenia tych związków w wodach śródlądowych są przyczyną natychmiastowych zakwitów sinic, fitoplanktonu a także glonów, które w procesie obumierania ulegają bakteriologicznej degradacji. Powoduje to z kolei deficyt rozpuszczonego tlenu, wpływający na proces tzw. przyduszy i śnięcia ryb. Ze względu na dużą szkodliwość fosforu dla środowiska wskazane jest określanie jego zawartości w ściekach oczyszczonych odprowadzanych do gruntu lub wód powierzchniowych.



Rys. 14. Średnie stężenia fosforanów w badanych punktach

<sup>4</sup> Sojka M., Murat-Błażejewska S., Kanclerz J. Ocena czasowej zmienności ładunków związków azotu i fosforu wymywanych ze zlewni rolniczej. *Inżynieria ekologiczna, Melioracje wodne w kształtowaniu i ochronie środowiska* 18: 153-154.

<sup>5</sup> Jadczyzyn J., Mroczkowski W., Gosek S., 2014. Erozyjne straty fosforu w doświadczeniu modelowym. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 17(1): 89-103.

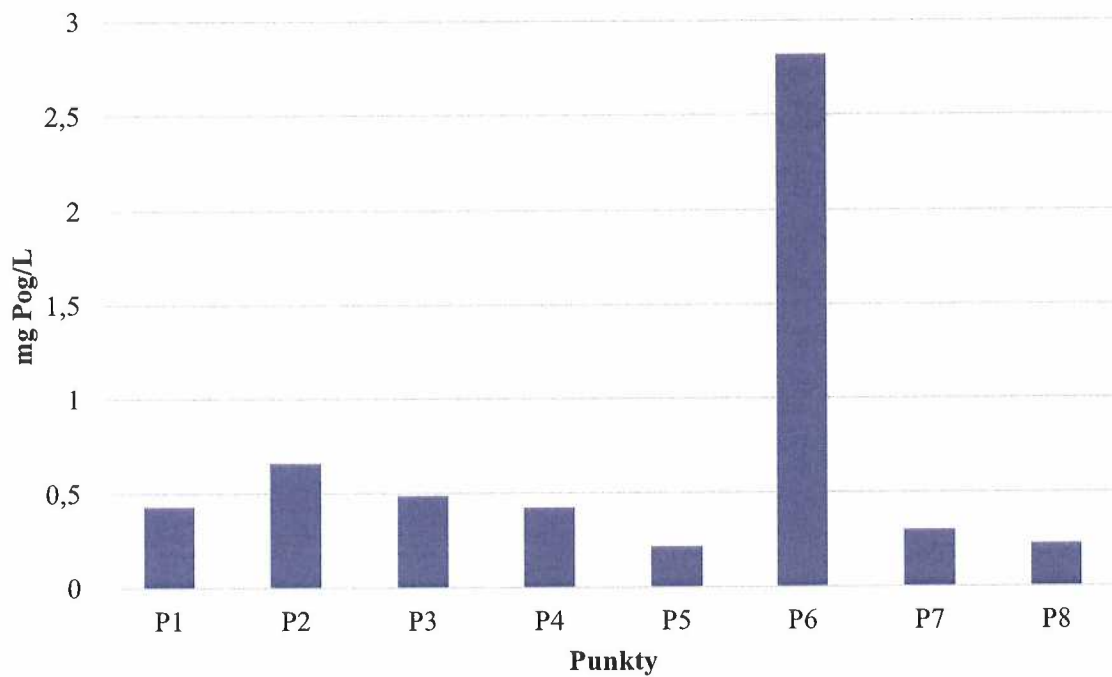


Rys. 15. Maksymalne stężenia fosforanów w badanych punktach

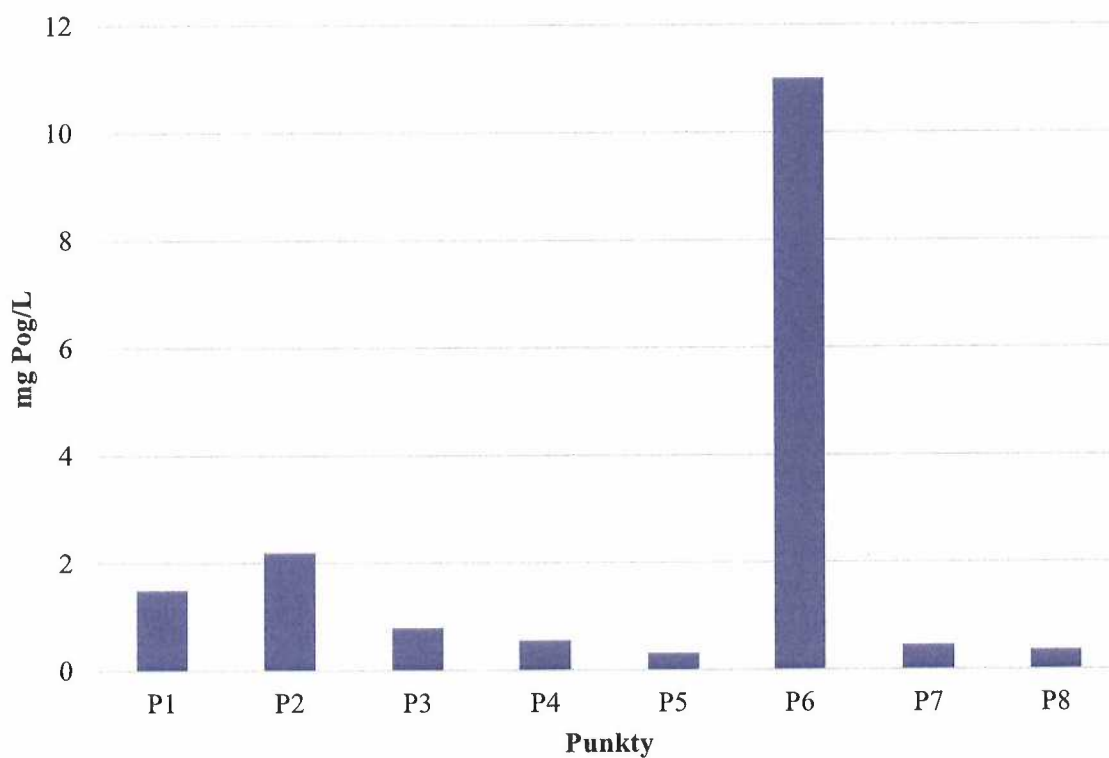
Analiza stężeń **fosforu ogólnego** wskazuje na bardzo duży problem z punkcie P6. Obowiązująca norma dla klasy II (stan dobry)<sup>6</sup> przy wartościach średnich została 8,6x, natomiast przy wartościach maksymalnych wartości te przekraczały 33x normę dla klasy II (Rys. 16, Rys. 17). Przekroczenia norm dla wartości średnich były notowane również w punktach od P1 do P4. Fosfor ogólny jest limitowany w odprowadzanych do wód ściekach zarówno komunalnych jak i związanych z produkcją zwierzęcą w tym gospodarka rybacką (odchody zwierząt, pasze, dekompozycja martwych organizmów). Fosfor ogólny obejmuje ortofosforany, które mogą stanowić ok 50-70% fosforu ogólnego, polifosforany, będące składnikiem syntetycznych środków piorących, ale także związki organiczne pochodzenia naturalnego, wchodzące w skład komórek organizmów, wirusów, witamin, dostające się do środowiska w czasie rozkładu organizmów i wydaliny tych organizmów.

<sup>6</sup> Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. RP, Poz. 1475)



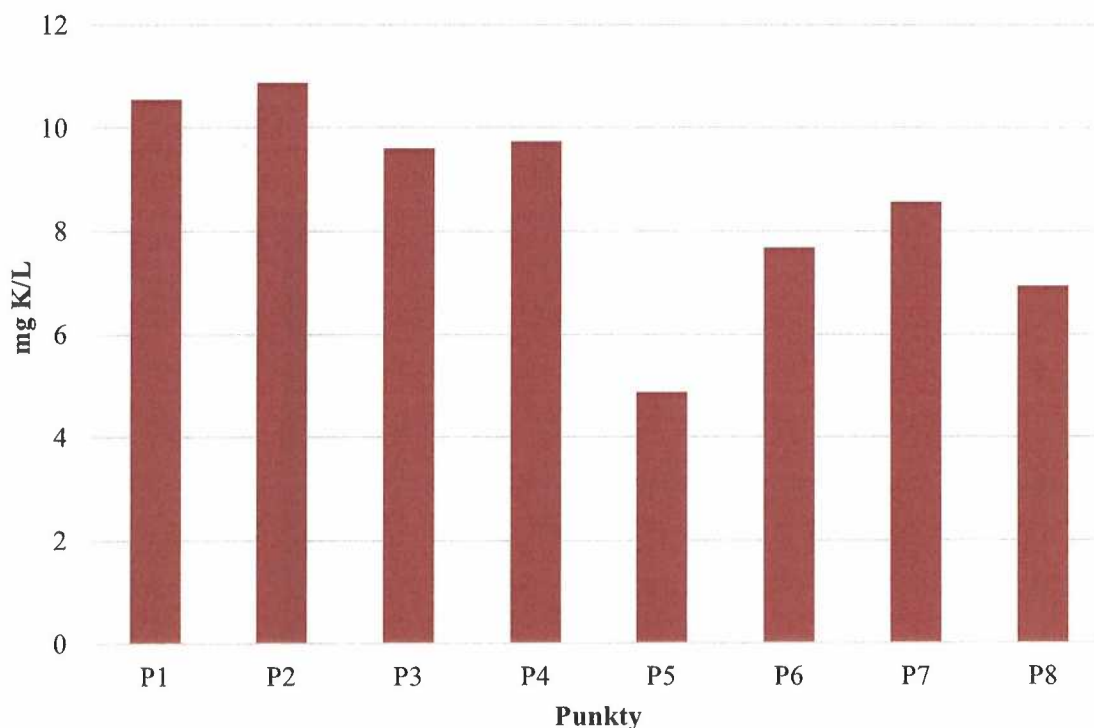


Rys. 16. Średnie stężenia fosforu ogólnego w badanych punktach



Rys. 17. Maksymalne stężenia fosforu ogólnego w badanych punktach

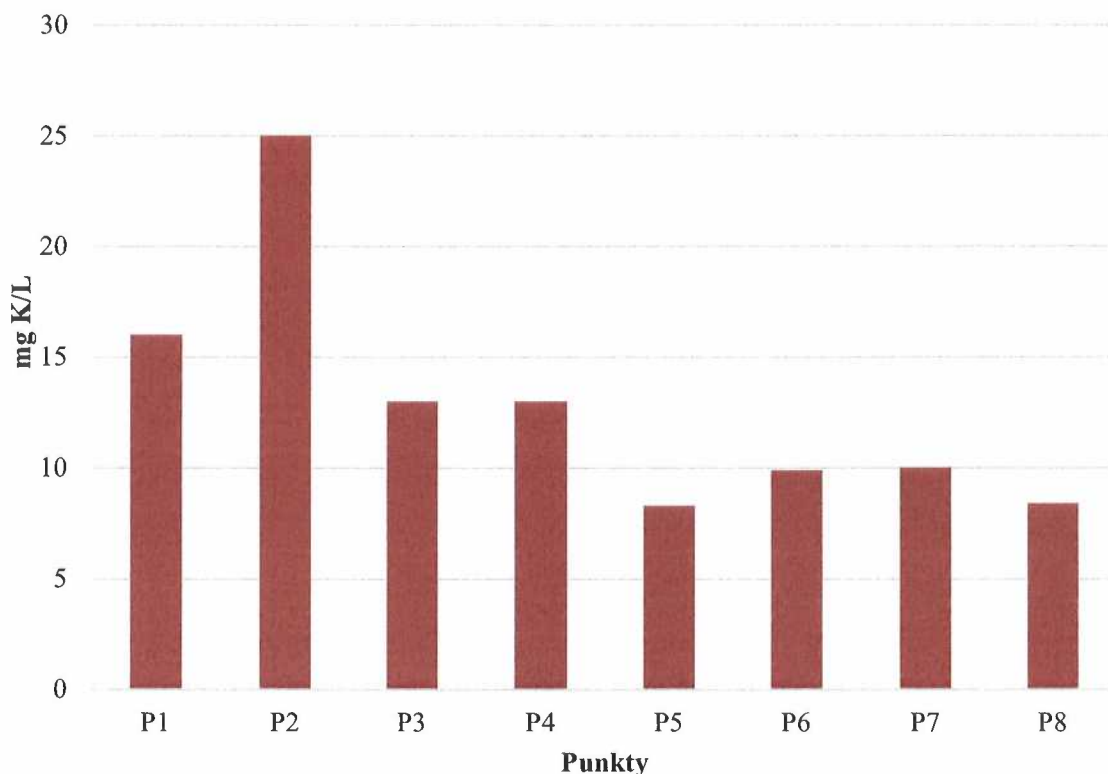
Stężenia **potasu** przyrównano do starej normy z 1991 r.<sup>7</sup>, ponieważ w nowym ustawodawstwie brak jest odniesień do tego pierwiastka. Jak widać na rysunku nr 18 największe średnie stężenia tego pierwiastka rejestrowano w punktach P1-P4, przy czym w P1 i P2 wody na podstawie tego parametru sklasyfikowano do klasy II. Pozostałe wartości mieściły się w klasie I. W przypadku wartości maksymalnych, najwyższe stężenia zanotowano w Punkcie P2 i sięgały one 25 mg/L. Wartości maksymalne przekraczały również normę dla stanu dobrego (klasa II) w punkcie P1 oraz P3 i P4 (Rys. 19). Potas może przenikać bezpośrednio ze stawów produkcyjnych, które znajdują się na badanym odcinku. Duże ilości potasu mogą wiązać się z gospodarką stawową i podawaniem pasz zawierających ten pierwiastek. Potas jest pierwiastkiem o dużej mobilności w przemieszczaniu się z gleby do wód gruntowych. W literaturze można znaleźć również informacje, które wskazują istotne zależności między zawartością rozpuszczalnego węgla organicznego, a przenikaniem potasu do płytkich wód gruntowych<sup>8</sup>. Może to być związane np. z nawożeniem organicznym stawów bądź dużą ilością zgromadzonej biomasy organicznej w stawach hodowlanych.



Rys. 18. Średnie stężenia potasu ogólnego w badanych punktach

<sup>7</sup> Rozporządzenie Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi (Dz.U.1991.116.503 – akt utracił moc)

<sup>8</sup> Burzyńska I. 2009. Potas w glebie, roślinności i płytkich wodach gruntowych, na tle zróżnicowanego użytkowania. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie (I-III): 12, 1(37): 49-58.



Rys. 19. Maksymalne stężenia potasu ogólnego w badanych punktach

Poziom stężenia **substancji rozpuszczalnych całkowitych (TDS)** w badanych punktach był bardzo wysoki. Agencja Ochrony Środowiska w USA ustaliła maksymalny zalecany poziom na 500 miligramów na litr [mg/l lub ppm]<sup>9</sup>. Według Bureau of Indian Standards (BIS) górna granica poziomów TDS w wodzie wynosi 500 ppm [500 mg/L]. Poziom TDS zalecany przez WHO wynosi jednak 300 ppm [mg/L]<sup>10</sup>. Woda o poziomie TDS większym niż 1000 mg/l [ppm] nie nadaje się do spożycia. W Polsce obowiązywała norma z Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi (Dz.U.1991.116.503 – akt utracił moc). Rozporządzenie wyróżniało 3 klasy jakości ze względu na substancje rozpuszczone [mg/L]: I - 500 i poniżej; II - 1000 i poniżej; III - 1200 i poniżej. Wysoki poziom TDS w wodzie może prowadzić do szeregu problemów zdrowotnych. Obecność potasu, sodu i chlorków zwiększa poziom TDS w wodzie. Jednakże obecność w

<sup>9</sup> U.S. Environmental Protection Agency. 2010. Secondary Drinking Water Regulations: Guidance for Nuisance Chemicals. EPA 816-F-10-079. <http://water.epa.gov/drink/contaminants/secondarystandards.cfm>.

<sup>10</sup> World Health Organization. 2003. Total Dissolved Solids in Drinking Water. WHO Guidelines for Drinking Water Quality. WHO/SDE/WSH/03.04/16. [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/tds.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/tds.pdf)

wodzie toksycznych jonów, takich jak ołów, azotany, kadm i arsen, może prowadzić do szeregu poważnych problemów zdrowotnych. Jest to szczególnie ważne w przypadku dzieci, ponieważ są one znacznie bardziej wrażliwe na zanieczyszczenia, ponieważ ich systemy obronne nie są w pełni rozwinięte. Im czystsza woda, tym można być pewnym dobrego zdrowia.

Ponieważ w polskiej normie brak jest norm w stosunku do TDS w wodach płynących dlatego wykorzystano normę zalecaną przez Agencję Ochrony Środowiska w USA (AOŚ U.S.) dla wody pitnej (Tab. 8 i 9).

