



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

Title: Funkcjonowanie zbiorników wodnych oraz przebieg procesów limnicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie regionu górnośląskiego

Author: Mariusz Rzętała

Citation style: Rzętała Mariusz. (2008). Funkcjonowanie zbiorników wodnych oraz przebieg procesów limnicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie regionu górnośląskiego. Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego



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



Mariusz Rzętała

Funkcjonowanie zbiorników wodnych oraz przebieg procesów limnicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie regionu górnośląskiego



Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego • Katowice 2008

Funkcjonowanie zbiorników wodnych
oraz przebieg procesów limnicznych
w warunkach zróżnicowanej antropopresji
na przykładzie regionu górnośląskiego



NR 2643



40 LAT
UNIwersytetu
Śląskiego

Mariusz Rzętała

Funkcjonowanie zbiorników wodnych
oraz przebieg procesów limnicznych
w warunkach zróżnicowanej antropopresji
na przykładzie regionu górnośląskiego



Redaktor serii: Nauki o Ziemi

Andrzej T. Jankowski

Recenzenci

Jan Drwal, Zdzisław Michalczyk

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2006–2008 jako projekt badawczy nr N306 029 31/1796
Scientific study financed from funds for science in the years 2006–2008 as research project No N306 029 31/1796

Spis treści

1. Wprowadzenie	7
1.1. Zarys problemu badawczego	7
1.2. Obszar badań	10
1.3. Stan badań limnologicznych w regionie górnośląskim	12
1.4. Cel i zakres badań	12
1.5. Materiały źródłowe	13
1.6. Przedmiot i metodyka badań	15
2. Geneza zbiorników wodnych	18
2.1. Zbiorniki poregulacyjne	19
2.2. Zbiorniki poeksploatacyjne	20
2.3. Zbiorniki w nieckach osiadania i zapadliskach	23
2.4. Zbiorniki zaporowe	24
2.5. Zbiorniki groblowe	26
2.6. Inne typy zbiorników	26
3. Uwarunkowania i konsekwencje poziomej i pionowej wymiany wody w zbiornikach	28
3.1. Składowe poziomej i pionowej wymiany wody	28
3.1.1. Zbiornik zaporowy Kozłowa Góra	30
3.1.2. Zbiornik zaporowy Przeczyce	32
3.1.3. Zbiornik poeksploatacyjny Dzierżno Duże	34
3.1.4. Zbiornik poeksploatacyjny Dzieńkowice	36
3.2. Tempo wymiany wody	38
3.3. Wahania stanów wody	39
4. Fizyczne i chemiczne właściwości wód zbiorników	47
4.1. Warunki termiczne i dynamika masy wodnej	47
4.2. Zjawiska lodowe	49
4.3. Warunki tlenowe	54
4.4. Żyzność wód	56
4.4.1. Eutrofizacja	56
4.4.2. Zasolenie (halinotrofizacja)	69
4.4.3. Alkalizacja	71
4.4.4. Zakwaszenie (acidotrofizacja)	74
5. Morfologiczna ewolucja mis zbiorników	77
5.1. Procesy i formy w strefie kontaktu wód rzecznych i zbiornikowych	77
5.2. Procesy i formy brzegowe	79
5.3. Osady denne	82

6. Naturalne znaczenie zbiorników wodnych	86
6.1. Znaczenie przyrodnicze (biotopowe i biocenotyczne)	86
6.2. Oczyszczanie wód powierzchniowych	88
6.2.1. Oczyszczanie wód powierzchniowych w zbiornikach przepływowych	88
6.2.2. Oczyszczanie wód powierzchniowych w kaskadach zbiorników wodnych	99
7. Użytkowanie zbiorników wodnych	103
7.1. Zaopatrzenie w wodę	103
7.2. Znaczenie przeciwpowodziowe	105
7.3. Znaczenie turystyczno-rekreacyjne	111
7.4. Funkcje energetyczne	115
7.5. Znaczenie dla żeglugi śródlądowej	116
7.6. Znaczenie eksploatacyjne (pozyskiwanie surowców)	118
7.7. Chów oraz hodowla ryb i innych organizmów wodnych	119
7.8. Pozostałe funkcje	120
8. Modele zmian użytkowania zbiorników wodnych i ich otoczenia	122
9. Górnośląskie Pojezierze Antropogeniczne	132
9.1. Problem nazwy	132
9.2. Specyfika funkcjonowania	137
9.3. Znaczenie geosystemów limnicznych i ich ochrona	144
10. Podsumowanie	150
Literatura	153
Opracowania	153
Materiały kartograficzne	162
Akty normatywne	163
Summary	165
Резюме	169

1. Wprowadzenie

1.1. Zarys problemu badawczego

Zbiorniki wodne w regionie górnośląskim funkcjonują w warunkach zróżnicowanej antropopresji miejsko-przemysłowej i – w mniejszym stopniu – rolniczej, a także w obszarach o warunkach *quasi*-naturalnych (rys. 1). To determinuje specyfikę przebiegu procesów limnicznych, znamienych dla wód stojących, np.: obiegu wody, wahań stanów wody, procesów termicznych i tlenowych, przebiegu zjawisk lodowych, zmian w żyzności wód, procesów brzegowych, formowania osadów dennych, kumulacji zanieczyszczeń, żywotności zbiorników. Przebieg tych procesów, podobnie jak formy użytkowania zbiorników wodnych oraz ich przyrodnicza i społeczno-gospodarcza funkcjonalność, jest dodatkowo modyfikowany przez zmieniające się w ostatnich kilkudziesięciu latach uwarunkowania przyrodnicze i antropogeniczne, między innymi: diametralne zmiany stanu sanitarnego atmosfery z ciągle trwającą poprawą (od katastrofalnego zanieczyszczenia w latach 70. XX w.), spontaniczną regenerację układów biocenotycznych, zmiany w zużyciu wody i produkcji ścieków, przerzuty wody, transformację gospodarczą w regionie, zmiany w polityce ekologicznej itp. Wyrazem przemian gospodarczych w regionie, ściśle powiązanych z przeobrażeniami środowiska przyrodniczego, są zmiany wielkości wydobycia węgla kamiennego – jak podaje M. TKOCZ (2007), po systematycznym wzroście wydobycia od lat powojennych aż do ok. 200 mln t w 1979 r. nastąpiło utrzymanie wydobycia na poziomie ok. 190 mln t do 1989 r. i gwałtowny spadek produkcji węgla do poziomu ok. 95 mln t w 2006 r. Podobne trendy w wieloletnim – z maksimum w latach 70. lub 80. XX w. – dotyczą zmienności zawartości zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym czy też zużycia wody i zrzutów ścieków (JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 2007).

Realizacja badań nad funkcjonowaniem zbiorników wodnych w regionie górnośląskim umożliwiła identyfikację wielu istotnych procesów, których przebieg w naturalnych zbiornikach wodnych jest zwykle mało czytelny bądź nie występuje wcale, a w konsekwencji jest często niedoceniany. Wiele zagadnień limnologicznych w ujęciu regionalnym podejmuje się po raz pierwszy w co najmniej kilkudziesięcioletniej historii górnośląskiego skupiska zbiorników wodnych.

Problem funkcjonowania zbiorników wodnych oraz przebiegu procesów limnicznych w regionie górnośląskim był analizowany w badaniach limnologicznych najczęściej fragmentarycznie bądź pomijany zupełnie. Tym bardziej nie spotyka się ocen systemowych i kompleksowych na temat istnienia zbiorników wodnych w warunkach zróżnicowanej antropopresji. Dowodzi tego analiza polskiej i zagranicznej literatury limnologicznej traktującej nie tylko o skupiskach zbiorników antropogenicznych (np.: VOLLENWEIDER, 1968; HUTCHINSON, 1975a, b; KAJAK, 1979; KOZACKI, 1980; GŁODEK, 1985; LAMPERT, ROTHHAUPT, red., 1989; JĘDRZAK, 1992; LANGE, red., 1993; CHOIŃSKI, 1995; CZAJA, 1999, 2003; OWCZYNNIKOW i in., 1999; JANSKY i in., 2003; GAMITO, ERZINI, 2005; IBRAHIM i in., 2005; MUSAOGU i in., 2005). Dodatkowy aspekt poszerzenia istniejącego stanu wiedzy w zakresie badań wiąże się z możliwością zaproponowania rozwiązań aplikacyjnych w zakresie kształtowania warunków przebiegu procesów, a także optymalnego użytkowania zbiorników wodnych i zagospodarowania ich obrzeży, zwłaszcza w obszarach o dużej gęstości zaludnienia i wysokim stopniu urbanizacji (LAMPERT, ROTHHAUPT, red., 1989; CZAJA, 1999; OWCZYNNIKOW i in., 1999; MUSAOGU i in., 2005).

Wydaje się, że rozwiązanie problemu badawczego wyznaczonego zakresem tematycznym niniejszego opracowania pozwoliło na wniesienie wielu nowych treści do zasobów polskiej i światowej wiedzy limnologicznej. Intencją autora niniejszej

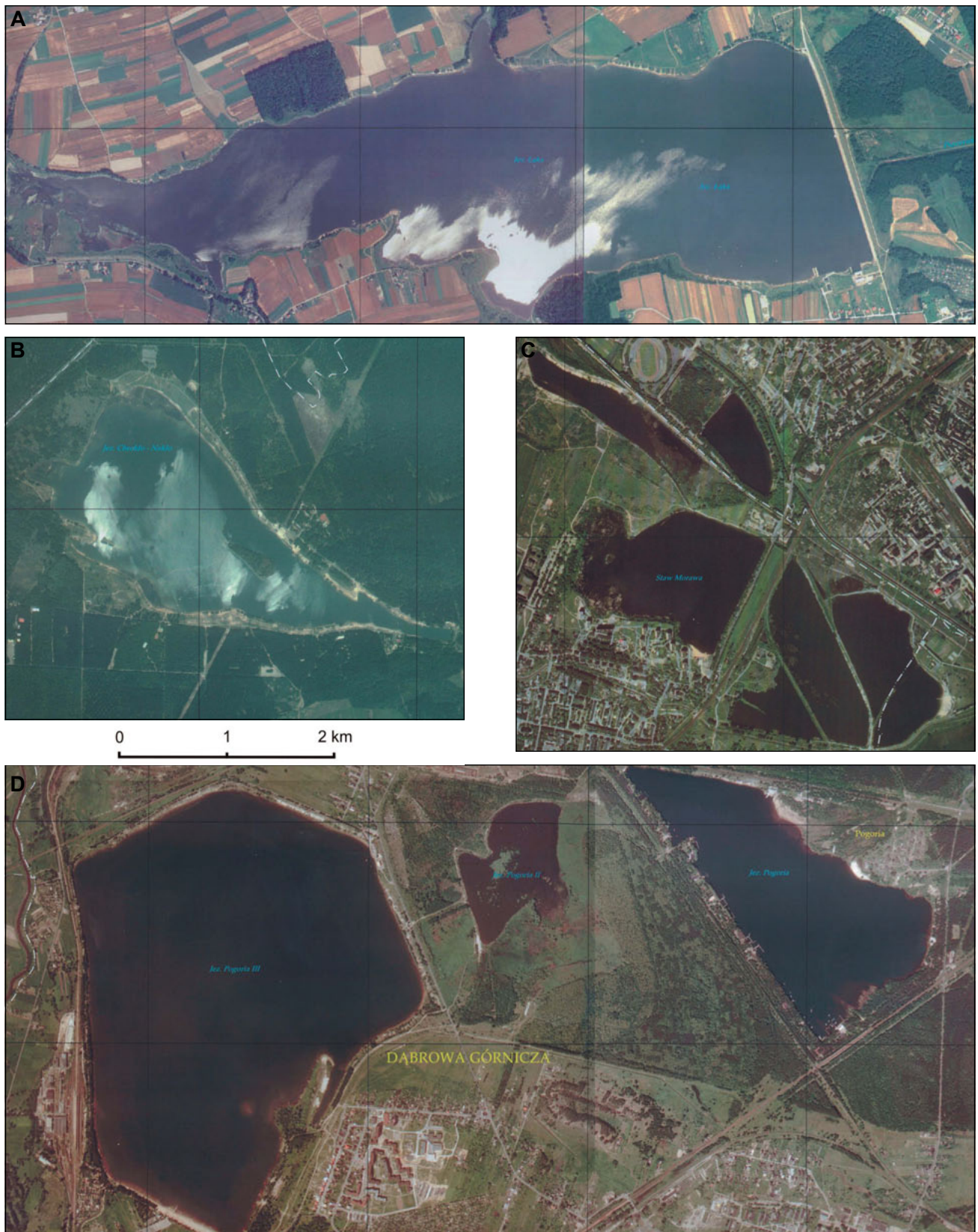
monografii, która jest efektem prac badawczych w dużej mierze interdyscyplinarnych, było wypełnienie istotnej luki poznawczej dotyczącej grupy najbardziej zantropogenizowanych zbiorników wodnych w Polsce i w strefie klimatu umiarkowanego. Wybór problemu badawczego i przesłanki, które skłaniały do prób jego rozwiązania, wynikały w dużej mierze ze specyfiki obszaru badań i zróżnicowania uwarunkowań kształtujących przebieg procesów limnicznych oraz wymuszających transformację użytkowania i zagospodarowania obrzeży zbiorników. Najważniejsze uzasadnienia sygnalizują wyszczególnione dalej fakty.

W regionie górnośląskim występuje kilka tysięcy sztucznych zbiorników wodnych, które są wynikiem celowych zabiegów hydrotechnicznych lub niezamierzonym efektem aktywności gospodarczej, jeziora zaś jako misy naturalne są nieliczne. W 2005 r. w granicach Wyżyny Śląskiej zinventaryzowano 2405 zbiorników wodnych o łącznej powierzchni 60,8 km², z czego na poszczególne mezoregiony przypadało: Chełm – 85 zbiorników (0,35 km²), Garb Tarnogórski – 367 zbiorników (11,4 km²), Wyżyna Katowicka – 992 zbiorniki (27,8 km²), Pagóry Jaworznickie – 159 zbiorników (11,3 km²), Płaskowyż Rybnicki – 802 obiekty (10,0 km²). W obrębie Kotliny Oświęcimskiej stwierdzono 1253 zbiorniki o łącznej powierzchni 80,6 km², w tym na Równinę Pszczyńską przypadało 229 akwenów (8,1 km²), na Dolinę Górnej Wisły – 692 zbiorniki (59 km²), a na Pogórze Wilamowickie – 332 zbiorniki (13,5 km²). Jeziorność wynosi odpowiednio: Wyżyny Śląskiej – 1,5%, a Kotliny Oświęcimskiej – 6,5%. Uwzględniając niektóre akweny obrzeżenia Wyżyny Śląskiej i Kotliny Oświęcimskiej, łączna powierzchnia wodna wzrasta do ponad 150 km², a średnia jeziorność (zbiornikowość) wynosi ok. 4%. Takich skupisk zbiorników wodnych, jak górnośląskie, dotyczy większość hydrologicznych badań realizowanych w polskich (KOZACKI, 1980; JĘDRCZAK, 1992; SAMECKA-CYMERMAN, KEMPERS, 2001; CZAJA, 2003) oraz zagranicznych ośrodkach naukowych (EARLY, 1999; TEMPEL i in., 2000; BOEHRER i in., 2000; GRÜNEWALD, 2000; DUIS, OBEREMM, 2001; WERNER i in., 2001; POKORNÝ, HAUSER, 2002; NIXDORF i in., 2003; WILLIAMS i in., 2003; DENIMAL i in., 2005; HANGEN-BRODERSEN i in., 2005; KLEEBERG, GRÜNEBERG, 2005).

Ważnym powodem podjęcia problematyki limnologicznej okazała się możliwość prowadzenia prac w specyficznych warunkach „laboratoriów terenowych”, utożsamianych z dużym, aczkolwiek zróżnicowanym obciążeniem antropogenicznym zbiorników wodnych. Rangę tego obciążenia ilustrują dalej wymienione jednostkowe przykłady antropopresji:

- ucieczki wody z akwenów o pojemności zaledwie kilkunastu hektometrów sześciennych w ilościach przekraczających nawet 1 m³/s, np. zbiornik Przeczyce;
- niektóre zbiorniki wodne włączone w system wodno-gospodarczy regionu górnośląskiego (np.: Goczałkowice, Dzieckowice, Kozłowa Góra) lub zasilanie żeglugi śródlądowej w wodę (np. Dzieżno Małe) charakteryzują się wahaniami stanów wody osiagającymi w każdym roku nawet kilka metrów;
- zanieczyszczenie termiczne wód Zbiornika Rybnickiego (o pojemności ponad 20 hm³) skutkuje zwiększeniem parowania z akwenu, a temperatury wody są wyższe o kilka, a nawet kilkanaście stopni Celsjusza w stosunku do temperatur uważanych za naturalne;
- duże zasolenie w niektórych zbiornikach poeksploatacyjnych oraz w nieckach osiadania i zapadliskach (mineralizacja wody sięga kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu gramów na decymetr sześcienny);
- trudno wskazać zbiornik podobny do największego w Polsce jeziora poeksploatacyjnego Dzieżno Duże, o wielkości retencji sięgającej prawie 100 hm³, który charakteryzowałby się tak dużym zasoleniem i wysoką żyznością wód, wielokrotnie przekraczającymi poziom uznawane za naturalne (pochodna zasilania wodami Kłodnicy odwadniającej zachodnią część silnie zurbanizowanej i uprzemysłowionej Wyżyny Śląskiej);
- niekontrolowany wzrost żyzności wód w zbiorniku Kozłowa Góra (o pojemności kilkunastu hektometrów sześciennych) powoduje masowy rozwój fitoplanktonu (tzw. zakwity wody), w rezultacie zaś warunki świetlne wyrażone widzialnością krążka Secchiego wynoszą czasami zaledwie 30–40 cm;
- deficyty i braki tlenu (nawet czteromiesięczne deficyty tlenu lub jego brak w warstwie wody o grubości sięgającej nawet 60% głębokości maksymalnej) w wielu zbiornikach poeksploatacyjnych, np. Pławniowice (pojemność ok. 25 hm³);
- skażenie osadów dennych metalami ciężkimi (poziomy uznawane za naturalne są przekroczone wielokrotnie), np. zbiornik Pogoria I, o pojemności kilku hektometrów sześciennych, jako pierwszy obiekt w kaskadzie cieku Pogoria.

Przytoczone przykłady potwierdzają sensowność prowadzenia unikalnych obserwacji (badań) charakteru i przebiegu zjawisk oraz procesów zachodzących w zbiornikach o szczególnych warunkach antropogenicznie przekształconego środowiska przyrodniczego. Wykładnikiem owych przekształceń jest nie tylko wielowiekowe zaburzenie rów-



Rys. 1. Przykłady zbiorników wodnych występujących w warunkach zróżnicowanej antropopresji:

A – zbiornik Łąka na Pszczynce (presja rolnicza), **B** – zbiorniki wodne na pograniczu Sosnowca, Mysłowic i Katowic (presja miejsko-przemysłowa), **C** – zbiornik Nakło-Chechło (tereny *quasi*-naturalne), **D** – zbiorniki Pogoria (znaczny stopień izolacji przed wpływami antropogenicznymi)

Źródło: *Ortofotomapa...*, 2000a, b, d, e; 2001b, c

Fig. 1. Examples of water reservoirs occurring under conditions of varied anthropopression:

A – Łąka water reservoir on the Pszczynka (agricultural pressure), **B** – water reservoirs in the borderland of Sosnowiec, Mysłowice and Katowice (urban-industrial pressure), **C** – Nakło-Chechło water reservoir (*quasi*-natural terrain), **D** – Pogoria reservoirs (significant degree of insulation from anthropogenic influences)

Source: *Ortofotomapa...*, 2000a, b, d, e; 2001b, c

nowagi hydrycznej tożsame ze zmianą ustalonych warunków krążenia i wymiany wody, lecz również zanieczyszczenie wód określone ponadnormatywną – w świetle obowiązujących przepisów prawnych oraz proponowanych systemów oceny jakości wód (KUDELSKA i in., 1994), a tym bardziej definiowanego przez B. JAŃCA (1997) tła hydrochemicznego i hydrogeochemicznego – zawartością substancji fizycznych (zawiesiny) i rozpuszczonych substancji chemicznych, a także zanieczyszczeń organicznych, toksycznych i termicznych (RZĘTAŁA, 2000a).

Zbiorniki wodne w regionie górnośląskim funkcjonują w warunkach zróżnicowanej antropopresji (rys. 1). Rozpoznanie charakterystycznych cech tych zbiorników oraz procesów mających wpływ na ich występowanie ma istotne znaczenie poznawcze dla ogólnego obrazu zróżnicowania systemów limnicznych, a zwłaszcza roli uwarunkowań lokalnych w ich rozwoju. Liczne w kulturowym krajobrazie miejsko-przemysłowym sztuczne zbiorniki traktowano dotąd jako obiekty hydrotechniczne o całkowicie zakłóconych mechanizmach procesów przyrodniczych. Tymczasem wyniki prowadzonych od wielu lat badań limnologicznych przemawiają za tym, że nawet najbardziej zantropogenizowane sztuczne zbiorniki wodne, mimo odrębności, zachowują wiele atrybutów przypisywanych akwenum naturalnym.

Kolejną przesłanką podjęcia badań nad funkcjonowaniem zbiorników wodnych i procesami limnicznymi była możliwość realizacji prac w regionie o skomplikowanej ewolucji krajobrazowej, wyrażającej ogół powiązań człowiek – środowisko w procesie zagospodarowania przestrzennego. Pierwotne i naturalne krajobrazy regionu górnośląskiego można uważać za wykazujące wiele podobieństw z krajobrazami terenów sąsiednich. Można również przypuszczać, że powierzchniowy udział jezior był wówczas znacznie większy niż obecnie liczony łącznie ze zbiornikami. Istotne różnice w ewolucji krajobrazu w stosunku do terenów sąsiednich nastąpiły dopiero w okresie kształtowania się krajobrazu kulturowego na kolejnych etapach: przedagrarnym, agrarnym, industrialnym i postindustrialnym (PULINOWA, CZYŁOK, 2000). Właśnie z industrialnym i postindustrialnym typem krajobrazu kulturowego w regionie górnośląskim należy wiązać zróżnicowany, aczkolwiek sukcesywny od średniowiecza do współczesności, przyrost liczby i powierzchni ogólnej zbiorników wodnych pochodzenia antropogenicznego (JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 2004). Obecnie zbiorniki wodne funkcjonują w sytuacji kształtowania nowego typu krajobrazu kulturowego. Krajobrazowe funkcje w warunkach proekologicznego zagospodarowania otoczenia

zbiorników wodnych ulegają modyfikacjom, których wyrazem jest formowanie nowych typów krajobrazu kulturowego związanego z rekreacją, turystyką i ochroną przyrody. Te nowe typy krajobrazu (postagrarnego, postindustrialnego, postzdeprawowanego) kształtują się jako pochodna przyrodniczo-kulturowej ewolucji przestrzeni wykorzystywanej rolniczo, przemysłowo bądź nieużytkowanej z różnych względów. Na przykład tego typu transformacje obrazują zmiany funkcji zbiornika Kozłowa Góra – od nieużytków typowych dla strefy przygranicznej o znaczeniu militarnym jako ogniwo Obszaru Warownego „Śląsk” w latach 30. XX w., przez włączenie zbiornika do sieci wodociągowej w okresie gospodarki socjalistycznej i dodatkowe przeznaczenie do mało uciążliwych form rekreacji w okresie gospodarki wolnorynkowej.

1.2. Obszar badań

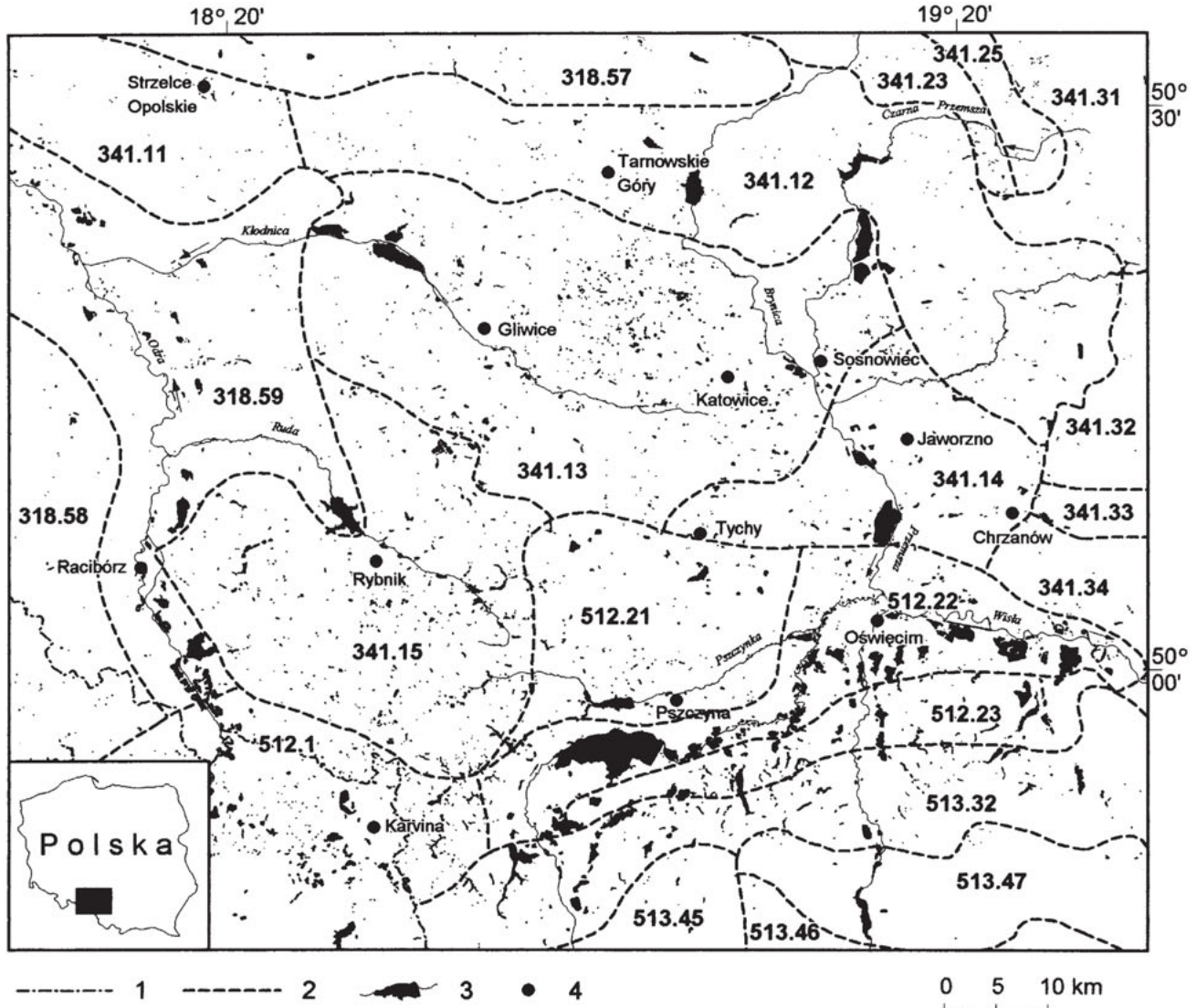
Region górnośląski jest utożsamiany z pogranicznymi częściami dwóch krain historyczno-etnograficznych, tj. Górnego Śląska i zachodniej Małopolski (rys. 2). Współcześnie obszar ten jest postrzegany przez pryzmat szeroko rozumianego znaczenia przemysłowego i w centralnej części (Górnośląski Okręg Przemysłowy, Rybnicki Okręg Węglowy) jest uznawany za najbardziej antropogenicznie przeobrażony obszar Polski. Jest to teren położony między doliną Odry na zachodzie po dolinę Białej Przemszy w środkowym biegu na wschodzie oraz od okolic Miasteczka Śląskiego i Zawiercia na północy po Beskid Śląski, Mały i dolinę dolnej Olzy na południu. Pod względem fizyczno-geograficznym (KONDRACKI, 1994) obejmuje Wyżynę Śląską (341.1) i Kotlinę Oświęcimską (512.2) oraz sąsiadujące z nimi części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (341.1), Kotliny Ostrawskiej (512.1), Niziny Śląskiej (518.5), a także części kilku innych makroregionów.

Geologicznie omawiany obszar leży w kilku jednostkach geologiczno-strukturalnych. W jego południowej części znajduje się zapadlisko przedkarpackie, mające charakter tektonicznego obniżenia wypełnionego mioceńskimi osadami (iły, piaskowce, zlepieńce, łupki), lokalnie zawierającymi pokłady soli, oraz nadległymi osadami czwartorzędowymi (lessowe pokrywy pyłowe, piaski rzeczne i lodowcowe, gliny zwałowe). W centralnej części Wyżyny Śląskiej wydziela się nieckowate zapadlisko górnośląskie, zbudowane ze sfałdowanych i porozcinanych licznymi uskokami utworów karbońskich (zawierających pokłady węgla kamiennego)

i nadległych na obrzeżach osadów triasowych oraz miejscami trzeciorzędowych, a także nieciągłych pokryw osadów czwartorzędowych. W północno-wschodniej części omawianego obszaru wyróżnia się monoklinę śląsko-krakowską zbudowaną głównie z utworów triasowych, jurajskich i kredo-

wych (miejscami przykrytych pokrywami osadów czwartorzędowych), zalegających na podłożu paleozoicznym (GILEWSKA, 1972; BUKOWY, 1974; MI-ZERSKI, 2005).

Eksploatacja surowców mineralnych w regionie górnośląskim spowodowała nie tylko intensywny



Rys. 2. Obszar badań na tle podziału fizycznogeograficznego Wyżyny Śląskiej (341.1), Kotliny Oświęcimskiej (512.2) oraz makroregionów sąsiednich, tj. Niziny Śląskiej (318.5), Wyżyny Woźnicko-Wieluńskiej (341.2), Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (341.3), Kotliny Ostrawskiej (512.1), Pogórza Zachodniobeskidzkiego (513.3) i Beskidów Zachodnich (513.4):

1 – granica państwa, 2 – granice mezoregionów (318.57 – Równina Opolska, 318.58 – Płaskowyż Głubczycki, 318.59 – Kotlina Racibórska, 341.11 – Chełm, 341.12 – Garb Tarnogórski, 341.13 – Wyżyna Katowicka, 341.14 – Pagóry Jaworzniackie, 341.15 – Płaskowyż Rybnicki, 341.23 – Próg Woźnicki, 341.25 – Obniżenie Górnej Warty, 341.31 – Wyżyna Częstochowska, 341.32 – Wyżyna Olkuska, 341.33 – Rów Krzeszowicki, 341.34 – Garb Tenczyński, 512.21 – Równina Pszczyńska, 512.22 – Dolina Górnej Wisły, 512.23 – Pogórze Wilamowickie, 513.32 – Pogórze Śląskie, 513.45 – Beskid Śląski, 513.46 – Kotlina Żywiecka, 513.47 – Beskid Mały), 3 – cieki i zbiorniki wodne, 4 – ważniejsze miejscowości

Źródło: Opracowanie na podstawie *Mapy hydrograficznej...* (1994, 2000–2003), *Mapy topograficznej...* (1998) oraz wyników badań własnych

Fig. 2. Research area against a background of physico-geographical division of the Silesian Upland (341.1), Oświęcim Basin (512.2) and neighbouring macroregions, i.e. Silesian Lowland (318.5), Upland of Woźniki-Wieluń (341.2), Cracow-Częstochowa Upland (341.3), Ostrava Basin (512.1), Foothills of Western Beskidy Mts. (513.3) and Western Beskidy Mts. (513.4): 1 – State boundary, 2 – boundaries of mesoregions (318.57 – Opole Plain, 318.58 – Głubczyce Plateau, 318.59 – Racibórz Basin, 341.11 – Chełm, 341.12 – Hummock of Tarnowskie Góry, 341.13 – Katowice Upland, 341.14 – Jaworzno Hills, 341.15 – Rybnik Plateau, 341.23 – Escarpment of Woźniki, 341.25 – Depression of Upper Warta, 341.31 – Częstochowa Upland, 341.32 – Olkusz Upland, 341.33 – Krzeszowice Trough, 341.34 – Hummock of Tenczyn, 512.21 – Pszczyna Plain, 512.22 – Valley of Upper Vistula River, 512.23 – Wilamowice Foothills, 513.32 – Silesian Foothills, 513.45 – Silesian Beskidy Mts., 513.46 – Basin of Żywiec, 513.47 – Small Beskidy Mts.), 3 – streams and water reservoirs, 4 – more important localities

Source: Made by the author on the base of *Mapa hydrograficzna...* (1994, 2000–2003), *Mapa topograficzna...* (1998) and results of author's own research

rozwój przemysłu, lecz także masowy napływ ludności, decydujący o wysokim stopniu urbanizacji tego obszaru. Według J. RUNGEGO i T. ZADROŻNEGO (1989), udział terenu zabudowanego w powierzchni ogólnej wynosi poniżej 25% na obrzeżach Wyżyny Śląskiej, natomiast na obszarze konurbacji katowickiej i rybnickiej przekracza nawet 75%. Stopień urbanizacji jest odzwierciedleniem rozmieszczenia ludności na omawianym obszarze — w centralnej jego części gęstość zaludnienia osiąga poziom kilku tysięcy osób na kilometr kwadratowy (np. Chorzów, Świętochłowice).

Region górnośląski leży w strefie działu wodnego między dorzeczem Wisły i Odry, co w połączeniu z dużym zapotrzebowaniem na wodę przemysłu i gospodarki komunalnej spowodowało uszczerplenie zasobów wodnych. Pobór wody z rzek i istniejących zbiorników oraz wykorzystanie wód podziemnych nie gwarantowały zaspokojenia potrzeb wodnych już w końcu XIX w., gdy zaczął być odczuwalny wyraźny jej niedostatek. W związku z rozwojem przemysłu i urbanizacji w regionie górnośląskim powstało wiele zbiorników wodnych o różnej genezie, zróżnicowanej powierzchni i retencji oraz różnorodnych formach funkcjonalności (JANKOWSKI, 1986; RZĘTAŁA, RZĘTAŁA, 1998; JANKOWSKI, 1999). Są to zbiorniki o różnej genezie: poeksploatacyjne, w nieckach osiadania (osiadania obejmują ponad 1 tys. km²), zaporowe, groblowe i wiele innych, zróżnicowane nie tylko pod względem morfogenetycznym i morfometrycznym, ale także miktycznym, troficznym oraz funkcjonalnym. Duża ich różnorodność świadczy o unikalności górnośląskiego skupiska zbiorników wodnych wśród innych zgrupowań naturalnych i antropogenicznych jezior, które najczęściej stanowią nagromadzenia obiektów jednorodnych, zazwyczaj pod względem genetycznym.

1.3. Stan badań limnologicznych w regionie górnośląskim

Na tle dokonań polskiej i światowej limnologii sztuczne zbiorniki wodne regionu górnośląskiego charakteryzują się rozpoznaniem niewspółmiernie mniejszym w stosunku do jezior jako zbiorników naturalnych, chociaż powodują głębokie zmiany w życiu gospodarczym pobliskich terenów, pociągając za sobą przeobrażenie środowiska geograficznego, wynikające m.in. z bezpośredniej lub pośredniej ingerencji człowieka w pierwotny układ stosunków przyrodniczych (GŁODEK, 1985; JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 2004). Pojawienie się sztucznych zbior-

ników wodnych inicjuje rozwój nowych jakościowo procesów niewystępujących dotychczas na danym obszarze, a wynikających z ilościowo-jakościowych przemian w obiegu materii i energii, których wyrazem są przede wszystkim zmiany: klimatyczne, hydrologiczne, hydrofizyczne i hydrochemiczne, biologiczne oraz morfologiczne (RZĘTAŁA, WACH, 1999). W odróżnieniu od wielu rozwiązań dotyczących technicznego ujęcia funkcjonowania obiektów hydrotechnicznych (projektowanie, budowa, eksploatacja, konserwacja), kompleksowe opracowania geograficzne poświęcone zbiornikom wodnym w Polsce i na świecie (np. geomorfologiczne, klimatyczne, hydrochemiczne, hydrofizyczne, biogeograficzne) nadal są nieliczne, chociaż dużo wytycznych metodycznych traktuje o środowiskowym aspekcie badań limnologicznych (HUTCHINSON, 1975a, b; CHOIŃSKI, 1995, 2007; LANGE, red., 1993; CHELMICKI, 2002; BAJKIEWICZ-GRABOWSKA, MIKULSKI, 2007).

Zakres dotychczasowego rozpoznania limnologicznego zbiorników wodnych regionu górnośląskiego był przedstawiany kilkakrotnie w sporządzonych ocenach stanu badań hydrologicznych, a ostatnio najobszerniej przez A.T. JANKOWSKIEGO i M. RZĘTAŁĘ (2004), którzy w przygotowanym komentarzu wymienili ponad sto prac opublikowanych w ostatnim 30-leciu. Z tym geograficzno-limnologicznym zestawieniem nieobejmującym prac biologicznych jaskrawo kontrastują oceny dorobku limnologii polskiej, w których praktycznie nie wspomina się o tym regionie Polski (CHOIŃSKI, 1995, 2000; KOLADA i in., 2005), aczkolwiek w podręczniku do limnologii fizycznej Polski A. CHOIŃSKI (2007) wspomniał o górnośląskich zbiornikach wodnych, omawiając wybrane obiekty. Również w pracach zagranicznych z zakresu hydrologii (limnologii zaś w szczególności) wymienianych jest wiele krain z naturalnymi lub antropogenicznymi jeziorami i chociaż są one często mniejsze od górnośląskiego nagromadzenia takich obiektów, nie wspomina się o południowopolskich skupiskach zbiorników wodnych (KAPFER, 1998; SHIROKOW, ed., 1991; BOEHRER i in., 2000; GRÜNEWALD, 2000; SAMECKA-CYMERMAN, KEMPERS, 2001; NIXDORF i in., 2003; KLEEBERG, GRÜNEBERG, 2005; JANSKÝ i in., 2003).

1.4. Cel i zakres badań

Po latach marginalizacji w limnologii polskiej problemu badań jeziornych w regionie górnośląskim, wynikającej prawdopodobnie ze stereotypowego postrzegania tych terenów jako obszaru ze

zbiornikami o wyłącznie zaporowej genezie lub betonowych misach, coraz częściej dostrzega się fakt, iż jest to kraina kilku tysięcy bardzo specyficznych obiektów limnicznych. Chociaż badania limnologiczne w regionie górnośląskim — dzięki zaangażowaniu J. Szaflarskiego i J. Trembaczowskiego — prowadzono od lat 70. XX w., a syntetyczne oceny ich stanu sporządzano wielokrotnie (por. JANKOWSKI, 1995, 1999; JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 2004), to brak jest dotychczas kompleksowego oraz komplementarnego opracowania monograficznego traktującego o specyfice procesów limnicznych i użytkowaniu zbiorników wobec zmieniających się uwarunkowań przyrodniczych i społeczno-gospodarczych w regionie.

W następstwie doboru wymagających rozwiązania problemów określono ramy programu badawczego i sformułowano cele realizacyjne. Celem głównym badań jest określenie przyrodniczych i antropogenicznych warunków występowania, funkcjonowania i użytkowania zbiorników wodnych w regionie górnośląskim, świadczących o istnieniu odczytywalnego skupiska tych zbiorników. Natomiast celami szczegółowymi są:

- oceny zróżnicowania składowych bilansu wodnego zbiorników w różnych warunkach przyrodniczych i antropogenicznych;
- określenie dynamiki masy wodnej różnych zbiorników wraz z oceną znaczenia tego procesu dla ekosystemów i gospodarki;
- oceny stopnia żyzności oraz charakteru warunków termiczno-tlenowych wód w zbiornikach dymiktycznych, polimiktycznych i meromiktycznych o różnym stopniu zanieczyszczenia;
- określenie roli zbiorników w skuteczności kumulacyjnej zanieczyszczeń oraz w kształtowaniu właściwości fizykochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych otoczenia;
- oceny kształtowania się form brzegowych oraz osadów dennych i wskazanie sposobów przeciwdziałania szkodom infrastrukturalnym spowodowanym morfologiczną ewolucją mis zbiornikowych;
- przedstawienia propozycji rewitalizacji i rekultywacji zbiorników wodnych, a także optymalizacji użytkowania, zgodnej z: zasadami kompensacji przyrodniczej¹ i proekologicznego zagospodarowania, wytycznymi zrównoważo-

nego rozwoju² oraz przepisami ochrony środowiska³ (architektura krajobrazu, turystyka, rekreacja);

- sprecyzowanie limnologicznej odrębności zbiorników wodnych regionu górnośląskiego na tle cech jezior i sztucznych zbiorników wodnych innych regionów Polski oraz strefy klimatu umiarkowanego;
- próba stworzenia modelu ewolucji jezior antropogenicznych z uwzględnieniem ich użytkowania.

Z tak sformułowanego celu głównego i celów szczegółowych wynikają hipotezy badawcze: 1) skupisko zbiorników może tworzyć pojezierze, 2) zbiorniki je tworzące mogą być użytkowane podobnie jak jeziora, 3) zbiorniki regionu górnośląskiego są systemami limnicznymi i mogą być wykorzystane nie tylko gospodarczo.

1.5. Materiały źródłowe

Realizacja wytyczonych celów wymagała prowadzenia komplementarnych oraz interdyscyplinarnych badań (terenowych, laboratoryjnych i kameralnych) środowiska geograficznego. Ich zakres był implikowany różnorodnością, współzależnością i czasową zmiennością czynników i warunków decydujących o biotycznych i abiotycznych przemianach ilościowych zbiorników antropogenicznych, o obiegu wody i dynamice zmian właściwości fizykochemicznych w ich obrębie oraz morfologicznej ewolucji mis zbiornikowych. W trakcie badań korzystano z materiałów źródłowych zaliczanych do trzech zasadniczych grup — wyniki własnych badań terenowych i laboratoryjnych, publikowane materiały naukowe (w tym opracowania kartograficzne) wraz z pracami na prawach maszynopisu oraz zasób informacji instytucjonalnych.

² Zrównoważony rozwój — rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń (Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. — Prawo ochrony środowiska).

³ Ochrona środowiska to podjęcie działań lub zaniechanie działań umożliwiające zachowanie lub przywracanie równowagi przyrodniczej. Polega ona głównie na: a) racjonalnym kształtowaniu środowiska i gospodarowaniu zasobami środowiska, zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, b) przeciwdziałaniu zanieczyszczeniom, c) przywracaniu elementów przyrodniczych do stanu właściwego (Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. — Prawo ochrony środowiska).

¹ Kompensacja przyrodnicza to zespół działań obejmujących w szczególności: roboty budowlane, roboty ziemne, rekultywację gleby, zalesianie, zadrzewianie lub tworzenie skupień roślinności, prowadzących do przywrócenia równowagi przyrodniczej na danym terenie, wyrównania szkód dokonanych w środowisku przez realizację przedsięwzięcia i zachowanie walorów krajobrazowych (Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. — Prawo ochrony środowiska).

Materiały pozyskane w badaniach terenowych pochodzą z prowadzonego okresowo w ciągu ostatniego dziesięciolecia monitoringu procesów limnicznych oraz komplementarnych prac wykonanych w 2007 r. Badania komplementarne, jeśli chodzi o szczegółowość, nawiązywały do działań przeprowadzonych w latach 1993–1997 i pozwoliły na porównanie zmian w przebiegu procesów limnicznych oraz transformacji zagospodarowania obrzeży zbiorników wodnych w latach wcześniejszych. Jednocześnie własne wyniki badań stanowiły tło rozważań, a także odniesienie do zmian przyrodniczych i antropogenicznych następujących w przeszłości, a ocenionych na podstawie materiałów archiwalnych i kartograficznych.

Zakres kwerendy bibliotecznej obejmował informacje geograficzne, hydrologiczne i limnologiczne i był określony dostępnością opracowań identyfikowanych:

- w systemach ISBN i ISSN oraz katalogach analogowych w odniesieniu do prac krajowych i niektórych zagranicznych;
- w elektronicznych bazach danych (np. Elsevier – baza Science Direct, Springer, Science Citation Index Expanded, Scopus) w odniesieniu do prac zagranicznych i polskich o zasięgu międzynarodowym;
- w branżowych lub instytucjonalnych zestawieniach prac niepublikowanych (np. WNoZ UŚ, IMGW).

Fakt przytoczeń merytorycznych lub dopełnienie formalności przywołań każdorazowo opatrzone odpowiednim cytowaniem w tekście i stosowną notką w sporządzonych spisach: literatury, materiałów źródłowych, aktów prawnych.

Na potrzeby opracowania korzystano z częściowo odpłatnych i niepublikowanych danych pochodzących z różnych urzędów, przedstawionych w układzie instytucjonalnym:

- Ośrodek Badań i Kontroli Środowiska w Katowicach (OBiKŚ) – roczne minimalne, średnie i maksymalne wartości wskaźników jakości wód powierzchniowych województwa katowickiego (do 1998 r.) i województwa śląskiego (od 1999 r.) za lata 1993–2007;
- Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej (RZGW) w Gliwicach, który przejął archiwalia Okręgowej Dyrekcji Gospodarki Wodnej (ODGW) w Gliwicach – wyniki codziennych pomiarów stanów wody, stanów napełnienia i grubości pokrywy lodowej zbiorników wodnych oraz codziennych danych o wielkości średnich i całkowitych dopływów i odpływów ze zbiorników: Dzierżno Małe (1979–2006), Dzierżno Duże (1966–2007), Pławniowice (1993–2006), Łąka (1995–2003), Pogoria III (1988–2006),

Przeczycy (1996–2003), Kuźnica Wareżyńska (1.04.2006–31.10.2007); liczba tzw. śluzowań w Dzierżnie na Kanale Gliwickim w latach 1974–1996; rezultaty oznaczeń składu podstawowego i pierwiastków śladowych materiału rumowiskowego Kłodnicy, wykonane przez Główny Instytut Górnictwa (GIG) w Katowicach w 1996 r.;

- Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW) w Warszawie i Katowicach – średnie miesięczne przepływy: Czarnej Przemszy w profilach Piwoń (1985–2007) i Przeczycy (1985–2007), Mitregi w profilu Kuźnica Sulikowska (1985–2007), Brynicy w profilu Brynica (1976–2007) i profilu Namiarki (1976–1990), Kłodnicy w profilach Gliwice (1945–2007) i Łany Małe (1971–1986); miesięczne sumy opadów atmosferycznych z posterunków: Dąbrowa Górnicza-Ząbkowice (1976–1997), Piwoń (1993–1997), Świerklanec (1976–2000), Katowice (1963–2000), Czekanów (1976–1993), Taciszów (1976–2000), oraz średnie miesięczne temperatury i wilgotności względne powietrza atmosferycznego ze stacji: Dąbrowa Górnicza-Ząbkowice (1993–2000), Świerklanec (1976–2000) i Katowice (1976–2000); dobowe sumy opadów atmosferycznych w Katowicach (1.03.1979–31.03.1979, 1.11.1989–30.04.1990, 1.05.1992–31.10.1992, 1.11.1995–30.04.1996, 1.07.1997–31.07.1997) oraz Ząbkowicach (1.07.1997–31.07.1997), Świerklańcu (1.07.1997–31.07.1997), Raciborzu (1.07.1997–31.07.1997) i Bielsku-Białej (1.07.1997–31.07.1997); minimalne dobowe (1.03.1979–31.03.1979), średnie dobowe (1.03.1979–31.03.1979, 1.11.1989–30.04.1990, 1.11.1995–30.04.1996) i dobowe maksymalne (1.03.1979–31.03.1979, 1.05.1992–31.10.1992) temperatury powietrza atmosferycznego w Katowicach;
- Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (WIOŚ) – rezultaty okresowych badań stanu czystości głównych zbiorników zaporowych województwa śląskiego za lata 1999–2007;
- Górnośląskie Przedsiębiorstwo Wodociągów (GPW) w Katowicach – wyniki codziennych pomiarów stanów wody, stanów napełnienia i grubości pokrywy lodowej zbiorników wodnych oraz codziennych danych o wielkości średnich i całkowitych dopływów i odpływów ze zbiorników Kozłowa Góra za lata hydrologiczne 1966–2000 i Dzieńkowice za lata hydrologiczne 1978–1998; rezultaty comiesięcznych pomiarów jakości tzw. wody surowej ze zbiornika Kozłowa Góra za lata 1972–1996 i zbiornika Dzieńkowice za lata 1979–2003;

- Instytut Urbanistyki i Architektury w Katowicach (nieistniejący) – archiwalna dokumentacja projektów ośrodków rekreacyjnych.

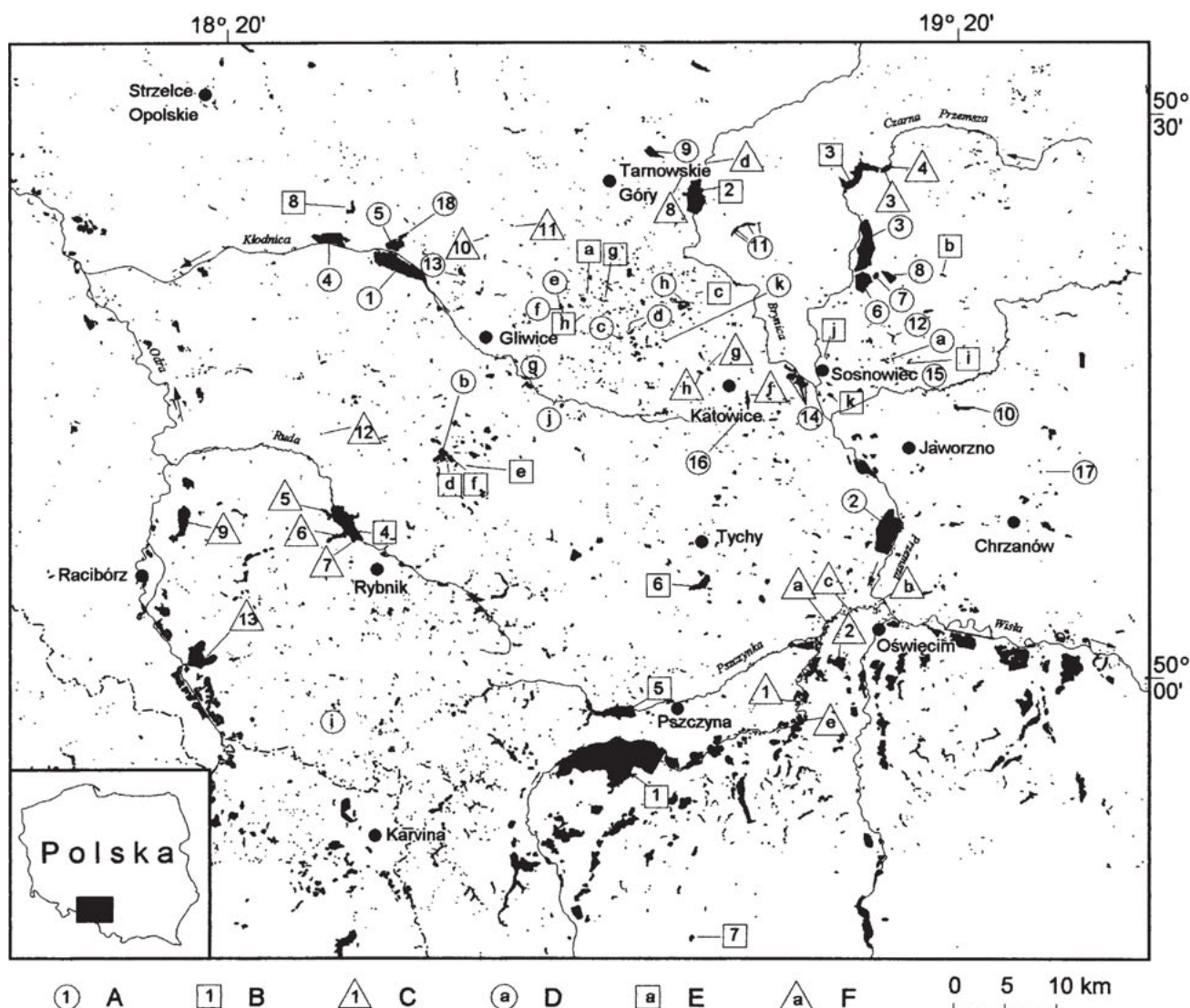
1.6. Przedmiot i metodyka badań

Pierwsze badania terenowe przeprowadzono w latach 1993–1997 i kontynuowano okresowo w ostatnim dziesięcioleciu. W roku hydrologicznym 2007 szczegółowymi badaniami objęto kilkanaście zbiorników wodnych w regionie górnośląskim, zróżnicowanych pod względem morfogenetycznym, morfometrycznym, miktycznym, troficznym oraz funkcjonalnym. Wśród wytypowanych do badań obiektów (rys. 3) znalazły się zarówno duże zbiorniki zaporowe i poeksploatacyjne, jak również wiele mniejszych zbiorników unikalnych pod względem limnicznym z uwagi na: halinotrofię, acidotrofię, eutrofię i hypertrofię, dymiksję, polimiksję lub meromiksję, występowanie tzw. złóż antropogenicznych. Dodatkowo (w nawiązaniu do badań przeprowadzonych dwukrotnie w latach 90. XX w. i sporadycznie w latach następnych) wykonano ponownie monitoring stanu jakościowego ok. 30 niewielkich zbiorników w regionie według kryterium definiowanego przez D. KUDELSKĄ i in. (1994), uzyskując porównania skali przemian biotopowych i biocenotycznych, a także w identyfikacji uwarunkowań zmian użytkowania.

Badania terenowe prowadzono zgodnie z zaleceniami W. MATUSZKIEWICZA (1981), M. GUTRY-KORYCKIEJ i H. WERNER-WIĘCKOWSKIEJ (1989), E. BAJKIEWICZ-GRABOWSKIEJ i in. (1993), W. LANGEGO, red. (1993), W.E. KRAWCZYK (1999), a obejmowały:

- pomiary hydrometryczne przepływu wody prowadzone młynkami typu He-ga i obliczenia przepływu metodą rachunkową (sporadycznie pomiary wykonane były metodą pływakową, a gdzie było to możliwe – metodą wolumetryczną);
- pomiary podstawowych właściwości hydrochemicznych wody (temperatura, pH, tlen, przewodność elektrolityczna – w całym okresie badań; potencjał redox, zasolenie, substancje rozpuszczone – od 2006 r.) w ponad 30 profilach pionowych i ponad 50 punktach brzegowych (dopływy i odpływy, rzadziej inne miejsca), przeprowadzane za pomocą: termometrów tyrystorowych, termometrów elektronicznych, pehametrów, konduktometrów i tlenomierzy firmy Elmetron, a od 2006 r. – również miernika wieloparametrowego firmy YSI;
- krótkookresową lub wielodobową ciągłą rejestrację zmian temperatury, odczynu wody, przewodności elektrolitycznej i natężenia światła za pomocą zestawu urządzeń serii 204 (termometr, pehametr, konduktometr, luksometr) współpracujących z rejestratorem elektronicznym firmy Slandi;
- pomiary przezroczystości wody krążkiem Secchiiego;
- pobór próbek wody do analiz laboratoryjnych do wymaganych przez laboratoria pojemników z tworzywa lub szklanych;
- pobór próbek osadów brzegowych z zastosowaniem narzędzi prostych oraz próbek osadów dennych za pomocą ręcznego próbnika rurowego, próbników van Veana o pojemności 0,125 dm³ lub 0,250 dm³, a później próbnika osadów nieskonsolidowanych typu Beeker w wersji 04.20. S.A. firmy Eijkelkamp;
- szacunki wielkości transportu rumowiska w elementach zabudowy hydrotechnicznej (modyfikowanych w zależności od potrzeb);
- pomiary termiczno-wilgotnościowe psychrometrem aspiracyjnym Assmanna oraz termohigrometrem elektronicznym PWT-101 z czujnikiem HC-1000 firmy Elmetron, a także automatyczną rejestrację temperatury i wilgotności powietrza z użyciem elektronicznego rejestratora termohigrometrycznego HygroLog HW-3 szwajcarskiej firmy Rotronik;
- wizualne obserwacje zjawisk lodowych oraz ustalenie grubości pokrywy lodowej w odwiertach badawczych z zastosowaniem tzw. kosy;
- rozpoznania florystyczne i ich dokumentację fotograficzną;
- rozpoznania batymetryczne, polegające na wykonaniu niwelacyjnych ciągów geodezyjnych ukształtowania brzegów i pomiarach sytuacyjno-wysokościowych form w strefie litoralnej, a w niektórych przypadkach – sporządzeniu profilów krajobrazowych, których wykonanie było możliwe początkowo z użyciem tachymetru „Dahlta 020” z oprzyrządowaniem, a w ostatnich latach echosondy Ultra III 3D z przetwornikiem prędkości oraz odbiornika GPS (Garmin – 12, Mio DigiWalker 168 ze zintegrowanym modułem GPS i AutoMapą XL).

Prace laboratoryjne wykonywano w Laboratorium Naukowo-Dydaktycznym Katedr Geograficznych Wydziału Nauk o Ziemi UŚ, które zostało przekształcone w Laboratorium Analiz Wody oraz Laboratorium Analiz Gleb, Gruntów i Skał. Część analiz sporządzono w innych laboratoriach krajowych i zagranicznych – Pracowni Analiz Geochemiczno-Mineralogicznych w Krakowie i Activation Laboratories Ltd. – ACTLABS w Kanadzie. Prace laboratoryjne dotyczyły:



Rys. 3. Zbiorniki wodne regionu górnośląskiego objęte programem badań:

A – zbiorniki poeksploatacyjne (1 – Dzierżno Duże, 2 – Dzieckowice, 3 – Kuźnica Wareżyńska, 4 – Pławniowice, 5 – Dzierżno Małe, 6 – Pogoria III, 7 – Pogoria II, 8 – Pogoria I, 9 – Nakło-Chechło, 10 – Sosina, 11 – Rogoźnik tzw. górny, tj. wschodni, I, II i tzw. dolny, tj. zachodni, 12 – Kazimierz Górniczy, 13 – Czechowice, 14 – Stawiki, Gliniak, Borki, Morawa, Hubertus, 15 – Balaton, 16 – Grinfeld, 17 – Górka, 18 – Dzierżno I); **B** – zbiorniki zaporowe (1 – Goczałkowice, 2 – Kozłowa Góra, 3 – Przeczyce, 4 – Zbiornik Rybnicki, 5 – Łąka k. Pszczyny, 6 – Paprocany, 7 – Wapienica, 8 – Słupsko); **C** – zbiorniki groblowe (1 – stawy w dolinie Wisły na północ od miejscowości Brzeszcze, 2 – stawy w okolicach Harmęża, 3 – staw powyżej cofki zbiornika Przeczyce, 4 – staw w Kuźnicy w dolinie Mitregi, 5 – północno-zachodni zalew boczny Zbiornika Rybnickiego, tj. Pniowiec, 6 – zachodni zalew boczny Zbiornika Rybnickiego, tj. Gzel, 7 – południowo-zachodni zalew boczny Zbiornika Rybnickiego, tj. Orzepowice, 8 – Ostroźnica, 9 – Łęczok, 10 – staw w Karchowicach, 11 – Kamieniec w gm. Zbrostawice, 12 – stawy k. miejscowości Bargłówka, 13 – stawy Wielikąt); **D** – zbiorniki w nieckach osiadania i zapadliskach (a – rozlewisko Bobrka i zbiorniki w Sosnowcu-Klimontowie, b – zbiornik w Knurów-Szczygłowicach, c – zbiornik w Rudzie Śląskiej-Chebzu, d – zbiornik w Rudzie Śląskiej przy ul. Goduli, e – zbiornik w Zabrze przy ul. Tarnopolskiej, tzw. misa północna, f – zbiornik w Zabrze przy ul. Tarnopolskiej, tzw. misa południowa, g – zbiorniki na pograniczu Zabrze-Makosów i Gliwice-Sośnica, h – Żabie Doły, i – zbiorniki w dolinie Mszanki w Mszanie k. Jastrzębia-Zdroju, j – zalewiska w Zabrze-Makosowicach, k – staw Amelung); **E** – inne zbiorniki o sztucznie ukształtowanych misach, np. sadzawki, betonowe, doły różnego typu (a – zbiornik na pograniczu Bytomia i Zabrze przy drodze Bytom – Gliwice, b – Łosień, c – zbiornik w Piekarach Śląskich-Brzezina, d – osadnik na lewym brzegu Bierawki w Knurów-Szczygłowicach, e – zbiornik na Potoku Krywałdzkim, f – osadnik na prawym brzegu Bierawki w Knurów-Szczygłowicach, g – osadnik przy kopalni w Zabrze-Biskupicach, h – zbiornik przy ul. Drzymały w Zabrze, i – osadnik przy KWK „Kazimierz Juliusz”, j – osadnik przy zlikwidowanej KWK „Sosnowiec”, k – osadnik w Sosnowcu-Niwce); **F** – zbiorniki poligenetyczne, np. poregulacyjne i przekształcone antropogenicznie starorzecza (a – w dolinie Wisły, na pograniczu gm. Bojszowy i Oświęcimia, b – w dolinie Wisły, między Czarnuchowicami i Babicami, c – w dolinie Wisły, na południe od Nowego Bierunia, d – w dolinie Brynicy, na północ od Niedzary, e – w dolinie Wisły, na południe od miejscowości Brzeszcze i Góra, f – w dolinie Potoku Leśnego, tj. Zbiornik Milicyjny, zbiornik bez nazwy, Kąpielisko, Kajakowy, Łąka, g – zbiorniki w Wojewódzkim Parku Kultury i Wypoczynku, h – zbiorniki Maroko na Os. Tysiąclecia w Katowicach)

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 3. Water reservoirs of the Upper Silesian Region included in the research program:

A – post-exploitation water reservoirs (1 – Dzierżno Duże, 2 – Dzieckowice, 3 – Kuźnica Wareżyńska, 4 – Pławniowice, 5 – Dzierżno Małe, 6 – Pogoria III, 7 – Pogoria II, 8 – Pogoria I, 9 – Nakło-Chechło, 10 – Sosina, 11 – Rogoźnik so-called upper, i.e. eastern, I, II and so-called lower, i.e. western, 12 – Kazimierz Górniczy, 13 – Czechowice, 14 – Stawiki, Gliniak, Borki, Morawa, Hubertus, 15 – Balaton, 16 – Grinfeld, 17 – Górka, 18 – Dzierżno I); **B** – dam reservoirs (1 – Goczałkowice, 2 – Kozłowa Góra, 3 – Przeczyce, 4 – Rybnik, 5 – Łąka near Pszczyna, 6 – Paprocany, 7 – Wapienica, 8 – Słupsko); **C** – weir water reservoirs (1 – ponds in the valley of the Vistula river to the north of Brzeszcze locality, 2 – ponds in the neighbourhood of Harmęża, 3 – pond above the backwater of Przeczyce water reservoir, 4 – pond in Kuźnica in the Mitregi valley, 5 – north-western side water body of Rybnik reservoir, i.e. Pniowiec, 6 – western side water body of Rybnik reservoir i.e. Gzel, 7 – south-western side water

- oznaczeń właściwości fizykochemicznych wody, analiz składu mechanicznego osadów (metodą sitową i sitowo-areometryczną) oraz podstawowych analiz osadów (odczynu, zawartości węgla organicznego i węglanu wapnia), zgodnie z wymogami Polskich Norm (1971–2002) wyszczególnionych w wykazie aktów normalizacyjnych stosowanych we wspomnianych pracowniach, a także wskazówkami zawartymi w pracach metodycznych – E. MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO i J. RUTKOWSKI, red. (1995), E. MYŚLIŃSKA (1998, 2001), J. BURCHARD i in. (1990), W.E. KRAWCZYK (1999);
- oznaczenia zawiesiny w wodzie metodą wagową po przesączeniu próby o objętości 1 dm³ i wysuszeniu osadu;
- analizy składu podstawowego osadów brzegowych i dennych wraz z określeniem w nich zawartości pierwiastków śladowych (SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, Ba, Sr, Zr, Y, Be, V, Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Cd, Bi – metoda ICP; Au, As, Br, Co, Cr, Hf, Hg, Ir, Mo, Rb, Sb, Sc, Se, Ta, Th, U, W, La, Ce, Nd,

Sm, Eu, Tb, Yb i Lu – metoda INAA; Nb, Rb, Pb, Ga, Sn, S – metoda rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej).

Spośród ważniejszych prac kameralnych należy wymienić: kwerendę biblioteczną i archiwalną, analizę opracowań kartograficznych (map: hydrograficznych, sozologicznych, topograficznych, zdjęć lotniczych i ortofotomap itd.), obróbkę kartograficzną szkiców sytuacyjno-wysokościowych, opracowania planów batymetrycznych, obróbkę kartograficzną szkiców przekrojów i profilów krajobrazowych, a także zalecaną w pracach metodycznych (GREGORY, 1976; OZGA-ZIELIŃSKA, BRZEZIŃSKI, 1994; RUNGE, 2006) obróbkę statystyczną materiału liczbowego (zagadnienia korelacji i regresji, współczynniki determinacji, mediana, średnia ruchoma, odchylenie standardowe, nachylenie, oceny jednorodności genetycznej i statystycznej). Opracowania wykonane zostały z użyciem programów komputerowych: Framework, Excel, Surfer, Word, MapInfo, Corel Draw, CAD Raster Pro.

body of Rybnik reservoir i.e. Orzepowice, 8 – Ostrożnica, 9 – Łęczczok, 10 – pond in Karchowice, 11 – Kamieniec in Zbrostawice commune, 12 – ponds near locality Bargiówka, 13 – Wielikąt ponds); **D** – reservoirs in subsidence and collapse depressions (*a* – flooding of Bobrek and reservoirs in Sosnowiec-Klimontów, *b* – reservoir in Knurów-Szczygłowice, *c* – reservoir in Ruda Śląska-Chebzie, *d* – reservoir in Ruda Śląska at Goduli street, *e* – reservoir in Zabrze at Tarnopolska street, so-called northern bowl, *f* – reservoir in Zabrze at Tarnopolska street, so-called southern bowl, *g* – reservoirs in the borderland of Zabrze-Makoszowy and Gliwice-Sośnica, *h* – Żabie Doły, *i* – reservoirs in the Mszanka valley in Mszana near Jastrzębie-Zdrój, *j* – floodings in Zabrze-Makoszowy, *k* – pond Amelung); **E** – other reservoirs of artificially shaped bowls, e.g. pools, concrete holes of different type (*a* – reservoir in the borderland between Bytom and Zabrze at the road Bytom – Gliwice, *b* – Łosień, *c* – reservoir in Piekary Śląskie-Brzeziny, *d* – settlement tank on the left bank of the Bierawka in Knurów-Szczygłowice, *e* – reservoir on Potok Krywałdzki, *f* – settlement tank on the right bank of the Bierawka in Knurów-Szczygłowice, *g* – settlement tank near the mine in Zabrze-Biskupice, *h* – reservoir at Drzymały street in Zabrze, *i* – settlement tank near the mine „Kazimierz Juliusz”, *j* – settlement tank near the closed down mine „Sosnowiec”, *k* – settlement tank in Sosnowiec-Niwka); **F** – polygenetic reservoirs e.g. post-regulation and anthropogenically transformed abandoned channels (*a* – in the Vistula river in the borderland of Bojszowy commune and Oświęcim, *b* – in the Vistula river between Czarnuchowice and Babice, *c* – in the Vistula river to the south of Nowy Bieruń, *d* – in the Brynica valley to the north of Niezdara, *e* – in the Vistula river to the south of localities Brzeszcze and Góra, *f* – in the valley of Potok Leśny i.e. Milicyjny, reservoir without name, Kąpielisko, Kajakowy, Łąka, *g* – reservoirs in the Provincial Park of Culture and Recreation, *h* – reservoirs Maroko on an estate Tysiąclecia in Katowice).

S o u r c e: Made by the author

2. Geneza zbiorników wodnych

Region górnośląski znajduje się w strefie potencjalnie naturalnych krajobrazów wyżynnych, ukształtowanych głównie na skałach krzemianowych, węglanowych i lessowych, a także w strefie krajobrazów nizinnych typowych dla zwymionych teras, równin peryglacialnych oraz dolin wypełnionych utworami czwartorzędowymi (KONDRAKCI, 1994; RICHLING, OSTASZEWSKA, red., 2006). Spośród wszystkich zlodowaceń najwyraźniejszy ślad w geomorfologii obszaru należy przypisać stadiowi odry zlodowacenia środkowopolskiego, który pozostawił w bezpośrednim sąsiedztwie swego maksymalnego zasięgu różnej miąższości pokrywy osadowe, przeobrażane sedymentologicznie w neoplejstocenie i okresie późniejszym (LEWANDOWSKI, 1982; LEWANDOWSKI, KAZIUK, 1982). Plejstocenijskie przemiany krajobrazowe regionu, interpretowane przez W. STANKOWSKIEGO (1981) na podstawie zapisu w rzeźbie i osadach, odbywały się w bardzo specyficznych warunkach środowiskowych strefy marginalnej zlodowacenia odrzańskiego, w której jeziora, rozlewiska i zastoiska stanowiły istotny element powierzchniowej sieci hydrograficznej i przypuszczalnie cechowały się znacznie większym udziałem w powierzchni ogólnej niż obecnie. Neoplejstocen na obszarze współcześnie pojmowanego regionu górnośląskiego zaznaczył się jako okres formowania krajobrazu staroglacjalnego, którego domeną był zanik naturalnych zbiorników wodnych, a holocenijski cykl krajobrazotwórczy zanik ten utrwalił, choć powstało wówczas wiele naturalnych zbiorników wodnych (głównie przyrzecznych — meandrowych i starorzeczy).

