



You have downloaded a document from  
**RE-BUŚ**  
repository of the University of Silesia in Katowice

**Title:** Twardość ogólna wód wybranych zbiorników wodnych w nieckach osiadania Wyżyny Śląskiej

**Author:** Robert Machowski

**Citation style:** Machowski Robert. (2012). Twardość ogólna wód wybranych zbiorników wodnych w nieckach osiadania Wyżyny Śląskiej. "Geographia. Studia et Dissertationes " (T. 34 (2012), s. 23-35).



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



UNIwersYTET ŚLĄSKI  
W KATOWICACH



Biblioteka  
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

ROBERT MACHOWSKI\*

---

---

## Twardość ogólna wód wybranych zbiorników wodnych w nieckach osiadania Wyżyny Śląskiej

### Zarys treści

W artykule zaprezentowano wyniki badań twardości ogólnej wód zbiorników w nieckach osiadania położonych na Wyżynie Śląskiej. W rozważaniach uwzględniono stężenia wapnia i magnezu, w głównej mierze odpowiedzialnych za twardość wody. Omówiono podstawowe przyczyny zróżnicowania twardości ogólnej wód, z uwzględnieniem naturalnych uwarunkowań środowiskowych oraz wpływu zróżnicowanej antropopresji.

### Wstęp

Wyżyna Śląska, a w szczególności obszar znajdujący się w jej centralnej części utożsamiany z Wyżyną Katowicką, charakteryzuje się zmianami środowiska przyrodniczego spowodowanymi gospodarczą działalnością człowieka. Dominującą rolę odegrała tu industrializacja (znaczna koncentracja wielu gałęzi przemysłu i górnictwa) oraz związany z nią rozwój urbanizacji. Szeroko rozumiana antropopresja objęła wszystkie elementy środowiska naturalnego. W jej wyniku na opisywanym obszarze pojawiło się wiele różnego rodzaju sztucznych form terenu. Wśród nich występują zagłębienia oraz formy wypukłe, które w dużym stopniu przyczyniły się do zatarcia naturalnych rysów rzeźby tego terenu (np.: Żmuda, 1973; Wach, 1991; Szczypek, 1995; Pełka-Gościniak, 2006; Rahmonov i in., 2008).

W wielu nowych zagłębieniach terenu utrzymują się zbiorniki wodne. Największe powierzchnie mają obiekty wypełniające wyrobiska związane z eksploa-

---

\* Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec.

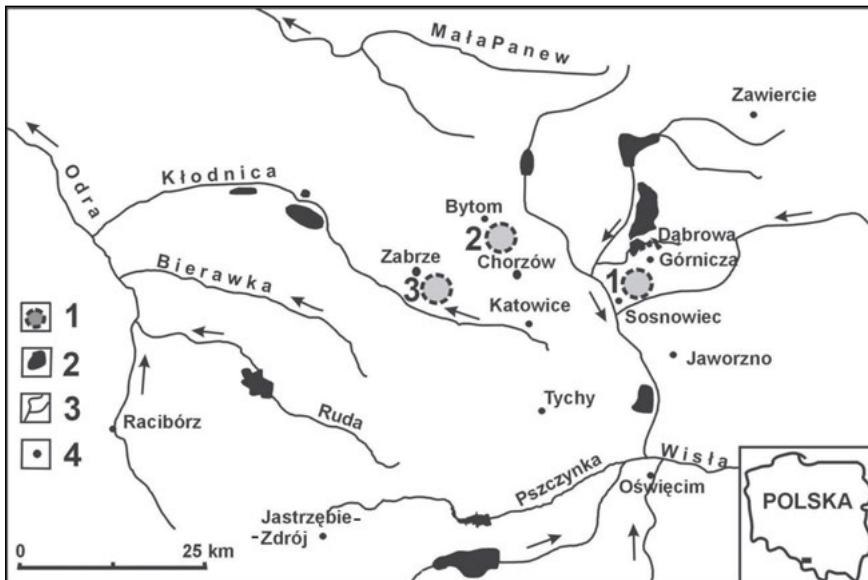
tacją plejstocęńskich piasków podsadzkowych przeznaczonych dla kopalń węgla kamiennego. Na omawianym obszarze wyróżnia się kilka innych genetycznych grup antropogenicznych zbiorników wodnych (Jankowski, Wach, 1980; Jankowski, 1986; Czaja, 1999; Rzętała, 2000a). Pochodzenie tych obiektów w ogromnej większości przypadków ma ścisły związek z gospodarczą działalnością człowieka. Najpowszechniejsze na Wyżynie Śląskiej są zbiorniki powstałe jedynie przy częściowym udziale czynnika antropogenicznego, jako niezamierzony efekt gospodarczej aktywizacji regionu (Jankowski, Rzętała, 2004). Są to zbiorniki wodne w nieckach osiadania i znacznie rzadziej w zapadliskach. Zasięg ich występowania jest ograniczony do obszarów, na których prowadzona jest podziemna eksploatacja surowców mineralnych (węgla kamiennego, rud cynku i ołowiu). Efekty wgłębnej eksploatacji kopalin uwidaczniają się na powierzchni obejmującej ok. 1 tys. km<sup>2</sup> Wyżyny Śląskiej (Machowski, Rzętała, 2006a), a ocenia się, że docelowo osiadania terenu będą dotyczyć niemal 1,5 tys. km<sup>2</sup> (Dwucet i in., 1992). Zbiorniki w nieckach osiadania już od wielu lat są powszechnym elementem krajobrazu Wyżyny Śląskiej (Machowski, 2010).