Tab. 8. Normy dla poziomu TDS w wodzie przeznaczonej do picia

Poziom TDS [mg/L lub ppm]	UWAGI (w kontekście spożycia przez ludzi)
<50	Spożycie niedopuszczalne, ponieważ brakuje niezbędnych minerałów
50-150	Spożycie dopuszczalne. Na obszarach, gdzie woda jest zanieczyszczona ściekami lub odpadami przemysłowymi
150-250	Spożycie dopuszczalne. Na obszarach, gdzie woda jest zanieczyszczona ściekami lub odpadami przemysłowymi
250-350	Stan dobry. Wskazany przedział dla osób cierpiących na choroby układu krążenia
350-500	Spożycie całkowicie akceptowalne
500-900	Spożycie mniej akceptowalne
900-1200	Spożycie najmniej akceptowalne. Unikaj wody pitnej o poziomie TDS 900
1200-2000	Woda nie nadaje się do picia.
>2000	Spożycie absolutnie niedopuszczalne

Tab. 9. Poziomy smakowitości wody ze względu na stężenia TDS

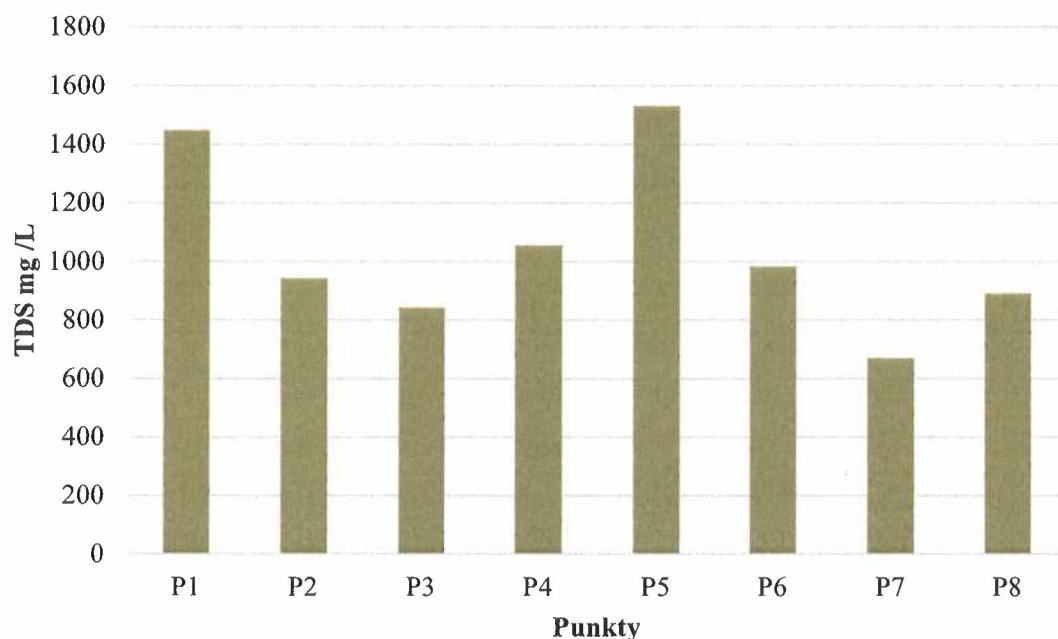
Poziom TDS [mg/L lub ppm]	Smakowitość
50-150	Znakomita
150-250	Dobra
250-300	Akceptowalna
300-500	Słaba
>1200	Nieakceptowalna

Jak wskazują uzyskane wyniki we wszystkich badanych punktach doszło do znacznych przekroczeń jeśli chodzi o średnie stężenia TDS. Wartości średnie przekraczały normy zalecane przez WHO (300 mg/L), ale także przez AOŚ U.S. (500 mg/L) (Rys. 20). W dwóch przypadkach był to poziom absolutnie nieakceptowalny (punkty P1 i P5). W punkcie P5 wyniki wskazują na charakter rolniczy zanieczyszczeń, natomiast w punkcie P1 mogą to być źródła mieszane np.

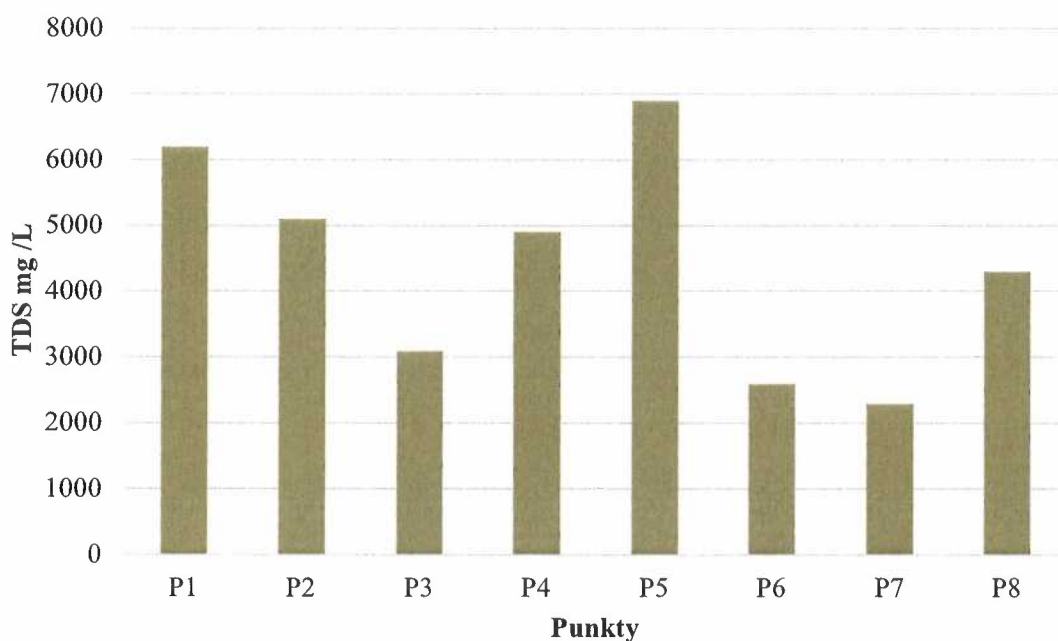


rolnictwo i gospodarska komunalna, ewentualnie niezidentyfikowane bliżej źródła, które wymagają szerszej analizy presji.

Przyglądając się wartościom maksymalnym stężenia TDS sięgały prawie 7000 mg/L. najgorzej ze względu na ten parametr wyglądały punkty P1 i P5 (Rys. 21).



Rys. 20. Średnie stężenia substancji rozpuszczonych całkowitych w badanych punktach



Rys. 21. Maksymalne stężenia substancji rozpuszczonych całkowitych w badanych punktach

## 5. Interpretacja wyników jakości osadów dennych w sezonie 2022/2023

Osady denne mogą odzwierciedlać charakter środowiska oraz jego zmiany w dłuższej perspektywie czasu. Są ważnym elementem w procesie krążenia materii w wodach powierzchniowych. Odgrywają one istotną rolę w procesach kumulacji, tworząc środowisko aktywnych przemian chemicznych i mikrobiologicznych, pełniąc kluczową rolę magazynu substancji biogennych. Znajomość składu chemicznego osadów może być, niekiedy lepszym wskaźnikiem zanieczyszczenia środowiska niż znajomość składu chemicznego wody.

Wyniki dla wybranych parametrów charakteryzujących osady denne w zlewni Małej Wełny przedstawiono w tabeli nr 10 oraz na rysunkach nr 22-25.

Jak widać z danych przedstawionych w tabeli nr 10 oraz rysunkach nr 22 i 23 najbardziej stabilnym makroskładnikiem był **fosfor ogólny**. Nie ulegał on znacznym fluktuacjom i praktycznie we wszystkich badanych punktach jego ilość w osadach była podobna. Nieco wyższe ilości notowano w punkcie P1. Badania zawartości fosforu w osadach prowadzili np. Gałka i Wiatkowski (2010)<sup>11</sup>. Prowadzony eksperyment dotyczył zbiornika zaporowego Młyny. Średnie zawartości tego składnika (P) obliczone przez autorów w ww. zbiorniku wyniosły 0,0064%. Jednak największe ilości notowano na wpływie 0,0174% w stosunku do odpływu (0,0042%). Może to świadczyć o akumulacji tego składnika w zbiorniku oraz intensywnych procesach biologicznych, w wyniku których wiązany jest ten składnik, lub odprowadzaniem tego składnika z wodami rzeki poza akwen. Większość z uzyskanych wyników dla Małej Wełny nie mieściła się w zakresie metodyki badawczej, stąd trudno precyzyjnie określić jak bardzo wyniki były zbliżone lub odbiegały od uzyskanych przez Gałkę i Wiatkowskiego (2010). Jedynie w przypadku punktu P1 widzimy znacznie wyższe wartości fosforu niż uzyskane w pracy ww. autorów. Badania Dąbkowskiego i Pawłat-Zawrzykraj (2003)<sup>12</sup> nad osadami dennymi rzeki Raszynki wskazują, iż zawartość fosforu jest największa w próbach zawierających dużo substancji organicznej i wynosi 0,171–0,451%, a w pozostałych próbach autorzy rejestrowali średnio ok. 0,050%.

Analiza prób osadów zebranych w zlewni Małej Wełny na zawartość **azotu Kjeldahla** wskazuje na większe zróżnicowanie pomiędzy badanymi punktami monitoringowymi. Średnio

<sup>11</sup> Gałka B., Wiatkowski M. 2010. Charakterystyka osadów dennych zbiornika zaporowego Młyny oraz możliwość rolniczego ich wykorzystania. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. 10, 4 (32): 53–63.

<sup>12</sup> Dąbkowski S.L., Pawłat Zawrzykraj A. 2003. Wybrane właściwości chemiczne osadów dennych wód otwartych w zlewni Raszynki. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. 3(6): 141-148.

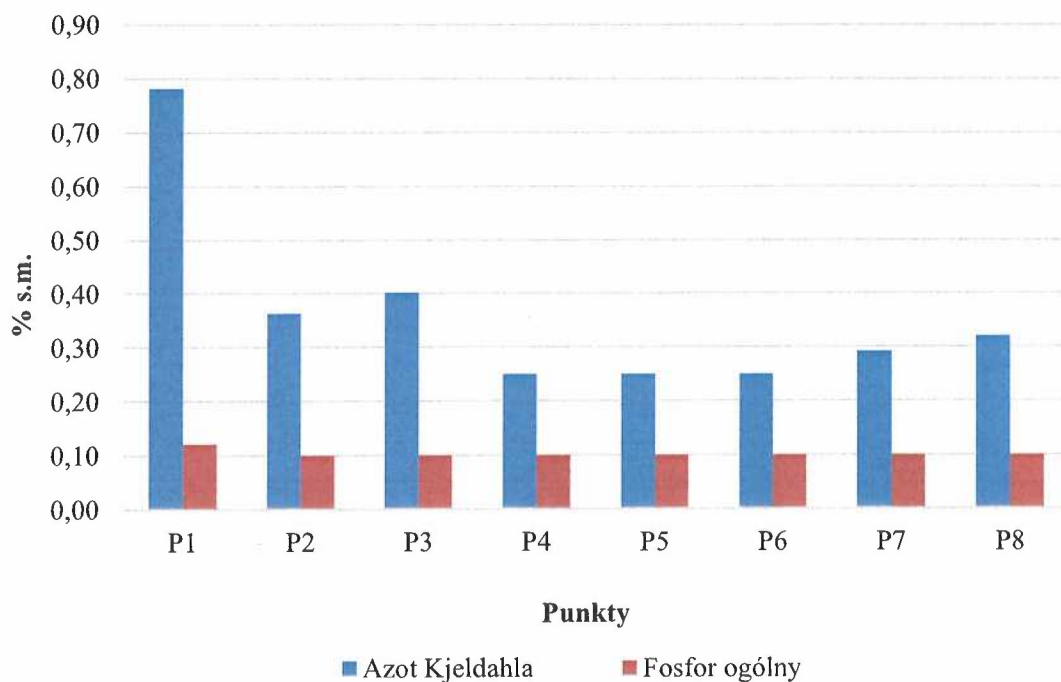
ten parametr kształtował się w zakresie <0,5-7,8% s.m (Rys. 22). Najwyższą maksymalną wartość zanotowano dla punktu P1, za stawami hodowlanymi i wyniosła ona 1,4% s.m. (Rys. 23). Wysokie zawartości azotu Kjeldahla notowano kolejno w punktach P3, P2, ale również P8 i P7. Badania Skorbiłowicz (2006) wskazały, że zawartość azotu w osadach Narwi wyniosła średnio 0,105% s.m. (od 0,037-0,175% s.m.). W 17 dopływach górnej Narwi rejestrowano zawartość azotu na średnim poziomie 0,247% s.m. (0,067-0,843% s.m.). Z kolei w rzece Supraśl ilość azotu wyniosła 0,324% s.m. (od 0,154 do 0,476% s.m.)<sup>13</sup>. Przy doborze miejsc pobrania próbek powierzchniowych osadów dennych w rzece Supraśli za główne kryterium autorzy przyjęli obecność ognisk zanieczyszczeń środowiska wodnego związkami azotu (oczyszczalnie ścieków).

Tab. 10. Wartości charakteryzujące jakość osadów dennych w badanym okresie w punktach zlokalizowanych na rzece Małej Welnie i jej dopływach

Punkt	Wartość	Potas	Zawartość suchej masy	Azot Kjeldahla	Fosfor ogólny
		mg/kg s.m.	%	% s.m.	% s.m.
P1	Min	250	7,7	<0,50	<0,20
	Maks	3200	69,9	1,40	0,25
	Średnia	1458	22,4	0,78	0,12
P2	Min	150	30,2	<0,50	<0,20
	Maks	1400	82,2	0,73	<0,20
	Średnia	593	57,5	0,36	0,10
P3	Min	220	20,9	<0,50	<0,20
	Maks	2600	80,0	0,96	<0,20
	Średnia	1054	44,8	0,40	0,10
P4	Min	220	59,3	<0,50	<0,20
	Maks	450	86,0	<0,50	<0,20
	Średnia	354	73,6	0,25	0,10
P5	Min	400	36,9	<0,50	<0,20
	Maks	940	58,5	<0,50	<0,20
	Średnia	694	48,5	0,25	0,10
P6	Min	140	74,5	<0,50	<0,20
	Maks	310	83,9	<0,50	<0,20
	Średnia	223	80,0	0,25	0,10
P7	Min	300	27,6	<0,50	<0,20
	Maks	1200	62,6	0,54	<0,20
	Średnia	531	43,2	0,29	0,10
P8	Min	450	15,3	<0,50	<0,20
	Maks	1600	82,4	0,74	<0,20
	Średnia	863	60,0	0,32	0,10

<sup>13</sup> Skorbiłowicz E. 2006. Azor w osadach dennych wybranych rzek zlewni górnej Narwi. Zeszyty Problemowe Nauk Rolniczych. 513: 381-388.

Mimo presji wynikającej z oddziaływania kilku oczyszczalni, wyniki dotyczące zawartości azotu w osadach dennych dla rzeki Supraśl były niższe niż w przypadku większości punktów zlokalizowanych w zlewni Małej Wełny. Niewątpliwie ilość azotu w osadach dennych uzależniona jest od jego stężenia w toni wodnej, natężenia procesów wytrącania rozpuszczalnych w wodzie soli mineralnych i zdolności sorpcyjnych osadów. Ważną przyczyną kształtującą wielkość dopływu azotu wodami Supraśli była dostawa składnika wraz z zanieczyszczeniami. Oczyszczalnie ścieków, które były zlokalizowane na badanym odcinku nie były w stanie usunąć ze ścieków dostatecznej ilości związków biogenych i innych zanieczyszczeń. Przeprowadzone przez autorów badania wykazały znaczne rozpiętości zawartości azotu w zależności od badanych cząstkowych zlewni. Morfologia zlewni (wielkość i ukształtowanie terenu, gęstość sieci rzecznej), jej zagospodarowanie, a także czynniki meteorologiczne decydują o przemieszczaniu się azotu do wód powierzchniowych. Największe zawartości azotu notowano w osadach zlewni rolniczych.



Rys. 22. Średnia zawartość azotu Kjeldahla i fosforu ogólnego w osadach dennych w badanym okresie

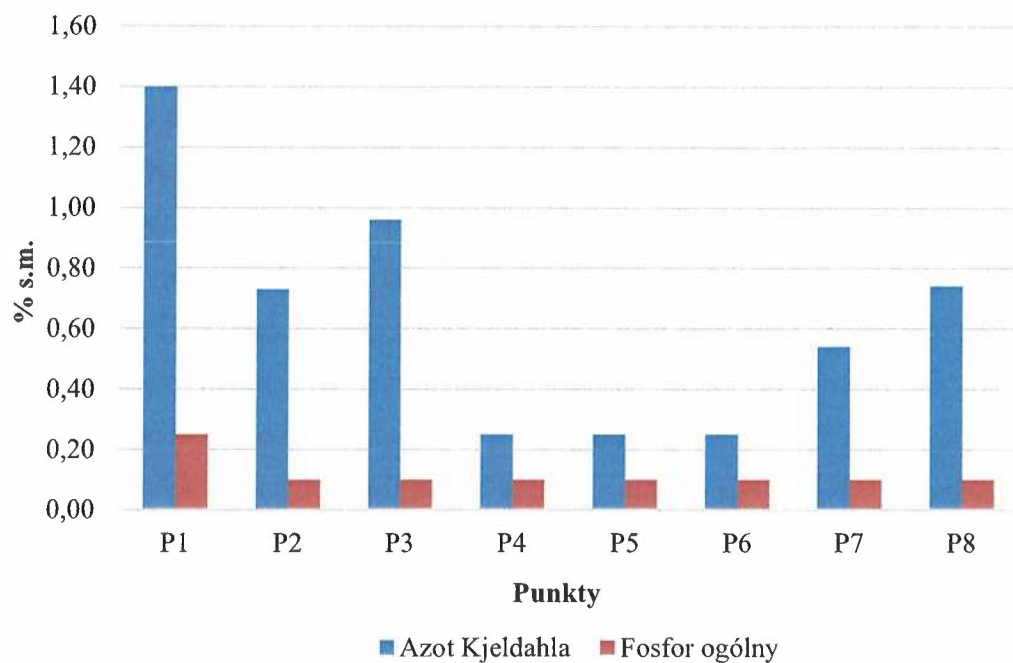


Dąbkowski i Pawłat-Zawrzykraj (2003)<sup>14</sup> badali również zawartość azotu ogólnego w osadach dennych rzeki Raszynki. Ustalili, że jego ilość zależy głównie od zawartości substancji organicznej. W próbach o dużej zawartości substancji organicznej (11,2–23,7%) ilość azotu ogólnego rejestrowana przez autorów wynosiła 0,300–0,482%, a w pozostałych próbach – 0,042–0,120%. Zdaniem Dąbkowskiego i Pawłat-Zawrzykraj (2003) większa zawartość składników chemicznych w badanych osadach mogła wiązać się z utworami torfowymi dna badanej rzeki i mniejszą prędkością przepływu wody oraz z dużą ilością zawiesiny dostarczanej do koryta rzeki ze ściekami i strącaną na odcinkach koryta o małych spadkach i prędkościach przepływu wody. Większa zawartość substancji organicznej w osadach może wywołać zmniejszenie zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie co jest obserwowane również w badanych punktach na rzece Małej Wełnie i jej dopływach. Duża zawartość azotu i fosforu w osadach może stymulować bujny rozwój roślinności brzegowej i dennej. Autorzy badali również wpływ osadów dennych zdeponowanych w Stawach Raszyńskich na stan rzeki Raszynki. Okresowo stawy są one odmulane a osady trafiają do rzeki. Z wykonanych analiz prób pobranych z dna Stawu Falenckiego i Stawu Spiskiego wynika, że zawierają one małe ilości substancji organicznej, fosforu i potasu. W trakcie jesiennego spuszczenia wody istnieje jednak potencjalne zagrożenie dla wód Raszynki w dolnym jej odcinku. Podobne tendencje widać w przypadku analizowanych punktów zlokalizowanych na rzece Małej Wełnie. W okresie jesiennym widać wyraźny skok zawartości niektórych wskaźników w punkcie P3, np. **potasu** z 410 do 2600 mg/kg s.m. pomiędzy 27 października a 28 listopada 2022 r. (Rys. 24). W punkcie P2 tendencja była malejąca, stąd wniosek, że na punkt P3 oddziałują stawy hodowlane (Rys. 23 i 24). Podobne tendencje notuje się w tych punktach w przypadku **azotu Kjeidahla**. W okresie jesiennym jego ilość w punkcie P3 wzrasta, później spada do wartości progowych (<0,50% s.m.). W punkcie P2 obserwuje się tendencję odwrotną. Dodatkowo w kanale ulgi obserwuje się intensywny rozwój roślinności szuwarowej. Całe koryto jest pokryte roślinnością litoralną co wskazuje na cykliczny czynnik modyfikujący jakość osadów.

