

*Daniel Ochman, Jarosław Kaszubkiewicz*

Instytut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

## ZMIANY NATLENIEŃ WÓD W SĄSIEDZTWIE BUDOWLI PIĘTRZĄCYCH NA PRZYKŁADZIE RZEKI SMORTAWY

### THE CHANGE OF WATER OXYGENATION STATE IN THE VICINITY OF DAM PLANTS ON THE SMORTAWA RIVER EXAMPLE

**Słowa kluczowe:** tlen w wodzie, budowle hydrotechniczne, rzeka Smortawa.

**Streszczenie:** Zabudowa hydrotechniczna rzeki Smortawy wpływa na zmiany warunków tlenowych w wodach rzecznych. W okresie pomiędzy kwietniem 1999 roku a grudniem 2000 roku w różnych terminach i przy różnej temperaturze wód dokonywano pomiarów zawartości tlenu powyżej i poniżej budowli hydrotechnicznych. Badania te pozwoliły wykazać, jaki wpływ na natlenienie ma wysokość budowli piętrzących, ich konstrukcja oraz reżim hydrologiczny cieku.

**Key words:** oxygen in the water, hydrotechnical construction, the Smortawa river.

**Summary:** Hydrotechnical constructions on the Smortawa river influences on changes of the oxygenic conditions in the water. Between April 1999 and December 2000 there were made measurements of content of oxygen above and below hydrotechnical constructions, in various terms and temperature of the water. Investigations demonstrated the influence of the height of piling up constructions and hydrological regime of the river on the level of oxygen in the water.

#### WSTĘP

W wyniku powodującej znaczne obniżenie wód gruntowy wadliwej regulacji rzeki Smortawy będącej prawobrzeżnym dopływem Odry, w 1992 r. podjęto decyzję o jej ponownej zabudowie urządzeniami hydrotechnicznymi. W wyniku tych prac na rzece wybudowano cztery jazy i stopnie piętrzące [Ochman, 2001]. Należą do nich następujące budowle:

- jaz ruchomy „Hanna” (km 5+050) o wysokości piętrzenia 185 cm,
- stopień drewniany (km 8+030) o wysokości piętrzenia 66 cm,
- stopień betonowo-kamienny (km 9+058) o wysokości piętrzenia 50 cm,
- jaz stały betonowo-kamienny (km 9+678) o wysokości piętrzenia 175 cm.

Budowle piętrzące wpływają na warunki tlenowe panujące w cieku w dwojaki sposób. Spiętrzenie wody powoduje zmniejszenie szybkości przepływu i zwiększenie



średniej głębokości, co doprowadza do zwiększenia czasu płynięcia wody, a więc do zwiększenia zużycia tlenu. Jest to więc pośredni wpływ negatywny budowli piętrzących.

Bezpośredni wpływ pozytywny budowli piętrzących, zwłaszcza jazów stałych przelewowych lub niektórych typów jazów ruchomych, polega na intensywnym natlenianiu się wody w czasie jej przepływu przez korony jazów stałych lub przez elementy piętrzące jazów ruchomych. Największy udział budowli piętrzących w procesie napowietrzania wody i w ogólnym bilansie tlenowym występuje w okresie letnim, tj. wówczas, gdy obserwuje się największe deficyty tlenowe, najmniejsze przepływy i największe zanieczyszczenia [Mańczak, 1978; Bajkowski, 1998].

Z badań prowadzonych nad zmianami zawartości tlenu przy przejściu przez budowle piętrzące wynika, że powodują one wzrost zawartości tlenu na stanowisku dolnym, co wpływa na proces samooczyszczania i stwarza dogodne warunki dla bytowania ryb [Mańczak, 1978; Bajkowski, 1998].

Zróżnicowanie zawartości tlenu związane jest z rodzajem budowli, wysokością przelewającej się wody oraz natężeniem przepływu. Najwięcej tlenu pobierane jest tam gdzie jest największy przepływ, natomiast najmniejszy pobór występuje tam gdzie przelewa się najmniejsza warstwa wody [Adynkiewicz-Piragas, 1999].