Zasadnicze różnice w ewolucji krajobrazu regionu górnośląskiego w stosunku do terenów sąsiednich nastąpiły na etapie kształtowania krajobrazu kulturowego (zwłaszcza miejsko-przemysłowego). Głównie z industrialnym typem krajobrazu kulturowego w regionie górnośląskim należy wiązać przyrost liczby i powierzchni ogólnej zbiorników

wodnych pochodzenia antropogenicznego (JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 2004). Kształtowanie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego — podobnie jak innych równie uprzemysłowionych i cechujących się dużą gęstością zaludnienia aglomeracji policentrycznych (np.: Donieckiego Okręgu Przemysłowego w b. ZSRR, Zagłębia Ruhry w Niemczech, Ostrawskiego Okręgu Przemysłowego w Czechach, Regionu Północnego we Francji i innych w Wielkiej Brytanii, Chinach czy USA) — przebiegało na fali rewolucji przemysłowej z towarzyszącą jej eksploatacją surowców mineralnych, głównie zasobnych złóż węgla kamiennego, oraz rozwojem przemysłu przetwórczego (CZAJA, 1999). Tym samym o specyfice tempa i kierunków zmian w środowisku geograficznym regionu górnośląskiego zdecydowały, oprócz uwarunkowań przyrodniczych, inne czynniki o charakterze społecznym, ekonomicznym i politycznym. Uogólniając, można zatem twierdzić, że funkcjonowanie jezior i zbiorników wodnych w granicach regionów uprzemysłowionych i zurbanizowanych było warunkowane w tamtym okresie budową geologiczną, z poziomą i pionową koncentracją złóż surowców mineralnych (np. węgla kamiennego, rud cynku i ołowiu), która — jak podaje S. CZAJA (1999) — implikowała w pewnym sensie rozmieszczenie kopalń, a w dalszej kolejności także zakładów przemysłowych, miast i osiedli, sieci linii kolejowych, dróg itp. Element w taki sposób kształtowanej przestrzeni stanowiły również zbiorniki wodne, których geneza była i jest utożsamiana z konkretnym zapotrzebowaniem gospodarczym lub niepożądanym efektem działalności ludzkiej. O skali przekształcenia stosunków wodnych świadczy fakt całkowitej dominacji zbiorników antropogenicznych nad jeziorami postrzegany jako obiekty naturalne.

Należy zaznaczyć, że jeziora naturalne w granicach regionu górnośląskiego występują sporadycznie. Są to nieliczne starorzecza w Kotlinie Oświęcimskiej, często przekształcone podczas prac

regulacyjnych oraz wypełnione wodą zagłębienia deflacyjne lub obniżenia śródwydmowe utrwalone pokrywami roślinnymi na południowo-zachodnich i północno-zachodnich obrzeżeniach Wyżyny Śląskiej. O eolicznym jeziorze zaporowym z misą ukształtowaną w okresie deglacjacji lądolodu od rzańskiego i podpartą holoceniowym wałem wydmyowym można mówić prawdopodobnie w przypadku jeziora Jezioro w miejscowości Jezioro (CZYŁOK i in., 2004; FAJER i in., 2007). Istnieje ponadto wiele zbiorników wodnych, które zostały utworzone w sztucznie wypełnionych wodą naturalnych zagłębieniach śródlądowych. Również złożoną genezę (poligenezę) mają zbiorniki antropogeniczne

znajdujące się w strefie osiadań górniczych sięgających kilku, kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu metrów w pionie, np. zbiorniki w zlewni Potoku Leśnego w Katowicach.

2.1. Zbiorniki poregulacyjne

Zbiorniki poregulacyjne (rys. 4) jako odcinki zakolowych koryt rzecznych, które zostały odseparowane podczas prac regulacyjnych prowadzonych w obrębie obszarów zalewowych, stanowią jeden



Rys. 4. Przekształcone antropogenicznie starorzecza (zbiorniki poregulacyjne):

A – dolina Wisły na pograniczu gm. Bojszowy i Oświęcimia, **B** – dolina Wisły między Czarnuchowicami i Babicami, **C** – dolina Wisły na południe od Nowego Bierunia, **D** – dolina Brynicy na północ od Niezdary, **E** – dolina Wisły na południe od miejscowości Brzeszcze i Góra

Źródło: *Ortofotomapa...*, 2000b, h, i, 2001a

Fig. 4. Anthropogenically transformed abandoned channels (post-regulation reservoirs):

A – the Vistula river in the borderland of Bojszowy commune and Oświęcim, **B** – the Vistula valley between Czarnuchowice and Babice, **C** – the Vistula river to the south of Nowy Bieruń, **D** – the Brynica valley to the north of Niezdara, **E** – the Vistula river to the south of localities Brzeszcze and Góra

Source: *Ortofotomapa...*, 2000b, h, i, 2001a

z bardziej wyrazistych przykładów poligenetycznych obiektów limnicznych. Chociaż zachowały wiele cech morfometrycznych, biotopowych i biocenotycznych właściwych też starorzeczom, a ich misa została wypreparowana przez naturalne procesy meandrowania, to zaliczane są do jezior antropogenicznych, bowiem o ostatecznej zmianie środowiska rzeczno-jeziornego zdecydowały techniczne zabiegi regulacyjne, a nie ogół procesów fluwialnych.

Antropogenicznie przekształcone starorzecza zachowały zakolowy kształt mis, jednak ograniczeniu do minimum uległy sezonowe wlewy wód rzecznych w okresach wezbrań. Skrajnym następstwem zmian reżimu hydrologicznego tych dolinnych zbiorników poligenetycznych jest ich wysychanie, wobec dominacji pionowej wymiany wody w akwencie nad wcześniejszym typem okresowej reolimniczności.

2.2. Zbiorniki poeksploatacyjne

Poeksploatacyjne zbiorniki wodne zajmują zagłębienia, które powstały w rezultacie odkrywkowego wyeksploatowania surowców mineralnych (fot. 1), np.: węgla kamiennego, rud cynku i ołowiu, piasku, wapieni, dolomitów, siarki itp. Powierzchnia jezior poeksploatacyjnych liczy od kilkudziesięciu metrów kwadratowych do kilku kilometrów kwadratowych (tabela 1), a czynnikiem lokalizacyjnym tych akwenów jest miejsce i zasięg występowania złóż surowców mineralnych. Decyzja o utworzeniu zbiornika wodnego jest zazwyczaj jednym z wielu wariantów pogórniczego zagospodarowa-

nia terenu. Warto zaznaczyć, że ten sposób rekultywacji jest najczęściej wybierany jako metoda regeneracji środowiska po zniszczeniach dokonanych przez górnictwo powierzchniowe wobec alternatywnego zasypywania wyrobiska odpadami. Zdarzają się jednak sytuacje, w których zbiornik wodny powstawał w dawnej odkrywce eksploatacyjnej po jej częściowym wypełnieniu odpadami górnictwa węglowego (np. Pławniowice) lub jest zasypywany odpadami poprodukcyjnymi (np. Górka w Trzebini). Wiele niewielkich zbiorników wodnych zajmuje zagłębienia po średniowiecznej eksploatacji rud cynku i ołowiu na pograniczu Bytomia i Tarnowskich Gór. Także wypełnione wodą nierówności terenowe pozostałe po odkrywkowym wydobyciu węgla kamiennego, do którego skłonity wychodnie karbonu z płytko zalegającymi jego pokładami (w Dąbrowie Górniczej-Redenie grubość eksploatowanego pokładu wynosiła ok. 20 m i była ewenementem na skalę światową), w okolicach Jaworzna, Katowic, Rudy Śląskiej, Zabrze, Mikołowa, mimo upływu lat tworzą nieliczne powęglowe zbiorniki wodne.

Zbiorniki poeksploatacyjne charakteryzują się specyficzną morfometrią (rys. 5). Kształt misy jeziornej uwarunkowany jest układem dna i krawędzi dawnego pola eksploatacyjnego, co najwyżej zmodyfikowanym w okresie przygotowania zagłębienia do zatopienia. Zazwyczaj dominującą cechą są duże średnie głębokości w zestawieniu z głębokością maksymalną, co jest rezultatem dużego nachylenia ścian odkrywki oraz płaskodенności formy wklęsłej. Pozostałe parametry morfometryczne są zróżnicowane i należy je rozpatrywać indywidualnie w odniesieniu do zbiorników powstałych w dołach po eksploatacji: węgla kamiennego, piasku, żwiru, ilów, wapieni, dolomitów i innych

Tabela 1. Największe poeksploatacyjne zbiorniki wodne w regionie górnośląskim

Table 1. The largest post-exploitation water reservoirs in the Upper Silesian Region

Nazwa zbiornika wodnego	Współrzędne geograficzne		Początek użytkowania	Pojemność całkowita [hm ³]	Powierzchnia maksymalna [km ²]
	długość geograficzna	szerokość geograficzna			
Dzierżno Duże	50° 22' 24" N	18° 33' 25" E	1964	94,0	6,2
Dzieńkowice	50° 08' 07" N	19° 14' 07" E	1976	52,5	7,1
Kuźnica Warężyńska	50° 22' 38" N	19° 12' 06" E	2005	51,1	5,6
Pławniowice	50° 23' 29" N	18° 28' 08" E	1976	29,1	2,4
Dzierżno Małe	50° 23' 16" N	18° 33' 51" E	1938	12,6	1,6
Pogoria III	50° 21' 13" N	19° 12' 05" E	1974	12,0	2,1
Pogoria I	50° 21' 27" N	19° 14' 15" E	1943	3,6	0,7
Nakło-Chechło	50° 28' 04" N	18° 54' 49" E	1965	1,5	0,9
Sosina	50° 14' 27" N	19° 19' 50" E	1977	1,0	0,6

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Made by the author.

surowców wymienianych przez H. BOLEWSKIEGO i A. GRUSZCZYKA (1989).

Najmłodszym zbiornikiem antropogenicznym funkcjonującym w zrekultywowanym wyrobisku popiaskowym jest utworzona w 2005 r. Kuźnica Warężyńska – trzeci pod względem powierzchni (maksymalnie 5,6 km²) i drugi co do wielkości re-

tencji (maksymalnie 51,14 hm³) tzw. zbiornik popiaskowy w Polsce.

Zbiornik Kuźnica Warężyńska spełnia zadania przeciwpowodziowe we współpracy ze zbiornikiem zaporowym Przeczycy i niżej położonym genetycznie takim samym zbiornikiem Pogoria III. Dzięki rezerwie powodziowej, która wynosi ok. 8 hm³,

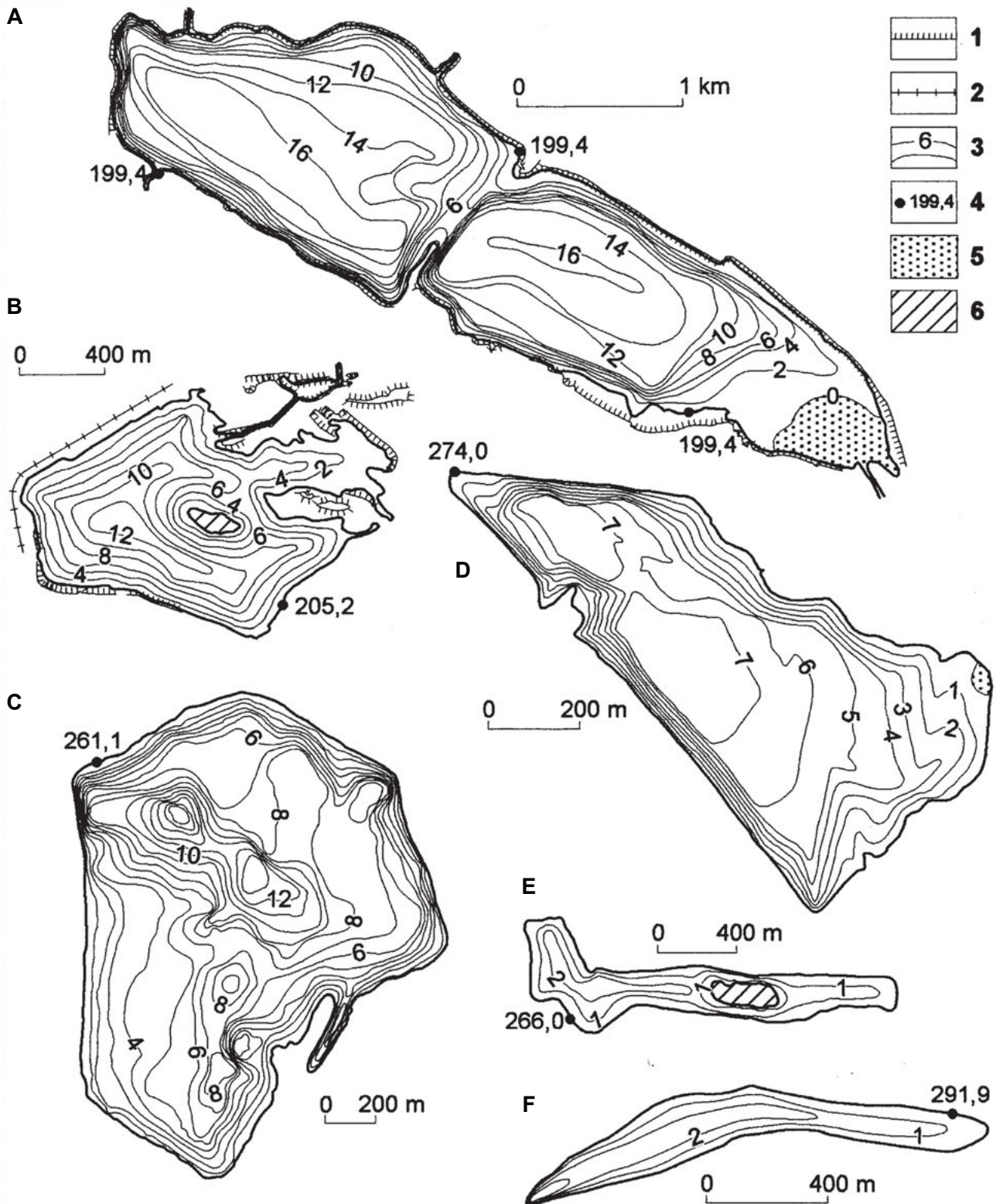


Fot. 1. Zbiorniki w wyrobiskach po eksploatacji odkrywkowej (fot. M. RZĘTAŁA):

A – węgla kamiennego w Dąbrowie Górniczej, **B** – rud cynku i ołowiu w Bytomiu, **C** – dolomitów w Siewierzu, **D** – piasków w Rogoźniku, **E** – piasków z domieszką żwirów w Dąbrowie Górniczej, **F** – piasków z domieszką ilów w Pyskowicach

Photo 1. Reservoirs in excavations after open-cast exploitation of (photo by M. RZĘTAŁA):

A – black coal in Dąbrowa Górnicza, **B** – zinc and lead ores in Bytom, **C** – dolomites in Siewierz, **D** – sands in Rogoźnik, **E** – sands with admixture of gravels in Dąbrowa Górnicza, **F** – sands with admixture of clays in Pyskowice



Rys. 5. Batymetria przykładowych mis zbiorników poeksploatacyjnych – Dzierżno Duże (A) i Małe (B), Pogoria III (C) i Pogoria I (D), Sosina (E) i Rogoźnik (F):

1 – krawędzie poeksploatacyjne, 2 – nasypy i obwałowania nadpoziomowe, 3 – izobaty [m], 4 – rzędna zwierciadła wody podczas wykonywania pomiarów batymetrycznych [m n.p.m.], 5 – delty i strefy akumulacji fluwialnej, 6 – wyspy jako ostańce poeksploatacyjne

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych

Fig. 5. Bathymetry of exemplifying bowls of post-exploitation water reservoirs – Dzierżno Duże (A) and Małe (B), Pogoria III (C) and Pogoria I (D), Sosina (E) and Rogoźnik (F):

1 – post-exploitation scarps, 2 – over-level embankments and ramparts, 3 – isobaths [m], 4 – datum of water table during bathymetric measurements [m a.s.l.], 5 – deltas and zones of fluvial accumulation, 6 – islands as post-exploitation remnants

Source: Study on the base of results of author's own research

Kuźnica Warężyńska przyczynia się do ok. 4-krotnego zredukowania ewentualnych przepływów powierzchniowych Przemyszy z $Q_{1\%} = 60 \text{ m}^3/\text{s}$ do przepływu $14,3 \text{ m}^3/\text{s}$ oraz z $Q_{0,3\%} = 80 \text{ m}^3/\text{s}$ do $19,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

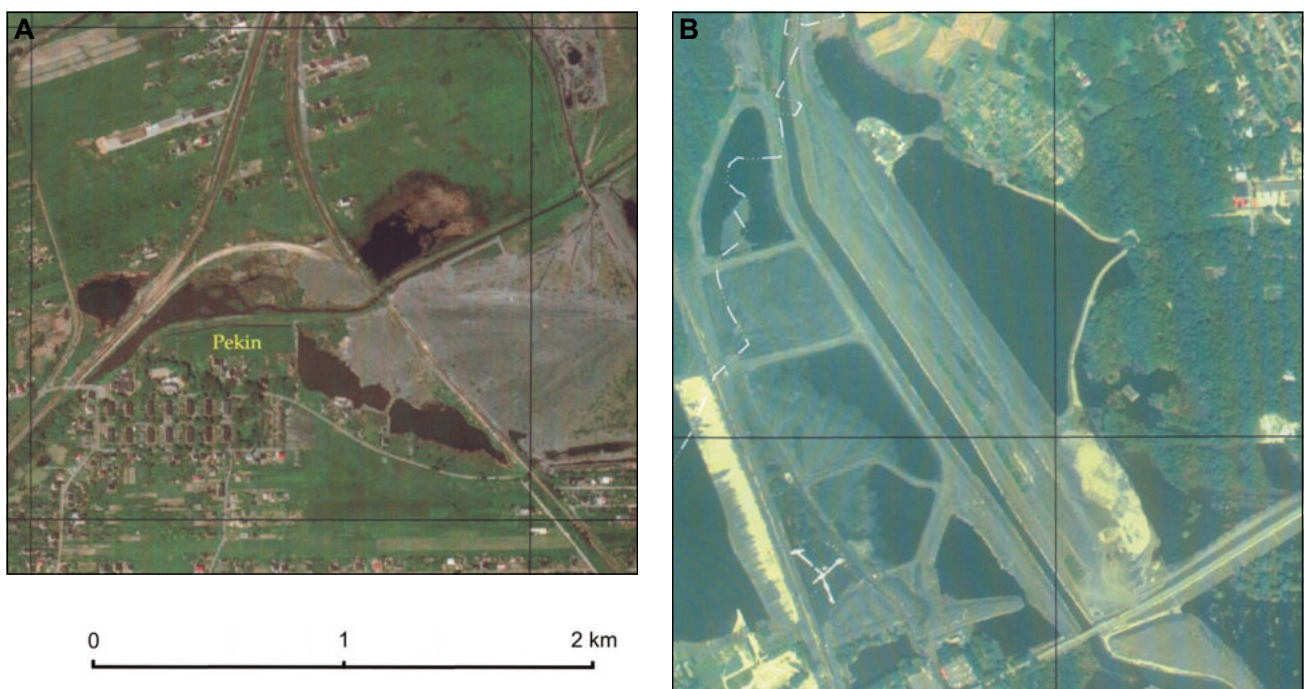
2.3. Zbiorniki w nieckach osiadania i zapadliskach

W regionie górnośląskim występują ważne surowce mineralne, jak: węgiel kamienny, rudy cynku i ołowiu, rudy żelaza (obecnie już nieeksploatowane), piaski, żwiry, dolomity itd. Rudy cynku i ołowiu oraz żelaza eksploatowano już we wczesnym średniowieczu, a węgiel kamienny — na skalę przemysłową — od końca XVIII w. (ŻMUDA, 1973; KONDRACKI, 1998). Wraz z technologicznym zaawansowaniem procesu wydobywania surowców mineralnych postępowały techniki skutecznego przeciwdziałania negatywnym skutkom górnictwa podziemnego. Podziemne pustki powstałe po wyeksploatowaniu złoża były wypełniane materiałem podsadzkowym, który pozyskiwano z eksploatacji powierzchniowej pokryw piaszczystych. Podsadzka hydrauliczna wyrobisk nie zapobiega jednak zawaleniom podziemnych przestrzeni, ugięciom warstw utworów położonych ponad wyeksploatowanymi pokładami, a także ciągłym i nieciągłym

deformacjom powierzchni terenu, które zagrażają w regionie łącznie ponad 1000 km^2 (DWUCET i in., 1992). Uwzględniając maksymalne możliwości obniżenia terenu, oszacowane w przypadku górnictwa węgla kamiennego na 0,8 grubości pokładu wyeksploatowanego metodą na „na zawał” (czyli bez podsadzki) i 0,2 w przypadku stosowania podsadzki, należy się spodziewać docelowo lokalnych osiadań terenu o kilkadziesiąt metrów, co potwierdzają aktualnie stwierdzone obniżenia o ponad 30 m (DWUCET, WACH, 1994), np. w północnej części Bytomia (28–32 m).

Strefy osiadań i zapadlisk górniczych stanowią pod względem hydrologicznym — w zależności od podłoża i sytuacji hipsometrycznej — bezodpływowe chłonne bądź ewapotranspiracyjne baseny retencyjno-sedymentacyjne lub zagłębienia zmieniające dotychczasowy profil podłużny doliny rzecznej w zbiorniki reolimniczne (rys. 6).

Zbiorniki w nieckach osiadania i zapadliskach w bardzo krótkim czasie asymilują się z otaczającym środowiskiem (SZCZYPEK, WACH, 1992). A.T. JANKOWSKI i in. (2001) sugerują występowanie procesu przyrodniczo bezkolizyjnej kompozycji krajobrazowej zbiorników w nieckach osiadania, wywołującej konflikty jedynie w sferze ludzkiej działalności. Procesowi hydrologicznego kształtowania tego typu zbiorników, jako konsekwencji zmian stosunków wodnych odpowiadających przemianom orograficznym, towarzyszy wiele przemian o charakterze



Rys. 6. Przykłady mis zbiorników w nieckach osiadania i zapadliskach w Sosnowcu-Klimontowie (A) i Knurów-Szczygłowicach (B)
Źródło: Ortofotomapa..., 2000f, g

Fig. 6. Examples of bowls of reservoirs in subsidence and collapse depressions in Sosnowiec-Klimontów (A) and Knurów-Szczygłowice (B)
Source: Ortofotomapa..., 2000f, g

biotopowym i biocenotycznym, których wyrazem jest spontaniczna zmiana warunków siedliskowych z lądowych na wodno-lądowe i wodne z powolną przebudową składu gatunkowego włącznie.

Zbiorniki w nieckach osiadania i zapadliskach są niezwykle dynamicznym elementem środowiska. Powstały, powstają i będą powstawać najczęściej wbrew woli człowieka, wyrządzając wiele szkód ekonomicznych. Podejmowanie działań profilaktycznych (np. stosowanie podsadzki w kopalniach) oraz likwidujących skutki wyrządzonych już szkód nie zmienia faktu, że procesy deformacji powierzchni terenu będą się ujawniać nawet po kilkudziesięciu latach od zakończenia wgłębnej eksploatacji złóż. Skalę powstawania zbiorników w nieckach osiadania i zapadliskach dokumentują ich zmiany na terenie: Bytomia — od 25 (łąčna powierzchnia 4,13 ha) w latach 1881–1902 do 75 (58,38 ha) w 1989 r. (JANKOWSKI, 1991), Sosnowca — od 3 (0,14 km²) w 1891 r. do 60 (0,38 km²) w 1985 r. (CZAJA, 1994), czy Chorzowa — od 4 w 1900 r. do 48 w 1994 r. (CZAJA, RZĘTAŁA, 1999).

2.4. Zbiorniki zaporowe

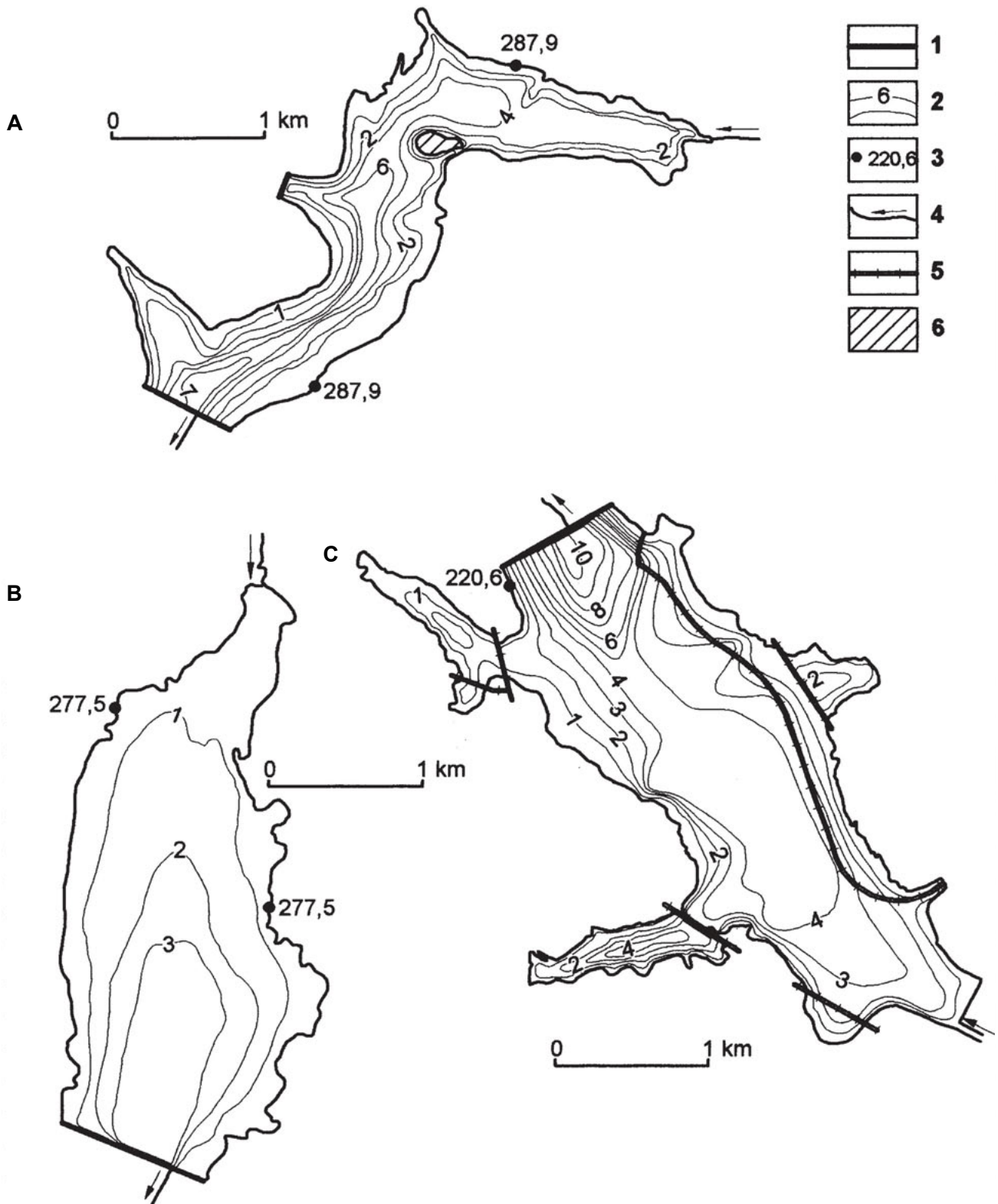
Zbiorniki zaporowe (rys. 7) powstają w miejscach, w których morfologia doliny sprzyja wzniesieniu budowli piętrzącej. Funkcjonowanie obiektu nawet w okresach posusznych zapewniają precyzyjnie określone funkcje potencjalnej budowli i retencji powierzchniowej oraz wystarczająca ilość wód zasilających. Zaporowe zbiorniki wodne są zlokalizowane w dolinach rzecznych o różnej głębokości wcięcia. Rozległe i płaskodenne dno doliny Wisły przepływającej przez Kotlinę Oświęcimską zajmuje zbiornik Goczałkowice. Nieco węższą dolinę Rudy, wypreparowaną w czwartorzędowych utworach Płaskowyżu Rybnickiego, wypełniają wody Zbiornika Rybnickiego. Spiętrzenie wód Czarnej Przemszy w okolicach Przeczyc było możliwe dzięki wybudowaniu zapory w miejscu przełomu rzeki przez próg środkowotriasowy, a przy budowie zbiornika Kozłowa Góra na Brynicy wykorzystano naturalny charakter górnej części zagłębienia Kotliny Józefki.

Zbiorniki zaporowe w regionie górnośląskim są nieliczne; największe z nich występują na obrzeżach jego zurbanizowanych i uprzemysłowionych terenów. Największy pod względem powierzchni i możliwości retencyjnych jest wybudowany w latach 50. XX w. zbiornik Goczałkowice, który maksymalnie zajmuje powierzchnię 32 km², przy pojemności 167 hm³. Dużo mniejszym akwe-

nem jest Zbiornik Rybnicki, który zajmuje maksymalnie 4,7 km² i ma możliwości retencyjne rzędu 22 hm³. Następne w kolejności, jeśli chodzi o wielkość, to: zbiornik Kozłowa Góra (powierzchnia maksymalna — 5,9 km², pojemność maksymalna — 15,3 hm³) oraz zbiornik Przeczycze (powierzchnia maksymalna — 5,1 km², pojemność maksymalna — 20,7 hm³). Jednym z młodszych zbiorników zaporowych, oddanym do użytku w 1986 r., jest Łąka (powierzchnia maksymalna — 3,5 km², pojemność maksymalna — 11,2 hm³) na rzece Pszczynka. Z kolei najmłodszym akwenem zaporowym o pojemności 1,2 hm³ jest zbiornik Słupsko, wybudowany na Potoku Toszeckim, powyżej zbiornika poeksploatacyjnego Pławniowice, i oddany do użytku w 2003 r. Najstarszy istniejący zbiornik to Paproć, wybudowany zapewne w 1870 r., mimo że niepotwierdzone przesłanki dokumentacyjne świadczą o prawdopodobnym jego istnieniu w latach wcześniejszych. Obecnie jego powierzchnia maksymalna wynosi 1,2 km², a pojemność maksymalna nie przekracza 2,5 hm³.

Zasadniczą cechą morfometryczną zbiorników zaporowych jest rozkład głębokości nawiązujący do spadków podłużnych i poprzecznych zatopionej doliny, z minimum przy brzegach sąsiadujących z jej zboczami oraz w strefie cofki i maksimum w części zbiornika przy odwodnej stronie zapory. Są one również zróżnicowane pod względem powierzchni i możliwości retencyjnych. W przeszłości osiągały niewielkie rozmiary wobec technicznych ograniczeń w zakresie bezpiecznego piętrzenia wody, lecz wraz z rozwojem budownictwa wodnego funkcjonowanie tych zbiorników zaczęto rozpatrywać w kategoriach nie tylko lokalnych, ale także regionalnych i ponadregionalnych problemów środowiskowych, co jest logiczną konsekwencją zmieniającej się w czasie skali ich wpływu na środowisko.

Zbiorniki zaporowe w regionie górnośląskim są wielofunkcyjne. Zbiornik Kozłowa Góra wybudowany w celach strategicznych (militarno-obronnych) w latach 30. XX w., został adaptowany na potrzeby produkcji wody w okresie powojennym, a w ograniczonym zakresie spełnia funkcje przeciwpowodziowe oraz turystyczno-rekreacyjne. Podstawowym celem budowy zbiornika Goczałkowice było zaspokojenie potrzeb wodnych regionu górnośląskiego, a jednocześnie miał on spełniać zadania przeciwpowodziowe i — w ograniczonym stopniu — rekreacyjno-turystyczne. Zbiornik Rybnicki charakteryzuje nadrzędne wykorzystanie wód do celów chłodniczych, przy mniejszym znaczeniu rekreacyjnym i przeciwpowodziowym. Zbiornik Paproć pełni głównie zadania turystyczno-rekreacyjne, a zbiornik Słupsko powstał jako akwen wyrównawczy o cechach małej retencji.



Rys. 7. Batymetria przykładowych mis zbiorników zaporowych – Przeczyce (A), Kozłowa Góra (B) i Zbiornik Rybnicki (C):
 1 – zapory, 2 – izobaty [m], 3 – rzędna zwierciadła wody podczas wykonywania pomiarów batymetrycznych [m n.p.m.], 4 – ważniejsze cieki (dopływy i odpływy), 5 – groble i przegrodzenia, 6 – wyspy
 Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych

Fig. 7. Bathymetry of exemplifying bowls of dam reservoirs – Przeczyce (A), Kozłowa Góra (B) and Rybnicki (C):
 1 – dams, 2 – isobaths [m], 3 – datum of water table during bathymetric measurements [m a.s.l.], 4 – more important streams (inflows and outflows), 5 – weirs and dams, 6 – islands
 Source: Study on the base of results of author's own research

2.5. Zbiorniki groblowe

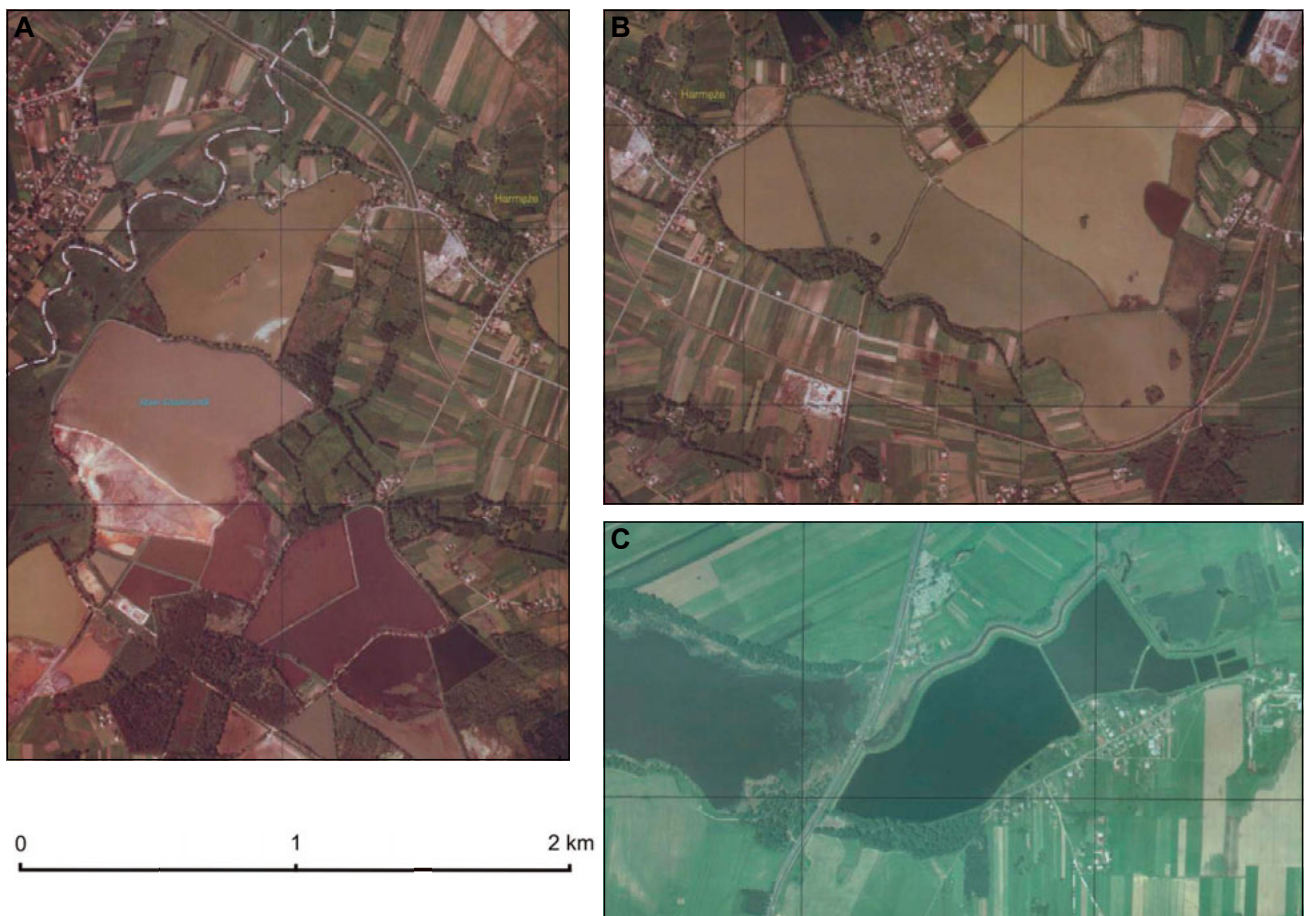
W dolinach rzek, na obrzeżach uprzemysłowionej części regionu górnośląskiego, są duże możliwości retencjonowania wód czystych, czemu sprzyja stabilność korzystnego jakościowo przepływu rzecznej. Dzięki budowie urządzeń wodnych do retencji wód powierzchniowych przystosowano nawet płaskodenne doliny rzeczne – tam też występuje najczęściej zbiorników groblowych (rys. 8), które o wiele rzadziej są spotykane w strefach zbocz dolinnych i na terenach wysoczyznowych.

Charakterystyczną cechą zbiorników groblowych jest ich płaskodенność, wynikająca z niewielkiego zróżnicowania pionowego zajmowanych przez nie obszarów inundacyjnych, oraz niewielka głębokość (ok. 1–1,5 m), warunkowana wysokością grobli ograniczających akwen, co przekłada się na zbliżone do jedności wartości wskaźników głębokościowych. Szczególnie wiele zbiorników

groblowych występuje w granicach Kotliny Oświęcimskiej, a zwłaszcza w mezoregionie Dolina Górnej Wisły. Systemy groblowej zabudowy den dolin rzecznych spotyka się również na obrzeżach Wyżyny Śląskiej, np. u ujścia Mitręgi do Czarnej Przemszy, gdzie istnieje kaskadowy układ akwenów, z urządzeniami umożliwiającymi selektywną alimentację wodami powierzchniowymi rozprzeczonymi grawitacyjnie. Pojedyncze zbiorniki groblowe spotyka się na terenach zurbanizowanych i uprzemysłowionych, chociaż w dużej mierze mają charakter poligenetyczny.

2.6. Inne typy zbiorników

Do grupy pozostałych zbiorników antropogenicznych zaklasyfikowano akweny raczej niewielkie, o ograniczonych możliwościach wykorzystania



Rys. 8. Przykłady zbiorników groblowych:

A – dolina Wisły na północ od miejscowości Brzeszcze, **B** – okolice miejscowości Harmęże, **C** – rejon ujścia Mitręgi do Czarnej Przemsza

Źródło: *Ortofotomapa...*, 2000c, j

Fig. 8. Examples of weir reservoirs:

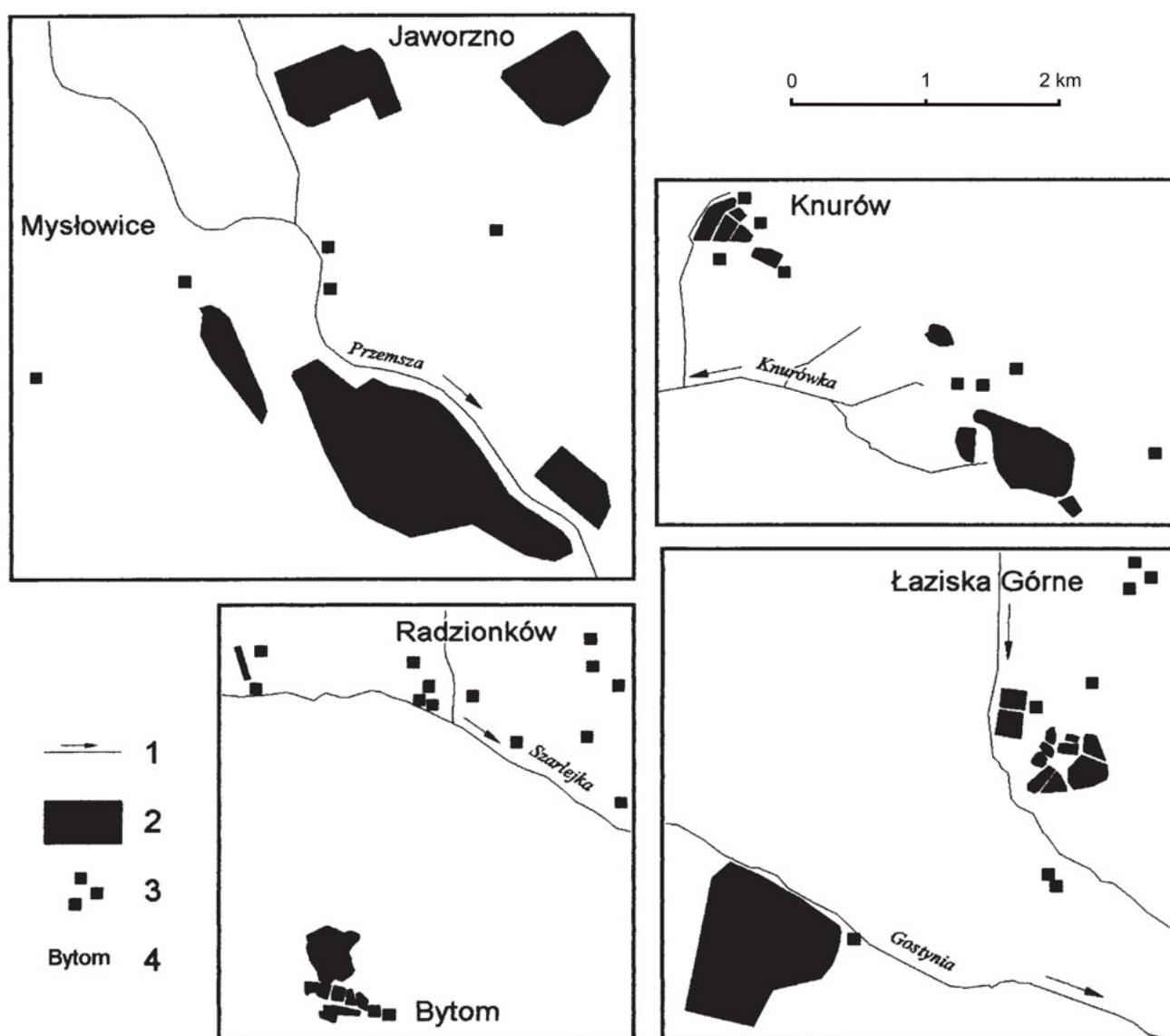
A – the Vistula river to the north of locality Brzeszcze, **B** – neighbourhood of locality Harmęże, **C** – region of the confluence of the Mitrega to the Czarna Przemsza

Source: *Ortofotomapa...*, 2000c, j

lub przeznaczeniu specjalnym. Wśród nich należy wymienić sadzawki, które są wypełnionymi wodą niewielkimi zagłębieniami wykopanymi w gruncie, utworzonymi w rezultacie konkretnego zapotrzebowania społecznego lub gospodarczego na retencję wód stojących. Materiał ziemny zgromadzony podczas budowy sadzawki stanowi zazwyczaj zagospodarowywany materiał odpadowy, nie jest bowiem surowcem wykorzystywanym gospodarczo, jak w przypadku kopaliny wydobywanych z wyrobisk zajmowanych później przez zbiorniki poeksploatacyjne. Można sądzić, że sadzawki urozmaicają głównie krajobraz terenów wiejskich w dobie wzrastającego udziału wodociągów

w zaopatrzeniu w wodę i wobec spadku znaczenia ich retencji będą zanikać.

Mianem pozostałych zbiorników antropogenicznych określa się również akwenty o misach betonowych bądź ukształtowanych z innych materiałów sztucznych (rys. 9). W polskiej literaturze geograficznej, a nawet limnologicznej, często są one określane dość enigmatycznie jako: „inne”, „sztuczne”, „betonowe”, „baseny”, co nie w pełni oddaje ich genetyczną odrębność od pozostałych typów, aczkolwiek wydaje się określeniem najtrafniejszym wobec przypisywania im nazewnictwa semantycznie wskazującego na funkcjonalność obiektu (np. przemysłowe).



Rys. 9. Zbiorniki o typowo antropogenicznych misach („pozostałe”, „inne”, „betonowe”, „baseny” itp.):

1 – cieki powierzchniowe, 2 – sztuczne zbiorniki wodne (które można przedstawić w skali), 3 – sztuczne zbiorniki wodne (których nie można przedstawić w skali), 4 – ważniejsze miejscowości

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych

Fig. 9. Reservoirs of typical anthropogenic bowls („remaining”, „other”, „concrete”, „pools” etc.):

1 – surface streams, 2 – artificial water reservoirs (which can be presented on the scale), 3 – artificial water reservoirs (which cannot be presented on the scale), 4 – more important localities

Source: Study on the base of results of author's own research

3. Uwarunkowania i konsekwencje poziomej i pionowej wymiany wody w zbiornikach

3.1. Składowe poziomej i pionowej wymiany wody

Hydrogeneza zbiorników regionu górnośląskiego jest efektem specyficznego obiegu wody na tym terenie, a jego zróżnicowanie w przypadku poszczególnych zbiorników wyraża ich bilans wodny. Jest on bardzo skomplikowany, co wynika ze złożoności uwarunkowań nie tyle przyrodniczych, ile w głównej mierze antropogenicznych. W dużym stopniu zależą one od warunków klimatycznych, których wyrazem są opady atmosferyczne. Według danych IMGW, w latach hydrologicznych 1963–2007 wynosiły one w Katowicach średnio 724 mm, przy minimalnej rocznej sumie 498 mm (1964 r.) i maksymalnej rocznej sumie 1020 mm (1977 r.). Zróżnicowanie opadów atmosferycznych i ukształtowania terenu, odmienne możliwości retencji wód na terenie zlewni oraz przerzuty, a także zrzut ścieków i wód pochodzących z odwodnienia złóż eksploatowanych surowców mineralnych powodują duże różnice w przepływach rzek (MACHOWSKI i in., 2003). Średnio wynoszą one od kilku dziesiątych metra sześciennego na sekundę w przypadku niewielkich cieków do kilku metrów sześciennych na sekundę (np.: Olza, Ruda, Bierawka, Kłodnica, Mała Panew, Wisła powyżej zbiornika Goczałkowice, Biała, Gostynia, Warta), a sporadycznie do kilkunastu metrów sześciennych na sekundę (Soła, okresowo Przemsza) i kilkudziesięciu metrów sześciennych na sekundę (Odra, okresowo Przemsza, Wisła poniżej ujścia Soły).

Naturalny obieg wody podlega bardzo różnorodnym modyfikacjom, wynikającym z bieżącej realizacji zadań z zakresu gospodarki wodno-ściekowej, pozostającej w bezpośrednim związku z użytkowaniem terenu. Obieg wody modyfikowany jest powszechnie zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym, chociaż niektóre zbiorniki uległy już

asymilacji z otaczającym środowiskiem i wykazują cechy reżimu hydrologicznego jezior. Z reguły jednak sztucznie sterowane obiegi wody znajdują odzwierciedlenie w zmianie poszczególnych elementów bilansu wodnego.

Możliwości i forma opisu wybranych elementów obiegu wody są podyktowane wieloma względami, z których do ważniejszych zalicza się:

- niepełny zakres danych „wyjściowych” służących do obliczenia wszystkich składowych bilansu wodnego, mimo dużego zasobu informacji pochodzących z sieci posterunków osłony hydrologiczno-meteorologicznej oraz różnej rangi punktów monitoringu środowiska;
- konieczność uogólnień i uproszczeń w przypadku ewentualnego stosowania równań bilansowych opartych na wzorach empirycznych;
- częste, aczkolwiek okresowe, rzadziej epizodyczne, zmiany poziomów piętrzenia wody.

Aby ustalić rolę antropopresji w kształtowaniu obiegu wody w zbiornikach antropogenicznych, oszacowano tylko niektóre spośród wielu obliczanych zwykle elementów bilansu wodnego: dopływ i odpływ powierzchniowy, parowanie, opady, retencję zbiornikową. Szacowano na podstawie bezpośrednich pomiarów hydrologicznych, meteorologicznych i limnometrycznych bądź z zastosowaniem wielu ogólnośrodowiskowych lub regionalnych wzorów empirycznych. Obliczenia zostały wykonane na podstawie zmodyfikowanych, wcześniej opracowanych formuł (RZĘTAŁA, 2000) zaproponowanych dla zbiorników antropogenicznych, uwzględniających duże wahania stanów wody, dynamiczne zmiany powierzchni akwenów, sztuczne sterowanie obiegiem wody itd. Z tych powodów wyniki obliczeń wyrażono w hektometrach sześciennych, a nie w milimetrach, jak zazwyczaj jest to przyjęte w pracach geograficznych. Podstawowa formuła bilansu wodnego systematycz-

nie weryfikowanego dla roku hydrologicznego (1) uwzględnia zestawienia dla miesięcznych podokresów bilansowych (2), również weryfikowanych na podstawie wielkości retencji początkowej i końcowej, przy czym wszystkie składowe są wyliczane niezależnie (3–7).

$$R_p + \sum_{i=1}^n D_m + \sum_{i=1}^n P_m - \sum_{i=1}^n E_m - \sum_{i=1}^n O_m + \Delta R_b = R_k \quad (1)$$

$$R_p + D_m + P_m - E_m - O_m + \Delta R_b = R_k \quad (2)$$

$$D_m = Q_m \times s \times d \times 10^{-6} \quad (3)$$

$$O_m = \frac{\sum_{i=1}^n Q_o \times d}{10^6} \quad (4)$$

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n P \times A_z}{10^5} \quad (5)$$

$$E_m = E_l \times A_z \times 10^{-5} \quad (6)$$

$$\Delta R_b = R_k - R_p + O_m - D_m - P_m + E_m \quad (7)$$

gdzie:

A_z – powierzchnia zbiornika [ha];

d – liczba dni w miesiącu;

D_m – dopływ do zbiornika wód powierzchniowych ze zlewni w ciągu miesiąca [hm³];

E_l – miesięczna suma wyparowanej wody w milimetrach wg formuły Iwanowa, tj. $E_l = 0,0018(25 + t)^2(100 - f)$; t – średnia miesięczna temperatura powietrza atmosferycznego [°C]; f – średnia miesięczna wilgotność względna powietrza atmosferycznego [%];

E_m – miesięczne parowanie z powierzchni zbiornika [hm³];

O_m – miesięczny odpływ powierzchniowy ze zbiornika [hm³];

P – dobowy suma opadów atmosferycznych na powierzchnię zbiornika [mm];

P_m – miesięczny opad atmosferyczny na powierzchnię zbiornika [hm³];

Q_m – średni miesięczny przepływ w ciekach zasilających zbiornik [m³/s];

Q_o – średni dobowy przepływ w ciekach odprowadzających wodę ze zbiornika [m³/s];

R_k – retencja zbiornika pod koniec okresu bilansowego [hm³];

R_p – retencja zbiornika na początku okresu bilansowego [hm³];

ΔR_b – różnica bilansowa [hm³];

s – liczba sekund w dobie;

$10^6, 10^{-6}, 10^5, 10^{-5}$ – przeliczniki pozwalające na wyrażenie obliczeń w [hm³].

Roczną alimentację zbiorników przez opady atmosferyczne obliczono, uwzględniając średnie miesięczne powierzchnie akwenu. Wielkości bezwzględne alimentacji atmosferycznej kształtują się na poziomie od setek i tysięcy metrów sześciennych na rok w przypadku niewielkich powierzchniowo

sztucznych jezior do 20–25 hm³/r. w odniesieniu do zbiornika Goczałkowice. Stanowi ona, w zależności od akwenu, od kilku do kilkunastu procent wielkości całkowitego zasilania zbiorników. Udział opadów atmosferycznych w całkowitym zasilaniu misy jeziornej jest przede wszystkim pochodną wielkości zbiornika oraz wielkości dopływu powierzchniowego, chociaż faktycznie zależy także od wielkości podziemnego zasilania. Tak duże zróżnicowanie jest konsekwencją dynamicznie zmieniającej się powierzchni akwenów i wielkości rocznych sum opadów atmosferycznych. Ponadto część opadów dostarczonych do strefy odsłoniętego dna jest następnie przemieszczana dzięki spływowi powierzchniowemu w stronę otwartej toni wodnej lub – wobec kolmatacji podłoża – ulega parowaniu w warunkach silnej radiacji. W strefie brzegowej niektórych zbiorników antropogenicznych obficie występuje roślinność litoralna, dzięki czemu wody opadowe – przy obniżonym poziomie piętrzenia – podlegają dodatkowo procesom intercepcji oraz ewapotranspiracji.

Brak posterunków pomiarowych w ujściowych odcinkach dopływów do zbiorników znacznie utrudnia obliczenia wielkości dopływu powierzchniowego, tj. ilości wody dopływającej w okresie bilansowym do zbiorników wodnych z ich zlewni. Wielkości te można oceniać na podstawie danych z posterunków wodowskazowych na dopływach, w niektórych przypadkach uzupełniając szacunki o wielkości odpływu ze zlewni różnicowych, ograniczonych wyżej położonymi profilami wodowskazowymi i zbiornikami (szacunkowe wielkości odpływu ze zlewni różnicowej wyznaczono na podstawie średnich rocznych odpływów jednostkowych dla wyżej położonych zlewni cieków). Obliczenia wykonane na podstawie wymienionych założeń wykazały bardzo istotne zróżnicowanie rocznych wielkości dopływu powierzchniowego wody ze zlewni do zbiorników. Z reguły udział dopływu powierzchniowego w całości zasilania wynosi ponad 80%. Wyjątek stanowią zbiorniki pozbawione dopływów powierzchniowych, w których woda pochodzi z zasilania atmosferycznego i gruntowego.

Na odpływ powierzchniowy (ilość wody odpływającą w okresie bilansowym ze zbiornika) w przypadku wielu obiektów składają się, oprócz wielkości upustu bądź naturalnego odpływu, także ilości wody pobierane z misy w celu zaspokojenia gospodarczych potrzeb wodnych. Ogółem wody odpływające wraz ze sztucznie odprowadzonymi stanowią po stronie rozchodów w większości akwenów ponad 90% (wyjątkiem są tzw. zbiorniki bezodpływowe, w przypadku których po stronie rozchodów wody dominuje parowanie i czasami znaczący odpływ podziemny).

Parowanie jest jedną z trudniejszych do oszacowania pozycji bilansu wodnego zbiorników w regionie górnośląskim, nie tyle ze względu na przyrodnicze, ile antropogeniczne uwarunkowania obiegu wody. Obciążenie wód zanieczyszczeniami termicznymi oraz modyfikacja warunków termiczno-wilgotnościowych na terenach uprzemysłowionych i zurbanizowanych pogłębiają obawy o niedoszacowanie tej składowej bilansu wodnego oraz czynią je w pełni uzasadnione, zwłaszcza w świetle empirycznych analiz hydrometeorologicznych, przedstawionych ostatnio między innymi przez A. RÖSLERA (2002). Przegląd wyników wcześniej realizowanych w regionie górnośląskim badań nad parowaniem ze zbiorników (por. JURAK, 1968) wskazuje, że najbardziej reprezentatywną metodą wyznaczania wielkości parowania rzeczywistego z powierzchni wody są pomiary ewaporometryczne. Niemniej jednak brak możliwości ich przeprowadzenia oraz zasób dostępnych obserwacyjnych danych meteorologicznych i limnometrycznych przesądziły o zastosowaniu w obliczeniach formuły Iwanowa (CHOIŃSKI, 1995, 2007), uzależniającej wielkość parowania od średniej miesięcznej temperatury i od średniej miesięcznej wilgotności względnej powietrza atmosferycznego. Nie zmienia to zasadniczo obrazu wielkości parowania z powierzchni ogromnej większości akwenów przepływowych, szacowanego zazwyczaj na kilka procent ilości wody po stronie rozchodów (często w granicach błędu dopuszczalnego w badaniach geograficznych, ustalanego przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$), chociaż dla zbiorników bezodpływowych jest ono dominującą pozycją w uszczupieniu retencji.

Retencja jeziorna (zbiornikowa) jest utożsamiana z ilością wody wypełniającej misę. W przypadku zbiorników wodnych mających znaczenie społeczno-gospodarcze jest bardzo dobrze rozpoznany składnikiem bilansu wodnego. Często na podstawie codziennych obserwacji jest dokumentowana nawet kilkudziesięcioletnimi ciągami pomiarowymi. Mimo to sporządzenie ocen składowych retencji wydaje się nie tyle trudne, ile obarczone zbyt dużym błędem. Niedostatek materiału liczbowego odnosi się zwłaszcza do dopływu i odpływu podziemnego, a w niektórych przypadkach także niekontrolowanego zrzutu ścieków.

Pojawienie się w krajobrazie antropogenicznych zbiorników wodnych spowodowało wiele modyfikacji w małym i lokalnym obiegu wody. W niektórych przypadkach konwersja jest ograniczona do klasycznej zmiany środowiska z lądowego na akwen wodny z całym wachlarzem skutków hydrometeorologicznych opisywanych przez J. LEWIŃSKĄ (1984). W innych przypadkach kompleksowa

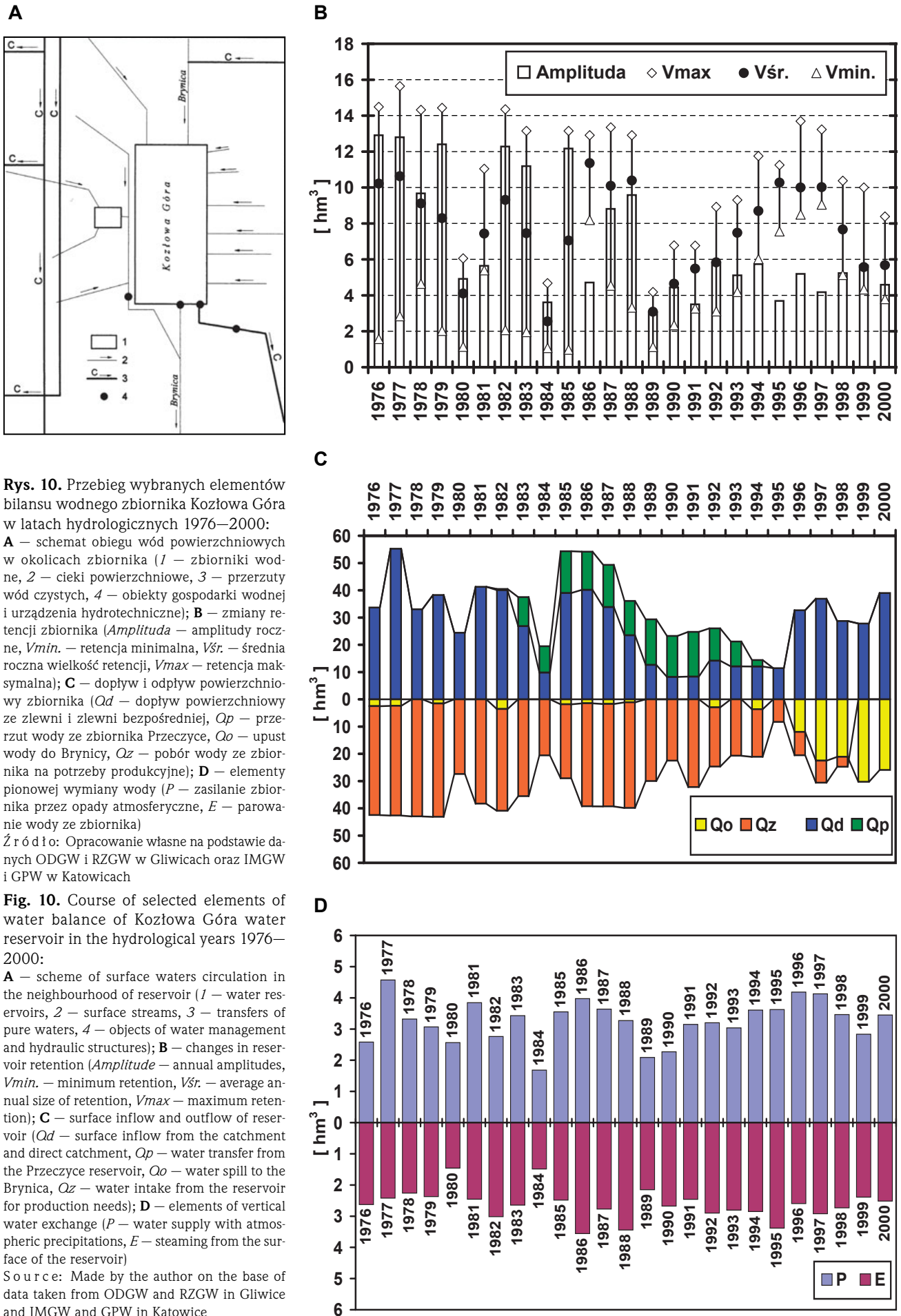
przebudowa warunków hydrologicznych umożliwia w rezultacie antropogeniczne sterowanie obiegiem wody. Przytoczone dalej przykłady kształtowania obiegu wody w obrębie kilku zbiorników antropogenicznych (Kozłowa Góra, Dzierżno Duże, Dzieckowice, Przeczyce) uznano za najbardziej przekonujące dla dokumentacji przemian lokalnego obiegu wody oraz ich przyrodniczych i społeczno-gospodarczych uwarunkowań.

3.1.1. Zbiornik zaporowy Kozłowa Góra

Obieg wody w obrębie zbiornika Kozłowa Góra podlega modyfikacjom uzależnionym przede wszystkim od realizacji zadań związanych z zapotrzeniem w wodę w skali lokalnej i regionalnej. Zakres tych zadań ulegał w okresie funkcjonowania tego zbiornika zaporowego istotnym zmianom. Rola zbiornika wchodzącego w skład systemu zapotrzenia w wodę regionu górnośląskiego znajdowała w wieloletnim hydrologicznym 1976–2000 (rys. 10) swe odzwierciedlenie w zmianie wielkości poszczególnych elementów bilansu wodnego (JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2003).

Zasilanie wodą z opadów atmosferycznych w skali roku kształtowało się w zakresie od minimum wynoszącego blisko $1,7 \text{ hm}^3$ (1984 r.) do maksimum nieznacznie przekraczającego $4,5 \text{ hm}^3$ (1977 r.), przy średniej rocznej dochodzącej do $3,3 \text{ hm}^3$.

Na dopływ powierzchniowy do zbiornika ze zlewni składają się wody Brynicy jako główne go cieku zasilającego oraz kilka mniejszych cieków o przepływie wynoszącym kilka, rzadziej kilkanaście, a incydentalnie więcej niż kilkadziesiąt decymetrów na sekundę. W poszczególnych latach wahał się on od ok. 8 hm^3 do ponad 55 hm^3 rocznie, przy średniej 27 hm^3 . W ocenach dopływu powierzchniowego dodatkowego uwzględnienia wymaga ilość wody transportowanej ze zbiornika Przeczyce, który znajduje się w sąsiedniej zlewni Czarnej Przemszy. Przerzut wody występował okresowo od października 1982 r. do sierpnia 1994 r. W tym czasie dopływało za pomocą rurociągów (do działu wodnego), a następnie był to spływ grawitacyjny Rowem Ożarówickim do Brynicy (poniżej profilu wodowskazowego Brynica) i dalej do zbiornika (JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2003) łącznie ok. 150 hm^3 wody, przy średniej rocznej wynoszącej ok. $11,5 \text{ hm}^3$ (maksymalnie $16,7 \text{ hm}^3$ w roku hydrologicznym 1989). Przerzut wody ze zbiornika Przeczyce wynosił ok. 18% całości dopływu powierzchniowego zbiornika Kozłowa Góra w ca-



Rys. 10. Przebieg wybranych elementów bilansu wodnego zbiornika Kozłowa Góra w latach hydrologicznych 1976–2000:

A – schemat obiegu wód powierzchniowych w okolicach zbiornika (1 – zbiorniki wodne, 2 – cieki powierzchniowe, 3 – przerzuty wód czystych, 4 – obiekty gospodarki wodnej i urządzenia hydrotechniczne); **B** – zmiany retencji zbiornika (*Amplituda* – amplitudy roczne, *Vmin.* – retencja minimalna, *Vsr.* – średnia roczna wielkość retencji, *Vmax* – retencja maksymalna); **C** – dopływ i odpływ powierzchniowy zbiornika (*Qd* – dopływ powierzchniowy ze zlewni i zlewni bezpośredniej, *Qp* – przerzut wody ze zbiornika Przeczycze, *Qo* – upust wody do Brynicy, *Qz* – pobór wody ze zbiornika na potrzeby produkcyjne); **D** – elementy pionowej wymiany wody (*P* – zasilenie zbiornika przez opady atmosferyczne, *E* – parowanie wody ze zbiornika)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ODGW i RZGW w Gliwicach oraz IMGW i GPW w Katowicach

Fig. 10. Course of selected elements of water balance of Kozłowa Góra water reservoir in the hydrological years 1976–2000:

A – scheme of surface waters circulation in the neighbourhood of reservoir (1 – water reservoirs, 2 – surface streams, 3 – transfers of pure waters, 4 – objects of water management and hydraulic structures); **B** – changes in reservoir retention (*Amplitude* – annual amplitudes, *Vmin.* – minimum retention, *Vsr.* – average annual size of retention, *Vmax* – maximum retention); **C** – surface inflow and outflow of reservoir (*Qd* – surface inflow from the catchment and direct catchment, *Qp* – water transfer from the Przeczycze reservoir, *Qo* – water spill to the Brynica, *Qz* – water intake from the reservoir for production needs); **D** – elements of vertical water exchange (*P* – water supply with atmospheric precipitations, *E* – steaming from the surface of the reservoir)

Source: Made by the author on the base of data taken from ODGW and RZGW in Gliwice and IMGW and GPW in Katowice

łym okresie bilansowym, a w okresie funkcjonowania przerzutu stanowiło to ok. 35% dopływu powierzchniowego. Uwzględniając obie składowe dopływy powierzchniowego, oszacowano, że średni roczny dopływ powierzchniowy do zbiornika w skali rozpatrywanego wielolecia wynosił ok. 33 hm³.

Na odpływ powierzchniowy ze zbiornika składają się zasadniczo ilość wody odprowadzana upustem dennym oraz wielkość poboru na potrzeby wodociągowe. Eksploatacja pobliskiego zakładu produkcji wody, z którego korzystano od 1951 r., została wstrzymana pod koniec lat 90. ubiegłego wieku i wznowiona po kilkuletniej przerwie spowodowanej problemami eksploatacyjno-organizacyjnymi. W okresie dużego zapotrzebowania na wodę rezygnowano ze zrzutu wód zbiornikowych (upustu), a przepływ nienaruszalny w korycie Brynicy zapewniany był głównie przez wody rowów melioracyjnych, drenujących zbocza i dno doliny poniżej zapory oraz rowów opaskowych, w tym Rowu Świerklanieckiego, prowadzącego również wody z południowo-wschodniej części gminy Świerklaniec, tj. wzdłuż zachodniego brzegu zbiornika. W latach hydrologicznych 1976–1995 upust ze zbiornika – jeżeli występował – osiągał maksymalnie w roku nieco ponad 3,5 hm³. Pod koniec lat 90. XX w., wobec ograniczenia i zaprzestania poboru wody na potrzeby produkcyjne, jego udział w bilansie wodnym po stronie rozchodów znacząco wzrósł. Pobór wody ze zbiornika w stosunku do odpływu charakteryzował związek korelacyjny o cechach odwrotnej proporcjonalności, a także względnie stałe zmniejszanie rocznych wielkości od niemal 43 hm³ w 1978 r. do całkowitego jego zaniechania w 1999 r. Średnie roczne ilości wody odprowadzanej ze zbiornika (upust i pobór wody) w skali wielolecia hydrologicznego 1976–2000 kształtowały się na poziomie 31 hm³.

W bilansie wodnym straty na parowanie są stosunkowo nieduże, wynoszą bowiem średniorocznie w skali wielolecia ok. 2,6 hm³, przy zmianach rocznych w zakresie 1,5–3,5 hm³.

Retencja zbiornika zmieniała się w latach hydrologicznych 1976–2000 od 0,98 hm³ do 15,64 hm³. Roczne maksymalne wielkości retencji zbiornika kształtowały się w zakresie od 4,19 hm³ do 15,64 hm³, a wielkości minimalne – od 0,98 hm³ do 9,32 hm³, przy średniej zmieniającej się w przedziale od 2,55 hm³ do 12,76 hm³. Największa roczna amplituda retencji wynosząca 12,91 hm³ wystąpiła w roku hydrologicznym 1976. Równie wysokie wartości charakteryzowały lata: 1977, 1979, 1982, 1985. Najmniejsza amplituda roczna retencji cechowała rok 1989 (3,06 hm³), wyznaczając początek okresu mniejszej skali rocznych wahań re-

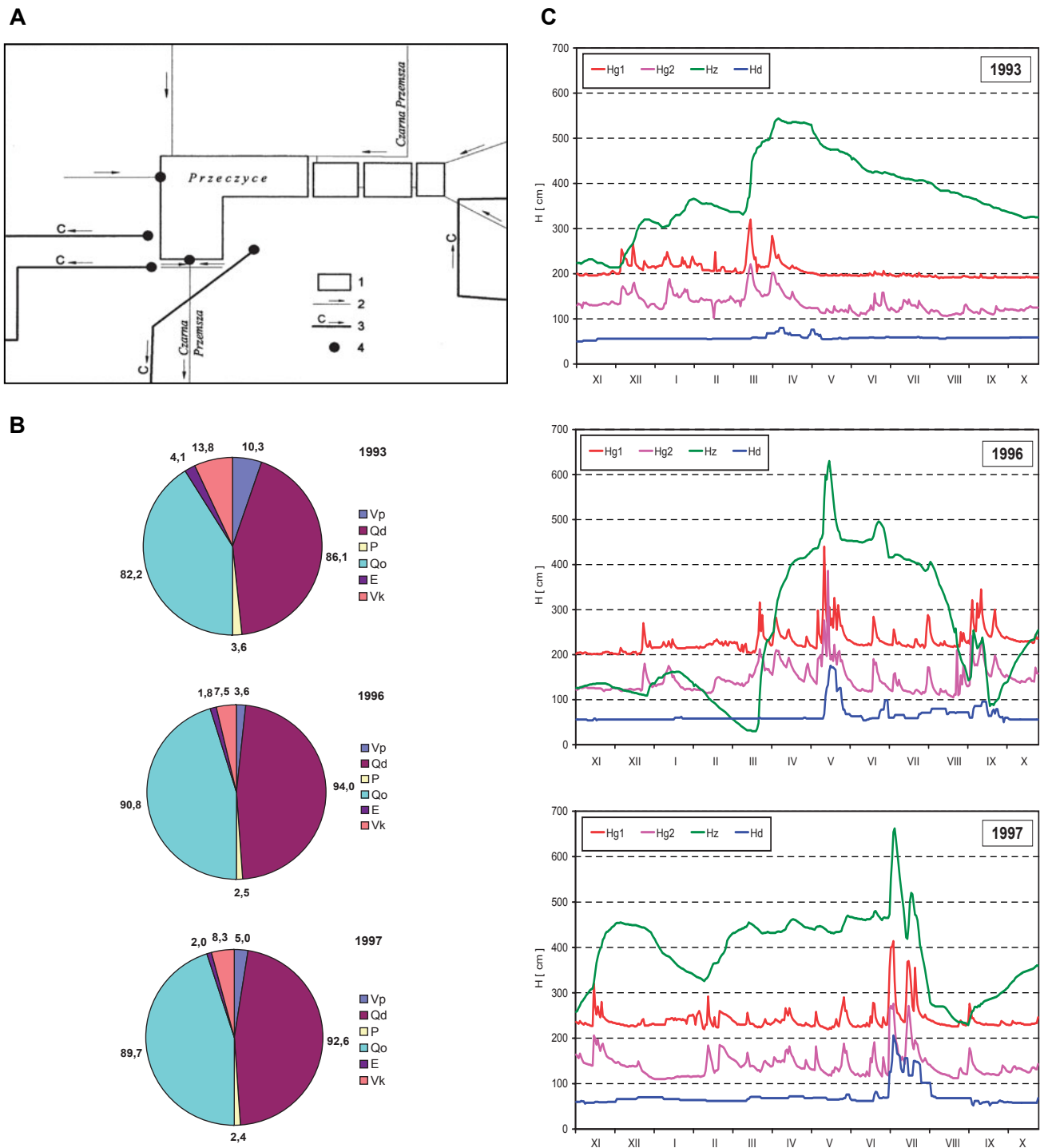
tencji, związanej ze spadkiem zapotrzebowania na wodę. Rozpatrując średnie miesięczne wielkości retencji w skali wielolecia, stwierdzono, że retencja wody była największa w kwietniu i maju, a minimum wypełnienia misy przypadało na październik i listopad.

