

**POLSKA AKADEMIA NAUK**  
**WYDZIAŁ NAUK ROLNICZYCH, LEŚNYCH**  
**I WETERYNARYJNYCH**

---

**ZESZYTY PROBLEMOWE**  
**POSTĘPÓW**  
**NAUK ROLNICZYCH**

---

**ZESZYT 548**  
**CZĘŚĆ II**

## TRENDY ZMIAN JAKOŚCI WODY RZECZNEJ W MAŁEJ ZLEWNI NIZINNEJ<sup>1</sup>

*Mariusz Sojka, Sadzide Murat-Błażejewska, Jolanta Kanclerz*

Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji,  
Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

### Wstęp

Celem operacyjnym Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW) jest osiągnięcie do roku 2015 dobrego stanu wód powierzchniowych pod względem, ekologicznym i chemicznym oraz ilościowa i jakościowa ochrona zasobów wód podziemnych. Od 2004 roku w Polsce realizuje się działania mające na celu ustalenie stanu wód oraz zidentyfikowanie istotnych problemów, które mogą powodować zagrożenie dla jakości wód naturalnych w Polsce. Bardzo często istotnym problemem w zlewniach rzek nizinnych są zanieczyszczenia pochodzące ze źródeł rolniczych, jak również niedostateczna sanitacja obszarów wiejskich. Obecnie opracowuje się dla każdego obszaru dorzecza programy naprawcze.

### Cel, zakres i metodyka badań

Celem pracy była analiza jakości wody rzecznej w małej zlewni nizinnej na podstawie wyników badań terenowych. Analizie poddano wyniki badań prowadzonych w zlewni Strugi Dormowskiej do przekroju Gorzyń w latach hydrologicznych 1986–1995 i 2007–2009. Zlewnia ta ma powierzchnię 42,62 km<sup>2</sup> i jest położona na Pojezierzu Wielkopolskim. Struga Dornowska do przekroju Gorzyń przepływa przez siedem jezior o łącznej powierzchni około 77 ha. Prowadzono m. in. obserwacje i pomiary hydrometryczne (prędkość przepływu wody i głębokość napełnienia koryta rzeki) oraz pobierano z częstotliwością jeden raz w miesiącu próbki wody w profilu Gorzyń do analiz fizykochemicznych. Oznaczano: tlen rozpuszczony, BZT<sub>5</sub>, ChZT, odczyn, suchą pozostałość, pozostałość po prażeniu, azot azotanowy, azot azotynowy, amoniak, fosforany, wapń, magnez, sód, potas, żelazo, chlorki siarczany. W latach hydrologicznych 1986–1995 oznaczano 18 wskaźników jakości wody, natomiast w latach 2007–2009 z analiz wyłączono trzy

---

<sup>1</sup> Praca naukowa finansowana jest ze środków na naukę w latach 2007–2010 jako projekt badawczy nr N305 084 32/2845.

wskaźniki (sód, potas oraz suchą pozostałość po prażeniu), zmieniono także metodykę oznaczania ChZT, z chromianowej na manganową. Analizy próbek wody wykonano zgodnie z obowiązującymi normami.

W pierwszym etapie dokonano oceny jakości wody na podstawie standardów zaproponowanych w ROZPORZĄDZENIU MŚ [2008]. Obliczono i porównano charakterystyczne wartości analizowanych wskaźników jakości wód powierzchniowych odpowiadające pierwszemu, piątemu i dziewiątemu decylowi oraz wykonano analizę istotności różnic wartości średnich w wieloletnich latach 1986–1995 i 2007–2009.

W kolejnym etapie przeprowadzono analizę korelacji pomiędzy wartościami badanych wskaźników jakości wody oraz przepływami w celu oceny zmian, jakie nastąpiły w jakości wód płynących w Strudze Dormowskiej w analizowanych wieloletnich latach. Stwierdzenie zmian w składzie fizykochemicznym wody umożliwiła też analiza skupień wykonana metodą Warda, w której jako miarą podobieństwa zastosowano współczynnik Pearsona.