Istotną cechą charakterystyczną wód limnicznych jest ich twardość ogólna (Choiński, 2007). Jest to pojęcie umowne, określane głównie na podstawie obecności w wodzie kationów dwuwartościowych. Twardość wody powodowana przez jony wapnia i magnezu nazywana jest twardością węglanową (Dojlido, 1995). Wyróżnia się także twardość niewęglanową, która stanowi różnicę między twardością ogólną a węglanową (Burchard i in., 1990). W Polsce twardość ogólną powszechnie wyraża się w milivalach na decymetr sześcienny lub w stopniach niemieckich (°n). Wynika to z braku ujednoczenia jednostek twardości wody (Choiński, 1995). Twardość ogólna wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi nie powinna przekraczać 500 mg CaCO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>. Wody naturalne charakteryzują się dużą zmiennością twardości, która może wahać się od ok. 1 mval/dm<sup>3</sup> do ok. 20 mval/dm<sup>3</sup> i więcej (Dojlido, 1995).

Jony wapnia i magnezu występujące w naturalnych wodach powierzchniowych pochodzą głównie z wymywania z warstw skalnych, zawierających w swej budowie dolomit, gips oraz magnezyt. Nie bez znaczenia są również dostawy tych związków ze ściekami przemysłowymi i komunalnymi, a także wraz ze spływem z nawożonych gleb. Stężenie wapnia w wodach powierzchniowych może osiągać kilkaset miligramów na litr (Dojlido, 1995); magnezu jest w nich znacznie mniej, jego ilość nie przekracza 100 mg/l (Hermanowicz i in., 1999). Jak podaje A. Choiński (2007), zawartość magnezu w wodach limnicznych jest zazwyczaj 4–5 razy mniejsza niż zawartość wapnia.

## Cele i metody badań

Badaniami objęto 10 zbiorników wodnych w nieckach osiadania zlokalizowanych w centralnej części Wyżyny Śląskiej, a położonych w trzech obszarach podlegających osiadaniom (rys. 1). Pierwsza grupa zbiorników położona jest w Sosnowcu, w dolinie Bobrka. Obszar ten znajduje się w granicach pola górniczego KWK „Kazimierz-Juliusz” (rys. 1). Kolejne zbiorniki, stanowiące wraz z przyległymi obszarami Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy „Żabie Doły”, znajdują się na pograniczu Chorzowa i Bytomia (rys. 1). Na obszarze tym do pierwszej połowy lat dziewięćdziesiątych XX w. działalność górnicza prowadzona była przez Kombinat Górniczo-Hutniczy „Orzeł Biały” (Rogoż, Posyłek, 1999). Ostatnia grupa zbiorników znajduje się w południowej części Zabrze, w dolinie Potoku Bielszowickiego (rys. 1). Na obszarze tym działalność górniczą prowadziła KWK „Makoszowy”, a obecnie, w wyniku połączenia z KWK „Sośnica” – dwuruchowy zakład KWK „Sośnica-Makoszowy”.



Rys. 1. Położenie analizowanych zbiorników na Wyżynie Śląskiej:

1 – lokalizacja badanych zbiorników, 2 – inne ważniejsze zbiorniki wodne, 3 – sieć rzeczna, 4 – ważniejsze miasta

Fig. 1. Location of analysed reservoirs in the Silesian Upland:

1 – location of reservoirs investigated, 2 – other more important reservoirs, 3 – river net, 4 – more important cities

Podstawowym celem badań było określenie twardości ogólnej wód wybranych zbiorników wodnych w nieckach osiadania. Przeanalizowano również wpływ poszczególnych czynników kształtujących twardość, jak: budowa geologiczna, pokrycie terenu zlewni, antropopresja.

Wody do analiz fizykochemicznych pobierano raz w miesiącu przez okres trzech lat hydrologicznych (2003–2005). Stosunkowo nieznaczne rozmiary opisywanych zbiorników, jak również ich niewielkie głębokości maksymalne sprawiają, że zazwyczaj, poza okresami zlodzenia, następuje intensywne wiatrowe mieszanie wody w zbiorniku. Pozwala to zaliczyć je do zbiorników polimiktycznych (Choiński, 2007). Podobne warunki występują w zbiornikach o znacznie większych powierzchniach, które również odznaczają się niewielkimi głębokościami (Jaguś, Rzętała, 2000, 2003; Rzętała, 2000b). Między innymi z tych względów pobór prób wody przeprowadzano z brzegu, w warstwie powierzchniowej, w jednym punkcie, który uznano za reprezentatywny dla całego zbiornika. Aby zapewnić niezmiennosć składu chemicznego wody, próbki pobierano do biernych chemicznie, zaopatrzonych podwójnym korkiem, butelek z wysokociśnieniowego polietylenu o pojemności 500 ml, zalecanych przez wielu badaczy (np.: Krawczyk, 1992; Leśniok, 1996; Rzętała, 2000b). Pojemniki napełniano w efekcie zanurzenia, po uprzednim trzykrotnym przepłukaniu wodą pobieraną do analizy (Burchard i in., 1990). Po przetransportowaniu próbek do laboratorium przechowywano je w temperaturze ok. 4°C do czasu wykonania analiz. Oznaczając twardość ogólną, zawartość jonów wapnia ( $\text{Ca}^{2+}$ ) oraz jonów wodorowęglanowych ( $\text{HCO}_3^-$ ), stosowano metody miareczkowe, a zawartość jonów magnezu ( $\text{Mg}^{2+}$ ) obliczono, korzystając z wyników kompleksometrycznego oznaczania twardości ogólnej i zawartości wapnia (Markowicz, Pulina, 1979; Krawczyk, 1992).