Dane zamieszczone w opracowaniach (RZĘTAŁA, 2000a; JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2003), jak również wcześniej przytoczone szacunki mogą świadczyć o okresowym drenażu wód zbiornika przez wody podziemne, czego jednak w pełni nie potwierdza układ hydroizohips w jego otoczeniu, wskazujący na lokalny przepływ wód podziemnych ze zboczy doliny ku jej osi. Za zasilaniem zbiornika przemawia również wielkość średniej rocznej z wielolecia różnicy bilansowej na poziomie ok. 3 hm³. Większy wpływ na charakter i wielkość różnicy bilansowej, zwłaszcza w krótkich okresach bilansowych cechujących się dynamicznymi zmianami rzędnej piętrzenia, wywiera retencyjne oddziaływanie najbliższego otoczenia zbiornika. Podpiętrzanie wody w zbiorniku przyczynia się do zmniejszenia możliwości retencyjności tego otoczenia, które wzrastają w warunkach coraz niższych stanów wody.

3.1.2. Zbiornik zaporowy Przeczyce

Obieg wodny zbiornika Przeczyce jest uwarunkowany przyrodniczo oraz antropogenicznie. Przyrodnicze uwarunkowania obiegu wody w przypadku zbiornika Przeczyce mają istotne znaczenie ze względu na usytuowanie jego misy w utworach holocenijskich i plejstocenijskich, które wypełniają dolinę o podłożu krasowym. Wpływ warunków naturalnych był modyfikowany gospodarką wodną zbiornika. W okresie hydrologicznym 1993–2000 (rys. 11) występowały zarówno okresy posuszne, które skutkowały głębokimi niżówkami, jak i wezbrania roztopowe oraz opadowe. Ze zbiornika tego przerzucano wody do zbiornika Kozłowa Góra, jak również były okresy, w których z przerzutów rezygnowano. W środku wspomnianego wielolecia przeprowadzono gruntowny remont zapory czołowej. To tylko niektóre przykłady zmienności uwarunkowań.

Wielkość retencji kształtowała się w granicach od minimum 1,9 hm³ do maksimum 19,2 hm³, przy średniej i medianie wynoszących ok. 8 hm³. Średni roczny dopływ powierzchniowy stanowił ok. 62,7 hm³, przy odpływie 63,9 hm³, w którym uwzględniono również ilość wody biorącej udział w zasilaniu zbiornika Kozłowa Góra. Zbiornik był zasilany opadami atmosferycznymi średnio



Rys. 11. Przebieg niektórych elementów bilansu wodnego zbiornika Przeczyce w wybranych latach hydrologicznych:

A – schemat obiegu wód powierzchniowych w okolicach zbiornika (1 – zbiorniki wodne, 2 – ciekły powierzchniowe, 3 – przerzuty wód czystych, 4 – obiekty gospodarki wodnej i urządzenia hydrotechniczne); **B** – procentowy udział poszczególnych składowych bilansu wodnego po stronie przychodów (V_p – retencja początkowa, Q_d – dopływ powierzchniowy, P – zasilanie zbiornika przez opady atmosferyczne) i rozchodów wody (Q_o – odpływ powierzchniowy ze zbiornika, E – parowanie wody ze zbiornika, V_k – retencja końcowa) w tzw. roku suchym (1993), mokrym (1996) i przeciętnym (1997); **C** – zmiany stanów wody powyżej zbiornika w rzece Czarna Przemsza (Hg_1) i Mitrega (Hg_2), w zbiorniku (H_z) oraz w Czarnej Przemszy poniżej zbiornika (H_d) w tzw. roku suchym (1993), mokrym (1996) i przeciętnym (1997)

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych, danych ODGW i RZGW w Gliwicach oraz IMGW i GPW w Katowicach

Fig. 11. Course of some elements of water balance of Przeczyce water reservoir in the selected hydrological years:

A – scheme of surface waters circulation in the neighbourhood of reservoir (1 – water reservoirs, 2 – surface streams, 3 – transfers of pure waters, 4 – objects of water management and hydraulic structures); **B** – percentage contribution of particular elements of water balance at the side of inputs (V_p – initial retention, Q_d – surface inflow, P – supply of reservoir with atmospheric precipitation) and water outputs (Q_o – surface outflow from the reservoir, E – water steaming from the surface of the reservoir, V_k – final retention) in so-called dry (1993), wet (1996) and average year (1997); **C** – changes in water stages above the reservoir in the Czarna Przemsza (Hg_1) and Mitrega (Hg_2) rivers, in reservoir (H_z) and in the Czarna Przemsza below the reservoir (H_d) in so-called dry (1993), wet (1996) and average year (1997)

Source: Made by the author on the base of results of his own research, data taken from ODGW and RZGW in Gliwice and IMGW and GPW in Katowice

w roku w ilości 2,1 hm³. Straty na parowanie stanowią prawie 2 hm³. Wymiana podziemna w latach 1993–2000 dowodzi strat wody w ilości ok. 3,5 hm³ na rok, przy dużym zróżnicowaniu sezonowym i w zależności od poziomu piętrzenia. Jednak w roku suchym istniało zasilanie podziemne (0,1 m³/s), a w latach mokrych i przeciętnych notowano znaczne ucieczki wody. Statystyczna analiza wskazuje na istnienie korelacyjnego związku między wysokim piętrzeniem wody w zbiorniku a skalą ucieczek wody rzędu 1,3 m³/s, na co zwracano uwagę we wcześniejszych opracowaniach dotyczących zbiornika przeczyszczonego (GŁODEK, 1985; RZĘTAŁA, 2000a).

3.1.3. Zbiornik poeksploatacyjny Dzierżno Duże

Obieg wody w obrębie zbiornika Dzierżno Duże od początku funkcjonowania akwenu charakteryzuje wysoki stopień antropogenizacji. Jego wyrazem jest powierzchniowy przerzut wody pomiędzy poszczególnymi elementami tzw. węzła wodnego Dzierżno oraz powstanie – w konsekwencji utworzenia zbiorników – nowych kierunków migracji wody w pionie, a także umocnienie więzi hydraulicznej między wodami powierzchniowymi i podziemnymi. Wyniki obliczeń przeprowadzonych dla lat 1976–2000, ponieważ odnoszą się do czasu gospodarki centralnie sterowanej, doby transformacji ustrojowo-gospodarczej, wreszcie okresu gospodarki rynkowej, stanowią podstawę analiz wpływu uwarunkowań na zmienność poszczególnych składowych bilansu wodnego zbiornika. W każdym z tych okresów w kształtowaniu pionowej i poziomej wymiany wody zaznaczały się zarówno uwarunkowania przyrodnicze, jak i antropogeniczne, decydując o wielkości retencji zbiornikowej (rys. 12).

Charakterystyczną cechą zbiornika Dzierżno Duże są częste zmiany wielkości retencji. W latach 1976–2000 ilość retencionowanej wody zmieniała się w zakresie od ok. 40 hm³ do niemal 89 hm³, przy czym średnia roczna retencja z wielolecia nie przekraczała 67 hm³. Największa roczna amplituda wahań retencji zbiornika wystąpiła w 1983 r. (42,97 hm³), najmniejsza zaś – w 1991 r. (17,33 hm³). W cyklu sezonowym zaznacza się typowa dla zbiorników retencyjnych prawidłowość. Ilość wód zasilających zbiornik w półroczu letnim nie rekompensuje wielkości strat i odpływu wody wykorzystanej gospodarczo w tym okresie (żeglugowe wykorzystanie wód), stąd też w półroczach zimowych dążono do wzrostu retencji, przechwy-

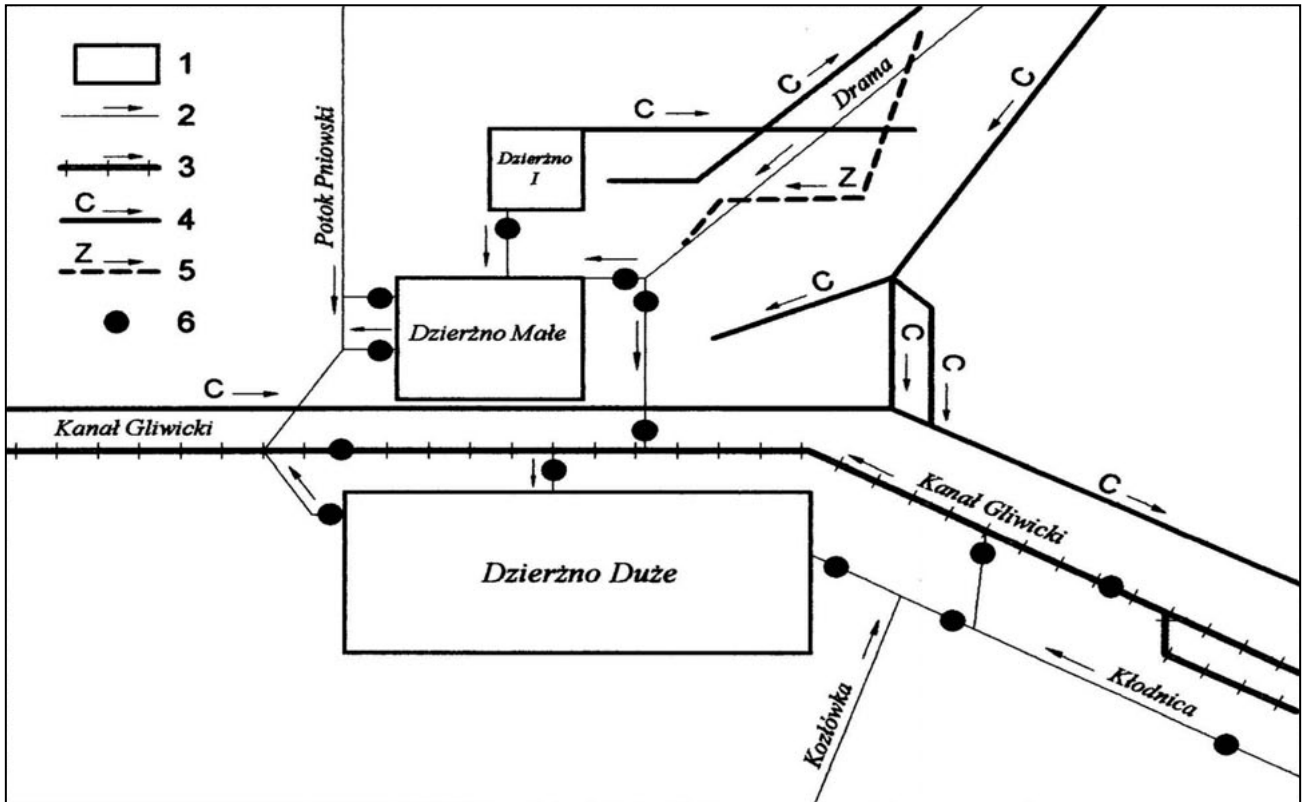
tując wody roztopowe oraz pochodzące między innymi z jesiennych i wiosennych opadów.

Wielkość alimentacji zbiornika opadami atmosferycznymi kształtowała się od niemal 3 hm³ do ponad 5 hm³ w ciągu roku, co daje amplitudę ponad 2 hm³, tj. ponad 60% średniej rocznej alimentacji z wielolecia i ponad 70% jej wartości minimalnej. Tak znaczące zróżnicowanie zasilania opadowego wynika przede wszystkim ze zmian wielkości opadów atmosferycznych w poszczególnych latach hydrologicznych oraz – w mniejszym stopniu – jest pochodną zmieniającej się powierzchni zbiornika.

Podobnie zróżnicowanie wielkości parowania wody ze zbiornika (od ok. 2 hm³ do ponad 4 hm³ na rok) było wypadkową zmian powierzchni parowania oraz sezonowej i wieloletniej zmienności warunków hydrometeorologicznych. Parowanie wody ze zbiornika było najbardziej intensywne w miesiącach letnich, natomiast najniższe zimą, w wielu wypadkach przewyższające ilość wody dostarczonej do zbiornika wraz z opadami atmosferycznymi. Intentywne parowanie z powierzchni zbiornika miało miejsce w latach z wysokimi temperaturami powietrza i znacznymi niedosytami jego wilgotności (np. 1995 r.). Z kolei lata uważane za chłodne i wilgotne cechowało mniejsze parowanie (np. 1996 r.).

Wielkość zasilania zbiornika przez wody powierzchniowe (w ilości od prawie 144 hm³ do 290 hm³ na rok) była zależna przede wszystkim od ilości opadów na terenie jego zlewni. Współczynnik korelacji między dopływem powierzchniowym do zbiornika a wielkością opadów atmosferycznych w zlewni zbiornika obliczoną metodą izohiet wynosi 0,76, jednak po uwzględnieniu wód wykorzystanych do celów żeglugi na Kanale Gliwickim (od niemal 14 hm³ do ponad 58 hm³ w roku), które nie brały udziału w zasilaniu zbiornika, ponieważ były kierowane odrębnym torem wodnym do niżej położonych sekcji kanału, współczynnik korelacji wynosi 0,94 i wskazuje na wysoką – wprost proporcjonalną – zależność korelowanych cech. Odrębne zagadnienie stanowi struktura udziału zasilania powierzchniowego masy, której zmiany należy upatrywać w XX-wiecznych antropogenicznych przemianach reżimu rzeki Kłodnicy. Wyróżnia się cztery okresy istotnych zmian wielkości średnich rocznych przepływów tej rzeki w profilu Gliwice – pierwszy z nich to lata do 1945 r. z przepływami oscylującymi wokół wartości 3 m³/s; w okresie drugim następował intensywny wzrost przepływów średnich rocznych do ok. 7 m³/s, obejmował on lata 1950–1980; trzeci okres trwał od 1980 r. do połowy lat 90. XX w. i wiązał się z nieznacznym spadkiem średnich rocznych przepływów do

A



Rys. 12. Przebieg wybranych elementów bilansu wodnego zbiornika Dzierżno Duże w latach hydrologicznych 1976–2000:

A – schemat obiegu wód powierzchniowych w okolicach zbiornika (1 – zbiorniki wodne, 2 – cieki powierzchniowe, 3 – kanały żeglowne, 4 – przruty wód czystych, 5 – przruty wód zanieczyszczonych, 6 – obiekty gospodarki wodnej i urządzenia hydrotechniczne); **B** – zmiany retencji zbiornika w latach typowych dla czasu gospodarki centralnie sterowanej (1976–1978), doby transformacji ustrojowo-gospodarczej (1989–1991) i okresu gospodarki rynkowej (1998–2000); **C** – zmiany retencji zbiornika w tzw. roku suchym (1995), mokrym (1996) i przeciętnym (1997)

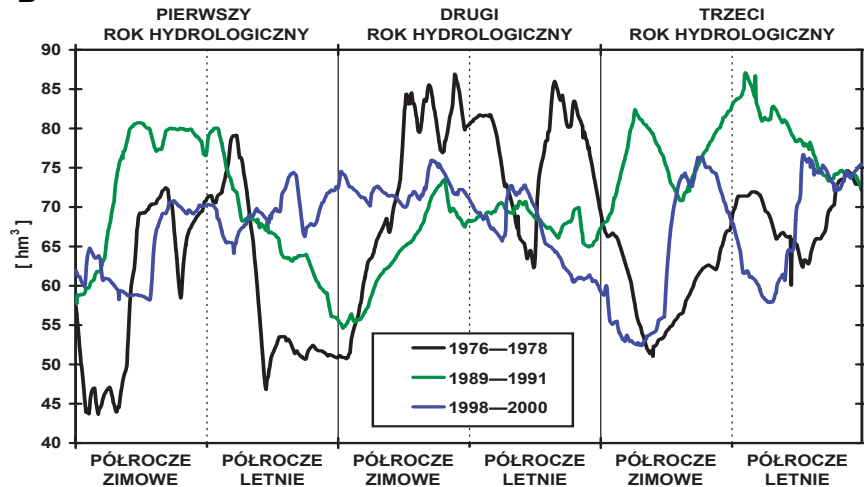
Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych oraz danych ODGW i RZGW w Gliwicach

Fig. 12. Course of selected elements of water balance of Dzierżno Duże water reservoirs in the hydrological years 1976–2000:

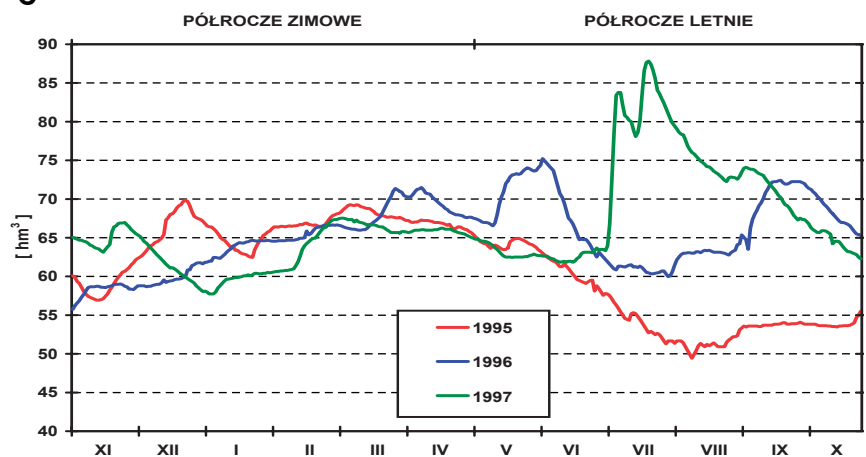
A – scheme of surface waters circulation in the neighbourhood of reservoir (1 – water reservoirs, 2 – surface streams, 3 – navigable canals, 4 – transfers of pure waters, 5 – transfers of polluted waters, 6 – objects of water management and hydraulic structures); **B** – changes in reservoir retention in typical years for the period of centrally controlled economy (1976–1978), age of system-economy transformation (1989–1991) and the period of market economy (1998–2000); **C** – changes in reservoir retention in so-called dry (1995), wet (1996) and average year (1997)

Source: Made by the author on the base of results of his own research and data taken from ODGW and RZGW in Gliwice

B



C



ok. $6 \text{ m}^3/\text{s}$; czwarty okres zaś to powrót do ustabilizowanych przepływów na poziomie średnich rocznych niższych od $6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Odptyw powierzchniowy ze zbiornika charakteryzują fluktuacje w zakresie od niemal 58 hm^3 do ponad 191 hm^3 . Zmienność wielkości odptywu powierzchniowego jest konsekwencją intensywności zasilania oraz wyniku z gospodarowania wodą. Wody odprowadzane ze zbiornika Dzierżno Duże są wykorzystywane do celów żeglugowych na sekcjach Kanału Gliwickiego znajdujących się poniżej śluzy Dzierżno, a ponadto, zasilając Odrę, stymulują wzrost wartości przepływów niżówkowych, nieznacznie wpływając na poprawę warunków żeglugowych.

Z różnicy bilansowej wynika, że częściej miały miejsce ucieczki wody ze zbiornika, a rzadziej jego efektywne zasilanie. W zestawieniach rocznych występują one każdorazowo po stronie strat wody, wynosząc od ok. 12 hm^3 do ok. 100 hm^3 rocznie (średnio ok. 57 hm^3 , tj. ok. $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$), przy malejącej tendencji w wieloleciu, co może wskazywać na postępującą kolmatację zbiornika. Ucieczce wody sprzyja usytuowanie misy zbiornika w czwartorzędowym materiale piaszczystym wypełniającym kopalną dolinę Kłodnicy oraz sąsiedztwo okna hydrogeologicznego w piaszczysto-ilastych utworach trzeciorzędowych, umożliwiające migrację wód w niżej zalegające dolomitowo-wapienne formacje triasowe, i gospodarka wodą, wywołująca corocznie kilkumetrowe wahania zwierciadła wody (maksymalnie $8,18 \text{ m}$ w latach 1976–2000). Wprawdzie trudno wskazać jednoznaczne prawidłowości długookresowe, jednak ujemny bilans osiągał najwyższe wartości w okresach półrocza zimowego (piętrzenie wód), podczas gdy w miesiącach półrocza letniego (obniżanie poziomu wód) dochodziło nawet do okresowej przewagi zasilania zbiornika przez wody podziemne. Zestawienie wartości miesięcznych bilansów podziemnej wymiany wód między zbiornikiem a zlewnią ze średnimi miesięcznymi poziomami piętrzenia wody w zbiorniku Dzierżno Duże za lata 1975–1996 pozwala na statystyczną ocenę zależności wielkości ucieczek wody ze zbiornika przy wzroście poziomu jej piętrzenia (RZĘTAŁA, 2000a). Z równania $y = -0,6331x + 121,37$ można wyliczyć, że ucieczka wody w ciągu miesiąca wzrasta o ponad $0,6 \text{ hm}^3$ (tj. $0,23 \text{ m}^3/\text{s}$) wraz z podpiętrzeniem zwierciadła wody w zbiorniku o 1 (statystyczny) m. Spośród pozostałych przesłanek i dowodów świadczących o podziemnej migracji wód można wymienić wyniki: pomiarów piezometrycznych (RZĘTAŁA, 2000a), badań geofizycznych (BIAŁOŻYT, 1995), badań hydrogeologicznych wskazujących na zasilanie Głównego Zbiornika Wód Podziemnych (GZWP) Gliwice wodami

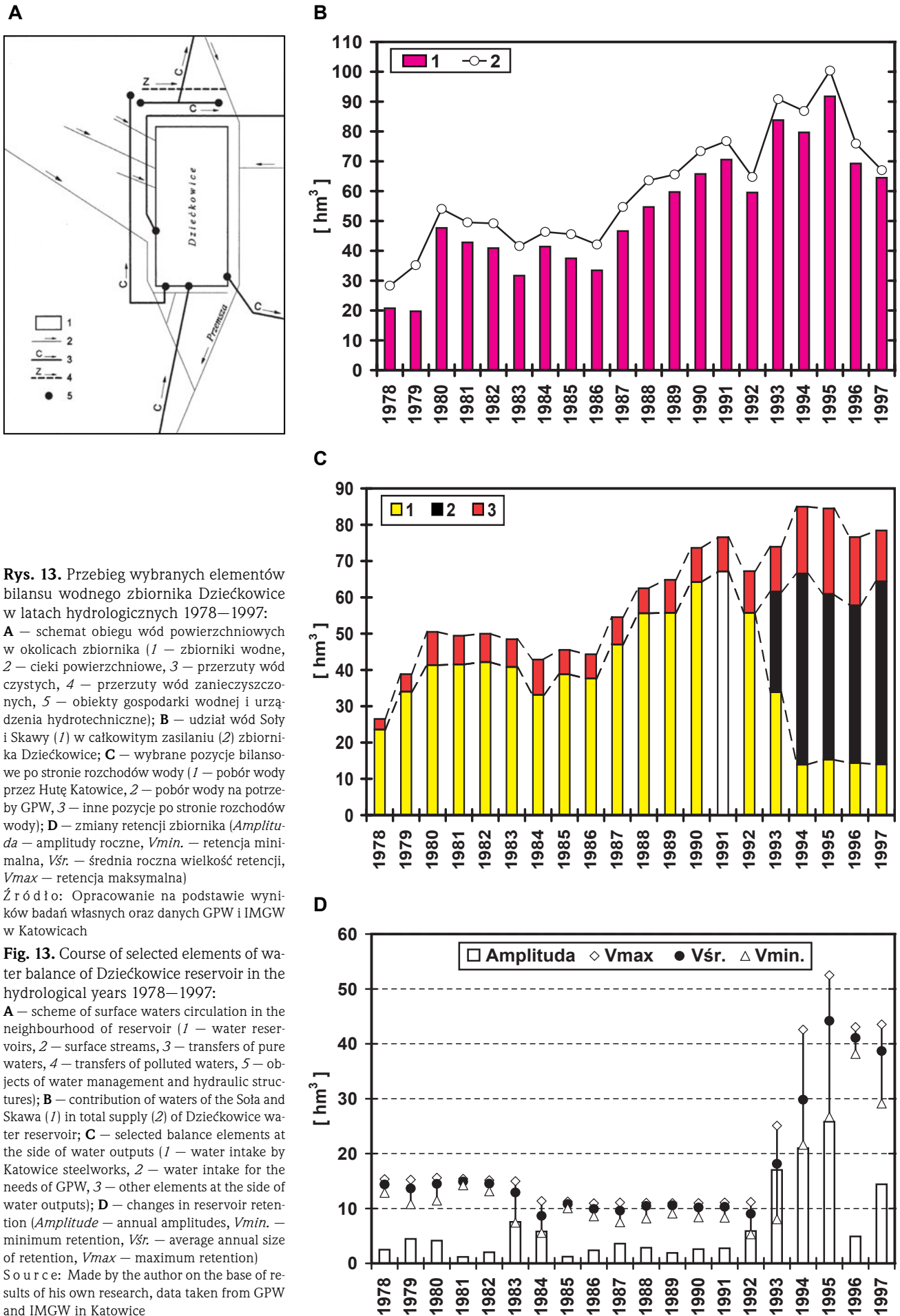
zanieczyszczonymi (RÓŻKOWSKI i in., 1989; RÓŻKOWSKI i in., red., 1997; KOWALCZYK, 2003), eksperymentu w czasie remontu urządzeń zrzutowo-upustowych we wrześniu 1994 r. (przy zerowej wielkości odptywu powierzchniowego i średnim miesięcznym poziomie piętrzenia wody w zbiorniku wynoszącym $196,49 \text{ m n.p.m.}$ — bilans wymiany wód ze zlewnią pod powierzchnią sugerował ucieczkę wody wynoszącą $4,79 \text{ hm}^3$, tj. $1,85 \text{ m}^3/\text{s}$), badań hydrochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych (RZĘTAŁA, 2000a), a także obliczeń bilansowych dla zlewni Kłodnicy ograniczonej wodowskazami Gliwice i Łany Małe (z uwzględnieniem odptywu Kanałem Gliwickim).

3.1.4. Zbiornik poeksploatacyjny Dzieckowice

Obieg wody w zbiorniku Dzieckowice jest głównie modelowany zmiennym w czasie zapotrzebowaniem na wodę ze strony przemysłu i gospodarki komunalnej (rys. 13). Wielkość poboru wód ze zbiornika odzwierciedla zmiany związane z jego zasilaniem, co jest charakterystyczne dla większości obiektów hydrologicznych pozostających pod wpływem antropogenicznie stymulowanego obiegu wody wynikającego z potrzeb gospodarczych (BOK i in., 2004). Po stronie rozchodów dominującą pozycję zajmują potrzeby wodne przemysłu i gospodarki komunalnej, a straty powodowane przez czynniki naturalne (parowanie, odptyw podziemny) mają o wiele mniejsze znaczenie.

Podstawowym źródłem dostawy wody do jeziora od początku jego funkcjonowania są przerzuty wody z karpackich dopływów Wisły — Soły i Skawy. Średnia roczna wielkość tego rodzaju zasilania wynosi ok. 86% (przy minimum 56% i maksimum 96%) całości alimentacji. Na opady atmosferyczne, dopływ ze zlewni rzecznej i zlewni bezpośredniej zbiornika, zasilanie podziemne przypada średnio ok. 14%. W latach 70. XX w. przerzutami dostarczano ok. 20 hm^3 wody rocznie. W kilku kolejnych latach było to od 30 hm^3 do ponad 50 hm^3 wody na rok. Na przełomie lat 80. i 90. XX w. nastąpił wzrost zasilania do poziomu niemal 70 hm^3 . Środek ostatniej dekady XX w. cechuje maksimum dostawy wód do zbiornika z Soły (w 1995 r. jest to niemal 92 hm^3). Sumaryczne zasilanie akwenu było w całym wieloleciu wyższe średnio o 14% (45% w 1979 r., 4% w 1997 r.).

Głównym użytkownikiem zbiornika Dzieckowice od początku jego funkcjonowania była Huta Katowice, która własnym systemem przerzutu wody przekazywała ją także innym odbiorcom



Rys. 13. Przebieg wybranych elementów bilansu wodnego zbiornika Dzieckowice w latach hydrologicznych 1978–1997:

A – schemat obiegu wód powierzchniowych w okolicach zbiornika (1 – zbiorniki wodne, 2 – cieki powierzchniowe, 3 – przerzuty wód czystych, 4 – przerzuty wód zanieczyszczonych, 5 – obiekty gospodarki wodnej i urządzenia hydrotechniczne); **B** – udział wód Soły i Skawy (1) w całkowitym zasilaniu (2) zbiornika Dzieckowice; **C** – wybrane pozycje bilansowe po stronie rozchodów wody (1 – pobór wody przez Hutę Katowice, 2 – pobór wody na potrzeby GPW, 3 – inne pozycje po stronie rozchodów wody); **D** – zmiany retencji zbiornika (*Amplituda* – amplitudy roczne, *Vmin.* – retencja minimalna, *Vsr.* – średnia roczna wielkość retencji, *Vmax* – retencja maksymalna)

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych oraz danych GPW i IMGW w Katowicach

Fig. 13. Course of selected elements of water balance of Dzieckowice reservoir in the hydrological years 1978–1997:

A – scheme of surface waters circulation in the neighbourhood of reservoir (1 – water reservoirs, 2 – surface streams, 3 – transfers of pure waters, 4 – transfers of polluted waters, 5 – objects of water management and hydraulic structures); **B** – contribution of waters of the Sola and Skawa (1) in total supply (2) of Dzieckowice water reservoir; **C** – selected balance elements at the side of water outputs (1 – water intake by Katowice steelworks, 2 – water intake for the needs of GPW, 3 – other elements at the side of water outputs); **D** – changes in reservoir retention (*Amplitude* – annual amplitudes, *Vmin.* – minimum retention, *Vsr.* – average annual size of retention, *Vmax* – maximum retention)

Source: Made by the author on the base of results of his own research, data taken from GPW and IMGW in Katowice

zewnątrznym, np. koksowni, stacjom uzdatniania wody w Maczkach i Łosieniu, a w pierwszej połowie lat 90. ubiegłego wieku za pośrednictwem zbiornika Pogoria III nawet stacji uzdatniania wody w Będzinie. Według planów, Huta Katowice miała zakończyć pobór wody ze zbiornika w 1986 r. i przekazać go w użytkowanie Górnośląskiemu Przedsiębiorstwu Wodociągowemu (GPW) w celach zaopatrzenia Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP) w wodę. Nastąpiło to dopiero w 1993 r. Zmianom własnościowym akwenu towarzyszyły istotne zmniejszenie poborów wody przez Hutę Katowice i wzrost roli zbiornika w górnośląskim systemie wodno-gospodarczym. Jak podają M. Bok i in. (2004), oprócz zmian wielkości produkcji i związanych z tym zmian zapotrzebowania na wodę, istotnym czynnikiem kształtującym wielkość poboru wody ze zbiornika były realizowane różne przedsięwzięcia mające na celu uszczelnienia obiegu wodno-ściekowego Huty Katowice, a tym samym między innymi zmniejszenie wielkości poboru wody z zewnątrz i zwiększenie wykorzystania wód własnych (np. opadowych).

3.2. Tempo wymiany wody

Z obiegiem wody w strefie okołozbiornikowej związana jest bezpośrednio problematyka tempa wymiany wody – zagadnienie niezwykle ważne między innymi z uwagi na prawidłowość ustalenia migracji zanieczyszczeń i bilansu materii w środowisku limnicznym (CHOIŃSKI, 1995), a tym samym działań gospodarczych i zabiegów dotyczących kształtowania i ochrony środowiska. Na określenie tempa wymiany wody w zbiornikach wodnych stosuje się kilka miar (DYNUS-ANGIEL, 1979; CHOIŃSKI, 1995), między innymi: współczynnik wymiany pionowej, współczynnik wymiany globalnej, współczynnik hydraulicznego obciążenia jeziora (współczynnik intensywności wymiany poziomej). Wskaźniki te nie oznaczają rzeczywistej całkowitej wymiany wody w akwenu – należy je raczej utożsamiać z wartościami teoretycznymi, pozwalającymi na przybliżoną ocenę tego procesu (CHOIŃSKI, 1995). Uwaga ta szczególnie dotyczy zbiorników funkcjonujących w warunkach antropopresji.

W większości przypadków niewielkie – w stosunku do dopływu powierzchniowego – objętości wody parującej z powierzchni kilkunastu największych pod względem retencji zbiorników powodują, że współczynnik intensywności wymiany pionowej osiąga niskie wartości i wynosi od kilku do kilkunastu setnych. Jedynie w przypadku zbiorni-

ków pozbawionych istotnej alimentacji powierzchniowej osiąga wartości przekraczające 0,20 (tabela 2), a w przypadku niewielkich zbiorników bezodpływowych (pominiętych w zestawieniu) przekracza 0,40.

Tabela 2. Średnie roczne z wielolecia wartości wskaźników wymiany wody w największych zbiornikach wodnych regionu górnośląskiego

Table 2. Average annual values of water exchange indices from period of many years in the largest water reservoirs of the Upper Silesian Region

Nazwa zbiornika	Wp	Wg	Wi		
	wartość niemianowana		[lata]	[dni]	
Goczałkowice	0,19	4,39	4,20	0,24	87
Dzierżno Duże	0,04	3,10	3,06	0,33	119
Dzierżno Małe	0,08	7,84	7,76	0,13	47
Dzieńkowice	0,07	2,41	2,33	0,43	156
Kuźnica Warężyńska	0,08	3,23	3,15	0,32	116
Pławniowice	0,04	1,24	1,20	0,84	305
Kozłowa Góra	0,31	4,26	3,95	0,25	92
Przeczyce	0,27	8,94	8,67	0,12	42
Rybnicki	0,09	4,39	4,30	0,23	85
Pogoria III	0,08	0,81	0,73	1,38	503
Łąka	0,17	5,38	5,21	0,19	70
Pogoria I	0,08	1,66	1,58	0,63	231
Paprocany	0,20	15,47	15,26	0,07	24
Nakło-Chechło	0,25	4,46	4,20	0,24	87
Sosina	0,21	6,52	6,31	0,16	58

O b j a ś n i e n i a: *Wp* – współczynnik wymiany pionowej (stosunek objętości wody parującej z powierzchni zbiornika do jego pojemności); *Wg* – współczynnik wymiany globalnej (iloraz sumy objętości wody parującej z powierzchni i odpływającej ze zbiornika do jego pojemności); *Wi* – współczynnik hydraulicznego obciążenia zbiornika, czyli współczynnik intensywności wymiany poziomej (stosunek objętości odpływu do objętości wody zretencjonowanej w zbiorniku).

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Ex p l a n a t i o n s: *Wp* – index of vertical exchange (relation of volume of water evaporating from the reservoir surface to its capacity); *Wg* – index of global exchange (ratio of sum of volume of water evaporating from the surface and outflowing from the reservoir to its capacity); *Wi* – index of hydraulic load of reservoir i.e. index of intensity of horizontal exchange (ratio of outflow volume to volume of water stored in reservoir).

S o u r c e: Made by the author.

Współczynnik intensywności wymiany globalnej osiąga wartości niemianowane od kilku dziesiątych do ponad 15. Podobne wartości są znamienne dla współczynnika intensywności wymiany poziomej, co pozwala ustalić teoretyczny czas wymiany wody w latach dla poszczególnych zbiorników wynoszący odpowiednio od 0,07 do 1,38 (czas teoretycznej wymiany wody wynosi zatem od 24 dni do 503 dni).

3.3. Wahania stanów wody

Użytkowanie zbiorników wodnych tożsame z poborem wody do celów komunalnych, przemysłowych, rolniczych, transportowych, energetycznych itp. to główna przyczyna wahań zwierciadła wody, chociaż niewątpliwie zależą one także bezpośrednio od wielkości zasilania (opady, drenaż wód podziemnych, przerzuty wody), a pośrednio od powierzchni zlewni, stanu napełnienia misy. Pod względem warunków kształtowania wahań poziomu wód można wskazać zasadniczo dwa rodzaje zbiorników wodnych – te z dominacją uwarunkowań przyrodniczych oraz te z użytkowym obciążeniem antropogenicznym (rys. 14). Pierwsze funkcjonują w krajobrazie w sposób nawiązujący do wahań stanów wody w jeziorach (np. Pogoria III, Pławniowice), drugie zaś stanowią przykład modelowego wpływu człowieka na wahania stanów wody (np.: Dzierżno Duże, Łąka, Dzierżno Małe).

W przypadku jezior pozbawionych antropopresji zmiany wysokości zwierciadła wody należy wiązać przede wszystkim z warunkami meteorologicznymi i fluktuacjami klimatycznymi (Nowaczyk, 1988, 1994; Choński, 1995). Antropogenicznie wymuszony obieg wody związany głównie ze sterowaniem wielkością jej odpływu prowadzi do zwiększenia zakresu sezonowych i krótkookresowych wahań stanów. W regionie górnośląskim wahania stanów wody trzeba utożsamiać głównie z częstymi zmianami poziomu piętrzenia, wywołanymi realizacją aktualnych zadań gospodarki wodnej. Mnogość zadań oraz stosowanych rozwiązań funkcjonalnych pozwala na wyodrębnienie kilku modelowych scenariuszy uwarunkowań zmian położenia zwierciadła wody.

Zbiornik Dzierżno Duże jako największy akwen poeksploatacyjny w Polsce zajmuje pozycję wyjątkową z racji amplitudy wahań bliskiej średniej głębokości. Użytkowanie zbiornika Dzierżno Duże powiązane z funkcjonowaniem Kanału Gliwickiego skutkowało w wieloleciu hydrologicznym 1966–2007 wahaniami stanów wody w zbiorniku o amplitudzie absolutnej wynoszącej 9,00 m, która każdego roku nie była mniejsza niż 2,39 m, przy średniej z wielolecia wynoszącej 4,74 m. Należy je przede wszystkim wiązać z odprowadzaniem wody na potrzeby żeglugi na Kanale Gliwickim oraz pośrednio na Odrze, a także traktować jako rezultat przeciwwezbraniowego oddziaływania zbiornika (rys. 15).

Zbiornik Kozłowa Góra funkcjonuje w systemie zaopatrzenia w wodę regionu górnośląskiego, czego przejawem przede wszystkim są coroczne wahania stanów wody o amplitudach rocznych w zakresie od 0,71 m do 3,24 m, przy średniej rocznej z wielolecia 1966–2000 wynoszącej 1,67 m, co stanowi niemal 70% głębokości średniej zbiornika wynoszącej ok. 2,4 m (rys. 16). W latach najintensywniejszego rozwoju centralnie sterowanej gospodarki socjalistycznej ze zbiornika pobierano wodę w ilości nawet 120–130 tys. m³/dobę, tj. średnio ok. 1,5 m³/s, co odpowiadało w przybliżeniu 150% średniego rocznego przepływu w ciekach naturalnie zasilających zbiornik (ok. 1 m³/s).

W zbiorniku Dzieckowice wyróżnia się dwa podokresy piętrzeń wody – pierwszy trwał do ok. 1992 r. i cechował się dominacją poboru wody na potrzeby przemysłu, natomiast drugi zapoczątkowany został w 1993 r., gdy struktura zużycia wody pobieranej ze zbiornika uległa diametralnej przebudowie z nadrzędnym zapewnieniem potrzeb wodnych gospodarki komunalnej (rys. 17). Cechą

Rys. 14. Zmiany codziennych wysokości zwierciadła wody w zbiornikach o różnym stopniu antropogenicznego obciążenia w latach hydrologicznych 1997–2006:

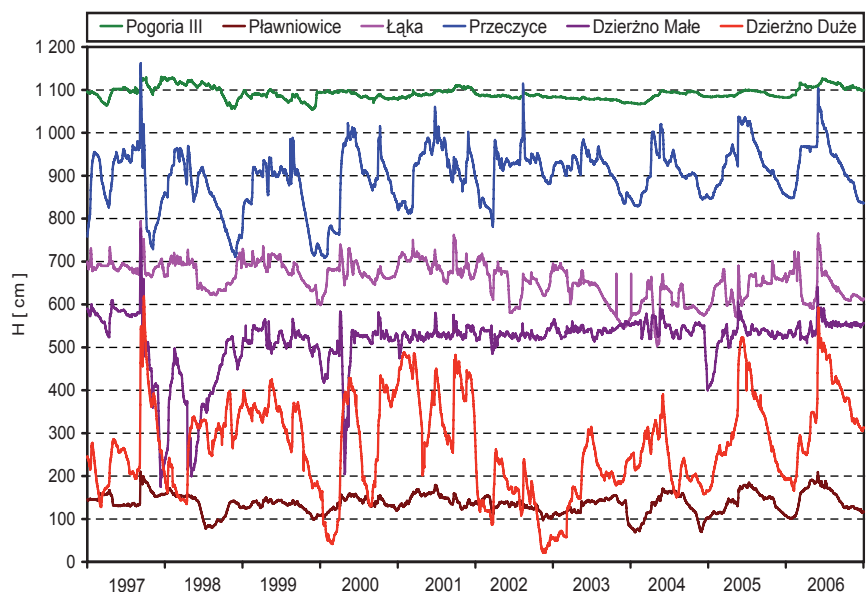
Pogoria III – 250,00 m n.p.m. + H; Pławniowice – 192,00 m n.p.m. + H; Łąka – 243,00 m n.p.m. + H; Przechylice – 278,00 m n.p.m. + H; Dzierżno Małe – 198,00 m n.p.m. + H; Dzierżno Duże – 196,00 m n.p.m. + H

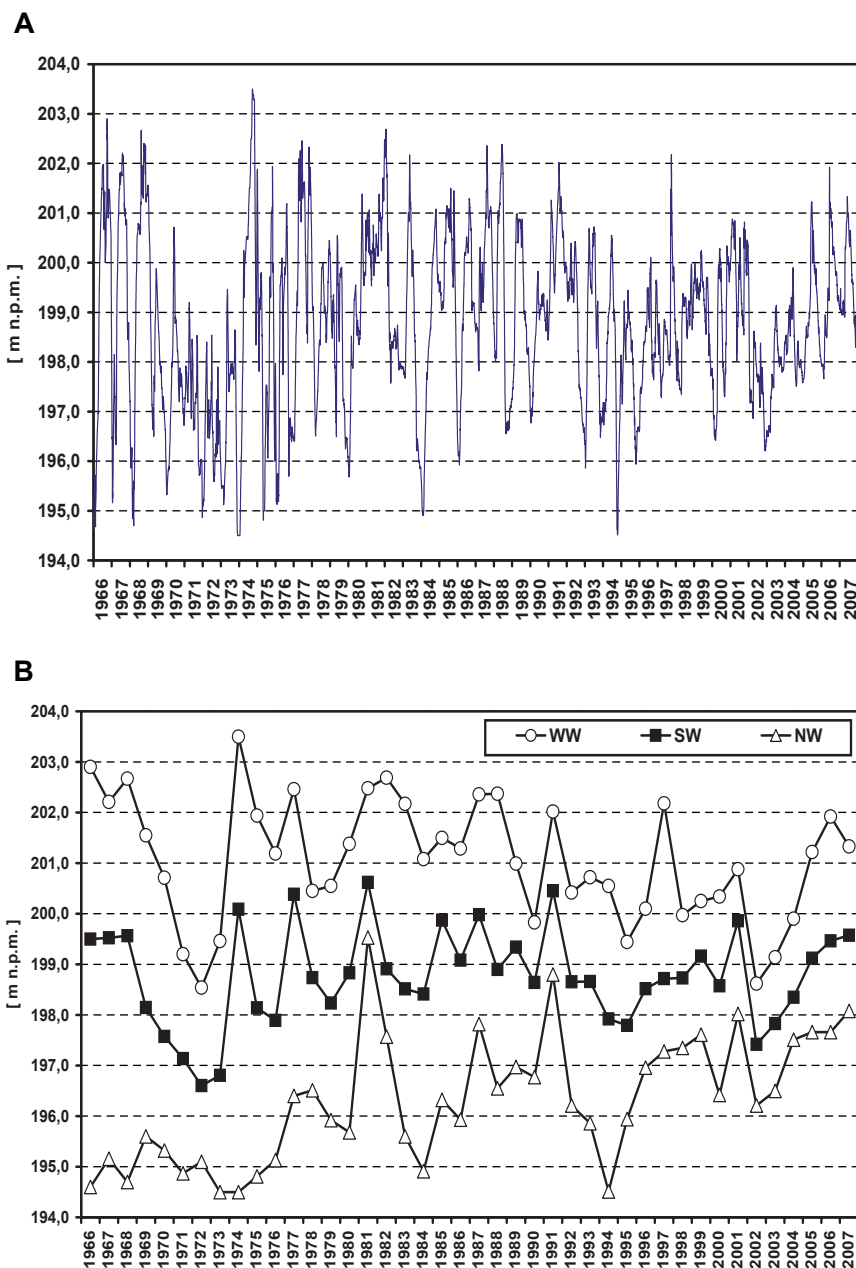
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ODGW i RZGW w Gliwicach

Fig. 14. Changes in daily heights of water table in reservoirs of different degree of anthropogenic load in the hydrological years 1997–2006:

Pogoria III – 250,00 m a.s.l. + H; Pławniowice – 192,00 m a.s.l. + H; Łąka – 243,00 m a.s.l. + H; Przechylice – 278,00 m a.s.l. + H; Dzierżno Małe – 198,00 m a.s.l. + H; Dzierżno Duże – 196,00 m a.s.l. + H

Source: Made by the author on the base data taken from ODGW and RZGW in Gliwice





Rys. 15. Zmiany wysokości zwierciadła wody w zbiorniku Dzierżno Duże w latach hydrologicznych 1966–2007:

A – przebieg codziennych poziomów piętrzenia wody, **B** – stany charakterystyczne I stopnia (*WW* – wysoka woda, *SW* – średnia woda, *NW* – niska woda)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ODGW i RZGW w Gliwicach

Fig. 15. Changes in height of water table in Dzierżno Duże water reservoir in the hydrological years 1966–2007:

A – course of daily levels of water damming, **B** – characteristic stages of the first degree (*WW* – high water, *SW* – mean water, *NW* – low water)

Source: Made by the author on the base of data taken from ODGW and RZGW in Gliwice

wspólną tych dwóch podokresów są podobne średnie roczne amplitudy wahań stanów wody (0,98 m i 2,1 m), lecz odmienne wysokości bezwzględne zakresu wahań (226,92–229,58 m n.p.m. i 230,57–234,50 m n.p.m.).

Wahania stanów wody o amplitudach rocznych najczęściej rzędu kilkudziesięciu centymetrów charakteryzują rekreacyjnie użytkowany zbiornik Pogoria III, który jest rezerwowym źródłem wody do celów przemysłowych pobliskiego kombinatu hutniczo-metalurgicznego (rys. 18). W przeszłości zdarzało się, że wody tego zbiornika użytkowano do celów przemysłowych, zwłaszcza latem. Dodatkowo do połowy lat 90. XX w. przrzucono wody ze zbiornika Pogoria III do przepływającej w pobliżu Czarnej Przemszy. Przerzuty wody skutkowały w owym czasie ponad 2-krotnie większy-

mi amplitudami wahań stanów wody (do 216 cm w 1992 r.). Niedawne wybudowanie wyżej położonego zbiornika poeksploatacyjnego Kuźnica Warężyńska w sąsiedniej zlewni i jego połączenie podziemnym przepustem z Pogorią III, przy jednokierunkowym przrzuć wody, skomplikuje stosunki wodne w Kotlinie Dąbrowskiej, a w przyszłości prawdopodobnie doprowadzi do istotnych zmian stanów wody w obu zbiornikach.

Zbiornik Pławniowice jako obiekt rekreacyjny i źródło wody do celów przemysłowych charakteryzuje się corocznymi wahaniami stanów wody w zakresie do kilkudziesięciu centymetrów (rys. 18). Natomiast zbiornik Łąka jako obiekt zaopatrzenia w wodę do celów komunalnych i przemysłowych cechuje amplituda wahań nieco większa od 1 m (rys. 18).

Rys. 16. Zmiany wysokości zwierciadła wody w zbiorniku Kozłowa Góra w latach hydrologicznych 1966–2000:

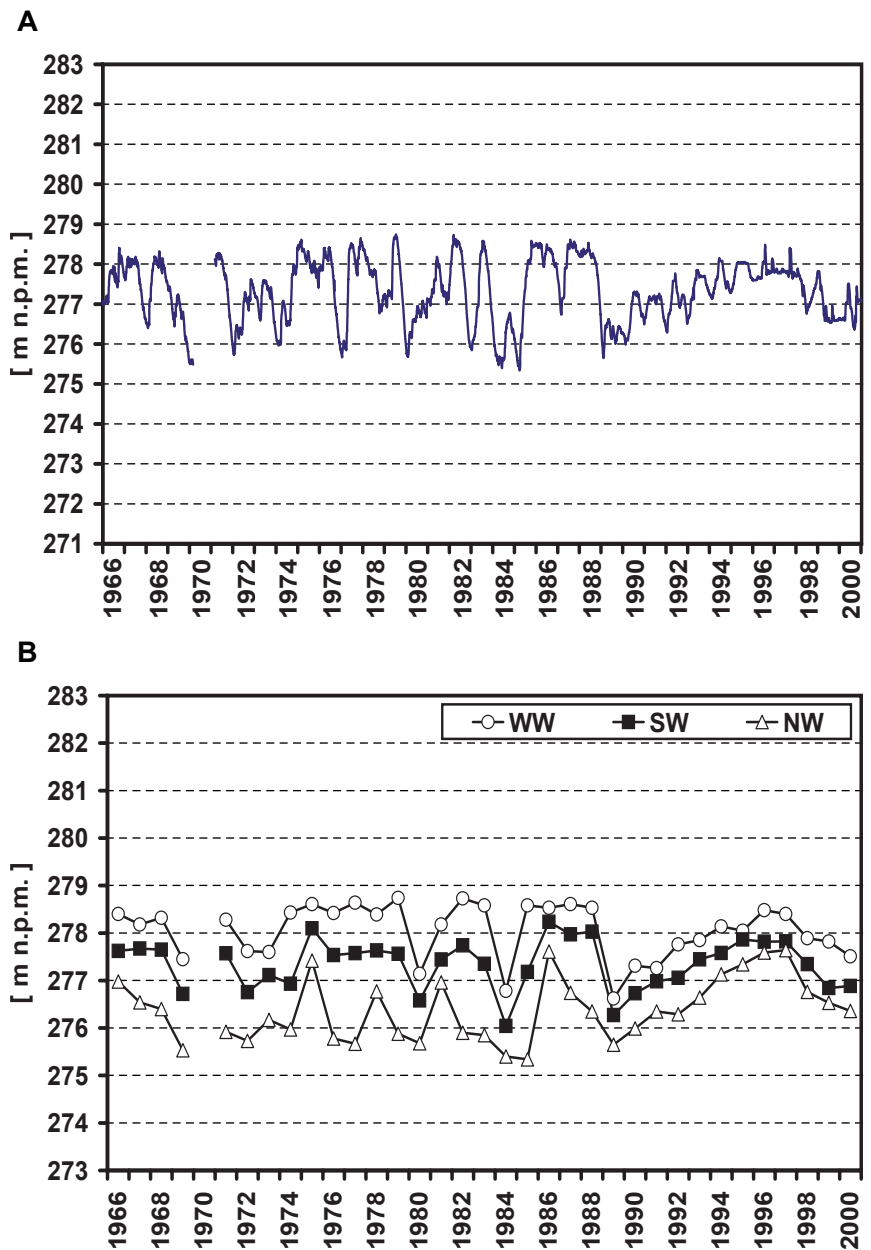
A – przebieg codziennych poziomów piętrzenia wody, **B** – stany charakterystyczne I stopnia (*WW* – wysoka woda, *SW* – średnia woda, *NW* – niska woda)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GPW w Katowicach

Fig 16. Changes in height of water table in Kozłowa Góra water reservoir in the hydrological years 1966–2000:

A – course of daily levels of water damming, **B** – characteristic stages of the first degree (*WW* – high water, *SW* – mean water, *NW* – low water)

Source: Made by the author on the base of data taken from GPW in Katowice



Rys. 17. Zmiany wysokości zwierciadła wody w zbiorniku Dzieckowice w latach hydrologicznych 1979–1998:

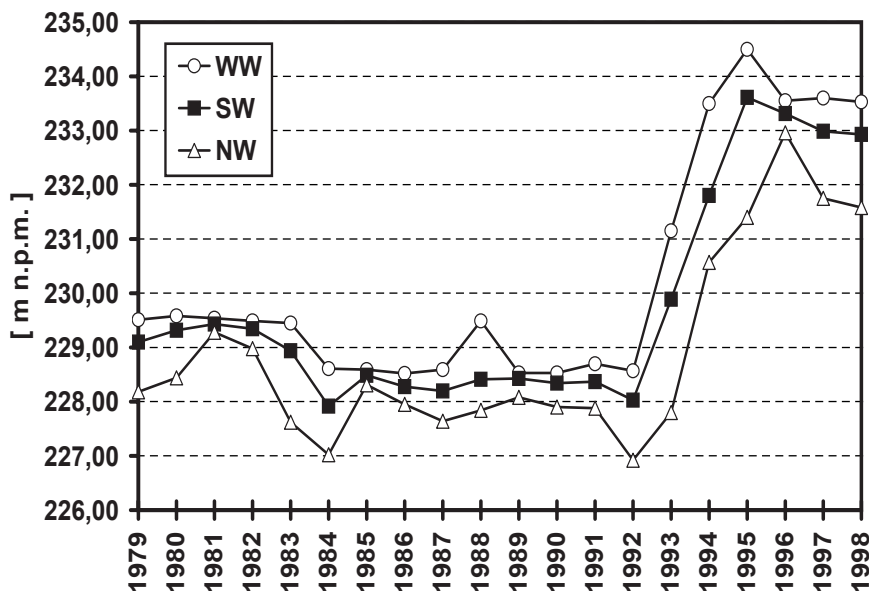
WW – wysoka woda, *SW* – średnia woda, *NW* – niska woda

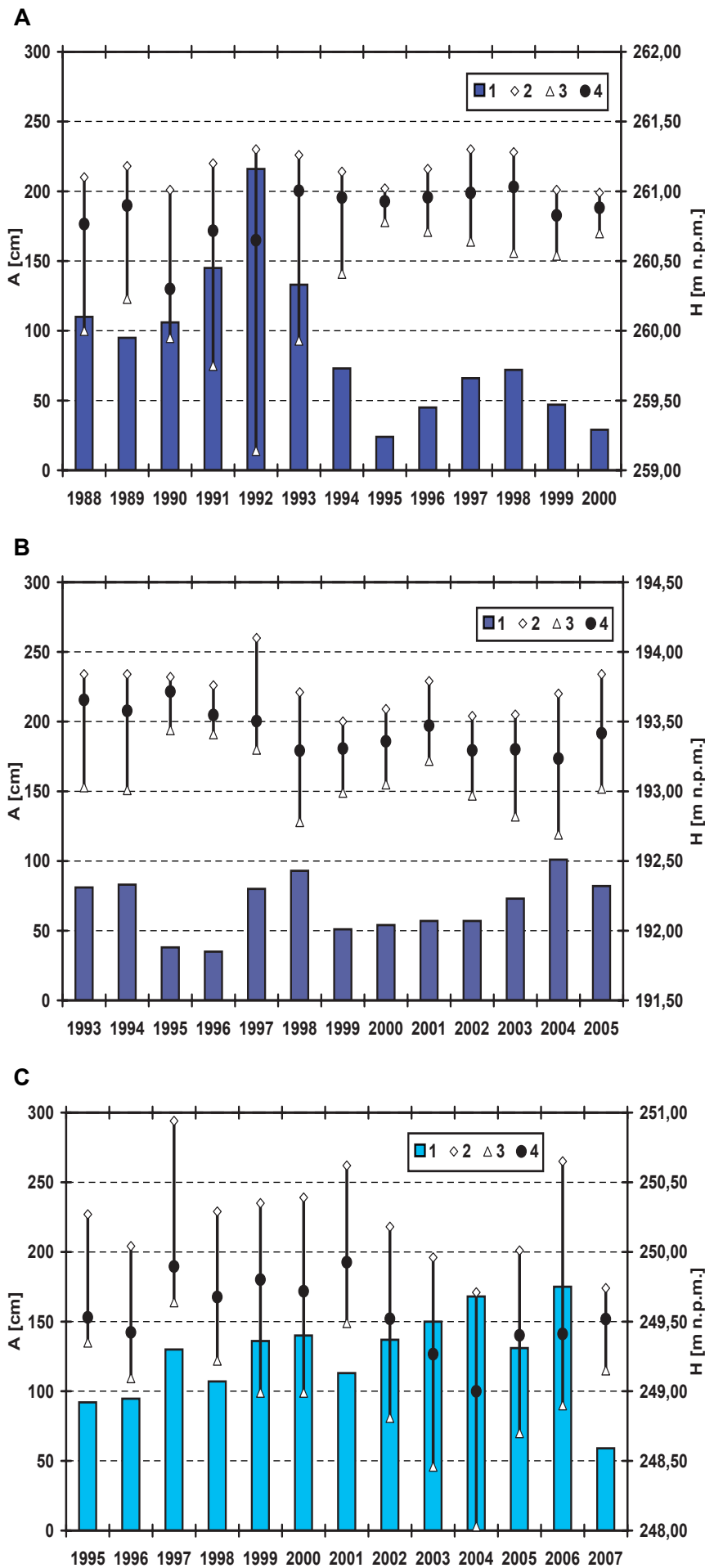
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GPW w Katowicach

Fig. 17. Changes in height of water table in Dzieckowice water reservoir in the hydrological years 1979–1998:

WW – high water, *SW* – mean water, *NW* – low water

Source: Made by the author on the base of data taken from GPW in Katowice





Rys. 18. Zmienność wysokości zwierciadła wody w zbiornikach Pogoria III (A), Pławniowice (B) i Łąka (C) w wybranych latach hydrologicznych:

1 – amplituda roczna [cm], 2 – maksymalny stan wody [m n.p.m.], 3 – minimalny stan wody [m n.p.m.], 4 – średni stan wody [m n.p.m.]
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ODGW i RZGW w Gliwicach

Fig. 18. Changes in height of water table in water reservoirs Pogoria III (A), Pławniowice (B) and Łąka (C) in the selected hydrological years:

1 – annual amplitude [cm], 2 – maximum water stage [m a.s.l.], 3 – minimum water stage [m a.s.l.], 4 – average water stage [m a.s.l.]

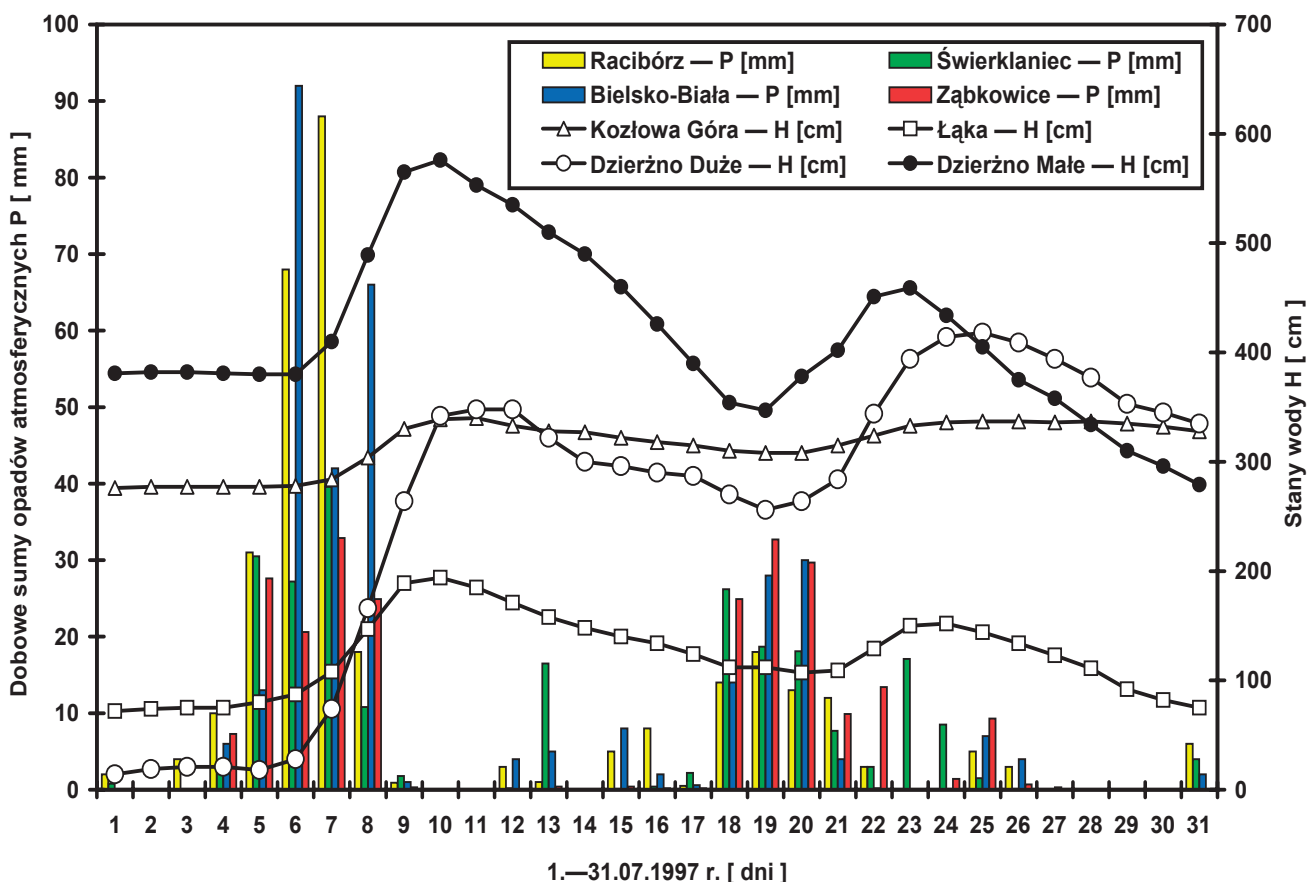
Source: Made by the author on the base of data taken from ODGW and RZGW in Gliwice

Skrajne zmiany poziomu lustra wód występują w zbiornikach przeznaczonych do chowu i hodowli ryb. Zbiorniki takie są napełniane wiosną, a jesienią zazwyczaj całkowicie opróżniane.

Wahania stanów wody w zbiornikach należy traktować także jako rezultat przeciwwzbranio-ego oddziaływania tych obiektów czy też efekt pojawiających się susz. Okresowe podpiętrzenia wody spowodowane wezbraniem roztopowymi lub opadowymi objawiają się podwyższeniem stanów wody nawet o kilka metrów w stosunku do okresu przedwezbraniowego, przy czym w większości przypadków odbywa się to w granicach pojemności użytkowej i tylko częściowego wykorzystania rezerwy powodziowej (rys. 19, 20). Okresy posuszne skutkują obniżeniem zwierciadła wody ku minimalnemu poziomowi piętrzenia, podobnie jak ma to miejsce w czasie celowych upustów wody ze zbiorników, które są wymuszone np. potrzebą okresowych remontów urządzeń wodnych,

a w czasie wezbrań są podwyższone ku maksymalnemu poziomowi piętrzenia (rys. 21).

Wahania stanów wody, które w jeziorach pozbawionych wpływów antropogenicznych osiąga-ją zazwyczaj w skali roku nie większą amplitudę niż kilkadziesiąt centymetrów, w zbiornikach wodnych regionu górnośląskiego użytkowanych gospodarczo charakteryzują amplitudy roczne od kilku centymetrów do nawet kilku metrów. Często osią-gają wartość bliską średniej głębokości, a w niektó-rych przypadkach odpowiada ona nawet 100% głą-bokości maksymalnej akwenu. W celu określenia wpływu tego typu zmian poziomu wody w zbiorni-kach na tereny je otaczające wprowadzono wskaź-nik (w ślad spostrzeżeń zamieszczonych we wcześniejszych opracowaniach — por. JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2003; RZĘTAŁA, 2003), który przyjmując wartości $WTW \geq 0$, opisuje zmiany stanów wody w odnie-sieniu do głębokości średniej. Wskaźnik ten moż-na zdefiniować następująco (8):



Rys. 19. Zmiany wysokości zwierciadła wody w wybranych zbiornikach na tle zmienności opadów atmosferycznych podczas wezbrania opadowego w lipcu 1997 r.:

H — przebieg dobowych stanów wody (Kozłowa Góra — 275,00 m n.p.m. + *H*; Łąka — 249,00 m n.p.m. + *H*; Dzierżno Duże — 198,00 m n.p.m. + *H*; Dzierżno Małe — 200,00 m n.p.m. + *H*); *P* — dobowe sumy opadów atmosferycznych [mm]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ODGW i RZGW w Gliwicach oraz IMGW i GPW w Katowicach

Fig. 19. Changes in height of water table in the selected water reservoirs against a background of variability of atmospheric precipitation during raised water stage due to rainfall in July of 1997 year:

H — course of 24 hours' water stages (Kozłowa Góra — 275,00 m a.s.l. + *H*; Łąka — 249,00 m a.s.l. + *H*; Dzierżno Duże — 198,00 m a.s.l. + *H*; Dzierżno Małe — 200,00 m a.s.l. + *H*); *P* — 24 hours' sums of atmospheric precipitation [mm]

Source: Made by the author on the base of data taken from ODGW and RZGW in Gliwice and IMGW and GPW in Katowice

$$WTF_t = \frac{\Delta h_t}{H_s} \quad (8)$$

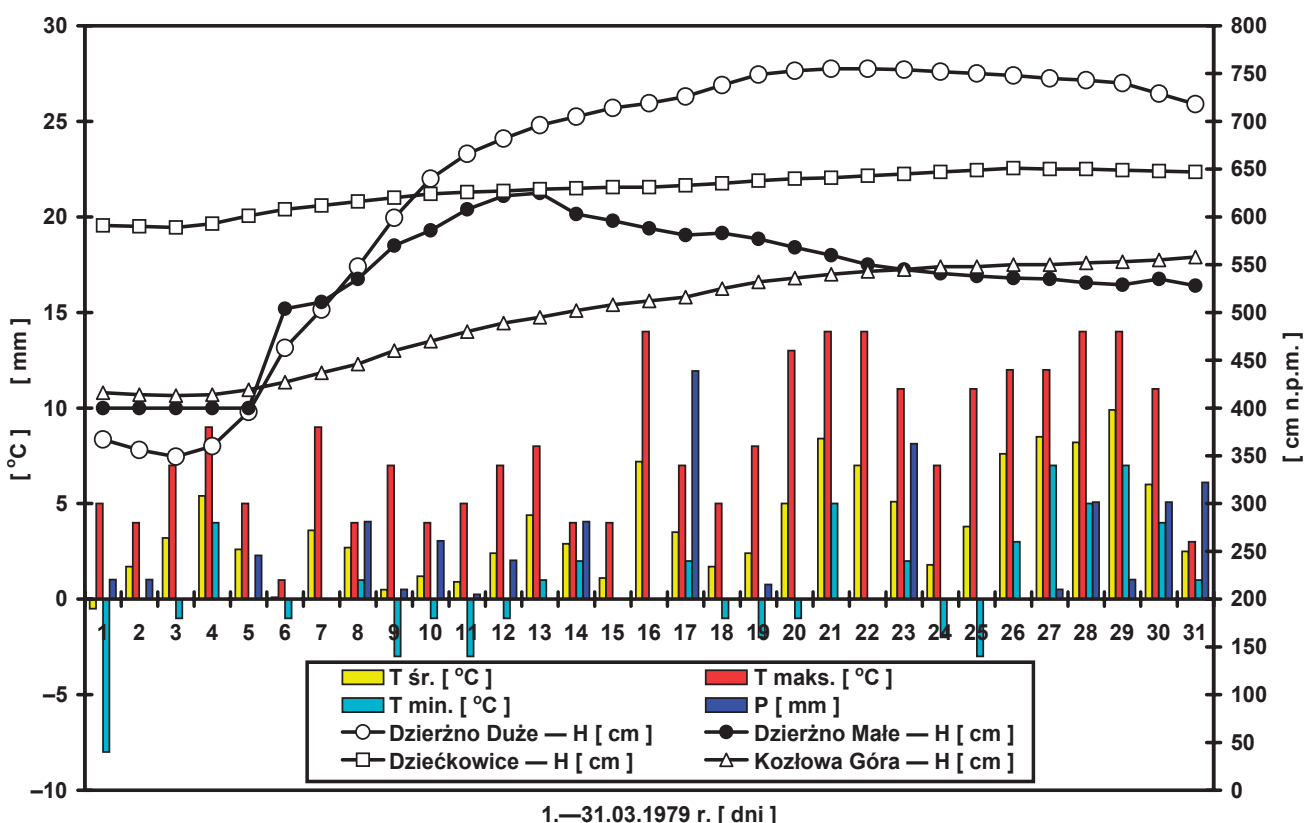
gdzie:

WTF_t – wskaźnik wahań stanów wody,
 Δh_t – amplituda wahań stanów wody [m],
 H_s – głębokość średnia akwenu [m],
 t – przyjęty okres obliczeniowy.