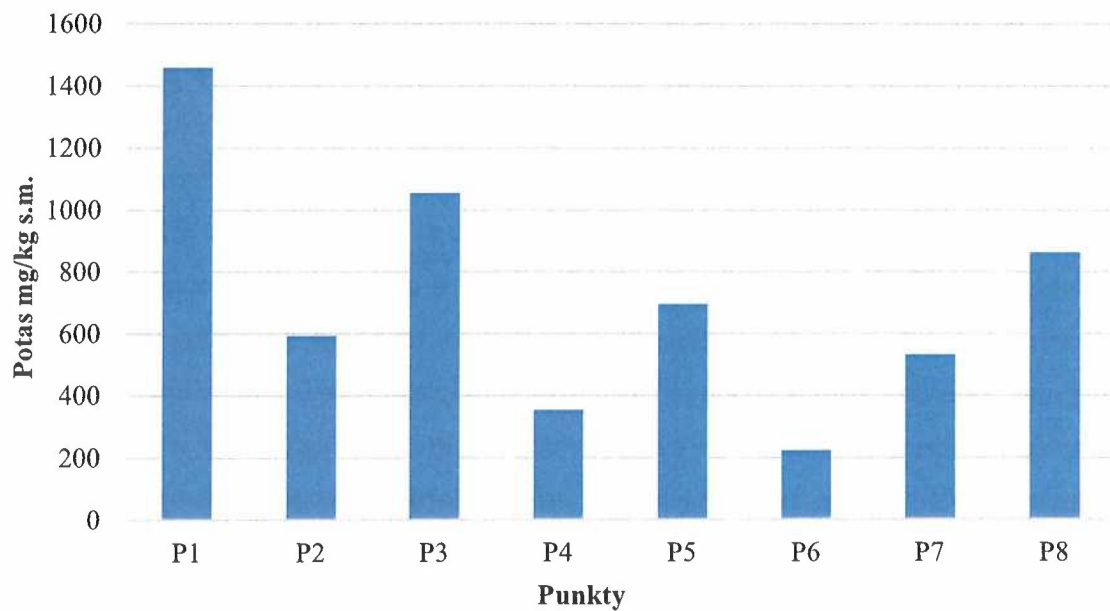
Stężenia maksymalne **azotu Kjeidahla** oraz **fosforu ogólnego** wskazują na podobne tendencje jak w przypadku średnich. Największy problem jeśli chodzi o **azot Kjeidahla** stanowiły punkty P1 oraz P3. Podwyższone zawartości azotu notowano też w punkcie P2 i P8 oraz P7. W przypadku **fosforu** najwyższe maksymalne stężenia notowano w punkcie P1.

---

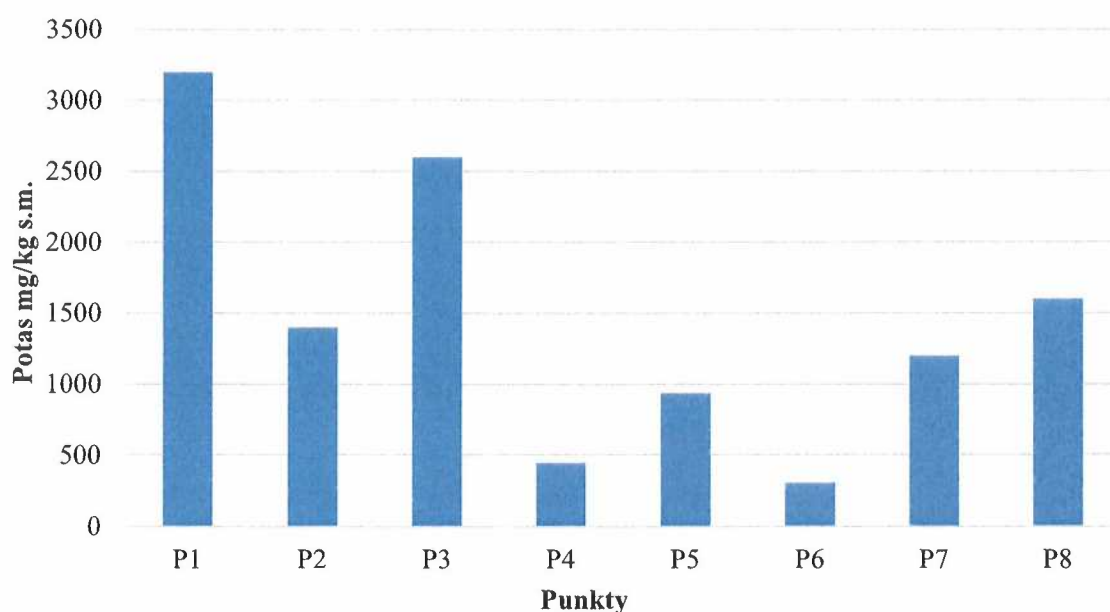
<sup>14</sup> Dąbkowski S.L., Pawłat Zawrzykraj A. 2003. Wybrane właściwości chemiczne osadów dennych wód otwartych w zlewni Raszynki. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. 3(6): 141-148.



Rys. 23. Maksymalna zawartość azotu Kjeldahla i fosforu ogólnego w osadach dennych w badanym okresie



Rys. 24. Średnia zawartość potasu w osadach dennych w badanym okresie



Rys. 25. Maksymalna zawartość potasu w osadach dennych w badanym okresie

## 6. Podsumowanie i rekomendacje dalszych badań

Szczegółowa analiza uzyskanych wyników jakości wód dla parametrów fizykochemicznych w analizowanych punktach na rzece Mała Wełna, dokonanej na podstawie poboru prób pobranych w okresie od października 2022 r. do czerwca 2023 r., pozwala na przedstawienie wniosków wskazujących na potencjalną presję oraz wskazanie punktów newralgicznych ze wskazaniem do dalszego monitoringu. Wszystkie rekomendacje mają w przyszłości zaowocować poprawą jakości wód w zlewni Mała Wełna oraz pośrednio ograniczyć dopływ ładunków zanieczyszczeń do jezior Maciejak i Rościńskiego, a przez to ograniczyć ich degradację. Zatrzymanie tego procesu umożliwi wykorzystanie wód jezior w szerszym zakresie, przede wszystkim turystycznym i rekreacyjnym. Bliskość akwenów względem miasta jest niewątpliwie atutem, a w dobie problemów z wodą bardzo ważnym elementem utrzymania lokalnych ekosystemów, co przekłada się również na tzw. usługi ekosystemowe świadczone na rzecz gospodarki.

Dla lepszego zrozumienia problemu skali presji oraz stanu wód na badanym odcinku rzeki Mała Wełna przygotowano dwie tabele przedstawione poniżej (Tab. 11 i 12). Zakresy metodyczne podano w tabeli nr 13. W pierwszej przygotowano zestawienie badanych parametrów w analizowanych punktach zaznaczając przekroczenia dla stanu dobrego (dla klasy II) (Tab. 11). Suma punktów oznacza liczbę przekroczonych parametrów. Zgodnie z

obowiązującą normą stan wody stan wody determinuje najgorszy badany parametr. Wystarczy więc jeden pozaklasowy parametr by zakwalifikować wody do złego stanu. Jak wynika z przedstawionej macierzy we wszystkich punktach notowano od 3 do 8 przekroczeń norm dla badanych parametrów. Analiza wyników wykazała, że poważnym problemem są punktach P1-P8 są przede wszystkim przewodność elektrolityczna, substancje rozpuszczone całkowite oraz substancje biogenne azot amonowy, azot ogólny, fosforany i fosfor ogólny. W punktach P1 i P6 notowano najwięcej przekroczeń normy. Również punkty P4 i P5 wykazywały szereg przekroczeń badanych parametrów. Wszystkie badane punkty (P1-P8) wskazywały na zły stan wód.

Dodatkowo, dla zobrazowania skali przekroczeń normy ocenianych parametrów, przedstawiono wyniki wyliczone na podstawie opracowanych wag (Kupiec 2022)<sup>15</sup>. Badania pokazują jednoznacznie, że największą krotnością przekroczeń analizowanych parametrów charakteryzował się punkt P6, zlokalizowany na dopływie Małej Wełny (Tab. 12). W punkcie P6 rejestrowano ponadnormatywne średnie stężenia azotanów, klasyfikujące te wody do wód wrażliwych na zanieczyszczenia związkami azotu ze źródeł rolniczych zgodnie z wytycznymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych (Dz.U. 2002 nr 241 poz. 2093) (akt utracił moc – obowiązują akty ustanawiane przez Dyrektorów RZGW). Średnie stężenia azotanów przekraczały 50 mg NO<sub>3</sub>/l.

Relatywnie dużymi przekroczeniami badanych parametrów charakteryzowały się również punkty P2 i P1. Najmniejsze przekroczenia normy rejestrowano w punktach P7 i P8.

Wyniki badań jakości osadów wskazują na bardzo duży ładunek potasu w punkcie P1, odbiegający znacznie od pozostałych punktów. We wszystkich punktach zawartość potasu była znaczna. Jeśli chodzi o zawartość azotu i fosforu w osadach dennych, to są one zastanawiająco niskie. Należałoby wyjaśnić kwestie wykonanych badań w kontekście poboru prób i metodyki analitycznej.

Podczas badań zauważono nieznaczący wpływ miasta Skoki na jakość wód. Z reguły na odcinku pomiędzy punktami P3 a P4 jakość wód się poprawiała. Świadczy to o niewielkim udziale terenów zurbanizowanych miasta na wody Małej Wełny. W Kanale Ulgi rejestrowano bardzo duży udział osadów organicznych oraz obecność bujnej roślinności szuwarowej. Może ona działać jak filtr biologiczny tworząc swoisty „magazyn” dla części zanieczyszczeń – przede

---

<sup>15</sup> Kupiec J.M. 2022. Uproszczona metodyka oceny skali obciążenia wód na potrzeby wizualizacji danych monitoringowych. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.



wszystkim biogennych. Z tego względu stężenia tych substancji w wodzie mogą być niższe, ale mimo tego siedlisko wodne może ulegać degradacji. Powstająca biomasa będzie powodować problemy hydrologiczne (m.in. wypływanie akwenu, problem z przepływem), a czasem mineralizacja może uwalniać duże ilości biogenów do wód, nasilając proces degradacji. Jest to szczególnie niekorzystne dla funkcjonowania Jeziora Maciejak, do którego poprzez Kanał Ulgi są doprowadzane wody.

Duży problem stanowią punkty P2 i P1. Ze względu na dość skomplikowane uwarunkowania wynikające z funkcjonowania kilku stawów użytkowanych rybacko (dla części stawów brak danych o ich użytkowaniu), ale także stawów towarzyszących (prawdopodobnie nieużytkowanych rybacko), wymagana jest szczegółowa inwentaryzacja, również terenowa, w celu zidentyfikowania źródeł zanieczyszczeń oraz oceny skali wywieranej presji.

W punktach P7 i P8 notowano najkorzystniejsze wartości analizowanych parametrów. Ponieważ punkty te zlokalizowane były za jeziorami Maciejak i Rościńskim, jeziora w tym przypadku zadziałały jak biofiltr, magazynując znaczne ilości docierających do nich zanieczyszczeń. Stąd stężenia niektórych substancji za jeziorami były niższe niż przed. Proces ten jest niekorzystny z punktu widzenia funkcjonowania jezior, ponieważ świadczy o ich postępującej degradacji.

Do dalszych badań rekomenduje się Punkty P1, P2, P3, P5 i P6. Badania powinny dotyczyć przewodności elektrolitycznej, azotu amonowego, azotanów, azotu ogólnego, fosforanów, fosforu ogólnego w wodzie. Pobór prób wody powinien być wykonywany przynajmniej raz w sezonie (lato, jesień, zima, wiosna), lub maksymalnie co dwa miesiące.

Badania osadów można przeprowadzić dwukrotnie (w okresie wegetacyjnym – latem, i w okresie pozawegetacyjnym - zimą). Powinny być przeprowadzone ww. punktach. W przypadku badanych parametrów zaleca się wykonanie badań na zawartość azotu i fosforu. Jednak sposób poboru osadów należy skonsultować z przedstawicielami Mikronatury Środowisko sp. z o.o., a pobór próbek powinien nastąpić przy asyście, któregoś z pracowników firmy. Jeśli chodzi o metodykę analityczną, to należy ją uszczegółwić. Metodyka laboratoryjna powinna dać konkretny wynik a nie wartości z zakresu, które stanowią wartość poglądową, a nie naukową.

Warto poszerzyć badania osadów o zawartość wapnia i żelaza. Wystarczą dwa pomiary - w zimnym (poza wegetacją) i ciepłym (wegetacja) okresie roku.

Tab. 11. Macierz przekroczeń normy dla klasy II (stan dobry) dla wartości średniej w analizowanych punktach zlokalizowanych na rzece Małej Wełnie i jej dopływach

Punkt	Przewodność elektryczna	Azot amonowy N-NH <sub>4</sub>	Azotany NO <sub>3</sub>	Fosforany PO <sub>4</sub>	Azot azotanowy N-NO <sub>3</sub>	Azot azotynowy N-NO <sub>2</sub>	Potas K	Azot ogólny N <sub>og</sub>	Fosfor ogólny P <sub>og</sub>	Substancje rozpuszczone całkowite TDS	Tlen rozpuszczony O <sub>2</sub>	SUMA
P1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	8
P2	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	6
P3	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	6
P4	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	7
P5	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	7
P6	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	8
P7	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	5
P8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3

1 - przekracza normę dla klasy II (poniżej stanu dobrego); 0 - minimum stan dobry

Tab. 12. Stan analizowanych akwenów na podstawie wartości wagowych określających stopień przekroczenia normy ustalonej dla klasy II

Punkt	Przewodność elektryczna	Azot amonowy N-NH <sub>4</sub>	Azotany NO <sub>3</sub>	Fosforany PO <sub>4</sub>	Azot azotanowy N-NO <sub>3</sub>	Azot azotynowy N-NO <sub>2</sub>	Potas K	Azot ogólny N <sub>og</sub>	Fosfor ogólny P <sub>og</sub>	Substancje rozpuszczone całkowite TDS	Tlen rozpuszczony O <sub>2</sub>	SUMA
P1	2	1	0	3	2	1	0	1	1	2	2	13
P2	2	4	0	3	1	1	0	1	2	1	1	14
P3	2	2	0	2	1	1	0	1	1	1	1	11
P4	2	1	0	3	1	1	0	1	1	2	0	10
P5	2	1	0	1	2	1	0	1	1	2	1	11
P6	2	1	2	1	4	1	0	3	4	1	0	18
P7	1	2	0	2	1	1	0	1	1	1	1	9
P8	1	2	0	2	1	1	0	1	1	1	1	9

Tab. 13. Skala punktowa określająca stan akwenu na podstawie krotności przekroczeń wybranych parametrów w stosunku do klasy II (stan dobry)

N-NH <sub>4</sub> ; N-NO <sub>3</sub> ; N-NO <sub>2</sub> , PO <sub>4</sub> ; P <sub>og</sub> ; K	Skala	NO <sub>3</sub>	Skala	Konduktywność	Skala	Tlen rozpuszczony	Skala
w normie	0	poniżej 40 mg/L	0	w normie	0	Kl I	0
≤2x przekroczonego klasy II	1	40-50 mg/L	1	≤1x przekroczonego klasy II	1	Kl II	1
>2-4x przekroczonego klasy II	2	>50-100 mg/L	2	>1-2x przekroczonego klasy II	2	<kl II	2
>4-6x przekroczonego klasy II	3	>100- 150 mg/L	3	>2-3x przekroczonego klasy II	3	Stężenia 7,5-2 mg/L	3
>6x przekroczonego klasy II	4	>150 mg/L	4	>3x przekroczonego klasy II	4	Stężenia <2 mg/L	4



## 7. Interpretacja wyników jakości wód w sezonie 2023/2024

W tabeli nr 14 przedstawiono wartości skrajne oraz średnie dla uzyskane w analizowanym okresie badań 2023/2024. W tabeli 14 przedstawiono kolorystycznie wartości odbiegające od normy przewidzianej dla jakości wód płynących.

Wartości średnie jak i minimalne oraz maksymalne analizowanych parametrów zostały porównane do obowiązującej normy - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [Dz.U. Warszawa, dnia 13 sierpnia 2021 r. Poz. 1475].

W przypadku braku odniesień parametru do obowiązującej normy wyniki zostały porównane z normą zawartą w Rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków jakimi powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi [Dz.U. 1991 nr 116 poz. 503]. Normy dla azotu Kjeldahla zaczerpnięto z Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [Dz.U. RP, Poz. 1187, 2016].

Na podstawie analizowanych parametrów fizyczno-chemicznych można stwierdzić, że stan wód badanego odcinka rzeki Mała Wełna, podobnie jak w sezonie poprzednim, jest zły. Zarówno w punktach P1-P8 na terenie gminy Skoki, oraz dodatkowych punktów badanych w sezonie 2023/2024 – P1A na terenie gminy Kiszkowo, P1B na granicy gmin Skoki/Kiszkowo i P1C zlokalizowanym w gminie Skoki, wykazywały przekroczenia większości parametrów dla wartości maksymalnych, średnich, a w niektórych przypadkach nawet minimalnych. Stężenia niektórych substancji utrzymywały się przez cały okres badawczy na wysokim poziomie. Świadczy to o stale oddziałującej presji. W niektórych przypadkach ta presja była okresowa i może być związana z pewnymi procesami, działaniami, które są charakterystyczne dla technologii wykorzystywanych w procesach różnych działalności.