## **Tworzość ogólna wód**

Przeprowadzone badania wytypowanych zbiorników wykazały, że między poszczególnymi akwenami wystąpiły dosyć istotne różnice pod względem twardości wód. Dotyczy to nie tylko zbiorników znacznie oddalonych od siebie, ale także tych, które znajdują się w tej samej strefie osiadań (tabela 1). Jest to w dużej mierze uzależnione od warunków geologicznych, rodzaju gleb oraz stopnia antropogenicznego przekształcenia otoczenia opisywanych zbiorników. Najmniejszą twardość spośród wszystkich badanych wykazywały zbiorniki nr 9 i 10 zlokalizowane w Zabrze, o czym świadczą wartości średnie wyliczone dla całego okresu obserwacji (tabela 1). Uzyskane dla tych zbiorników wartości wskaźników są nieco podwyższone, co pozwala zaklasyfikować je do akwenów o wodach średnio twardych (tabela 2). Za główną przyczynę takiego stanu należy uznać usytuowanie wymienionych zbiorników na terenie pokrytym utworami piaszczystymi. Bezpośrednią zlewnię akwenów pokrywa las mieszany z przewagą gatunków iglastych (fot. 1), których ściółka dodatkowo wzmacnia wymywanie związków odpowiedzialnych za twardość i przenoszenie ich w głąb profilu glebowego, gdzie zostają

unieruchomione. Wody o średniej twardości ma także zbiornik nr 6, wchodzący w skład zespołu przyrodniczo-krajobrazowego leżącego na pograniczu Bytomia i Chorzowa (tabela 1). Na terenie tym znajduje się również zbiornik nr 5, który jako

Minimalna, średnia i maksymalna twardość ogólna wód [ $\text{mval} \cdot \text{dm}^{-3}$ ] badanych zbiorników TABELA 1  
Minimum, average and maximum total water hardness [ $\text{mval} \cdot \text{dm}^{-3}$ ] in reservoirs investigated TABLE 1

Numer zbiornika	2003			2004			2005			2003–2005		
	mini- malna	średnia	maksy- malna	mini- malna	średnia	maksy- malna	mini- malna	średnia	maksy- malna	mini- malna	średnia	maksy- malna
1	5,30	7,02	8,55	6,70	7,82	9,00	5,25	8,00	9,45	5,30	7,61	9,45
2	7,80	10,76	13,45	9,90	12,00	15,20	7,90	10,51	12,25	7,80	11,09	15,20
3	1,60	9,64	12,85	6,20	10,64	12,70	8,50	11,14	13,75	1,60	10,47	13,75
4	4,65	7,45	12,10	4,00	9,28	12,00	7,75	10,57	14,00	4,00	9,10	14,00
5	6,15	14,50	18,25	5,00	16,92	21,90	14,05	18,73	26,00	5,00	16,72	26,00
6	1,10	5,63	7,60	3,10	6,85	8,20	5,60	7,32	8,40	1,10	6,60	8,40
7	6,50	9,50	11,05	4,00	9,35	12,10	6,50	9,70	11,15	4,00	9,52	12,10
8	1,10	5,48	9,75	4,25	7,88	11,10	7,75	10,81	14,20	1,10	8,05	14,20
9	1,00	2,93	4,70	2,90	5,77	7,80	5,35	6,70	7,60	1,00	5,13	7,80
10	1,90	2,41	3,50	2,20	5,89	8,75	5,45	6,67	7,90	1,90	4,89	8,75

Klasyfikacja twardości ogólnej wód powierzchniowych  
[ $\text{mval} \cdot \text{dm}^{-3}$ ] (wg A. Choiński, 2007)

Classification of total hardness in surface waters  
[ $\text{mval} \cdot \text{dm}^{-3}$ ] (after A. Choiński, 2007)

TABELA 2

TABLE 2

Twardość wód	Zakres
Woda bardzo miękka	0,00–1,78
Woda miękka	1,79–3,57
Woda średnio twarda	3,5–7,13
Woda twarda	7,14–10,7
Woda bardzo twarda	< 10,7

jedyny odznacza się wodami bardzo twardymi, liczącymi ponad  $10,7 \text{ mval} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Jest on zasilany wodami bogatymi w związki wapnia i magnezu, które w głównej mierze odpowiedzialne są za twardość ogólną wód. Pochodzenie wymienionych jonów związane jest z ich wymywaniem z hałd zbudowanych z osadów poflotacyjnych, powstałych po przeróbce rud cynku i ołowiu (fot. 2). Przedmiotem wieloletniej eksploatacji były formacje osadów zasobne w węglany wykształcone w postaci okruszcowanego dolomitu.