Stosując jako kryterium wskaźnik WTF_t , zbiorniki regionu górnośląskiego podzielono na cztery charakterystyczne grupy ($WTF = 0$; $0 < WTF \leq 0,5$; $0,5 \leq WTF \leq 1$; $WTF \geq 1$) różniące się możliwością oddziaływania na środowisko. Jeśli położenie zwierciadła wód limnicznych nie różniło się zasadniczo od sytuacji normalnej ($WTF = 0$), to można mówić o względnie stabilnym oddziaływaniu środowiskowym akwenu. Każdorazowa zmiana bezwzględnego poziomu wody ($0 < WTF \leq 0,5$) skutkuje przemianą siedlisk, polegającą na przekształceniu warunków wodnych i wodno-lądowych

w typowo lądowe lub odwrotnie. Takie przemiany można traktować jako typowe w obrębie stawów hodowlanych, w których specyfikę wpisują się każdorazowo (corocznie) duże lub bliskie absolutnego maksimum amplitudy wahań poziomu wody ($WTF \geq 1$). W pozostałych akwenach o $0,5 \leq WTF \leq 1$ tylko okresowo pojawia się rozległa strefa odsłoniętego dna, co nie sprzyja optymalnemu użytkowaniu zbiorników, zwłaszcza wielofunkcyjnych.

Z podpiętrzeniami kojarzone są określone szkody ekonomiczne (przejawiające się podtopieniami terenów osadniczych, gruntów rolnych i leśnych, obiektów infrastruktury), a także zmiany geosystemów, których wyrazem jest przekształcenie warunków siedliskowych z lądowych lub lądowo-wodnych na typowo wodne. Z kolei o ile skutki obniżek zwierciadła wód limnicznych pozostają pod kontrolą i dotyczą normalnej eksploatacji w roku przeciętnym (pod względem zasilania w wodę) bądź



Rys. 20. Zmiany wysokości zwierciadła wody w wybranych zbiornikach na tle zmienności temperatury powietrza i opadów atmosferycznych podczas wezbrania roztopowego w marcu 1979 r.:

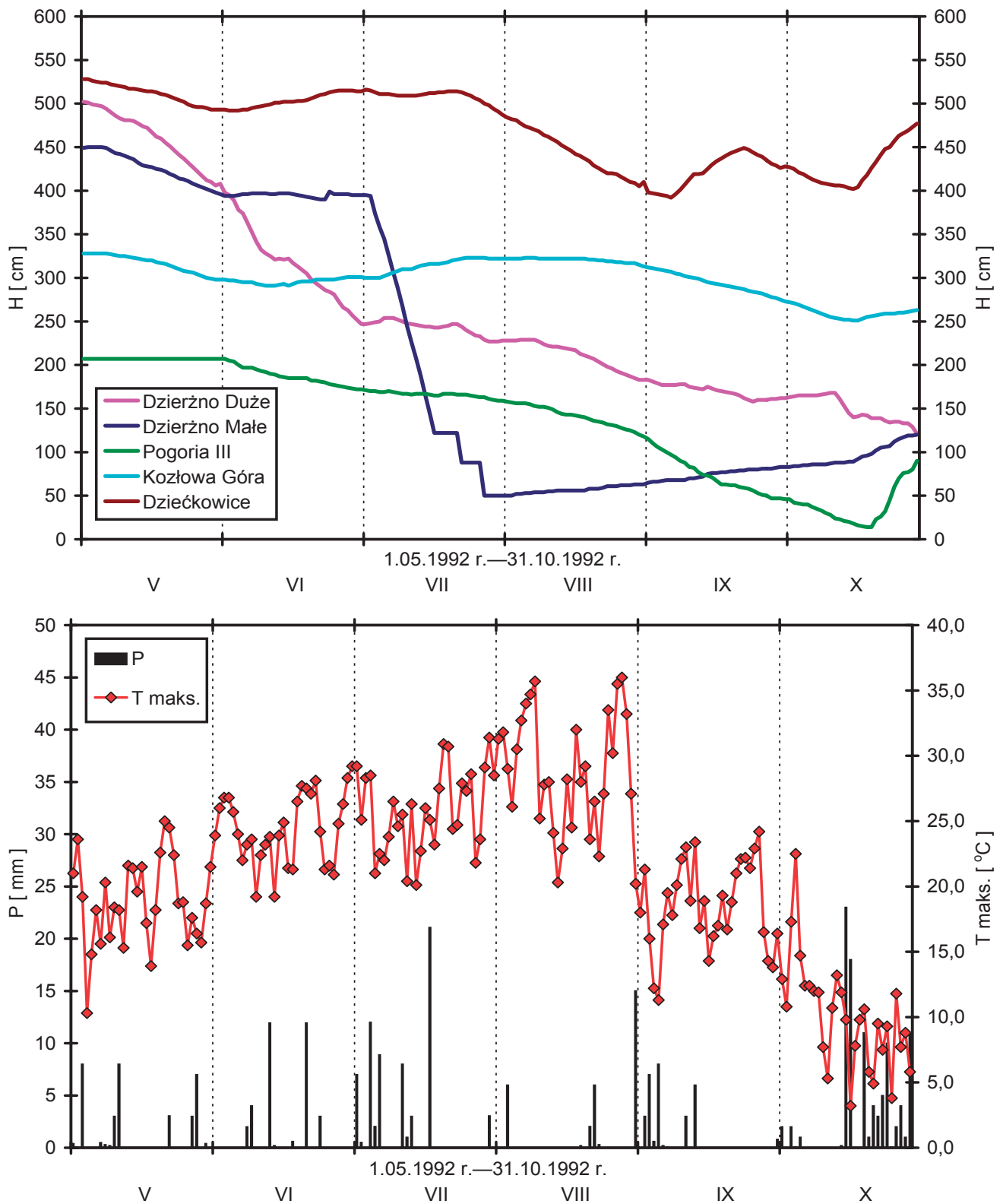
H – przebieg dobowych stanów wody (Dzierżno Duże – 193,00 m n.p.m. + H ; Dzierżno Małe – 199,00 m n.p.m. + H ; Kozłowa Góra – 273,00 m n.p.m. + H ; Dzieńkowice – 223,00 m n.p.m. + H); T – dobowe minimalne ($T_{min.}$), średnie ($T_{sr.}$) i maksymalne ($T_{maks.}$) temperatury powietrza atmosferycznego w Katowicach [°C]; P – dobowe sumy opadów atmosferycznych w Katowicach [mm]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ODGW i RZGW w Gliwicach oraz IMGW i GPW w Katowicach

Fig. 20. Changes in height of water table in the selected water reservoirs against a background of variability of air temperature and atmospheric precipitations during raised water stage due to thaws in March of 1979 year:

H – course of 24 hours' water stages (Dzierżno Duże – 193,00 m a.s.l. + H ; Dzierżno Małe – 199,00 m a.s.l. + H ; Kozłowa Góra – 273,00 m a.s.l. + H ; Dzieńkowice – 223,00 m a.s.l. + H); T – 24 hours' minimum ($T_{min.}$), average ($T_{sr.}$) and maximum ($T_{maks.}$) temperatures of atmospheric air in Katowice [°C]; P – 24 hours' sums of atmospheric precipitation in Katowice [mm]

Source: Made by the author on the base of data taken from ODGW and RZGW in Gliwice and IMGW and GPW in Katowice



Rys. 21. Zmiany wysokości zwierciadła wody w wybranych zbiornikach na tle zmienności opadów atmosferycznych i temperatury powietrza atmosferycznego podczas suszy w 1992 r.:

H – przebieg dobowych stanów wody (Dzierżno Duże – 195,00 m n.p.m. + H ; Dzierżno Małe – 199,00 m n.p.m. + H ; Pogoria III – 259,00 m n.p.m. + H ; Kozłowa Góra – 274,00 m n.p.m. + H ; Dzieckowice – 223 m n.p.m. + H); P – dobowe sumy opadów atmosferycznych w Katowicach [mm]; $T maks.$ – dobowe temperatury maksymalne w Katowicach [°C]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ODGW i RZGW w Gliwicach oraz IMGW i GPW w Katowicach

Fig. 21. Changes in height of water table in the selected water reservoirs against a background of variability of atmospheric precipitation and atmospheric air temperature during drought in 1992 year:

H – course of 24 hours' water stages (Dzierżno Duże – 195,00 m a.s.l. + H ; Dzierżno Małe – 199,00 m a.s.l. + H ; Pogoria III – 259,00 m a.s.l. + H ; Kozłowa Góra – 274,00 m a.s.l. + H ; Dzieckowice – 223 m a.s.l. + H); P – 24 hours' sums of atmospheric precipitation in Katowice [mm]; $T maks.$ – maximum 24 hours' temperatures in Katowice [°C]

Source: Made by the author on the base of data taken from ODGW and RZGW in Gliwice and IMGW and GPW in Katowice

w roku wilgotnym, o tyle pogłębiają się w okresach posusznych, niedobory wody bowiem korelują ze wzmożonym jej poborem na potrzeby gospodarcze. Odwodnienie, które towarzyszy obniżeniu zwierciadła wody, nie jest też pożądanym zjawiskiem w kontekście współczesnego pojmowania ochrony środowiska, a tym bardziej równowagi przyrodniczej¹. Tym samym odwodnienie, które towarzyszy skrajnemu obniżeniu zwierciadła wód limnicznych (cykliczne dla stawów hodowlanych i epizodyczne dla innych zbiorników wodnych), jaszkrawo kontrastuje z koniecznością zapewnienia

w ciekach powierzchniowych przepływu nienaruszalnego² (przepływu biologicznego). Choć stany ekstremalne uznawane są za skrajne postaci sytuacji normalnej, zarówno wyżówki, jak i niżówki są szkodliwe z przyrodniczego oraz społeczno-ekonomicznego punktu widzenia. Odrębną kwestią pozostaje ocena skali szkód wywołanych wezbraniem w obrębie den dolin rzecznych (narażenie na zalewy wezbraniowe dotyczy kilku procent powierzchni Polski) i strat spowodowanych suszą, której skutki utożsamiać należy raczej z obszarem dorzeczy.

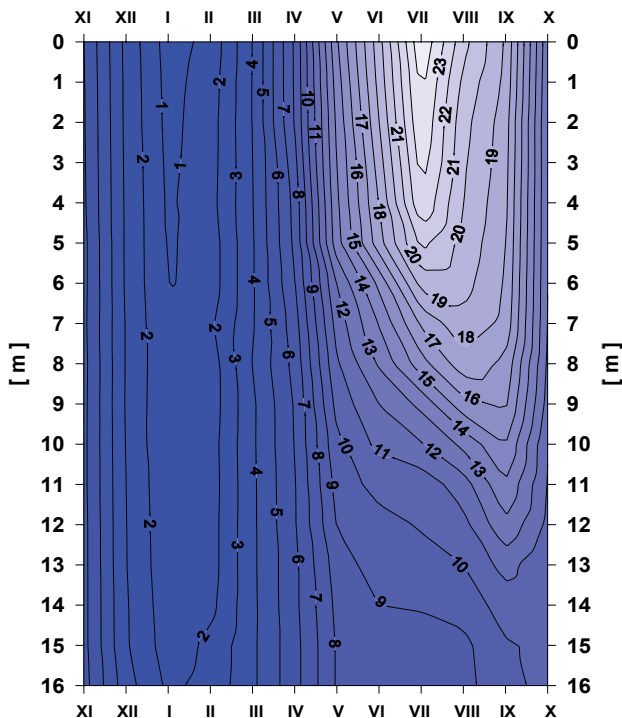
¹ Równowaga przyrodnicza jest stanem, w którym na określonym obszarze występuje równowaga we wzajemnym oddziaływaniu: człowieka, składników przyrody żywej i układu warunków siedliskowych tworzonych przez składniki przyrody nieożywionej (Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska).

² Przepływ nienaruszalny to przepływ minimalnej ilości wody niezbędnej do utrzymania życia biologicznego w cieku wodnym (Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych).

4. Fizyczne i chemiczne właściwości wód zbiorników

4.1. Warunki termiczne i dynamika masy wodnej

Warunki termiczne zbiorników regionu górnośląskiego znajdują się pod wpływem uwarunkowań naturalnych oraz antropogenicznych. W zależności od stopnia wpływów antropogenicznych można obserwować różnice w kształtowaniu termiki wód zarówno w aspekcie czasowym, jak również przestrzennym, przy czym wyraźne przekształcenie naturalnych układów termicznych można stwier-



Rys. 22. Przeciętna zmienność warunków termicznych i dynamika masy wodnej w zbiornikach dymiktycznych regionu górnośląskiego (termoisoplety wyrażone w °C)

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych

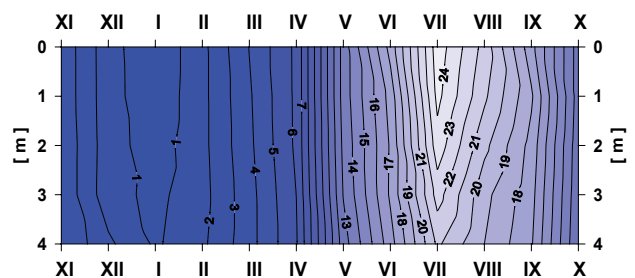
Fig. 22. Average variability of thermal conditions and dynamics of water mass in dimictic water reservoirs of the Upper Silesian Region (thermoisopleths expressed in °C)

Source: Made by the author on the base of his own research

dzić jedynie w przypadku niektórych akwenów. W zbiornikach pozbawionych wpływów antropogenicznych bądź pozostających w zasięgu mało uciążliwych form antropopresji dominują typowe dla strefy klimatu umiarkowanego układy termiczne. Zbiorniki o głębokości co najmniej kilku lub kilkunastu metrów są dymiktyczne z wyraźnym i nieodbiegającym od typowego (rys. 22) układem anotermicznym w lecie i katotermicznym w zimie oraz dwoma okresami homotermii.

Płytkie zbiorniki wodne o głębokościach średnich nieprzekraczających 2–4 m są polimiktyczne z częstszym występowaniem układów homotermicznych, które są wywoływane przede wszystkim miksą wiatrową (rys. 23).

Wyrazistym przykładem oddziaływania antropopresji na wody stojące są zbiorniki obciążone tzw. zanieczyszczeniami termicznymi, które charakteryzują się wyraźnie podwyższoną lub obniżoną antropogenicznie – w odniesieniu do naturalnej w danych warunkach temperatury wód stojących lub płynących – ciepłotą wywołaną dopływem wody, ścieków, osadów. Powszechnym zjawiskiem jest obciążenie wód zbiorników ście-



Rys. 23. Przeciętna zmienność warunków termicznych i dynamika masy wodnej w zbiornikach o cechach polimiksji (termoisoplety wyrażone w °C)

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych

Fig. 23. Average variability of thermal conditions and dynamics of water mass in water reservoirs of features of polymixion (thermoisopleths expressed in °C)

Source: Made by the author on the base of his own research

kami komunalnymi, przemysłowymi lub bytowymi, które podnoszą temperaturę wody w strefach swego ujścia. Skutkują także zimą przesunięciem – w skrajnych przypadkach nawet o kilkaset metrów – strefy występowania zjawisk lodowych ku środkowi jeziora, a latem – wtórnym podwyższeniem temperatury w rezultacie przemian chemicznych wody, ścieków i osadów. Ogólny obraz termiczny takich zbiorników podobny jest do typowego dla jezior strefy klimatu umiarkowanego. Zasilanie ich wodami o nieznacznie sztucznie podwyższonej ciepłocie skutkuje tylko modyfikacją krzywych termicznych co najwyżej w kilkusetmetrowej strefie kontaktu wód rzecznych i zbiornikowych (RZĘTAŁA, 2000a).

Skrajne antropogeniczne obciążenie termiczne dotyczy zbiorników, których zasoby ciepła są kształtowane w przewodzie przez zrzut wód podgrzanych. Przykładem są niewielkie zbiorniki w Bytomiu (fot. 2) lub Zabrze, w których ciepłota wody podlega cyklicznym zmianom pod wpływem zrzutu podgrzanych wód chłodniczych o temperaturze nawet do 40°C i wychładzania do temperatury odpowiadającej średniej temperaturze z ostatnich kilku dób.

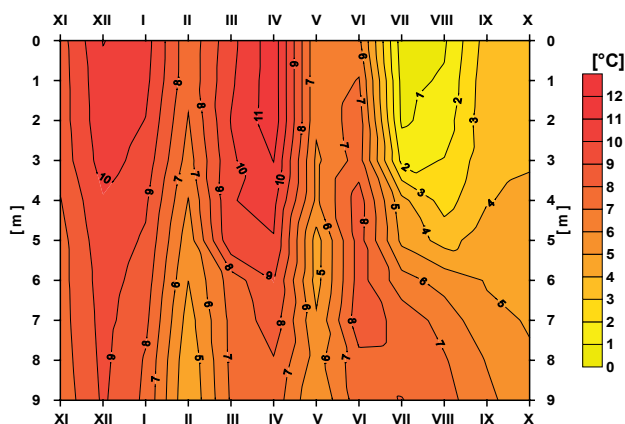


Fot. 2. Niewielki zbiornik na pograniczu Bytomia i Zabrze o antropogenicznie podwyższonej temperaturze wody – widoczna para wodna nad powierzchnią zbiornika (fot. M. RZĘTAŁA)

Photo 2. Small reservoir in the borderland of Bytom and Zabrze with anthropogenically increased water temperature – water vapour over reservoir surface is visible (photo by M. RZĘTAŁA)

Zrzut wody do Zbiornika Rybnickiego, która została zeń pobrana, a następnie podgrzana w procesie chłodzenia bloków energetycznych konwencjonalnej elektrowni, przekształca całkowicie jego obraz termiczny. Świadczy o tym temperatura wód powierzchniowych tego akwenu, która wynosi nie mniej niż 6°C zimą, a latem kształtuje się w zależności od sektora zbiornika w przedziale od ok.

20°C do 35°C. Temperatura wody w zbiorniku jest wyższa od średniej temperatury innych zbiorników wodnych (Łąka, Przeczyce, Kozłowa Góra) nawet o 10°C (rys. 24).



Rys. 24. Antropotermia w Zbiorniku Rybnickim, tj. spowodowany antropopresją wzrost temperatury wody na tle normalnej sytuacji termicznej, czyli termicznego tła limnologicznego (thermoisoplethi wyrażone w °C)

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych

Fig. 24. Anthropothermy in Rybnik water reservoir, i.e. caused by anthropopression increase in water temperature against a background of normal thermal situation, i.e. thermal limnological background (thermoisopleths expressed in °C)

Source: Made by the author on the base of his own research

Wobec antropopresji stale występuje układ podobny do anotermin o różnej stabilności w odniesieniu do zasięgu pionowego i zróżnicowania poziomego (w przypadku braku zrzutu wód podgrzanych o przemianach termicznych świadczyłyby: homotermia wiosenna, anotermia, homotermia jesienna i katotermia). Predysponuje to zbiornik do miana antropomiktycznego i antropotermicznego. Określę „antropomiksja” i „antropotermia” – z pewnymi zastrzeżeniami – można by używać w przypadku kształtowania procesów termicznych przez czynniki antropogeniczne, zwłaszcza w strefie kąpielisk obejmujących całe niewielkie powierzchniowo akwenu bądź w warunkach kojarzonych z intensywnym ruchem jednostek motorowodnych.

Lokalna antropopresja utożsamiana ze składowaniem odpadów¹ lub magazynowaniem ście-

¹ Odpady oznaczają każdą substancję lub przedmiot należący do jednej z kategorii określonych w załączniku nr 1 do Ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach, których posiadacz się pozbywa, zamierza się pozbyć lub do ich pozbycia się jest obowiązany, np. pozostałości: z procesów przemysłowych (żużle, pozostałości podestylacyjne itp.), z procesów usuwania zanieczyszczeń (osady ściekowe, szlasy z płuczek, pyły z filtrów, zużyte filtry itp.), z wydobywania lub przetwarzania surowców (pozostałości górnicze itp.), a także zanieczyszczone substancje powstające podczas rekultywacji gleby i ziemi.

ków² w obrębie misy zbiornikowej może być przyczyną meromiksji, a tym samym typowego dla niej specyficznego rozkładu temperatury w profilu pionowym (np. zbiornik Górka w Trzebini — por. MOLENDĄ, 2005). Powodem wystąpienia układów meromiktycznych w warunkach górnośląskich jest duża gęstość wody wywołana wyłącznie czynnikami antropogenicznymi (składowanie odpadów, dostawa zanieczyszczeń o dużej gęstości), co w połączeniu z niewielką powierzchnią i zwykle dużą głębokością akwenu oraz istnieniem osłon terenowych prowadzi do trwałej stagnacji wód.

4.2. Zjawiska lodowe

Pod pojęciem „zjawiska lodowe” należy rozumieć obecność lodu w wodzie bez względu na jego strukturę, formę oraz czas trwania (CHOIŃSKI, 1995), przy czym w uwarunkowaniach ich występowania wskazuje się zazwyczaj na związek z morfometrią i położeniem akwenu oraz warunkami klimatycznymi i orograficznymi. Występowanie zjawisk lodowych w obrębie zbiorników wodnych regionu górnośląskiego podlega podobnym naturalnym prawidłowościom, lecz modyfikują je czynniki antropogeniczne. Do takich zalicza się przede wszystkim obciążenie wód zbiornikowych zanieczyszczeniami (w tym tzw. zanieczyszczenia-

mi termicznymi), a także (na wielu akwenach) częste zmiany poziomu zwierciadła wody.

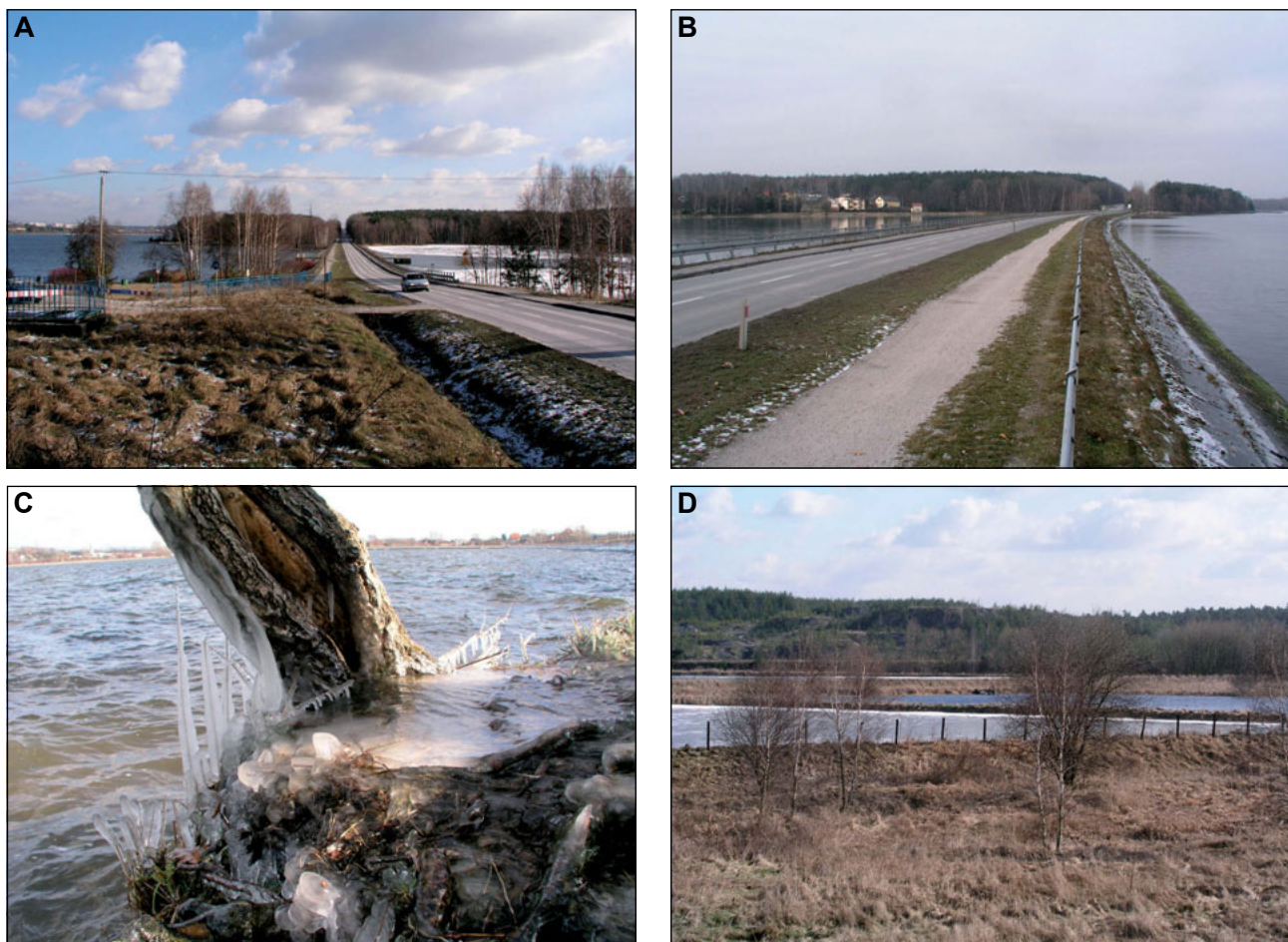
Przykładem skrajnego wpływu antropopresji na kształtowanie zjawisk lodowych jest Zbiornik Rybnicki, którego zwierciadło wody pozbawione jest zwartej pokrywy lodowej. Okresowo występują tylko tzw. nalodzia brzegowe w strefie rozbryzgu wody, napływający lód rzeczny oraz epizodycznie lód brzegowy, lepa lub sryż. Nie dotyczy to zalewów bocznych odizolowanych od głównego akwenu zbiornika, gdzie można obserwować (fot. 3) całą gamę zjawisk lodowych ze zwartą pokrywą lodową włącznie (por. ABSALON, 1998). Podobną kontrastowość w zlodzeniu sąsiednich akwenów można obserwować na powierzchni zbiorników wodnych pozbawionych obciążenia zanieczyszczeniami termicznymi jedynie na etapie zamarzania lub roztopów (fot. 3).

Brak pokrywy lodowej wywołany antropoterią jaskrawo kontrastuje z *quasi*-naturalnym przebiegiem zjawisk lodowych w obrębie akwenów pozbawionych dopływu tzw. zanieczyszczeń termicznych. Reprezentatywny ciąg danych na temat zlodzenia zbiornika Kozłowa Góra dokumentuje występowanie wielu uwarunkowań czasowej zmienności przebiegu zjawisk lodowych na wodach stojących (rys. 25 i 26).

W wodach o wysokiej mineralizacji, która wynosi nawet kilkadziesiąt gramów na decymetr sześcienny, przebieg zjawisk lodowych jest odmienny od naturalnego. Wprawdzie nie dotyczy to grubości pokrywy lodowej, ta bowiem nie wykazuje istotnych różnic na tle pozostałych obiektów hydrologicznych izolowanych przed dopływem zanieczyszczeń. Różnice polegają na: innej strukturze lodu, niejednorodnej budowie krystalograficznej i często mniejszej wytrzymałości mechanicznej.

Z badań ponad 50 zbiorników wodnych przeprowadzonych w regionie górnośląskim w połowie lutego 2006 r. wynika, że pokrywa lodowa miała różną miąższość: od minimalnej wynoszącej 23 cm, przez średnią — 31 cm, do maksymalnej liczącej aż 39 cm. Wartości minimalne zanotowano w niewielkich zbiornikach wodnych w silnie zurbanizowanym obszarze Rudy Śląskiej, natomiast wartości maksymalne stwierdzono w obrębie zbiornika Pogoria III w Dąbrowie Górniczej. Zróżnicowanie grubości pokrywy lodowej, poza naturalnymi uwarunkowaniami, zależało od: mineralizacji ogólnej wody, zmian poziomu piętrzenia wody, obciążenia zanieczyszczeniami (w tym termicznymi). Nie stwierdzono natomiast żadnych prawidłowości w przestrzennym zróżnicowaniu miąższości lodu poszczególnych zbiorników, przy istotnych jej wahanach w obrębie niektórych akwenów.

² Zgodnie z Ustawą z dnia 18 lipca 2001 r. — Prawo wodne (z późn. zm.), mowa o: a) wodach zużytych, w szczególności na cele bytowe lub gospodarcze, b) ciekłych odchodach zwierzęcych, z wyjątkiem gnojówki i gnojowicy przeznaczonych do rolniczego wykorzystania w sposób i na zasadach określonych w Ustawie z dnia 26 lipca 2000 r. o nawozach i nawożeniu (Dz.U. nr 89, poz. 991 oraz Dz.U. 2004, nr 91, poz. 876), c) wodach opadowych lub roztopowych, ujętych w otwarte lub zamknięte systemy kanalizacyjne, pochodzących z powierzchni zanieczyszczonych o trwałej nawierzchni, w szczególności z miast, portów, lotnisk, terenów przemysłowych, handlowych, usługowych i składowych, baz transportowych oraz dróg i parkingów, d) wodach odciekowych ze składowisk odpadów i miejsc ich magazynowania, wykorzystanych solankach, wodach leczniczych i termalnych, e) wodach pochodzących z odwodnienia zakładów górniczych, z wyjątkiem wód wtłaczanych do górotworu, jeżeli rodzaje i ilość substancji zawartych w wodzie wtłaczanej do górotworu są tożsame z rodzajami i ilościami substancji zawartych w pobranej wodzie, f) wodach wykorzystanych, odprowadzanych z obiektów chowu lub hodowli ryb łososiowatych, g) wodach wykorzystanych, odprowadzanych z obiektów chowu lub hodowli ryb innych niż łososiowate albo innych organizmów wodnych, o ile produkcja tych ryb lub organizmów, rozumiana jako średnioroczny przyrost masy tych ryb lub innych organizmów w poszczególnych latach cyklu produkcyjnego, przekracza 1500 kg z 1 ha powierzchni użytkowej stawów rybnych danego obiektu w jednym roku określonego cyklu.



Fot. 3. Porównanie zjawisk lodowych na akwenach obciążonych i nieobciążonych zanieczyszczeniami termicznymi (fot. M. RZĘTAŁA):

A – wolny od pokrywy lodowej główny akwen Zbiornika Rybnickiego i jego zalew boczny Pniowiec z pokrywą lodową częściowo przykrytą śniegiem, **B** – wolny od pokrywy lodowej główny akwen Zbiornika Rybnickiego (po prawej) i jego zalew boczny Orzepowice z pokrywą lodową wolną od śniegu, **C** – tzw. nalodzia brzegowe w obrębie Zbiornika Rybnickiego, **D** – różnice w zlodzeniu sąsiadujących z sobą zbiorników groblowych użytkowanych jako stawy hodowlane koło miejscowości Bargłówka

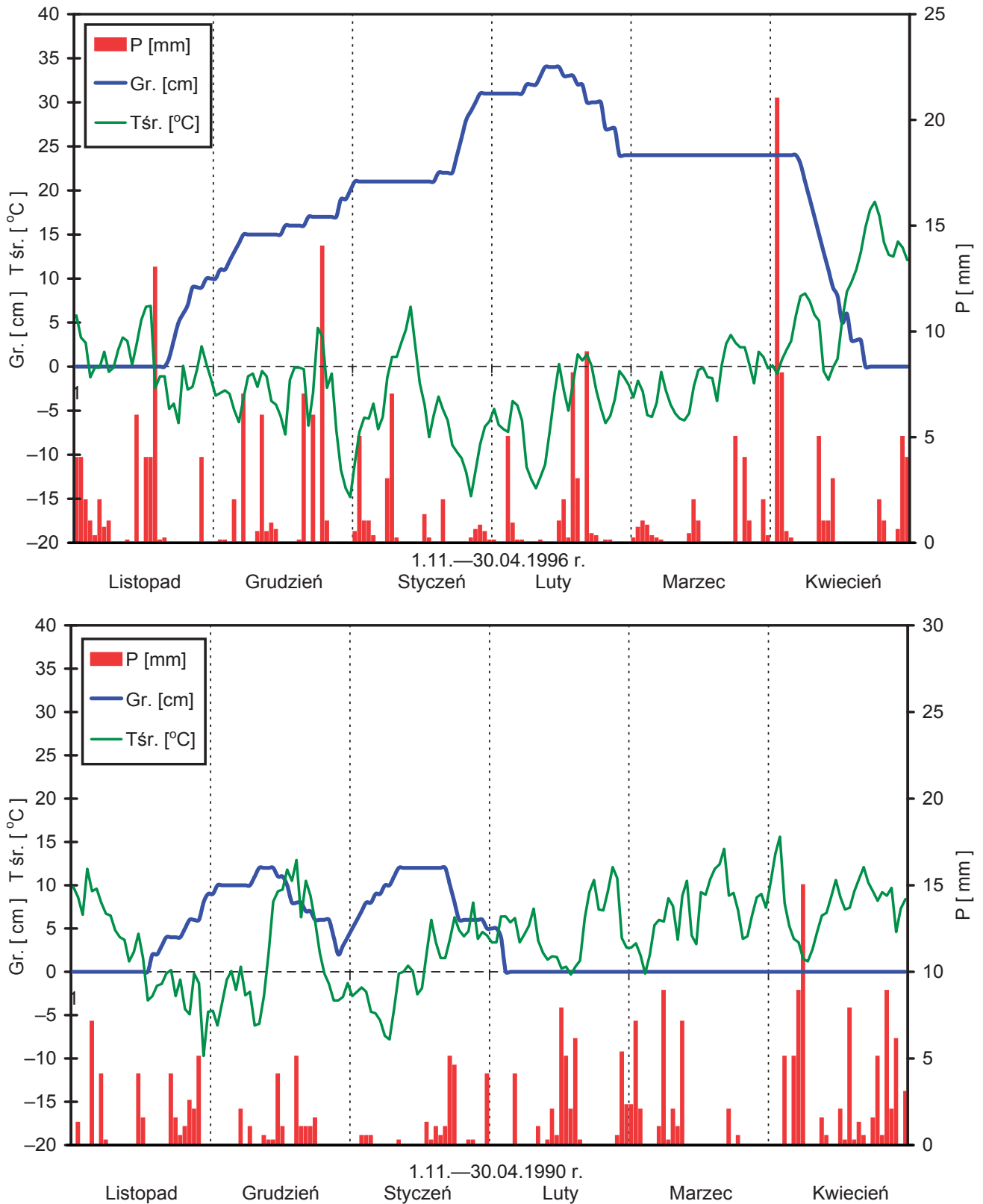
Photo 3. Comparison of ice phenomena on reservoirs which are thermal pollutant-laden and not loaded (photo by M. RZĘTAŁA):

A – free from ice cover main water body of Rybnik reservoir and its side reservoir Pniowiec with ice cover partly covered with snow, **B** – free from ice cover main body of Rybnik reservoir (from the right) and its side reservoir Orzepowice with ice cover free from snow, **C** – so-called shore aufeis within Rybnik reservoir, **D** – differences in icing of neighbouring weir reservoirs used as farm ponds near locality Bargłówka

Dużą specyfiką w przebiegu zjawisk lodowych charakteryzują się zbiorniki zaporowe, w których wysokość zwierciadła wody znacząco zmienia się w okresie występowania zlodzenia. Wahanie stanów wody, towarzyszące zmniejszaniu retencji, przyczyniają się do destabilizacji zwartej pokrywy lodowej w sytuacji jej zawieszenia i grawitacyjnego obciążenia, natomiast podczas podpiętrzania wody – do przyrastania (domarzania) grubości pokrywy lodowej. Nie bez znaczenia dla użytkowania akwenów i ich nabrzeży pozostają również poziome przemieszczenia pokrywy lodowej. Są one związane z kurczeniem lub rozszerzaniem lodu oraz jego pękaniem i zamrażaniem napływającej w szczeliny wody, a także przemieszczaniem przez wiatr odmarzniętej przy brzegach pokrywy lodowej.

Skutkami występowania zjawisk lodowych są zmiany w rzeźbie oraz osadach strefy litoralnej

(fot. 4). Zwykle mają charakter efemeryczny. Formy będące trwałym elementem morfologii wybrzeża należą do rzadkości, chociaż M.A. RZĘTAŁA (2003) podaje, że wielokrotny (wielosezonowy) cykl pełnego rozwoju form egzaracyjnych może skutkować wykształceniem trwałych struktur w rzeźbie wybrzeża. Napór kier lodowych lub zwartej pokrywy lodowej na materiał brzegowy skutkuje jego spiętrzaniem, przesunięciem, a w końcu bezładną depozycją. Takie przemieszczenia mineralnego lub organicznego materiału brzegowego mogą przyjmować docelowo postać wałów brzegowych. W wyniku naporu pokrywy lodowej przesunięciu mogą ulegać segmenty monolitu przemarzniętego gruntu przybrzeżnego. Formy, o których mowa, spotykane są na brzegach zbiornika Kozłowa Góra, gdzie często dochodzi do wydzwignięcia na wysokość ponad 1,5 m materiału zalegającego w sąsiedztwie okła-



Rys. 25. Zbiornik Kozłowa Góra — zmiany grubości pokrywy lodowej w hydrologicznym półroczu zimowym roku chłodnego (1996) i ciepłego (1990):

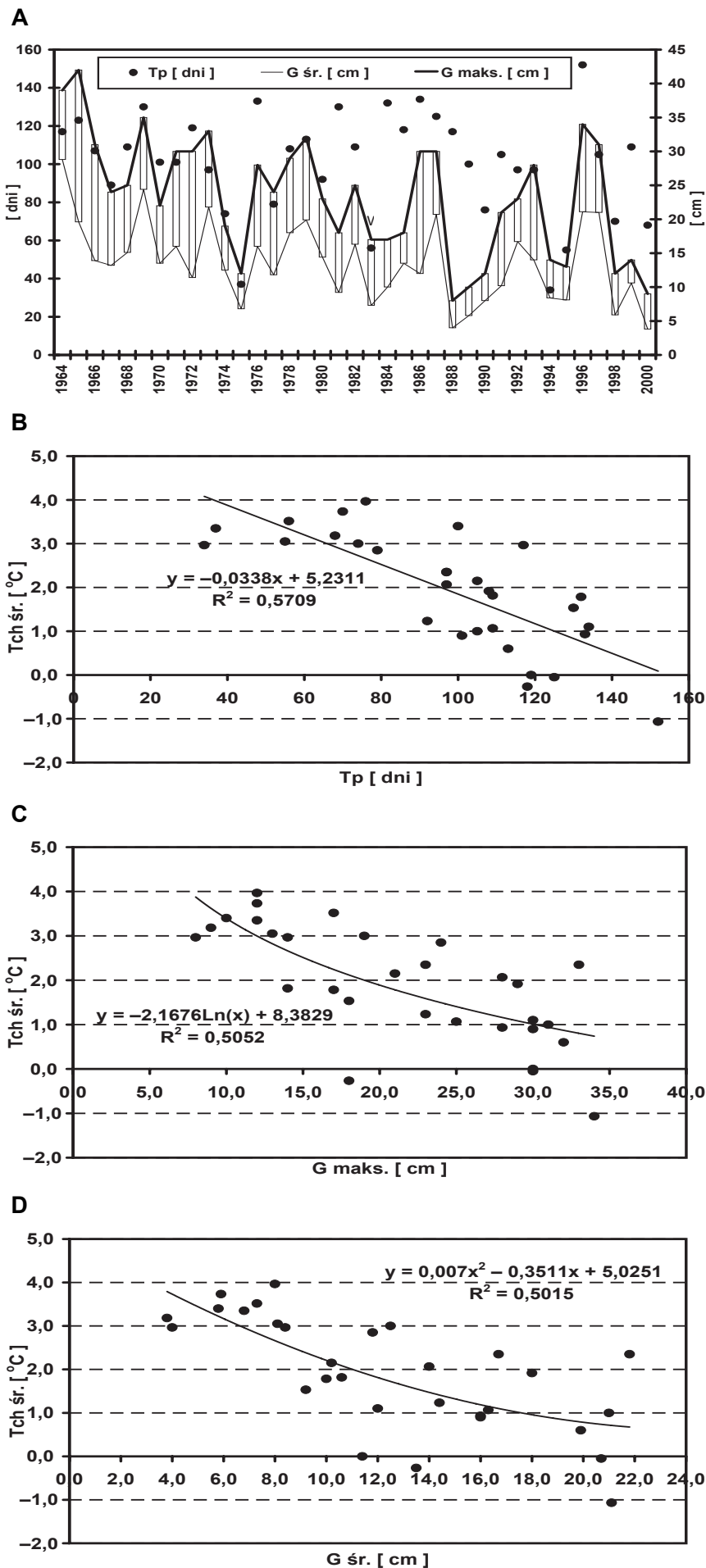
P — dobowe sumy opadów atmosferycznych w Katowicach [mm], $Gr.$ — grubość pokrywy lodowej [cm], $T\acute{s}r.$ — średnie dobowe temperatury powietrza w Katowicach [°C]

Źródło: Opracowanie na podstawie danych GPW i IMGW w Katowicach oraz wyników badań własnych

Fig. 25. Kozłowa Góra water reservoir — changes in the thickness of ice cover in the hydrological winter half year of cold (1996) and warm year (1990):

P — 24 hours' sums of atmospheric precipitations in Katowice [mm], $Gr.$ — thickness of ice cover [cm], $T\acute{s}r.$ — average 24 hours' air temperatures in Katowice [°C]

Source: Made by the author on the base of data taken from GPW and IMGW in Katowice as well as results of his own research



Rys. 26. Zbiornik Kozłowa Góra – zmiany grubości pokrywy lodowej w latach hydrologicznych 1964–2000 (A) i 1971–2000 (B–D):

T_p – czas trwania pokrywy lodowej w półroczu zimowym [dni], G sr. – średnia grubość pokrywy lodowej w półroczu zimowym [cm], G maks. – maksymalna grubość pokrywy lodowej w półroczu zimowym [cm], Tch sr. – średnia temperatura powietrza atmosferycznego w półroczu zimowym w Katowicach [°C]

Źródło: Opracowanie na podstawie danych GPW w Katowicach oraz wyników badań własnych

Fig. 26. Kozłowa Góra water reservoir – changes in the thickness of ice cover in the hydrological years 1964–2000 (A) and 1971–2000 (B–D):

T_p – time of ice cover occurring in the winter half year [days], G sr. – average thickness of ice cover in the winter half year [cm], G maks. – maximum thickness of ice cover in the winter half year [cm], Tch sr. – average temperature of atmospheric air in the winter half year in Katowice [°C]

Source: Made by the author on the base of data taken from GPW in Katowice and results of his own research

Fot. 4. Skutki zjawisk lodowych w strefie brzegowej zbiorników wodnych (fot. M. i M.A. RZĘTAŁA):

A – organiczny wał brzegowy (zbiornik Pogoria III), B – mineralny wał brzegowy (zbiornik Pogoria III), C – strefowe przemieszczenia segmentów przemarzniętego materiału brzegowego (zbiornik Pogoria III), D – bezładne przemieszczenia materiału brzegowego (zbiornik Dzierżno Duże), E – wypiętrzenia u podnóża zapory czołowej i bocznej zbiornika Kozłowa Góra, F – destrukcja roślinności szuwarowej w wyniku naporu lodu (zbiornik Pogoria III)

Photo 4. Effects of ice phenomena in the shore zone of water reservoirs (photo by M. & M.A. RZĘTAŁA):

A – organic shore embankment (Pogoria III reservoir), B – mineral shore embankment (Pogoria III reservoir), C – zonal transformations of segments of frozen-over shore material (Pogoria III reservoir), D – unoriented transformations of shore material (Dzierżno Duże reservoir), E – uplifts at the foot of frontal and lateral dams of Kozłowa Góra reservoir, F – destruction of rushes vegetation in result of ice thrust (Pogoria III reservoir)



dów zapory czołowej i bocznej. Tego typu procesy nierzadko inicjują destabilizację umocnień brzegowych i wpływają destrukcyjnie na elementy zabudowy hydrotechnicznej.

Antropogenizacja zjawisk lodowych w obrębie zbiorników wodnych jest czynnikiem modyfikującym przebieg innych procesów limnicznych, a dodatkowo niesie duże ryzyko dla bezpiecznego użytkowania — głównie rekreacyjnego wędkarstwa i żeglarstwa lodowego — pokrytej lodem powierzchni jeziornej. Trzeba również podkreślić, iż korzystanie z pokrywy lodowej nie jest absolutnie bezpieczne w żadnych warunkach, zwłaszcza że występuje istotne zróżnicowanie w jej kształtowaniu, zależne od warunków meteorologicznych dolnej warstwy troposfery panujących w półroczu zimowym poszczególnych lat hydrologicznych.

M. RUMAN i M. RZĘTAŁA (2005) podają, że ok. 5–7 cm lodu utrzymuje pojedynczego człowieka (jednakże chodzenie po takim lodzie nie jest bezpieczne), miąższość 10 cm uznaje się za minimalną grubość lodu, na którym można wędkować, a kilkunastocentymetrowa warstwa lodu pozwala na poruszanie się skuterami śnieżnymi i uprawianie żeglarstwa lodowego, chociaż o najbezpieczniejszym użytkowaniu zamrożonego akwenu można mówić przy 20–30-centymetrowej warstwie lodu. Ci sami autorzy przypominają jednak, że warstwa lodu nie jest w każdym miejscu taka sama, a jej grubość zależy od lokalnych warunków cyrkulacyjnych i termicznych masy wodnej.

4.3. Warunki tlenowe

Jednym z ważniejszych wskaźników ekologii wód stojących jest ich natlenienie. Zawartość tlenu w wodzie i dynamika jego zmian nawiązują do przebiegu procesów cyrkulacyjnych masy wodnej oraz charakteru procesów biochemicznych i chemicznych. Jednak naturalny rozkład tlenu w profilu głębokościowym, a także sezonowa zmienność nasycenia wody tlenem są modyfikowane obecnością w wodzie zanieczyszczeń.

Zbiorniki wodne istniejące w regionie górnośląskim reprezentują różne modele gospodarki gazowej (rys. 27), co pozostaje w bezpośrednim związku ze skalą wpływów antropogenicznych, wyrażanych przede wszystkim rodzajem i ilością ścieków wprowadzanych do wód lub ziemi oraz dopływem zanieczyszczeń ze źródeł rolniczych.

Pełne nasycenie tlenem (ok. 100%), a co najmniej nasycenie normalne (60–100%) wody dotyczy najczęściej zbiorników płytkich o cechach polimiksji

i towarzyszącej jej homooksygenii, ale również zbiorników dymiktycznych, przede wszystkim w czasie homotermii i katotermii, gdy sprzyja mu większa rozpuszczalność wraz ze spadkiem temperatury.

Deficytowy stan nasycenia oraz całkowity zanik tlenu w zbiornikach regionu górnośląskiego są bezspornie kojarzone z antropopresją rolniczą lub przemysłową. W skrajnych przypadkach warunki anaerobowe panują w całym hypolimnionie, a jednocześnie występują stany przesylenia i znaczące wahania dobowe zawartości tlenu w epilimnionie z oksykliną o dużych gradientach na niewielkiej głębokości. Równie często deficytowe natlenienie z tendencją do całkowitego zaniku tlenu i wydzielania siarkowodoru występuje w okresie katotermii wskutek zużycia tlenu w procesach utleniania oraz wobec braku możliwości jego dostawy, przy obecności zwartej pokrywy lodowej. Z kolei przesylenie wody tlenem wynika z mechanicznego natlenienia (np.: przez przepływ kaskadowy, miksję wiatrową, lokalnie przez przepływ łodzi motorowych), ale najczęściej w przypowierzchniowej warstwie wody jest konsekwencją rozwoju procesów eutrofizacyjnych, skutkujących transformacją gatunkową organizmów roślinnych i zwierzęcych oraz masowym rozwojem fitoplanktonu, czyli tzw. zakwitów wody. A. JAGUŚ i M. RZĘTAŁA (2003) właśnie obecności organizmów fitoplanktonowych przypisują stwierdzone letnie przesylenie tlenem przypowierzchniowej warstwy wody (intensywna fotosynteza) oraz spadek jej natlenienia do wartości nawet poniżej 10% w strefie przydennej (ograniczenie dopływu światła, zużycie tlenu w procesach biochemicznych i chemicznych), który przyczynia się do zagrożenia życia oksybiotów oraz uaktywnienia niepożądanych procesów anaerobowego rozkładu materii organicznej (CHOIŃSKI, 1995).

Swoiste tło porównań warunków tlenowych panujących w środowisku *quasi*-naturalnym stanowią zbiornik Dzieńkowice, wykorzystujący zasoby czystych wód potamicznych Soły i Skawy, przerzucanych z obszarów o niewielkim stopniu przeobrażenia środowiska (Beskid Żywiecki, Beskid Śląski, Beskid Mały). Natlenienie jego wód (tabela 3) charakteryzują zmiany zawartości tlenu rozpuszczonego w zakresie 4,6–16,4 mg O₂/dm³ i odpowiadające im nasycenie wody tlenem, wahające się w granicach 39,7–141,4%. Przebieg procesów tlenowych najbardziej podobny do naturalnego jest również znamieny dla zbiornika Pogoria III, znacznie izolowanego przed dopływem zanieczyszczeń. Model zmian natlenienia w zbiornikach funkcjonujących w warunkach antropopresji rolniczej odzwierciedlają przemiany warunków tlenowych w jeziorze zaporowym Przeczycy i poeksploatacyjnym Pławniowice. Specyfikę gospodarki gazo-

wej zbiornika funkcjonującego w sytuacji skrajnej antropopresji miejsko-przemysłowej oddaje akwen Dzierżno Duże.

Przykładem o wiele bardziej destrukcyjnego wpływu antropopresji na zawartość tlenu w masie wodnej są zbiorniki ze sztucznie ukształtowanymi warunkami meromiktycznymi w konsekwencji zrzutu silnie zmineralizowanych ścieków (np.

zasolonych wód pochodzących z odwodnienia zakładów górniczych). O takich zbiornikach w nieco innym kontekście wspominają także M. CZOP i in. (2005) oraz T. MOLENDĄ (2005). Równie nieliczne są akwenu gromadzące okresowo ścieki lub odcieki pozbawione częściowo lub całkowicie tlenu, którym z różnych względów niesłusznie przypisuje się atrybuty wód limnicznych.

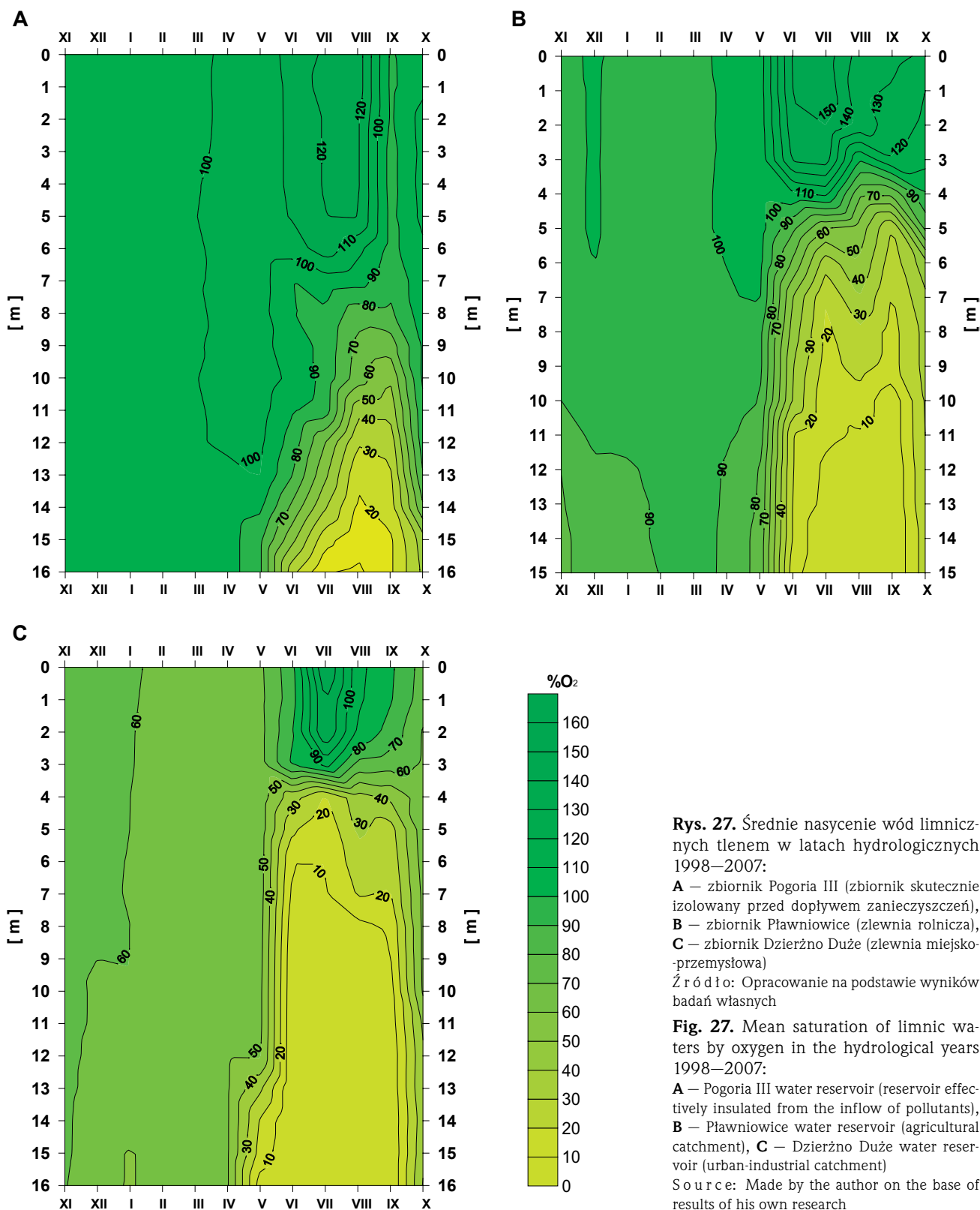


Tabela 3. Podstawowe charakterystyki średnich rocznych wartości wskaźników gospodarki gazowej zbiornika Dzieckowice w latach hydrologicznych 1979–2003**Table 3.** Basic characteristics of average annual values of indices of gaseous economy of Dzieckowice reservoir in the hydrological years 1979–2003

Charakterystyka	Odczyn pH	Natlenienie		BZT ₅	Utlenialność	Wolny CO ₂	Agresywny CO ₂
		% O ₂	[mg O ₂ / dm ³]				
Minimum	7,26	81,94	8,88	1,30	2,90	3,04	0,00
Średnia	7,69	93,92	10,49	2,92	3,84	9,04	2,24
Mediana	7,71	91,98	10,23	3,01	3,80	7,92	2,39
Maksimum	8,26	116,40	11,98	4,23	4,99	17,23	3,85
Amplituda	1,00	34,46	3,10	2,93	2,09	14,19	3,85
Odchylenie standardowe	0,31	8,56	0,89	0,74	0,57	4,14	0,92
Odcięta	7,18	103,19	11,65	3,65	4,28	6,72	2,35
Nachylenie	0,04	-0,66	-0,08	-0,05	-0,03	0,17	-0,01

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GPW w Katowicach.

Source: Made by the author on the base of data taken from GPW in Katowice.

4.4. Żyzność wód

Problem żyzności wód zbiorników regionu górnośląskiego można rozpatrywać nie tylko w odniesieniu do wzbogacenia wody biogenami, lecz także w kategoriach obecności substancji powodujących nadmierne zasolenie wód, ich alkalizację, a w innych przypadkach acidotrofię.

4.4.1. Eutrofizacja

W procesie ewolucji jezior i zbiorników wodnych dużą rolę odgrywa eutrofizacja³ (KAJAK, 1979), której intensyfikację przebiegu obserwuje się przede wszystkim na obszarach o wyraźnych wpływach antropogenicznych za sprawą zwiększonej dostawy materii organicznej i mineralnej, prowadzącej w konsekwencji do sptyczania, a następnie zaniku masy jeziornej (GIERSZEWSKI i in., 1994; CHOIŃSKI, 1995; GALICKA, 1996; MARSZELEWSKI, 2005). W regionie górnośląskim przebieg procesów eutrofizacyjnych jest uznawany za niezwykle dynamiczny, czemu sprzyja: emisja⁴ ścieków,

intensyfikacja rolnictwa, wycinanie lasów, zanieczyszczenie atmosfery itp. Powszechność zjawiska eutrofizacji wód stojących oznacza modyfikację przebiegu wielu procesów przyrodniczych (termicznych, tlenowych, oksydacyjnych i redukcyjnych, sedymentacyjnych, sedimentacyjnych itd.), a ponadto skutkuje utrudnieniami w zakresie eksploatacji zbiorników i użytkowania ich obrzeży.

O stanie trofii wód stojących decyduje przede wszystkim fosfor oraz w niewielkim procencie azot (KAJAK, 1979; WIŚNIEWSKI, 1994; DOJLIDO, 1995). Z. KAJAK (1979) przytacza opinię, że obecność fosforu w wodzie w ilości 1 kg może prowadzić do wytworzenia ok. 1 t świeżej masy glonów. Z kolei stężenie fosforu, przy którym mogą pojawiać się tzw. zakwity wody (rezultat nadmiernego rozwoju fitoplanktonu), dla nizinnych zbiorników zaporowych wynosi 20–30 µg P/dm³ (KAJAK, 1995). W zbiornikach oligotroficznych i oligomezotroficznych pozbawionych antropogenicznych obciążeń zanieczyszczeniami⁵ stężenia fosforu nie przekraczają poziomu kilkunastu mikrogramów na decymetr sześcienny (KAJAK, 1995). Wartości graniczne podstawowych wskaźników eutrofizacji wód, powyżej których występuje ten proces, zostały w ostatnich latach zdefiniowane dla wód stojących na pozio-

³ Zgodnie z Ustawą z dnia 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne (z późn. zm.), pod pojęciem eutrofizacji rozumie się wzbogacenie wody biogenami, w szczególności związkami azotu lub fosforu, powodującymi przyspieszony wzrost glonów oraz wyższych form życia roślinnego, w wyniku którego następują niepożądane zakłócenia biologicznych stosunków w środowisku wodnym oraz pogorszenie jakości tych wód.

⁴ Zgodnie z Ustawą z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (z późn. zm.), przez emisję rozumie się wprowadzane bezpośrednio lub pośrednio, w wyniku działań

ności człowieka, do powietrza, wody, gleby lub ziemi: a) substancje, b) energie, takie jak: ciepło, hałas, wibracje lub pola elektromagnetyczne.

⁵ Zgodnie z Ustawą z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (z późn. zm.), przez zanieczyszczenie rozumie się emisję, która może być szkodliwa dla zdrowia ludzi lub stanu środowiska, może powodować szkodę w dobrach materialnych, może pogarszać walory estetyczne środowiska lub może kolidować z innymi uzasadnionymi sposobami korzystania ze środowiska.

mie⁶: powyżej 0,1 mg P/dm³ w przypadku fosforu ogólnego, powyżej 1,5 mg N/dm³ w przypadku azotu ogólnego, powyżej 25 µg/dm³ w wypadku chlorofilu α oraz poniżej 2 m dla przezroczystości wody, przy czym o jego rozwoju świadczą — długotrwałe zakwity wody (fot. 5), powodowane często w jeziorach przez sinice, masowy rozwój glonów poroślowych, odtlenienie hypolimnionu (z możliwością wydzielania siarkowodoru), redukcja różnorodności i obfitości makrofitów, fauny bezkręgowej oraz ryb. Większość tych wskaźników, w sposób pośredni lub bezpośredni, nawiązuje do stosowanych na świecie klasyfikacji troficznych wód, wśród których normy OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) stanowią powszechny standard (VOLLENWEIDER i in., 1982).



Fot. 5. „Zakwity wody” — skutek rozwoju procesów eutrofizacyjnych w zbiorniku w Piekarach Śląskich (fot. M. RZĘTAŁA)

Photo 5. „Blooms of water” — the effect of eutrophication processes development in reservoir in Piekary Śląskie (photo by M. RZĘTAŁA)

⁶ Wskaźniki stosowane w ocenie eutrofizacji śródlądowych wód powierzchniowych i morskich zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych.

Zawartość chlorofilu α jako parametru najlepiej wyrażającego wielkość produkcji pierwotnej (KAJAK, 1998) w przypadku jednych zbiorników świadczy o wzbogacaniu i intensywnym rozwoju fitoplanktonu następującym w masie wodnej, w przypadku innych zaś wskazuje na możliwości kumulacyjne w stosunku do wód dopływu. Chlorofil α w niektórych zbiornikach regionu górnośląskiego obciążonych spływami zanieczyszczeń rolniczych osiąga średnie roczne stężenia nieco wyższe niż wartości graniczne. Jednak te wartości były przekraczane wielokrotnie przez maksymalne stężenia (tabela 4). Tym samym trudno wskazać w regionie zbiorniki wodne, które pod względem stężeń chlorofilu α odpowiadałyby akwenom zaporowym położonym w środowisku *quasi*-naturalnym, np. na górskich terenach Beskidu Śląskiego — zbiornikom Wisła Czarne (1–1,5 µg/dm³) i Wapienica (ok. 1 µg/dm³). W odniesieniu do zbiornika Pławniowice obniżenie stężeń chlorofilu α w systemie dopływ—odpływ można próbować tłumaczyć skutecznością zabiegów rekultywacyjnych, potwierdzanych przez wyniki 3-letnich badań nad obiegiem związków fosforu i azotu (KOSTECKI, 2007a). Obniżenie stężeń chlorofilu α , jakie zdarzało się w relacji dopływ—odpływ zbiornika Przeczyce czy Goczałkowice, może sugerować modyfikacyjny wpływ na to upustu dennego, zwłaszcza że wody ostatniego z wymienionych — według danych katowickiej jednostki IOŚ — w każdym przypadku pomiarowym od wiosny do jesieni 2001 r. zawierały chlorofil α średnio w ilości od 14,6 µg/dm³ do 25,7 µg/dm³, a zakres wahań w obrębie misy wyznaczał przedział 2,8–32,1 µg/dm³. W kolejnych dwóch latach parametr ten przyjmował jeszcze wyższe wartości. W 2002 r. średnia wynosiła od 27,1 µg/dm³ do 101,9 µg/dm³, przy zakresie wahań 14,7–170,2 µg/dm³, a w 2003 r. średnie oscylowały w przedziale 20,8–76,3 µg/dm³, przy zakresie wahań w granicach 19,6–88,2 µg/dm³. Z kolei produkcja pierwotna w zbiorniku Kozłowa Góra była tak duża, że mimo odpływu wody upustem dennym występował wzrost stężenia chlorofilu α (tabela 4), a w epilimnionie jego koncentracja w niektórych latach bywała dużo wyższa, co dokumentują — zestawione na podstawie danych WIOŚ w Katowicach — zakresy wahań jego stężenia w okresach od wiosny do jesieni: w 2000 r. — 51,5–130,2 µg/dm³, w 2001 r. — 5,9–18,3 µg/dm³, w 2002 r. — 6,1–65,6 µg/dm³, w 2003 r. — 14,3–59,5 µg/dm³. Całkowicie odmienną sytuację w zbiorniku Dzierżno Duże, przejawiającą się kilkukrotnym w 2005 r. i kilkunastokrotnym w 2006 r. wzrostem zawartości chlorofilu α w wodach odpływu w porównaniu z dopływem, należy tłumaczyć rozwojem procesów eutrofizacyjnych w obrębie misy. To, że

Tabela 4. Wpływ wybranych zbiorników wodnych na kształtowanie stężeń chlorofilu α wód powierzchniowych płynących w latach 2005 i 2006**Table 4.** Influence of the selected water reservoirs on the shaping of chlorophyll concentration α in surface waters flowing in the years 2005 and 2006

Nazwa zbiornika	Rok	Dopływ do zbiornika		Odpływ ze zbiornika		
		zakres	średnia	zakres	średnia	
		wartość parametru [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$]		wartość parametru [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$]		dopływ = 100%
Dzierżno Małe	2005	3,3–16,6	10,18	1,0–200,5	55,82	548
	2006	2,3–36,1	11,98	1,0–21,3	6,06	51
Łąka	2005	2,7–16,0	7,75	2,7–42,4	22,20	286
	2006	8,8–62,8	30,10	2,0–58,8	26,50	88
Rybnicki	2005	1,0–50,2	26,77	12,2–44,7	25,68	96
	2006	3,4–34,7	17,38	16,5–115,1	47,97	276
Goczałkowice	2005	10,7–54,5	27,50	6,7–26,3	14,95	54
	2006	1,7–26,1	12,3	7,6–15,5	12,38	101
Kozłowa Góra	2005	1,1–4,5	2,78	1,0–22,2	11,87	427
	2006	1,0–4,4	2,40	2,3–32,0	14,74	614
Dzierżno Duże	2005	1,0–7,2	3,43	1,0–43,8	11,85	345
	2006	1,0–1,0	1,0	8,9–33,0	15,87	1 587
Przeczyce	2005	2,2–36,1	12,48	1,0–3,9	1,87	15
	2006	2,0–15,0	6,52	1,0–15,5	7,95	122
Pławniowice	2005	1,0–12,8	5,87	1,0–12,4	3,85	66
	2006	1,0–12,8	3,95	1,0–1,0	1,00	25

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ w Katowicach.

Source: Made by the author on the base of data taken from WIOŚ in Katowice.

wielokrotności wzrostu stężenia chlorofilu α towarzyszył wzrost średnich zawartości bezwzględnych tego wskaźnika zaledwie w przedziale od kilku do kilkunastu mikrogramów na decymetr sześcienny, jest prawdopodobnie rezultatem wspomianej przez Z. KAJAKA (1995) likwidacji fitoplanktonu przez populację rozwielitek odżywiających się glonami.

Dodatkowym kryterium rozwoju eutrofizacji w zbiornikach regionu górnośląskiego, a pośrednio także wskazówką rodzaju i dynamiki procesów zachodzących w strefach eufotycznej i dysfotycznej (CHOIŃSKI, 1995) jest przezroczystość wody. Największa przezroczystość cechowała wody zbiorników położonych w zlewniach *quasi*-naturalnych i izolowanych przed dopływem zanieczyszczeń, a najmniejsza – silnie zeutrofizowane zbiorniki położone w zlewniach użytkowanych rolniczo lub o miejsko-przemysłowym charakterze. Do pierwszej grupy należą zbiorniki Dzieckowice i Pogoria III, do drugiej natomiast Kozłowa Góra, Przeczyce, Zbiornik Rybnicki, Rogoźnik. Skądinąd znane jako silnie zeutrofizowane akweny Dzierżno Duże, Pławniowice, Dzierżno Małe pod względem przezroczystości wody reprezentowały przedziały pośrednie. Dla strefy eufotycznej był również charakterystyczny dużo większy zakres wahań sezonowych i prze-

zroczyście w zbiornikach pozbawionych silnych wpływów antropogenicznych, w przeciwieństwie do małej amplitudy tych wahań w zbiornikach silnie zeutrofizowanych (rys. 28).