Tab. 14. Wartości parametrów fizyczno-chemicznych wód w badanych punktach

Punkt	Wartość	pH	Przewodność elektryczna	Azot amonowy N-NH <sub>4</sub>	Azotany NO <sub>3</sub>	Fosforany PO <sub>4</sub>	Azot azotanowy N-NO <sub>3</sub>	Azot azotynowy N-NO <sub>2</sub>	Potas K	Azot Kjeldahla N	Azot ogólny N <sub>og</sub>	Fosfor ogólny P <sub>og</sub>	Substancje rozpuszczone całkowite TDS	Tlen rozpuszczony O <sub>2</sub>	Temperatura próbki
			[μS/cm]	[mg/L]											°C
P1A	Min	7,5	940	0,04	4,1	0,05	0,9	0,008	9,6	0,8	1,0	0,12	460	3,0	1,0
	Maks	7,8	1000	2,20	47,0	0,13	11,0	0,120	12,0	4,0	13,2	0,39	810	10,0	8,0
	Średnia	7,7	972	0,43	30,0	0,07	6,8	0,081	10,7	2,5	9,2	0,25	687	6,0	5,0
P1B	Min	7,5	830	0,04	4,1	0,05	0,9	0,008	8,5	0,8	1,0	0,06	580	2,4	1,0
	Maks	8,0	990	1,70	47,0	0,15	11,0	0,087	12,0	3,3	13,6	0,40	780	12,0	9,0
	Średnia	7,7	945	0,33	26,6	0,08	6,1	0,060	10,4	2,0	8,0	0,18	670	6,5	5,1
P1C	Min	7,7	850	0,04	5,5	0,05	1,2	0,034	7,1	0,8	1,3	0,09	640	5,7	1,0
	Maks	8,0	990	0,14	57,0	0,38	13,0	0,110	11,0	2,7	15,8	0,95	770	12,0	8,0
	Średnia	7,8	940	0,06	37,6	0,11	8,4	0,067	9,2	1,8	10,1	0,36	703	8,4	5,0

*poniżej stanu dobrego, wody zagrożone azotanami pochodzenia rolniczego, wody zanieczyszczone azotanami pochodzenia rolniczego, według normy z 1991 r., jako nieakceptowalny przyjęto poziom >500 TDS mg/L, \* Azot Kjeldahla wg normy z 2016 r.*

c.d. Tab. 14. Wartości parametrów fizyczno-chemicznych wód w badanych punktach

Punkt	Wartość	pH	Przewodność elektryczna	Azot amonowy N-NH <sub>4</sub>	Azotany NO <sub>3</sub>	Fosforany PO <sub>4</sub>	Azot azotanowy N-NO <sub>3</sub>	Azot azotynowy N-NO <sub>2</sub>	Potas K	Azot Kjeldahla N*	Azot ogólny N <sub>og</sub>	Fosfor ogólny P <sub>og</sub>	Substancje rozpuszczone całkowite TDS	Tlen rozpuszczony O <sub>2</sub>	Temperatura próbki
			[μS/cm]	[mg/L]										°C	
P1	Min	7,8	<b>840</b>	0,04	4,7	0,05	1,1	0,015	6,6	0,8	1,2	0,08	<b>550</b>	8,5	1,0
	Maks	8,0	<b>970</b>	0,08	56,0	<b>0,10</b>	<b>13,0</b>	0,270	10,0	<b>2,7</b>	<b>14,7</b>	<b>0,35</b>	<b>1000</b>	12,0	6,8
	Średnia	7,9	<b>928</b>	0,06	38,5	0,07	<b>8,8</b>	0,091	8,8	1,3	<b>9,5</b>	0,20	<b>708</b>	10,0	3,8
P2	Min	7,7	<b>800</b>	0,04	0,5	0,05	0,1	0,015	7,2	0,8	1,1	0,19	420	<b>6,9</b>	1,0
	Maks	8,0	<b>980</b>	<b>4,50</b>	46,0	<b>0,43</b>	<b>10,0</b>	0,520	11,0	<b>5,8</b>	<b>12,1</b>	<b>0,56</b>	<b>760</b>	12,0	8,0
	Średnia	7,9	<b>873</b>	<b>1,40</b>	18,9	<b>0,13</b>	<b>4,2</b>	0,165	8,6	<b>3,0</b>	<b>7,3</b>	<b>0,37</b>	<b>573</b>	8,9	4,7
P3	Min	7,9	<b>830</b>	0,04	3,5	0,05	0,8	0,015	7,1	0,8	1,0	0,12	<b>570</b>	9,1	2,0
	Maks	8,0	<b>990</b>	<b>0,64</b>	47,0	<b>0,16</b>	<b>11,0</b>	0,230	11,0	<b>3,5</b>	<b>13,3</b>	<b>0,53</b>	<b>780</b>	11,0	7,1
	Średnia	7,9	<b>907</b>	0,18	33,1	0,09	<b>7,4</b>	0,082	8,8	<b>2,6</b>	<b>10,0</b>	0,32	<b>660</b>	10,1	5,1
P4	Min	7,9	<b>830</b>	0,04	3,5	0,05	0,8	0,008	7,7	0,8	1,0	0,12	<b>500</b>	9,0	2,0
	Maks	8,1	<b>960</b>	0,38	49,0	<b>0,10</b>	<b>11,0</b>	0,250	10,0	<b>3,1</b>	<b>13,0</b>	<b>8,60</b>	<b>700</b>	13,0	7,1
	Średnia	8,0	<b>900</b>	0,13	32,4	0,06	<b>6,8</b>	0,086	8,7	<b>2,0</b>	<b>8,9</b>	<b>1,68</b>	<b>598</b>	10,3	5,2
P5	Min	7,7	<b>820</b>	0,04	4,8	0,05	1,1	0,051	8,2	0,8	1,2	0,19	<b>550</b>	8,5	1,0
	Maks	7,9	<b>970</b>	<b>0,54</b>	61,0	<b>0,24</b>	<b>14,0</b>	0,640	10,0	<b>3,8</b>	<b>16,9</b>	<b>7,20</b>	<b>680</b>	12,0	8,0
	Średnia	7,8	<b>867</b>	0,19	42,8	0,09	<b>9,7</b>	0,194	8,8	<b>1,9</b>	<b>11,6</b>	<b>1,43</b>	<b>627</b>	10,0	5,1
P6	Min	7,8	<b>920</b>	0,04	5,6	0,05	1,3	0,008	6,1	0,8	3,2	0,08	<b>650</b>	<b>5,9</b>	0,0
	Maks	8,1	<b>1000</b>	0,08	94,0	<b>0,13</b>	<b>21,0</b>	0,160	9,8	<b>3,7</b>	<b>23,7</b>	<b>2,80</b>	<b>850</b>	13,0	8,0
	Średnia	8,0	<b>968</b>	0,05	67,4	0,07	<b>15,4</b>	0,085	8,0	<b>2,2</b>	<b>17,8</b>	<b>0,67</b>	<b>743</b>	10,2	5,0
P7	Min	7,8	<b>770</b>	0,04	10,0	0,05	<b>2,3</b>	0,008	8,5	<b>2,8</b>	<b>5,2</b>	0,28	<b>540</b>	<b>7,1</b>	3,0
	Maks	7,9	<b>810</b>	<b>1,30</b>	19,0	0,05	<b>4,3</b>	0,059	8,7	<b>3,4</b>	<b>7,7</b>	<b>0,40</b>	<b>560</b>	<b>7,4</b>	3,0
	Średnia	7,9	<b>790</b>	<b>0,67</b>	14,5	0,05	<b>3,3</b>	0,033	8,6	<b>3,1</b>	<b>6,4</b>	<b>0,34</b>	<b>550</b>	<b>7,3</b>	3,0
P8	Min	7,8	630	0,04	1,8	0,05	0,4	0,008	5,9	<b>3,0</b>	<b>3,6</b>	0,19	430	<b>6,7</b>	3,0
	Maks	8,0	640	<b>1,10</b>	5,7	0,05	1,3	0,710	6,1	<b>3,2</b>	<b>5,0</b>	0,32	<b>520</b>	9,9	4,0
	Średnia	7,9	635	<b>0,57</b>	3,8	0,05	0,9	0,359	6,0	<b>3,1</b>	<b>4,3</b>	0,26	475	8,3	3,5

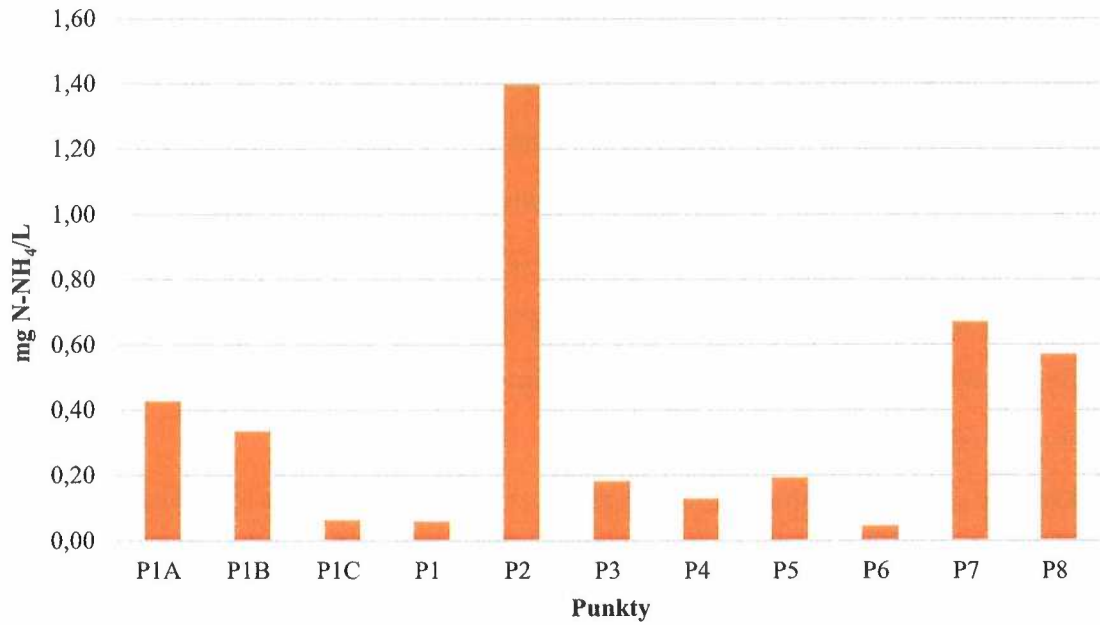
*poniżej stanu dobrego, wody zagrożone azotanami pochodzenia rolniczego, wody zanieczyszczone azotanami pochodzenia rolniczego, według normy z 1991 r., jako nieakceptowalny przyjęto poziom >500 TDS mg/L, \* Azot Kjeldahla wg normy z 2016 r.*

Spośród analizowanych parametrów rejestrowano stężenia **azotu amonowego** w 11 punktach zlokalizowanych na Małej Wełnie i jej dopływach. Źródło jonu amonowego w wodzie może być naturalne lub jego obecność może wynikać z działalności człowieka. Przy doborze metod ograniczających stężenia azotu amonowego bardzo ważna jest identyfikacja jego źródła. Spośród badanych punktów P1A, P1B i P1C, przekroczenia normy dla klasy II notowano w punkcie P1A dla wartości średnich (Tab. 14, Rys. 26). Przekroczenia normy dla klasy II dla średnich stężeń tego składnika obserwowano również dla punktów P2, P7 i P8 (Rys. 26). Krotność przekroczenia normy dla klasy II dla tego wartości średnich tego parametru osiągała 3,5x. Najmniej korzystna sytuacja przedstawiała się w punkcie P2 gdzie wartości maksymalne przekraczały normę dla klasy II ponad 11x (Rys. 27). Tendencja ta utrzymuje się od poprzedniego sezonu (Rys. 9). Punkt P2 znajduje się na wysokości stawów wykorzystywanych w gospodarce rybnej. Obecność związków amonowych może wynikać z nawożenia stawów uzdatnianymi biologicznie ściekami, nawozami naturalnymi czy też skarmiania ryb paszami białkowymi. Bai i in. (2022)<sup>16</sup> prowadzili badania w trzech rodzajach stawów hodowlanych z typowymi gatunkami hodowlanymi (ryby, kraby i raki) i doszli do wniosku, że związki azotu gromadzą się w akwakulturze m.in. z powodu wysokiego ładunku fosforu dostarczanego do stawów. Osad denny miał tendencję do wchłaniania fosforu w miesiącach o dużej aktywności rolniczej i uwalniania fosforu w miesiącach mniej aktywnych. Uwalnianie P w osadach akwakultury było spowodowane rozpuszczonym węglem organicznym i fosforem związanym z żelazem. Wyniki wykazały, że stan troficzny w stawach był zależny od utrzymywanego gatunku. W stawach rybnych głównym składnikiem fosforu całkowitego (TP) był rozpuszczalny fosfor reaktywny (SRP). Na skutek czynników zewnętrznych nastąpiła akumulacja P i brak równowagi w stosunku N i P. Najwyższe były także stężenia amonu i azotynów, które wynosiły odpowiednio 4,14 mg/L i 0,29 mg/L. Wyniki sugerują, że nadmiar P sprzyja wytwarzaniu szkodliwego  $N-NH_4^+$  z organicznego N. Szkodliwy amon i azotyny gromadziły się masowo w stawach rybnych z powodu wysokiego ładunku P, podczas gdy fosfor może pochodzić z dopływu egzogenne lub ze źródeł endogennych, takich jak osad. Badanie to ujawniło wzajemne oddziaływanie cykli N i P w tradycyjnych stawach rybnych, co sugeruje, że w okresie hodowli w stawach akwakultury zalecono zrównoważone środki zarządzania N i P.

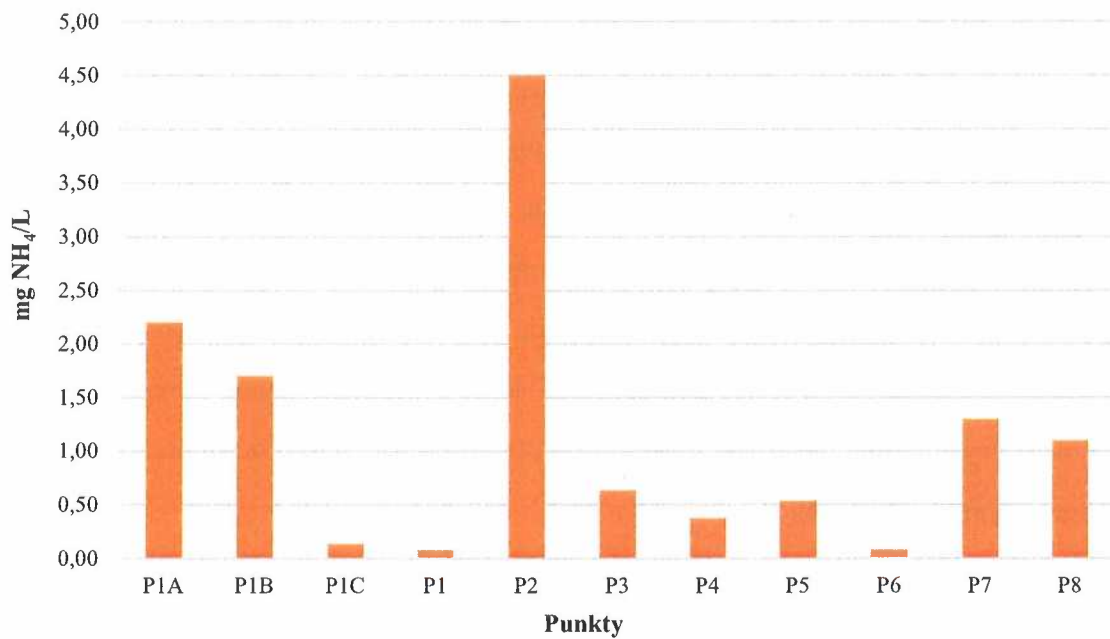
---

<sup>16</sup> Bai, D.I., Li, X., Liu, Z., Wan, L., Song, C., Zhou, Y., & Cao, X. (2022). Nitrogen and phosphorus turnover and coupling in ponds with different aquaculture species. *Aquaculture*, Vol. 563, Part 2. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738997>





Rys. 26. Średnie stężenia azotu amonowego w badanych punktach



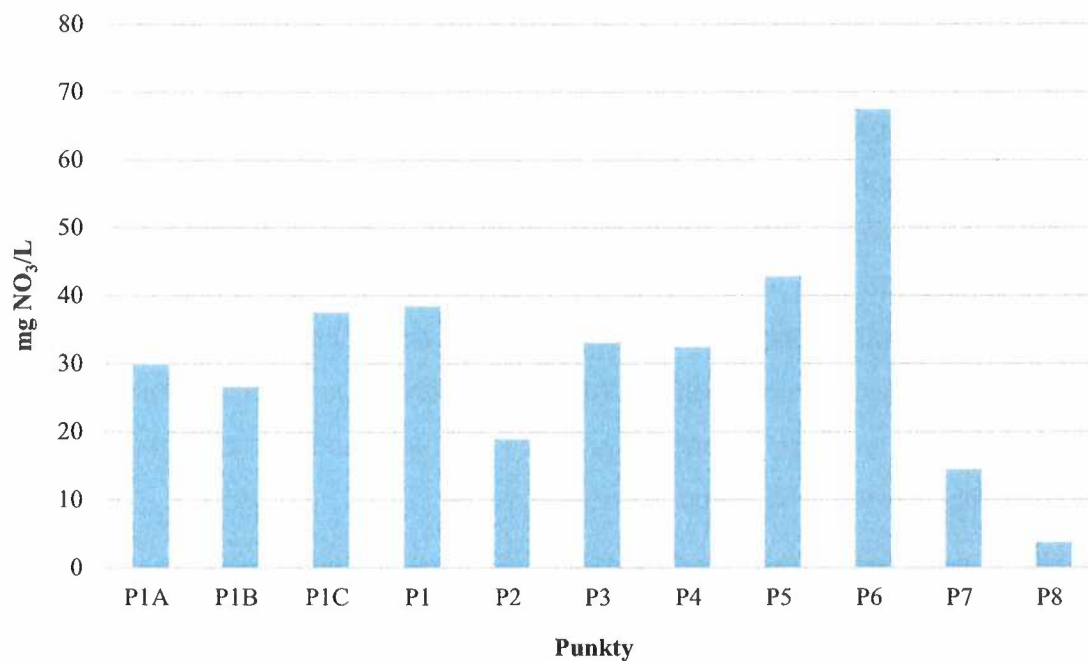
Rys. 27. Maksymalne stężenia azotu amonowego w badanych punktach

W punktach P7 i P8 usytuowanych na wypływach z jezior: Maciejak – punkt P8 na rzece Dzwonówka, oraz za jeziorem Rościńskim – punkt P7 zlokalizowany na Małej Wełnie, zaobserwowano również ponadnormatywne stężenia azotu amonowego (Rys. 26). Może to być spowodowane dopływem dużych ładunków zanieczyszczeń do jezior, wysokiej produkcji pierwotnej, a przy tym nagromadzeniu dużej ilości związków organicznych, które z czasem uwalniają związki amonowe do wód rzecznych. Podobne trendy obserwowano w poprzednim sezonie badawczym. Wysokie maksymalne wartości stężeń azotu amonowego notowano również w punktach P1A i P1B.