Analiza trendów pozwoliła na ocenę czasowej zmienności badanych wskaźników jakości wody, obliczenia wykonano wg metodyki zaproponowanej przez McBEAN'A i ROVERS'A [1984]. Analizy statystyczne wykonano przy pomocy programu Statistica 8.0.

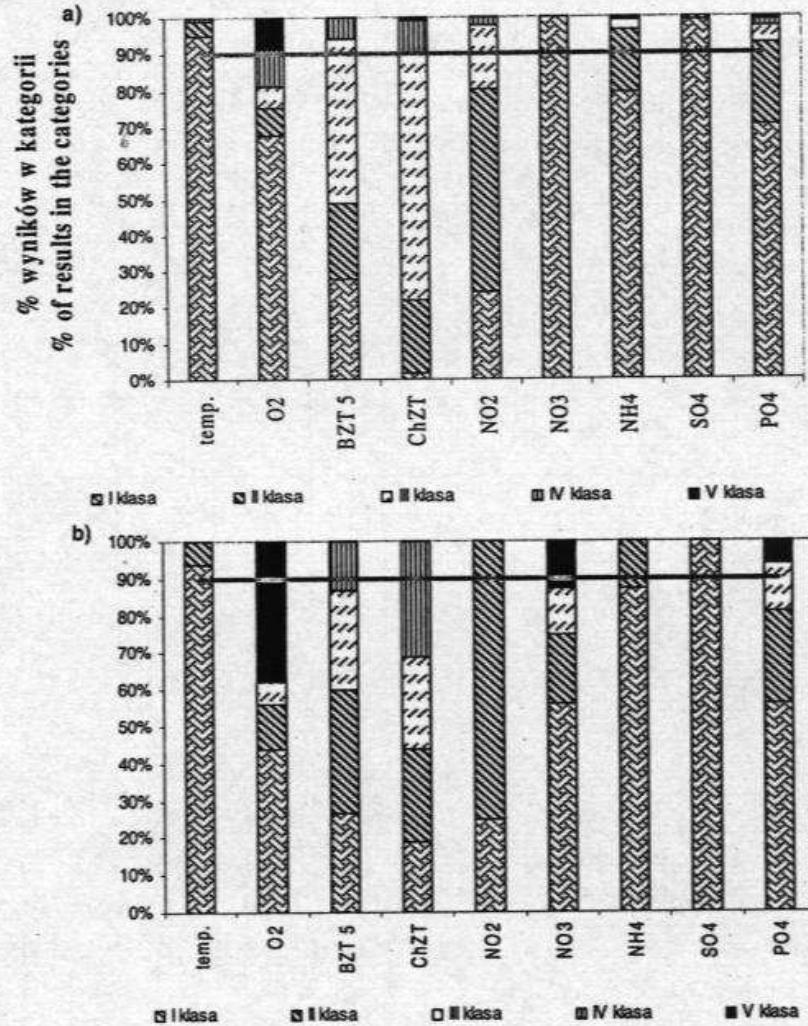
## Wyniki badań i dyskusja

Szczegółową charakterystykę zlewni wraz ze wstępną oceną jakości wody Strugi Dormowskiej przedstawiono w pracach MURAT-BŁĄŻEJEWSKIEJ i MILERA [1993], MURAT-BŁĄŻEJEWSKIEJ [1995] oraz MILERA i MURAT-BŁĄŻEJEWSKIEJ [1996]. W pracach tych analizowano, jakość wód rzecznych oraz ich przydatność do hodowli ryb w stawach rybnych. Podstawą oceny jakości wód było ROZPORZĄDZENIE MOŚZNIŁ [1991] dotyczące dopuszczalnych wielkości zanieczyszczeń śródlądowych wód powierzchniowych.

Wg aktualnego ROZPORZĄDZENIA MŚ [2008] w sprawie kryteriów i sposobu oceny wód powierzchniowych Struga Dormowska w latach 1986–1995 prowadziła wody niezadawalającej jakości. Powodowane to było niskimi stężeniami tlenu rozpuszczonego oraz wysokimi wartościami ChZT. Odpowiednio około 20 i 11% próbek wody miało stężenia wyższe od wartości dopuszczalnych dla II klasy jakości wód rzecznych (rys. 1). Wody pod względem temperatury wody, stężeń azotanów i siarczanów wody zaklasyfikowano do I klasy, a pod względem pozostałych wskaźników do II i III klasy.