Stężenie związków fosforu i azotu jest w wodzie zbiorników regionu górnośląskiego wielokrotnie wyższe (nawet ponad 100-krotnie) niż zawartości naturalne, czyli tzw. tła. Generalnie w zbiornikach wodnych o zlewniach miejsko-przemysłowych zachodzą procesy typowe dla politrofii i hypertrofii, natomiast w zbiornikach o zlewniach użytkowanych rolniczo występuje problem eutrofizacji, wynikający z zanieczyszczenia lub zagrożenia zanieczyszczeniem związkami azotu ze źródeł rolniczych⁷. Nie znaczy to, że na obu typach obszarów

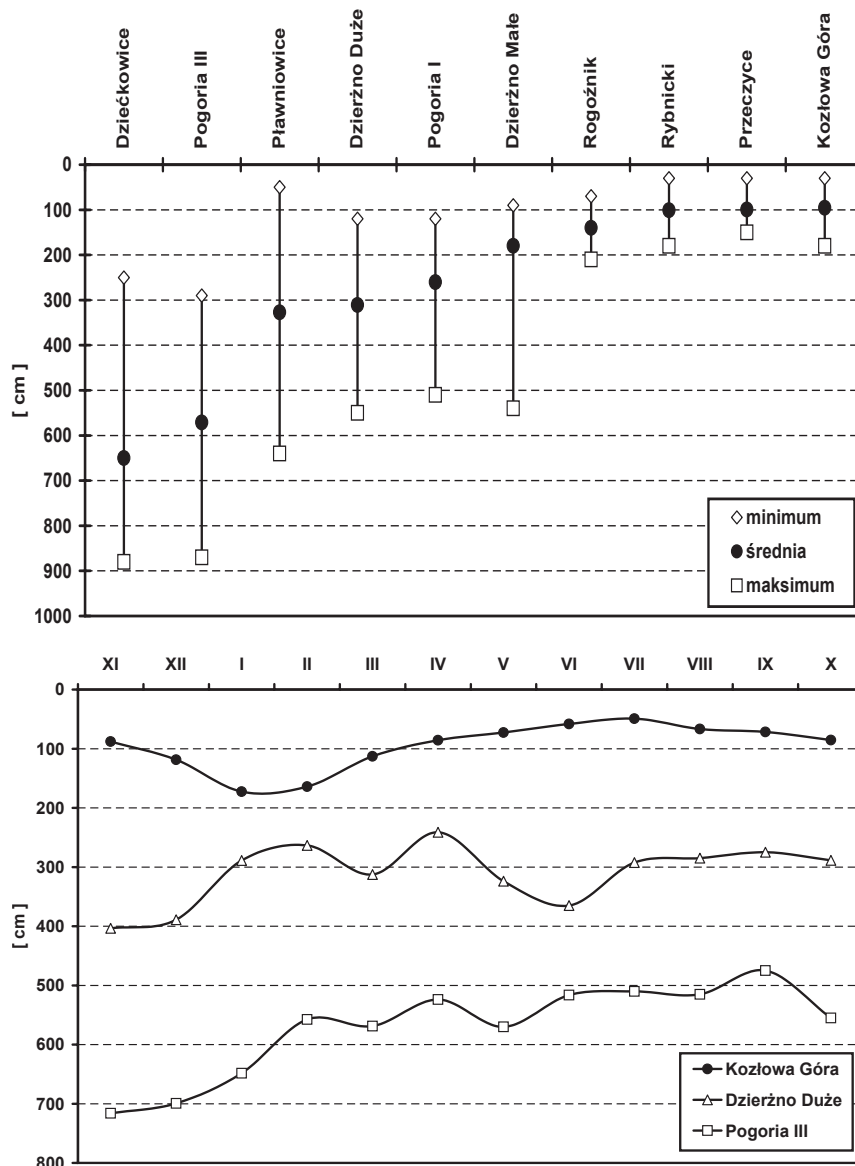
⁷ Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych, za wrażliwe na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych uznaje się wody zanieczyszczone oraz wody zagrożone zanieczyszczeniem, jeżeli nie zostaną podjęte działania ograniczające bezpośredni lub pośredni wrzut do nich azotanów i innych związków azotowych mogących przekształcić się w azotany, pochodzących z działalności rolniczej. Przyjmuje się, że wodami zanieczyszczonymi są: 1) śródlądowe wody powierzchniowe, a w szczególności wody, które pobiera się lub zamierza się pobierać na potrzeby zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia, i wody podziemne, w których zawar-

Rys. 28. Zmiany przezroczystości wody w zbiornikach regionu górnośląskiego w latach 1998–2007

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych

Fig. 28. Changes in water transparency in reservoirs of the Upper Silesian Region in the years 1998–2007

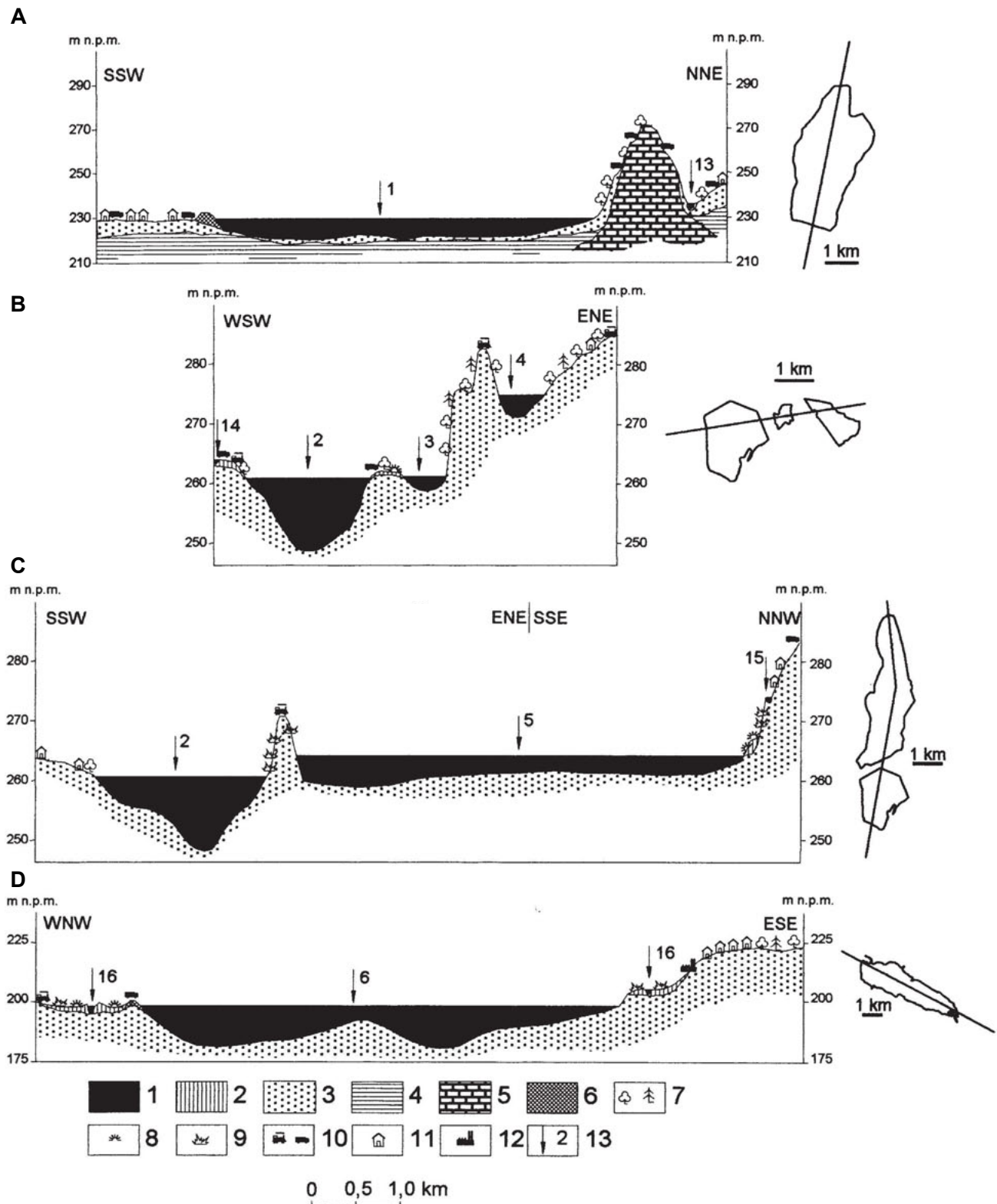
Source: Made by the author on the base of results of his own research



nie ma akwenów skutecznie izolowanych przed dopływem zanieczyszczeń. Skalę wpływu rodzaju użytkowania zlewni na kształtowanie jakości wód stojących dokumentują wyniki badań w różnych morfogenetycznie zbiornikach wodnych, tj.: poeksploatacyjnych, zaporowych, w nieckach osiadania i zapadliskach oraz groblowych.

tość azotanów wynosi ponad $50 \text{ mg NO}_3/\text{dm}^3$; 2) śródlądowe wody powierzchniowe, wody w estuariach oraz morskie wody wewnętrzne i morza terytorialnego, wykazujące eutrofizację, którą skutecznie można zwalczać przez zmniejszenie dawek dostarczanego azotu. Za wody zagrożone zanieczyszczeniem uznaje się: 1) śródlądowe wody powierzchniowe, a w szczególności te, które pobiera się lub zamierza się pobierać na potrzeby zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia, a także wody podziemne, w których zawartość azotanów wynosi od $40 \text{ mg NO}_3/\text{dm}^3$ do $50 \text{ mg NO}_3/\text{dm}^3$ i wykazuje tendencję wzrostową; 2) śródlądowe wody powierzchniowe, wody w estuariach oraz morskie wody wewnętrzne i morza terytorialnego, wykazujące tendencję do eutrofizacji, którą skutecznie można zwalczać przez zmniejszenie dawek dostarczanego azotu.

W kompleksie piaszczystych utworów czwartorzędowych w regionie górnośląskim powstało w ostatnich kilkudziesięciu latach wiele poeksploatacyjnych zbiorników wodnych (rys. 29), w tym kilka o pojemności większej od 1 hm^3 . W celu ustalenia zależności między poziomem zanieczyszczenia wybranych akwenów poeksploatacyjnych a charakterem użytkowania tych zbiorników wodnych oraz ich zlewni (rys. 30, tabela 5) przeprowadzono w latach 1998–2007 badania terenowe i laboratoryjne. Stwierdzono (RZĘTAŁA, 2007a) różne poziomy zanieczyszczenia wód stojących – od uznawanych za naturalne do stanu świadczącego o kompleksowej degradacji środowiska wodnego (tabela 6). Za najbardziej zbliżone do poziomu uznawanego za naturalny dla popiaskowych zbiorników wodnych można przyjąć dane dla akwenów Nakło-Chechło i Dzieckowice. Skrajnym obciążeniem antropogenicznym charakteryzuje się zbiornik Dzierżno Duże, funkcjonujący w warunkach



Rys. 29. Szkice przekrojów krajobrazowych okolic wybranych zbiorników poeksploatacyjnych w regionie górnośląskim:

A – dolina Przemszy w rejonie zbiornika Dzieckowice, **B** – Kotlina Dąbrowska w okolicach zbiorników wodnych Pogoria, **C** – Kotlina Dąbrowska w rejonie zbiorników Kuźnica Warężyńska i Pogoria III, **D** – dolina Kłodnicy w okolicach zbiornika Dzierżno Duże, **E** – dolina Dramy i Kłodnicy w rejonie zbiorników Dzierżno, **F** – dolina Kłodnicy w okolicach Pławniowic, **G** – zlewnia Brynicy w okolicach zbiornika Nakłó-Chechło, **H** – okolice zbiornika Sosina; 1 – wody powierzchniowe, 2 – utwory holoceniowe w ogólności, 3 – utwory plejstoceniowe w ogólności, 4 – utwory trzeciorzędowe, 5 – utwory triasowe, 6 – obwałowania, zapory, nasypy, 7 – lasy i zadrzewienia, 8 – łąki wilgotne, 9 – łąki suche, 10 – szlaki i tereny komunikacyjne, 11 – zabudowa zwarta i rozproszona, 12 – zakłady i tereny przemysłowe, 13 – ważniejsze obiekty hydrograficzne (1 – zbiornik Dzieckowice, 2 – zbiornik Pogoria III, 3 – zbiornik Pogoria II, 4 – zbiornik Pogoria I, 5 – zbiornik Kuźnica Warężyńska, 6 – zbiornik Dzierżno Duże, 7 – zbiornik Dzierżno Małe, 8 – tzw. zbiorniki Dzierżno I, 9 – zbiornik Pławniowice, 10 – zbiornik Mały Zalew, 11 – zbiornik Nakłó-Chechło, 12 – zbiornik Sosina, 13 – rzeka Przemsza, 14 – rzeka Czarna Przemsza, 15 – potok Trzebyczka, 16 – Kanał Gliwicki, 17 – odpływ ze zbiornika Nakłó-Chechło, 17 – inne ciekły powierzchniowe)

Źródło: Opracowanie własne

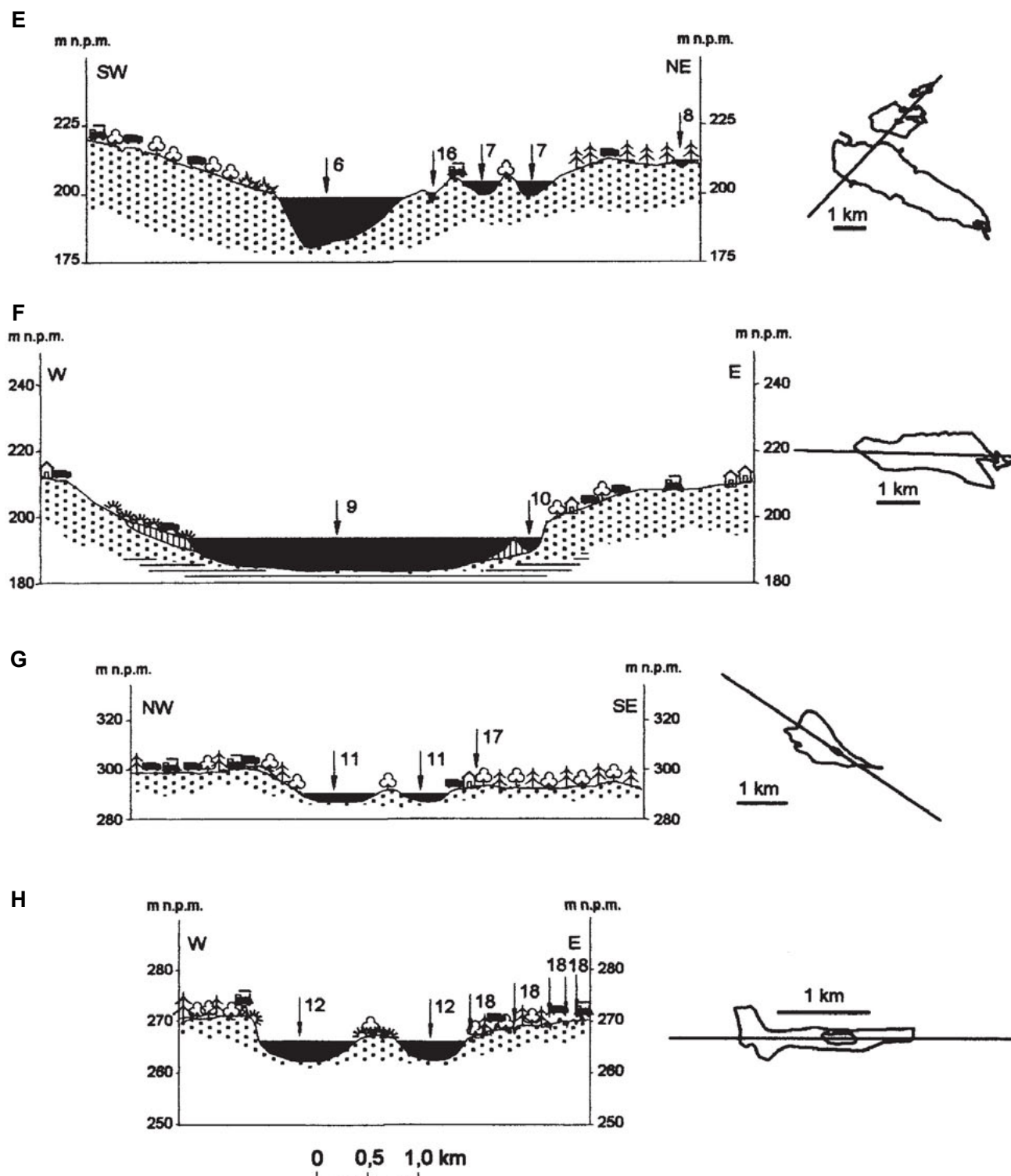
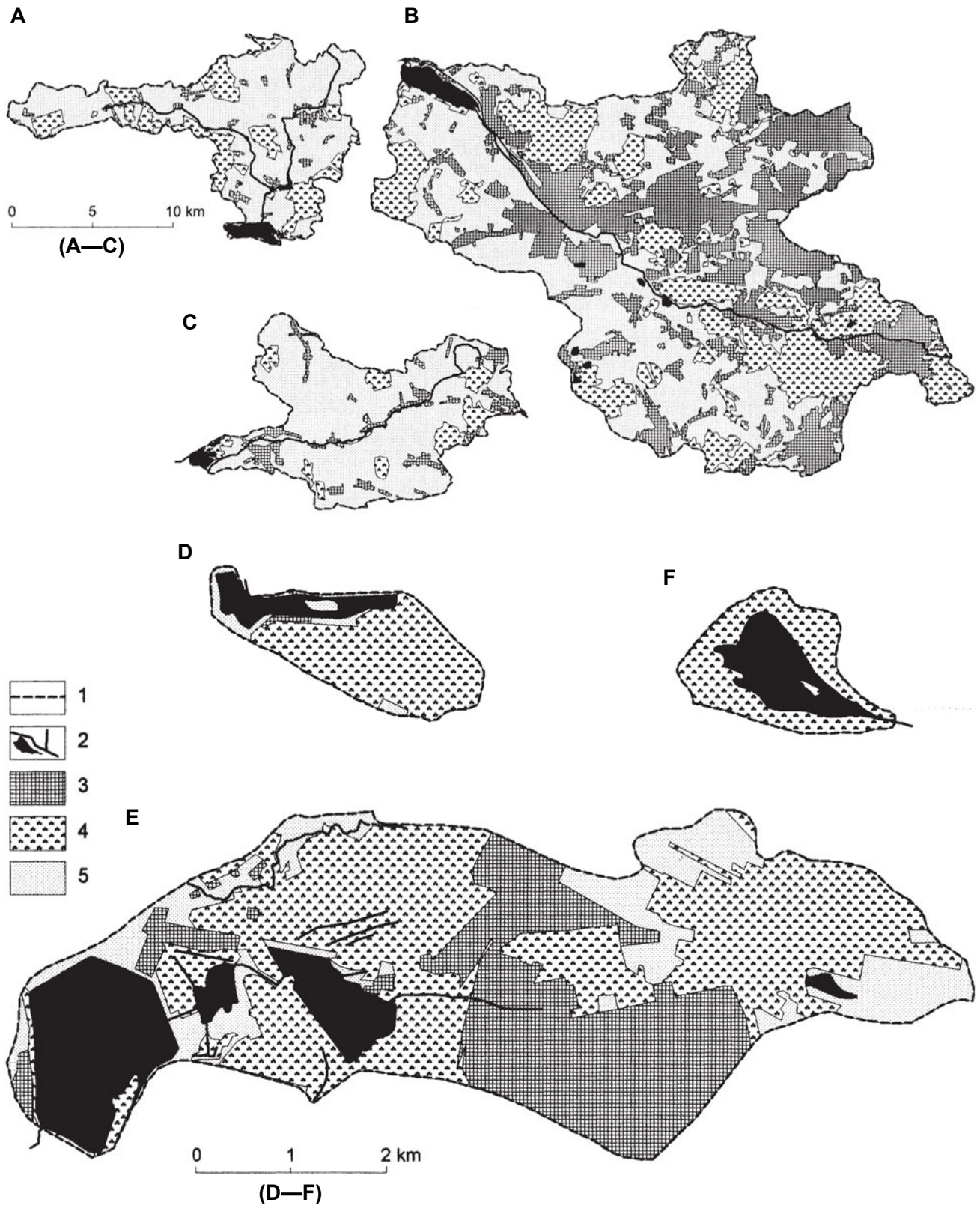


Fig. 29. Sketches of landscape sections of the neighbourhood of the selected post-exploitation water reservoirs in the Upper Silesian Region:

A – the Przemsza valley in the neighbourhood of Dzieckowice water reservoir, **B** – Dąbrowa Basin in the neighbourhood of Pogoria water reservoirs, **C** – Dąbrowa Basin in the neighbourhood of Kuźnica Wareżyńska and Pogoria III water reservoirs, **D** – the Kłodnica valley in the neighbourhood of Dzierżno Duże water reservoir, **E** – the Drama and Kłodnica valleys in the neighbourhood of Dzierżno water reservoirs, **F** – the Kłodnica valley near Pławniowice, **G** – the Brynica valley in the neighbourhood of Nakło-Chechło water reservoir, **H** – neighbourhood of Sosina reservoir; 1 – surface waters, 2 – Holocene deposits (in general), 3 – Pleistocene deposits (in general), 4 – Tertiary deposits, 5 – Triassic deposits, 6 – ramparts, dams, embankments, 7 – forests and plantings, 8 – humid meadows, 9 – dry meadows, 10 – routs and transport terrains, 11 – dense and scattered housing, 12 – industrial plants and terrains, 13 – more important hydrographical objects (1 – Dzieckowice water reservoir, 2 – Pogoria III water reservoir, 3 – Pogoria II water reservoir, 4 – Pogoria I water reservoir, 5 – Kuźnica Wareżyńska water reservoir, 6 – Dzierżno Duże water reservoir, 7 – Dzierżno Małe water reservoir, 8 – so-called Dzierżno I water reservoirs, 9 – Pławniowice water reservoir, 10 – Mały Zalew water reservoir, 11 – Nakło-Chechło water reservoir, 12 – Sosina water reservoir, 13 – the Przemsza river, 14 – the Czarna Przemsza river, 15 – the Trzebyczka stream, 16 – Gliwice Canal, 17 – outflow from the Nakło-Chechło water reservoir, 17 – other surface streams)

Source: Made by the author



Rys. 30. Użytkowanie powierzchni zlewni wybranych zbiorników poeksploatacyjnych na obszarze regionu górnośląskiego — Pławniowice (A), Dzierżno Duże (B), Dzierżno Małe (C), Sosina (D), Nakło-Chechło (E), Pogoria III (F):

1 — granice zlewni, 2 — wody powierzchniowe, 3 — tereny zurbanizowane (w tym przemysłowe), 4 — grunty leśne, 5 — grunty rolne
 Źródło: Opracowanie własne

Fig. 30. Use of the catchment area of the selected post-exploitation water reservoirs in the area of the Upper Silesian Region — Pławniowice (A), Dzierżno Duże (B), Dzierżno Małe (C), Sosina (D), Nakło-Chechło (E), Pogoria III (F):

1 — boundaries of catchment, 2 — surface waters, 3 — urbanised terrains (including industrial ones), 4 — forestlands, 5 — farmlands
 Source: Made by the author

Tabela 5. Użytkowanie powierzchni zlewni wybranych zbiorników poeksploatacyjnych na obszarze regionu górnośląskiego**Table 5.** Land use of the catchment area of the selected post-exploitation water reservoirs in the area of the Upper Silesian Region

Zlewnia zbiornika	Wody powierzchniowe		Tereny zurbanizowane		Grunty leśne		Grunty rolne		Razem	
	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]
Pławniowice	2,88	2,42	4,7	3,95	25,80	21,66	85,72	71,97	119,10	100,0
Dzierżno Duże	7,36	1,36	172,7	31,84	128,1	23,61	234,3	43,19	542,46	100,0
Dzierżno Małe	1,29	0,99	12,68	9,71	13,27	10,17	103,3	79,13	130,54	100,0
Sosina	0,39	15,92	0,03	1,22	1,77	72,24	0,26	10,62	2,45	100,0
Pogoria III	3,04	13,45	5,84	25,84	9,95	44,03	3,77	16,68	22,60	100,0
Nakło-Chechło	0,78	37,86	0,00	0,00	1,28	62,14	0,00	0,00	2,06	100,0

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Made by the author.

antropopresji przemysłowej. Wartości wskaźników są tu kilka, kilkadziesiąt, a w przypadku fosforanów nawet kilkaset razy wyższe od uznawanych za naturalne. Natomiast zbiorniki zlokalizowane w zlewniach użytkowanych rolniczo (np. Pławniowice) i miejsko-przemysłowych (np. Dzierżno Małe) mają wskaźniki co najwyżej kilkakrotnie przewyższające przyjęte tło hydrogeochemiczne, z wyjątkiem fosforanów stwierdzanych w ilościach wyższych od uznawanych za naturalne ponad 100-krotnie. Pozostałe zbiorniki wodne (Pogoria, Sosina, Kuznica Warężyńska) charakteryzują wartości wskaźników na poziomie odpowiadającym zlewniom pozabawionym silnej antropopresji.

Z tego ogólnego obrazu wyróżnia się hipertrofia i politrofia zbiornika Dzierżno Duże, które są efektem dostawy zanieczyszczeń rzeką Kłodnicą. Tym samym środowisko życia ryb w warunkach naturalnych tego jeziora jest utożsamiane z wodami bogatymi w substancje odżywcze. Faktem jest występowanie w eutroficznym środowisku niewielkiej populacji drapieźników i dość dużych okazów linów, karasi oraz karpia – masa pojedynczych osobników tych ostatnich może przekraczać nawet 20 kg! Z przeprowadzonych badań ankietowych w środowisku wędkarzy wyłania się obraz wątpliwej przydatności spożywczej ryb występujących w zbiorniku. Z takimi opiniami korespondują wyniki badań zawartości metali ciężkich w mięsie i wątrobie niektórych gatunków ryb tego akwenu, prezentowane przez M. KOSTECKIEGO (2000a).

Również w zbiornikach zaporowych można wskazywać na eutrofizacyjne oddziaływanie antropopresji różnego typu. Stan ekologiczny wody zbiorników zaporowych jest uzależniony przede wszystkim od sposobu użytkowania zlewni zbiorników (rys. 31, tabela 7), a w mniejszym stopniu od użytkowania samych akwenów. Spośród ważniejszych obiektów zaporowych regionu górnośląskiego wymienia się sześć zbiorników wodnych: Goczałkowicki, Łąka, Kozłowa Góra, Przeczyce, Paprocany i Rybnicki. Wszystkie zbiorniki pozo-

stają pod wpływem antropopresji rolniczej, natomiast ostatni obciąża dodatkowo antropopresja o charakterze industrialno-urbanizacyjnym. Odzwierciedleniem oddziaływań antropogenicznych są ponadnormatywne – w świetle obowiązujących systemów oceny jakości wód stojących – zawartości substancji biogennej, które skutkują corocznymi zakwitami wody w przypadku zbiorników funkcjonujących w zlewniach użytkowanych rolniczo, oraz dodatkowo stężenia substancji pożywkowych, zasolenia i zanieczyszczeń termicznych w odniesieniu do wód Zbiornika Rybnickiego o rolniczo-miejsko-przemysłowym charakterze zlewni (tabela 8).

Wpływ antropopresji można obserwować w obrębie Zbiornika Rybnickiego, który składa się z basenu głównego oraz zalewów bocznych odizolowanych groblami od zasadniczej części misy. Właściwości fizykochemiczne wód zalewów bocznych wyznaczają poziom tła wód autochtonicznych zlewni rolniczej, a z kolei właściwości fizykochemiczne wód zbiornika głównego są reprezentatywne dla wód allochtonicznych pochodzących ze zlewni rolniczo-miejsko-przemysłowej i cechują je nawet kilkukrotnie wyższe analogiczne parametry. Wyrażają to zakresy absolutnej zmienności wartości poszczególnych parametrów zestawionych dla lat hydrologicznych 1998–2007 w ujęciu: zalew boczny Pniowiec (pH – 7,3–9,5; c – 252,9–293,0 $\mu\text{S/cm}$, Na^+ – 7,7–15,1 mg/dm^3 , K^+ – 3,7–4,0 mg/dm^3 , Cl^- – 19,2–91,0 mg/dm^3 , SO_4^{2-} – 34,8–37,8 mg/dm^3 , NO_3^- – 0,2–20,4 mg/dm^3 , PO_4^{3-} – 0,001–0,068 mg/dm^3) i Zbiornik Rybnicki (pH – 7,2–9,4; c – 716,0–1060,0 $\mu\text{S/cm}$, Na^+ – 74,3–126,0 mg/dm^3 , K^+ – 7,4–10,6 mg/dm^3 , Cl^- – 109,3–335,0 mg/dm^3 , SO_4^{2-} – 31,2–111,0 mg/dm^3 , NO_3^- – 0,9–25,6 mg/dm^3 , PO_4^{3-} – 0,120–0,609 mg/dm^3).

Podobny przykład stanowią zbiorniki – groblowy Ostrożnica (zlewnia typowo leśna) i zaporowy Kozłowa Góra (zlewnia rolniczo-leśna), w których właściwości fizykochemiczne są rezultatem

Tabela 6. Niektóre właściwości fizykochemiczne wody wybranych zbiorników poeksploatacyjnych na terenie regionu górnośląskiego w latach 1998–2007
Table 6. Some physico-chemical properties of water in the selected post-exploitation water reservoirs of the Upper Silesian Industrial Region in the years 1998–2007

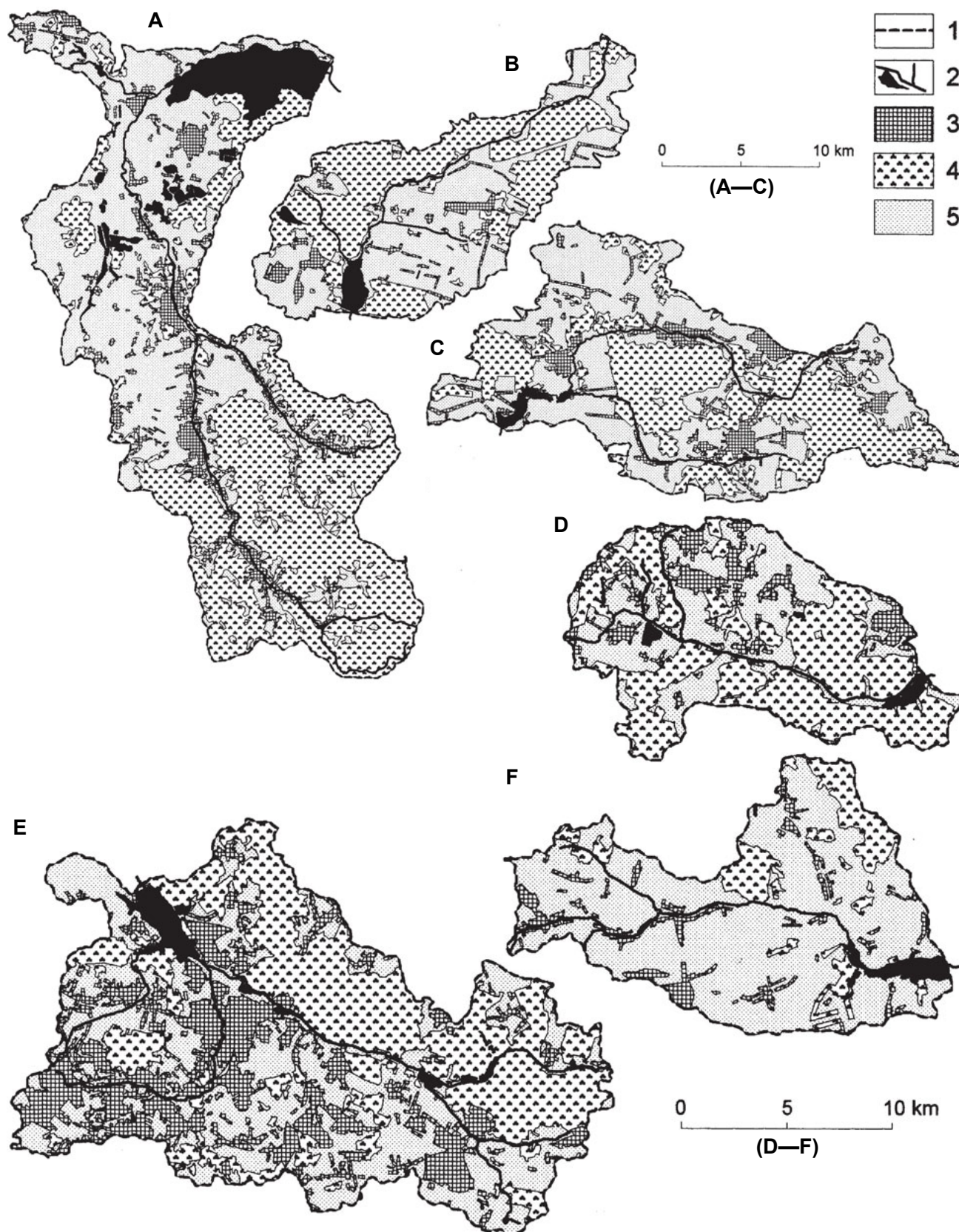
Nazwa jeziora poeksploatacyjnego	Odczyn [pH]	C [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	O ₂ [%]		TH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻
			[mg/dm ³]	[%]										
Dzierżno Duże	7,81	5 829,5	9,8	90,6	824,5	199,1	78,4	887,6	38,2	1 710,1	444,0	238,4	2,805	327,9
Dzieńkowice	7,94	241,8	12,4	114,1	148,3	45,0	8,6	9,4	2,9	19,4	26,8	2,6	0,029	110,0
Kuźnica Wareżyńska ¹	8,14	457,8	11,5	101,6	301,3	70,0	30,3	12,7	3,9	32,8	55,8	7,6	0,009	195,3
Pławniowice	8,17	575,7	12,6	119,7	244,3	73,0	14,8	33,4	5,3	90,7	57,8	4,8	0,347	143,0
Dzierżno Małe	7,93	668,3	12,6	123,6	329,4	97,1	20,8	21,7	6,2	51,5	90,7	19,9	0,478	205,7
Pogoria III	7,89	617,3	11,0	98,0	328,1	82,3	29,4	21,1	5,1	48,3	107,5	1,3	0,029	153,8
Pogoria I	7,82	610,9	30,9	103,1	301,3	86,5	20,4	22,8	4,7	60,1	98,3	2,1	0,033	152,8
Nakło-Chechło	7,41	192,2	11,3	100,6	121,3	20,0	17,1	6,7	2,3	15,5	32,2	1,0	0,006	59,8
Sosina	8,04	540,1	10,6	104,1	273,0	76,8	16,2	19,2	6,1	24,6	117,7	2,5	0,030	170,2

¹ Dane dla lat hydrologicznych 2006–2007.

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.

¹ Data for the hydrological years 2006–2007.

Source: Study on the base of results of author's own research.



Rys. 31. Użytkowanie powierzchni zlewni wybranych zbiorników zaporowych w regionie górnośląskim — Goczałkowice (A), Kozłowa Góra (B), Przeczyce (C), Paprocany (D), Łąka (E), Rybnicki (F):

1 — granice zlewni, 2 — wody powierzchniowe, 3 — tereny zurbanizowane (w tym przemysłowe), 4 — grunty leśne, 5 — grunty rolne

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 31. Use of the catchment area of the selected dam water reservoirs in the Upper Silesian Region — Goczałkowice (A), Kozłowa Góra (B), Przeczyce (C), Paprocany (D), Łąka (E), Rybnicki (F):

1 — catchment boundaries, 2 — surface waters, 3 — urbanised areas (including industrial ones), 4 — forestlands, 5 — farmlands

Source: Made by the author

Tabela 7. Użytkowanie powierzchni zlewni wybranych zbiorników zaporowych w regionie górnośląskim**Table 7.** Land use of the catchment area of the selected dam water reservoirs in the Upper Silesian Region

Zlewnia zbiornika	Wody powierzchniowe		Tereny zurbanizowane		Grunty leśne		Grunty rolne		Razem	
	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]
Goczałkowice	35,09	6,8	39,65	7,7	219,2	42,4	223,1	43,1	517,04	100,0
Kozłowa Góra	4,81	2,3	10,99	5,3	90,24	43,8	100,1	48,6	206,14	100,0
Przeczyce	3,31	1,1	27,64	9,3	118,7	40,1	146,6	49,5	296,25	100,0
Paprocany	1,89	1,4	15,57	11,7	63,41	47,8	51,83	39,1	132,70	100,0
Łąka	3,68	2,3	12,41	7,9	20,13	12,7	121,7	77,1	157,92	100,0
Rybnicki	6,53	2,1	71,75	22,6	106,3	33,6	132,2	41,7	316,78	100,0

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Made by the author.

oddziaływania wód autochtonicznych o różnym poziomie zanieczyszczenia. Poszczególne parametry hydrochemiczne (za lata hydrologiczne 1998–2007) zbiornika Ostrożnica świadczą o tym, że jest to akwen o cechach dystrofii (pH – 6,9–7,7, O₂ – 67,8–105,8% i 5,6–12,2 mg/dm³, c – 224,0–250,0 μS/cm, Cl⁻ – 8,0–15,0 mg/dm³, NO₃⁻ – 1,0–8,0 mg/dm³, PO₄³⁻ – 0,008–0,048 mg/dm³), natomiast zbiornik Kozłowa Góra jest w znacznym stopniu zeutrofizowany (pH – 7,4–9,8, O₂ – 79,1–151,5% i 9,6–15,1 mg/dm³, c – 274,9–410,0 μS/cm, Cl⁻ – 16,0–64,0 mg/dm³, NO₃⁻ – 1,0–17,7 mg/dm³, PO₄³⁻ – 0,004–0,141 mg/dm³).

Właściwości fizykochemiczne wody zbiorników w nieckach osiadania i zapadliskach (tabela 9) uzależnione są głównie od sposobu użytkowania powierzchni objętej osiadaniem, niezależnie od jej rozmiarów, przy czym istotne jest jej użytkowanie zarówno dawne, jak i aktualne. Składowanie w obrębie obniżenia odpadów pogórnictwa, poflotacyjnych bezpośrednio wpływa na jakość wód w nim zgromadzonych. Na użytkowanych rolniczo terenach objętych osiadaniem dominują zanieczyszczenia biogenne. Najlepsze parametry jakościowe wód w zbiornikach położonych w nieckach osiadania i zapadliskach charakteryzują akweny zlokalizowane w strefach rozległego występowania zbiorowisk roślinności leśnej, zaroślowej i zielnej, które nie były i nie są intensywnie użytkowane.

Zbiorniki groblowe wykazują bardzo zróżnicowane cechy fizykochemiczne zależne w głównej mierze od intensywności rybackiego użytkowania

akwenów, a w przypadkach stawów alimentowanych przez dopływy powierzchniowe – również od charakteru użytkowania zlewni. Zwykle są to jednak wody – w świetle obowiązujących przepisów prawnych i stosowanych systemów oceny jakości – ponadnormatywnie zanieczyszczone związkami azotu i fosforu (tabela 10). Zbiorniki groblowe pozbawione takich form użytkowania jawią się jako enklawy wód czystych, jak np. zbiornik Ostrożnica.

Spośród wszystkich zbiorników wodnych można wyróżnić te charakteryzujące się stabilnym, w pewnym sensie niezmiennym i monogenetycznym występowaniem zanieczyszczeń, chociaż w wielu takich przypadkach trudno utożsamiać procesy zachodzące w obrębie zbiorników z procesami limnicznymi. Są to niektóre zbiorniki groblowe użytkowane jako stawy hodowlane i sadzawki gospodarskie z dużą ilością nutrientów, zbiorniki wód pochłodniczych z wyraźnym zanieczyszczeniem termicznym, a przede wszystkim osadniki różnego typu, np. poflotacyjne z wodami zasolonymi lub obciążonymi metalami ciężkimi.

Przykładem tego typu zbiorników jest akwen zlokalizowany w Brzezinach – dzielnicy Piekar Śląskich, którego jakość wód warunkuje położenie w strefie miejsko-przemysłowej, w sąsiedztwie nieużytkowanej od dziesięcioleci hałdy odpadów poflotacyjnych cynku i ołowiu (c – 2226,0 μS/cm, pH – 10,3, O₂ – 227,9% i 24,3 mg/dm³, Ca²⁺ – 260 mg/dm³, Mg²⁺ – 84 mg/dm³, Na⁺ – 159,4 mg/dm³, K⁺ – 36,8 mg/dm³, Cl⁻ – 170,0 mg/dm³, SO₄²⁻ – 838,0 mg/dm³, NO₃⁻ – 0,6 mg/dm³, PO₄³⁻ – 0,08 mg/dm³).

Tabela 8. Niektóre właściwości fizykochemiczne wody w wybranych zbiornikach zaporowych na terenie regionu górnośląskiego w latach 1998–2007
Table 8. Some physico-chemical properties of water in the selected dam water reservoirs in the terrain of Upper Silesian Region in the years 1998–2007

Nazwa zbiornika zaporowego	Odczyn [pH]	C [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	O ₂		TH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻
			[mg/dm ³]	[%]										
Goczałkowice	7,91	217,5	11,4	104,8	137,9	45,0	6,1	9,0	3,1	14,4	24,2	6,1	0,074	81,8
Kozłowa Góra	8,17	364,2	12,4	113,0	244,8	63,3	20,8	8,1	3,0	27,9	40,1	7,6	0,062	141,7
Przeclazyce	7,96	462,1	10,5	89,9	284,4	71,9	25,1	11,9	4,1	27,2	53,0	7,5	0,075	209,8
Paprocany	7,42	324,8	11,6	105,2	172,3	41,6	15,7	17,7	3,1	55,2	45,9	1,8	0,056	63,0
Łąka	7,62	588,0	9,6	88,8	239,0	43,1	10,6	52,2	6,5	89,2	68,5	10,4	0,389	152,2
Rybnicki	8,02	891,8	10,1	108,3	260,7	72,4	19,1	91,7	9,0	186,8	86,2	12,2	0,269	121,9

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.
 Source: Study on the base of results of author's own research.

Tabela 9. Niektóre właściwości fizykochemiczne wody wybranych zbiorników w nieckach osiadania i zapadliskach regionu górnośląskiego w latach 1998–2007
Table 9. Some physico-chemical properties of water in the selected water reservoirs in subsidence and collapse depressions of the Upper Silesian Region in the years 1998–2007

Lokalizacja zbiornika	Odczyn [pH]	C [μS/cm]	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻ [mg/dm ³]	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻
Ruda Śląska-Chebbie (ul. Zabrzańska)	8,01	1 063,9	52,5	108,2	40,9	67,1	80,5	259,0	1,1	0,521	274,0
Chebbie, ul. Goduli (staw zachodni)	7,80	1 453,0	62	190,8	51,6	120,0	74,6	546,3	0,4	1,400	361,6
Sosnowiec-Pekin – niecka	7,62	3 021,0	63,0	114,1	132,4	54,1	759,3	282,3	58,9	1,300	254,2
Zabrze, ul. Tarnopolska (misa N)	7,70	134,5	38,0	159,6	77,4	70,0	176,3	469,3	4,2	1,200	173,9
Zabrze, ul. Tarnopolska (misa S)	8,40	139,5	36,0	141,6	72,6	34,4	162,1	415,6	2,6	0,580	122,6

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.

Source: Made by the author on the base of results of his own research.

Tabela 10. Niektóre właściwości fizykochemiczne wody wybranych zbiorników groblowych regionu górnośląskiego w latach 1998–2007
Table 10. Some physico-chemical properties of water of the selected weir water reservoirs of the Upper Silesian Region in the years 1998–2007

Lokalizacja zbiornika	Odczyn [pH]	C [μS/cm]	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻ [mg/dm ³]	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻
Pniowiec	8,20	270,9	55,5	21,9	9,8	3,9	42,6	36,6	11,3	0,028	112,0
Ostrożnica	6,91	224,0	40,0	0,1	5,5	1,5	8,0	20,1	1,0	0,008	58,0
Staw w dolinie Mitręgi (Kuznica)	8,25	409,0	60,0	40,8	6,2	4,3	20,7	44,0	3,0	0,080	152,5
Staw w dolinie Mitręgi – u ujścia	7,81	390,0	72,0	67,2	8,2	4,6	27,8	81,7	1,0	1,100	122,0
Łęczczok	7,53	415,0	46,0	18,0	12,2	4,7	34,0	85,6	11,5	0,096	101,0
Karchowice – staw hodowlany	7,25	822,0	30,0	51,6	21,1	9,6	66,7	83,6	17,8	0,111	305,0
Gmina Zbrostawice – Kamieniec	8,49	909,0	52,0	103,2	70,0	15,0	90,2	155,9	24,3	3,000	211,1

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.

Source: Study on the base of results of author's own research.

4.4.2. Zasolenie (halinotrofizacja)

Zawartość wszystkich soli w jednostce objętości wody definiowana jest jako zasolenie, a o jego poziomie świadczy najczęściej stężenie jonów chlorkowych, siarczanowych bądź substancji rozpuszczonych. Degradacyjny wpływ zasolenia na środowisko wodne (BURCHARD i in., 1990; DOJLIDO, 1995) jest charakterystyczny szczególnie dla obszarów uprzemysłowionych i zurbanizowanych (JANKOWSKI, 1986; RZĘTAŁA, WACH, 1997), jednak w regionie górnośląskim jest on wyjątkowo niekorzystny. Zasolenie wód powierzchniowych typowe dla terenów zurbanizowanych i uprzemysłowionych jest w zbiornikach regionu górnośląskiego wielokrotnie przewyższane przez dostawę zasolonych wód podziemnych pochodzących z drenażu wyrobisk górnictwa podziemnego. O ile zasolenie wód powierzchniowych uznawane w regionie za naturalne odzwierciedla stężenie chlorków wynoszące od kilkunastu do kilkudziesięciu miligramów na decymetr sześcienny, o tyle wpływ urbanizacji, uprzemysłowienia i transportu powoduje podwyższenie stężenia Cl^- do poziomu kilkuset miligramów na decymetr sześcienny, a w rezultacie odwadniania kopalń na powierzchnię dostarczane są wody, których mineralizacja zmienia się w kolejnych strefach hydrogeochemicznych hydrostruktury basenu sedymentacyjnego zagłębia górnośląskiego od ok. $0,5 \text{ g/dm}^3$ do kilku, kilkudziesięciu, a nawet 372 g/dm^3 (RÓŻKOWSKI, 2003, 2004). Zasolone wody są retencjonowane w przykopalnianych zbiornikach wodnych (tabela 11), z których odbywa się ich dozowanie do cieków powierzchniowych dorzecza Wisły i dorzecza Odry, gdzie ulegają rozcieńczeniu, powodując jednakże wzrost mineralizacji, a tym samym zwiększają poziom zasolenia cieków. Za bardzo niekorzystne zjawisko należy uznać proces tranzytu zasolenia ciekami powierzchniowymi na terytoria pozagórnośląskie.

W odniesieniu do zbiorników wodnych regionu górnośląskiego termin „halinotrofia” – raczej nieużywany w limnologii – od niedawna proponowany jest w opisach hydrologicznych (MOLENDĄ, 2005; JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 2006). Obecność w wodzie dużej ilości soli degradująco wpływa na warunki rozwoju większości roślin, ale stymuluje występowanie słonorostów na brzegach zasolonych rzek i jezior antropogenicznych. To najbardziej jaskrawy przejaw halinotrofii warunkowanej

antropogenicznie sterowanym obiegiem soli (JANDA, RZĘTAŁA, 1996). Dużym zasoleniem charakteryzuje się największy pod względem możliwości retencyjnych w Polsce zbiornik poeksploatacyjny – Dzierżno Duże (od 42 hm^3 do 94 hm^3 wód cechuje zawartość chlorków rzędu 1700 mg/dm^3). O wiele wyższe parametry zasolenia wody cechują niewielkie zbiorniki traktowane jako osadniki wód, składowiska odpadów, obiekty dekantacyjne itp., w których stężenie chlorków, siarczanów oraz wszystkich substancji rozpuszczonych osiąga poziom odpowiednio: kilka tysięcy miligramów na decymetr sześcienny, kilkaset miligramów na decymetr sześcienny i kilkanaście tysięcy miligramów na decymetr sześcienny.

Innym przykładem złożoności uwarunkowań przyrodniczych i antropogenicznych w kształtowaniu poziomu zasolenia wód limnicznych jest zbiornik poeksploatacyjny Pławniowice, który zasilają wody Potoku Toszeckiego o powierzchni zlewni 107 km^2 (Q – ok. $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$) oraz niewielkiego cieku o powierzchni zlewni 9 km^2 (Q – ok. $1,5 \text{ l/s}$). Woda ze zbiornika Pławniowice (o pojemności maksymalnej prawie 30 hm^3 i powierzchni dochodzącej do $2,4 \text{ km}^2$) jest odprowadzana przez jaz zrzutowy ze służą upustową oraz przez ujęcie wody do celów przemysłowych. W każdym okresie pomiarowym zarówno przewodność właściwa, jak i zawartość chlorków oraz sodu w wodach dopływów były o wiele niższe od analogicznych wartości stwierdzonych w wodach odpływających (i odprowadzanych) ze zbiornika – świadczą o tym zakresy wahań parametrów w latach hydrologicznych 1998–2007 dla dopływu (c – $513,0$ – $602,4 \text{ }\mu\text{S/cm}$, Na^+ – $8,3$ – $19,1 \text{ mg/dm}^3$, Cl^- – $17,0$ – $43,0 \text{ mg/dm}^3$) i odpływu (c – $522,0$ – $658,0 \text{ }\mu\text{S/cm}$, Na^+ – $21,5$ – $39,2 \text{ mg/dm}^3$, Cl^- – $63,2$ – $121,0 \text{ mg/dm}^3$). W tym wypadku wzrost zasolenia wód w zbiorniku wskazuje na kilka możliwych źródeł dostawy soli, spośród których najbardziej prawdopodobne jest jej przenikanie z zasolonych trzeciorzędowych osadów występujących w podłożu misy oraz z odpadów użytych do zasypywania wyrobiska w początkowym okresie rekultywacji. Ten wzrost zasolenia w systemie dopływ–odpływ nie znajduje odzwierciedlenia w dotychczasowych badaniach limnologicznych i dokumentuje skutki antropogenicznych przekształceń środowiska, stwarzających nowe kierunki migracji wód przez wypełnione wodą wyrobiska poeksploatacyjne.

Tabela 11. Niektóre właściwości fizykochemiczne wód retencjonowanych w zbiornikach przykopalnianych w latach 1996–2007 zestawione na podstawie pomiarów epizodycznych
Table 11. Some physico-chemical properties of waters stored in reservoirs adjacent to mine in the years 1996–2007 set on the base of occasional measurements

Nazwa lub lokalizacja zbiornika	Odczyn [pH]	C [μS/cm]	[mg/dm ³]							NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻			
Knurów – kopalnia	8,32	18 293	140	130	3 191	0	6 541	15	98	361,0	
Knurów – zbiornik na Potoku Krywałdzkim	8,06	1 498	256	323	2 290	42	2 800	37	58	572,0	
Knurów – osadnik (prawy brzeg Bierawki)	8,02	12 225	240	242	1 486	25	2 330	33	51	509,0	
Zabrze-Biskupice – osadnik przy kopalni	7,62	12 030	164	363	130	51	3 960	770	100	540,0	
Zabrze – zbiornik przy ul. Drzymały	7,71	11 090	96	329	83	45	3 463	766	64	491,1	
Sosnowiec-Kazimierz Juliusz	8,21	4 752	101	94	73	20	1 485	225	33	354,0	
Sosnowiec – osadnik przy kopalni	7,63	10 960	72	299	84	30	3 892	258	87	362,0	
Sosnowiec-Niwka – osadnik	7,03	17 700	390	191	144	25	2 342	399	72	235,0	

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.

Source: Study on the base of results of author's own research.

4.4.3. Alkalizacja

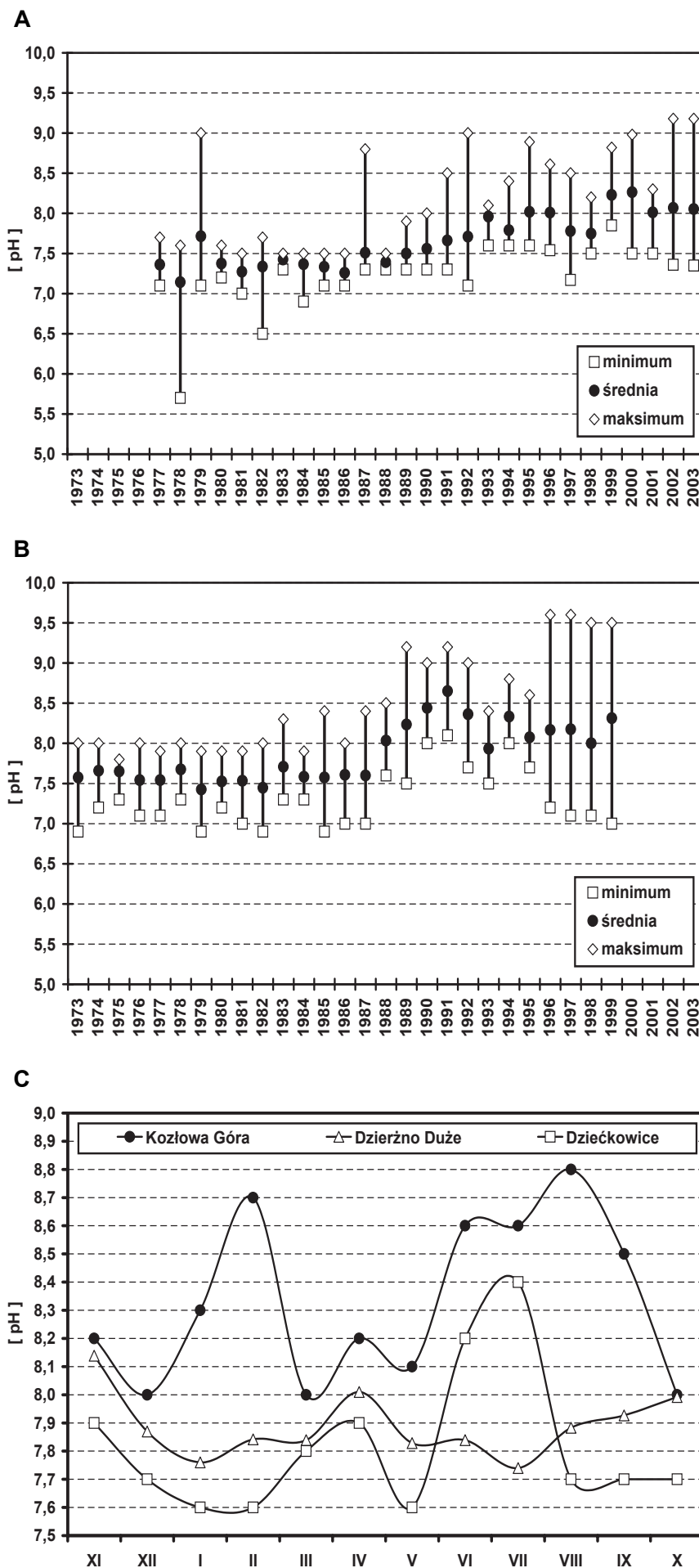
Alkalizacja wód limnicznych jest problemem równie powszechnym na obszarze regionu górnośląskiego, jak zasolenie, podlega jednak innym uwarunkowaniom. Zbiorniki pozbawione silnych wpływów antropogenicznych charakteryzuje sezonowy rytm zmienności odczynu wody w zakresie kilku dziesiątych skali pH, przy stałe nieznacznie alkalicznym jego poziomie. Za wzrost odczynu powierzchniowych wód stojących odpowiedzialne są zasadniczo dwie grupy czynników — dostawy rozpuszczonych substancji biogennych stymulujących rozwój procesów eutrofizacyjnych w wodach i wzrost odczynu w rezultacie przemian biochemicznych oraz dostawa substancji powodujących wzrost pH w konsekwencji przemian głównie chemicznych.

Analiza średnich rocznych wartości odczynu wody zbiorników wskazuje na alkalizującą rolę wód limnicznych w stosunku do wód powierzchniowych płynących, które alimentują misy zbiornikowe. Wzrost odczynu wody w zbiornikach jest jeszcze bardziej ewidentny w zestawieniu z odczynem wód opadowych zasilających jeziora antropogeniczne (zwłaszcza bezdopływowe). W przypadku niektórych obiektów (Pławniowice, Kozłowa Góra, Przeczyce) różnice w relacji dopływ—odpływ są tak istotne, że można je uznać za dokumentujące intensywny rozwój procesów eutrofizacyjnych. Zaznacza się przy tym sezonowość alkalizacji wód, co potwierdzają wyniki pomiarów odczynu wody w zbiornikach (rys. 32).

Wobec powszechności substancji pożywkowych zapewniających rozwój roślin jednorocznych w zbiornikach dochodzi do specyficznej gospodarki gazowej. Dynamiczny przyrost biomasy w żyznym środowisku skutkuje całkowitym wyczerpaniem zasobów rozpuszczonego w wodzie dwutlenku węgla, wykorzystanego w procesie fotosyntezy flory wodnej, czemu zwykle towarzyszy silne przetlenienie przypowierzchniowej warstwy wody i deficyt tlenu (czasami całkowity zanik) w hypolimnionie. W wyniku procesów asymilacyjnych dochodzi latem do wzrostu odczynu wody przy powierzchni akwenu, a przy dnie następuje

stopniowe zakwaszenie, wobec ubytku tlenu zużywanego w przemianach chemicznych i biochemicznych przy braku jego dostawy z górnych partii i możliwym wydzielaniu się siarkowodoru. Alkalizacja postępuje bardzo dynamicznie (zazwyczaj zapewnia ją kilka lub kilkanaście kolejnych, upalnych dni). Skala wzrostu odczynu wody jest zróżnicowana w zależności od akwenu — zwykle w sezonie letnim wzrost wartości następuje o kilka dziesiątych pH, lecz w skrajnych przypadkach jest to skok nawet o 3 lub 4 jednostki skali pH w ciągu całego sezonu. Zanik dwutlenku węgla będącego czynnikiem równowagi węglanowej implikuje przemiany chemiczne, których konsekwencją jest chociażby obecność w wodzie jonu CO_3^{2-} . Koniec okresu wegetacyjnego jest naturalnym kresem dominacji środowiska silnie alkalicznego w wodach limnicznych, gdyż procesy asymilacji dwutlenku węgla i przetlenienia wód przy powierzchni akwenów ulegają zahamowaniu w rezultacie ograniczenia fotosyntezy flory wodnej. W zbiornikach Świerklaniec, Przeczyce i Rogoźnik nie stwierdzono obecności jonu CO_3^{2-} w czasie zimy, natomiast latem coroczna jego zawartość sięgała odpowiednio: 27,6 mg/dm³, 8,4 mg/dm³ i 6,0 mg/dm³.

Nieco inaczej kształtuje się sezonowa zmienność środowiska alkalicznego w zbiornikach otoczonych odpadami silnie zasadowymi lub wypełnionych wodami odciekowymi z odpadów i ściekami alkalicznymi. W takich obiektach (np. w Bytomiu czy Knurowie) odczyn stale utrzymuje się na wysokim poziomie (pH — 10–13), jego sezonowa zmienność nie podlega dużym wahaniom. Indykatorem ekstremalnej alkalizacji wymuszonej antropogenicznie jest zbiornik Górka w Trzebini (MOTYKA, SZUWARZYŃSKI, 1998), w którym zdeponowanych zostało — w postaci granulatu o uziarnieniu ok. 5 mm, zawierającego 10–15% węglanu sodu — ok. 600 tys. m³ odpadów z pobliskiego przedsiębiorstwa surowców ogniotrwałych oraz ok. 330 tys. m³ silnie zasadowych odcieków (pH — 11,0–13,5) pochodzących z kontaktu wód opadowych i podziemnych z odpadami, a także ok. 160 tys. m³ cieczy alkalicznej wypełniającej przestrzenie porowe odpadów (Czop i in., 2005). Tak wysoki poziom alkalizacji sugeruje traktowanie tych obiektów jako zbiorników ścieków, nie zaś jako obiektów limnicznych (fot. 6).



Rys. 32. Zmiany odczynu wody w zbiornikach o różnym poziomie trofii w wybranych latach hydrologicznych:

A – Dzieńkowice (1977–2003), **B** – Kozłowa Góra (1973–1999), **C** – Dzieńkowice, Dzierżno Duże, Kozłowa Góra (1994)

Źródło: Opracowanie na podstawie danych GPW w Katowicach oraz wyników badań własnych

Fig. 32. Changes in pH-reaction in reservoirs of different level of trophity in the selected hydrological years:

A – Dzieńkowice (1977–2003), **B** – Kozłowa Góra (1973–1999), **C** – Dzieńkowice, Dzierżno Duże, Kozłowa Góra (1994)

Source: Made by the author on the base of data taken from GPW in Katowice and results of his own research



Fot. 6. Likwidacja zbiornika wód odciekowych częściowo wypełnionego odpadami z wytwarzania tlenku glinu metodą zasadowo-spiekową z surowców nieboksytowych (fot. M. RZĘTAŁA):

A – zbiornik Górkę w Trzebinii, **B** – „przerzut” wód odciekowych ze sztolni (połączonej ze zbiornikiem) do pobliskiego potoku, **C** – tablice informacyjno-ostrzegawcze o przepływie cieczy alkalicznej

Photo 6. Liquidation of reservoir of leachate waters partly filled with waste from production of aluminium oxide by means of alkaline-sintered method from non bauxite materials (photo by M. RZĘTAŁA):

A – Górkę reservoir in Trzebinia, **B** – „transfer” of leachate waters from gallery (connected with the reservoir) to the nearby stream, **C** – information-warning tables of flow of alkaline liquid

4.4.4. Zakwaszenie (acidotrofizacja)

Problem acidotrofii zbiorników regionu górnośląskiego dotyczy jednostkowych przypadków. Jednym z ciekawszych przykładów jego wystąpienia, wyjątkowym w skali regionu, jest zbiornik Nakło-Chechło (rys. 33). Występują tam warunki sprzyjające procesowi zakwaszenia wody. Zasadnicze znaczenie ma położenie misy zbiornika w kompleksie piaszczystych utworów o polodowcowym charakterze (fot. 7), które budują całą zlewnię. Jest to materiał o przewadze frakcji piaszczystej (>1,0 mm – 19,6%, 1,0–0,5 mm – 34,5%, 0,5–0,25 mm – 34,1%, 0,25–0,1 mm – 7,1%, 0,1–0,02 mm – 2,3%, < 0,02 mm – 1,8%), pozbawiony CaCO_3 , o zawartości węgla organicznego na poziomie 0,19% i kwaśnym odczynie – pH (KCl) = 4,73, pH (H_2O) = 5,67. Inne czynniki wpływające na rozwój acidotrofii w warunkach oligotroficznych to: leśne zagospodarowanie zlewni zbiornika z dominacją drzewostanu iglastego, hydrochemiczna dominacja opadów atmosferycznych jako głównego źródła alimentacji zbiornika w wodę, użytkowanie oligotroficznego akwenu w sposób skutecznie eliminujący rozwój procesów eutrofizacyjnych, kon-

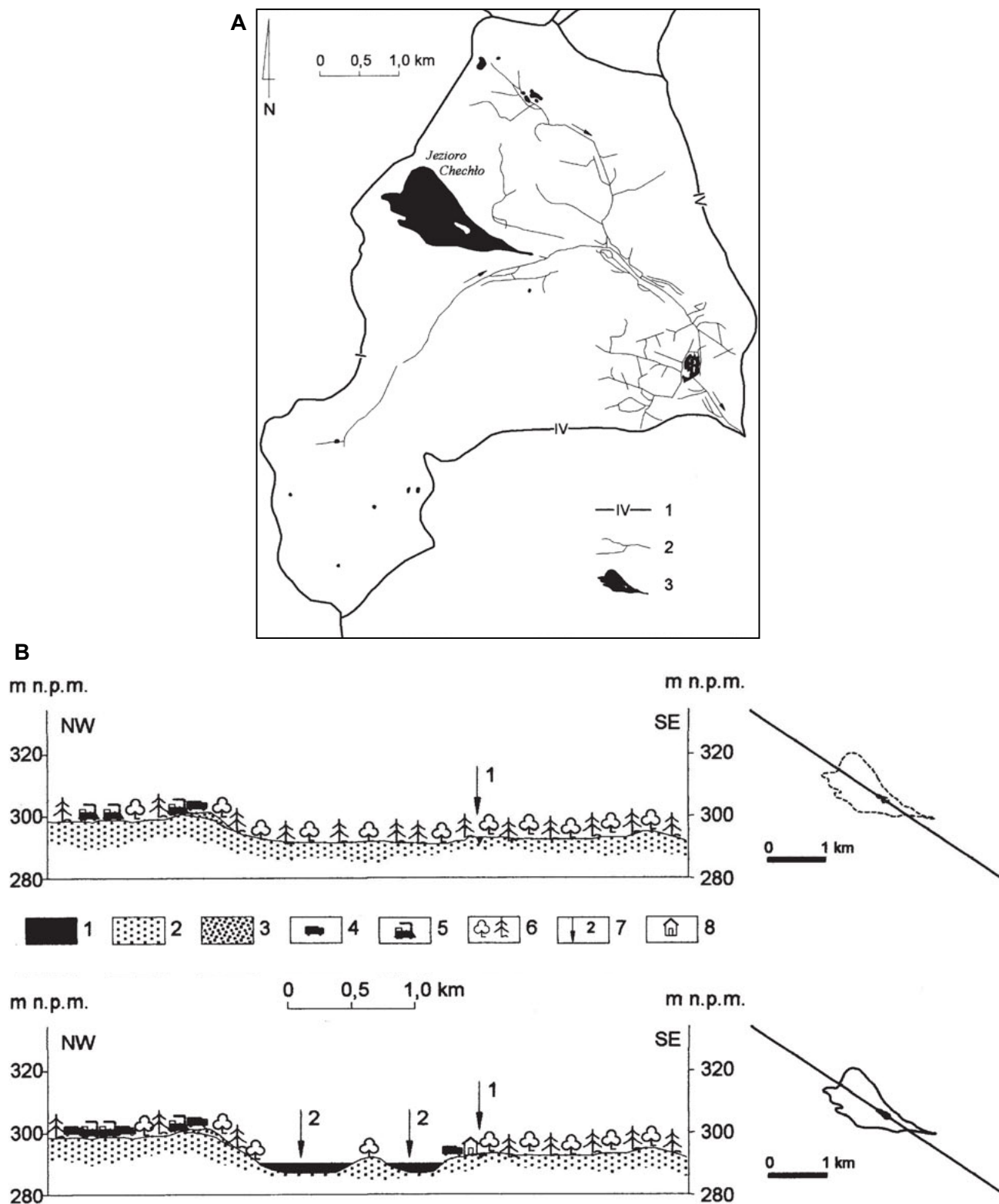
sekwentna ochrona zbiornika przed dostawą zanieczyszczeń ze zlewni.

O acidotrofii zbiornika Nakło-Chechło świadczą: niski odczyn wody, obecność w wodzie agresywnego dwutlenku węgla, znikome ilości nutrientów, niskie stężenia pierwiastków i związków chemicznych decydujących o mineralizacji wody (tabela 12). Problem sukcesywnego obniżania odczynu wody występował w tym zbiorniku praktycznie od początku jego funkcjonowania, jednak dopiero masowe śnięcie ryb w 1995 r. przy odczynie wody podobnym do pH = 5 zwróciło na niego uwagę. W drugiej połowie lat 90. ubiegłego wieku opracowane zostały różne koncepcje zwiększenia możliwości buforowych wody zbiornika, z których najkorzystniejszą okazała się metoda dolomityzacji wód akwenu opracowana przez zespół M. KOSTECKIEGO, red. (1996). Już wstępne zabiegi rekultywacyjne przeprowadzone z zastosowaniem ok. 150 t dolomitu o granulacji 0,25–0,5 cm, odpowiadających dawce 2,5 t/ha, czyli 0,25 kg/m², przyniosły rezultat powolnego wzrostu odczynu wody od pH < 5 utrzymującego się w okresie styczeń–lipiec 1996 r. do pH = 5,7 we wrześniu, pH = 5,85 w listopadzie i pH w zakresie 5,9–6,3 w grudniu 1996 r.



Fot. 7. Utwory piaszczyste na zachodnim wybrzeżu zbiornika Nakło-Chechło (fot. M. RZĘTAŁA)

Photo 7. Sandy deposits in the western shore of Nakło-Chechło reservoir (photo by M. RZĘTAŁA)



Rys. 33. Zbiornik Nakło-Chechło — przykład naturalnej acidyfikacji wód limnicznych:

A — zlewnia tzw. Potoku od Chechła (1 — dział wodny, 2 — ciekі powierzchniowe, 3 — zbiorniki wodne), **B** — szkic przekroju krajobrazowego okolic jeziora Nakło-Chechło przed utworzeniem i po utworzeniu zbiornika (1 — wody powierzchniowe, 2 — piaszczyste osady czwartorzędowe, 3 — holocenięskie utwory eoliczne, 4 — drogi, 5 — koleje, 6 — tereny leśne, 7 — obiekty hydrograficzne, tj. ciekі powierzchniowe (1) i zbiornik Nakło-Chechło (2), 8 — elementy zabudowy rozproszonej)

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 33. Nakło-Chechło water reservoir — the example of natural acidification of limnic waters:

A — catchment of so-called Potok od Chechła (1 — watershed, 2 — surface streams, 3 — water reservoirs), **B** — sketch of landscape section of the neighbourhood of Nakło-Chechło lake before and after the reservoir formation (1 — surface streams, 2 — Quaternary sandy deposits, 3 — Holocene aeolian deposits, 4 — roads, 5 — railways, 6 — forest terrains, 7 — hydrographical objects i.e. surface streams (1) and Nakło-Chechło water reservoir (2), 8 — elements of scattered housing)

Source: Made by the author

Tabela 12. Niektóre właściwości fizykochemiczne wody zbiornika Nakto-Chechlo w latach 1995–1996
Table 12. Some physico-chemical properties of water in Nakto-Chechlo water reservoir in the years 1995–1996

Data badania	Odczyn [pH]	C [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	O ₂		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻ [mg/dm ³]	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻
			[mg/dm ³]	[%]									
29.04.1995	5,32	193,5	12,9	100,2	30,5	15,1	6,1	2,5	18,1	44,8	0,3	0,003	21,4
19.09.1995	6,57	219,1	11,1	96,0	36,0	26,4	5,7	3,1	17,3	54,8	0,0	0,010	24,4
27.11.1995	5,34	228,0	9,3	98,0	30,0	13,2	5,6	2,8	20,9	62,0	0,0	0,009	15,3
10.02.1996	4,99	189,0	13,1	100,0	22,0	7,9	9,0	3,3	18,1	71,0	1,3	0,008	24,0
14.05.1996	5,37	191,0	9,3	97,0	24,0	24,0	3,8	2,0	11,6	43,1	0,0	0,000	21,4
17.06.1996	5,41	193,0	7,9	94,0	24,0	43,2	4,3	2,3	15,8	42,2	1,0	0,001	45,8
21.08.1996	6,82	190,0	8,0	99,9	34,0	8,4	2,3	2,0	16,5	45,6	0,0	0,001	15,3

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.

Source: Study on the base of results of author's own research.

5. Morfologiczna ewolucja mis zbiorników

Misy zbiorników wodnych regionu górnośląskiego pod wpływem procesów wywołanych działalnością człowieka podlegają takim zmianom, jak: przekształcenie brzegów, formowanie pokryw osadów dennych oraz tworzenie delt w strefie kontaktu wód potamicznych i limnicznych.