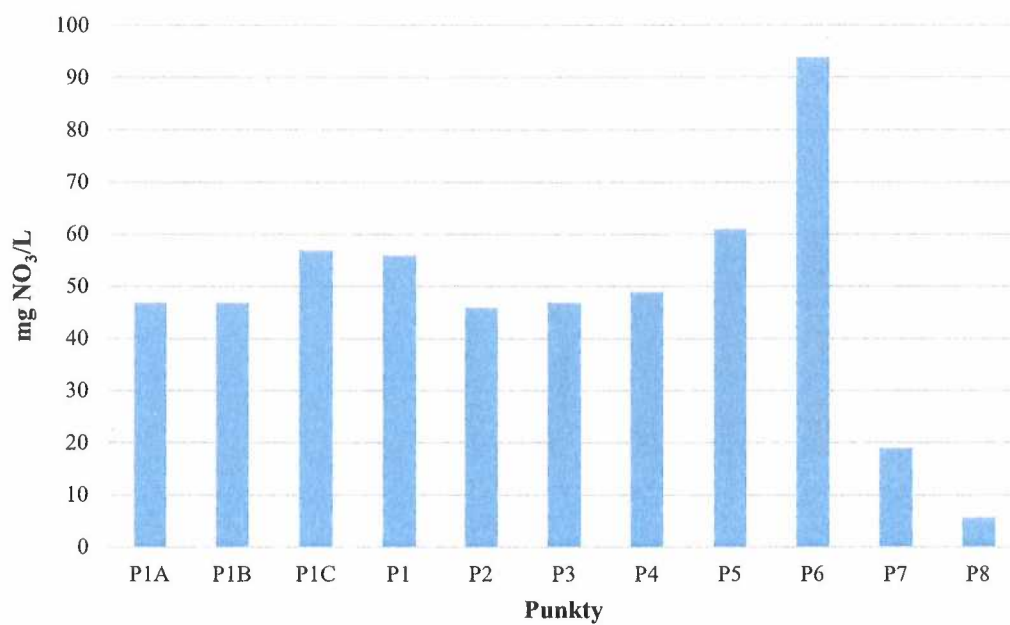
**Azotany** są ewidentnym wskaźnikiem zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego. Analizując uzyskane wyniki dotyczące tego parametru, można zauważyć, że pod bezpośrednim wpływem presji rolniczej jest punkt P6 gdzie obserwowano średnioroczne stężenia azotanów przekraczające 50 mg/L (Rys. 28). Podobnie jak w poprzednim sezonie badawczym maksymalne rejestrowane stężenia NO<sub>3</sub> w badanych punktach wskazują na duży udział rolnictwa w zanieczyszczeniu wód Małej Wełny (Rys. 29). We wszystkich punktach oprócz P7 i P8 rejestrowano przekroczenia tego parametru ponad normę określoną dla wód zagrożonych zanieczyszczeniem lub zanieczyszczonych tym związkiem. Oczywiście nie wyklucza to udziału innych źródeł zanieczyszczeń na jakość wód powyżej tych punktów. Niemniej jednak średnie stężenia azotanów wskazują, iż wody w punkcie P6 powinny zostać zaliczone do wód wrażliwych na zanieczyszczenia związkami azotu zgodnie z kryteriami ich wyznaczania<sup>17</sup>. Średnie stężenia azotanów przekraczają w tym punkcie 50 mg/L (Rys. 28), a maksymalne sięgają nawet 94 mg/L (dokładnie tyle samo ile w poprzednim sezonie, co wskazuje na utrzymujący się trend) (Rys. 29). W punktach P1C, P1 i P5 poziom azotanów okresowo również przekracza wyznaczone normy dla wód zanieczyszczonych, gdzie notowano stężenia na poziomie 61 mg/L (Rys. 29).

---

<sup>17</sup> Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych (Dz.U.2002.241.2093) - akt utracił moc.



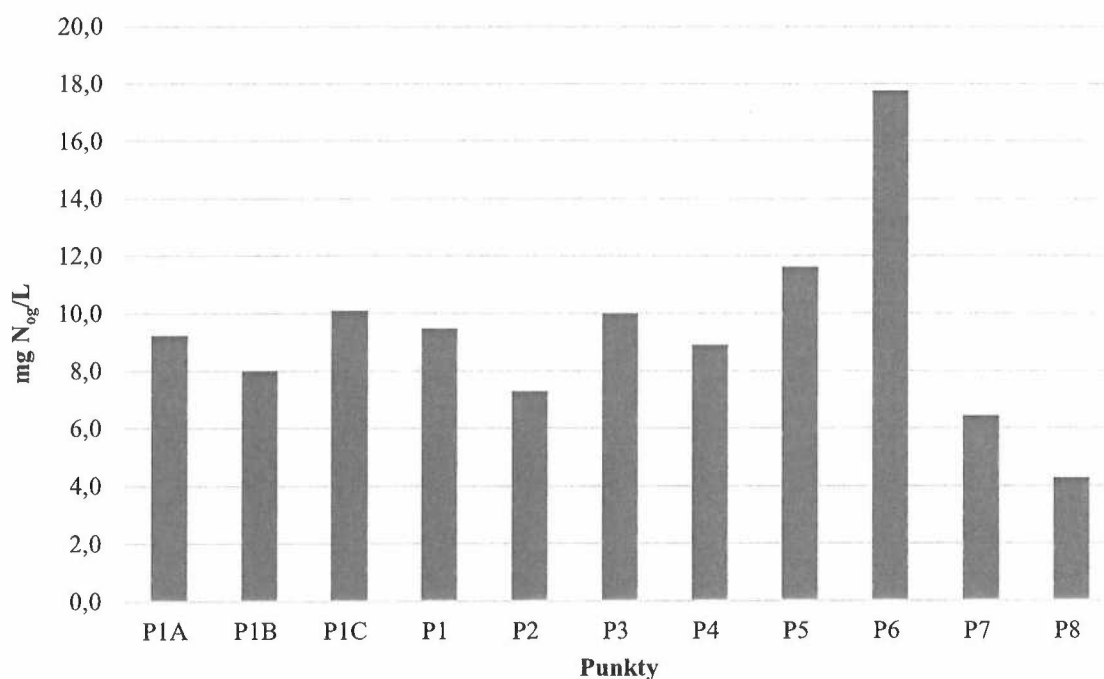
Rys. 28. Średnie stężenia azotanów w badanych punktach



Rys. 29. Maksymalne stężenia azotanów w badanych punktach

Średnie stężenia **azotu ogólnego** w analizowanym okresie, podobnie jak w poprzednim badanym sezonie, we wszystkich punktach kontrolnych na rzece Mała Wełna i jej dopływach, przekraczały obowiązujące normy<sup>18</sup> dla klasy II. Zakres przekroczeń dla wartości średnich mieścił się pomiędzy 1,3 do 5,4x, czyli był większy niż w poprzednim sezonie. Wskazuje to na pogarszanie się jakości wód w zlewni Małej Wełny na badanym jej odcinku. Najwyższe przekroczenia rejestrowano w punkcie P6, co wskazuje na utrzymujący się trend (Rys. 30). Azot ogólny może być pochodzenia rolniczego i pochodzić z intensywnego nawożenia pól nawozami mineralnymi oraz naturalnymi (obornik, gnojówka, gnojowica, pomiot ptasi), ale także jego źródłem może być niewłaściwa gospodarka komunalna i zrzut okresowy, bądź cykliczny ścieków bytowych z gospodarstw domowych.

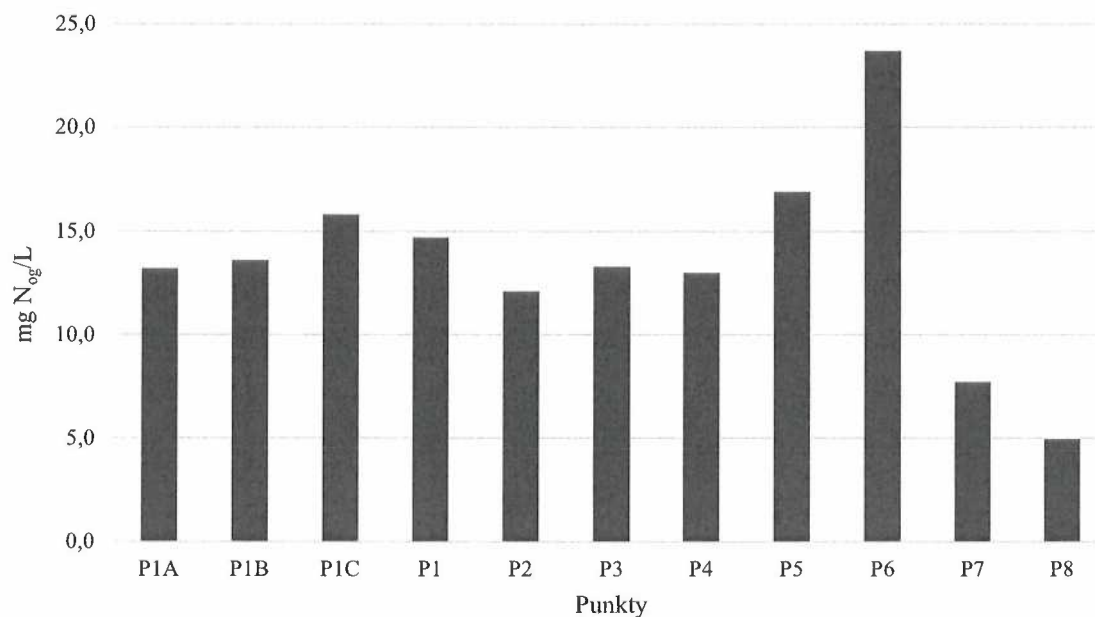
Problem z azotem ogólnym obserwowano również w punktach P5, PIC i P3. Podobne tendencje obserwuje się w przypadku wartości maksymalnych (Rys. 31). W przypadku punktu P6, rejestrowane stężenie maksymalne aż 7,2x przekraczało normę przewidzianą dla klasy II, czyli identycznie jak w przypadku poprzedniego badanego sezonu 2022/2023.



Rys. 30. Średnie stężenia azotu ogólnego w badanych punktach

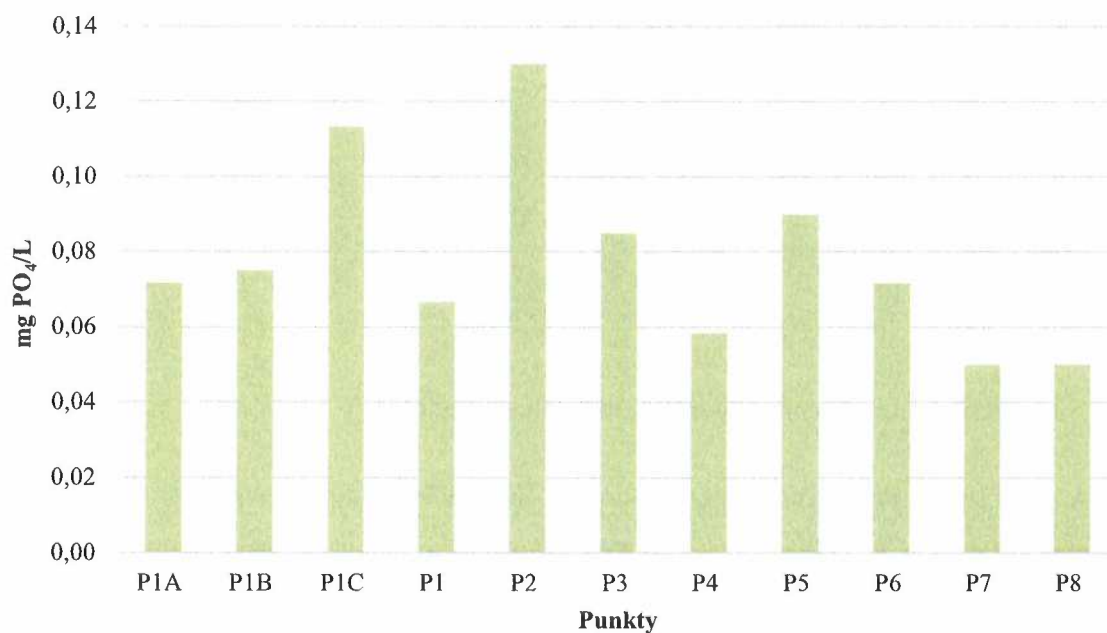
<sup>18</sup> Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. RP, Poz. 1475)





Rys. 31. Maksymalne stężenia azotu ogólnego w badanych punktach

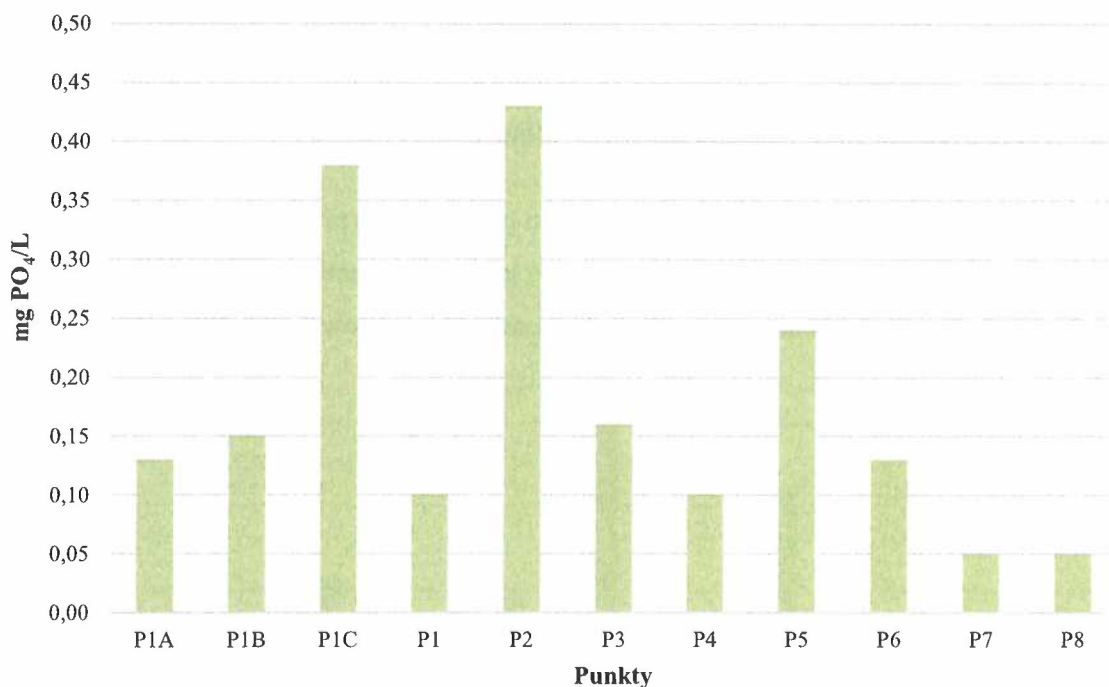
Analiza stężeń **fosforanów** wskazuje, że i ten parametr jest problemem w punktach P1C i P2, gdzie średnie stężenia przekraczały normy dla klasy II. W punktach P1A, P1B, P1, P3, P4, P5 i P6 przekroczenia były notowane dla maksymalnych rejestrowanych stężeń (Rys. 32).



Rys. 32. Średnie stężenia fosforanów w badanych punktach

Przekroczenia normy dla wartości średnich wahały się od 1,3 do 1,4x, podobnie jak w sezonie 2022/2023. Najwyższe średnie stężenia notowano w punkcie P2, ale także kolejno P1C, P5 i P3. Największe przekroczenia dla stężeń maksymalnych notowano w punkcie P2 (4,8x) oraz w punktach od P1C (4,2x) do P5 (2,7x) (Rys. 33).

Niewielkie stężenia tych związków w wodach śródlądowych są przyczyną natychmiastowych zakwitów sinic, fitoplanktonu a także glonów, które w procesie obumierania ulegają bakteriologicznej degradacji. Powoduje to z kolei deficyt rozpuszczonego tlenu, wpływający na proces tzw. przyduchy i śnięcia ryb. Ze względu na dużą szkodliwość fosforu dla środowiska wskazane jest określanie jego zawartości w ściekach oczyszczonych odprowadzanych do gruntu lub wód powierzchniowych.