Najliczniejszą grupę stanowią zbiorniki retencjonujące wody twarde (tabela 1, 2). Akwenty o takich wodach występowały we wszystkich trzech strefach osiadań, jednak dominowały w Sosnowcu. Obecność wód twardych w badanych obiektach



Fot. 1. Leśna zlewnia zbiornika nr 9 położonego w Zabrze (fot. R. Machowski)

Phot. 1. Forest catchment of reservoir No 9 located in Zabrze (phot. by R. Machowski)



Fot. 2. Hałda osadów poflotacyjnych w Zespole Przyrodniczo-Krajobrazowym „Żabie Doły” (fot. R. Machowski)

Phot. 2. Post-flotation tailing dumps in the Natural-Landscape Complex „Frog pits” (phot. by R. Machowski)

wynika nie tylko z czynników naturalnych (np. budowa geologiczna), istotny wpływ odgrywa w tym względzie także antropopresja (np. dopływ zanieczyszczonych wód, sąsiedztwo hałd). Największym zróżnicowaniem wód, jeśli chodzi o ich twardość ogólną, odznaczał się kompleks zbiorników z pogranicza Bytomia i Chorzowa, w których występowały wody średnio twarde, twarde oraz bardzo twarde (tabela 1).

Istotną cechą odnoszącą się do twardości ogólnej wód słodkich jest jej zmienność w czasie. W analizowanych zbiornikach parametr ten na przestrzeni trzech lat podlegał dosyć wyraźnym wahaniom. Najmniejsza dynamika pod tym względem charakteryzowała zbiornik nr 1, w którym minimalna wartość stanowiła nieco ponad 56% zanotowanego w nim maksimum. Niewiele większą zmienność stwierdzono w zbiorniku nr 2 (tabela 1). Natomiast w pozostałych przypadkach wartości minimalne twardości ogólnej były od kilku do kilkunastu razy mniejsze od notowanych maksimumów. Dotyczyło to głównie obiektu nr 8, położonego w Zabrze, w przypadku którego maksymalna twardość ogólna wody była niemal trzynastą część większa od wartości minimalnej. Obserwowane w badanych zbiornikach okresy, w których wody odznaczają się nieco mniejszą twardością ogólną, mogą być wywołane zwiększonym udziałem wód opadowych i roztopowych w ich zasilaniu. Tego typu wody cechują stosunkowo niskie wartości twardości. Natomiast wzrost opisywanego wskaźnika charakteryzującego wody limniczne badanych zbiorników w głównej mierze ma podłoże antropogeniczne. Podstawowe znaczenie w tej kwestii odgrywa dopływ zanieczyszczeń wynoszonych ze zlewni. Z uwagi na stosunkowo niewielkie możliwości retencyjne opisywanych akwenów dużego znaczenia nabiera także dostawa zanieczyszczeń atmosferycznych na drodze suchej i mokrej depozycji. Na opisywanym obszarze jeszcze w latach siedemdziesiątych XX w. opad pyłu kształtował się na poziomie 1 tys. i więcej ton na kilometr kwadratowy (Jankowski, 1990). Natomiast lata dziewięćdziesiąte XX w. to już okres znacznej poprawy warunków aerosanitarnych centralnej części Wyżyny Śląskiej. Z tego też względu w tym czasie nastąpiła wyraźna redukcja zapylenia atmosfery, a opad pyłu wynosił już tylko kilkadziesiąt ton na kilometr kwadratowy (Rzetała, 2003). Przez wiele lat w ten sposób do zbiorników dostawały się pyły, a zanieczyszczenia w formie jonowej – wraz z opadami deszczu i śniegu (Machowski, 2010).

Jak wcześniej zaznaczono, za twardość wody w głównej mierze odpowiedzialne są kationy wapnia i magnezu. Dominacja tych jonów jest typową cechą wód limnicznych. Między nimi występuje ścisła zależność, na ogół wapnia jest 4–5 razy więcej niż magnezu (Choiński, 2007). Wymienione jony w naturalnych wodach powierzchniowych pochodzą głównie z wymywania z warstw skalnych zbudowanych z dolomitu, gipsu i magnezytu. Nie bez znaczenia są dostawy tych związków wraz ze ściekami przemysłowymi i komunalnymi, a także wraz ze spływem z nawożonych gleb. Stężenie wapnia w wodach powierzchniowych może osiągać kilkaset miligramów na litr (Dojlido, 1995); magnezu jest znacznie



mniej (nie przekracza on 100 mg/l), (Hermanowicz i in., 1999). Występujący w środowisku wodnym wapń wspomaga proces eutrofizacji, gdyż jest dobrym nośnikiem dwutlenku węgla (Chojnacki, 1998).

Obserwowane w czasie badań zależności stężeń jonów wapnia i magnezu w wodach opisywanych zbiorników wykazywały prawidłowości charakterystyczne dla naturalnych wód limnicznych. We wszystkich 10 akwenach stwierdzono o wiele większe ilości wapnia niż magnezu, choć tylko w kilku z nich magnezu było 4–5 razy mniej niż wapnia. Zazwyczaj stosunek ten był nieco wyższy, co wiązać można z wpływem antropopresji na opisywane geosystemy.