Budowle piętrzące wpływają na podwyższenie zawartości tlenu na stanowisku poniżej budowli. Ilość pobranego tlenu zależna jest od wysokości budowli piętrzącej i jej konstrukcji oraz reżimu hydrologicznego [Adynkiewicz-Piragas, 2000].

Celem pracy jest ocena wpływu czterech budowli piętrzących, znajdujących się pomiędzy 9+676 a 5+050 kilometrem rzeki Smortawy, na warunki tlenowe panujące w jej wodach.

## METODYKA BADAŃ

Badanie zawartości tlenu wykonywano powyżej i poniżej budowli piętrzących, w odległości 50 cm od budowli, bezpośrednio w nurcie rzeki. Pomiarów dokonywano za pomocą tlenomierza przenośnego WTW, typ Oxi 323-B/Set. Urządzenie to składa się z sondy tlenowej (czujnik galwaniczny z membraną) oraz tlenomierza (miernik z kompensacją temperatury) [Hermanowicz i in., 1976]. Pomiarów wykonywano według normy PN 72/C – 04545/08.

Pomiarów dokonywano pomiędzy kwietniem 1999 roku a grudniem 2000 roku, w różnych terminach i przy różnej temperaturze wód (22 serie pomiarowe).

Oprócz zestawień porównawczych, w celu zbadania wpływu budowli piętrzących na zawartość tlenu wykorzystano metodykę opracowaną przez Mańczaka [1964], [Mańczak, Wojtowicz, 1978].

Mańczak prowadził badania wpływu budowli piętrzących na warunki tlenowe na wielu ciekach o różnej charakterystyce. Przyjęto za Mańczakiem, że do przeprowadzenia analizy wyników badań niezbędne jest określenie takich parametrów, jak:

- a – ilość pobranego tlenu przez wodę rzeczną na budowli [ $\text{mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ ],
- b – współczynnik intensywności poboru tlenu na budowli piętrzącej,



$r$  – współczynnik niedoboru tlenu,

$C_A$  – zawartość rozpuszczonego tlenu powyżej budowli [ $\text{mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ ],

$C_B$  – zawartość rozpuszczonego tlenu poniżej budowli [ $\text{mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ ],

$C_S$  – pełne nasycenie wody w tlen przy danej temperaturze i ciśnieniu atmosferycznym [ $\text{mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ ],

$N_A$  – niedobór tlenu powyżej budowli [ $\text{mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ ],

$N_B$  – niedobór tlenu poniżej budowli [ $\text{mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ ].

Wartości parametrów  $C_A$  oraz  $C_B$  uzyskano na podstawie pomiarów bezpośrednich, parametr  $C_S$  odczytano z tabeli opracowanej przez G.C. Whipple'a i M.C. Whipple'a na podstawie pomiarów C.I.I. Foxa. Obliczenia pozostałych parametrów przeprowadzono w oparciu o następujące zależności:

$$N_A = C_S - C_A \text{ [mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}\text{]}$$

$$N_B = C_S - C_B \text{ [mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}\text{]}$$

$$r = (C_S - C_A) : (C_S - C_B) = N_A : N_B$$

$$a = N_A - N_B \text{ [mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}\text{]}$$

Obliczono również współczynnik intensywności poboru tlenu na budowli piętrzącej  $b$  [Mańczak, 1964].

Wykorzystano również dane z badań hydrologicznych i meteorologicznych.

## WYNIKI BADAŃ

Podczas badań stwierdzono różnice w stężeniu tlenu powyżej i poniżej budowli piętrzących (większe stężenie na dolnym stanowisku). Największą różnicę w zawartości tlenu rozpuszczonego pomiędzy wodą górną a dolną odnotowano we wrześniu 2000 roku na jazie ruchomym „Hanna” i wynosiła ona  $3,08 \text{ mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ . Średnią różnicę w zawartości tlenu rozpuszczonego powyżej i poniżej budowli piętrzących w okresie badawczym przedstawia rysunek 1.