W latach 2007–2009 rzeka prowadziła już wody złej jakości (rys. 1). Stężenia tlenu rozpuszczonego i azotanów odpowiadały normom V klasy, odpowiednio 40% i 13% prób, miało wartości wyższe od wartości dopuszczalnych dla klasy IV jakości. Natomiast pod względem wartości BZT<sub>5</sub>, wartości wyższe od wartości dopuszczalnych do III klasy notowano w około 13%, a pod względem ChZT w 31% przebadanych próbek wody. Stopień przekroczenia wartości granicznych norm dla tlenu rozpuszczonego, BZT<sub>5</sub> i ChZT był powyżej 30%. Przyjęto założenie wg NACHLIK [2004], że przekroczenia poniżej 30% charakteryzują dobrą jakość, natomiast powyżej 30% cechuje wody zagrożone nieosiągnięciem celów środowiskowych, tj. prawdopodobnie do roku 2015 nie osiągną dobrego stanu pod względem parametrów fizykochemicznych. Obliczony stopień przekroczenia norm zawartości tlenu rozpuszczonego wyniósł 46% a wartości wskaźnika BZT<sub>5</sub> i ChZT odpo-

wiednio 37 i 55%, a więc można uznać, że są to wody zagrożone nieosiągnięciem celów środowiskowych.



Rys. 1. Ocena jakości wody rzeki Struga Dormowskiej w profilu Gorzyń w latach hydrologicznych: a) 1986–1995, b) 2007–2009

Fig. 1. Assessment of water quality of the Struga Dormowska River in Gorzyń cross-section in the hydrological years: a) 1986–1995, b) 2007–2009

Analizę zmian stężeń oznaczanych wskaźników jakości wody w obu okresach dokonano na podstawie analizy istotności różnic wartości średnich (tab. 1). Przeprowadzona ocena wykazała, że w latach 2007–2009 nastąpił istotny wzrost temperatury wody oraz stężeń: magnezu, chlorków, azotanów i fosforanów oraz spadek zawartości siarczanów w wodach rzeki. Szczególnie niekorzystny z punktu widzenia wód powierzchniowych pod względem eutrofizacji jest wzrost stężeń azotanów i fosforanów. Wzrost widoczny jest zarówno z obliczeń mediany jak i analizy stężeń charakterystycznych. W latach 2007–2009 wartości mediany stężeń azotanów i fosforanów były odpowiednio 6,0 i 1,3 razy wyższe niż w latach 1986–1995. Stężenia charakterystyczne odpowiadające decylovi 9, były wyższe odpowiednio 9,3 i 1,8 krotnie. Jedynie w przypadku siarczanów zanotowano istot-

ny spadek stężeń, potwierdzają to wartości obliczonych decyli 1, 5 i 9, które były niższe odpowiednio 1,4; 1,3 i 1,3 krotnie (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

Wartości median, oraz decyle  $d_1$ ,  $d_5$ ,  $d_9$  badanych wskaźników jakości wody Strugi Dormowskiej w latach hydrologicznych 1986–1995 i 2007–2008

Median ( $d_1$ ,  $d_5$ ,  $d_9$ ), 10<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentile values of water quality indicators of the Struga Dormowska in the 1986–1995 and 2007–2008 hydrological years