5.1. Procesy i formy w strefie kontaktu wód rzecznych i zbiornikowych

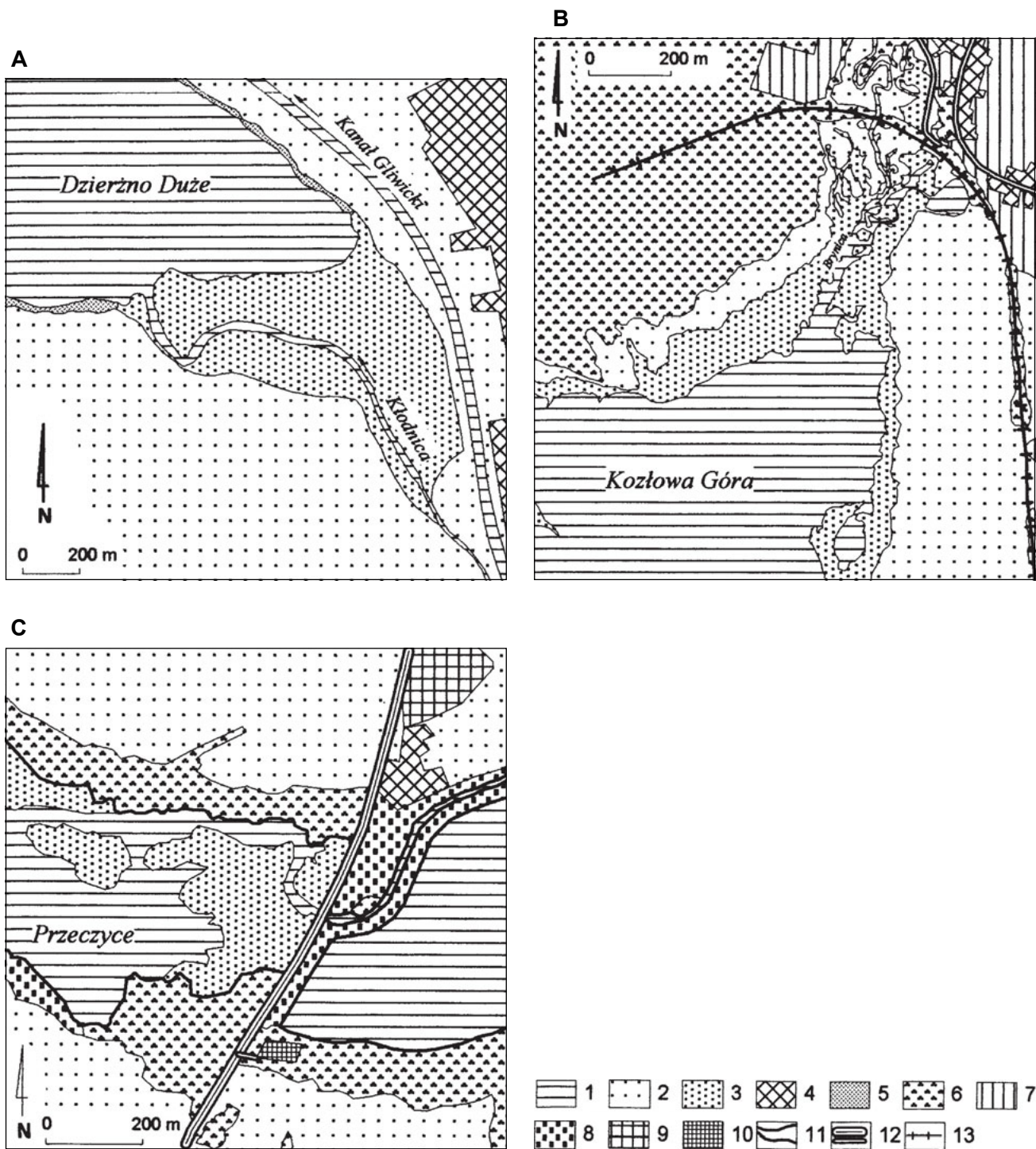
Wszystkie zbiorniki, niezależnie od genezy, są dogodnym miejscem akumulacji materiału rumowiskowego — to baseny sedymentacyjne o funkcjach lokalnej bazy erozyjnej. W strefach kontaktu wód rzecznych i zbiornikowych powstają stożki napływowe lub wręcz budowane są delty. Delty i stożki napływowe urozmaicają wybrzeża przede wszystkim dopływowych zbiorników zaporowych i poeksploatacyjnych (rys. 34), a niezwykle rzadko występują w obrębie zalewisk w nieckach osiadania i zapadliskach oraz w zbiornikach groblowych (raczej w postaci form efemerycznych i mikroskalowych). Te z kolei są erodowane (rozcinane) w okresach niskich stanów wody w zbiornikach. Na powierzchni delt skolonizowanych przez roślinność zielną i krzewiastą dużą rolę, zwłaszcza z końcem kolejnych okresów wegetacyjnych, odgrywa proces sedentacji materii organicznej.

Największe rozmiary osiągnęła delta Kłodnicy u ujścia do zbiornika Dzierżno Duże, którego funkcjonowanie w zlewni o charakterze miejsko-przemysłowym odzwierciedlają wyniki badań osadu akumulowanego przez Kłodnicę (uzyskane w Okręgowej Dyrekcji Gospodarki Wodnej w Gliwicach, a wykonane przez GIG w Katowicach w 1996 r.). W składzie podstawowym osadów wschodniej czę-

ści zbiornika występują (RZĘTAŁA, 2000a, 2007b): SiO_2 (22,21–32,45%), Al_2O_3 (9,51–9,55%), Fe_2O_3 (4,98–6,22%), CaO (3,10–3,18%), MgO (1,25–1,30%), Na_2O (0,45–0,55%), K_2O (1,14–1,28%), SO_3 (1,73–2,50%), TiO_2 (0,40–0,48%), P_2O_5 (0,63–1,05%). Z zawartością w osadzie SiO_2 korespondują straty prażenia w zakresie 40,97–54,17%, co wydaje się znamienne dla konglomeratu materiału sedymentowanego z mieszaniny ścieków komunalnych, bytowych i przemysłowych, wzbogaconej o osad mineralny z miałem węglowym. Miejsko-przemysłowe użytkowanie zlewni skutkuje występowaniem w osadach: arsenu (51 mg/kg), kadmu (19–29 mg/kg), ołowiu (303–490 mg/kg) i cynku (1261–2232 mg/kg) w ilościach przekraczających — zdefiniowane w Rozporządzeniu o standardach jakości gleby i standardach jakości ziemi (2002) — wartości dopuszczalnych stężeń w glebie lub ziemi ustalone dla gruntów rolniczych, leśnych i podlegających prawnej ochronie.

Badania osadów dennych zbiornika Dzierżno Duże prowadzone kilka lat później potwierdziły te wyniki, aczkolwiek wykazały niższe średnie zawartości arsenu (22,0 mg/kg), kadmu (9,3 mg/kg), ołowiu (88 mg/kg) i cynku (512,5 mg/kg), dokumentując jednakże ponadprzeciętną obecność między innymi: antymonu (6,7 mg/kg), baru (1230,5 mg/kg), chromu (123 mg/kg), kobaltu (22,5 mg/kg) i miedzi (60,5 mg/kg) (RZĘTAŁA, 2003).

Nawiązujące do wszystkich wcześniej przedstawianych wyników, jednak bardziej zróżnicowane zawartości ołowiu, kadmu, chromu i miedzi w osadach zbiornika Dzierżno Duże, przedstawia M. KOSTECKI (2003), który ponadto stwierdza bardzo silne, wręcz ekstremalne ich zanieczyszczenie wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi, co potwierdzają również dane GIG-u z ODGW w Gliwicach, mówiące o zawartości WWA rzędu 9,2–77,4 mg/kg (RZĘTAŁA, 2000a, 2007b).



Rys. 34. Stan form akumulacyjnych (delt) w strefie kontaktu wód rzecznych i jeziornych w 2003 r. — Kłodnica u ujścia do zbiornika Dzierżno Duże (**A**), Brynica w cofce zbiornika Kozłowa Góra (**B**) i Czarnej Przem-szy u ujścia do zbiornika Przeczyce (**C**):

1 — wody powierzchniowe (cieki, kanały, zbiorniki wodne), 2 — równiny czwartorzędowych teras akumulacyjnych, 3 — delty i inne formy akumulacji fluwialnej, 4 — tereny przemysłowe, 5 — plaże, 6 — tereny leśne, 7 — tereny intensywnie użytkowane rolniczo, 8 — łąki, 9 — nekropolie, 10 — parkingi, 11 — granica maksymalnego zasięgu wód limnicznych, 12 — drogi, 13 — nasypy

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych

Fig. 34. State of accumulative landforms (deltas) in the contact zone of river and lacustrine waters in 2003 year — the Kłodnica at the mouth to Dzierżno Duże water reservoir (**A**), the Brynica in the backwater of Kozłowa Góra water reservoir (**B**) and the Czar-na Przem-sza at the mouth to Przeczyce water reservoir (**C**):

1 — surface waters (streams, canals, water reservoirs), 2 — plains of Quaternary accumulative terraces, 3 — deltas and other landforms of fluvial accumulation, 4 — industrial terrains, 5 — beaches, 6 — forest terrains, 7 — terrains intensively agriculturally used, 8 — meadows, 9 — cemeteries, 10 — parking areas, 11 — boundary of maximum range of limnic waters, 12 — roads, 13 — embankments

Source: Study on the base of results of the author's own research

5.2. Procesy i formy brzegowe

Procesy brzegowe w zbiornikach regionu górnośląskiego są efektem oddziaływania mechanicznego, chemicznego i biologicznego ich wód limnicznych na wybrzeże. Przebieg, zasięg i intensywność tych procesów zależą najczęściej od: litologii, ukształtowania i ekspozycji brzegu oraz wybrzeża, głębokości i wielkości zbiornika, falowania, roślinności, zjawisk lodowych, zasilania powierzchniowego (RZĘTAŁA, 2003; KOZYREVA i in., 2004; GROBELSKA, 2006). Skutkiem procesów brzegowych są zmiany wszystkich elementów krajobrazu wybrzeży, lecz najbardziej widoczne przemiany następują w geomorfologii brzegu pozostającego w zasięgu oddziaływania falowania i strefie objętej wahaniem stanów wody. Przemiany geomorfologiczne są dokumentowane przez formy abrazyjne: klify czynne, klify martwe, zerwy darniowe, progi terasowe, przemieszczenia egzaracyjne, a także formy akumulacyjne – kosy, mierzeje, cyple, wały brzegowe (rys. 35).

Wcześniejsze badania (JAGUŚ i in., 1998) nad charakterem i intensywnością limnicznych procesów brzegowych w obrębie zbiorników regionu górnośląskiego pozwalają na wyróżnienie czterech etapów rozwoju strefy litoralnej, pozostających w ścisłym związku z ewolucją zbiorników jako geosystemów. M.A. RZĘTAŁA (2003) podkreśla, że w tym samym czasie poszczególne fragmenty brzegu zbiornika mogą znajdować się na różnych etapach rozwoju.

Abrazja jako pierwsze stadium rozwoju brzegów jest typowa dla zbiorników znajdujących się na etapie rozwoju młodocianego. W przypadku akwenów zaporowych proces abrazyjnego urozmaicenia linii brzegowej był inicjowany przez abrazję wymuszoną falowaniem, która zastąpiła erozję rzeczną. Polegał on na wykształceniu systemu półek terasowych, platform abrazyjnych u podnóżu klifów (w obrębie zboczy doliny o większym nachyleniu), podciosów brzegowych, mikrozatok, a także po prostu abrazyjnych odcinków wybrzeża. W zbiornikach poeksploatacyjnych najjaskrawszym efektem abrazyj jest podcięcie brzegów, obrywy, zsuwy i osypywania, które prowadzą do złagodzenia profilu poprzecznego, zwykle stromych dawnych skarp eksploatacyjnych. Istotą tego etapu rozwoju brzegów jest pojawienie się w zlewni zbiornika nowej bazy erozyjnej oraz nowych jakościowo procesów morfogenetycznych, które w rezultacie zmian poziomu wody zachodzą na coraz to innych fragmentach wybrzeża. Przykładem zbiorników, w których występują brzegi objęte pierwszym etapem rozwoju, są Kuźnica Wareżyńska i Słupsko.

W większości zbiorników regionu górnośląskiego ten etap morfologicznego rozwoju wybrzeża został zakończony.

W drugim etapie rozwoju brzegów, tzw. stadium abrazyjno-akumulacyjnym, wyrównywana jest linia brzegowa. Brzegi nadal są abradowane, litoralny transport materiału rozpoczyna tworzenie wielu form akumulacyjnych, np. kos i mierzei, wzdłuż brzegowych wałów mineralnych i organicznych, cypli piaszczystych, ławic przybrzeżnych. Coraz większą rolę w utrwalaniu rzeźby zaczyna odgrywać pokrywa roślinna (fot. 8, 9). Stadium abrazyjno-akumulacyjnego wyrównywania linii brzegowej jest typowe dla zbiorników: Dzierżno Duże, Pogoria III, Dzieckowice, Nakło-Chechło, Pławniowice.

Trzeci etap rozwoju brzegów, tzw. akumulacyjny, cechuje wielokierunkowa alokacja osadów litoralnych. Utrwaleniu ulegają odsypiska, a przybrzeżne formy akumulacyjne nabierają cech trwałych elementów w rzeźbie wybrzeża, urozmaiconych coraz liczniejszymi klifami martwymi w górnej części jego profilu. Warto nadmienić, że obraz wybrze-



Fot. 8. Pokrywa roślinna w obrębie pola badawczego na południowym brzegu zbiornika Dzierżno Duże w 1994 r. (A) i w 2004 r. (B) (fot. M. RZĘTAŁA)

Photo 8. Vegetation cover within research field in the southern shore of Dzierżno Duże reservoir in 1994 year (A) and in 2004 year (B) (photo by M. RZĘTAŁA)

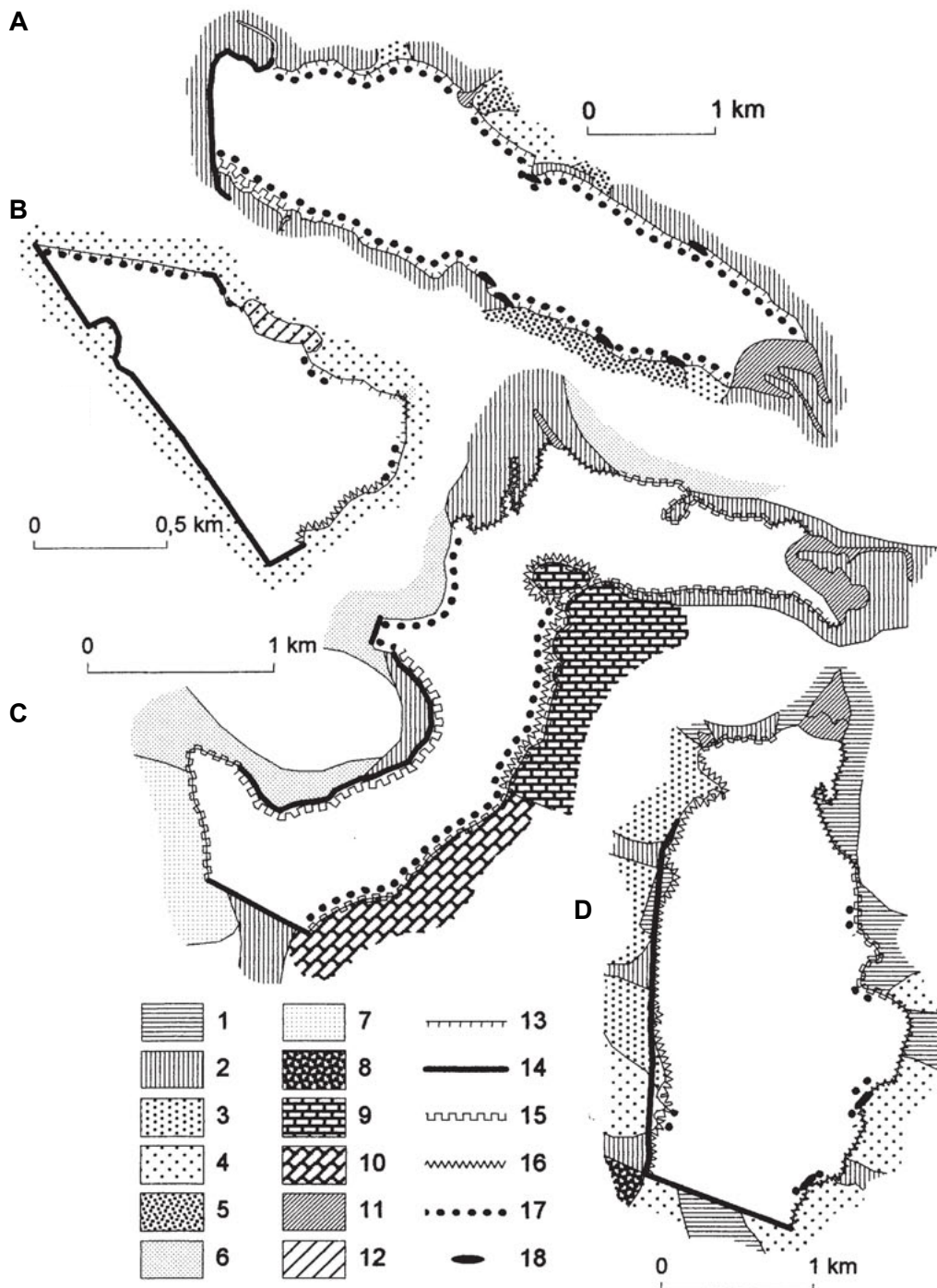


Fot. 9. Proces kolonizacji wybrzeża przez roślinność (fot. M. RZĘTAŁA):

A – glony wodne na piaszczystej plaży – fragment powierzchni o wymiarach 3,6 cm x 2,7 cm, **B** – rozmnażanie wegetatywne trzciny pospolitej, **C** – utrwalanie powierzchni piaszczystej przez turzycę owłosioną, **D** – mozga trzcinowata, **E** – zarośla wierzbowych odpowiadają zwykle niedawnej linii brzegowej ze zdeponowaną tzw. sieczką roślinną

Photo 9. Process of shore colonisation by vegetation (photo by M. RZĘTAŁA):

A – water algae on the sandy beach – fragment of surface of dimension 3,6 cm x 2,7 cm, **B** – vegetative propagation of common reed, **C** – fixing of sands surface by hairy sedge *Carex hirta*, **D** – reed canary grass *Phalaris arundinacea*, **E** – bushes of salicaceous usually refer to former shoreline with deposited so-called plant chaff



Rys. 35. Morfologia wybrzeży wybranych zbiorników wodnych regionu górnośląskiego:

A – zbiornik Dzierżno Duże, **B** – zbiornik Pogoria I, **C** – zbiornik Przeczyce, **D** – zbiornik Kozłowa Góra; 1 – torfy (holocen), 2 – osady rzeczne (holocen), 3 – piaski i żwiry teras akumulacyjnych (plejstocen), 4 – piaski i żwiry lodowcowe (plejstocen), 5 – piaski i żwiry lodowcowe na glinie zwałowej (plejstocen), 6 – mady, mułki, piaski i żwiry rzeczne (plejstocen), 7 – piaski eoliczne (czwartorzęd), 8 – piaski i ility czerwone oraz pstre (trias), 9 – dolomity margliste i diplopore (trias środkowy), 10 – wapienie, margle i dolomity (trias środkowy), 11 – delty i stożki napływowe, 12 – młaki i mokradła antropogeniczne, 13 – krawędzie poeksploatacyjne z klifem czynnym lub klifem martwym, 14 – brzegi umocnione antropogenicznie (miejscami trwała zabudowa brzegu), 15 – brzegi darniowe, 16 – brzegi szuwarowe (miejscami z roślinnością krzewiastą), 17 – plaże, 18 – cyple, kosa, mierzeje

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych

Fig. 35. Morphology of shores of the selected water reservoirs of the Upper Silesian Region:

A – Dzierżno Duże water reservoir, **B** – Pogoria I water reservoir, **C** – Przeczyce water reservoir, **D** – Kozłowa Góra water reservoir; 1 – peats (Holocene), 2 – river deposits (Holocene), 3 – sands and gravels of accumulative terraces (Pleistocene), 4 – glacial sands and gravel (Pleistocene), 5 – glacial sands and gravels on glacial till (Pleistocene), 6 – alluvial soils, river loams, sands and gravels (Pleistocene), 7 – aeolian sands (Quaternary), 8 – sands and red and variegated clays (Triassic), 9 – marly and diplopore dolomites (Middle Triassic), 10 – limestones, marls and dolomites (Middle Triassic), 11 – deltas and alluvial fans, 12 – bog-springs and anthropogenic marshy grounds, 13 – post-exploitation scarps with active cliff or dead cliff, 14 – anthropogenically fixed shores (in some places solid shore structure), 15 – turf shores, 16 – rushes shores (in some places with bushy vegetation), 17 – beaches, 18 – tips, cusped bars, bars

Source: Study on the base of results of author's own research

za jest kształtowany coraz mocniej przez pokrywę roślinną, przy malejącym wpływie wahań poziomu zwierciadła wody. Na akumulacyjnym etapie rozwoju znajdują się obecnie brzegi zbiorników: Pogoria I, Pogoria II, Przeczyce, Dzierżno Małe.

Ostatni etap, tzw. biogeniczny, to intensywny przyrost masy roślinnej w konsekwencji procesów sedymentacyjnych i sedentacyjnych w nadwodnej i podwodnej części strefy litoralnej. Procesowi kolonizacji wybrzeża przez roślinność sprzyja łagodny już profil poprzeczny strefy brzegu, inicjowany rozwój procesów glebotwórczych, a także zwykle wysoki poziom trofii wód akwenu. Przykładem ostatniego stadium rozwoju morfologicznego strefy litoralnej jest zbiornik Kozłowa Góra.

Powierzchnia fragmentów brzegów znajdujących się w zasięgu falowania i wahań stanów wody jest kolonizowana głównie przez zbiorowiska roślinności okresowej, jednorocznej, a w wielu przypadkach również ruderalnej. Dużą rolę w nasileniu tego procesu odgrywa nitrofilność podłoża oraz poziom trofii zbiornikowej, których wykładnikiem jest produkcja roślinna wyrażona stężeniem chlorofilu α . W wodach odpływających ze zbiorników poziom stężenia chlorofilu α sięga nawet kilkudziesięciu mikrogramów na decymetr sześcienny (przy jego maksymalnym stężeniu 1–2 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ w wodzie niezeutrofizowanych zbiorników Wisła Czarne i Wapienica). Fragmenty wybrzeży niektórych akwenów zbudowane z materiału piaszczystego o niewielkiej żyzności są pozbawione pokrywy roślinnej praktycznie od początków funkcjonowania zbiorników. Jednak w przypadku gdy na takie wybrzeża zapewniana jest dostawa substancji pożywkowych pochodzenia antropogenicznego, zostają one stale lub okresowo utrwalone przez roślinność, przy czym tempo sukcesji jest bardzo dynamiczne (fot. 8). W przypadku takich zbiorników (np. Dzierżno Duże) procesy sukcesji zmierzające do roślinnego utrwalenia powierzchni wybrzeża (fot. 9) inicjują następujące mikroorganizmy: bakterie, sinice, grzyby, glony, z udziałem roślin zarodnikowych i naczyniowych formującego się nadrzecznego łągu oraz licznych innych pojedynczych gatunków nietworzących płatów lub zbiorowisk (RAHMONOV i in., 2004a).

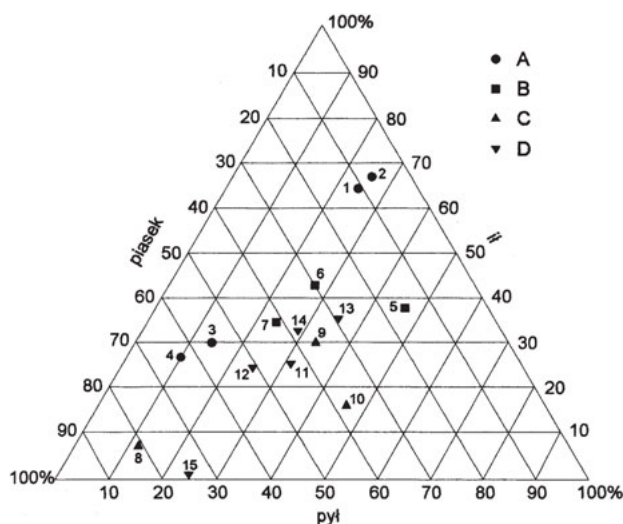
5.3. Osady denne

Osady denne w zbiornikach regionu górnośląskiego są nieregularnym nagromadzeniem materiału mineralnego lub organicznego (rzadziej pokryw osadowych), których tempo formowania zależało

od zasobności dostawy różnych typów rumowiska. Dostawie z atmosfery przypisuje się zwykle dużo mniejszy udział w formowaniu osadów dennych, aczkolwiek — jak wynika z wcześniej realizowanych badań (RZĘTAŁA, 2003 i in.) — wzrasta ona istotnie w przypadku zbiorników bezdopływowych, jednakże pod warunkiem wystąpienia w wodzie agregacji materiału pochodzącego z suchej i mokrej depozycji oraz grawitacyjnego przemieszczania jako unosin. Tempo dostawy rumowiska do zbiorników wodnych w warunkach silnej antropopresji jest porównywalne z tempem dostawy materii mineralnej do zbiorników zaporowych, utworzonych w obszarach o wyraźnej rzeźbie erozyjnej. Tym samym ich wypływanie przebiega dużo dynamiczniej w porównaniu z jeziorami, a osady deponowane w misach zbiornika mają bardzo zróżnicowany skład mechaniczny. Skład granularny osadów dennych zależy przede wszystkim od macierzystego podłoża misy jeziornej oraz od rodzaju rumowiska dostarczonego ze zlewni. Wiek osadów — często liczący nie więcej niż kilkadziesiąt lat — w połączeniu ze zdarzającym się ich przemieszczaniem i mieszaniem powoduje, że w składzie mechanicznym nie notuje się wyraźnej dominacji określonej frakcji, a osady cechuje wiele mało czytelnych odmienności (rys. 36) i duży indywidualizm poszczególnych akwenów. Sprzyjają temu: naturalne modelowanie dna przez procesy przyrodnicze w warunkach uwodnienia, procesy miktyczne, różna efektywność procesów morfogenetycznych w obrębie powierzchni osuszonych przy niskich stanach wody, aktywność organizmów wodnych oraz mechaniczna ingerencja ludzka.

Skalę wpływów antropogenicznych w kształtowaniu podstawowego składu chemicznego osadów dennych zbiorników (tabela 13) i zawartości w nich pierwiastków śladowych (tabela 14) pokazuje porównanie ich z podobnymi danymi dla wybranych jezior na świecie.

Przekroczenie koncentracji pierwiastków śladowych w osadach dennych w porównaniu z ich poziomem zwykle spotykanym w skałach osadowych (KABATA-PENDIAS, PENDIAS, 1993) jest zasadniczym wskaźnikiem antropopresji. Jest to szczególnie czytelne w odniesieniu do zawartości takich pierwiastków, jak: cynk, kadm, ołów, przy czym skala stężenia kadmu jest wielokrotnie większa od zawartości naturalnych (0,05–0,35 mg/kg) w osadach dennych niektórych zbiorników. W odniesieniu do zawartości ołowiu, w przypadku którego zwykle przyjmuje się naturalną koncentrację wynoszącą 3–40 mg/kg, krotność przekroczenia wynosi nie więcej niż 11. Tylko niektóre pierwiastki (z wyszczególnionych w tabeli 14 oraz w niej pominie-



Rys. 36. Uśredniony skład granulometryczny osadów dennych wybranych zbiorników wodnych regionu górnośląskiego:

A – zbiorniki poeksploatacyjne (1 – Dzierżno Duże, 2 – Dzierżno Małe, 3 – Pogoria III, 4 – Pogoria I), **B** – zaporowe (5 – Kozłowa Góra, 6 – Przeczyce, 7 – Zbiornik Rybnicki), **C** – zbiorniki groblowe (8 – stawy u ujścia Mitręgi, 9 – stawy Łęczczok, 10 – stawy Harmęże), **D** – zbiorniki w nieckach osiadania i zapadliskach (11 – rozlewisko Sosnowiec-Pekin, 12 – staw północno-wschodni w kompleksie zbiorników Żabie Doły, 13 – staw południowo-wschodni w kompleksie zbiorników Żabie Doły, 14 – staw południowo-zachodni w kompleksie zbiorników Żabie Doły, 15 – zawodniona strefa osiadań w Zabrze-Makoszowach)

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych

Fig. 36. Averaged granulometric composition of bottom deposits of the selected water reservoirs of the Upper Silesian Region:

A – post-exploitation water reservoirs (1 – Dzierżno Duże, 2 – Dzierżno Małe, 3 – Pogoria III, 4 – Pogoria I), **B** – dam reservoirs (5 – Kozłowa Góra, 6 – Przeczyce, 7 – Rybnik), **C** – weir reservoirs (8 – ponds at the mouth of the Mitręga, 9 – ponds of Łęczczok, 10 – ponds of Harmęże), **D** – reservoirs in subsidence and collapse depressions (11 – flooding in Sosnowiec-Pekin, 12 – north-eastern pond in the complex of reservoirs Żabie Doły, 13 – south-eastern pond in the complex of reservoirs Żabie Doły, 14 – south-western pond in the complex of reservoirs Żabie Doły, 15 – waterlogged zone of subsidences in Zabrze-Makoszow)

Source: Study on the base of results of author's own research

tych) występują w osadach dennych na poziomie tła lub do niego podobnym. Są to: antymon, beryl, brom, cer, cez, chrom, europ, itr, kobalt, lantan, lutet, miedź, neodym, nikiel, rubid, skand, srebro, stront, terb, tor, uran i wanad. Geneza wysokich koncentracji wymienionych pierwiastków w ogromnej większości jest tłumaczona alimentacją zanieczyszczeń z terenów zurbanizowanych i uprzemysłowionych. Prawidłowością jest najwyższe zanieczyszczenie osadów zbiorników wodnych zlokalizowanych w strefach występowania formacji rudonośnych, sąsiedztwie hałd, okolicy hut. Nieco

niższe koncentracje metali stwierdza się w zasięgu oddziaływania antropopresji miejskiej, a następnie rolniczej. Najniższe stężenia – często nawiązujące do poziomów uznawanych za naturalne – dotyczą akwenów na terenach *quasi*-naturalnych i skutecznie izolowanych od dopływu zanieczyszczeń różnego typu.

Najwyższe i w pewnym sensie rekordowe koncentracje pierwiastków śladowych w osadach dennych występują tylko w niewielkich zbiornikach wodnych będących odbiornikami ścieków komunalnych i przemysłowych (np. zbiornikach retencyjnych wód opadowych z terenów komunikacyjnych), misach zaadaptowanych na składowiska odpadów przemysłowych (np. Hubertus) lub zagłębieniach mających kontakt z takim materiałem (np. Gliniak z groblami usypanymi z odpadów pogórnich). Ostatni z wymienionych akwenów wraz z pobliskimi (Stawiki i Morawa) funkcjonuje w pobliżu nieistniejącej już huty metali nieżelaznych; pomimo wysokiego poziomu skażenia metalami ciężkimi służą rekreacji (JANKOWSKI i in., 2002). Równie rekordowo wysokie koncentracje cynku, ołowiu, kadmu i niklu w osadach dennych zbiorników Gliniak i Hubertus stwierdzili M. KORCZ i Z. STRZYSZCZ (1995), podając odpowiednio średnie: Zn – 29 682 mg/kg i 30 616 mg/kg, Pb – 6344 mg/kg i 3660 mg/kg, Cd – 213 mg/kg i 286 mg/kg, Ni – 134 mg/kg i 133 mg/kg.

Skażenie metalami ciężkimi dotyczy osadów dennych większości akwenów, mimo że obecność tych pierwiastków w wodzie nie dyskwalifikuje wymienionych zbiorników pod względem jakościowym. Wysoka zawartość metali ciężkich w osadach jest szczególnie groźna pod względem ekologicznym w aspekcie sygnalizowanego od wielu lat natężającego się zakwaszenia środowiska (NEWELL, SKJELKVALE, 1997; MANNIO, 2001; HYNYNEN, MERILAINEN, 2005; KOPACEK i in., 2006; STUCHLIK i in., 2006), przy minimalizacji alkalizującego wpływu zapylenia atmosfery (LEŚNIOK, 1996; RZĘTAŁA, 2003; RZĘTAŁA i in., 2006). Możliwy wzrost zakwaszenia środowiska wód limnicznych niektórych akwenów jest więc konkretnym zagrożeniem, które można utożsamiać z niekontrolowanym wzrostem mobilności metali obecnie zakumulowanych w osadach dennych i ich alokacją na tereny powiązane osiami hydrograficznego odwodnienia.

Tabela 13. Uśredniony skład podstawowy osadów dennych wybranych zbiorników wodnych regionu górnośląskiego i przykładowe obiekty odniesienia
Table 13. Averaged basic composition of bottom deposits of the selected water reservoirs in the Upper Silesian Region and exemplifying objects of attitude

Akweny	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Straty prażenia
	[%]										
Zbiorniki regionu górnośląskiego											
Pogoria I	64,00	12,13	9,37	0,17	1,14	2,13	0,55	2,21	0,79	0,22	6,85
Pogoria II	64,50	11,80	9,30	0,16	1,14	2,13	0,55	2,28	0,81	0,15	7,18
Pogoria III	65,22	11,84	4,17	0,08	1,74	3,47	0,60	2,28	0,81	0,10	9,33
Dzierżno Małe	39,09	7,45	3,24	0,07	0,80	19,47	0,40	1,27	0,45	0,29	25,88
Dzierżno Duże	28,60	10,78	5,37	0,06	1,53	1,96	0,43	1,46	0,46	1,00	45,74
Przeczycze	45,38	8,18	6,53	0,16	0,91	8,06	0,35	1,39	0,53	0,52	26,84
Kozłowa Góra	55,74	8,23	4,79	0,09	0,50	1,88	0,47	1,27	0,54	0,30	25,67
U ujścia Mitregi	50,88	8,63	4,58	0,08	1,88	9,51	0,40	1,50	0,57	0,20	20,52
Staw w Kuźnicy	58,95	7,03	4,14	0,09	0,87	8,38	0,54	1,44	0,60	0,27	17,41
Łęczczok	51,91	9,65	9,09	0,44	0,70	1,13	0,61	1,60	0,64	0,69	21,44
Staw w Harmężu	65,31	12,70	5,49	0,05	1,11	0,49	0,89	2,02	0,82	0,26	9,71
Rozlewiszko Bobrka	21,05	6,60	11,71	0,46	1,32	6,18	0,29	0,96	0,35	5,28	42,52
Sosnowiec-Pekin – staw NE	26,20	10,02	6,93	0,15	1,29	11,97	0,42	1,34	0,41	0,40	40,62
Sosnowiec-Pekin – staw N	46,66	11,91	9,55	0,19	0,71	3,85	0,35	1,67	0,65	0,23	23,59
Sosnowiec-Pekin – staw S	25,23	7,10	7,71	0,32	0,74	12,30	0,30	0,89	0,34	0,35	32,13
Żabie Doly – staw NE	71,67	7,76	6,37	0,26	0,54	1,67	0,68	1,93	0,65	0,13	7,68
Żabie Doly – staw SE	59,79	7,93	4,85	0,14	0,68	6,58	0,63	1,69	0,62	0,24	16,26
Żabie Doly – staw SW	40,81	9,27	7,05	0,28	1,15	12,15	0,42	1,33	0,53	0,20	25,03
Zabrze-Makoszowy – niecka	42,36	16,86	5,55	0,05	1,06	0,43	0,38	2,33	0,74	0,18	22,82
Zabrze-Makoszowy – strefa osiadań	79,94	6,53	2,60	0,03	0,38	0,66	0,67	1,61	1,02	0,07	7,06
Przykładowe obiekty odniesienia											
Jezioro fituwalne – dolina rzeki Ob	68,75	12,36	5,58	0,10	1,16	1,28	1,54	1,94	1,13	0,20	6,90
Jezioro na Olchonie (Bajkał)	38,68	9,98	5,28	0,10	5,93	9,54	2,25	1,42	0,71	0,29	23,79
Zbiornik Irkucki (Angara)	59,12	14,97	6,26	0,09	2,33	3,35	1,98	2,06	0,87	0,16	9,01
Kompleks stawów Poodří (Czechy)	60,90	12,26	6,13	0,11	1,06	1,48	0,85	2,24	0,77	0,36	12,49
Stawy rybne – D. Benesov (Czechy)	64,03	14,02	4,82	0,05	1,32	0,83	1,26	2,51	0,88	0,28	10,93
Osadnik ścieków – Katowice	20,72	4,45	3,65	0,06	1,93	4,66	0,36	1,39	0,33	7,74	52,84

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.
 Source: Study on the base of results of author's own research.

Tabela 14. Średnia zawartość wybranych pierwiastków śladowych w osadach dennych zbiorników wodnych regionu górnośląskiego i przykładowe obiekty odniesienia
Table 14. Average content of the selected trace elements in the bottom deposits of water reservoirs in the Upper Silesian Region and exemplifying objects of attitude

Akweny	Arsen As	Bar Ba	Cez Cs	Chrom Cr	Cynk Zn	Kadm Cd	Kobalt Co	Miedź Cu	Nikiel Ni	Ołów Pb	Srebro Ag	Tor Th
	[ppm]											
Zbiorniki regionu górnośląskiego												
Pogoria I	24,5	736,5	8,6	136,0	1 798,0	22,3	22,0	53,0	48,0	336,0	1,3	14,6
Pogoria II	12,8	524,5	8,3	111,0	288,0	2,4	18,1	34,0	33,0	69,6	1,0	10,7
Pogoria III	10,4	428,8	8,3	103,9	181,3	0,9	15,5	19,4	32,9	49,8	1,0	13,3
Dzierzno Małe	12,3	449,1	4,5	66,1	342,6	2,4	14,8	21,5	23,8	69,6	0,8	8,1
Dzierzno Duże	23,0	1 333,7	9,8	119,3	801,7	9,8	22,3	93,7	30,3	133,7	2,1	10,3
Przeczycze	31,0	524,5	7,6	82,5	1 443,0	13,0	15,0	36,0	28,0	533,0	0,9	8,5
Kozłowa Góra	41,0	1 080,0	5,1	74,0	1 729,0	18,1	16,0	60,0	26,5	479,0	0,6	9,4
U ujścia Mitregi	15,0	431,0	6,6	70,0	961,0	9,2	13,0	27,0	25,0	731,0	0,8	9,1
Staw w Kuźnicy	12,0	369,0	5,6	67,0	2 740,0	11,1	15,0	24,0	12,0	194,0	< 0,5	12,1
Łęczok	30,0	584,0	6,8	80,0	531,0	4,0	46,0	33,0	30,0	48,0	< 0,5	11,3
Staw w Harmężu	10,0	460,0	7,2	123,0	177,0	1,2	16,0	28,0	10,0	52,0	< 0,5	14,2
Rozlewisko Bobrka	22,0	1 380,0	134,0	146,0	3 720,0	50,3	36,0	197,0	22,0	568,0	67,0	6,7
Sosnowiec-Pekin – staw NE	32,0	595,0	32,3	80,0	2 300,0	13,9	28,0	80,0	32,0	410,0	1,0	8,6
Sosnowiec-Pekin – staw N	37,0	863,0	8,6	77,0	1 240,0	9,7	35,0	50,0	37,0	332,0	0,6	10,5
Sosnowiec-Pekin – staw S	25,0	555,0	16,1	64,0	1 670,0	10,2	99,0	74,0	25,0	253,0	0,6	7,6
Żabie Doly – staw NE	60,0	543,0	4,6	62,0	3 560,0	20,6	13,0	19,0	60,0	542,0	1,0	10,3
Żabie Doly – staw SE	53,0	725,0	5,8	72,0	2 480,0	22,3	15,0	62,0	53,0	708,0	1,0	10,6
Żabie Doly – staw SW	74,0	1 020,0	8,1	100,0	4 790,0	51,8	26,0	109,0	74,0	1 620,0	2,1	10,4
Zabrze-Makoszowy – niecka	25,0	467,0	19,5	114,0	977,0	5,0	48,0	82,0	25,0	113,0	< 0,5	16,8
Zabrze-Makoszowy – strefa osiadań	7,0	379,0	2,6	100,0	417,0	5,5	6,0	9,0	7,0	32,0	0,9	20,4
Przykładowe obiekty odniesienia												
Jezioro fitowalne – dolina rzeki Ob	10,0	514,0	4,3	120,0	71,0	< 0,5	19,0	20,0	39,0	10,0	< 0,5	9,6
Jezioro na Olchonie (Bajkał)	< 2	495,0	< 0,5	72,0	78,0	0,5	17,0	14,0	25,0	8,0	< 0,5	10,0
Zbiornik Irkucki (Angara)	7,5	604,5	4,4	131,5	78,0	< 0,3	17,0	30,5	70,5	12,0	0,7	9,3
Kompleks stawów Poodří (Czechy)	21,0	547,0	6,7	96,0	146,0	< 0,3	18,0	31,5	47,5	58,5	0,7	11,4
Stawy rybne – D. Benešov (Czechy)	8,0	573,0	7,5	99,0	214,0	0,9	16,0	38,0	43,0	45,0	< 0,5	14,1
Osadnik ścieków – Katowice	20,0	417,0	3,5	92,0	2 520,0	9,4	11,0	238,0	38,0	464,0	4,3	5,3

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.
 Source: Study on the base of results of author's own research.

6. Naturalne znaczenie zbiorników wodnych

Zbiorniki wodne regionu górnośląskiego mają ściśle określone znaczenie społeczno-ekonomiczne, ale wraz z otoczeniem spełniają również ważne funkcje przyrodnicze i krajobrazowe, kształtując warunki ekosystemowe, tj. biotopowe i biocenotyczne (RZĘTAŁA, 2000b). W opracowaniach limnologicznych problem przyrodniczego znaczenia tych akwenów był bardzo często marginalizowany lub tylko ograniczany do konsekwencji ich budowy (zazwyczaj rozpatrywanych w kategoriach negatywnych przemian w odniesieniu do stanu przedzbiornikowego). Użytkowanie gospodarcze zbiorników to tylko jeden aspekt ich funkcjonowania w krajobrazie kulturowym. Drugi aspekt to całość przemian środowiskowych w ich obrębie i otoczeniu. W ostatnich latach coraz częściej podejmowane jest drugie z wymienionych zagadnień.

6.1. Znaczenie przyrodnicze (biotopowe i biocenotyczne)

Znaczenie przyrodnicze zbiorników wodnych jest identyfikowane ze zjawiskami i procesami niemającymi ekwiwalentnego wydzźwięku gospodarczego. Dotyczy praktycznie każdego komponentu środowiska. Jednak w niektórych przypadkach należy je traktować jako atrybut wód stojących i integralną część procesów limnicznych, w innych zaś — jako środowiskowy skutek funkcjonowania akwenu. Zbiorniki antropogeniczne stanowią lokalną bazę erozyjną, dlatego w ich obrębie wiele nowych jakościowo procesów geologiczno-geomorfologicznych znajduje odzwierciedlenie w osadach dennych i rzeźbie wybrzeża. Są też lokalną bazą drenażu, co decyduje o powiązaniach reżimu wód powierzchniowych i wód podziemnych z reżimem eksploatacyjnym zbiorników. Akweny powodują także zmiany w klimacie lokalnym (LEWIŃSKA,

1984), między innymi przez: łagodzenie temperatur ekstremalnych swego otoczenia, nieznaczny wzrost prędkości wiatru, zwiększenie wilgotności i częstotliwości występowania lokalnych mgieł.

W otoczeniu kilku zbiorników wodnych regionu górnośląskiego przeprowadzono badania wpływu powierzchni wodnej zbiornika na klimat lokalny w kategoriach mikroskalowych. Najciekawsze rezultaty uzyskano w przypadku zbiornika Dzierżno Małe w Pyskowicach. Stwierdzono jego wyraźne oddziaływanie na wąski pas wybrzeża i ograniczone do niezbyt dużej wysokości (tabela 15). O skali tego wpływu świadczy fakt małej jego czytelności już w odległości kilkudziesięciu metrów od zbiornika oraz na wysokości 1,5 m nad powierzchnią akwenu. Najistotniejsze różnice wystąpiły w odniesieniu do temperatury powietrza i jego wilgotności względnej (KOŚCIEJ i in., 2002). Z kolei obserwacje zamglenia poczynione w 1996 r. nad zbiornikiem Przeczyce wykazały jego wpływ nawet do 1,5 km od czaszy jeziora zaporowego, podczas gdy mgły generowane obecnością cieku powyżej zbiornika charakteryzował przeciętny zasięg do 200 m od źródła powstawania. Na podstawie wywiadu środowiskowego można sugerować istnienie korelacyjnego związku między występowaniem mgieł wywoływanych obecnością zbiornika a częstotliwością kolizji oraz wypadków drogowych w dnie doliny sąsiadującej ze strefą cofkową zbiornika (częstych zwłaszcza w okresach sadzi i gołoledzi).

Znaczenie zbiorników dla przyrody ożywionej odnosi się do kształtowania nowych warunków siedliskowych roślin i zwierząt, czego efektem jest przebudowa składu gatunkowego roślin i zwierząt wobec zmian warunków biotopowych i ich urozmaicenia. W krótkim czasie, zwykle po kilku latach od utworzenia zbiornika, obserwowano wzrost bioróżnorodności i pojawienie się zjawiska strefowości siedliskowej, zależnej przede wszystkim od warunków wilgotnościowych. Model zmian zbiorowisk roślinnych od toni wodnej ku środowisku

Tabela 15. Wyniki wybranych pomiarów psychrometrycznych nad zbiornikiem Dzierżno Małe w lipcu 1995 r.**Table 15.** Results of the selected psychrometer measurements on Dzierżno Małe reservoir in July of 1995 year

Parametr	26.07.1995, 10 ⁰⁰ –21 ⁰⁰ , stanowiska na SW brzegu zbiornika (A–D – linia brzegowa, E – 2 m od linii brzegowej)									
	A – 0 m n.p.t.		B – 0,5 m n.p.t.		C – 1,0 m n.p.t.		D – 1,5 m n.p.t.		E – 1,5 m n.p.t.	
	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres
T [°C]	24,4	22,2–25,4	24,1	21,4–25,5	23,4	21,8–25,6	21,1	21,6–25,5	24,5	22,1–25,6
H [%]	59,8	49,0–72,0	49,7	40,0–72,0	47,2	37,0–63,0	47,0	37,0–64,0	44,0	34,0–66,0

Parametr	27.07.1995, 10 ⁰⁰ –18 ⁰⁰ , stanowiska wzdłuż osi wiatru E–W (A–B – wybrzeże E, C–E – wybrzeże W), wysokość – 1,5 m n.p.t.									
	A – 50 m od brzegu		B – linia brzegowa		C – linia brzegowa		D – 10 m od brzegu		E – 20 m od brzegu	
	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres
T [°C]	27,2	21,6–27,6	26,1	23,4–27,8	25,2	22,4–26,8	26,5	23,6–28,2	27,2	23,8–29,2
H [%]	39,0	30,0–61,0	41,1	34,0–51,0	44,9	35,0–58,0	40,6	30,0–52,0	41,3	33,0–51,0

Parametr	31.07.1995, 10 ⁰⁰ –21 ⁰⁰ , stanowiska na zachodnim wybrzeżu na wysokości 1,5 m n.p.t.									
	linia brzegowa (0 m)		1 m od brzegu		5 m od brzegu		10 m od brzegu		20 m od brzegu	
	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres
T [°C]	27,6	23,0–29,3	28,4	22,8–30,8	28,0	22,4–30,4	28,5	22,4–31,5	28,4	21,6–31,0
H [%]	42,7	30,0–80,0	35,6	24,0–57,0	33,6	24,0–56,0	34,1	24,0–55,0	30,9	22,0–53,0

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.

Source: Study on the base of results of author's own research.

wybitnie lądowemu obejmuje w większości analizowanych przypadków utworzenie się stref roślinności: wodnej, szuwarowej, łąkowej, zaroślowej i leśnej, przy udziale zbiorowisk roślinności okresowej (w zasięgu wahań stanów wody), roślinności jednorocznej (w wodach zeutrofizowanych) oraz roślinności ruderalnej (w miejscach pretendowanych antropogenicznie stymulowaną nitrofilnością podłoża). Ogólnie rzecz biorąc, roślinność w obrębie większości zbiorników regionu górnośląskiego ma charakter i układ typowy dla akwenów eutroficznych, poza nielicznymi przykładami obiektów o niewielkiej trofii wody i podłoża, skutkującej ubogim rozwojem szaty roślinnej. Jednakże za osobliwość można uznać powszechność występowania w rejonie zbiorników wodnych (np. Pogoria I i Pogoria II) rzadkich w skali regionu i kraju gatunków roślin, a nawet całych zbiorowisk roślinnych (CELLIŃSKI i in., 1996).

Najjaskrawszą egzemplifikacją znaczenia przyrodniczego zbiorników wodnych są spontanicznie ukształtowane w ich zasięgu siedliska ptactwa wodnego i wodno-błotnego, spośród których kilka ma status ostoi ptaków o znaczeniu: lokalnym, regionalnym (Zbiornik Rybnicki i zbiornik Dzierżno Duże jako najważniejsze w regionie miejsca zimowania ptaków, stawy w dolinie Suminki, stawy k. Żor, zbiorniki nazywane Żabimi Dołami, stawy w katowickiej dzielnicy Szopienice), krajowym (zbiornik Kozłowa Góra, stawy Łęczczok, stawy Wielikąt) i międzynarodowym (zbiornik Goczałkowice i okoliczne stawy w dolinie Wisły wraz z dopływami). Przyrodnicze znaczenie zbiorników wodnych rozpatrywane w kategoriach zoogeogra-

ficznych jest również dokumentowane przez akwenty jako cenne miejsca siedliskowe autotrofów i heterotrofów. Dla przebiegu procesów limnicznych ważna jest także obecność w wodach stojących: bakterii (zwłaszcza amonifikacyjnych), planktonu roślinnego (zielenic, wiciowców, okrzemek) i zwierzęcego (z wioślarkami, wrotkami, widłonogami, orzęskami). Niektóre akwenty słyną z bogatej fauny ślimaków (Kozłowa Góra), inne – płazów (staw Amelung) lub stawonogów (Pogoria III). Ichtyofauna zbiorników regionu górnośląskiego przyjmuje skład typowy dla wód stojących, mimo że pochodzi w głównej mierze z zarybień. Pospolicie występują: okoń, karp, płoć, leszcz, wzdręga, krąp, szczupak i inne gatunki. Podstawowym problemem ekologicznym identyfikowanym z antropogenezą ekosystemów wodnych regionu górnośląskiego jest przyjmująca cechy skażenia bioakumulacja metali ciężkich w niektórych organizmach (KOSTECKI, 2007b).

Zinwentaryzowane walory przyrodnicze i kulturowe stały się podstawą stworzenia wielu prawnych form ochrony przyrody¹, których integralną część lub wręcz element podmiotowy w wielu przypadkach stanowią zbiorniki wodne. Są one obiektami szczególnego traktowania w granicach: rezerwatów przyrody (stawy Łęczczok w rezerwacie o tej samej

¹ Zgodnie z Ustawą z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (z późn. zm.), formami ochrony przyrody w Polsce są: parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, obszary Natura 2000, pomniki przyrody, stanowiska dokumentacyjne, użytki ekologiczne, zespoły przyrodniczo-krajobrazowe, ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów.

nazwie), parków krajobrazowych (zbiorniki na terenie Parku Krajobrazowego „Cysterskie Kompozycje Krajobrazowe Rud Wielkich”), użytków ekologicznych (zbiornik Pogoria II wraz z obrzeżeniem, fragmenty wybrzeży i powierzchni wodnej zbiornika Pogoria I, staw Grinfeld w Katowicach), zespołów przyrodniczo-krajobrazowych (stawy Wielikąt w gminie Lubomia, zbiorniki Żabie Doły, park i przyległy zbiornik w gminie Świerklanec – projektowany), obszarów chronionego krajobrazu. Wszystkich obiektów dotyczy ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów, jeśli takowe w ich obrębie występują. Niektóre obiekty wód stojących – najczęściej jako ostoje ptactwa wodnego i wodno-błotnego – zostały wytypowane do sieci Natura 2000, np. zbiorniki w obszarze Dolina Górnej Wisły, stawy w Brzeszczach, stawy Wielikąt, zbiorniki w rezerwacie „Łęczczok”.

6.2. Oczyszczanie wód powierzchniowych

Procesy limniczne w zbiornikach sprzyjają transformacji właściwości fizykochemicznych powierzchniowych wód płynących. Ten wpływ można rozpatrywać zarówno w odniesieniu do pojedynczych zbiorników wodnych, jak i ich całych układów.

6.2.1. Oczyszczanie wód powierzchniowych w zbiornikach przepływowych

Budowa czy powstanie zbiorników wodnych modyfikują stan jakościowy wód powierzchniowych i podziemnych. Często oznacza to poprawę jakości, ale także może wskazywać na jej pogorszenie w przypadku powierzchniowych wód płynących i zazwyczaj pogorszenie parametrów jakościowych wód podziemnych (zwłaszcza gdy przedmiotem retencji są wody zanieczyszczone) i wód w samych zbiornikach.

Spośród wielu uwarunkowań i czynników decydujących o skali modyfikacji jakościowej wód w strefach okołozbiornikowych zasadniczą rolę odgrywają procesy limniczne. Z gospodarczego punktu widzenia najistotniejsze wydają się procesy skutkujące kompleksowością oczyszczania, chociaż również te, które pod względem oczyszczania wykazują działanie jedynie komplementarne (tabela 16). Wydaje się, że niektóre procesy limniczne w warunkach oddziaływania antropopresji są

bardziej czytelne, a tym samym określenie ich roli w selektywnym oczyszczaniu wód o jednorodnym zanieczyszczeniu jest łatwiejsze.

Rola procesów limnicznych najwyraźniejsza jest w redukcji zawartości zawiesin w wodzie dopływającej do zbiorników ze zlewni zindustrializowanych. W redukcji zawiesin uczestniczy materia allochtoniczna. Z badań zbiornika Dzierżno Duże wynika, że w czasie 10–20 min od dostarczenia do zbiornika jest w nim deponowanych 90% cząstek (KOSTECKI, 2000b). Zatem w odpływie wód zbiornikowych rejestrowane są przede wszystkim zawiesiny pochodzenia autochtonicznego (np. fitoplankton wytwarzany w procesie eutrofizacji), które nie zostały zdeponowane po procesie agregacji w osadach dennych. Na wzrost stężeń substancji zawieszonych w odpływach ze zbiorników wpływa opad pyłu o frakcji zawiesin niepodlegających masowej agregacji na powierzchni wody lub rozwój procesów naturalnej eutrofizacji. W wodzie zbiorników o różnym stopniu zanieczyszczenia znajduje się bardzo różna masa substancji w postaci zawieszonych (Pogoria III – 40–71 Mg, Pławniowice – 122–147 Mg, Kozłowa Góra – 31–99 Mg, Dzierżno Duże – 854–1278 Mg). Minimum koncentracji występuje w półroczu zimowym, a maksimum – w okresie wegetacyjnym.

Wzrost odczynu wody jest bezpośrednią konsekwencją zmniejszania się udziału i zaniku jonów HCO_3^- wobec zużycia dwutlenku węgla w procesie fotosyntezy, przy wzroście nasycenia wody tlenem do poziomu przesylenia i pojawienia się jonów CO_3^{2-} . W związku z nagłaśnianym w ostatnich latach problemem zakwaszenia środowiska wód limnicznych (NEWELL, SKJELKVALE, 1997; MANNIO, 2001; HYNYNEN, MERILAINEN, 2005; KOPACEK i in., 2006; STUCHLIK i in., 2006) następujący w zbiornikach wodnych proces wzrostu odczynu powierzchniowych wód płynących można byłoby uznać za korzystny, gdyby wynikał z naturalnej eutrofizacji, a nie był pochodną niekontrolowanego wzrostu żywności stymulowanego dostawą zanieczyszczeń. Wzrostowi odczynu wody w zbiornikach towarzyszy wzrost jej natlenienia jako konsekwencja przetlenienia epilimnionu, a zwykle także mechanicznego wzbogacania w tlen następującego przy przepływie przez górne segmenty urządzeń zrzutowo-upustowych. Proces wzrostu odczynu wody jest szczególnie czytelny w okresie rozwoju życia biologicznego, tym samym ma cechy sezonowości.

Zawartość azotu i fosforu są zależne od rozwoju życia biologicznego, dlatego też są zmienne w cyklu sezonowym (BURCHARD i in., 1990). Procentowy wskaźnik wzrostu lub redukcji średnich stężeń jest więc uogólnieniem. Związki azotu i fosforu

Tabela 16. Procentowe wskaźniki średniej zmienności właściwości fizycznych i chemicznych wód powierzchniowych w przepływowych zbiornikach wodnych w podziale na różne formy antropopresji zlewni jezior antropogenicznych

Table 16. Percentage indices of average variability of physical and chemical properties of surface waters in transfer water reservoirs in the division into different forms of anthropopression in catchments of anthropogenic lakes

Parametr	Dominujący charakter użytkowania zlewni zbiorników wodnych		
	rolnicze	przemysłowe	tereny <i>quasi</i> -naturalne
	dopływ = 100%		
Temperatura wody [°C]	118	99	116
Odczyn wody [pH]	102	104	99
Przewodność elektrolityczna [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	94	75	97
Tlen rozpuszczony [$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$]	111	125	100
BZT ₅ [$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$]	108	16	103
ChZT – Mn [$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$]	91	15	139
ChZT – Cr [$\text{mg O}_2/\text{dm}^3$]	105	11	103
Chlorki [$\text{mg Cl}^-/\text{dm}^3$]	126	71	100
Siarczany [$\text{mg SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$]	99	77	95
Substancje rozpuszczone ogółem [mg/dm^3]	93	71	98
Zawiesina ogólna [mg/dm^3]	108	4	163
Zasadowość ogólna [mg/dm^3]	90	83	97
Wapń [mg/dm^3]	87	81	92
Magnez [mg/dm^3]	106	71	88
Sód [mg/dm^3]	129	76	92
Potas [mg/dm^3]	89	88	110
Azot amonowy [$\text{mg N}/\text{dm}^3$]	110	103	117
Azot azotynowy [$\text{mg N}/\text{dm}^3$]	135	121	100
Azot azotanowy [$\text{mg N}/\text{dm}^3$]	60	90	82
Azot Kjeldahla [mg/dm^3]	130	62	112
Azot ogólny [mg/dm^3]	80	67	92
Fosforany [$\text{mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$]	167	59	105
Fosfor ogólny [mg/dm^3]	128	72	112
Żelazo ogólne [mg/dm^3]	36	15	31
Mangan [mg/dm^3]	173	80	90
Cynk [$\text{mg Zn}/\text{dm}^3$]	87	60	87
Fenole lotne [mg/dm^3]	88	40	—
WWA [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$]	82	40	—

— brak danych (lack of data).

Źródło: Opracowanie na podstawie danych OBKiŚ i PIOŚ w Katowicach oraz wyników badań własnych.

Source: Study on the base of data taken from OBKiŚ and PIOŚ in Katowice and results of author's own research.

w zbiornikach wodnych są redukowane w sensie ilościowym do niższych zawartości, jednak w okresach zahamowania rozwoju życia biologicznego dochodzi do wtórnego zanieczyszczenia wód, co jest symptomem okresowej utraty skuteczności kumulacyjnej zbiorników wodnych i ograniczonych możliwości tzw. retencji chemicznej.

Wpływ zbiorników wodnych na zawartość substancji mineralnych może być bardzo różny, gdyż stężenie zależy od wielkości dopływającej do nich

wody. Antropogeniczne dozowanie soli do zbiorników wodnych, wraz ze zmieniającym się przepływem wody w połączeniu z różnym tempem wymiany wody w akwenach, skutkuje brakiem czytelnych relacji między efektywnością retencji chemicznej a rodzajem użytkowania zlewni, mimo dającej się zauważyć tendencji do obniżania stężeń wielu substancji. W przypadku żelaza obniżenie stężenia wynosi kilkadziesiąt procent, niezależnie od sposobu użytkowania zlewni zbiornika. Z redukcją

stężeń substancji mineralnych koresponduje spadek przewodności elektrolitycznej oraz stężenia substancji rozpuszczonych, najmniejszy w odniesieniu do zbiorników usytuowanych w zlewniach rolniczych, a największy w zlewniach użytkowanych przemysłowo.

Bardziej szczegółowa analiza możliwości samooczyszczania wód w przepływowych zbiornikach wodnych (tabele 17–23) wskazuje na występowanie pod tym względem wielu różnic. Podstawowym problemem stanu jakościowego wód zbiorników regionu górnośląskiego – przy stosunkowo wysokich klasach jakościowych wód autochtonicznych otoczenia – jest transpozycja do nich zanieczyszczenia z wyższych partii zlewni. Jakość wody w rejonie niektórych zbiorników antropogenicznych (Dzierżno Duże, Zbiornik Rybnicki, Pławniowice, Kozłowa Góra, Łąka) jest determinowana przede wszystkim obecnością zanieczyszczeń allochtonicznych. Są one dostarczane z wodami powierzchniowymi z terenów uprzemysłowionych i zurbanizowanych bądź intensywnie użytkowanych rolniczo, które w odniesieniu do składu hydrochemicznego wód autochtonicznych otoczenia jezior charakteryzują się dużo wyższą przewodnością właściwą i mineralizacją ogólną (nawet ponad 10-krotnie w przypadku Dzierżna Dużego), dużo większym stężeniem substancji biogennej i powodujących zasolenie, a także wyższą koncentracją metali i substancji świadczących o przemysłowym lub rolniczym zanieczyszczeniu. Użytkowanie zbiorników antropogenicznych jako osadników dla spływających doń zanieczyszczonych wód powierzchniowych – mimo znaczącej poprawy niektórych parametrów jakościowych wód potamicznych – nie rozwiązuje problemu zanieczyszczenia niżej położonych partii zlewni. Znaczna poprawa niektórych parametrów jakościowych wód przepływających przez zbiorniki kontrastuje z okresowym oddziaływaniem tychże jako źródeł wtórnego zanieczyszczenia wody.

Dysponując danymi o przepływie wody oraz stężeniu danej substancji w jej środowisku, można w prosty sposób obliczyć wielkość ładunku, który jest iloczynem tychże parametrów wyrażonym w jednostce masy. Całkowita ilość danej substancji (lub większej liczby substancji) zwykle określana jest mianem ładunku (9), natomiast gdy dotyczy ona statystycznej jednostki powierzchni, definiowana jest jako ładunek jednostkowy; z kolei ładunek przeliczany na jednostkę powierzchni zbiornika można określać mianem obciążenia zewnętrznego (10).

$$M_t = \sum_i^n \frac{S_i Q_i s d_i}{10^6}, \quad (9)$$

gdzie:

- M_t – ładunek substancji [Mg],
- S_i – średnie stężenie substancji [mg/dm³],
- Q_i – przepływ średni [m³/s],
- s – liczba sekund w ciągu doby,
- d_i – liczba dób,
- t – przyjęty okres obliczeniowy,
- i, n – kolejne substancje uwzględniane w obliczeniach ładunku,
- 10^6 – przelicznik pozwalający na wyrażenie masy w Mg.

$$Mq_t = \frac{M_t \times 10^2}{A_z}, \quad (10)$$

gdzie:

- Mq_t – ładunek jednostkowy (zewnętrzne obciążenie jednostki powierzchni zbiornika) [g/m²],
- M_t – ładunek substancji [Mg],
- A_z – powierzchnia zbiornika [ha],
- t – przyjęty okres obliczeniowy,
- 10^2 – przelicznik pozwalający na wyrażenie ładunku jednostkowego w g/m².

Wielkość ładunku, ładunek jednostkowy i obciążenie zewnętrzne – chociaż obliczane według różnych algorytmów – są dość powszechnie wykorzystywane w badaniach limnologicznych, także w kontekście analizy troficzności zbiorników wodnych i ich zamulania. Oceny te najczęściej sporządza się na podstawie ładunków poszczególnych substancji wprowadzanych i odprowadzanych z danego obiektu hydrologicznego (VOLLENWEIDER, 1968; GIERCUSZKIEWICZ-BAJTLIK, 1990; LOSSOW, GAWROŃSKA, 1997), co pozwala na określenie skuteczności kumulacyjnej zbiornika, możliwości samooczyszczania wody, jak również wyznaczenie wielkości akumulowanych w zbiorniku substancji (tabele 24–26). Stąd rozpatrywanie ładunków różnych substancji wprowadzanych do zbiornika i z niego odprowadzanych jest specyficznym uzupełnieniem charakterystyki ich stężeń, uszczegóławianym przez uwzględnienie ładunków substancji wprowadzanych przez wody opadowe, pomimo stwierdzonego ich marginalnego znaczenia bilansowego w przypadku zbiorników przepływowych (RZĘTAŁA, 2000a).

Z porównania średnich rocznych wielkości ładunków substancji dostarczonych do zbiorników wodnych i z nich odprowadzonych w wieloletnim hydrologicznym 1998–2007 (tabele 24–26) można stwierdzić wysoką skuteczność kumulacyjną tych akwenów. Dotyczy to zwłaszcza masy zawiesiny ogólnej zredukowanej w zbiorniku Dzierżno Duże (przykład akwenu obciążonego zanieczyszczeniami miejsko-przemysłowymi) w ponad 90%, a w zbiornikach zasilanych wodami z terenów rolniczych o ponad połowę. Wzbogacanie ładunku zawiesiny następowało w zbiorniku Kozłowa Góra o zlewni leśno-rolniczej oraz w zbiorniku Pogoria III.

Tabela 17. Wpływ zbiornika Kozłowa Góra na zmianę wybranych właściwości fizycznych i chemicznych wód Brynicy w latach 1993 i 2006
Table 17. Influence of Kozłowa Góra reservoir on the change in the selected physical and chemical properties of waters of the Brynica river in the years 1993 and 2006

Nazwa wskaźnika	Rok 1993						Rok 2006					
	dopływ do zbiornika			odpływ ze zbiornika			dopływ do zbiornika			odpływ ze zbiornika		
	zakres	średnia	dopływ = 100%	zakres	wartość parametru	średnia	zakres	wartość parametru	średnia	zakres	wartość parametru	średnia
	wartość parametru			wartość parametru			wartość parametru			wartość parametru		
Temperatura wody [°C]	0,0–21,0	9,7	126	4,0–20,0	12,2	126	1,2–19,5	10,1	104	0,6–22,2	11,3	93
Odczyn [pH]	7,3–8,0	7,6	95	6,8–7,6	7,2	95	7,0–7,5	7,3	96	7,2–8,0	7,6	106
Tlen rozpuszczony [mg O ₂ /dm ³]	8,3–12,5	10,40	65	4,1–10,5	6,78	65	6,6–11,5	9,06	87	6,6–10,8	8,78	129
BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	2,2–5,6	3,3	279	2,6–18,4	9,2	279	1,5–10,8	2,38	72	2,5–5,7	4,18	45
ChZT – Mn [mg O ₂ /dm ³]	4,3–13,8	6,4	181	7,6–17,4	11,6	181	4,5–12,9	6,8	106	7,5–13,9	11,1	96
Chlorki [mg Cl ⁻ /dm ³]	20,0–35,0	31,0	102	19,0–90,0	31,7	102	12,0–22,0	19,6	63	20,2–32,7	26,2	134
Siatczany [mg SO ₄ ²⁻ /dm ³]	65,0–121,0	90,8	96	41,0–137,0	87,1	96	42,0–73,0	64,5	71	47,6–86,2	64,7	100
Substancje rozpuszczone ogółem [mg/dm ³]	308,0–487,0	387,4	108	313,0–661,0	419,1	108	215,0–413,0	331,9	86	255,0–419,0	327,3	78
Zawiesina ogólna [mg/dm ³]	7,0–38,0	14,2	108	0,0–50,0	15,3	108	5,0–22,0	8,3	58	10,0–30,5	14,6	95
Azot amonowy [mg N/dm ³]	0,15–0,44	0,25	404	0,26–1,83	1,01	404	0,08–0,35	0,12	48	0,20–1,44	0,65	64
Azot azotynowy [mg N/dm ³]	0,007–0,042	0,018	394	0,006–0,176	0,071	394	0,009–0,070	0,026	144	0,033–0,143	0,061	86
Azot azotanowy [mg N/dm ³]	1,87–6,53	4,12	52	0,20–7,69	2,14	52	2,71–5,42	4,54	110	0,23–3,37	1,57	73
Fosforany [mg PO ₄ ³⁻ /dm ³]	0,03–0,61	0,11	1 109	0,16–17,22	1,22	1 109	0,01–0,18	0,14	127	0,05–0,84	0,27	22
Cynk [µg Zn/dm ³]	40,0–440,0	109,0	96	40,0–230,0	105,0	96	23,0–150,0	79,3	73	16,0–66,0	46,0	44
Kadm [µg Cd/dm ³]	0,0–10,0	3,0	133	0,0–10,0	4,0	133	0,2–1,1	0,5	17	0,2–0,5	0,3	8
Miedź [µg Cu/dm ³]	10,0–10,0	10,0	90	0,0–10,0	9,0	90	5,0–8,0	5,3	53	4,0–10,0	8,5	94
Ołów [µg Pb/dm ³]	3,0–30,0	12,0	92	3,0–20,0	11,0	92	0,6–1,1	0,7	6	2,0–10,0	4,2	38

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych OBKIS i PIOŚ w Katowicach.

Source: Made by the author on the base of data taken from OBKIS and PIOŚ in Katowice.