Dla poszczególnych budowli piętrzących obliczono niedobory tlenu powyżej ( $N_A$ ) i poniżej budowli ( $N_B$ ), współczynnik niedoboru tlenu ( $r$ ) oraz współczynnik intensywności pobierania tlenu z atmosfery ( $b$ ). W tym celu wykorzystano pomiary stężenia tlenu powyżej i poniżej budowli oraz procent nasycenia wody tlenem. W tabeli 1 przedstawiono przykładowe wyniki pomiarów dla jazu ruchomego „Hanna”. Średnie wartości współczynników niedoboru tlenu ( $r$ ) wynosiły: dla jazu Bystrzyca (km 9+678) – 1,25 (wahania od 0,48 do 2,08), dla stopnia betonowo-kamiennego (km 9+058) – 1,00 (wahania od 0,67 do 1,09), dla stopnia drewnianego (km 8+030) – 1,06 (wahania od 0,05 do 1,43), dla jazu „Hanna” – 1,47 (wahania od 0,47 do 2,87).

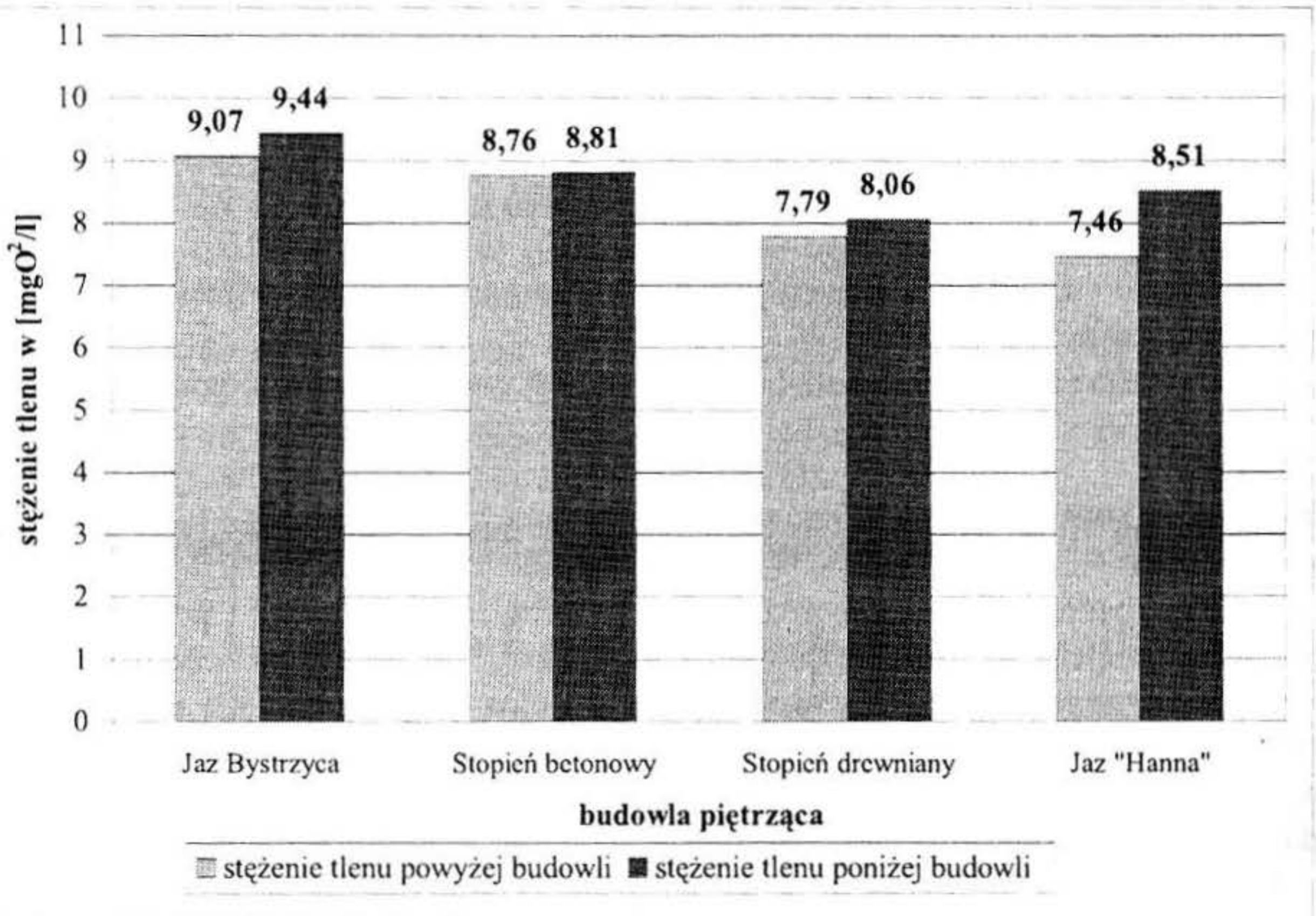
Najwyższą wartość współczynnika intensywności pobierania tlenu z atmosfery ( $b$ ) odnotowano na jazie „Hanna” – 0,759, najniższą na stopniu betonowo-kamiennym – 0,266, na pozostałych budowlach wartości te wynosiły: stopień drewniany – 0,478 i jaz stały Bystrzyca – 0,700.