W wodzie omawianych zbiorników średnie roczne stężenia wapnia w latach hydrologicznych 2003–2005 kształtowały się w granicach od 38,23 mg/dm<sup>3</sup> w zbiorniku nr 10 do 247,49 mg/dm<sup>3</sup> w zbiorniku nr 5 (tabela 3). Analizując zmienność średniorocznych stężeń wapnia, zaobserwowano wyraźną tendencję wzrostową w każdym z badanych obiektów. Największy wzrost, w zakresie od 234% do 240%, zanotowano w przypadku zbiorników położonych w Zabrze. Mniejsze nasilenie cechowało akweny leżące na pograniczu Chorzowa i Bytomia, w obrębie których stwierdzono wyższe stężenia wapnia, liczące od 131% do 151%. Natomiast w przypadku zbiorników z Sosnowca tendencja ta była zdecydowanie mniejsza i wynosiła jednie od 106% do 116%, z wyjątkiem zbiornika nr 4, w przypadku którego zanotowano wzrost stężeń wapnia aż o 148%. Tendencję wzrostową na przestrzeni ok. 30 lat, od lat sześćdziesiątych XX w. do końca lat dziewięćdziesiątych XX w., odnotował także W. Marszelewski (2001, 2005) w odniesieniu do jezior z Polski północno-wschodniej. Przy czym w tym przypadku wzrost stężeń wapnia wynika przede wszystkim z intensyfikacji nawożenia dużych obszarów wykorzystywanych rolniczo jako pola uprawne.

TABELA 3 Zmienność stężeń wapnia [mg · dm<sup>-3</sup>] w wodach badanych zbiorników

TABLE 3 Variability in calcium concentrations [mg · dm<sup>-3</sup>] in waters of reservoirs investigated

Numer zbiornika	2003			2004			2005			2003–2005		
	minimalna	średnia	maksymalna	minimalna	średnia	maksymalna	minimalna	średnia	maksymalna	minimalna	średnia	maksymalna
1	77,15	113,73	152,30	93,19	120,24	144,29	99,20	139,03	160,32	77,15	124,33	160,32
2	115,23	162,57	197,39	143,29	168,92	205,41	152,30	173,43	195,39	115,23	168,31	205,41
3	25,05	152,14	182,36	133,27	161,66	198,40	161,32	177,60	195,39	25,05	163,80	198,40
4	69,14	116,07	190,38	106,21	146,54	176,35	143,29	171,84	205,41	69,14	144,82	205,41
5	90,18	188,54	281,56	130,26	210,75	270,54	190,38	247,49	303,61	90,18	215,60	303,61
6	21,04	80,58	116,23	87,17	103,21	120,24	83,17	121,99	150,30	21,04	101,93	150,30
7	8,02	98,45	128,26	80,16	113,48	180,36	104,21	144,62	164,33	8,02	118,85	180,36
8	17,03	67,05	124,25	56,11	103,04	153,31	124,25	157,23	178,36	17,03	109,11	178,36
9	13,03	41,92	52,10	46,09	77,99	107,21	83,17	100,62	112,22	13,03	73,51	112,22
10	28,06	38,23	52,10	39,08	75,40	123,25	65,13	91,48	120,24	28,06	67,01	123,25

Najwyższe stężenie wapnia, na poziomie 303,61 mg · dm<sup>-3</sup>, stwierdzono w zbiorniku nr 5 w grudniu 2005 r., a najniższe maksimum charakterystyczne było dla akwenu nr 9, w wodach którego w lipcu 2005 r. wapń występował w ilości 112,22 mg · dm<sup>-3</sup> (tabela 3). Natomiast zmienność minimalnych stężeń wapnia zawierała się w przedziale od 8,02 mg · dm<sup>-3</sup> w marcu 2003 r. w zbiorniku nr 7 do 115,23 mg · dm<sup>-3</sup> w zbiorniku nr 2 w kwietniu 2003 r. (tabela 3). Tak duża dynamika wapnia w badanych zbiornikach wynika przede wszystkim z odmienności warunków środowiskowych panujących w ich zlewniach. Modyfikowana jest także przez istotnie zróżnicowaną antropopresję, tak charakterystyczną dla Wyżyny Śląskiej. Potwierdzeniem tych spostrzeżeń jest to, że maksymalne stężenia wapnia zanotowane w zbiorniku nr 9 są nieco niższe od minimalnych ilości tego pierwiastka w wodach zbiornika nr 2 (tabela 3).