Wskaźniki Index	1986–1995			2007–2008			Statystyczna istotność różnic wartości średnich Statistical sig- nificance of differences be- tween mean values
	$d_1$	$d_5$	$d_9$	$d_1$	$d_5$	$d_9$	
Temperatura wody Water temperature (°C)	2,5	12,0	19,2	6,8	16,5	20,5	+
Tlen rozpuszczony Dissolved oxygen (mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	12,0	8,4	4,0	10	6,4	2,8	0
BZT <sub>5</sub> ; BOD <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	0,9	3,1	5,6	1,6	3,0	6,4	0
ChZT; COD (mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	5,2	7,3	11,8	17,0	25,0	46,0	*
pH (-)	7,0	7,6	8,2	7,3	7,4	7,8	0
Wapń; Calcium (mg·dm <sup>-3</sup> )	84,0	96,0	105,6	80,0	92,0	104,0	0
Magnez; Magnesium (mg·dm <sup>-3</sup> )	6,7	10,7	15,4	9,7	16,1	29,2	+
Chlorki; Chlorides (mg·dm <sup>-3</sup> )	17,0	24,0	28,0	30,0	30,0	35,0	+
Azotyny; Nitrites (mg NO <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	nw	0,04	0,164	0,03	0,03	0,1	0
Azotany; Nitrates (mg NO <sub>3</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	nw	0,44	2,22	0,44	2,65	20,7	+
Amoniak; Ammonia (mg NH <sub>4</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	nw	0,2	0,7	nw	0,10	0,77	0
Żelazo; Iron (mg·dm <sup>-3</sup> )	0,1	0,3	0,5	0,15	0,21	0,44	0
Siarczany; Sulphates (mg SO <sub>4</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	34,6	60,4	76,9	24,9	47,3	60,1	-
Fosforany; Phosphates (mg PO <sub>4</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	nw	0,15	0,4	nw	0,20	0,7	+

nw niewykrywalne; non detectable

- nie wykonano testu istotności różnic ze względu na to, że w latach 1987–1995 ChZT oznaczano metodą manganową a w latach 2007–2009 metodą chromianową; the test for the significance of differences was not performed because in the years 1987–1995 COD was determined with the help of manganese method and in 2007–2009 with the chromate method

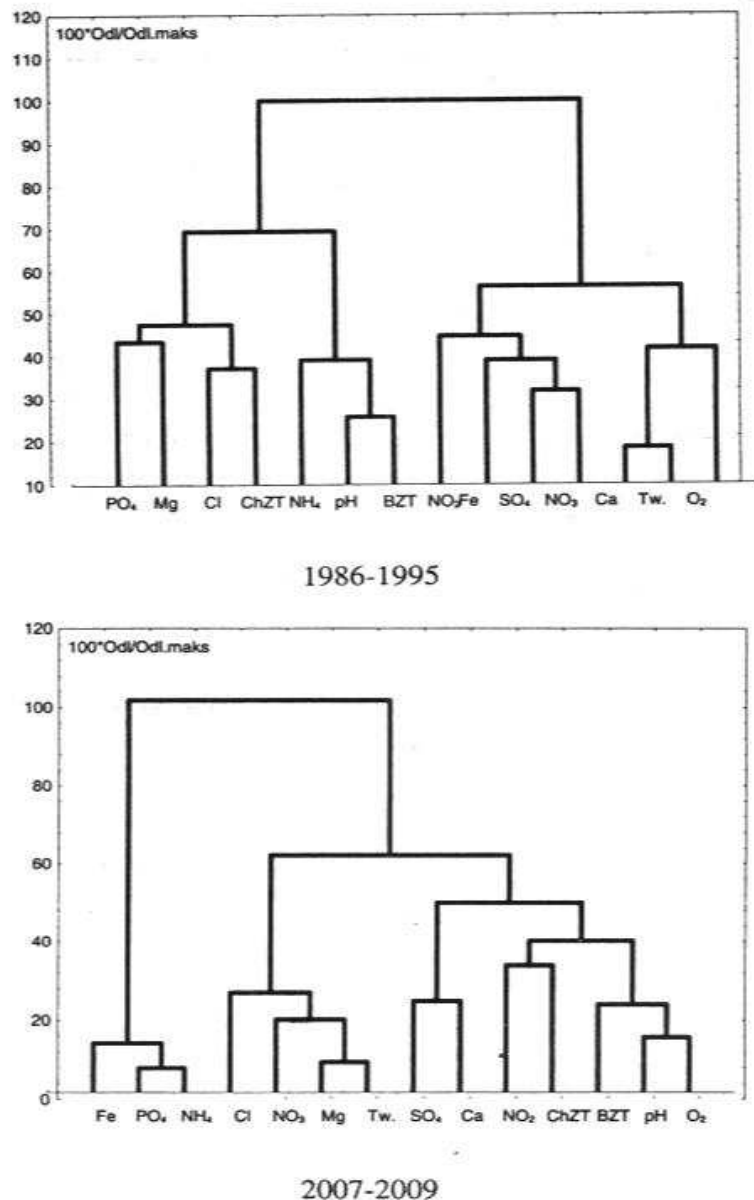
„+” istotny przyrost (dla  $\alpha = 0,05$ ); significant increase (for  $\alpha = 0,05$ )