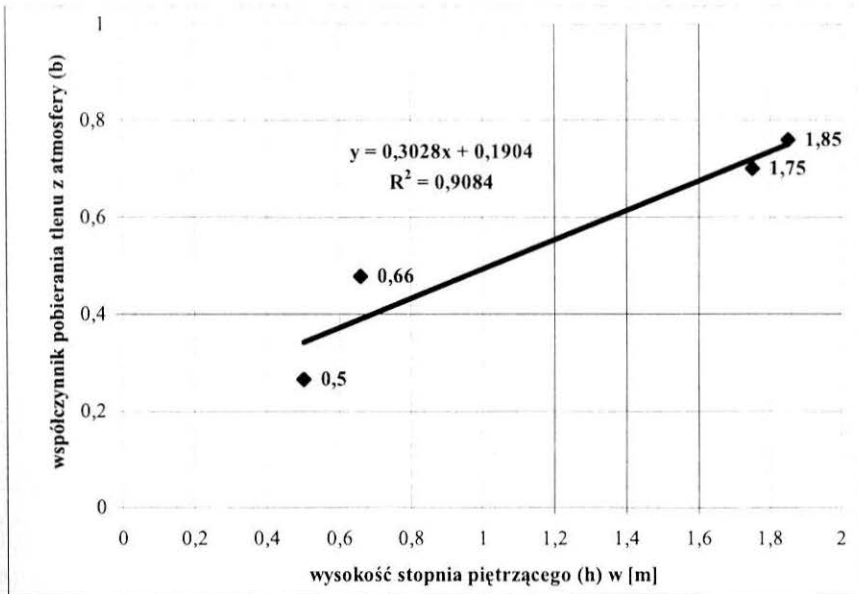
Dla poszczególnych grup wyników dotyczących różnych budowli piętrzących sporządzono wykresy przedstawiające zależność pomiędzy niedoborem tlenu powyżej ( $N_A$ ) i poniżej ( $N_B$ ) budowli. Zależność ta ma charakter liniowy.

Zależność pomiędzy średnimi wartościami współczynnika intensywności pobierania tlenu z atmosfery ( $b$ ) oraz odpowiadającymi im wysokościami budowli piętrzących przedstawiono na wykresie (rys. 2). Zależność ta ma charakter liniowy.