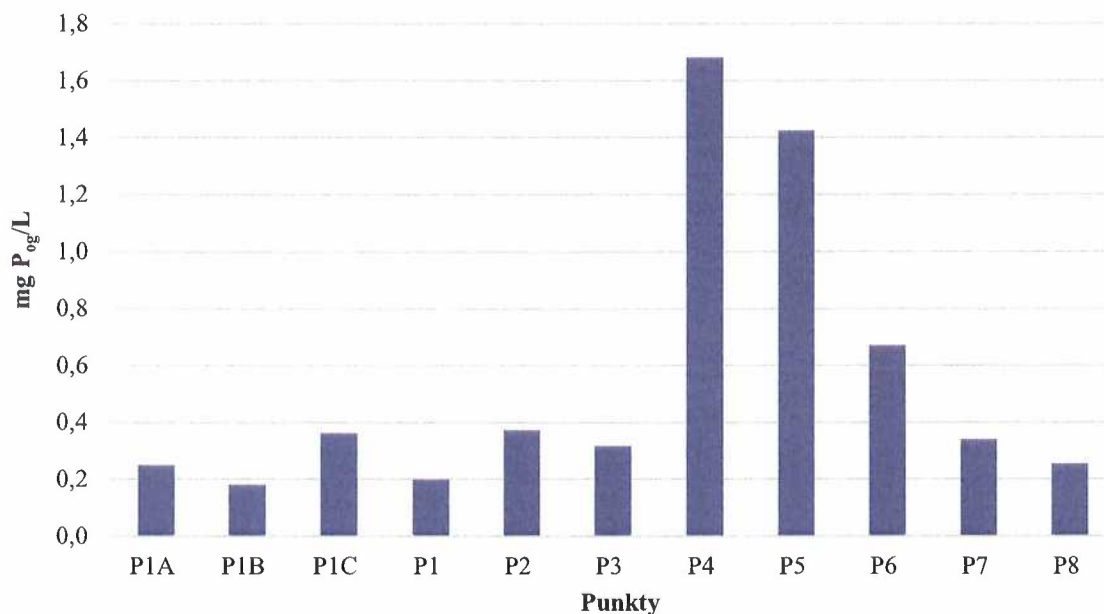


Rys. 33. Maksymalne stężenia fosforanów w badanych punktach

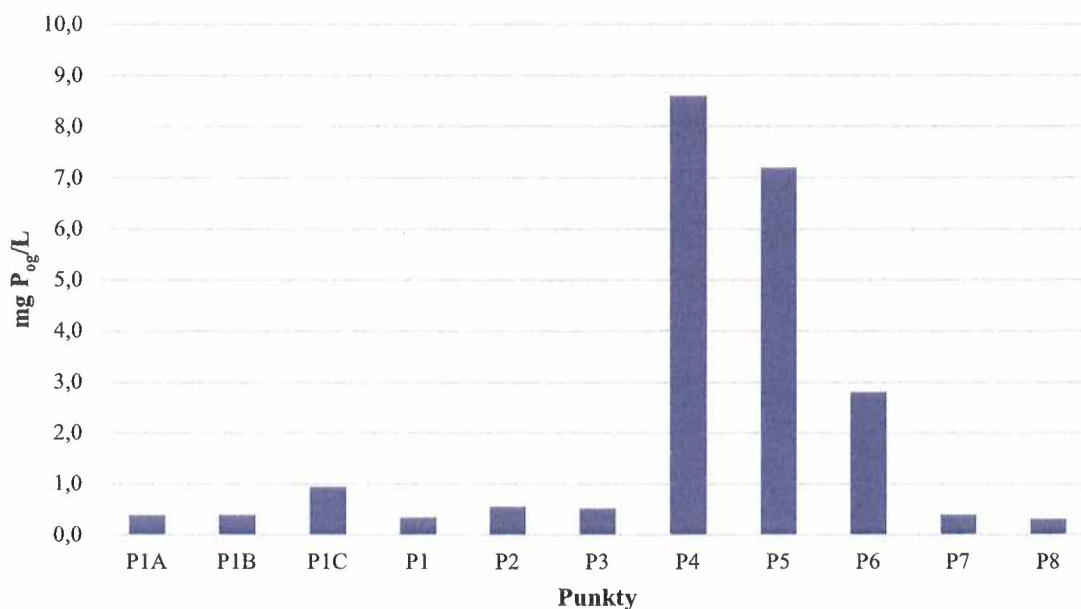
Analiza stężeń **fosforu ogólnego** w sezonie 2023/2024 wskazuje na bardzo duży problem z punktach P4 i P5. W punkcie P6, w którym notowano wysokie stężenia tego pierwiastka w sezonie 2022/2023 notowano ponad dwukrotnie wyższe stężenia fosforu ogólnego niż w punktach P1A-P3 oraz P7 i P8. Obowiązująca norma dla klasy II (stan dobry)<sup>19</sup> przy

<sup>19</sup> Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. RP, Poz. 1475)

wartościach średnich została przekroczona 5,1x, natomiast przy wartościach maksymalnych wartości te przekraczały 26,1x normę dla klasy II (Rys. 34, Rys. 35). Przekroczenia norm dla wartości średnich były notowane również w punktach P1C, P2 i P6.

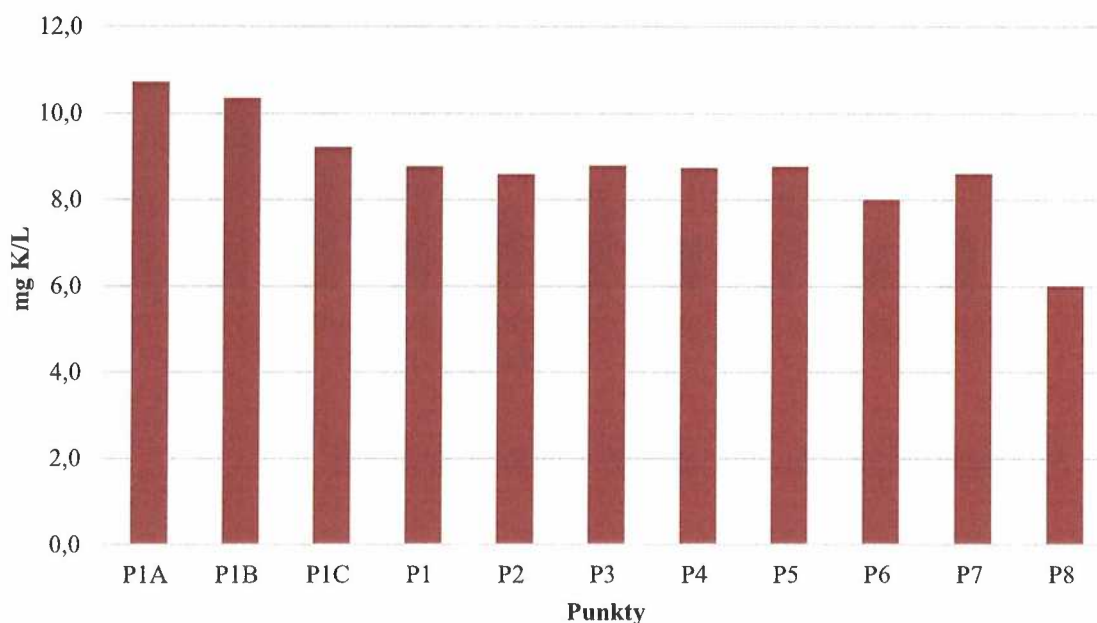


Rys. 34. Średnie stężenia fosforu ogólnego w badanych punktach



Rys. 35. Maksymalne stężenia fosforu ogólnego w badanych punktach

Stężenia **potasu** przyrównano do starej normy z 1991 r.<sup>20</sup>, ponieważ w nowym ustawodawstwie brak jest odniesień do tego pierwiastka. Jak widać na rysunku nr 36 największe średnie stężenia tego pierwiastka rejestrowano w punktach P1A i P1B. W punktach P1C-P6 wartości te wahały się od 8,0 do 9,2 mg/L. Wszystkie wody na badanym odcinku Małej Wełny na podstawie tego parametru przypisano do klasy I. Najniższe wartości tego parametru zarejestrowano dla punktu P8 i nie przekraczały one 6 mg/L. W przypadku wartości maksymalnych, najwyższe stężenia zanotowano w Punkcie PAA i P1B i sięgały one 12 mg/L. Nie przekroczyły jednak granicznych wartości dla klasy II (Rys. 37).



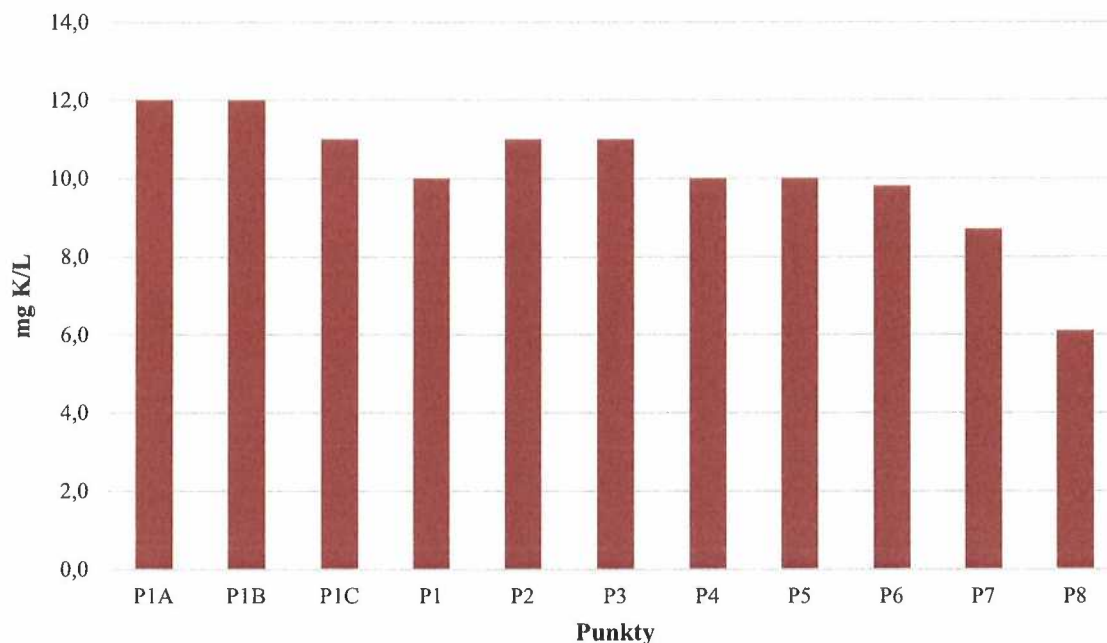
Rys. 36. Średnie stężenia potasu ogólnego w badanych punktach

Poziom stężenia **substancji rozpuszczalnych całkowitych (TDS)** w badanych punktach był podwyższony. Agencja Ochrony Środowiska w USA ustaliła maksymalny zalecany poziom na 500 miligramów na liter [mg/l lub ppm]<sup>21</sup>. Według Bureau of Indian Standards (BIS) górna granica poziomów TDS w wodzie wynosi 500 ppm [500 mg/L]. Poziom TDS zalecany przez WHO wynosi jednak 300 ppm [mg/L]<sup>22</sup>. Woda o poziomie TDS większym niż 1000 mg/l [ppm] nie nadaje się do spożycia.

<sup>20</sup> Rozporządzenie Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi (Dz.U.1991.116.503 – akt utracił moc)

<sup>21</sup> U.S. Environmental Protection Agency. 2010. Secondary Drinking Water Regulations: Guidance for Nuisance Chemicals. EPA 816-F-10-079. <http://water.epa.gov/drink/contaminants/secondarystandards.cfm>.

<sup>22</sup> World Health Organization. 2003. Total Dissolved Solids in Drinking Water. WHO Guidelines for Drinking Water Quality. WHO/SDE/WSH/03.04/16. [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/tds.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/tds.pdf)



Rys. 37. Maksymalne stężenia potasu ogólnego w badanych punktach

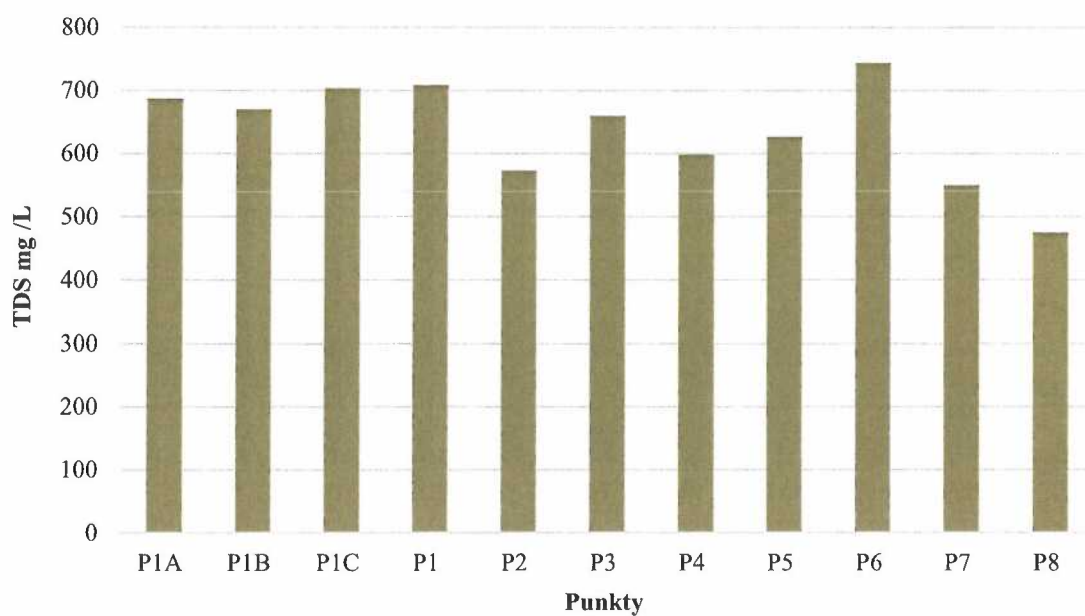
W Polsce obowiązywała norma z Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi (Dz.U.1991.116.503 – akt utracił moc). Rozporządzenie wyróżniało 3 klasy jakości ze względu na substancje rozpuszczone [mg/L]: I - 500 i poniżej; II - 1000 i poniżej; III - 1200 i poniżej. Wysoki poziom TDS w wodzie może prowadzić do szeregu problemów zdrowotnych. Obecność potasu, sodu i chlorków zwiększa poziom TDS w wodzie. Jednakże obecność w wodzie toksycznych jonów, takich jak ołów, azotany, kadm i arsen, może prowadzić do szeregu poważnych problemów zdrowotnych. Jest to szczególnie ważne w przypadku dzieci, ponieważ są one znacznie bardziej wrażliwe na zanieczyszczenia, ponieważ ich systemy obronne nie są w pełni rozwinięte. Im czystsza woda, tym można być pewnym dobrego zdrowia.

Ponieważ w polskiej normie brak jest norm w stosunku do TDS w wodach płynących dlatego wykorzystano normę zalecaną przez Agencję Ochrony Środowiska w USA (AOŚ U.S.) dla wody pitnej (Tab. 8 i 9).

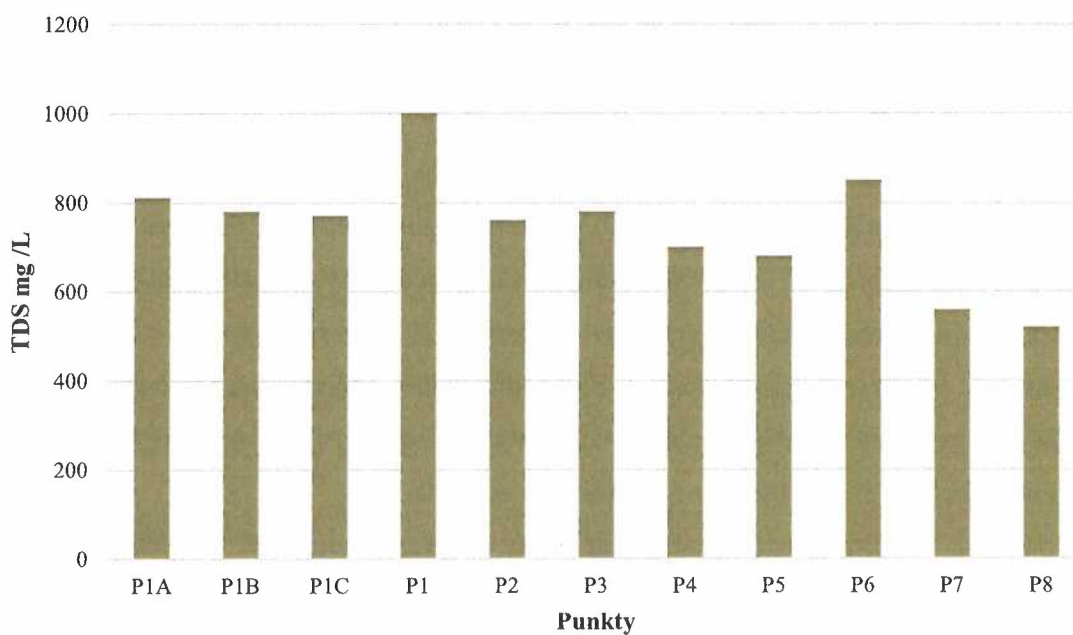
Jak wskazują uzyskane wyniki we wszystkich badanych punktach, prócz P8, doszło do przekroczeń jeśli chodzi o średnie stężenia TDS. Wartości średnie przekraczały normy zalecane przez WHO (300 mg/L), ale także przez AOŚ U.S. (500 mg/L). Najwyższe wartości notowano dla punktu P6 (Rys. 38). Przyglądając się wartościom maksymalnym stężenia TDS nie



przekraczały 1000 mg/L, a więc były niekiedy 7-krotnie niższe aniżeli w sezonie 2022/2023. Wysokie stężenia maksymalne TDS obserwowano również w punkcie P6 (Rys. 39).



Rys. 40. Średnie stężenia substancji rozpuszczonych całkowitych w badanych punktach



Rys. 41. Maksymalne stężenia substancji rozpuszczonych całkowitych w badanych punktach

## 8. Interpretacja wyników jakości osadów dennych w sezonie 2023/2024

Wyniki dla wybranych parametrów charakteryzujących osady denne w zlewni Małej Wełny przedstawiono w tabeli nr 15 oraz na rysunkach nr 42-25.

Jak widać z danych przedstawionych w tabeli nr 15 oraz rysunkach nr 42 i 43 najbardziej stabilnym makroskładnikiem, podobnie jak w sezonie 2022/2023 był **fosfor ogólny**. Nie ulegał on znacznym fluktuacjom. W punktach P1A, P1B, P1C, P6 i P7 ilości fosforu w osadach dennych były podobne i nie przekraczały 1% s.m. Najwyższe ilości tego składnika notowano w punktach P5 i P1.