> 0, „-” istotny spadek (dla  $\alpha = 0,05$ ); significant decrease (for  $\alpha = 0,05$ )

< 0, „0” brak istotności (dla  $\alpha = 0,05$ ); no significance (for  $\alpha = 0,05$ )

Analiza korelacji pomiędzy oznaczanymi wskaźnikami jakości wody wykazała, że niektóre z nich były ze sobą istotnie skorelowane (tab. 2). W wieloletniu 1986–1995 (prawy górny obszar tab. 2) z przepływami było skorelowane 8 parametrów: dodatnio tlen rozpuszczony, stężenia wapnia, siarczanów, chlorków i azotanów a ujemnie temperatura wody i stężenia fosforanów. W latach

2007–2009 (lewy dolny obszar tab. 2) tylko w dwóch przypadkach: dodatnio stężenia tlenu rozpuszczonego i ujemnie z temperaturą. W obu rozpatrywanych wieloletniach z przepływami dodatnio skorelowane były stężenia tlenu rozpuszczonego natomiast ujemnie temperatura wody, co świadczy o tym, że przy wysokich przepływach i niskiej temperaturze woda była dobrze natleniona. Przeprowadzona analiza skupień, wykonana metodą Warda, w której jako miarą podobieństwa zastosowano współczynnik Pearsona, potwierdza wyraźną zmianę zależności pomiędzy badanymi wskaźnikami jakości wody (rys. 2), co może świadczyć o zwiększonym wpływie punktowych źródeł zanieczyszczeń na jakość wód.



Rys. 2. Statystyczna analiza skupień badanych wskaźników jakości wody rzeki Strugi Dormowskiej do przekroju Gorzyń

Fig. 2. Cluster analysis of water quality parameters of the Struga Dormowska river at Gorzyń cross-section

Tabela 2; Table 2

Statystyczna istotność korelacji pomiędzy natężeniem przepływu i wskaźnikami jakości wody Strugi Dormowskiej w profilu Gorzyna w latach hydrologicznych 1986–1995\* i 2007–2009

Statistical significance of correlation between water flow and water quality indexes of Struga Dormowska river at gauging station Gorzyna in hydrological years 1986–1995 and 2007–2009

Parameter; Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Temperatura wody; Water temperature (°C)	■	-	0	0	0	-	-	0	0	0	-	0	0	-	+	-
2. Tlen rozpuszczony; Dissolved oxygen (mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	-	■	+	0	0	+	+	0	0	0	0	0	0	+	-	+
3. BZT <sub>5</sub> ; BOD <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	0	+	■	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	+	+	0
4. ChZT; COD (mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	0	0	0	■	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0
5. pH (-)	0	0	0	0	0	+	+	+	0	0	0	+	0	0	0	0
6. Twardość; Hardness (mval·dm <sup>-3</sup> )	0	+	0	0	0	■	+	0	0	0	0	0	0	+	-	+
7. Wapń; Calcium (mg·dm <sup>-3</sup> )	0	0	0	0	0	0	■	0	0	+	0	0	0	+	-	+
8. Magnez; Magnesium (mg·dm <sup>-3</sup> )	0	0	0	0	0	+	-	0	0	0	0	0	0	+	0	0
9. Chlorki; Chlorides (mg·dm <sup>-3</sup> )	0	0	0	0	+	+	0	+	■	0	0	0	0	0	0	+
10. Azotany; Nitrates (mg NO <sub>3</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	0	0	0	0	0	+	0	+	0	■	0	0	0	+	0	+
11. Azotyny; Nitrites (mg NO <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	■	0	0	+	0	0
12. Amoniak; Ammonia (mg NH <sub>4</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	+	-	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	-	0	0
13. Żelazo; Iron (mg·dm <sup>-3</sup> )	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14. Siarczany; Sulphates (mg SO <sub>4</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	■	-	+
15. Fosforany; Phosphates (mg PO <sub>4</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	-	■	-
16. Przepływ; Flow (dm <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ·km <sup>-1</sup> )	-	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