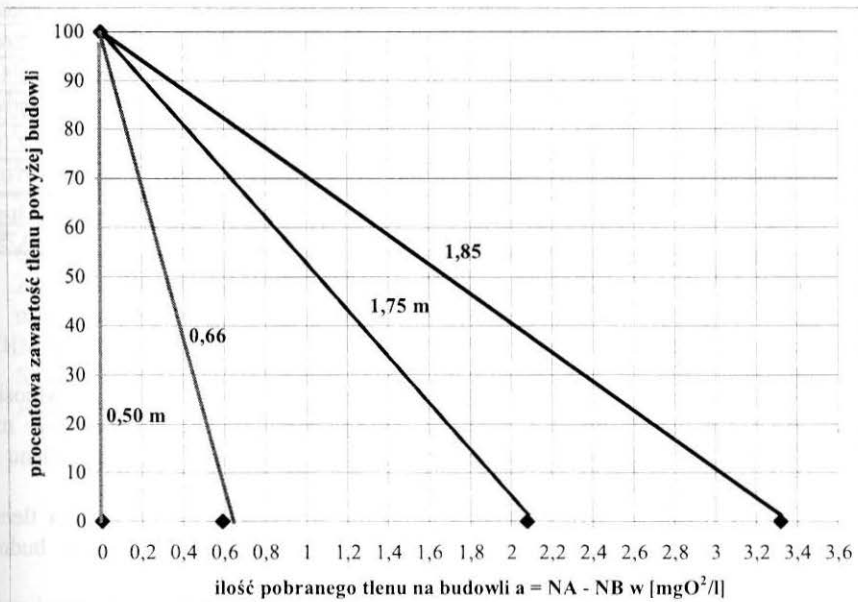
Ponadto obliczono ilość tlenu pobraną z atmosfery przy 100% niedoborze tlenu w wodzie ( $a_0$ ). Obliczone wartości  $a_0$  pozwoliły na skonstruowanie nomogramów pobierania tlenu z atmosfery na badanych budowlach piętrzących przy dowolnym początkowym nasyceniu wody tlenem (rys. 3).



Rys. 1. Średnie stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie powyżej i poniżej budowli piętrzących na rzece Smortawie



Rys. 2. Zależność współczynnika intensywności pobierania tlenu z atmosfery ( $b$ ) od wysokości budowli piętrzącej ( $h$ ) dla rzeki Smortawy



Rys. 3. Nomogram natlenienia na budowlach piętrzących na rzece Smortawie



**Tab. 1. Przykładowe obliczenia ilości pobranego tlenu (a), współczynnika niedoboru tlenu ( $r$ ) oraz współczynnika intensywności pobierania tlenu (b) dla jazu ruchomego „Hanna”**

$C_S$	$C_A$	$N_A=C_S-C_A$	$C_B$	$N_B=C_S-C_B$	$a=N_A-N_B$	$r=N_A/N_B$	$y_{zi}$	$x_i$
$mgO_2 \cdot l^{-1}$	$mgO_2 \cdot l^{-1}$	$mgO_2 \cdot l^{-1}$	$mgO_2 \cdot l^{-1}$	$mgO_2 \cdot l^{-1}$	$mgO_2 \cdot l^{-1}$			
9,43	6,34	3,09	6,37	3,06	0,03	1,01	67,2	0,03
9,26	7,21	2,05	7,82	1,44	0,61	1,42	77,9	0,61
9,31	7,01	2,30	7,64	1,67	0,63	1,38	75,3	0,63
9,15	10,12	-0,97	11,22	-2,07	1,10	0,47	110,6	1,10
9,24	5,03	4,21	6,23	3,01	1,20	1,40	54,4	1,20
9,78	4,80	4,98	6,22	3,56	1,42	1,40	49,1	1,42
9,46	4,25	5,21	6,00	3,46	1,75	1,51	44,9	1,75
10,71	7,04	3,67	7,59	3,12	0,55	1,18	65,7	0,55
11,67	9,19	2,48	9,43	2,24	0,24	1,11	78,7	0,24
13,24	10,68	2,56	10,94	2,30	0,26	1,11	80,7	0,26
12,14	10,30	1,84	10,41	1,73	0,11	1,06	84,8	0,11
12,14	10,35	1,79	10,4	1,74	0,05	1,03	85,3	0,05
10,03	14,89	-4,86	14,21	-4,18	-0,68	1,16	148,5	-0,68
8,94	3,01	5,93	3,30	5,64	0,29	1,05	33,7	0,29
9,52	5,41	4,11	5,92	3,60	0,51	1,14	56,8	0,51
9,37	5,50	3,87	8,02	1,35	2,52	2,87	58,7	2,52
10,46	4,95	5,51	8,03	2,43	3,08	2,27	47,3	3,08
10,81	6,28	4,53	8,88	1,93	2,60	2,35	58,1	2,60
10,58	6,09	4,49	8,60	1,98	2,51	2,27	57,6	2,51
11,38	6,02	5,36	8,21	3,17	2,19	1,69	52,9	2,19
11,87	8,26	3,61	10,42	1,45	2,16	2,49	69,6	2,16
13,10	11,39	1,71	11,42	1,68	0,03	1,02	86,9	0,03
Średnia					1,05	1,47	$\frac{b'}{=} -$ 0,1196	$\frac{b}{=}$ 0,759

## WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Budowle piętrzące usytuowane na badanym odcinku rzeki Smortawy mają wpływ na warunki tlenowe w rzece, zwiększając zawartość tlenu na stanowisku dolnym.
2. Ilość pobranego tlenu, a także wskaźniki intensywności pobierania tlenu z atmosfery (**b**) i niedoboru tlenu (**r**) zależą głównie od wysokości budowli piętrzących, ich konstrukcji oraz wysokości spadu wody na budowli.
3. Wpływ na ilość pobieranego tlenu ma także temperatura wody i reżim hydrologiczny rzeki Smortawy a w szczególności zmienne piętrzenie na jazie ruchomym „Hanna” (km 9+678), zmieniające stany wód w cieku i co za tym



idzie, prędkość przepływu oraz wysokość spadu i grubość warstwy wody przelewającej się przez poszczególne budowle. Piętrzenie na jazie powoduje zmniejszenie wysokości spadu wody na budowlach w dolnym biegu rzeki i zwiększenie na samym jазie. Brak piętrzenia powoduje sytuację odwrotną.

4. Budowlą charakteryzującą się największym poborem tlenu z atmosfery jest jaz ruchomy „Hanna” (km 5+050); najmniejszy pobór występuje na stopniu betonowo-kamiennym (km 9+058).

## LITERATURA

- ADYNKIEWICZ-PIRAGAS M., 1999: Badanie wpływu czynników antropogenicznych na ekosystem rzeki Smortawy. VI Konferencja Naukowa. Diagnostowanie stanu środowiska, metody badawcze – prognozy. Bydgoszcz, 98–107.
- ADYNKIEWICZ-PIRAGAS M., 2000: Wpływ inwestycji hydrotechnicznych na ekosystem rzeki Smortawy. Rozprawa doktorska. Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska. Akademia Rolnicza we Wrocławiu (maszynopis).
- BAJKOWSKI S., 1998: Wpływ budowli wodnych na warunki tlenowe w rzece. Przyrodnicze i techniczne problemy gospodarowania wodą dla zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich. Przegląd Naukowy SGGW. Warszawa, 145–152.
- HERMANOWICZ W., DOŻAŃSKA W., DOJLIDO J., KOZIOROWSKI B., 1976: Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Wydawnictwo „Arkady”. Warszawa.
- MAŃCZAK H., 1964: Poprawa warunków tlenowych potoków górskich za pomocą zabiegów hydrotechnicznych na przykładzie rzeki Czerniawki. Prace Instytutu Gospodarki Wodnej, tom II, zeszyt nr 3. Wrocław.
- MAŃCZAK H., 1978: Niektóre aspekty zdolności samooczyszczania się wód rzeki Odry i ich wpływ na rozmiar inwestycji z zakresu ochrony wód przed zanieczyszczeniem. Zagadnienia hydrologiczne, hydrogeologiczne i ochrony wód rzeki Odry. Sesja naukowa PAN. Wrocław, 241–250.
- MAŃCZAK H., WOJTOWICZ J., 1978: Wpływ przebudowy hydrotechnicznej rzeki Odry na jej warunki tlenowe na przykładzie stopnia wodnego w Januszkowicach. Zagadnienia hydrologiczne, hydrogeologiczne i ochrony wód rzeki Odry. Sesja naukowa PAN. Wrocław, 261–276.
- OCHMAN D., 2001: Wpływ budowli piętrzących na warunki tlenowe w rzece Smortawie. Praca magisterska. Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska. Akademia Rolnicza we Wrocławiu (maszynopis).