Tabela 18. Wpływ zbiornika Przeźyce na zmianę wybranych właściwości fizycznych i chemicznych wód Czarnej Przeźy w latach 1993 i 2006
Table 18. Influence of Przeźyce reservoir on the change in the selected physical and chemical properties of waters of the Czarna Przeźy in the years 1993 and 2006

Nazwa wskaźnika	Rok 1993						Rok 2006					
	dopływ do zbiornika			odpływ ze zbiornika			dopływ do zbiornika			odpływ ze zbiornika		
	zakres	średnia	dopływ = 100%	zakres	wartość parametru	średnia	zakres	wartość parametru	średnia	zakres	wartość parametru	średnia
	wartość parametru			wartość parametru			wartość parametru			wartość parametru		
Temperatura wody [°C]	1,0–20,0	9,4	122	2,0–20,0	11,5	122	3,7–21,6	12,7	135	1,3–18,1	17,1	135
Odczyn [pH]	7,2–7,8	7,6	101	7,3–7,9	7,7	101	7,2–7,9	7,5	99	7,8–8,1	8,0	107
Tlen rozpuszczony [mg O ₂ /dm ³]	6,1–11,6	9,03	102	6,2–12,0	9,25	102	7,5–12,0	9,47	105	9,5–12,5	11,1	117
BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	1,4–10,6	4,6	48	0,5–3,3	2,2	48	1,5–2,8	1,7	37	2,0–4,2	2,7	159
ChZT – Mn [mg O ₂ /dm ³]	1,4–14,1	6,3	84	3,7–7,8	5,3	84	2,9–12,2	5,1	81	4,0–9,2	6,1	120
Chlorki [mg Cl ⁻ /dm ³]	18,0–78,0	37,5	86	26,0–84,0	32,2	86	14,0–36,0	30,0	80	20,8–33,0	26,9	90
Siatczany [mg SO ₄ ²⁻ /dm ³]	55,0–128,0	85,9	92	27,0–100,0	79,1	92	41,0–85,0	67,1	78	56,2–78,8	62,9	94
Substancje rozpuszczone ogółem [mg/dm ³]	343,0–497,0	413,3	137	353,0–3 912,0	567,5	137	240,0–429,0	373,3	90	341,0–422,0	384,8	103
Zawiesina ogólna [mg/dm ³]	8,0–58,0	18,2	30	0,0–10,0	5,5	30	5,0–32,0	9,8	54	10,0–13,1	10,5	107
Azot amonowy [mg N/dm ³]	0,10–1,96	0,73	32	0,00–0,76	0,23	32	0,10–2,48	0,57	78	0,20–0,46	0,25	44
Azot azotynowy [mg N/dm ³]	0,005–0,072	0,031	135	0,020–0,188	0,042	135	0,020–0,082	0,045	145	0,020–0,124	0,043	96
Azot azotanowy [mg N/dm ³]	1,62–5,74	2,79	133	0,78–9,99	3,72	133	2,26–4,07	3,00	108	2,33–4,79	3,50	117
Fosforany [mg PO ₄ ³⁻ /dm ³]	0,03–1,36	0,32	50	0,01–0,53	0,16	50	0,12–1,20	0,36	113	0,05–0,26	0,12	33
Cynk [µg Zn/dm ³]	40,0–640,0	166,0	73	10,0–990,0	121,0	73	22,0–63,0	37,7	23	16,0–27,0	19,3	51
Kadm [µg Cd/dm ³]	0,0–70,0	8,0	63	0,0–10,0	5,0	63	0,2–0,9	0,4	5	0,2–1,0	0,5	125
Miedź [µg Cu/dm ³]	10,0–10,0	10,0	100	10,0–10,0	10,0	100	5,0–5,0	5,0	50	4,0–10,0	8,5	170
Ołów [µg Pb/dm ³]	5,0–70,0	23,0	283	2,0–810,0	65,0	283	0,6–4,2	1,6	7	2,0–10,0	4,7	294

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych OBKIS i PIOŚ w Katowicach.

Source: Made by the author on the base of data taken from OBKIS and PIOŚ in Katowice.

Tabela 19. Wpływy zbiornika Łąka na zmianę wybranych właściwości fizycznych i chemicznych wód Pszczynki w latach 2001 i 2006
Table 19. Influence of Łąka reservoir on the change in the selected physical and chemical properties of waters of the Pszczynka in the years 2001 and 2006

Nazwa wskaźnika	Rok 2001						Rok 2006					
	dopływ do zbiornika		odpływ ze zbiornika		średnia		dopływ do zbiornika		odpływ ze zbiornika		średnia	
	zakres	wartość parametru	zakres	wartość parametru	zakres	wartość parametru	zakres	wartość parametru	zakres	wartość parametru	zakres	wartość parametru
Temperatura wody [°C]	0,8–21,0	9,6	2,0–17,0	9,4	98	0,2–23,0	11,2	117	1,3–21,9	12,52	112	106
Odczyn [pH]	7,1–7,7	7,4	7,0–7,5	7,2	97	7,2–7,6	7,4	100	7,1–7,9	7,5	101	89
Tlen rozpuszczony [mg O ₂ /dm ³]	4,5–12,6	8,9	3,7–9,9	6,7	75	2,8–9,2	5,8	65	3,7–12,1	8,4	145	80
BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	2,1–11,0	5,6	2,8–8,4	4,8	86	3,0–6,8	4,8	86	3,4–8,2	5,5	115	183
ChZT – Mn [mg O ₂ /dm ³]	7,2–21,7	11,5	6,5–19,7	10,0	87	–	–	–	–	–	–	–
Chlorki [mg Cl ⁻ /dm ³]	36,0–70,0	57,6	34,0–130,0	80,3	139	–	–	–	–	–	–	–
Siatczany [mg SO ₄ ²⁻ /dm ³]	28,0–71,0	55,8	45,0–100,0	73,5	132	–	–	–	–	–	–	–
Substancje rozpuszczone ogółem [mg/dm ³]	278,0–377,0	344,2	276,0–501,0	407,3	118	–	–	–	–	–	–	–
Zawiesina ogólna [mg/dm ³]	10,0–33,0	16,2	10,0–18,0	11,3	70	5,0–38,0	12,2	75	6,0–29,0	10,8	89	108
Azot amonowy [mg N/dm ³]	0,20–0,72	0,40	0,24–1,73	0,54	135	0,90–2,88	1,83	458	0,20–2,18	0,70	38	219
Azot azotynowy [mg N/dm ³]	0,036–0,093	0,063	0,030–0,189	0,092	146	0,025–0,346	0,147	233	0,013–0,078	0,041	28	76
Azot azotanowy [mg N/dm ³]	0,83–6,21	3,1	1,63–5,99	3,75	121	0,55–3,89	2,35	76	0,10–5,88	1,95	83	131
Fosforany [mg PO ₄ ³⁻ /dm ³]	0,08–0,35	0,18	0,25–0,61	0,40	222	–	–	–	–	–	–	–
Cynk [µg Zn/dm ³]	19,0–184,0	63,0	28,0–140,0	78,4	124	–	–	–	–	–	–	–
Kadm [µg Cd/dm ³]	4,0–4,0	4,0	4,0–4,0	4,0	100	–	–	–	–	–	–	–
Miedź [µg Cu/dm ³]	6,0–10,0	7,0	6,0–23,0	10,3	147	–	–	–	–	–	–	–
Ołów [µg Pb/dm ³]	36,0–42,0	37,5	36,0–42,0	37,5	100	–	–	–	–	–	–	–

– brak danych (lack of data).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych OBKİŚ i PİOŚ w Katowicach.

Source: Made by the author on the base of data taken from OBKİŚ and PİOŚ in Katowice.

Tabela 20. Wpływ Zbiornika Rybnickiego na zmianę wybranych właściwości fizycznych i chemicznych wód Rudy w latach 1993 i 2006
Table 20. Influence of Rybnik reservoir on the change in the selected physical and chemical properties of waters of the Ruda in the years 1993 and 2006

Nazwa wskaźnika	Rok 1993						Rok 2006					
	dopływ do zbiornika			odpływ ze zbiornika			dopływ do zbiornika			odpływ ze zbiornika		
	zakres	średnia	dopływ = 100%	zakres	średnia	dopływ = 100%	zakres	średnia	dopływ = 100%	zakres	średnia	dopływ = 100%
	wartość parametru	wartość parametru	wartość parametru	wartość parametru	wartość parametru	wartość parametru	wartość parametru	wartość parametru	wartość parametru	wartość parametru	wartość parametru	wartość parametru
Temperatura wody [°C]	1,0–22,0	11,1	124	4,0–26,0	13,8	124	1,0–21,5	10,9	98	4,5–31,0	17,1	124
Odczyn [pH]	7,1–7,8	7,3	108	7,3–9,2	7,9	108	7,2–7,7	7,4	101	7,8–10,0	8,55	108
Tlen rozpuszczony [mg O ₂ /dm ³]	2,6–10,1	6,84	126	3,2–16,0	8,60	126	5,9–11,9	8,73	128	7,9–12,2	9,8	114
BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	3,7–17,2	6,7	101	3,6–13,1	6,8	101	2,4–30,0	7,6	113	2,0–13,0	4,3	63
ChZT – Mn [mg O ₂ /dm ³]	6,0–23,8	11,5	99	5,0–22,0	11,4	99	7,8–14,8	10,2	89	7,1–22,0	11,4	100
Chlorki [mg Cl ⁻ /dm ³]	60,0–193,0	95,6	488	137,0–2 410,0	466,5	488	45,9–100,0	77,1	81	134,0–185,0	152,5	33
Siarczany [mg SO ₄ ²⁻ /dm ³]	42,0–94,0	69,2	146	61,0–154,0	101,2	146	53,9–81,7	69,9	101	95,7–159,5	108,9	108
Substancje rozpuszczone ogółem [mg/dm ³]	250,0–487,0	542,0	206	522,0–4 770,0	1 116,0	206	264,0–449,0	381,5	70	508,0–688,0	575,1	52
Zawiesina ogólna [mg/dm ³]	3,0–56,0	12,8	88	3,0–23,0	11,2	88	10,0–19,2	13,4	105	10,0–40,3	14,5	129
Azot amonowy [mg N/dm ³]	1,29–9,56	6,51	35	0,67–6,55	2,26	35	0,20–3,05	0,95	15	0,20–1,65	0,54	24
Azot azotynowy [mg N/dm ³]	0,020–0,200	0,079	91	0,020–0,280	0,072	91	0,043–0,197	0,115	146	0,020–0,090	0,058	81
Azot azotanowy [mg N/dm ³]	0,49–2,22	1,08	81	0,17–2,42	0,88	81	1,68–4,31	3,09	286	0,24–3,14	1,40	159
Fosforany [mg PO ₄ ³⁻ /dm ³]	0,24–4,13	1,26	97	0,10–3,02	1,22	97	0,18–0,93	0,14	11	0,05–0,98	0,38	31
Cynk [µg Zn/dm ³]	64,0–99,0	83,0	105	72,0–100,0	87,0	105	21,0–39,0	28,2	34	10,0–18,0	15,3	18
Kadm [µg Cd/dm ³]	6,0–9,0	8,0	75	4,0–11,0	6,0	75	0,2–0,5	0,3	4	0,2–0,5	0,3	5
Miedź [µg Cu/dm ³]	17,0–37,0	25,0	96	12,0–31,0	24,0	96	4,0–10,0	8,5	34	13,0–19,0	16,0	67
Ołów [µg Pb/dm ³]	31,0–58,0	45,0	131	53,0–69,0	59,0	131	2,0–10,0	4,2	9	2,0–10,0	4,0	7

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych OBKis i PİOŚ w Katowicach.

Source: Made by the author on the base of data taken from OBKis and PİOŚ in Katowice.

Tabela 21. Wpływ zbiornika Dzierżno Duże na zmianę wybranych właściwości fizycznych i chemicznych wód Kłodnicy w latach 1993 i 2006
Table 21. Influence of Dzierżno Duże reservoir on the change in the selected physical and chemical properties of waters of the Kłodnica in the years 1993 and 2006

Nazwa wskaźnika	Rok 1993						Rok 2006					
	dopływ do zbiornika			odpływ ze zbiornika			dopływ do zbiornika			odpływ ze zbiornika		
	zakres	średnia	dopływ = 100%	zakres	wartość parametru	średnia	zakres	wartość parametru	średnia	zakres	wartość parametru	średnia
	wartość parametru			wartość parametru			wartość parametru			wartość parametru		
Temperatura wody [°C]	2,0–19,0	11,8	93	1,0–24,0	11,0	93	1,9–23,1	13,5	114	-0,3–27,4	12,2	90
Odczyn [pH]	7,0–8,3	7,3	105	7,0–8,1	7,7	105	7,4–7,7	7,6	104	7,7–8,3	8,0	105
Tlen rozpuszczony [mg O ₂ /dm ³]	0,1–9,0	2,8	261	3,2–10,2	7,3	261	4,0–9,6	7,0	250	7,8–9,7	8,9	127
BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	6,3–66,0	25,5	22	2,4–12,7	5,5	22	5,4–22,0	11,0	43	2,0–5,3	3,3	30
ChZT – Mn [mg O ₂ /dm ³]	9,7–303,3	49,9	15	2,4–23,8	7,4	15	14,1–142,3	49,3	99	5,5–10,1	8,00	16
Chlorki [mg Cl ⁻ /dm ³]	880–1 529	1 157	90	407–1 573	1 046	90	685–2 760	1 796	155	567–1 870	1 444	80
Siatczany [mg SO ₄ ²⁻ /dm ³]	96,0–905,0	411	84	95,0–397,0	345	84	282–767	555	135	319,2–578,8	491,4	89
Substancje rozpuszczone ogółem [mg/dm ³]	2 284–3 589	2 793	91	1 180–3 499	2 551	91	1 862–6 935	4 424	158	1 648–4 475	3 580	81
Zawiesina ogólna [mg/dm ³]	11,0–1 071,0	197,3	3	2,0–12,0	6,3	3	42,7–721,6	185,3	94	10,0–10,0	10,0	5
Azot amonowy [mg N/dm ³]	3,29–13,98	10,64	162	10,63–25,55	17,25	162	3,70–10,87	6,19	58	2,28–5,19	3,56	58
Azot azotynowy [mg N/dm ³]	0,076–0,576	0,220	61	0,040–0,310	0,135	61	0,206–0,683	0,370	168	0,070–0,716	0,371	100
Azot azotanowy [mg N/dm ³]	0,10–10,16	1,75	35	0,16–2,04	0,61	35	1,01–6,50	2,93	167	2,53–6,91	4,11	140
Fosforany [mg PO ₄ ³⁻ /dm ³]	2,82–11,31	5,94	72	0,32–7,19	4,25	72	1,42–6,39	2,88	48	0,50–2,75	1,28	44
Cynk [µg Zn/dm ³]	80,0–340,0	194,0	24	38,0–62,0	47,0	24	32,0–72,0	48,5	25	16,0–42,0	29,0	60
Kadm [µg Cd/dm ³]	0,0–10,0	5,0	180	3,0–18,0	9,0	180	0,2–0,7	0,4	8	0,20–0,50	0,28	70
Miedź [µg Cu/dm ³]	10,0–40,0	19,0	58	10,0–18,0	11,0	58	4,0–49,0	18,3	96	4,0–10,0	7,0	38
Ołów [µg Pb/dm ³]	10,0–50,0	29,0	238	39,0–131,0	69,0	238	2,0–10,0	4,5	16	2,0–20,0	8,5	189

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych OBKIS i PIOŚ w Katowicach.
 Source: Made by the author on the base of data taken from OBKIS and PIOŚ in Katowice.

Tabela 22. Wpływ zbiornika Dzierżno Małe na zmianę wybranych właściwości fizycznych i chemicznych wód Dramy w latach 2001 i 2006
Table 22. Influence of Dzierżno Małe reservoir on the change in the selected physical and chemical properties of waters of the Drama in the years 2001 and 2006

Nazwa wskaźnika	Rok 2001						Rok 2006							
	dopływ do zbiornika		odpływ ze zbiornika		średnia		dopływ do zbiornika		odpływ ze zbiornika		średnia			
	zakres	wartość parametru	zakres	wartość parametru	dopływ = 100%		zakres	wartość parametru	zakres	wartość parametru	dopływ = 100%			
Temperatura wody [°C]	3,8–22,0	10,8	2,2–23,0	12,3	114		1,2–17,6	9,2	85		–0,2–28,4	12,52	136	102
Odczyn [pH]	7,6–8,5	8,0	7,9–9,1	8,5	106		7,2–7,8	7,6	95		7,5–9,1	8,1	107	95
Tlen rozpuszczony [mg O ₂ /dm ³]	8,2–14,9	10,40	6,1–16,8	11,00	106		9,0–12,1	10,88	105		4,2–15,8	9,5	87	86
BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	2,0–9,9	3,8	2,1–34,2	6,2	163		1,5–6,2	2,6	68		2,4–9,0	4,9	188	79
ChZT – Mn [mg O ₂ /dm ³]	5,6–12,9	7,5	5,1–20,2	8,5	113		–	–	–		5,5–10,7	7,3	–	86
Chlorki [mg Cl ⁻ /dm ³]	21,0–183,0	55,6	27,0–47,0	41,9	75		–	–	–		28,6–60,1	50,0	–	119
Siatczany [mg SO ₄ ²⁻ /dm ³]	59,0–153,0	113,6	78,0–112,0	98,3	87		–	–	–		46,7–113,6	88,1	–	90
Substancje rozpuszczone ogółem [mg/dm ³]	382,0–796,0	576,1	309,0–519,0	471,5	82		–	–	–		335,0–536,0	451,7	–	96
Zawiesina ogólna [mg/dm ³]	10,0–41,0	15,3	10,0–15,0	10,4	68		5,0–140,0	19,6	128		10,0–10,0	10,0	51	96
Azot amonowy [mg N/dm ³]	0,20–2,00	0,73	0,20–1,27	0,52	71		0,31–19,00	3,66	501		0,20–2,00	1,08	30	208
Azot azotynowy [mg N/dm ³]	0,044–0,177	0,075	0,076–0,224	0,132	176		0,004–0,122	0,071	95		0,061–0,304	0,150	211	114
Azot azotanowy [mg N/dm ³]	5,72–8,56	7,19	3,62–6,83	5,12	71		5,65–11,75	7,18	100		2,53–13,67	5,42	75	106
Fosforany [mg PO ₄ ³⁻ /dm ³]	0,31–1,03	0,62	0,05–0,81	0,31	50		0,27–2,60	0,80	129		0,05–1,06	0,46	58	148
Cynk [µg Zn/dm ³]	47,0–87,0	59,7	14,0–94,0	42,7	72		–	–	–		16,0–31,0	22,0	–	52
Kadm [µg Cd/dm ³]	4,0–4,0	4,0	4,0–4,0	4,0	100		–	–	–		0,2–0,5	0,3	–	8
Miedź [µg Cu/dm ³]	6,0–10,0	7,0	6,0–10,0	7,0	100		–	–	–		4,0–10,0	8,5	–	121
Ołów [µg Pb/dm ³]	36,0–42,0	37,5	36,0–42,0	37,5	100		–	–	–		2,0–10,0	4,2	–	11

– brak danych (lack of data).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych OBKIS i PIOŚ w Katowicach.

Source: Made by the author on the base of data taken from OBKIS and PIOŚ in Katowice.

Tabela 23. Wpływ zbiornika Pławniowice na zmianę wybranych właściwości fizycznych i chemicznych wód Potoku Toszeckiego w latach 2001 i 2006
Table 23. Influence of Pławniowice reservoir on the change in the selected physical and chemical properties of waters of the Potok Toszecki in the years 2001 and 2006

Nazwa wskaźnika	Rok 2001						Rok 2006					
	dopływ do zbiornika		odpływ ze zbiornika		średnia		dopływ do zbiornika		odpływ ze zbiornika		średnia	
	zakres	wartość parametru	zakres	wartość parametru	dopływ = 100%		zakres	wartość parametru	zakres	wartość parametru	dopływ = 100%	
Temperatura wody [°C]	2,7–21,0	9,8	3,7–24,0	11,8	120		1,7–20,4	9,2	94	1,4–20,6	12,52	106
Odczyn [pH]	7,5–8,4	7,8	7,6–9,5	8,4	108		7,5–7,9	7,7	99	7,4–8,5	7,7	92
Tlen rozpuszczony [mg O ₂ /dm ³]	5,6–11,7	9,25	8,3–12,0	10,50	114		7,4–11,3	9,29	100	2,4–10,9	7,2	69
BZT ₅ [mg O ₂ /dm ³]	2,0–8,0	3,3	2,0–4,6	3,0	91		2,2–7,0	4,0	121	2,0–6,7	2,9	97
ChZT – Mn [mg O ₂ /dm ³]	5,4–26,8	10,1	5,3–9,3	7,2	71		–	–	–	5,4–9,3	6,7	93
Chlorki [mg Cl ⁻ /dm ³]	20,0–41,0	30,3	51,0–73,0	57,0	188		–	–	–	76,0–99,7	85,5	150
Siarczany [mg SO ₄ ²⁻ /dm ³]	40,0–80,0	61,0	54,0–70,0	62,9	103		–	–	–	56,7–75,3	65,0	103
Substancje rozpuszczone ogółem [mg/dm ³]	341,0–464,0	407,5	305,0–396,0	365,2	90		–	–	–	348,0–478,0	427,7	117
Zawiesina ogólna [mg/dm ³]	10,0–39,0	15,0	10,0–10,0	10,0	67		10,0–122,8	30,5	203	10,0–10,0	10,0	33
Azot amonowy [mg N/dm ³]	0,20–1,24	0,42	0,20–0,99	0,32	76		0,20–2,63	0,94	224	0,20–2,44	0,76	81
Azot azotynowy [mg N/dm ³]	0,033–0,157	0,672	0,020–0,143	0,054	8		0,024–0,178	0,068	10	0,020–0,165	0,063	93
Azot azotanowy [mg N/dm ³]	2,76–6,73	5,17	0,44–2,52	1,49	29		1,55–7,25	3,10	60	0,20–2,31	1,02	33
Fosforany [mg PO ₄ ³⁻ /dm ³]	0,22–0,83	0,39	0,05–0,79	0,38	97		0,12–2,45	0,75	192	0,05–2,13	0,71	95
Cynk [µg Zn/dm ³]	30,0–51,0	41,0	12,0–144,0	42,3	103		–	–	–	14,0–26,0	18,0	43
Kadm [µg Cd/dm ³]	4,0–4,0	4,0	4,0–4,0	4,0	100		–	–	–	0,2–0,5	0,3	8
Miedź [µg Cu/dm ³]	6,0–10,0	7,0	6,0–10,0	7,0	100		–	–	–	4,0–10,0	8,5	121
Ołów [µg Pb/dm ³]	36,0–42,0	37,5	36,0–42,0	37,5	100		–	–	–	2,0–10,0	4,5	12

– brak danych (lack of data).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych OBKIS i PIOŚ w Katowicach.

Source: Made by the author on the base of data taken from OBKIS and PIOŚ in Katowice.

Tabela 24. Średnie roczne ładunki substancji rozpuszczonych i zawiesiny dostarczone przez wody powierzchniowe i opady atmosferyczne (dopływ) oraz odprowadzone przez wody odpływu powierzchniowego (odpływ) w latach hydrologicznych 1998–2007 w odniesieniu do wybranych zbiorników wodnych

Table 24. Average annual loads of dissolved substances and suspension delivered by surface waters and atmospheric precipitations (inflow) and discharged by waters of surface runoff (outflow) in the hydrological years 1998–2007 in relation to the selected water reservoirs

Zbiornik	Substancje rozpuszczone ogółem				Zawiesina ogólna			
	dopływ [Mg]	obciążenie zewnętrzne [kg/m ²]	odpływ		dopływ [Mg]	obciążenie zewnętrzne [g/m ²]	odpływ	
			[Mg]	dopływ = 100%			[Mg]	dopływ = 100%
Pogoria III	2 599	1,3	3 209	123	50	25	55	109
Kozłowa Góra	10 798	2,2	8 830	82	369	77	530	144
Przeczyce	21 271	4,4	20 498	96	905	188	547	60
Pławniowice	13 634	5,7	12 174	89	636	265	315	50
Dzierżno Małe	35 787	23,9	29 816	83	1 055	704	639	61
Dzierżno Duże	786 319	143,0	629 916	80	47 003	8 546	1 797	4

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.

Source: Study on the base of results of author's own research.

Tabela 25. Średnie roczne ładunki azotu amonowego i azotynowego dostarczone przez wody powierzchniowe i opady atmosferyczne (dopływ) oraz odprowadzone przez wody odpływu powierzchniowego (odpływ) w latach hydrologicznych 1998–2007 w odniesieniu do wybranych zbiorników wodnych

Table 25. Average annual loads of ammonium nitrogen and nitrite nitrogen delivered by surface waters and atmospheric precipitations (inflow) and discharged by waters of surface runoff (outflow) in the hydrological years 1998–2007 in relation to the selected water reservoirs

Zbiornik	Azot amonowy				Azot azotynowy			
	dopływ [Mg]	obciążenie zewnętrzne [g/m ²]	odpływ		dopływ [Mg]	obciążenie zewnętrzne [g/m ²]	odpływ	
			[Mg]	dopływ = 100%			[Mg]	dopływ = 100%
Pogoria III	0,3	0,1	0,1	31	0,1	0,0	0,0	63
Kozłowa Góra	6,4	1,3	21,2	330	0,8	0,2	2,0	264
Przeczyce	31,8	6,6	14,7	46	2,4	0,5	2,5	102
Pławniowice	18,7	7,8	14,7	79	8,5	3,5	1,8	21
Dzierżno Małe	107,6	71,7	41,3	38	4,7	3,1	8,7	186
Dzierżno Duże	1 590,0	289,1	1 875,6	118	57,7	10,5	55,5	96

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.

Source: Study on the base of results of author's own research.

Tabela 26. Średnie roczne ładunki azotu azotanowego i fosforu fosforanowego dostarczone przez wody powierzchniowe i opady atmosferyczne (dopływ) oraz odprowadzone przez wody odpływu powierzchniowego (odpływ) w latach hydrologicznych 1998–2007 w odniesieniu do wybranych zbiorników wodnych

Table 26. Average annual loads of nitrate nitrogen and phosphate phosphorus delivered by surface waters and atmospheric precipitations (inflow) and discharged by waters of surface runoff (outflow) in the hydrological years of 1998–2007 in relation to the selected water reservoirs

Zbiornik	Azot azotanowy				Fosfor fosforanowy			
	dopływ [Mg]	obciążenie zewnętrzne [g/m ²]	odpływ		dopływ [Mg]	obciążenie zewnętrzne [g/m ²]	odpływ	
			[Mg]	dopływ = 100%			[Mg]	dopływ = 100%
Pogoria III	1,3	0,6	0,8	63	0,1	0,0	0,1	125
Kozłowa Góra	146,4	30,5	56,8	39	1,2	0,3	2,2	182
Przeczyce	171,2	35,7	217,6	127	6,0	1,2	2,5	41
Pławniowice	141,3	58,9	42,0	30	5,2	2,2	5,0	96
Dzierżno Małe	453,3	302,2	327,0	72	13,9	9,3	7,4	53
Dzierżno Duże	484,4	88,1	472,8	98	293,5	53,4	180,6	62

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.

Source: Study on the base of results of author's own research.

Ogólna masa wprowadzanych substancji rozpuszczonych była na ogół zmniejszana w zbiornikach do poziomu od 80% do ponad 90%, a wzbogacanie następowało w zbiorniku Pogoria III, co prawdopodobnie można przypisać podziemnemu zasilaniu wodami o większej mineralizacji. O wiele więcej rozbieżności i brak wyraźnych prawidłowości dotyczy zróżnicowania ilościowego ładunków związków azotu i fosforu fosforanowego. W bilansie występowały zarówno zmniejszenia ładunków w zbiorniku, świadczące o jego kumulacyjnej roli w stosunku do przepływającej wraz z wodami materii, jak również relacje odwrotne wskazujące na wzbogacanie wody w substancje pożywkowe, utożsamiane z wtórnym zanieczyszczeniem. Pomijając kilka przypadków wzbogacania ładunków, można było jednak zaobserwować tendencję do ich obniżania w misach zbiornikowych.

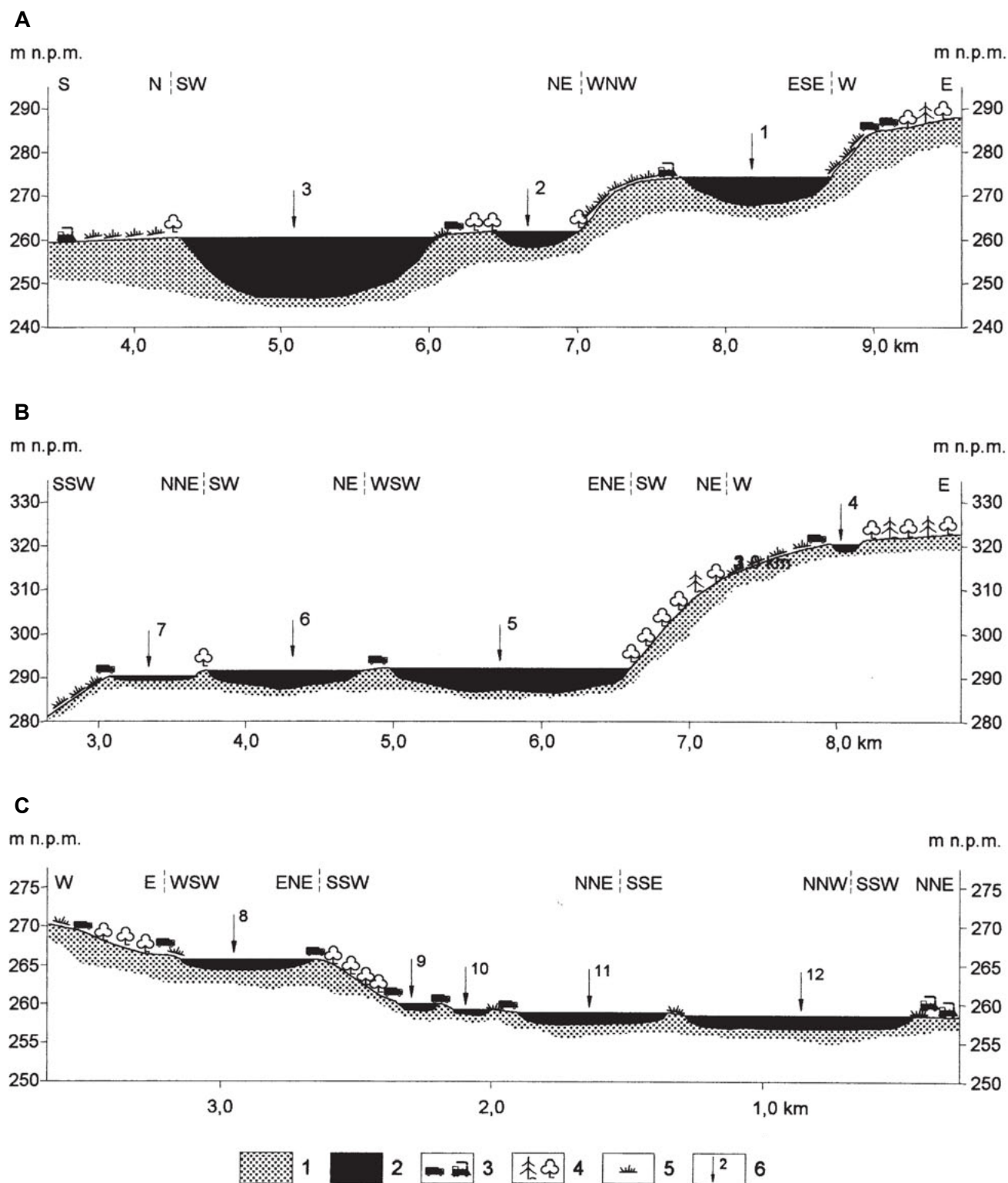
6.2.2. Oczyszczanie wód powierzchniowych w kaskadach zbiorników wodnych

W roku hydrologicznym 2007 badano układy zbiorników tworzących kaskady w trzech zlewniach eksperymentalnych o różnym stopniu jakościowego obciążenia antropopresją, tj. cieku Pogoria, potoku Jaworzniak i Potoku Leśnego (rys. 37). Każdy z wymienionych cieków charakteryzuje występowanie wzdłuż biegu kilku zbiorników antropogenicznych. W zlewni Pogorii badaniami objęto zbiorniki wodne Pogoria I, Pogoria II i Pogoria III wraz z dopływami i odpływami. Wzdłuż potoku Jaworzniak rozpoznaniem fizykochemicznym objęto odcinek cieku od dopływu do tzw. zbiornika górnego do odpływu z ostatniego zbiornika kaskady. W zlewni Potoku Leśnego przeprowadzono badania dopływów i odpływów wszystkich jezior antropogenicznych tworzących kaskadę, tj. Zbiornika Milicyjnego, zbiornika bez nazwy, mis Kąpieliska i Kajakowego oraz zbiornika Łąka (rys. 37).

We wszystkich trzech układach zbiorników odbywał się proces oczyszczania wody w wyniku przepływu przez kolejne akweny (tabele 27–29). Najwyraźniejsza poprawa stanu jakościowego wody z reguły następowała w pierwszym zbiorniku w kaskadzie, niezależnie od rodzaju zanieczyszczeń doń dopływających. W kolejnych obiektach skuteczność oczyszczania była nieco mniejsza, aczkolwiek wskazywała na kontynuację tego procesu. Wyraźne zaburzenie tej prawidłowości obserwowano w zbiorniku Łąka podczas dostawy zanieczyszczeń z wodami opadowymi pochodzącymi z odwodnienia dróg i w zbiorniku Rogoźnik II wraz ze zrzutem ścieków komunalnych. W większości przypadków w poszczególnych akwenach będących w kaskadzie występują warunki charakterystyczne dla słabego środowiska utleniającego, w którym przebiegają korzystne dla samooczyszczania wód procesy biodegradacji substancji organicznej przy ograniczonych możliwościach wystąpienia środowiska redukcyjnego.

W kaskadzie poszczególne zbiorniki mają zróżnicowany skład chemiczny osadów dennych. Dobrze to ilustruje porównanie osadów dennych zbiorników Pogoria I, II i III w kaskadzie potoku Pogoria (tabela 30). Spośród wielu wskaźników na szczególną uwagę zasługują występujące często wielokrotnie wyższe zawartości metali ciężkich w osadach dennych pierwszego w kaskadzie zbiornika Pogoria I w stosunku do niżej położonych zbiorników. Pogoria I jest więc akwenem spełniającym funkcje swoistej „oczyszczalni” przepływającego cieku Pogoria.

W procesie oczyszczania wód płynących w zbiornikach znajdujących się w układzie kaskadowym cieków Pogoria, Jaworzniak czy Potok Leśny należy upatrywać dużych możliwości aplikacyjnych, zwłaszcza w sytuacjach braku alternatywnych rozwiązań dla oczyszczania ścieków w zlewni czy braku możliwości budowy osadników wstępnych przejmujących funkcje basenów sedymentacyjnych przechwytyjących rumowisko (zwłaszcza toczyny i wleczyny).



Rys. 37. Profile podłużne cieków: Pogoria (A), Jaworznik (B) i Potok Leśny (C), z elementami przekrojów krajobrazowych na odcinku kaskadowego występowania zbiorników antropogenicznych:

1 – utwory czwartorzędowe, 2 – zbiorniki antropogeniczne, 3 – tereny komunikacyjne, 4 – grunty leśne, 5 – łąki i pastwiska, 6 – obiekty hydrograficzne – zbiorniki wodne (1 – Pogoria I, 2 – Pogoria II, 3 – Pogoria III, 4 – zbiornik górny (Rogoźnik), 5 – Rogoźnik I, 6 – Rogoźnik II, 7 – zbiornik dolny (Rogoźnik), 8 – Zbiornik Milicyjny, 9 – zbiornik bez nazwy, 10 – Kąpielisko, 11 – Kajakowy, 12 – Łąka)

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 37. Longitudinal profiles of the streams: Pogoria (A), Jaworznik (B) and Potok Leśny (C) with elements of landscape sections at the section of cascade occurrence of anthropogenic water reservoirs:

1 – Quaternary deposits, 2 – anthropogenic reservoirs, 3 – transport terrains, 4 – forest grounds, 5 – meadows and pastures, 6 – hydrographic objects – water reservoirs (1 – Pogoria I, 2 – Pogoria II, 3 – Pogoria III, 4 – upper reservoir (Rogoźnik), 5 – Rogoźnik I, 6 – Rogoźnik II, 7 – lower reservoir (Rogoźnik), 8 – Milicyjny water reservoir, 9 – water reservoir without the name, 10 – Kąpielisko, 11 – Kajakowy, 12 – Łąka)

Source: Made by the author

Tabela 27. Zmiany właściwości fizykochemicznych wody zbiorników antropogenicznych w kaskadzie cieków Pogoria w roku hydrologicznym 2007
Table 27. Changes in physico-chemical properties of water in anthropogenic reservoirs of the cascade of the Pogoria stream in the hydrological year 2007

Miejsce poboru próbek wody	Odczyn [pH]	C [µS/cm]	O ₂		ORP [mV]	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SR
			[mg/dm ³]	[%]										
Pogoria powyżej kaskady	7,78	1 244,3	9,6	84,0	246	146,0	33,0	39,8	13,6	221,3	144,6	26,6	0,214	801,6
Zbiornik Pogoria I	7,92	643,8	30,9	103,1	286	80,0	27,0	24,5	4,8	63,8	98,4	4,4	0,009	409,4
Zbiornik Pogoria II	7,73	605,7	9,7	85,1	231	78,5	33,0	21,7	4,3	49,3	90,6	4,7	0,012	418,8
Zbiornik Pogoria III	8,09	637,1	11,0	98,0	258	82,5	30,3	22,3	5,1	49,0	108,8	1,1	0,007	407,2
Pogoria poniżej kaskady	8,33	630,0	11,0	99,2	258	82,0	28,0	22,3	5,1	45,4	108,8	1,2	0,007	402,2

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.
 Source: Study on the base of results of author's own research.

Tabela 28. Zmiany właściwości fizykochemicznych wody zbiorników antropogenicznych w kaskadzie potoku Jaworzniak w roku hydrologicznym 2007
Table 28. Changes in physico-chemical properties of water in anthropogenic reservoirs of the cascade of the Jaworzniak stream in the hydrological year 2007

Miejsce poboru próbek wody	Odczyn [pH]	C [µS/cm]	O ₂		ORP [mV]	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SR
			[mg/dm ³]	[%]										
Jaworzniak powyżej kaskady	8,13	733,6	13,5	149,3	245,5	48,0	55,2	21,0	4,0	34,0	88,8	41,0	0,043	484,3
Zbiornik górny (Rogoźnik)	8,00	690,4	12,4	113,0	243,0	74,5	38,4	10,9	2,3	22,0	64,3	35,3	0,016	433,8
Zbiornik Rogoźnik I	8,15	622,4	12,0	109,9	244,0	78,0	39,9	8,9	2,0	26,8	77,3	12,5	0,011	400,1
Zbiornik Rogoźnik II	8,09	580,2	9,9	100,0	243,8	90,5	27,6	9,5	2,2	30,1	76,5	6,8	0,015	394,6
Zbiornik dolny (Rogoźnik)	8,10	580,0	9,0	88,0	243,0	90,0	24,8	9,6	2,2	30,1	72,8	9,0	0,018	378,8
Jaworzniak poniżej kaskady	8,05	581,7	9,0	88,2	243,0	90,0	24,0	9,6	2,2	28,8	72,8	9,0	0,017	378,2

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.
 Source: Study on the base of results of author's own research.

Tabela 29. Zmiany właściwości fizykochemicznych wody zbiorników antropogenicznych w kaskadzie Potoku Leśnego w roku hydrologicznym 2007
Table 29. Changes in physico-chemical properties of water in anthropogenic reservoirs of the cascade of the Potok Leśny in the hydrological year 2007

Miejsce poboru próbek wody	Odczyn [pH]	C [µS/cm]	O ₂		ORP [mV]	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SR
			[mg/dm ³]	[%]										
Potok Leśny powyżej kaskady	7,6	700,9	12,8	107,8	314,5	98,0	25,2	34,4	7,1	81,0	144,1	6,8	0,016	462,1
Zbiornik Milicyjny	8,0	690,9	11,3	97,8	309,0	94,4	22,2	34,4	6,0	77,0	124,1	5,3	0,021	449,1
Zbiornik bez nazwy	8,1	650,4	13,6	117,4	311,0	82,4	23,8	29,7	5,6	61,0	110,3	1,7	0,022	422,8
Zbiornik Kąpielisko	8,2	656,3	12,7	110,0	309,5	72,6	22,9	30,2	5,6	65,0	113,0	1,7	0,023	426,6
Zbiornik Kajakowy	8,2	719,7	11,2	96,4	307,0	79,3	21,4	35,9	6,1	73,0	112,3	2,4	0,028	467,8
Zbiornik Łąka	8,3	742,3	12,3	106,5	304,0	51,1	16,9	34,1	5,3	70,5	103,6	1,3	0,016	482,5
Potok Leśny poniżej kaskady	8,4	741,2	12,5	107,5	310,0	75,6	22,6	35,8	8,4	74,3	97,9	2,2	0,865	481,8

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.
 Source: Study on the base of results of author's own research.

Tabela 30. Zawartość wybranych substancji w osadach dennych kaskady zbiorników wodnych w zlewni Pogorii

Table 30. Content of the selected substances in bottom deposits in the cascade of reservoirs in the Pogoria catchment

Pierwiastek	Zakres zwykłego występowania w skałach osadowych (wg KABATA-PENDIAS, PENDIAS, 1993)	Nazwa zbiornika wodnego		
		Pogoria I	Pogoria II	Pogoria III
[ppm]				
Antymon Sb	0,03–2,00	1,2–5,6	1,2–3,3	0,9–1,6
Arsen As	1,0–13,0	9,0–30,0	8,0–16,0	11,0–13,0
Cer Ce	7–90	84,0–129,0	84,0–112,0	86,0–95,0
Cez Cs	0,5–10,0	7,8–12,7	7,0–11,3	4,0–11,3
Chrom Cr	5–120	122,0–150,0	92,0–125,0	92,0–111,0
Cynk Zn	10–120	232,0–2 338,0	181,3–650,0	142,0–221,0
Cyrkon Zr	20–220	237,0–619,0	301,0–770,0	335,0–772,0
Kadm Cd	0,05–0,35	1,2–29,0	1,0–3,1	0,7–1,4
Kobalt Co	0,1–20,0	21,0–23,0	11,0–20,0	11,0–19,0
Miedź Cu	2–60	26,0–67,0	23,0–46,0	12,0–25,0
Nikiel Ni	5–90	44,0–54,0	18,0–42,0	19,0–42,0
Ołów Pb	3–40	46,0–429,0	57,0–105,0	35,0–61,0
Rubid Rb	5–200	110,0–132,0	110,0–135,0	70,0–135,0
Stront Sr	20–600	89,0–114,0	89,0–106,0	100,0–111,0
Uran U	0,45–4,00	3,6–5,1	3,6–3,7	3,6–4,6

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych.

Source: Study on the base of results of author's own research.

7. Użytkowanie zbiorników wodnych

Utworzenie zbiorników w dużej mierze związane było z konkretnym zapotrzebowaniem na zwiększenie retencji. Precyzyjnie określone funkcje towarzyszą budowie zbiorników zaporowych, a zbiorniki poeksploatacyjne powstają zwykle z uwagi na fakt, iż nie stanowią większego problemu w działaniach rekultywacyjnych i na etapie przyjętego zagospodarowania docelowego. Niestety, dużą liczbę zbiorników traktowanych jako niezamierzone efekty ludzkiej działalności należy uznać za nieużytki lub za obiekty wykorzystane w sposób daleki od pierwotnych założeń. Zdarza się dość często, że areal wodnych nieużytków powiększają zbiorniki o sztucznie ukształtowanych misach, których użytkowanie (np. przemysłowe, komunalne itd.) zostało zarzucone.

7.1. Zaopatrzenie w wodę

Priorytetowym zadaniem zbiorników w regionie górnośląskim jest zaopatrzenie w wodę do celów komunalnych, przemysłowych i — w mniejszym stopniu — rolniczych. Niewielkie zasoby wodne strefy wododziałowej między dorzecziami Wisły i Odry nie stanowiły większego problemu w zaopatrzeniu w wodę jedynie w okresie przedindustrialnym i na etapie wczesnej industrializacji (CZAJA, 1999). Pobór wody z rzek i istniejących zbiorników oraz wykorzystanie wód pochodzących z odwodnienia płytkiej eksploatacji okazały się niewystarczające dla zaspokojenia potrzeb wodnych regionu już pod koniec XIX w. (CZAJA, 1999), a w połowie XX w. deficyt wody był tak duży, że podjęto decyzję o adaptacji zbiornika Kozłowa Góra do celów zaopatrzenia w wodę oraz o budowie zbiornika Goczałkowice na Wiśle (JANKOWSKI, 1988). Sukcesywny wzrost retencji powierzchniowej w drugiej połowie XX w. był następstwem przyrostu liczby zbiorników

wodnych w nieckach osiadania, zbiorników poeksploatacyjnych i innych zbiorników zaporowych. Tylko niektóre z nich miały i mają znaczenie dla zaspokojenia potrzeb wodnych ludności i gospodarki narodowej. Największe zbiorniki zaporowe oraz poeksploatacyjne są głównymi elementami górnośląskiego systemu wodno-gospodarczego. Przede wszystkim magazynują wodę pobieraną rurociągami na potrzeby przemysłu i gospodarki komunalnej lub zapewniają tzw. przepływ wymagany do funkcjonowania niżej położonych ujęć wód powierzchniowych lub podziemnych o charakterze infiltracyjnym, spełniając przy tym inne funkcje. Uzupełniają je zbiorniki o dużo mniejszym znaczeniu w systemie zaopatrzenia w wodę (np. Łosień w Dąbrowie Górniczej, Łąka w Katowicach). Współcześnie całość stanowi jeden zwarty system gospodarki wodnej, w którym główne zbiorniki połączono przrzutami wody¹ i objęto sterowaniem operacyjnym. Zbudowano pierścieniowy układ rurociągów tranzytowych różnych średnic, zbiorników, ujęć i pompowni, umożliwiający dostawę wody do dowolnego miejsca tej największej w Polsce i jednej z największych w Europie sieci wodociągowej (rys. 38).

Głównymi elementami systemu zaopatrzenia w wodę regionu górnośląskiego są zbiorniki (BOK i in., 2004; RZĘTAŁA, 2000b):

— Goczałkowice na Małej Wiśle, kaskada Soły (ze zbiornikami Tresna, Porąbka, Czaniec), Dzieckowice przy Czarnej Przemszy oraz Łąka na Pszczynce, które wraz z magistralami umożliwiającymi transport wody na odcinku Czaniec — Goczałkowice, Grodzisko — Oświęcim (przrzut Skawa — Soła) oraz Oświęcim — Dzieckowice (przrzut Soła — zbiornik Dzieckowice)

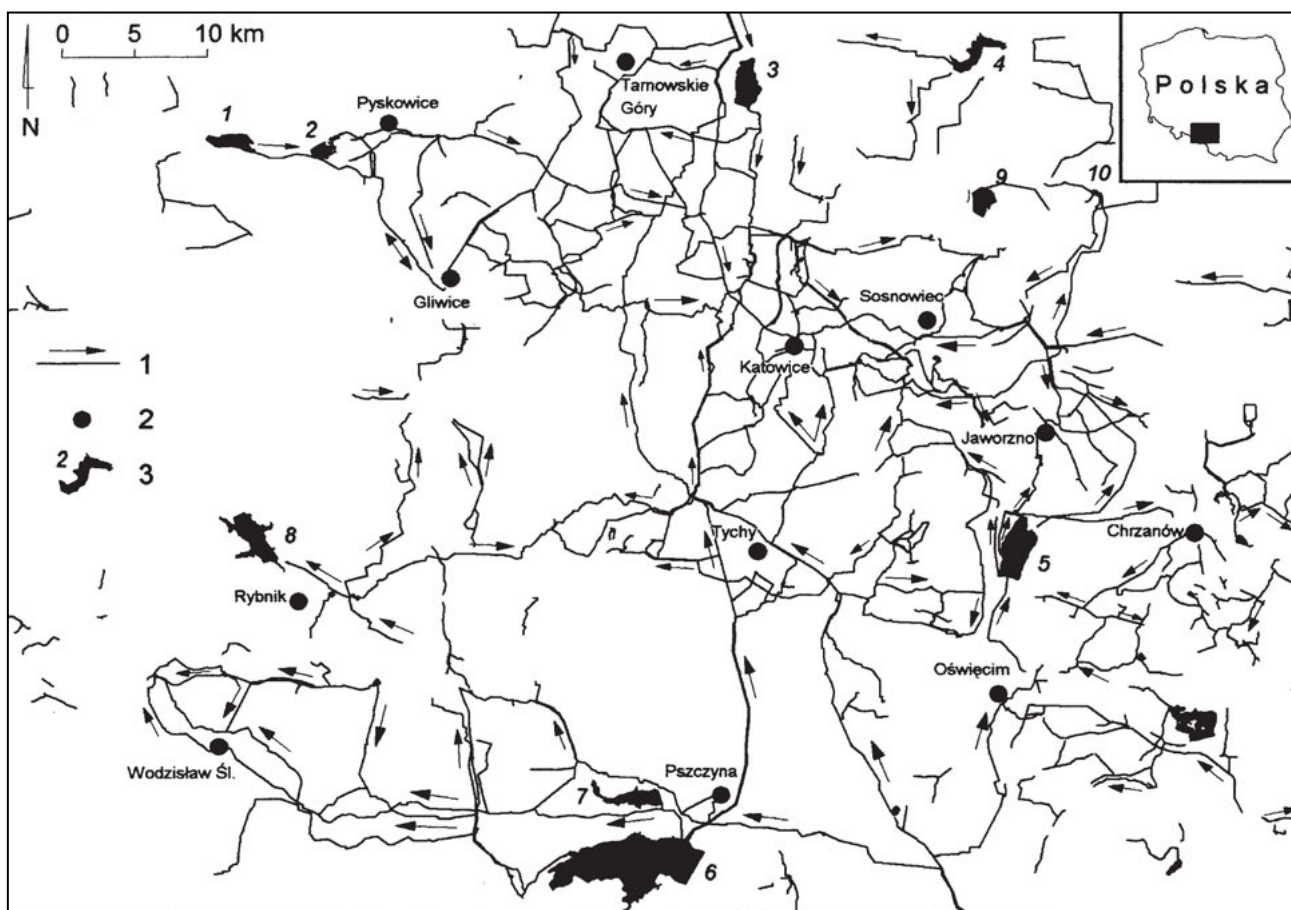
¹ Zgodnie z Ustawą z dnia 18 lipca 2001 r. — Prawo wodne (z późn. zm.), przrzuć wody należy rozumieć jako ujmowanie i przemieszczanie wód powierzchniowych oraz niezanieczyszczonych wód pochodzących z odwodnienia zakładów górniczych, w celu zwiększenia zasobów wodnych innych cieków naturalnych, kanałów, jezior oraz innych zbiorników wodnych.

i odcinkami rzek objętymi poborem wody będą uzupełnione przez kolejne obiekty realizowane (np. zbiornik Poręba na Skawie) lub znajdujące się na etapie projektowania (zbiornik na Koszarawie, zbiornik na potoku Złatna);

- Łosień o statusie obiektu zapasowego, służącego wyrównaniu dobowemu w procesie zaopatrzenia w wodę kombinatu metalurgicznego, i Pogoria III, który jest awaryjnym źródłem wody dla tego kombinatu, oraz infrastruktura umożliwiająca przerzut wody między nimi, a także między zbiornikiem Pogoria III a zbiornikiem Kuźnica Warężyńska oddanym do użytku w 2005 r.;
- Kozłowa Góra na Brynicy, zbiornik Przeczyce na Czarnej Przemszy oraz obecnie nieczynny przerzut wody między tym ostatnim a Brynicą;
- Pławniowice w zlewni Potoku Toszeckiego – jako źródło wody do celów przemysłowych dla gliwickiej huty.

Największą osobliwością w grupie zbiorników mających zastosowanie w zaopatrzeniu w wodę jest jezioro Dzieckowice. Jako przykład skrajnej formy wykorzystania retencji wód stojących – będąc odbiornikiem wód kilku niewielkich cieków ze zlewni bezpośredniej – jest alimentowany praktycznie w całości wodami przetrzucanymi (transportowanymi) ze zlewni Skawy i Soły.

Omawiając znaczenie zbiorników w zaopatrzeniu w wodę, nie sposób pominąć ich roli w nawodnieniach i dostawie wody dla rolnictwa i leśnictwa (w Polsce rocznie wykorzystuje się do tego celu ok. 1 km³, a w regionie ok. 75 hm³, tj. ok. 14% ogólnego zużycia wody w województwie śląskim). W regionie górnośląskim rola ta ogranicza się praktycznie do czerpania – trudnej do oszacowania, chociaż raczej niewielkiej ilości – wody wprost ze zbiorników. W przeszłości takie rozwiązania stosowano częściej (zbiornik Dzierżno



Rys. 38. Górnośląski system wodno-gospodarczy z obiektami służącymi przerzutom wód czystych:

1 – różnej rangi magistrale transportowe wody, 2 – ważniejsze miejscowości, 3 – ważniejsze zbiorniki wodne w systemie przerzutu wód czystych (1 – Pławniowice, 2 – Dzierżno I i Dzierżno Małe, 3 – Kozłowa Góra, 4 – Przeczyce, 5 – Dzieckowice, 6 – Goczałkowice, 7 – Łąka, 8 – Zbiornik Rybnicki, 9 – Pogoria III, 10 – Łosień)

Źródło: Opracowanie na podstawie *Mapy hydrograficznej...* (2000–2003) oraz wyników badań własnych

Fig. 38. Upper Silesian water-economical system with objects intended for the transfer of pure waters:

1 – transport water mains of different standing, 2 – more important localities, 3 – more important water reservoirs in the system of pure waters transfer (1 – Pławniowice, 2 – Dzierżno I and Dzierżno Małe, 3 – Kozłowa Góra, 4 – Przeczyce, 5 – Dzieckowice, 6 – Goczałkowice, 7 – Łąka, 8 – Rybnicki, 9 – Pogoria III, 10 – Łosień)

Source: Made by the author on the base of *Mapa hydrograficzna...* (2000–2003) and results of his own research

Duże w początkowym okresie funkcjonowania), jednak później sukcesywnie z nich rezygnowano ze względu na postępujące zanieczyszczenie wody. W rolnictwie woda znajduje także zastosowanie w fermach i obiektach inwentarskich oraz do nawadniania upraw w szklarniach i tunelach, plantacjach warzyw, pieczarkarniach, do mycia maszyn rolniczych, przy czym zasilanie w wodę do tych celów odbywa się współcześnie z sieci wodociągowej i trudno określić, jaka jej część pochodzi z retencji zbiornikowej. Rolnicze wykorzystanie wód jest utożsamiane również z napełnianiem i uzupełnianiem stawów rybnych, jednak w tym przypadku mowa raczej o zaopatrzeniu w wodę bezpośrednio ze strumieni, potoków i rzek. Podobnie jest z nawodnieniami w leśnictwie — trudno określić znaczenie dużych zbiorników wodnych dla zaopatrzenia w wodę tego sektora gospodarki, ale łatwo wskazać znaczenie małej retencji zbiornikowej pod tym względem. W ostatnich latach dużą rolę przywiązuje się do tworzenia niewielkich zbiorników wód stojących — tzw. oczek wodnych² — o powierzchni do 1 ha i pojemności maksymalnie kilku tysięcy metrów sześciennych (zbiorniki śródpolne, wiejskie stawy), niezwykle istotnych ze względu na poprawę warunków zaopatrzenia w wodę, ochronę przyrody i działania przeciwpowodziowe na terenach rolniczych i leśnych.

7.2. Znaczenie przeciwpowodziowe

Retencja zbiornikowa nabiera szczególnego znaczenia w sytuacjach ochrony zlewni w okresach wezbrań i powodzi, mimo że jej oddziaływanie w przypadku pojedynczych zbiorników wodnych niestanowiących systemu kaskadowego jest zazwyczaj postrzegane jako lokalne i regionalne, a rzadziej — ponadregionalne (JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2003). Przebieg wezbrań i powodzi³ w dużej mierze zależy od skali retencyjnego przysposobienia dorzecza, a tym samym od oddziaływania zbiorników wodnych. Funkcje przeciwpowodziowe spełniają

ją zwłaszcza akwenty większe pod względem pojemności.

Przeciwwzbraniowe i przeciwpowodziowe znaczenie zbiorników antropogenicznych w regionie górnośląskim z reguły nie jest duże, a to za sprawą: ogólnie niewielkiej zasobności w wodę strefy wododziałowej między dorzecziami Wisły i Odry, alternatywnych możliwości zagospodarowania znacznej części objętości fali wezbraniowej, dużej retencyjności dorzeczy warunkowanej występowaniem przepuszczalnych utworów oraz zasięgiem zbiorczego leja depresji, wreszcie — z wyjątkiem zbiornika Goczałkowice — niewielkiej rezerwy powodziowej przewidzianej w podziale cząstkowym pojemności mis zbiornikowych.

O ile przeciwpowodziowe znaczenie można przypisać praktycznie każdemu zbiornikowi wodnemu, o tyle właściwą i skuteczną redukcję fal wezbraniowych zapewniają tylko te akwenty, które w gospodarce wodą mają przewidzianą rezerwę powodziową, a do dyspozycji w okresie wezbrań często pozostaje także duża część ich pojemności wyrównawczej: Przeczyce — ok. 3 hm³; Kozłowa Góra — ok. 2 hm³; Dzierżno Duże — ok. 6 hm³; Goczałkowice — od 38 hm³ zimą do 45 hm³ latem. Przeciwpowodziowego znaczenia w praktyce pozbawionych jest wiele zbiorników wodnych o braku możliwości piętrzenia wody lub o znikomym jego zakresie. Takie zbiorniki cechuje duże podobieństwo do jezior jako obiektów naturalnych.

Założenia przyjęte w opracowaniach hydrotechnicznych na temat prowadzenia gospodarowania wodą zbiorników w okresach wezbrań i powodzi wskazują, że przy stosunkowo niewielkich ich pojemnościach powodziowych zapewniona jest redukcja zwykłych wezbrań powodziowych do przepływów nieszkodliwych, tzw. dozwolonych, a nawet obniżenia teoretycznych przepływów o prawdopodobieństwie wystąpienia wynoszącym 1% do poziomu niższego od przepływów w czasie największych fal historycznych. Tylko w niektórych zbiornikach przekłada się to na bardzo wyraźne podwyższenie stanów wody z towarzyszącym mu wzrostem retencji zbiornikowej w okresach odpowiadających wezbraniom ważniejszym w skali regionalnej lub europejskiej umiarkowanej strefie klimatycznej (tabela 31). W regionie górnośląskim są to wezbrania i powodzie opadowe (letnie) zarówno nawalne, jak i rozlewne, rzadziej wezbrania i powodzie roztopowe, a sporadycznie i wybitnie lokalnie — te o cechach wezbrań zimowych. Rejestrowane wówczas zmiany stanów wody w zbiornikach antropogenicznych odzwierciedlają wpływ poszczególnych zbiorników na kształtowanie poziomu zwierciadła wód rzecznych, przy czym zależy on od możliwości zwiększenia retencji zbiornikowej lub zwiększenia

² Zgodnie z Ustawą z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (z późn. zm.), „oczka wodne” to naturalne śródpolne i śródlądowe zbiorniki wodne o powierzchni do 1 ha, niepodlegające klasyfikacji gleboznawczej.

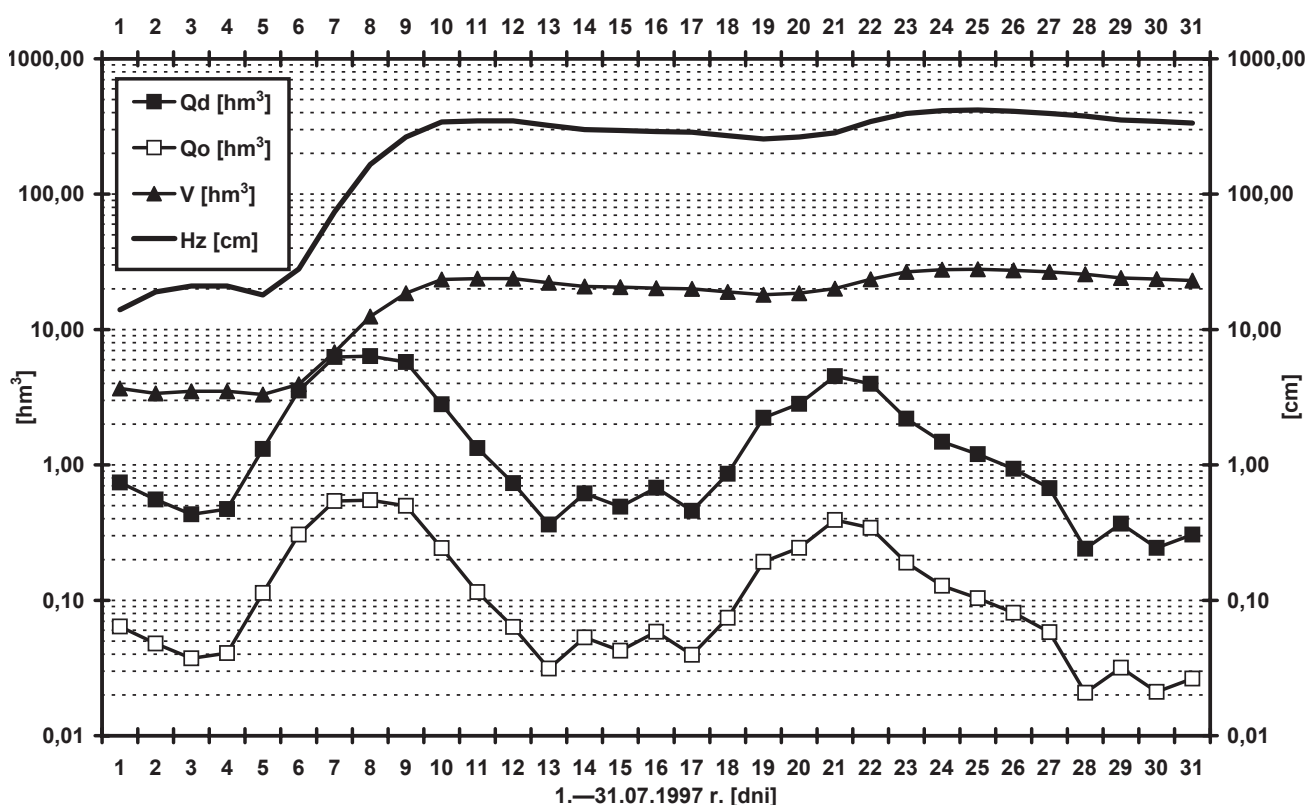
³ Zgodnie z Ustawą z dnia 18 lipca 2001 r. — Prawo wodne (z późn. zm.), pod pojęciem „powódź” rozumie się takie wezbranie wody w ciekach naturalnych, zbiornikach wodnych, kanałach lub na morzu, podczas którego woda po przekroczeniu stanu brzegowego zalewa doliny rzeczne albo tereny depresyjne i powoduje zagrożenie dla ludności lub mienia.

Tabela 31. Niektóre historyczne wezbrania zarejestrowane w obrębie zbiorników wodnych regionu górnośląskiego**Table 31.** Some historical raised water stages registered within water reservoirs of the Upper Silesian Region

Termin	Charakterystyka
VII 1970	wezbranie i powódź w górnych częściach dorzecza Wisły i Odry
VIII 1972	wezbranie opadowe w dorzeczu Odry i dopływach Wisły
III 1977	wezbranie roztopowe w dorzeczu Odry i Wisły
VIII 1977	wezbranie opadowe w dorzeczu Odry i Wisły
III 1981	wezbranie i powódź roztopowa z zatorami śryżowo-lodowymi w dorzeczu Wisły i Odry
VIII 1985	powódź opadowa w górnej części dorzecza Odry oraz w niektórych zlewniach dopływów górnej Wisły
II 1987	wezbranie przypadające na wystąpienie powodzi roztopowej z zatorami śryżowo-lodowymi w dorzeczu Odry i Wisły
V 1987	wezbranie wywołane deszczami ulewnymi, które było przyczyną powodzi w górnej części dorzecza Wisły oraz Odry
III 1996	wezbranie roztopowe i niewielka powódź w dorzeczu Przemszy i Kłodnicy
V 1996	wezbranie związane z powodzią w górnych częściach dorzeczy Odry i Wisły wywołaną opadami nawałnymi
IX 1996	wezbranie i powódź spowodowane opadami rozlewnymi w górnej części dorzecza Wisły i Odry
VII 1997	dwufazowe wezbranie i powódź po intensywnych opadach atmosferycznych na terytoriach Czech i południowej Polski
VI 1998	wezbranie i lokalnie powódź po deszczu ulewnym w zlewni tzw. Małej Wisły
VII 1998	wezbranie po ulewnych deszczach w południowej części Polski
VII 2000	wezbranie opadowe w górnej części dorzecza Odry i Wisły
VII 2001	wezbranie i powódź opadowa po deszczach nawałnych w górnej części dorzecza Wisły

Źródło: Opracowanie na podstawie danych ODGW i RZGW w Gliwicach oraz GPW w Katowicach.

Source: Study on the base of data taken from ODGW and RZGW in Gliwice as well as GPW in Katowice.



Rys. 39. Zbiornik Dzierżno Duże – wybrane charakterystyki hydrologiczne wód powierzchniowych w okresie wezbrania opadowego w lipcu 1997 r.:

Q_d – wielkość dobowego przychodu wody w zbiorniku, Q_o – wielkość dobowego poboru wody i upustu ze zbiornika, V – wielkość retencji zbiornika ($V + 60 \text{ hm}^3$), H_z – wysokość zwierciadła wody w zbiorniku ($H_z + 198 \text{ m n.p.m.}$)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych RZGW w Gliwicach

Fig. 39. Dzierżno Duże water reservoir – the selected hydrological characteristics of surface waters in the period of raised water stage due to rainfall in July of 1997 year:

Q_d – size of 24 hours' input of water in the reservoir, Q_o – size of 24 hours' water intake and spill from the reservoir, V – size of reservoir retention ($V + 60 \text{ hm}^3$), H_z – height of water table in the reservoir ($H_z + 198 \text{ m a.s.l.}$)

Source: Made by the author on base of data taken from RZGW in Gliwice

przepływu w ciekę odprowadzającym wody (także przy zwiększonym poborze wody do różnych celów), a równie często od spełnienia obu.

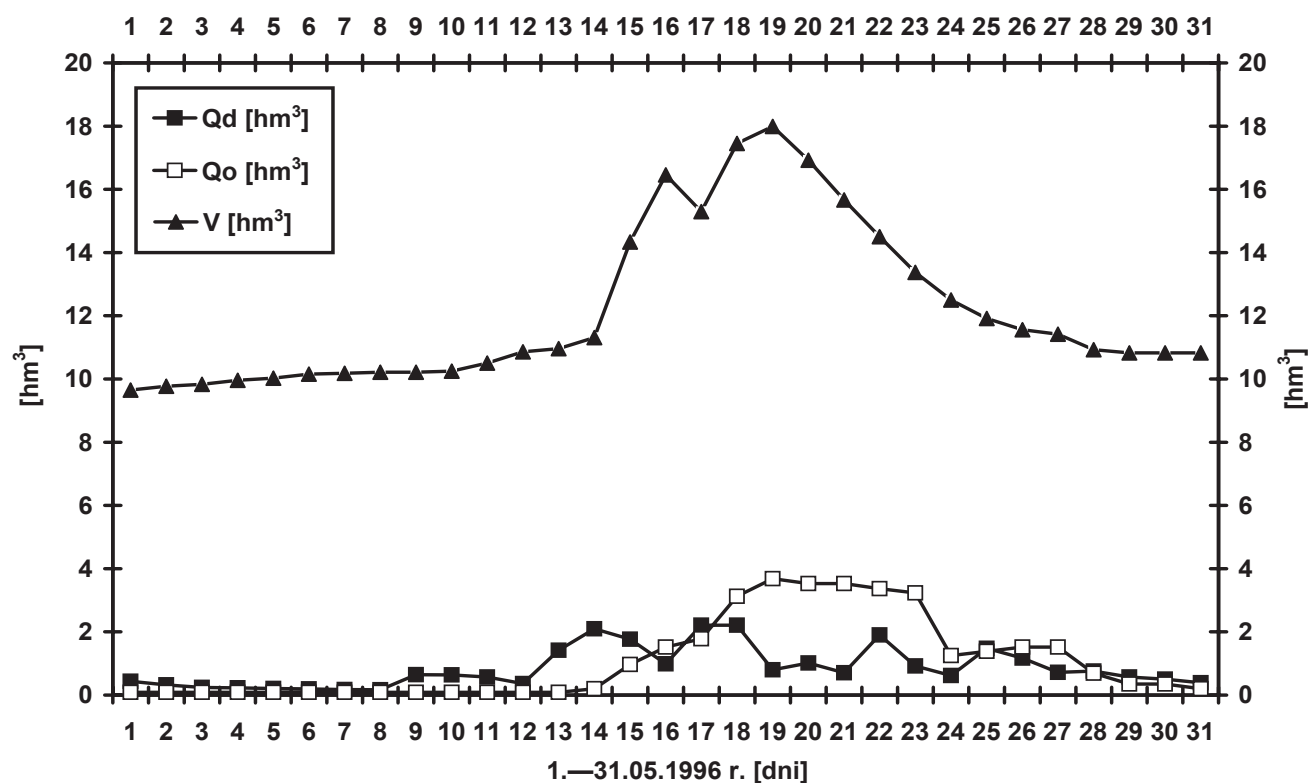
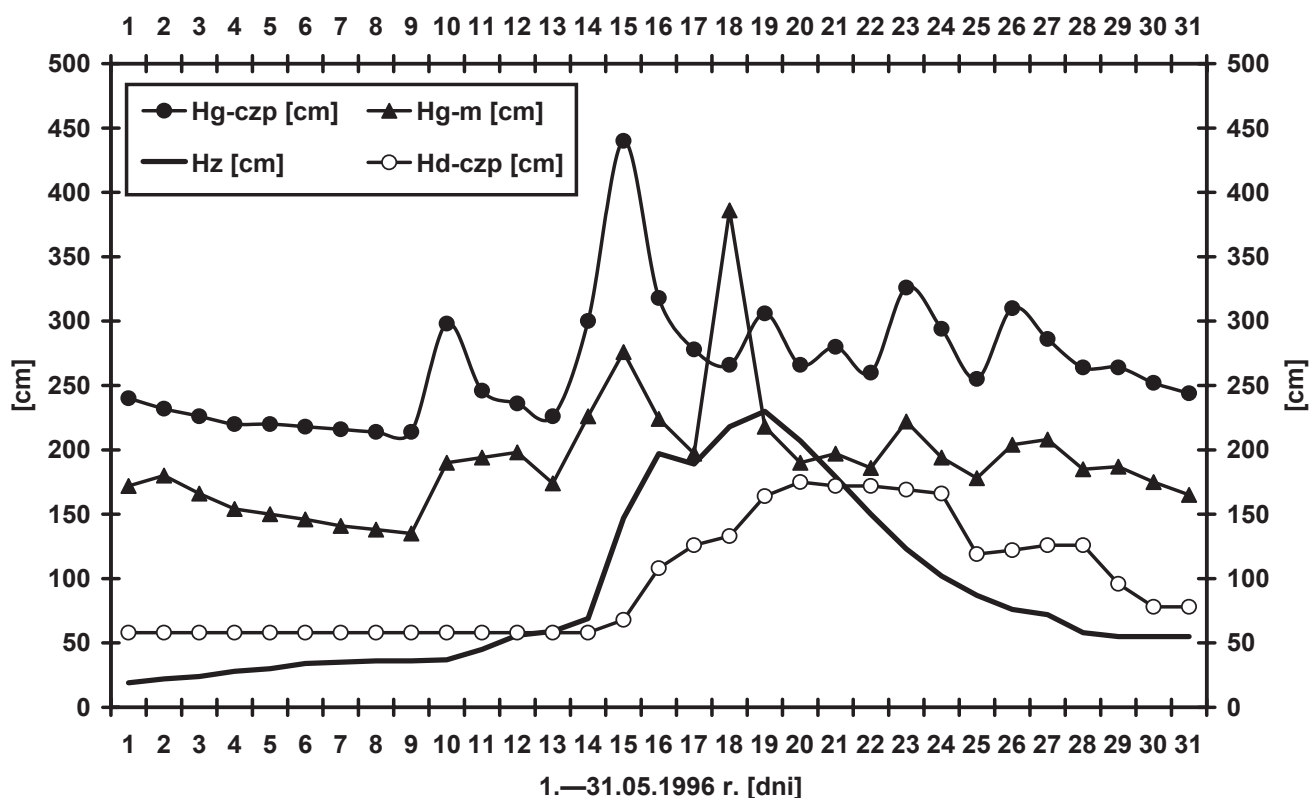
Największą skalę miało wezbranie w lipcu 1997 r. (NIEDŹWIEDŹ, CZEKIERDA, 1998; BARCZYK, SZTURC, red., 2001; DENISIUK, red., 2002; CYBERSKI i in., 2006). Wtedy to w większości zbiorników wodnych spowodowało ono dwukrotne podniesienie zwierciadła wód (rys. 39). Wezbranie poprzedziły niezwykle intensywne opady atmosferyczne, obejmujące terytoria Czech oraz południowej Polski (NIEDŹWIEDŹ, CZEKIERDA, 1998). Wystąpiły wówczas trzy serie opadów atmosferycznych, tj. od 4 do 8 lipca (opady o dużym zasięgu i wyjątkowej wydajności), od 15 do 23 lipca, z największą wydajnością w dniach od 18 do 20 lipca, oraz od 24 do 28 lipca z maksimum w dniach 25 i 26 lipca (BARCZYK, SZTURC, red., 2001). Najwyższe dobowe dopływy wody do zbiorników w regionie górnośląskim stwierdzono w dniach kulminacji fali wezbraniowej (8 i 21 lipca), a najwyższe stany wody w samych zbiornikach wystąpiły z 3-, 4-dniowym opóźnieniem. Warto zauważyć, że dzięki zamierzonemu gospodarowaniu retencją zbiornikową maksymalne ilości wody odprowadzanej ze zbiorników stanowiły nieco ponad jedną trzecią maksymalnej jej ilości dostarczonej do ich mis, a i tak w dolinach poniżej zbiorników występowały lokalnie niewielkie podtopienia.