■ 1986–1995 „+” współczynnik korelacji istotny (dla  $\alpha = 0,05$ ); significant correlation coefficient (for  $\alpha = 0.05$ )

□ 2007–2009

> 0, „-” współczynnik korelacji istotny (dla  $\alpha = 0,05$ ); significant correlation coefficient (for  $\alpha = 0.05$ ) and > 0

< 0, „0” brak istotnej korelacji (dla  $\alpha = 0,05$ ); no significant correlation (for  $\alpha = 0.05$ ) and < 0

Analiza trendów polegała na testowaniu hipotez o zerowym nachyleniu prostych regresji, które przedstawiają zmiany badanych parametrów wody w czasie. W latach 1986–1995 na szesnaście oznaczanych wskaźników jakości wody aż pięć z nich charakteryzowało się istotnym trendem dodatnim i pięć ujemnym (tab. 3). W drugim okresie badań prawdopodobnie na skutek krótkiego okresu pomiarów (tylko trzy lata) zaobserwowano tylko trzy statystycznie istotne trendy, tj. dodatni stężenie wapnia i siarczanów oraz ujemny zawartości amoniaku.

Tabela 3; Table 3

Statystyczna istotność trendów w zmianach stanu i składu wód Strugi Dormowskiej w przekroju Gorzyń w latach 1986–1995 oraz 2007–2009

Statistical significance of trends in changes of state and composition of water in the Struga Dormowska River at gauging station Gorzyń in years 1986–1995 and 2007–2009

Parametr; Parameter	Trend 1986–1995	Trend 2007–2009
Temperatura wody; Water temperature (°C)	-	0
Tlen rozpuszczony; Dissolved oxygen (mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	-	0
BZT <sub>5</sub> ; BOD <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	0	0
ChZT; COD (mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	-	0
pH (-)	+	0
Twardość; Hardness (mval·dm <sup>-3</sup> )	0	0
Wapń; Calcium (mg·dm <sup>-3</sup> )	0	+
Magnez; Magnesium (mg·dm <sup>-3</sup> )	+	0
Chlorki; Chlorides (mg·dm <sup>-3</sup> )	0	0
Azotany; Nitrates (mg NO <sub>3</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	-	0
Azotyny; Nitrites (mg NO <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	0	0
Amoniak; Ammonia (mg NH <sub>4</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	+	-
Żelazo; Iron (mg·dm <sup>-3</sup> )	0	0
Siarczany; Sulphates (mg SO <sub>4</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	-	+
Fosforany; Phosphates (mg PO <sub>4</sub> ·dm <sup>-3</sup> )	+	0
Przepływ; Flow (dm <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ·km <sup>-1</sup> )	-	0

### Wnioski

- Analiza zmian jakości wody wykazała, że stan fizykochemiczny wód Strugi Dormowskiej pogorszył się, w latach 1986–1995 rzeka prowadziła wody o niezadawalającej jakości ze względu na niskie stężenia tlenu i wysokie wartości ChZT, a natomiast w latach 2007–2008 – wody złej jakości ze względu na zawartość tlenu rozpuszczonego i wartości BZT<sub>5</sub>.
- Procentowy stopień przekroczenia norm zawartości tlenu rozpuszczonego (46%) i wartości wskaźnika BZT<sub>5</sub> (36,7%) wskazują, że są to wody zagro-



zione nieosiągnięciem celów środowiskowych, czyli prawdopodobnie do roku 2015 nie osiągną dobrego stanu pod względem parametrów fizykochemicznych.