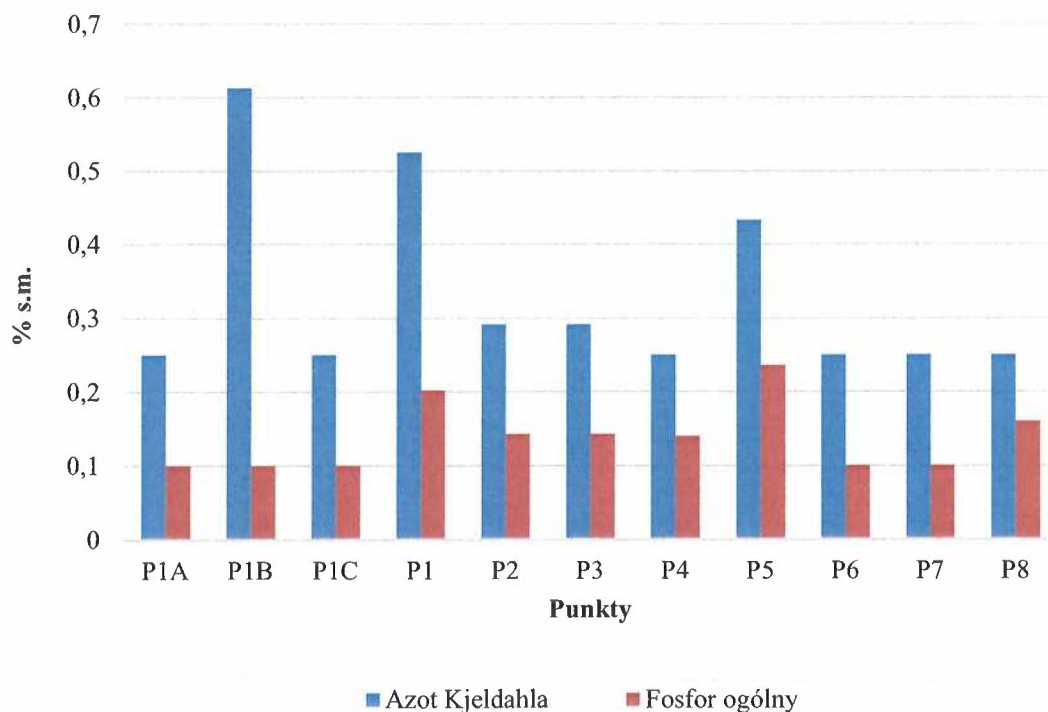
Analiza prób osadów zebranych w zlewni Małej Wełny na zawartość **azotu Kjeldahla** wskazuje na większe zróżnicowanie pomiędzy badanymi punktami monitoringowymi. Średnio ten parametr kształtował się w zakresie <0,5-0,61% s.m dla wartości średnich (Rys. 42). Najwyższe średnie zawartości tego składnika w osadach dennych notowano w punktach P1B, P1 i P5. Najwyższą maksymalną wartość zanotowano dla punktu P1B, i wyniosła ona 1,7% s.m. (Rys. 43).

Tab. 15. Wartości charakteryzujące jakość osadów dennych w badanym okresie w punktach zlokalizowanych na rzece Małej Wełnie i jej dopływach

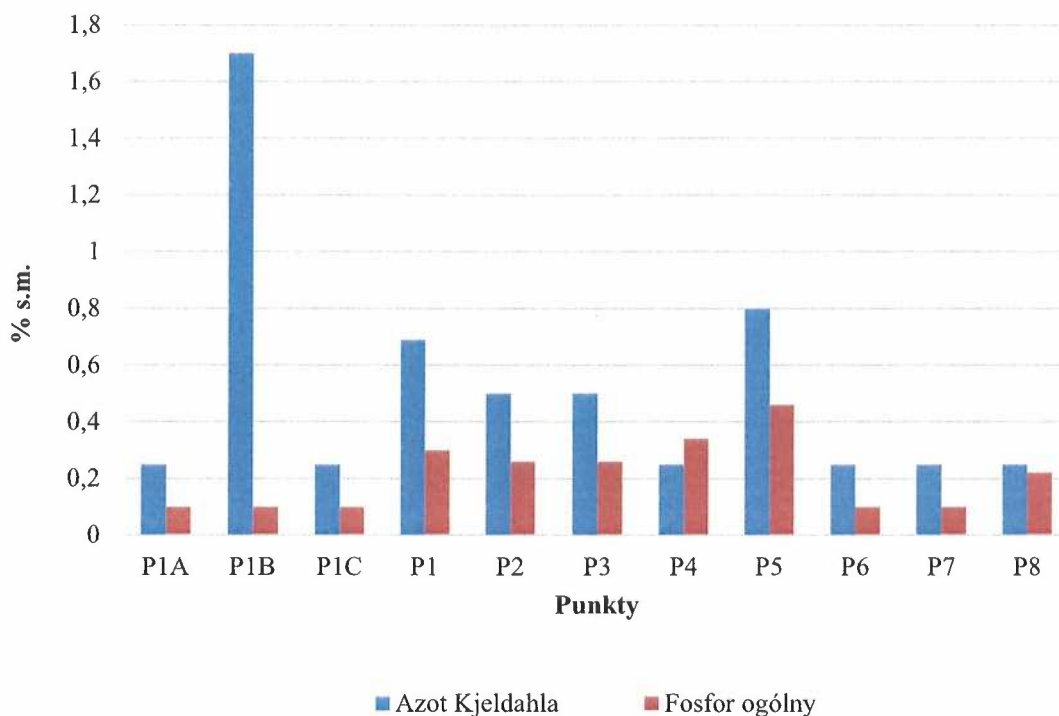
Punkt	Wartość	Potas	Wapń	Żelazo	Zawartość suchej masy	Azot Kjeldahla	Fosfor ogólny
		mg/kg s.m.			%	% s.m.	% s.m.
P1A	Min.	200	1100	1600	15,1	<0,5	<0,2
	Maks.	2100	5400	6900	73,2	<0,5	<0,2
	Średnia	827	2750	3683	49,5	0,25	0,10
P1B	Min.	120	660	1000	7,7	<0,5	<0,2
	Maks.	4200	26000	38000	77,2	1,7	<0,2
	Średnia	1273	7238	10550	55,6	0,61	0,10
P1C	Min.	200	510	690	14,1	<0,5	<0,2
	Maks.	1300	6300	6000	81,0	<0,5	<0,2
	Średnia	680	3068	3332	53,8	0,25	0,10
P1	Min.	480	1700	3700	15,7	<0,5	<0,2
	Maks.	1700	26000	17000	73,9	0,69	0,3
	Średnia	1295	17675	12925	33,3	0,53	0,20
P2	Min.	190	620	530	41,3	<0,5	<0,2
	Maks.	1300	36000	37000	85,9	0,5	0,26
	Średnia	730	15870	9222	67,4	0,29	0,14
P3	Min.	300	490	680	39,0	<0,5	<0,2
	Maks.	1200	32000	10000	79,6	0,5	0,26
	Średnia	628	9965	5176	63,9	0,29	0,14

P4	Min.	180	2300	1400	38,0	<0,5	<0,2
	Maks.	1400	21000	8100	79,4	<0,5	0,34
	Średnia	665	9133	3683	64,1	0,25	0,14
P5	Min.	710	5000	6000	21,3	<0,5	<0,2
	Maks.	2000	24000	26000	49,4	0,80	0,46
	Średnia	1350	14333	14583	33,4	0,43	0,24
P6	Min.	130	680	540	75,6	<0,5	<0,2
	Maks.	1300	1600	3100	83,0	<0,5	<0,2
	Średnia	433	1063	1382	80,0	0,25	0,10
P7	Min.	350	8400	1900	74,0	<0,5	<0,2
	Maks.	370	12000	3600	75,5	<0,5	<0,2
	Średnia	360	10200	2750	74,8	0,25	0,10
P8	Min.	620	8700	4700	50,0	<0,5	<0,2
	Maks.	770	14000	5000	58,0	<0,5	0,22
	Średnia	695	11350	4850	54,0	0,25	0,16

Niewątpliwie ilość azotu w osadach dennych uzależniona jest od jego stężenia w toni wodnej, natężenia procesów wytrącania rozpuszczalnych w wodzie soli mineralnych i zdolności sorpcyjnych osadów. Największe zawartości azotu notuje się w osadach zlewni rolniczych.



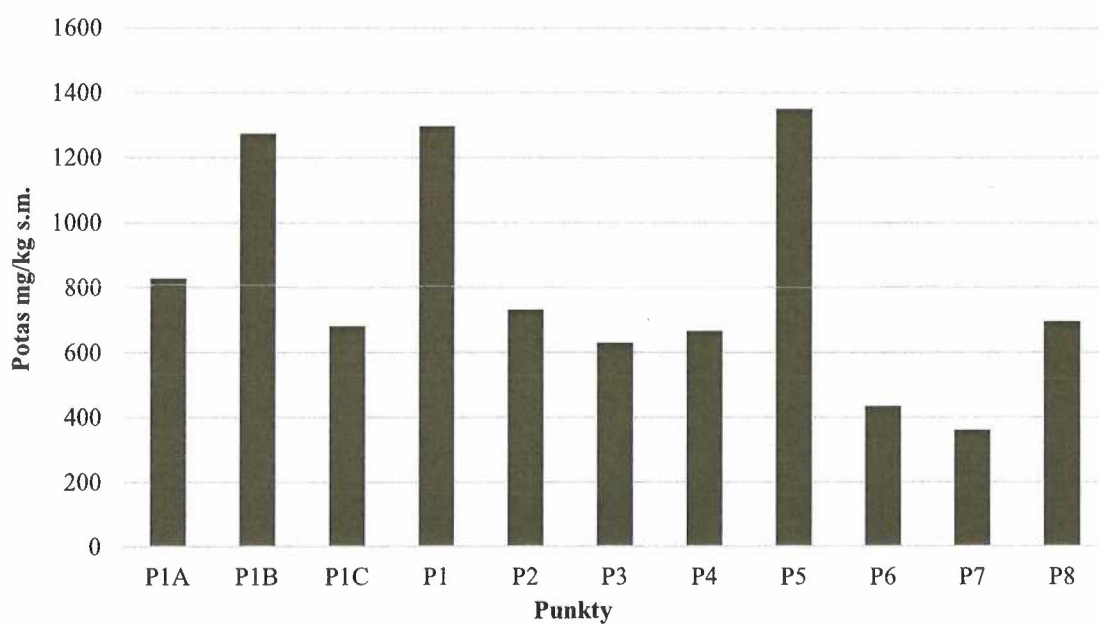
Rys. 42. Średnia zawartość azotu Kjeldahla i fosforu ogólnego w osadach dennych w badanym okresie



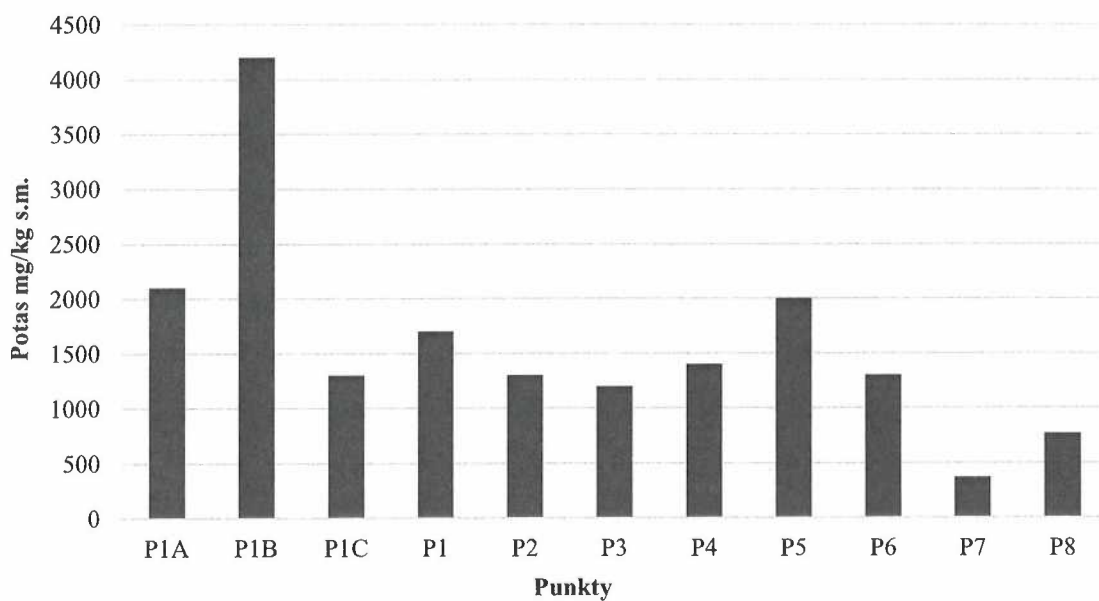
Rys. 43. Maksymalna zawartość azotu Kjeldahla i fosforu ogólnego w osadach dennych w badanym okresie

Średnie stężenia ilości potasu w osadach badanych cieków w zlewni Małej Wełny wahały się od 360 do 1350 mg/kg (Rys. 44). Badania prowadzone w zlewni rolniczej rzeki Gowienica Miedwiańska w 2014-2015 r. wykazały, że stężenia potasu w osadach dennych wahały się w szerokim zakresie. Najniższe stężenie zanotowano w początkowym biegu rzeki (od 728-765 mg/kg). Natomiast podwyższone stężenia notowano w ujściowym odcinku rzeki. W całym okresie badawczym stężenia wahały się w granicach 728-3452 mg/kg (średnio 2183 mg/kg)<sup>23</sup>. Podwyższone koncentracje analizowanych potasu, wapnia i żelaza wystąpiły w końcowym odcinku rzeki. W zlewni rzeki Mała Wełna w sezonie 2023/2024 nie rejestrowano aż tak wysokich średnich wartości. Najwyższe średnie wartości rejestrowane w punkcie P5 były o 833 mg/kg mniejsze niż w przypadku notowanych ilości w rzece Gowienica Miedwiańska. W przypadku wartości maksymalnych, w punkcie P1B notowano ilości większe niż w rzece Gowienica Miedwiańska (4200 mg/kg) (Rys. 45).

<sup>23</sup> Ligocka K., Burczyk P. 2018. Wstępny monitoring makro- i mikrośladników w osadach dennych rzeki Gowienicy. Inżynieria Ekologiczna / Ecological Engineering Vol. 19 (6). 114–120.



Rys. 44. Średnia zawartość potasu w osadach dennych w badanym okresie

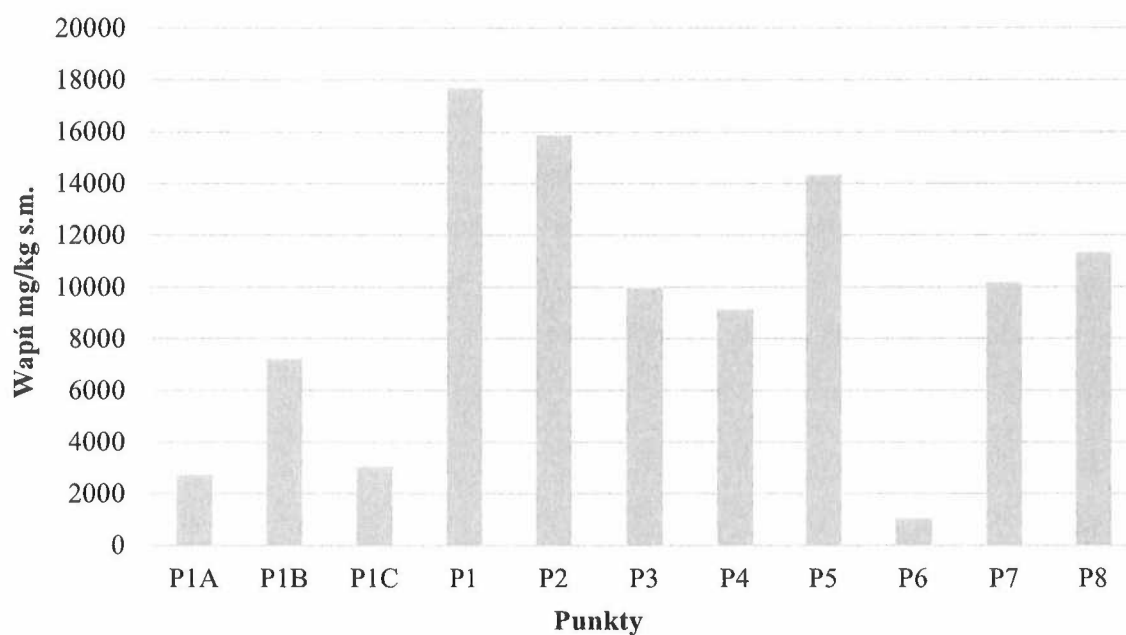


Rys. 45. Maksymalna zawartość potasu w osadach dennych w badanym okresie

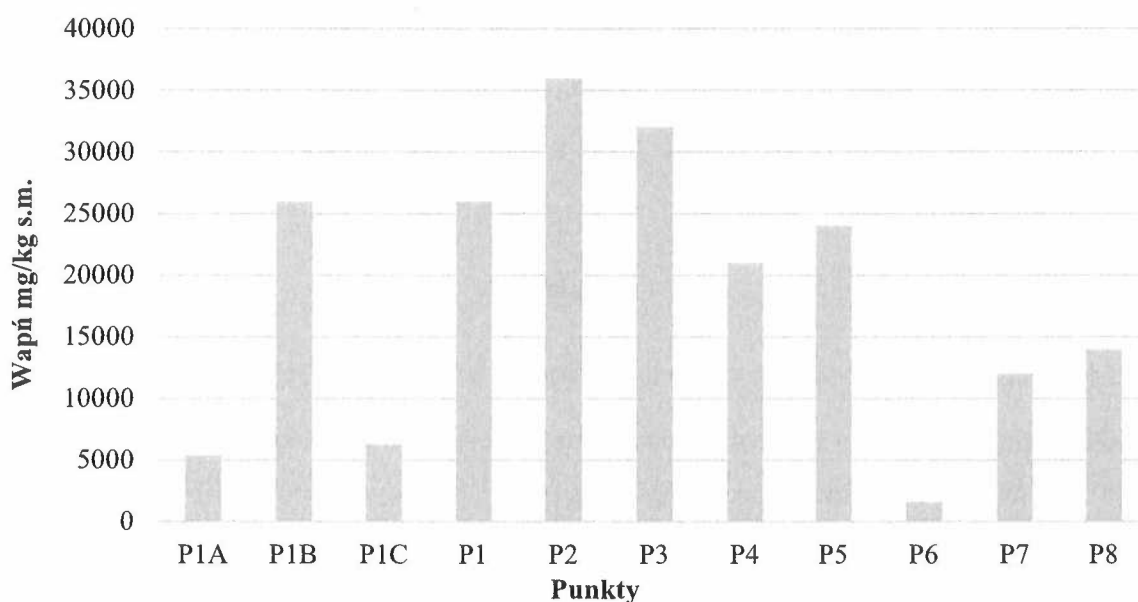
Średnie stężenia wapnia w osadach dennych w zlewni rzeki Mała Wełna w sezonie 2023/2024 kształtowały się na poziomie 1063-17675 mg/kg (Rys. 46). Stwierdzone stężenia wapnia w osadach dennych cieku Mielnica, wynosiły średnio 11,03 mg/kg [Linczar i in.