Jak już zaznaczono, magnez w wodach badanych zbiorników był obecny w znacznie mniejszych ilościach niż wapń (tabela 3 i 4). Średnia dla okresu badań zmieniała się od 17,38 mg · dm<sup>-3</sup> w zbiorniku nr 1 do 77,28 mg · dm<sup>-3</sup> w zbiorniku nr 5 (tabela 4). O bardzo dużej dynamice zmienności tego jonu w opisywanych geosystemach świadczą również zanotowane maksima, które przewyższały od kilkunastu do nawet kilkudziesięciu razy minimalne stężenia magnezu (tabela 4). Absolutne maksimum, charakterystyczne dla akwenu nr 5, wystąpiło w grudniu 2005 r. i wynosiło 131,94 mg · dm<sup>-3</sup>. Natomiast najniższe maksymalne stężenie magnezu w ilości 34,66 mg · dm<sup>-3</sup> cechowało zbiornik nr 6 i miało miejsce w kwietniu 2004 r. (tabela 4). Minimalną obecność magnezu (na poziomie 0,24 mg · dm<sup>-3</sup>) w badanych wodach stwierdzono w zbiorniku nr 10 w lipcu 2003 r. Najwyższe minimalne stężenie charakterystyczne było dla akwenu nr 4; w grudniu 2003 r. wynosiło ono 4,86 mg · dm<sup>-3</sup> (tabela 4). Obniżone wartości magnezu w antropoge-

Zmienność stężeń magnezu [mg · dm<sup>-3</sup>] w wodach badanych zbiorników

TABELA 4

Variability in magnesium concentrations [mg · dm<sup>-3</sup>] in waters of reservoirs investigated

TABLE 4

Numer zbiornika	2003			2004			2005			2003–2005		
	mini- malna	średnia	maksy- malna	mini- malna	średnia	maksy- malna	mini- malna	średnia	maksy- malna	mini- malna	średnia	maksy- malna
1	4,86	16,37	27,36	5,47	22,90	43,78	3,65	12,87	18,24	3,65	17,38	43,78
2	10,94	32,17	50,46	18,85	40,28	59,58	1,82	22,60	30,40	1,82	31,68	59,58
3	4,26	24,88	45,60	21,28	36,38	54,11	4,26	27,66	48,64	4,26	29,64	54,11
4	4,86	20,17	46,21	13,98	31,26	59,58	7,30	24,22	51,07	4,86	25,22	59,58
5	20,06	61,97	96,67	3,65	92,31	113,70	38,91	77,57	131,94	3,65	77,28	131,94
6	0,61	19,51	31,62	10,34	24,78	34,66	4,86	15,00	27,97	0,61	19,76	34,66
7	35,87	55,73	74,18	29,79	50,11	84,51	12,77	30,15	55,94	12,77	45,33	84,51
8	3,04	25,94	48,03	3,65	35,67	63,23	3,65	36,02	67,49	3,65	32,54	67,49
9	1,22	10,23	28,58	5,47	22,50	42,56	12,77	20,37	29,79	1,22	17,70	42,56
10	0,24	6,10	11,55	3,04	23,41	38,91	15,20	25,54	32,83	0,24	17,93	38,91

nicznie przekształconym środowisku wynikają przede wszystkim z rozcieńczającego wpływu opadów deszczu, a także topnienia pokrywy śnieżnej.

Inaczej niż w przypadku wapnia zachodziły zmiany koncentracji magnezu. Wyraźny jego wzrost dotyczył jedynie 6 badanych zbiorników, natomiast w przypadku 4 akwenów zanotowano nawet spadek koncentracji magnezu. Tak więc zmiany stężeń magnezu w obserwowanych zbiornikach przebiegały w różnych kierunkach, co wydaje się uzasadnione odmiennym oddziaływaniem antropopresji na poszczególne geosystemy. Podobne zjawisko dotyczy jezior Polski północno-wschodniej. W. Marszelewski (2001, 2005) wykazał, że wzrost magnezu był w nich bardzo nieznaczny i obejmował jeziora z siedmiu regionów fizycznogeograficznych, w których wynosił jedynie 13%. Natomiast w sześciu innych regionach nastąpił spadek koncentracji magnezu niemal o 29%.

## Podsumowanie

Zbiorniki wodne wypełniające niecki osiadania bezsprzecznie są wynikiem interakcji człowieka i środowiska. Funkcjonują w środowisku jako niezamierzony efekt gospodarczej działalności prowadzonej na Wyżynie Śląskiej. Powstawały, tworzą się i będą się pojawiać niezależnie od człowieka (Jankowski i in., 2001). Obecność analizowanych zbiorników w krajobrazie zurbanizowanej Wyżyny Śląskiej pociąga za sobą wiele konsekwencji przyrodniczych oraz ekonomicznych. Tworzą one nowe nisze ekologiczne, ale są również przyczyną wielu szkód w infrastrukturze technicznej, których naprawa pochłania wymierne środki finansowe. Z tego też względu, zdaniem A.T. Jankowskiego i in. (2001), zbiorniki te są swoim paradoksem funkcjonującym na płaszczyźnie człowiek – środowisko.

Omawiane trzyletnie badania wykazały istotny wpływ zróżnicowanej antropopresji na kształtowanie twardości ogólnej wód opisywanych zbiorników. Poszczególne akwenty retencjonowały wody od średnio twardych do bardzo twardych, przy czym najliczniejszą grupę stanowiły zbiorniki o wodach twardych. Z uwagi na obecność zanieczyszczeń tylko okresowo wody były bardzo miękkie lub miękkie, a za główną przyczynę takiego stanu uznano przewagę zasilania zbiorników z opadów lub roztopów. W najbliższych latach badania twardości wody w zbiornikach w nieckach osiadania powinny być kontynuowane, aby można było wykazać nie tylko ich przestrzenne zróżnicowanie pod tym względem, ale także ewentualne zmiany wieloletnie.