3. Przeprowadzone analizy statystyczne wykazały istotne różnice w składzie fizykochemicznym wód w obu badanych wieloleciach, co może świadczyć o zwiększonym wpływie punktowych źródeł zanieczyszczeń na jakość wód.

### Literatura

MCBEAN E.A., ROVERS F.A. 1984. *Alternatives for assessing significance of changes in concentration levels*. Ground Water Monitoring Review. Summer: 39–41.

MILER A., MURAT-BŁAŻEJEWSKA S. 1996. *Zmiany ilości i jakości wód w typowych małych zlewniach Wielkopolski*. Przegląd Nauk. Wydz. Mel. i Inż. Środ. SGGW Warszawa 11: 71–81.

MURAT-BŁAŻEJEWSKA S., MILER A. 1993. *Tendencje zmian jakości wody w małych ciekach nizinnych na przykładzie Strugi Dormowskiej*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu 232: 277–285.

MURAT-BŁAŻEJEWSKA S. 1995. *Eksploatacja stawów rybnych a problem jakości wody w małych ciekach odbiornikach wód poprodukcyjnych*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu 266: 163–172.

NACHLIK E. (Red.) 2004. *Identyfikacja i ocena oddziaływań antropogenicznych na zasoby wodne dla wskazania części wód zagrożonych nieosiągnięciem celów środowiskowych*. Seria Inżynieria Środowiska, Monografia 318: 192 ss.

ROZPORZĄDZENIE MOŚZNIŁ 1991. *Z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód*. Dz. U. Nr 116, poz. 503.

ROZPORZĄDZENIE MŚ 2008. *Z dnia 30 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych*. Dz. U. Nr 162, poz. 1008.

**Słowa kluczowe:** mała zlewnia nizinna, jakość wody rzecznej, tendencje zmian

### Streszczenie

W pracy przedstawiono trendy zmian jakości wody rzecznej w małej zlewni nizinnej na podstawie wyników badań i obserwacji terenowych prowadzonych w zlewni Strugi Dormowskiej w latach hydrologicznych 1986–1995 a następnie 2007–2009. Zlewnia Strugi do profilu Gorzyń ma powierzchnię 42,62 km<sup>2</sup> i położona jest na Pojezierzu Wielkopolskim. Analiza uzyskanych danych wykazała, że stan jakości wody rzecznej pogorszył się ponieważ w latach 1986–1995 rzeka prowadziła wody o niezadawalającej jakości a w latach 2007–2008 – już wody złej jakości ze względu na niską zawartość tlenu rozpuszczonego i wysokie wartości BZT<sub>5</sub>. Przeprowadzone analizy statystyczne wykazały istotne różnice w składzie fizykochemicznym wód w obu badanych wieloleciach, co może świadczyć o zwiększonym wpływie punktowych źródeł zanieczyszczeń.

## TENDENCIES IN CHANGES OF THE RIVER WATER QUALITY IN A SMALL LOWLAND CATCHMENT

*Mariusz Sojka, Sadzide Murat-Błażejewska, Jolanta Kanclerz*

Department of Land Reclamation, Environmental Management and Geodesy,  
University of Life Sciences, Poznań

**Key words:** small lowland catchment, river water quality, tendencies in changes

### Summary

The purpose of the paper is an assessment of the river water quality changes. Complex field research was performed in the catchment of the Struga Dormowska River in the hydrological years 1986–1995 and 2007–2009. The catchment area down to Gorzyń cross-section is about 44.5 km<sup>2</sup> and it is located in the Wielkopolska Lowland region (Poland).

The research demonstrates that the water quality of the Struga Dormowska River deteriorated considerably from poor quality water in the years 1986–1995 to bad quality water in the years 2007–2009. Bad quality stemmed from both factors: low concentration of dissolved oxygen and high level of biochemical oxygen demand (BOD). Statistical analyses indicate significant differences between water qualities in the researched periods. This could be due to the higher contamination of water by the point pollution sources.

Dr inż. Mariusz Sojka

Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji

Uniwersytet Przyrodniczy

ul. Piątkowska 94

60-649 POZNAŃ

e-mail: masojka@up.poznan.pl