2005]<sup>24</sup>. W badaniach Ligockiej i Burczyka (2018)<sup>8</sup> zawartość wapnia w osadach wahała się w granicach 854-167954 mg/kg (średnio 62 636 mg/kg).



Rys. 46. Średnia zawartość wapnia w osadach dennych w badanym okresie

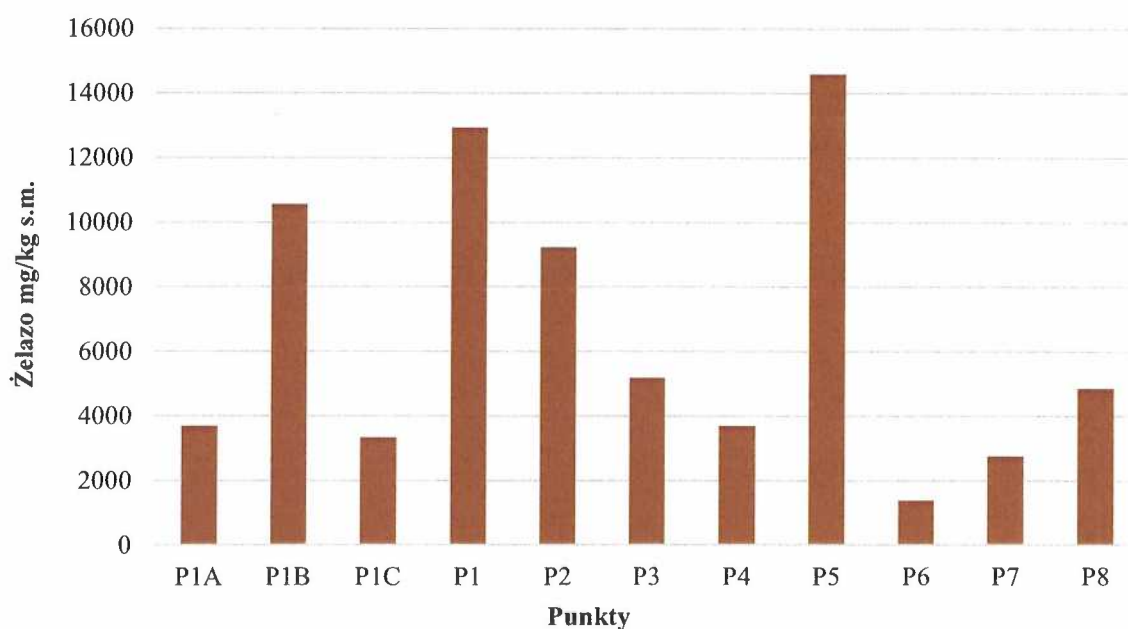


Rys. 47. Maksymalna zawartość wapnia w osadach dennych w badanym okresie

<sup>24</sup> Linczar M., Linczar S.E., Linczar P., Żmuda R. 2005. Właściwości osadów dennych ciekłu Mielnica. Acta Agrophysica, 5(2), 345-355.

Badania prowadzone przez Trojanowskiego i Bruskiego (2003) na jeziorze Rzuno zlokalizowanym na Pojezierzu Kaszubskim wykazały, że zawartość wapnia w osadach dennych wahała się w granicach 3,2-54,4 mg/g s.m. (średnio 31,5 mg/g s.m.)<sup>25</sup>. W jeziorze Szczytno Małe obserwowano zawartość wapnia na poziomie 130 mg/g s.m.<sup>26</sup>. Maksymalne zawartości wapnia przedstawiono na rysunku nr 47.

Średnie zawartości żelaza w osadach dennych w zlewni Małej Wełny oscylowała w granicach 1382-14 583 mg/kg (Rys. 48). Zawartość żelaza w osadach w badaniach Ligockiej i Burczyka (2018)<sup>8</sup> wahała się w granicach 1556-19 085 mg/kg (średnio 11 466 mg/kg). Ilości żelaza w osadach jeziornych wahały się od 38154 mg/kg w osadzie jeziora Bobęcińskie Wielkie (głębokie) do 15744 mg/kg w osadzie jeziora Świąte (mała głębokość).



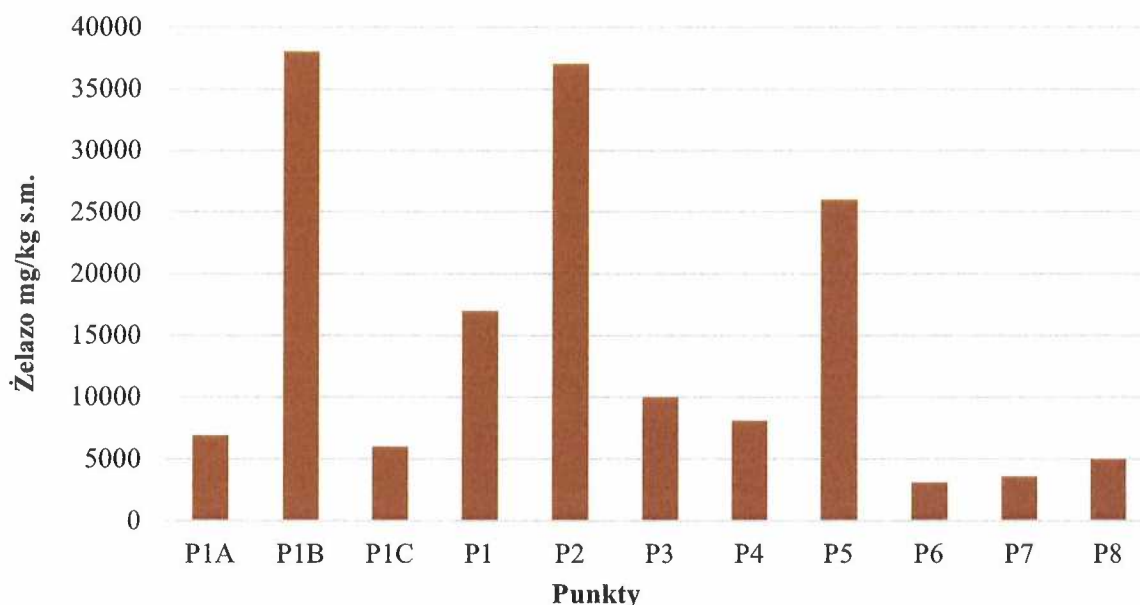
Rys. 48. Średnia zawartość żelaza w osadach dennych w badanym okresie

Zmienność zawartości żelaza w osadach dennych jezior jest zjawiskiem naturalnym (Zerbe i in. 1999). W próbkach osadów pochodzących z 16 jezior leżących na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego stwierdzono, że zawartość żelaza wahała się od 0,41 do 15%. Wskazuje to na różnorodność stanu troficznego w obrębie badanego obszaru, która może wynikać ze zróżnicowania cech morfologicznych, różnorodności życia biologicznego i charakteru

<sup>25</sup> Trojanowski J., Bruski J. 2003. Charakterystyka fizyczno-chemiczno-geologiczna osadów dennych jeziora Rzuno. Archives of Environmental Protection. 29, 3, 135-148.

<sup>26</sup> Trojanowski J., Cz. Trojanowska, Ratajczyk, M., Krzyżanowska, R., Reinert. 1993. Wybrane właściwości fizykochemiczne osadów dennych jezior przyworskich, v 1987 r., Słup. Prace Mat. Przyrod. 9b. 261-291

zlewni<sup>27</sup>. Zawartość żelaza w analizowanych punktach P1A-P8 przedstawiono na rysunku nr 49.



Rys. 49. Maksymalna zawartość żelaza w osadach dennych w badanym okresie

## 9. Podsumowanie

Podobnie jak w sezonie 2022/2023 badania jakości wód na terenie zlewni Mała Wełna wskazują na duże problemy z utrzymaniem odpowiednich standardów jakościowych. Rzeki mają charakter tranzytowy, a więc zanieczyszczenia mogą migrować na dalekie odległości, wpływając po drodze na ekosystemy od wód zależne, czyli obszary bagienne, torfowiska, a także jeziora. Niespełnienie odpowiednich standardów może rzutować na procesy degradacji jezior zlokalizowanych w zlewni Małej Wełny. Szczegółowa analiza uzyskanych wyników jakości wód dla parametrów fizyko-chemicznych w analizowanych punktach na rzece Mała Wełna, dokonanej na podstawie poboru prób pobranych w okresie od grudnia 2023 r. do kwietnia 2024 r., pozwala na przedstawienie wniosków wskazujących na potencjalną presję oraz wskazanie punktów newralgicznych ze wskazaniem do dalszego monitoringu lub procesu

<sup>27</sup> Zerbe J., Sobczyński T., Elbanowska H., Siepak J. 1999. Speciation of heavy metals in bottom sediments of lakes. Polish J. Environ. Stud. 8(5): 331-339.

rekultywacji. Wszystkie rekomendacje mają w przyszłości zaowocować poprawą jakości wód w zlewni Mała Wełna oraz pośrednio ograniczyć dopływu ładunków zanieczyszczeń do jezior Maciejak i Rościńskiego, a przez to ograniczenie ich degradacji. Zatrzymanie tego procesu umożliwi wykorzystanie wód jezior w szerszym zakresie, przede wszystkim turystycznym i rekreacyjnym. Bliskość akwenów względem miasta jest niewątpliwie atutem, a w dobie problemów z wodą bardzo ważnym elementem utrzymania lokalnych ekosystemów, co przekłada się również na tzw. usługi ekosystemowe świadczone na rzecz gospodarki.

Dla lepszego zrozumienia problemu skali presji oraz stanu wód na badanym odcinku rzeki Mała Wełna przygotowano dwie tabele przedstawione poniżej (Tab. 16 i 17). Zakresy metodyczne przedstawiono w tabeli nr 13. W pierwszej przygotowano zestawienie badanych parametrów w analizowanych punktach w sezonie 2023/2024, zaznaczając przekroczenia dla stanu dobrego (dla klasy II). Suma punktów oznacza liczbę przekroczonych parametrów. Zgodnie z obowiązującą normą stan wody stan wody determinuje najgorszy badany parametr. Wystarczy więc jeden pozaklasowy parametr by zakwalifikować wody do złego stanu. Jak wynika z przedstawionej macierzy we wszystkich punktach notowano od 3 do 8 przekroczeń norm dla badanych parametrów, podobnie jak w sezonie 2022/2023. Sugeruje to utrzymywanie się presji wpływających na jakość wód na badanym odcinku Małej Wełny. We wszystkich badanych punktach kontrolnych stan wód sklasyfikowany został jako zły. Zarówno w punktach badanych dodatkowo w sezonie 2023/2024 (P1A-P1C) jak i punktach monitorowanych również w poprzednim sezonie (P1-P8) przekroczenia analizowanych parametrów były częste (Tab. 16). Analiza wyników wykazała, że poważnym problemem są punktach P1A-P8 są przede wszystkim przewodność elektrolityczna, substancje rozpuszczone całkowite oraz substancje biogenne azot azotanowy i azotynowy, azot ogólny i fosfor ogólny. W punktach P1A, P2 i P7 notowano najwięcej przekroczeń normy, czyli nieco inaczej niż w sezonie 2022/2023. Również punkty P1B, P1C oraz P6 wykazywały szereg przekroczeń badanych parametrów. Najlepiej pod tym względem wyglądał punkt P8, gdzie tylko 3 parametry decydowały o zakwalifikowaniu do złego stanu wód, podobnie jak w sezonie 2022/2023.

Dodatkowo, dla zobrazowania skali przekroczeń normy ocenianych parametrów, przedstawiono wyniki wyliczone na podstawie opracowanych wag (Kupiec 2022)<sup>28</sup>. Badania pokazują jednoznacznie, że największą krotnością przekroczeń analizowanych parametrów charakteryzowały się punkty P5 i P6, zlokalizowane na dopływach Małej Wełny (Tab. 17). W

---

<sup>28</sup> Kupiec J.M. 2022. Uproszczona metodyka oceny skali obciążenia wód na potrzeby wizualizacji danych monitoringowych. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.

punkcie P6, podobnie jak w sezonie 2022/2023, rejestrowano ponadnormatywne średnie stężenia azotanów, klasyfikujące te wody do wód wrażliwych na zanieczyszczenia związkami azotu ze źródeł rolniczych zgodnie z wytycznymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych (Dz.U. 2002 nr 241 poz. 2093) (akt utracił moc – obowiązują akty ustanawiane przez Dyrektorów RZGW). Średnie stężenia azotanów przekraczały 50 mg NO<sub>3</sub>/l. Natomiast w punkcie P5 wyniki wskazują na wody zagrożone azotanami pochodzenia rolniczego, dlatego że ich stężenia mieszczą się w granicy 40-50 mg/L.

Relatywnie dużymi przekroczeniami badanych parametrów charakteryzowały się również punkty P2 i P1C. Najmniejsze przekroczenia normy rejestrowano w punktach P8, P7 i P3.

Wyniki badań jakości osadów wskazują na bardzo duży ładunek potasu w punkcie P5, P1 (podobnie jak w sezonie 2022/2023) i P1B, odbiegający znacznie od pozostałych punktów. We wszystkich punktach zawartość potasu była znaczna. Jeśli chodzi o zawartość azotu w osadach dennych, to najwyższe ilości notowano w punktach P1B, P1 i P5. W przypadku fosforu największe ilości tego składnika obserwowano w punktach P5, P1 i P8.

Podobnie jak w przypadku sezonu 2022/2023, podczas badań w sezonie 2023/2024 zauważono mały wpływ miasta Skoki na jakość wód. Z reguły na odcinku pomiędzy punktami P3 a P4 jakość wód się poprawiała. Taki trend obserwowano również w poprzednim sezonie. Świadczy to o niewielkim udziale terenów zurbanizowanych miasta na wody Małej Wełny. W Kanale Ulgi rejestrowano bardzo duży udział osadów organicznych oraz obecność bujnej roślinności szuwarowej. Może ona działać jak filtr biologiczny tworząc swoisty „magazyn” dla części zanieczyszczeń – przede wszystkim biogenych. Z tego względu stężenia tych substancji w wodzie mogą być niższe, ale mimo tego siedlisko wodne może ulegać degradacji. Powstająca biomasa będzie powodować problemy hydrologiczne (m.in. wypływanie akwenu, problem z przepływem), a czasem mineralizacja może uwalniać duże ilości biogenów do wód, nasilając proces degradacji. Jest to szczególnie niekorzystne dla funkcjonowania Jeziora Maciejak, do którego poprzez Kanał Ulgi są doprowadzane wody.

Duży problem w sezonie 2023/2024 stanowił punkt P2. na co mogą mieć wpływ uwarunkowania wynikające z funkcjonowania kilku stawów użytkowanych rybacko.



Tab. 16. Macierz przekroczeń normy dla klasy II (stan dobry) dla wartości średniej w analizowanych punktach zlokalizowanych na rzece Małej Wełnie i jej dopływach w sezonie 2023/2024

Punkt	Przewodność elektryczna	Azot amonowy N-NH <sub>4</sub>	Azotany NO <sub>3</sub>	Fosforany PO <sub>4</sub>	Azot azotanowy N-NO <sub>3</sub>	Azot azotynowy N-NO <sub>2</sub>	Potas K	Azot ogólny Nog	Fosfor ogólny Pog	Substancje rozpuszczone całkowite TDS	Tlen rozpuszczony O <sub>2</sub>	SUMA
P1A	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	8
P1B	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	7
P1C	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	7
P1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	5
P2	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	8
P3	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	5
P4	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	6
P5	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	6
P6	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	7
P7	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	8
P8	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3

1 - przekracza normę dla klasy II (poniżej stanu dobrego); 0 - minimum stan dobry

Tab. 17. Stan analizowanych akwenów na podstawie wartości wagowych określających stopień przekroczenia normy ustalonej dla klasy II w sezonie 2023/2024

Punkt	Przewodność elektryczna	Azot amonowy N-NH <sub>4</sub>	Azotany NO <sub>3</sub>	Fosforany PO <sub>4</sub>	Azot azotanowy N-NO <sub>3</sub>	Azot azotynowy N-NO <sub>2</sub>	Potas K	Azot ogólny Nog	Fosfor ogólny Pog	Substancje rozpuszczone całkowite TDS	Tlen rozpuszczony O <sub>2</sub>	SUMA
P1A	1	1	0	0	2	2	0	2	0	1	2	11
P1B	1	0	0	0	2	1	0	2	0	1	2	9
P1C	1	0	0	1	3	2	0	2	1	1	1	12
P1	1	0	0	0	3	2	0	2	0	1	0	9
P2	1	2	0	1	2	3	0	2	1	1	0	13
P3	1	0	0	0	2	2	0	2	0	1	0	8
P4	1	0	0	0	2	2	0	2	3	1	0	11
P5	1	0	1	0	3	4	0	2	2	1	0	14
P6	1	0	2	0	4	2	0	3	1	1	0	14
P7	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	2	8
P8	0	1	0	0	0	4	0	1	0	0	1	7

W punktach P3 oraz P7 i P8 notowano najkorzystniejsze wartości analizowanych parametrów. W punkcie P3 nastąpił proces samooczyszczenia, na co może mieć wpływ kanał ulgi. Punkty P7 i P8 zlokalizowane były za jeziorami Maciejak i Rościńskim. Podobnie jak w sezonie 2022/2023 jeziora w tym przypadku zadziałały jak biofiltr, magazynując znaczne ilości docierających do nich zanieczyszczeń. Stąd stężenia niektórych substancji za jeziorami były niższe niż przed. Proces ten jest niekorzystny z punktu widzenia funkcjonowania jezior, ponieważ świadczy o ich postępującej degradacji.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że na jakość wód w zlewni Małej Wełny na badanych odcinku wpływa m.in. funkcjonowanie stawów rybnych i gospodarka rybacka oraz gospodarka rolna. Jednak również w punktach dodatkowych (P1A-P1C), woda nie spełnia dozwolonych norm, a osady wykazują duże zawartości niektórych składników. Może to rzutować na kształtowanie się niektórych parametrów jakościowych ekosystemów wodnych na obszarze gminy Skoki.

Uzyskane wyniki wskazują na utrzymujący się trend presji na wody w zlewni Małej Wełny i wymagają działań ochronnych oraz naprawczych. Bez poprawy jakości wód w wybranych punktach Małej Wełny oraz ograniczeniu presji ze strony gospodarki rybackiej oraz rolnej, poprawa jakości wód w jeziorach Maciejewski i Rościńskim nie będzie możliwa