Twardość wód omawianych zbiorników w głównej mierze powodowały kationy wapnia i magnezu. W przypadku wszystkich opisywanych zbiorników stwierdzono wzrost koncentracji związków wapnia; największy, w zakresie od 234% do 240%, zanotowano w zbiornikach położonych w Zabrze. Stwierdzono w nich również znacznie mniejsze ilości magnezu niż wapnia. Ponadto nie zauważono wyraźnych

wzrostowych tendencji, które dotyczyły jedynie 6 badanych zbiorników, natomiast w przypadku 4 akwenów nastąpił ubytek tych kationów. Wyliczone stosunki wapnia do magnezu zazwyczaj były o wiele wyższe niż w wodach naturalnych i niezanieczyszczonych. Za podstawową przyczynę takiego stanu należy uznać oddziaływanie antropopresji na poszczególne geosystemy.

Duża zawartość związków wapnia oraz magnezu w wodach używanych do celów technologicznych jest niepożądana. Znaczne stężenia tych jonów wpływają na powstawanie kamienia kotłowego. Z tego też względu możliwość zastosowania tych wód w przemyśle jest ograniczona. Obecność w wodzie  $250 \text{ mg Mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  sprawia, że staje się ona gorzka (Dojlido, 1995). Wapń oraz magnez nie mają wpływu na stan sanitarny wody (Kowal, Świdorska-Bróz, 1997), tym samym ich zawartość w wodzie pitnej nie jest limitowana. W literaturze (Burchard i in., 1990) spotyka się jednak zalecane maksymalne dawki w wodzie do picia wapnia w ilości  $80 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , a związków magnezu – do  $30 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Zbiorniki nadal będą powstawać w nieckach osiadania na obszarze Wyżyny Śląskiej, ciągle bowiem prowadzona jest na tych terenach węglębna eksploatacja węgla kamiennego. Aktualnie obserwowany wzrost retencji jest zjawiskiem pozytywnym, a nowo powstające zbiorniki wraz z najbliższym otoczeniem spełniają przede wszystkim wiele funkcji przyrodniczych. Uzyskane rezultaty mogą być pomocne w projektowaniu działań, zmierzających do poprawy stanu ekologicznego tego typu terenów. W najbliższej przyszłości można się spodziewać zdecydowanych działań, polegających na objęciu ochroną tego rodzaju obiektów wraz z ich otoczeniem.

## Literatura

- Burchard J., Hereźniak-Ciotowa U., Kaca W., 1990: Metody badań i ocena jakości wód powierzchniowych i podziemnych. Łódź, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 250 s.
- Choiński A., 1995: Zarys limnologii fizycznej Polski. Poznań, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, 298 s.
- Choiński A., 2007: Limnologia fizyczna Polski. Poznań, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, 547 s.
- Chojnacki J.C., 1998: Podstawy ekologii wód. Szczecin, Wydawnictwo Naukowe Akademii Rolniczej, 177 s.
- Czaja S., 1999: Zmiany stosunków wodnych w warunkach silnej antropopresji (na przykładzie konurbacji katowickiej). Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 192 s.
- Dojlido J., 1995: Chemia wód powierzchniowych. Białystok, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, 344 s.
- Dwucet K., Krajewski W., Wach J., 1992: Rekultywacja i rewitalizacja środowiska przyrodniczego. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 152 s.
- Hermanowicz W., Dojlido J., Dożańska W., Koziorowski B., Zerbe J., 1999: Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Warszawa, Arkady, 556 s.

- Jaguś A., Rzętała M., 2000: Zbiornik Poraj – charakterystyka fizyczno-geograficzna. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, 82 s.
- Jaguś A., Rzętała M., 2003: Zbiornik Kozłowa Góra. Funkcjonowanie i ochrona na tle charakterystyki geograficznej i limnologicznej. Warszawa, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Komisja Hydrologiczna, 156 s.
- Jankowski A.T., 1986: Antropogeniczne zmiany stosunków wodnych na obszarze uprzemysłowionym i urbanizowanym (na przykładzie Rybnickiego Okręgu Węglowego). Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 280 s.
- Jankowski A.T., 1990: The Upper Silesia region as an area of ecological calamity. In: Global change regional research centers: Scientific Problems and Concept Developments. Ed. A. Breymeyer. Warszawa, Institute of Geography and Spatial Organization, Polish Academy of Sciences, s. 118–133.
- Jankowski A.T., Molenda T., Rzętała M., 2001: Reservoirs in subsidence basins and depression hollows in the Silesian Upland – selected hydrological matters. *Limnological Review*, vol. 1, s. 143–150.
- Jankowski A.T., Rzętała M., 2004: Stan badań limnologicznych w regionie górnośląskim. W: Jeziora i sztuczne zbiorniki wodne – funkcjonowanie, rewitalizacja i ochrona. Red. A.T. Jankowski, M. Rzętała. Sosnowiec, Uniwersytet Śląski – Wydział Nauk o Ziemi, Polskie Towarzystwo Limnologiczne, Polskie Towarzystwo Geograficzne – Oddział Katowicki, s. 101–115.
- Jankowski A.T., Wach J., 1980: Uwagi o zbiornikach antropogenicznych na terenie GOP i jego obrzeżenia. W: Przeobrażenia środowiska geograficznego w obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych. Sosnowiec–Kozubnik, IGUŚ, PTG Oddział Katowicki, s. 64–76.
- Kowal A.L., Świdzka-Bróż M., 1997: Oczyszczanie wody. Warszawa, PWN, 614 s.
- Krawczyk W.E., 1992: Metody terenowej analityki wód krasowych. W: Metody hydrochemiczne w geomorfologii dynamicznej – wybrane problemy. Red. A. Kostrzewski, M. Pulina. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 65–83.
- Leśniok M., 1996: Zanieczyszczenie wód opadowych w obrębie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 124 s.
- Machowski R., 2010: Przemiany geosystemów zbiorników wodnych powstałych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 178 s.
- Machowski R., Rzętała M., 2006: Wyżyna Śląska i jej obrzeżenie jako „pojezierze antropogeniczne”. *Wszechświat. Pismo przyrodnicze*, T. 107, nr 1–3 [Kraków, Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika], s. 45–50.
- Markowicz M., Pulina M., 1979: Ilościowa półmikroanaliza chemiczna wód w obszarach krasu węglanowego. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 68 s.
- Marszelewski W., 2001: Changes in the concentration of main cations in the lake of Northeast Poland. *Limnological Review*, vol. 1, s. 197–206.
- Marszelewski W., 2005: Zmiany warunków abiotycznych w jeziorach Polski północno-wschodniej. Toruń, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, 288 s.
- Pełka-Gościński J., 2006: Restoring nature in mining areas of the Silesian Upland (Poland). *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 31 (13), s. 1685–1691.
- Rahmonov O., Szczypek T., Wika S., 2008: Promyshlennyye otvaly kak sostavlayushchaya landshafta Yuzhnoy Polszhi. In: *Ekzogennyye processy v geologicheskoy srede. Ocenka prirodnikh opasnostey*. Red. A.T. Jankowski, E.A. Kozyreva. Irkutsk–Sosnowiec, Sibirskoe otdelenie Rossiyskoy Akademii Nauk, Institut zemnoy kory, Silezskiy universitet, Fakultet nauk o Zemle, s. 78–82.
- Rogoż M., Posyłek E., 1999: Opinia dotycząca konieczności dalszego pompowania wody w wyrobiskach rudnych ZGH „Orzeł Biały” S.A. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, Główny Instytut Górnictwa [maszynopis], 30 s.

- Rzętała M., 2000a: Wybrane problemy eksploatacji i ochrony zbiorników wodnych na obszarze województwa śląskiego. W: środowisko przyrodnicze regionu górnośląskiego – stan poznania, zagrożenia i ochrona. Red. A.T. Jankowski, U. Myga-Piątek, S. Ostaficzuk. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Oddział Katowicki Polskiego Towarzystwa Geograficznego, s. 117–131.
- Rzętała M., 2000b: Bilans wodny oraz dynamika zmian wybranych zanieczyszczeń zbiornika Dzierżno Duże w warunkach silnej antropopresji. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 176 s.
- Rzętała M.A., 2003: Procesy brzegowe i osady dennie wybranych zbiorników wodnych w warunkach zróżnicowanej antropopresji (na przykładzie Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży). Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 147 s.
- Szczypek T., 1995: Anthropogenic relief in the eastern part of the Silesian Upland. *Quaestiones Geographicae*, Special Issue 4, s. 265–270.
- Wach J., 1991: Wpływ antropopresji na kształtowanie się rzeźby terenu województwa katowickiego. W: Człowiek i jego środowisko w górnośląsko-ostrowskim regionie przemysłowym. Materiały sympozjum polsko-czeskiego. Sosnowiec, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, s. 115–119.
- Żmuda S., 1973: Antropogeniczne przeobrażenia środowiska przyrodniczego konurbacji górnośląskiej. Katowice, Śląski Instytut Naukowy, 211 s.

Роберт Маховски

#### ОБЩАЯ ЖЕСТКОСТЬ ВОД ИЗБРАННЫХ ВОДОЕМОВ В МУЛЬДАХ ОСЕДАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ СИЛЕЗСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

##### Резюме

В статье представлены результаты исследований по общей жесткости вод в водоемах, находящихся в мульдах оседания на территории Силезской возвышенности. Были учтены концентрации кальция и магния, которые в основном отвечают за жесткость воды. Обсуждены основные причины дифференциации общей жесткости вод с учетом естественных условий, а также влияния дифференцированного антропогенного прессинга.

Robert Machowski

#### TOTAL WATER HARDNESS IN SELECTED WATER RESERVOIRS IN SUBSIDENCE DEPRESSIONS OF THE SILESIA UPLAND

##### Summary

The paper presents results of investigations on total water hardness of water reservoirs in subsidence depressions located in the Silesian Upland. The considerations included concentrations of calcium and magnesium as chiefly responsible for the water hardness. The author also discussed the main reasons of total water hardness variety with regard to the natural environmental conditions and the influence of varied human impact.