Przykładem funkcjonowania zbiorników wodnych w czasie wezbrania spowodowanego opadami nawalnymi, skutkującymi występowaniem powodzi w górnych częściach dorzeczy Odry i Wisły, jest sytuacja z maja 1996 r. Jak wspominają A. BARCZYK i J. SZTURC, red. (2001) oraz A. JAGUŚ i M. RZĘTAŁA (2003), wezbranie to zostało wywołane przez spływ wód po intensywnych opadach towarzyszących burzom połączonym z wichurami. Największe natężenie opadów w zlewni górnej Przemszy stwierdzono w tym czasie 14 maja (Świerklaniec – 66,5 mm; Brynica – 74,5 mm; Pyrzowice – 81,4 mm; Piwoń – 44,5 mm; Zawiercie – 70,8 mm) oraz ponownie 17 maja (Świerklaniec – 10,0 mm; Brynica – 6,3 mm; Pyrzowice – 41,0 mm; Piwoń – 37,5 mm; Zawiercie – 56,8 mm) (BARCZYK, SZTURC, red., 2001). W rezultacie w rzekach badanego obszaru w ciągu 8 godz. od rozpoczęcia opadów i 6 godz. od ich największej intensywności powstały fale wezbraniowe. Reakcją na nie było podwyższenie stanów wody w zbiorni-

kach wodnych północnej części regionu górnośląskiego (rys. 40), uwypuklające przeciwpowodziowe znaczenie ich retencji.

W wielu przypadkach wystąpienie nawalnych opadów skutkowało lokalnymi wezbraniem i przejęciem nadmiaru wody przez zbiorniki, np. w lipcu 1970 r. i czerwcu 1998 r. (Dzierżno Duże), w sierpniu 1977 r. oraz lipcu 2000 r. (Kozłowa Góra i Dzierżno Duże). Modelowym przykładem przejęcia nadmiaru wody przez zbiornik po wystąpieniu opadów rozlewnych we wrześniu 1996 r. było przechwycenie fali wezbraniowej w zbiorniku Kozłowa Góra, w którym w ciągu jednej doby po wystąpieniu opadów zretencjonowano prawie 1 hm³ wody, przy dopływach rzędu 35 tys. m³ na dobę w okresie przed wystąpieniem opadów (rys. 41). Podczas wezbrania roztopowego w marcu 1981 r. do zbiornika Kozłowa Góra dopłynęło w ciągu doby ok. 1 hm³ wody. Podobnie skutkowało wezbrania roztopowe w lutym 1985 r. (rys. 42) również w zbiorniku Kozłowa Góra i w marcu 1996 r. w zbiorniku Przeczyce (rys. 43).

Przytoczone przykłady wezbrań występujących w regionie górnośląskim pokazują lokalne i regionalne przeciwpowodziowe znaczenie retencji zbiornikowej na tym obszarze i wskazują, że w określonych przypadkach sterowanie wodą zbiorników mogło mieć wpływ nawet na kształtowanie wysokości wezbrań wody w górnej części dorzecza Wisły lub dorzecza Odry. Warto podkreślić, że przeciwpowodziowe znaczenie zbiorników wodnych w regionie górnośląskim może być wspomagane przez wykorzystanie licznych terenów rozlewiskowych (utożsamianych nie tylko z dnami dolin, ale także ze strefami osiadań górniczych położonymi na ich zboczach, a nawet w partiach wododziałowych). Ich wykorzystanie jako zbiorników okresowych, efemerycznych czy wręcz polderów zalewowych powinno być rozważane w koncepcjach ochrony przeciwpowodziowej na równi z dążeniem do dalszego retencyjnego przysposobienia zlewni. Z jednej strony zapotrzebowanie na wodę, z drugiej natomiast konieczność wypracowania skutecznych rozwiązań przeciwpowodziowych sprawiają, że dużym powodzeniem od kilkunastu lat cieszą się programy podkreślające zarówno znaczenie dużych istniejących i perspektywicznych obiektów retencyjnych, jak również rolę tzw. małej retencji w życiu i gospodarce człowieka.



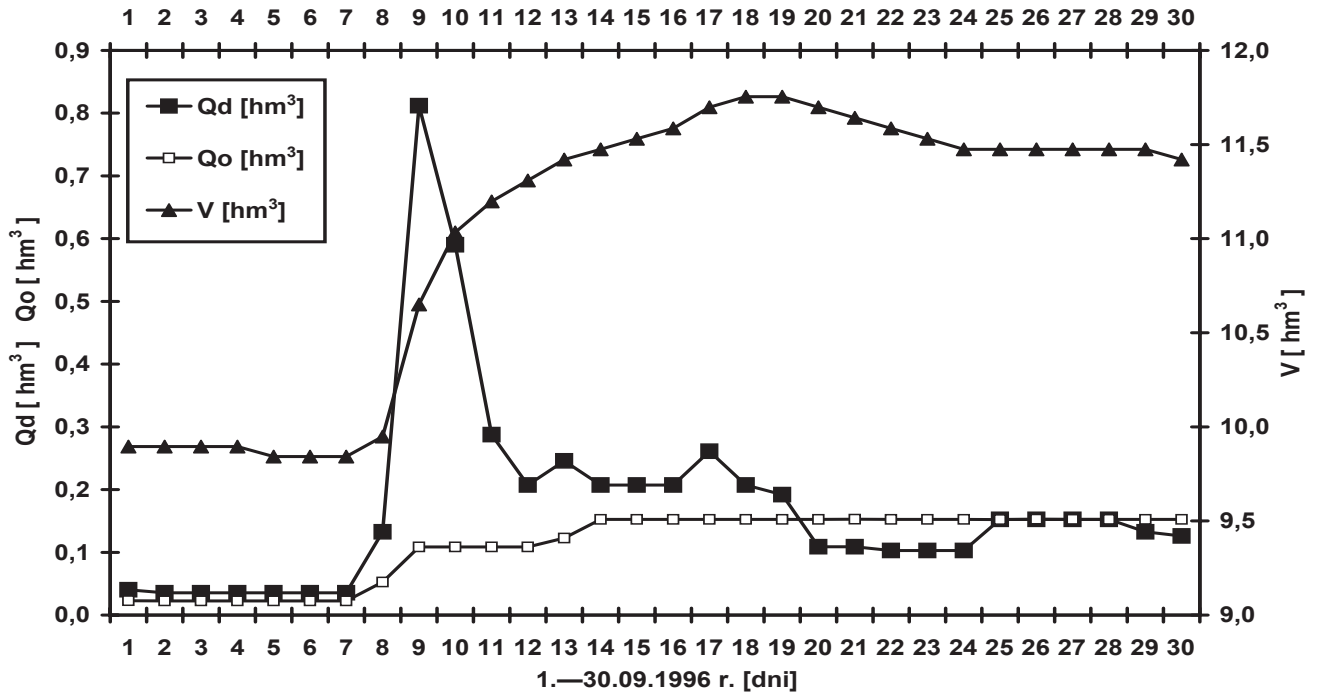
Rys. 40. Zbiornik Przeczyce — wybrane charakterystyki hydrologiczne wód powierzchniowych w maju 1996 r.:

Hg-czp — stany wody Czarnej Przemszy w Siewierzu (powyżej zbiornika), *Hg-m* — stany wody Mitręgi w Kuźnicy Sulikowskiej (powyżej zbiornika), *Hd-czp* — stany wody Czarnej Przemszy w Przeczcach (poniżej zbiornika), *Hz* — wysokość zwierciadła wody w zbiorniku ($Hz + 287$ m n.p.m.), *V* — wielkość retencji zbiornika, *Qd* — wielkość dobowego przychodu wody w zbiorniku, *Qo* — wielkość dobowego poboru wody i upustu ze zbiornika
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych RZGW w Gliwicach

Fig. 40. Przeczyce water reservoir — selected hydrological characteristics of surface waters in May of 1996 year:

Hg-czp — water stages of the Czarna Przemsza in Siewierz (above the reservoir), *Hg-m* — water stages of the Mitręga in Kuźnica Sulikowska (above the reservoir), *Hd-czp* — water stages of the Czarna Przemsza in Przeczyce (below the reservoir), *Hz* — height of water table in the reservoir ($Hz + 287$ m a.s.l.), *V* — size of reservoir retention, *Qd* — size of 24 hours' water input in the reservoir, *Qo* — size of 24 hours' water intake and spill from the reservoir

Source: Made by the author on base of data taken from RZGW in Gliwice

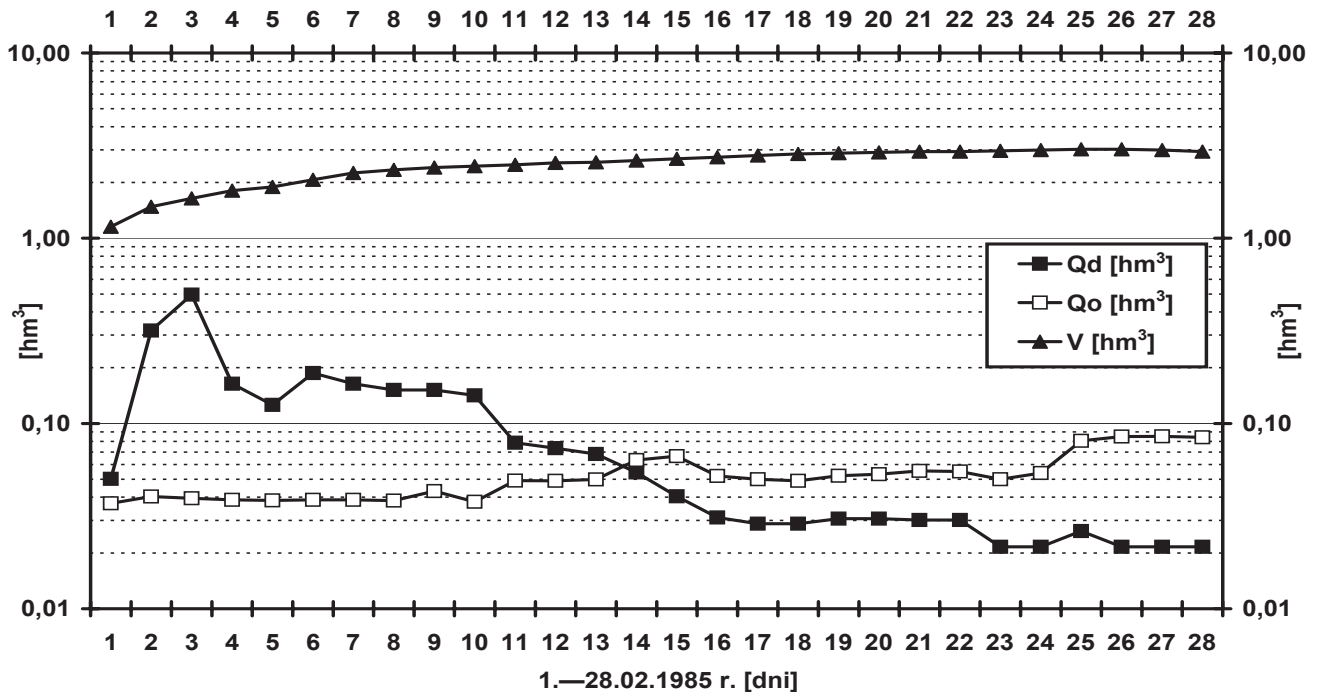


Rys. 41. Kozłowa Góra – wybrane charakterystyki hydrologiczne wód powierzchniowych w okresie wezbrania po opadach rozlewnych we wrześniu 1996 r.:

Q_d – wielkość dobowego przychodu wody w zbiorniku, Q_o – wielkość dobowego poboru wody i upustu ze zbiornika, V – wielkość retencji zbiornika
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GPW w Katowicach

Fig. 41. Kozłowa Góra water reservoir – selected hydrological characteristics of surface waters in the period of raised water stage due to long-term rainfalls in September of 1996 year:

Q_d – size of 24 hours' input of water in the reservoir, Q_o – size of 24 hours' water intake and spill from the reservoir, V – size of reservoir retention
Source: Made by the author on base of data taken from GPW in Katowice

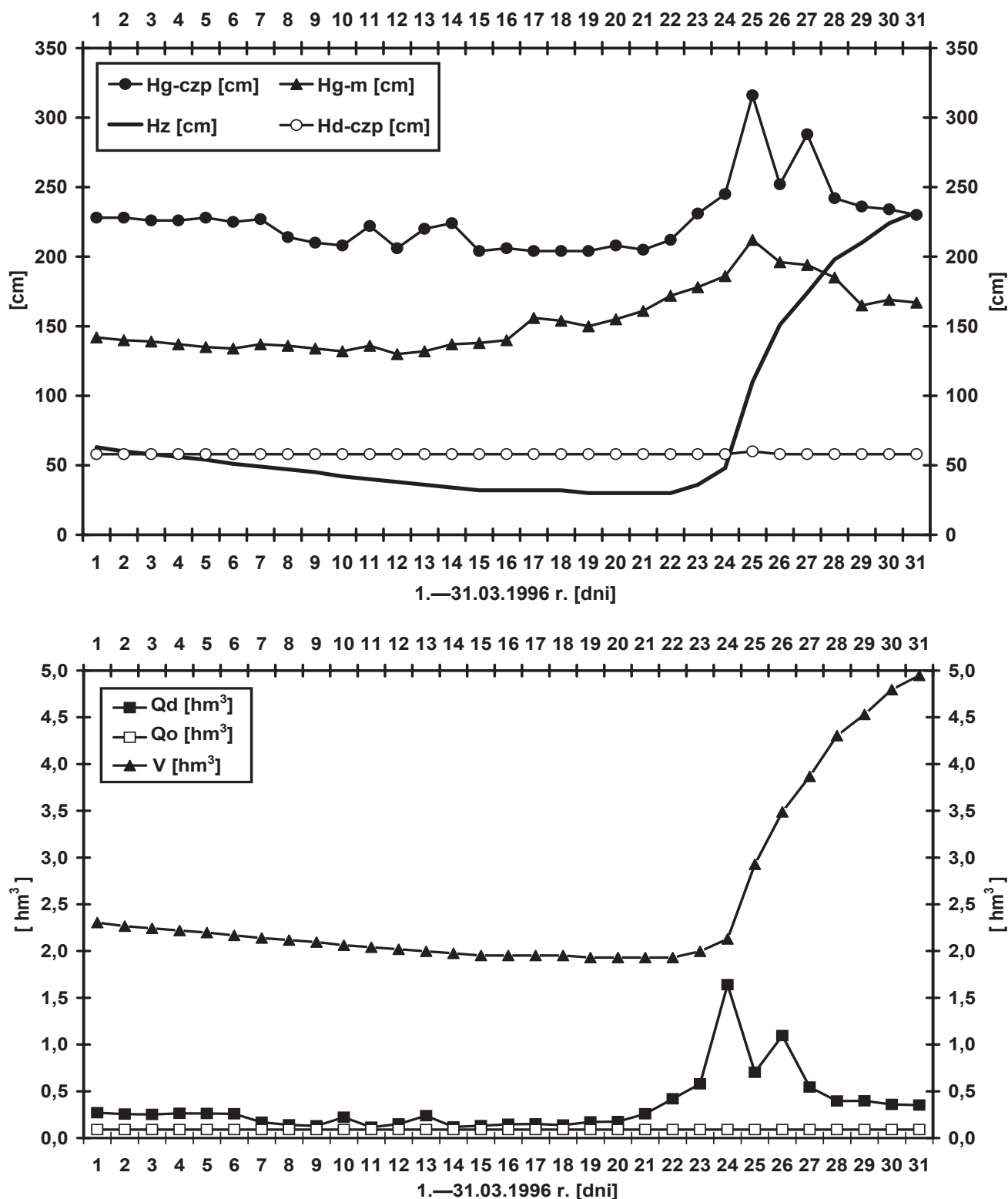


Rys. 42. Zbiornik Kozłowa Góra – wybrane charakterystyki hydrologiczne wód powierzchniowych w okresie wezbrania roztopowego w lutym 1985 r.:

Q_d – wielkość dobowego przychodu wody w zbiorniku, Q_o – wielkość dobowego poboru wody i upustu ze zbiornika, V – wielkość retencji zbiornika
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GPW w Katowicach

Fig. 42. Kozłowa Góra water reservoir – selected hydrological characteristics of surface waters in the period of raised water stage due to thaws in February of 1985 year:

Q_d – size of 24 hours' input of water in the reservoir, Q_o – size of 24 hours' water intake and spill from the reservoir, V – size of reservoir retention
Source: Made by the author on base of data taken from GPW in Katowice



Rys. 43. Zbiornik Przeczyce – wybrane charakterystyki hydrologiczne wód powierzchniowych w okresie wezbrania roztopowego w marcu 1996 r.:

Hg-czp – stany wody Czarnej Przemszy w Siewierzu (powyżej zbiornika), *Hg-m* – stany wody Mitręgi w Kuźnicy Sulikowskiej (powyżej zbiornika), *Hd-czp* – stany wody Czarnej Przemszy w Przeczycach (poniżej zbiornika), *Hz* – wysokość zwierciadła wody w zbiorniku ($Hz + 283$ m n.p.m.), *V* – wielkość retencji zbiornika, *Qd* – wielkość dobowego przychodu wody w zbiorniku, *Qo* – wielkość dobowego poboru wody i upustu ze zbiornika

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych RZGW w Gliwicach

Fig. 43. Przeczyce water reservoir – the selected hydrological characteristics of surface waters in the period of raised water stage due to thaw in March of 1996 year:

Hg-czp – water stages in the Czarna Przemsza in Siewierz (above the reservoir), *Hg-m* – water stages of the Mitręga in Kuźnica Sulikowska (above the reservoir), *Hd-czp* – water stages of the Czarna Przemsza in Przeczyca (above the reservoir), *Hz* – height of water table in the reservoir ($Hz + 283$ m a.s.l.), *V* – size of reservoir retention, *Qd* – size of 24 hours' water input in the reservoir, *Qo* – size of 24 hours' water intake and spill from the reservoir

Source: Made by the author on base of data taken from RZGW in Gliwice

7.3. Znaczenie turystyczno-rekreacyjne

Zbiorniki w regionie górnośląskim wraz z obrzeżami są obiektami atrakcyjnymi dla rozwoju rekreacji i wypoczynku, stanowią pośredni lub docelowy punkt migracji turystycznych, a równie często ich znaczenie rozpatrywane jest w kategoriach krajoznawstwa. O rekreacyjnym wykorzystaniu samych zbiorników, poza jakością wody, decydują przede wszystkim prawne ograniczenia wynikające z funkcji, którą te pełnią. Z kolei w przypadku obrzeży zbiornika ogromne znaczenie mają – wymieniane w opracowaniach z zakresu turystyki (por. LIJEWSKI i in., 1998) – ich walory przyrodnicze, antropogeniczne, specjalistyczne w okolicy oraz stan zagospodarowania turystycznego.

Zbiorniki wykorzystywane są na potrzeby żeglarstwa, kajakarstwa, wędkarstwa, sportów motorowodnych – z ograniczeniami, a także wypoczynku w zorganizowanych i zwyczajowych kąpieliskach⁴. W ten sposób użytkowane są zbiorniki: Przeczycze, Pławniowice, Dzierżno Małe, Nakło-Chechło, Sosina, Łąka, Pogoria III, Pogoria I, Balaton, Czechowice, Stawiki. W otoczeniu tych akwenów rozwija się z różnym skutkiem baza gastronomiczna, noclegowa, towarzysząca, a także infrastruktura transportowa.

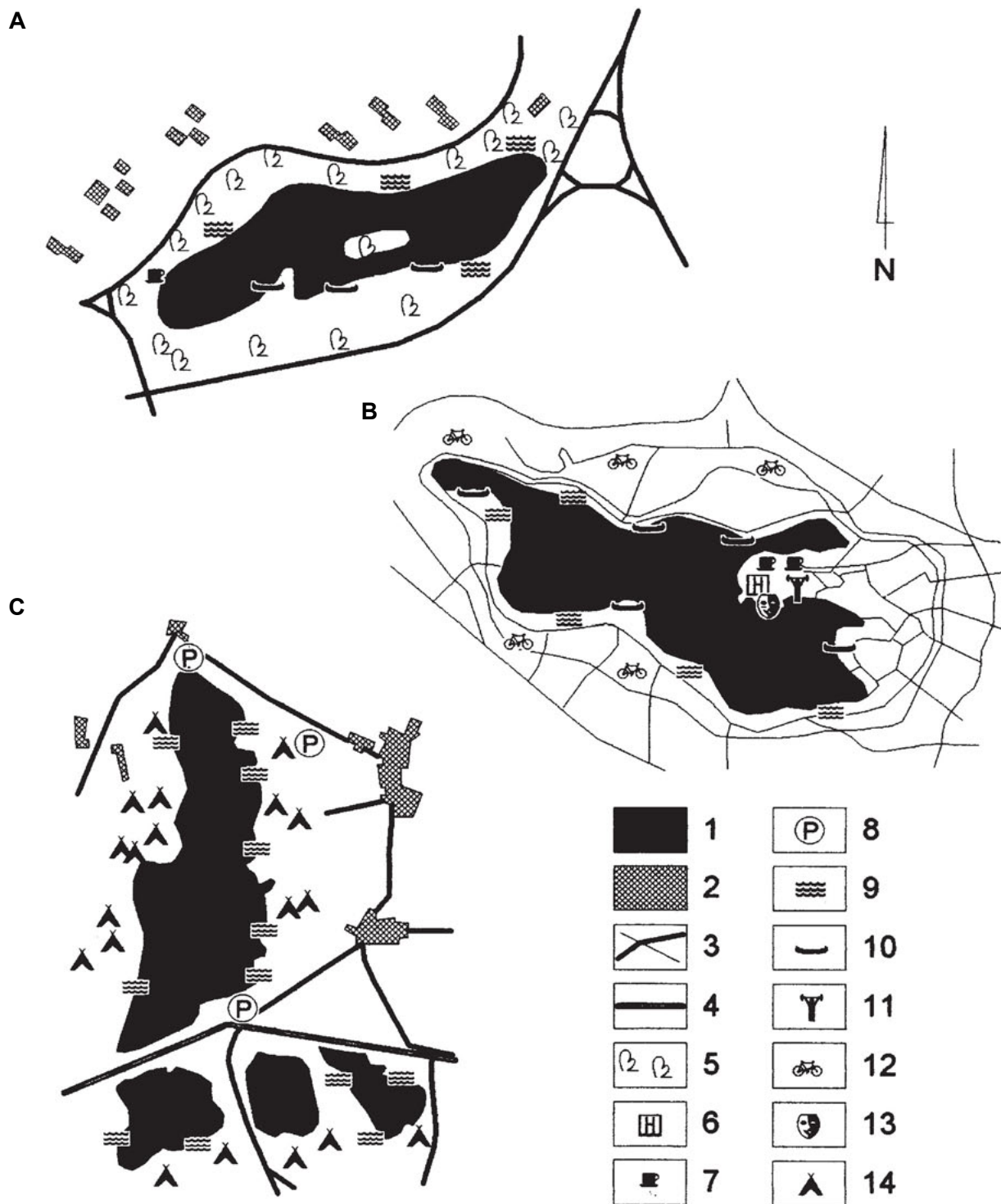
W obrębie niektórych zbiorników wodnych (Dzieckowice, Goczałkowice, Zbiornik Rybnicki) możliwe jest uprawianie tylko wybranych form rekreacji. Takim ograniczeniem, z mocy prawa, podlegającym z reguły akweny traktowane jako źródło wody stosowanej do produkcji wody przeznaczonej do spożycia (Kozłowa Góra), gdzie możliwe jest z pewnymi ograniczeniami wędkowanie (z wybrzeży i ze środków pływających pozostających w zasobach lokalnego koła wędkarskiego), a wszelkie inne formy rekreacji traktowane są jako nielegalne. Ograniczenia możliwości rozwoju rekreacji mogą

być także spowodowane warunkami technicznymi, takimi jak: wahania stanów wody, niewielkie głębokości, zanieczyszczenie wody. Chociaż występują ograniczenia techniczne i prawne w rekreacyjnym użytkowaniu samych zbiorników, niekiedy można w tym celu wykorzystać obrzeża akwenu. Tak jest w przypadku Kozłowej Góry, gdzie są podstawy do utworzenia prawnej formy ochrony przyrody w postaci zespołu przyrodniczo-krajobrazowego obejmującego zbiornik i przylegający do niego kompleks pałacowo-parkowy w Świerklańcu, a także pozostałości Obszaru Warownego „Śląsk”. Atrakcyjność przestrzeni wokół zbiornika sprawia, że cały ten teren jest miejscem rekreacji mieszkańców konurbacji katowickiej, odwiedzanym przez nich najczęściej w trakcie 1-dniowych pobytów w ramach wypoczynku sobotnio-niedzielnego i świątecznego. W obszarze charakteryzującym się wysoką gęstością zaludnienia rozwiązanie to jest niezwykle korzystne, dlatego zbiorniki wodne w regionie górnośląskim są traktowane przede wszystkim jako miejsca wypoczynku sobotnio-niedzielnego (dłuższe pobyty nad jeziorami są raczej sporadyczne). Odrębnym zagadnieniem jest żywiołowość tegoż wypoczynku. Niedostatek miejsc gastronomicznych oraz brak taniej bazy noclegowej skłaniają wypoczywających do krótkiego pobytu najczęściej na dzikich polach namiotowych. Jednak ten rodzaj rekreacji niesie z sobą ogromny problem: zaśmiecenie, zanieczyszczenie wód, hałas itp.

Chociaż rekreacyjno-turystyczne wykorzystanie zbiorników wodnych regionu górnośląskiego – wobec podporządkowania wszelkiej działalności funkcji przemysłowej regionu – nie było priorytetem w trakcie ich projektowania i budowy lub tworzenia, to stawało się powszechnym rozwiązaniem na etapie rekultywacji i zagospodarowania terenów odkształconych antropogenicznie. W planach zagospodarowania przestrzennego była to praktyka tak powszechna, że można podawać w wątpliwość rachunek ekonomiczny tych przedsięwzięć, zwłaszcza w okresie schyłku gospodarki socjalistycznej. Wiele tych koncepcji zarzucono (rys. 44) bądź zostały wdrożone fragmentarycznie (rys. 45), inne były zrealizowane na podstawie zmodernizowanych planów już w dobie gospodarki rynkowej.

Wspomniane wątpliwości wskazują na potrzebę wypracowania algorytmu oceny potencjalnej bądź rzeczywistej atrakcyjności turystyczno-rekreacyjnej zbiorników, który byłby wyznacznikiem zagospodarowania obrzeży i funkcjonalności akwenów. Być może, w wyniku następnie przeprowadzonej oceny, bardziej realna okaże się likwidacja zbiornika wodnego niż sztucznie kreowana rekreacyjna atrakcyjność akwenu w oderwaniu od realiów społeczno-ekonomicznych.

⁴ Według Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 6 maja 1997 r. w sprawie określania warunków bezpieczeństwa osób przebywających w górach, pływających, kąpiących się i uprawiających sporty wodne, które określa szczegółowe wymogi lokalizacji, urządzania i użytkowania kąpielisk i pływalni: a) kąpielisko zorganizowane to teren położony nad obszarem wodnym, z plażą, na stałe przystosowany do kąpiei, z wyznaczonymi i trwale oznaczonymi strefami do kąpiei, wyposażony w urządzenia sanitarne oraz inne urządzenia, takie jak: pomosty, natryski i szatnie; b) kąpielisko prowizoryczne – teren położony nad obszarem wodnym, z plażą, przystosowany do sezonowego wykorzystania, z miejscem do kąpiei prowizorycznie oznakowanym oraz wyposażony w urządzenia sanitarne; c) pływalnia – kryty lub odkryty obiekt wyposażony w sztuczny zbiornik wodny (basen) przeznaczony do kąpiei, mający trwałe brzegi i dno, zaopatrywany w wodę przepływową oraz mający urządzenia sanitarne, szatnie i natryski.



Rys. 44. Przykład rozpatrywanej w latach 70. XX w. koncepcji zagospodarowania turystyczno-rekreacyjnego zbiorników wodnych – Maroko w Katowicach (A), Makoszowy-Sośnica na pograniczu Zabrze i Gliwic (B) oraz Pogoria i Kuźnica Warężyńska w Dąbrowie Górniczej (C):

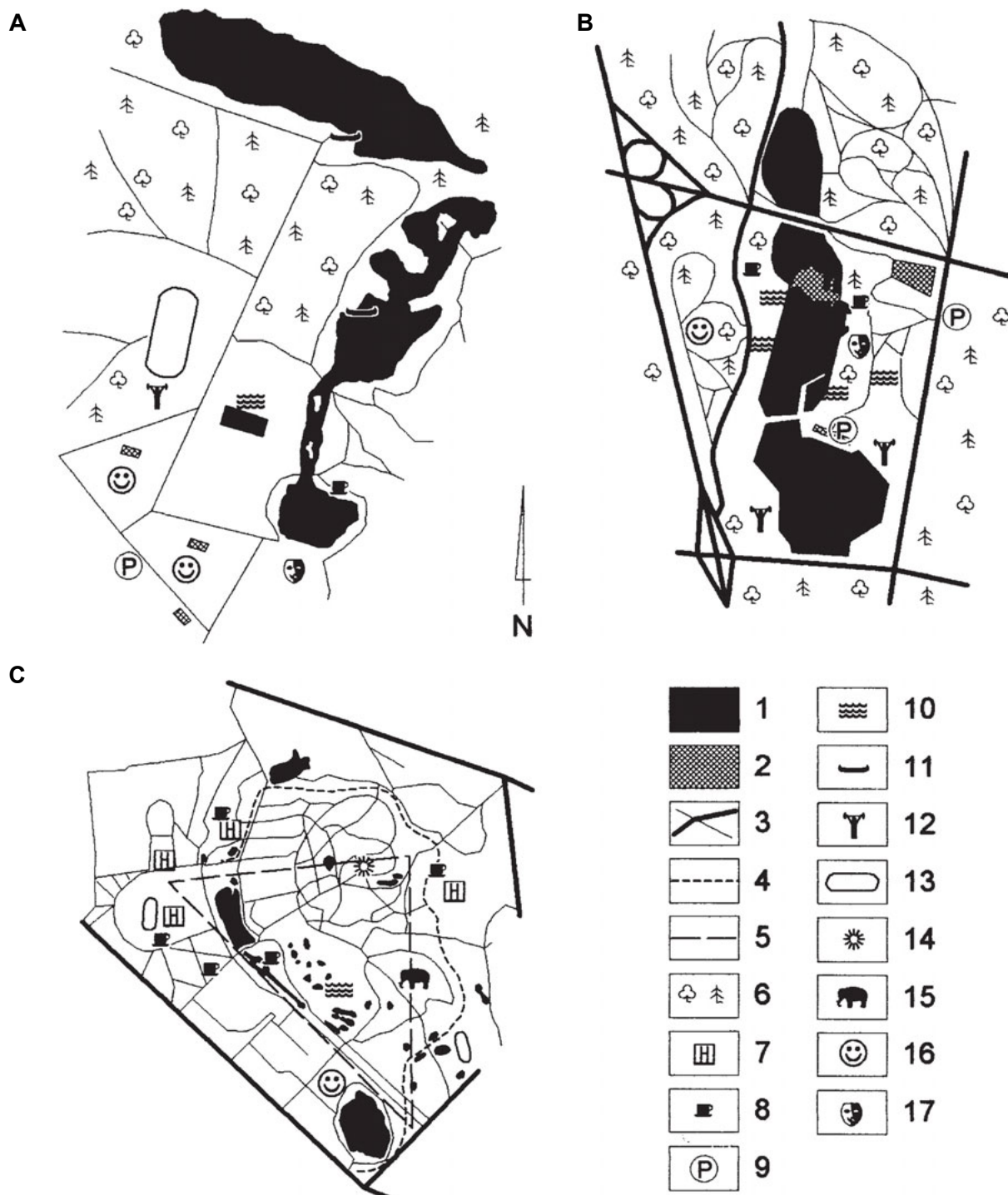
1 – wody, 2 – zabudowa, 3 – drogi i aleje spacerowe, 4 – koleje, 5 – zespoły roślinności krzewiastej, 6 – hotele, pensjonaty, 7 – bary, kawiarnie, restauracje, 8 – parkingi, 9 – baseny, plaże, kąpieliska, 10 – przystanie żeglarskie i kajakarskie, 11 – hale i pawilony sportowe, 12 – tereny sportowe, 13 – amfiteatry, 14 – pola kempingowe, miejsca biwakowe i ośrodki wypoczynkowe

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów archiwalnych Instytutu Urbanistyki i Architektury w Katowicach oraz wywiadu środowiskowego

Fig. 44. Example of considered in the 1970s. conception of touristic-recreational management of water reservoirs – Maroko in Katowice (A), Makoszowy-Sośnica in the borderland of Zabrze and Gliwice (B) as well as Pogoria and Kuźnica Warężyńska in Dąbrowa Górnicza (C):

1 – waters, 2 – built-up areas, 3 – roads and walking alleys, 4 – railways, 5 – complexes of bushy vegetation, 6 – hotels, pensions, 7 – bars, cafés, restaurants, 8 – parking areas, 9 – swimming pools, beaches, watering resorts, 10 – sailing and canoeing ports, 11 – sport halls and pavilions, 12 – sport terrains, 13 – amphitheatres, 14 – campsites, bivouac places and resorts

Source: Made by the author on the base of archival materials taken from the Institute of Town-Planning and Architecture in Katowice and the environmental interview



Rys. 45. Przykład fragmentarycznie wdrożonej koncepcji zagospodarowania turystyczno-rekreacyjnego zbiorników wodnych – Kazimierz Górniczy w Sosnowcu (A), Kąpielisko, Kajakowy i Łąka w Katowicach (B) oraz Parku Kultury i Wypoczynku w Chorzowie (C):

1 – wody, 2 – zabudowa, 3 – drogi i aleje spacerowe, 4 – szynowe kolejki turystyczne, 5 – kolejki linowe, 6 – lasy i zadrzewienia, 7 – hotele, pensjonaty, 8 – bary, kawiarnie, restauracje, 9 – parkingi, 10 – baseny, plaże, kąpieliska, 11 – przystanie żeglarskie i kajakarskie, 12 – hale i pawilony sportowe, 13 – stadiony, boiska, 14 – planetarium, 15 – ośrodki hodowli i aklimatyzacji dzikich zwierząt, 16 – place zabaw, wesołe miasteczka i ogrody spacerowe, 17 – amfiteatry

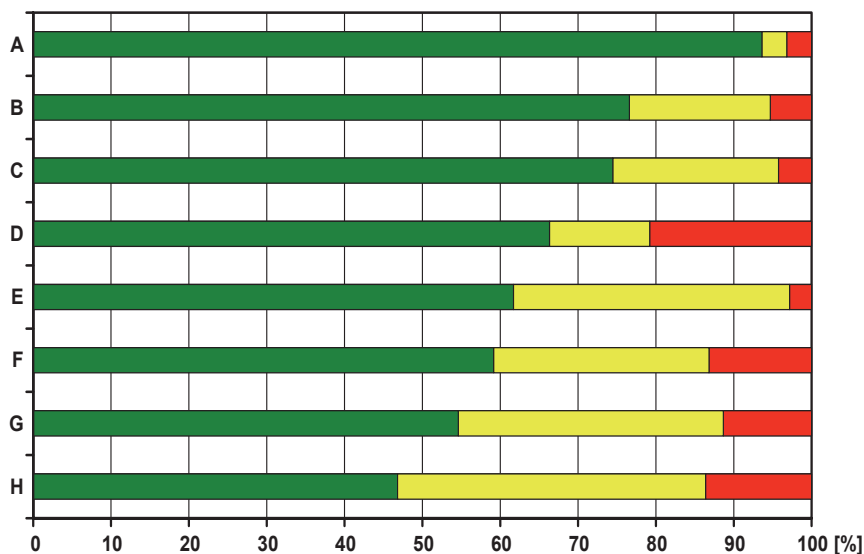
Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów archiwalnych Instytutu Urbanistyki i Architektury w Katowicach oraz wywiadu środowiskowego

Fig. 45. Example of partially implemented conception of touristic-recreational management of water reservoirs – Kazimierz Górniczy in Sosnowiec (A), Kąpielisko, Kajakowy and Łąka in Katowice (B) and Provincial Park of Culture and Recreation in Chorzów (C):

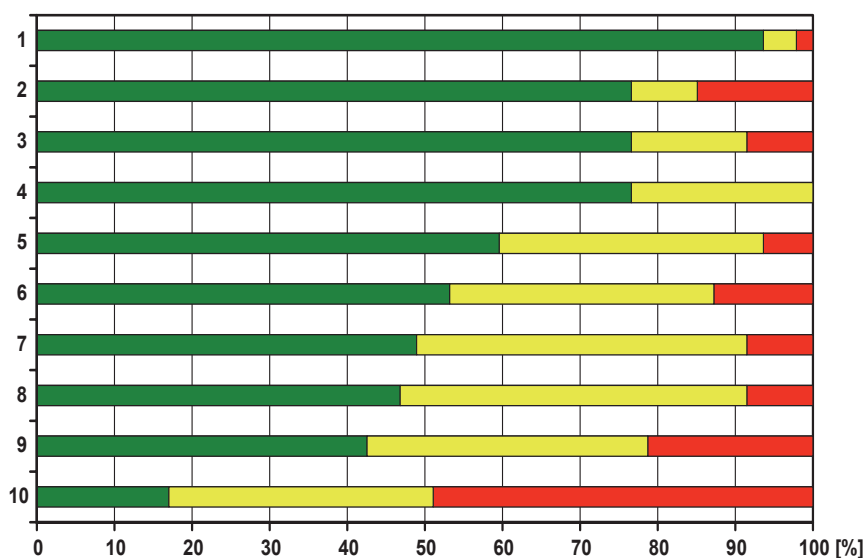
1 – waters, 2 – built-up areas, 3 – roads and walking alleys, 4 – touristic railways, 5 – cable railways, 6 – forests and plantings, 7 – hotels, pensions, 8 – bars, cafés, restaurants, 9 – parking areas, 10 – swimming pools, beaches, watering resorts, 11 – sailing and canoeing ports, 12 – sport halls and pavilions, 13 – stadiums, sports fields, 14 – planetarium, 15 – centres of breeding and acclimatisation of wild animals, 16 – playgrounds, amusement places and walking gardens, 17 – amphitheatres

Source: Made by the author on the base of archival materials taken from the Institute of Town-Planning and Architecture in Katowice and the environmental interview

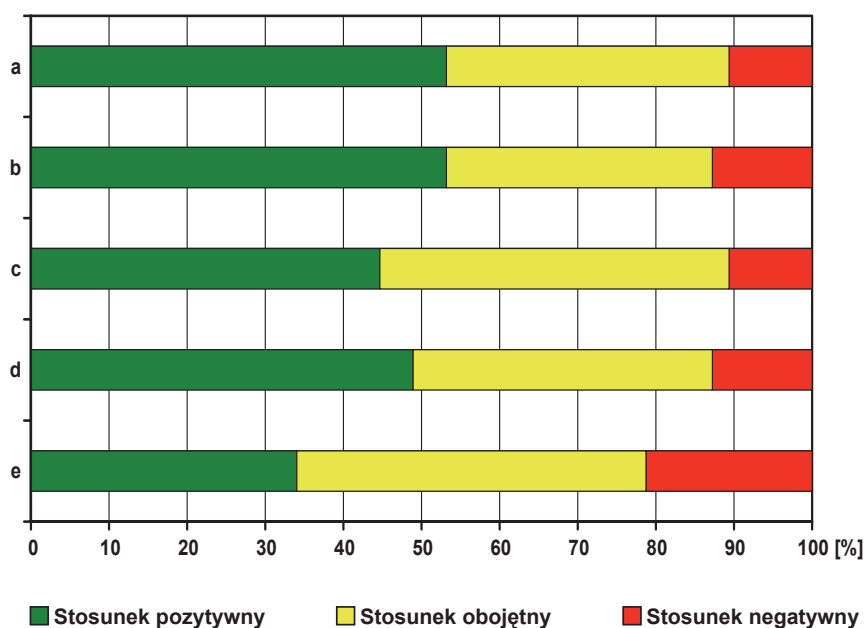
A—H



F



H

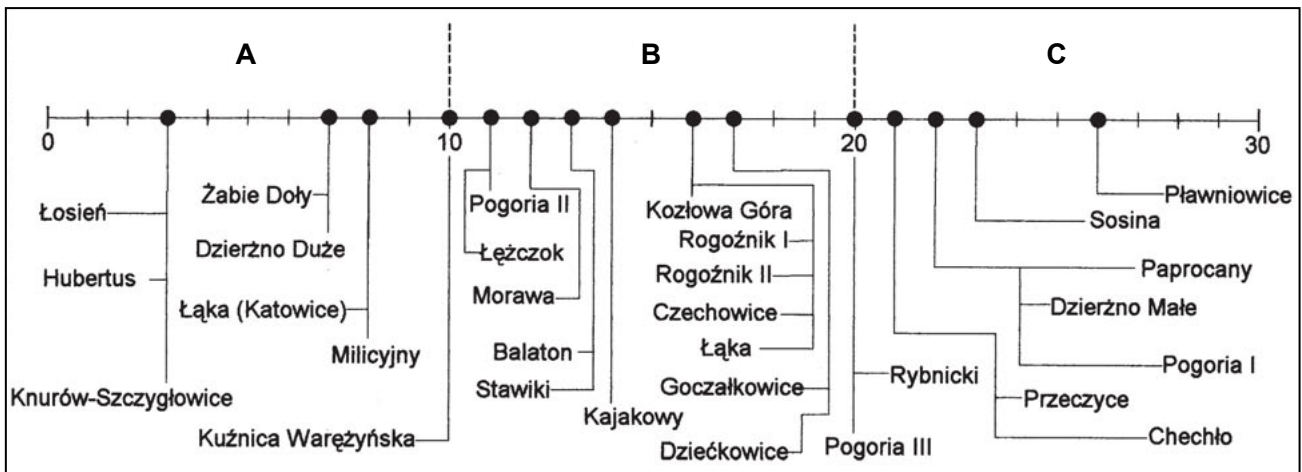


Rys. 46. Stosunek mieszkańców Górnego Śląska i Zagłębia Dąbrowskiego do elementów decydujących o turystyczno-rekreacyjnym znaczeniu zbiorników wodnych na podstawie wyników badań ankietowych: **A** – estetyka akwenu i otoczenia, **B** – infrastruktura komunikacyjna, **C** – instytucje bezpieczeństwa publicznego, **D** – walory przyrodnicze i kulturowe w sąsiedztwie akwenu, **E** – dostępność brzozeów i powierzchni wodnej, **F** – urządzenia turystyczno-rekreacyjne i walory specjalistyczne (1 – plaże, 2 – program kulturalny, 3 – urządzenia do gier zespołowych, 4 – szlaki turystyczne, 5 – żeglowanie, 6 – kąpieliska, 7 – nurkowanie, 8 – kajakerstwo, 9 – sporty motorowodne, 10 – wędkowanie), **G** – baza gastronomiczna, **H** – baza noclegowa (a – kwatery, b – pola namiotowe i kempingi, c – schroniska, d – pensjonaty, e – hotele i motele)
Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych

Fig. 46. Relation of inhabitants of the Upper Silesia and Dąbrowa Basin to elements deciding of touristic-recreational importance of water reservoirs on the base of results of inquiry investigations:

A – aesthetics of reservoir and its neighbourhood, **B** – transport infrastructure, **C** – institutions of public safety, **D** – natural and cultural values in the neighbourhood of reservoir, **E** – access to shores and water surface, **F** – tourist-recreational facilities and specialistic values (1 – beaches, 2 – cultural program, 3 – facilities for team games, 4 – touristic routs, 5 – sailing, 6 – watering resorts, 7 – diving, 8 – canoeing, 9 – motor-boat sports, 10 – angling), **G** – gastronomic base, **H** – sleeping facilities, accommodation (a – guest houses, b – tent fields and campsites, c – shelters, hostels, d – pensions, e – hotels and motels)

Source: Made by the author on the base of results of his own research



Rys. 47. Wyniki oceny atrakcyjności turystyczno-rekreacyjnej zbiorników wodnych regionu górnośląskiego:

A – brak atrakcyjności lub mała atrakcyjność, **B** – mała atrakcyjność, **C** – duża atrakcyjność

Źródło: Opracowanie na podstawie wyników badań własnych

Fig. 47. Results of evaluation of touristic-recreational attractiveness of water reservoirs in the Upper Silesian Region:

A – lack of attractiveness or low attractiveness, **B** – low attractiveness, **C** – high attractiveness

Source: Made by the author on the base of results of his own research

W zaproponowanej ankietowej procedurze punktowej oceny atrakcyjności turystyczno-rekreacyjnej zbiorników regionu górnośląskiego uwzględnione zostały (rys. 46):

- estetyka akwenu i otoczenia – jakość wody (0–2 pkt.) i estetyka otoczenia (0–2 pkt.);
- infrastruktura komunikacyjna – dostępność komunikacyjna (0–1 pkt.) i możliwość parkowania (0–1 pkt.);
- bezpieczeństwo publiczne (0–1 pkt.);
- walory przyrodnicze (0–1 pkt.) i kulturowe (0–1 pkt.) w sąsiedztwie linii brzegowej;
- dostępność brzegów i powierzchni wodnej – dostępność brzegów (0–1 pkt.), dostępność i wielkość powierzchni wodnej (0–1 pkt.), stabilność tafli wody w sezonie (0–1 pkt.);
- urządzenia turystyczno-rekreacyjne i walory specjalistyczne – plaże (0–1 pkt.), program kulturalny (0–1 pkt.), urządzenia do gier zespołowych (0–1 pkt.), wodne szlaki turystyczne, a na lądzie szlaki piesze, spacerowe, dydaktyczne i konne (0–1 pkt.), żeglowność (0–1 pkt.), kąpieliska urządzone i prowizoryczne (0–1 pkt.), nurkowanie (0–1 pkt.), kajakarstwo (0–1 pkt.), sporty motorowodne (0–1 pkt.), wędkowanie (0–1 pkt.);
- baza usługowo-gastronomiczna, tj. sklepy (0–1 pkt.), bary i jadalnie (0–1 pkt.), restauracje (0–1 pkt.);
- baza noclegowa, tj. kwatery (0–1 pkt.), pola namiotowe i kempingi (0–1 pkt.), schroniska (0–1 pkt.), pensjonaty (0–1 pkt.), hotele i motele (0–1 pkt.).

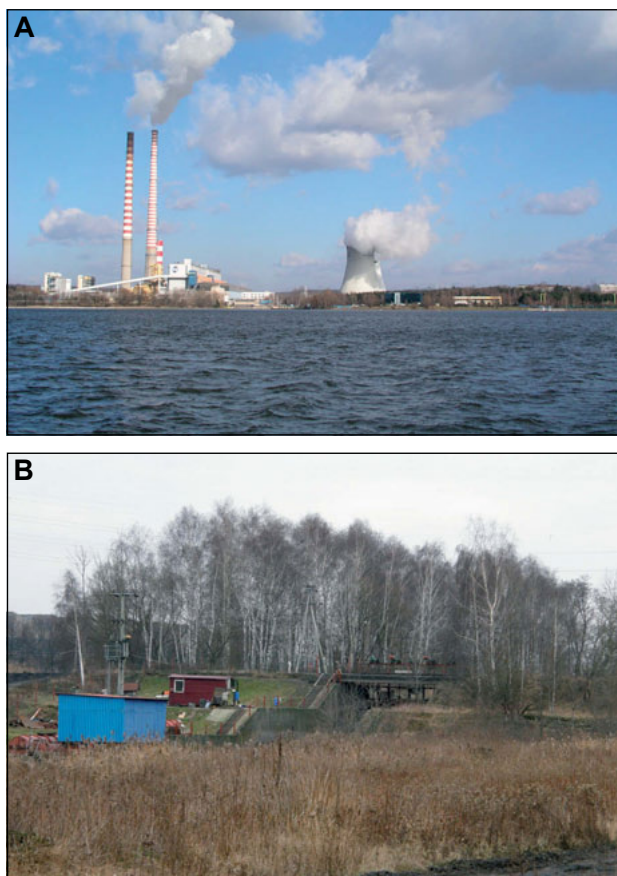
Liczbowo wyrażone wyniki postępowania rankingowego (rys. 47) pozwalają na szeregowa-

nie obiektów wraz z ich klasyfikacją jakościową w trzech grupach, tj. zbiorniki: o braku lub niskiej atrakcyjności (0–10 pkt.), o małej atrakcyjności (10–20 pkt.) i o dużej atrakcyjności (20–30 pkt.). Brak atrakcyjności turystyczno-rekreacyjnej lub niski jej poziom dotyczy zbiorników, które mogłyby być zlikwidowane, o ile nie spełniają innych istotnych funkcji przyrodniczych i społeczno-gospodarczych. Mała atrakcyjność akwenów zaliczonych do drugiej grupy wskazuje na możliwość ich potencjalnego wykorzystania w przyszłości, pod warunkiem przeprowadzenia (najczęściej) zabiegów rekultywacyjnych (np. Łąka) i poprawy zagospodarowania turystycznego (np. Kuźnica Warężyńska). W zarządzaniu zbiornikami zaliczonymi do grupy trzeciej – o dużej atrakcyjności – powinno dążyć się do poprawy wszelkich ich walorów wraz z eliminacją cech negatywnych.

7.4. Funkcje energetyczne

Energetyczne znaczenie zbiorników wodnych w regionie górnośląskim – z powodu różnego rodzaju zastosowania ich wód – jest postrzegane dwojako: raz w procesie technologicznym produkcji energii elektrycznej, tzn. jako odnawialne źródło energii, i raz jako ciecz chłodząca bloki energetyczne konwencjonalnej elektrowni (fot. 10).

Bezpośrednie wykorzystanie spadku przepływającej wody do napędzania generatorów prądu elektrycznego jest stosowane w niewielu przypadkach i to zazwyczaj na terenach zaliczanych do



Fot. 10. Energetyczne znaczenie zbiorników wodnych (fot. M. RZĘTAŁA):

A – Elektrociepłownia „Rybnik” ze zbiornikiem wód chłodniczych, **B** – hydroelektrownia o mocy 75 kW na Kłodnicy, w obrębie misy zbiornika Dzierżno Duże

Photo 10. Energetic importance of water reservoirs (photo by M. RZĘTAŁA):

A – thermal power plant „Rybnik” with reservoir of cooling waters, **B** – hydroelectric power plant of capacity of 75 kW on the Kłodnica within the bowl of Dzierżno Duże reservoir

obrzeżenia regionu górnośląskiego. Przykładem energetycznego wykorzystania piętrzenia wód są zbiorniki w dolinie Soły i pracujące tam trzy hydroelektrownie (w tym jedna szczytowo-pompowa), które wchodzi w skład Zespołu Elektrowni Wodnych Porąbka-Żar S.A. (MACHOWSKI, RZĘTAŁA i in., 2005). W zaporze zbiornika Tresna zainstalowana została hydroelektrownia (szczytowa) wyposażona w dwie turbiny o mocy 21 MW, o możliwości przepływu wody w ilości do 122 m³/s, przy spadzie nominalnym 20,4 m i średniej rocznej produkcji energii elektrycznej na poziomie ok. 32,0 GWh. Nad zaporowym jeziorem Porąbka (Zbiornik Międzybrodzki) wybudowano podziemną elektrownię szczytowo-pompową Porąbka-Żar o mocy 500 MW i średniej rocznej produkcji energii 640 GWh. Wykorzystuje ona energię podziemnego przepływu wody między zbiornikiem na górze Żar a zbiornikiem Porąbka, która po zakończeniu interwencyjnej produkcji elektrycznej jest pompowana do

zbiornika górnego. Również w zaporze zbiornika Porąbka od 1936 r. pracuje hydroelektrownia o mocy 12,6 MW i średniej rocznej produkcji energii elektrycznej rzędu 25 GWh.

Hydroelektrownie o niewielkiej mocy są zainstalowane w zaporze zbiornika Poraj na Warcie (trzy turbiny o łącznej mocy 230 kW, uruchamiane od 1996 r. odpowiednio w zależności od wielkości odpływu, przy wymaganym dla pracy wszystkich turbin przepływie powyżej 3 m³/s), a także w zaporze zbiornika Wisła Czarne (eksploatowany od 1991 r. hydrozespół o mocy 100 kW). Również nad zbiornikiem Dzierżno Duże funkcjonuje niewielkiej mocy (75 kW) hydroelektrownia, która wykorzystuje spadek Kłodnicy przy kaskadzie wlotowej do zbiornika (nie należy utożsamiać funkcjonowania tego obiektu z energetycznym użytkowaniem wód zbiornika, a jedynie z położeniem w strefie cofkowej akwenu).

Drugi rodzaj energetycznego znaczenia wód stojących wiąże się z ich użyciem jako cieczy chłodzącej bloki energetyczne konwencjonalnej elektrowni i powrotnym odprowadzeniem (zrzutem) do zbiornika. Modelowym przykładem takiego zbiornika w regionie górnośląskim jest rybnickie jezioro zaporowe. W obiegu chłodzącym elektrowni uczestniczą, zdaniem W. KOZŁOWSKIEGO i in. (1981), maksymalnie 32,2 m³/s wody.

7.5. Znaczenie dla żeglugi śródlądowej

Zbiorniki wodne w regionie górnośląskim, poza nielicznymi przypadkami, nie spełniają bezpośrednio funkcji transportowych. Znaczenie dla żeglugi śródlądowej mają natomiast rzeki: Odra, Wisła i Przemsza, a także kanały: Gliwicki, Kędzierzyński i Nowa Odra. Zadania związane z żeglugą śródlądową, przez wykorzystanie wód do zasilania w wodę położonych niżej sekcji Kanału Gliwickiego (rys. 48), a pośrednio również do poprawy warunków żeglugowych na Odrze, spełniają zbiorniki wodne w dorzeczu Kłodnicy, tj.: Dzierżno Duże, Dzierżno Małe, Pławniowice.

Pośrednio o znaczeniu, jakie dla zapewnienia funkcjonowania Kanału Gliwickiego ma zbiornik wodny Dzierżno Duże, świadczy liczba śluzowań wykonanych na śluzie Dzierżno (fot. 11). Jedno śluzowanie wymaga zasilania wodą w ilości prawie 10 tys. m³, przy czym znaczna ich część miała charakter krzyżowy (część wody z wypełnionej komory przed spuszczeniem do dolnej sekcji przepływa do sąsiedniej pustej komory). W latach 70. i 80. XX w. podczas sezonu nawigacyjnego,

Rys. 48. Znaczenie zbiorników wodnych Dzierżno dla żeglugi śródlądowej:

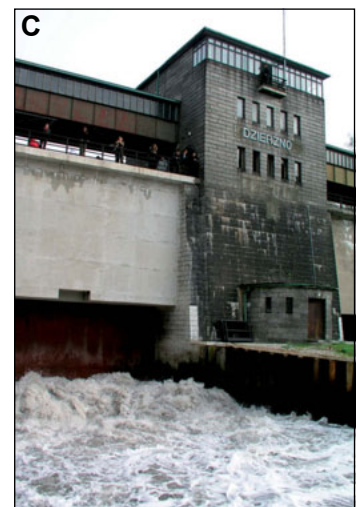
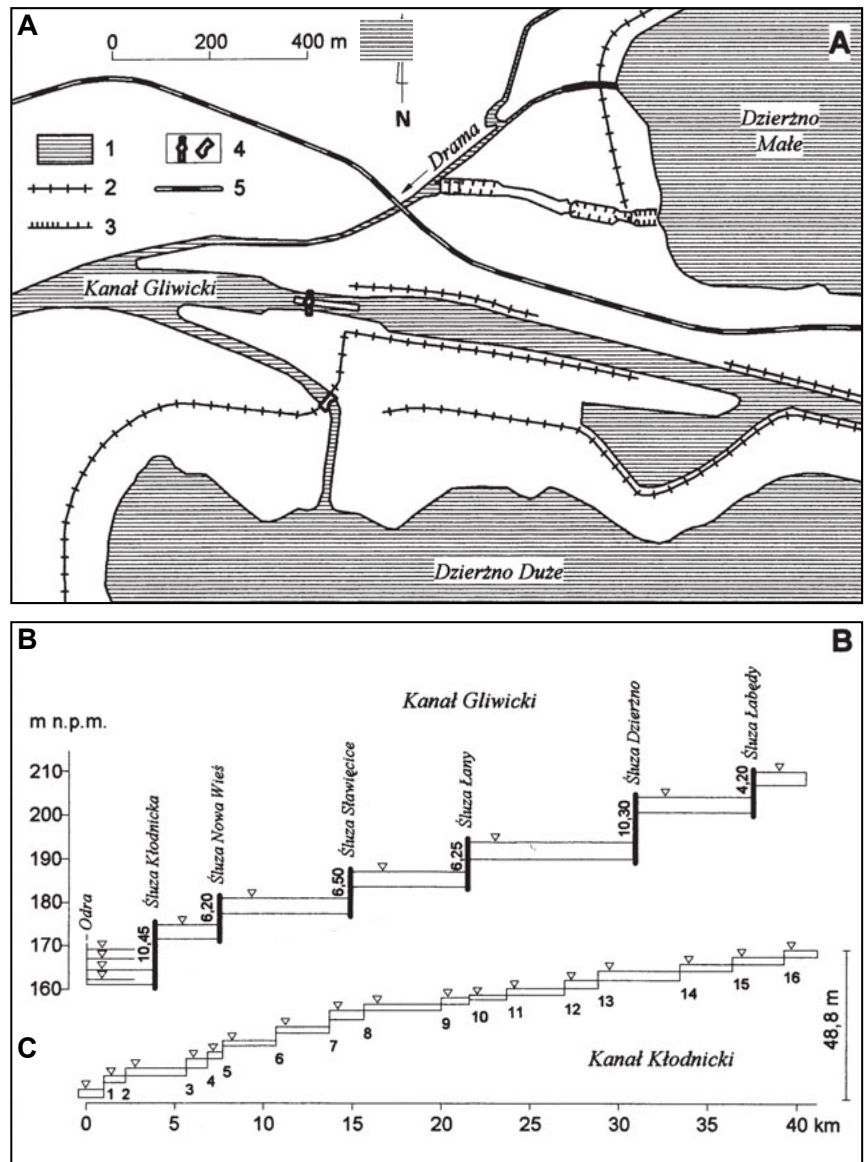
A – okolice śluzy Dzierżno na Kanale Gliwickim (1 – wody powierzchniowe, 2 – groble i obwałowania, 3 – obudowa nieczynnego koryta, 4 – obiekty gospodarki wodnej i urządzenia hydrotechniczne, np.: śluzy, jazy, upusty, 5 – linie kolejowe); **B** – sekcje Kanału Gliwickiego (wg BORN, 1948; uproszczone); **C** – sekcje dawnego Kanału Kłodnickiego (wg BORN, 1948; uproszczone)

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 48. Importance of Dzierżno water reservoirs for inland navigation:

A – neighbourhood of Dzierżno sluice on the Gliwice Canal (1 – surface waters, 2 – dikes and embankments, 3 – timbering of inactive channel, 4 – objects of water management and hydraulic structures e.g. sluices, weirs, spillways, 5 – railway lines); **B** – sections of Gliwice canal (after: BORN, 1948; simplified); **C** – section of the former Kłodnica Canal (after: BORN, 1948; simplified)

Source: Made by the author



Fot. 11. Kanał Gliwicki w rejonie śluzy Dzierżno (fot. M. RZĘTAŁA):

A – sekcja kanału poniżej śluzy Dzierżno, **B** – sekcja kanału powyżej śluzy Dzierżno (na pierwszym planie wypełniona wodą komora śluzy), **C** – zabudowania śluzy Dzierżno

Photo 11. Gliwice Canal in the neighbourhood of Dzierżno sluice (photo by M. RZĘTAŁA):

A – section of canal below Dzierżno sluice, **B** – section of canal above Dzierżno sluice (foreground – sluice chamber filled with water), **C** – buildings of Dzierżno sluice

trwającego przeciętnie od marca do grudnia, wykonywano – według danych ODGW w Gliwicach – od ok. 2,6 tys. śluzowań do ok. 5,2 tys. śluzowań, przy średniej wynoszącej ponad 3,7 tys. Od 1991 r. notuje się spadek zainteresowania transportowym wykorzystaniem Kanału Gliwickiego (RZĘTAŁA, 2007b).

Wskazówką, która również mówi o znaczeniu zbiorników dla śródlądowego transportu wodnego, jest możliwość wykorzystania wód Kłodnicy, której średni roczny przepływ w profilu Gliwice zmienił się w okresie funkcjonowania Kanału Gliwickiego od ok. 3 m³/s w latach 40. XX w. do ok. 7 m³/s w latach 1950–1980, a ponownie spadł do ok. 6 m³/s w ostatnich dwóch dekadach XX w. Wody Kłodnicy częściowo były używane do zasilania Kanału Gliwickiego w okolicach gliwickiego portu, a częściowo – kierowane do zbiornika Dzierżno Duże, skąd były odprowadzane do zasilania niżej położonych sekcji kanału w czasie uzależnionym od potrzeb wodnych.

7.6. Znaczenie eksploatacyjne (pozyskiwanie surowców)

Na obszarze regionu górnośląskiego znaczenie zupełnie marginalne ma wydobycie surowców mineralnych z mis zbiornikowych. Wiąże się to przede wszystkim ze stosunkowo krótkim czasem funkcjonowania zbiorników; na tyle krótkim pod względem geologicznym, że nie powstały w nich jeszcze złoża surowców znajdujących jakiegokolwiek zastosowanie. Podkreślenia wymaga fakt, iż przez sformułowanie „pozyskiwanie surowców mineralnych” należy rozumieć wyłącznie eksploatację materiału genetycznie związanego ze zbiornikiem. Zatem będący materiałem eksploatacyjnym piasek naniesiony wcześniej przez prądy przybrzeżne do zatoki zbiornika będzie świadczył o jego eksploatacyjnej funkcji, w przeciwieństwie do piasku wydobywanego w granicach odkrywki eksploatacyjnej sukcesywnie wypełnianej wodą.

Namiastką eksploatacyjnego znaczenia zbiorników antropogenicznych w regionie górnośląskim jest akwen Dzierżno Duże. W jego wschodniej części powstała znacznych rozmiarów delta, zbudowana między innymi z miazgi węglowej i osadu ściekowego naniesionego przez Kłodnicę (fot. 12). Rzeka ta odwadnia zachodnią część silnie uprzemysłowanej i zurbanizowanej Wyżyny Katowickiej, dostarczając do misy materiał, który po sedymentacji ulega kompaktacji i jest wzbogacany materiałem pochodzącym z sedimentacji. Wyniki wykonanych

w 2007 r. badań mineralogicznych i glebowych na zawartość węgla organicznego w osadach deltowych wykazały jego 25,1–51,6% udział, a określone straty prażenia wynosiły średnio 63,4%, przy zakresie wahań od 43,4% do 78,2%, i świadczą o ukształtowaniu antropogenicznego złoża surowców energetycznych.

Jak wynika z wcześniejszych doniesień (RZĘTAŁA, 2000a, 2003, 2007b), zanieczyszczenie osadów w obrębie delty Kłodnicy w zbiorniku Dzierżno Duże nie przekreśla możliwości ich gospodarczego wykorzystania jako wystarczająco energetycznego paliwa. Ich łączna kubatura jest szacowana na ok. 2 hm³, a przestrzenna koncentracja spełnia wymogi złoża antropogenicznego o odnawialności rzędu 150 tys. t rocznie. Okresowa eksploatacja utworów zdeponowanych przez Kłodnicę jest prowadzona w ramach akcji oczyszczania misy jeziornej, z zaangażowaniem sprzętu pływającego i zbudowanego nabrzeża przeładunkowego z miejscem uzdatniania urobku, przy bocznicy kolejowej na północnym brzegu zbiornika. Działalności eksploatacyjnej towarzyszy obniżenie rzędnej zwierciadła wody na tyle istotne, że powierzchnia delty jest częściowo osuszona i sprzyja również na niewielką skalę tzw. dzikiej eksploatacji antropogenicznego złoża (RZĘTAŁA i in., 2006).

W kategoriach eksploatacyjnego znaczenia zbiorników wodnych postrzega się także pozyskiwanie osadów dennych w wyniku bagrowania lub ich usuwania po osuszeniu misy. Wykorzystanie tego materiału jako gruntu do zabiegów rekultywacyjnych i odrębnych prac ziemnych jest uzależnione od spełnienia standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi⁵. W świetle obostrzeń prawnych, osady z wyszczególnionych akwenów można stosować jedynie w ograniczonym zakresie – zależnym dodatkowo od wodoprzesączalności gruntu – na terenach przemysłowych, użytkach kopalnych i terenach komunikacyjnych. Przyczyną takiego ograniczenia są przekroczone stężenia przede wszystkim: cynku, kadmu i ołowiu, a epizodycznie innych pierwiastków. Omówione wcześniej skażenie metalami ciężkimi osadów dennych powoduje ich całkowitą nieprzydatność do gospodarczego zastosowania na terenach rolniczych podlegających ochronie i terenach leśnych.

⁵ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby i standardów jakości ziemi (Dz.U. nr 165, poz. 1359) określa maksymalne stężenia metali w przypadku trzech rodzajów gruntów (objętych ochroną prawną i rolniczych, leśnych, przemysłowych oraz użytków kopalnych i terenów komunikacyjnych), przy czym materiał z dna zbiorników, poza spełnianiem wymogów dla wymienionych gruntów, nie może pod względem zawartości metali przekraczać koncentracji w miejscach przeznaczenia.



Fot. 12. Eksploatacja delty Kłodnicy w ramach oczyszczania zbiornika Dzierżno Duże:

A – delta Kłodnicy zbudowana z osadu pościekowego i miazgu węglowego (fot. M. RZĘTAŁA i J. KRAWCZYK), **B** – bagier w strefie krańcowej delty (fot. M. RZĘTAŁA), **C** – tymczasowy zakład uzdatniania urobku na północno-wschodnim wybrzeżu zbiornika (fot. M. RZĘTAŁA), **D** – teren składowania i przeładunku urobku na północnym wybrzeżu zbiornika (fot. M. RZĘTAŁA)

Photo 12. Exploitation of the Kłodnica delta within the process of purification of Dzierżno Duże reservoir:

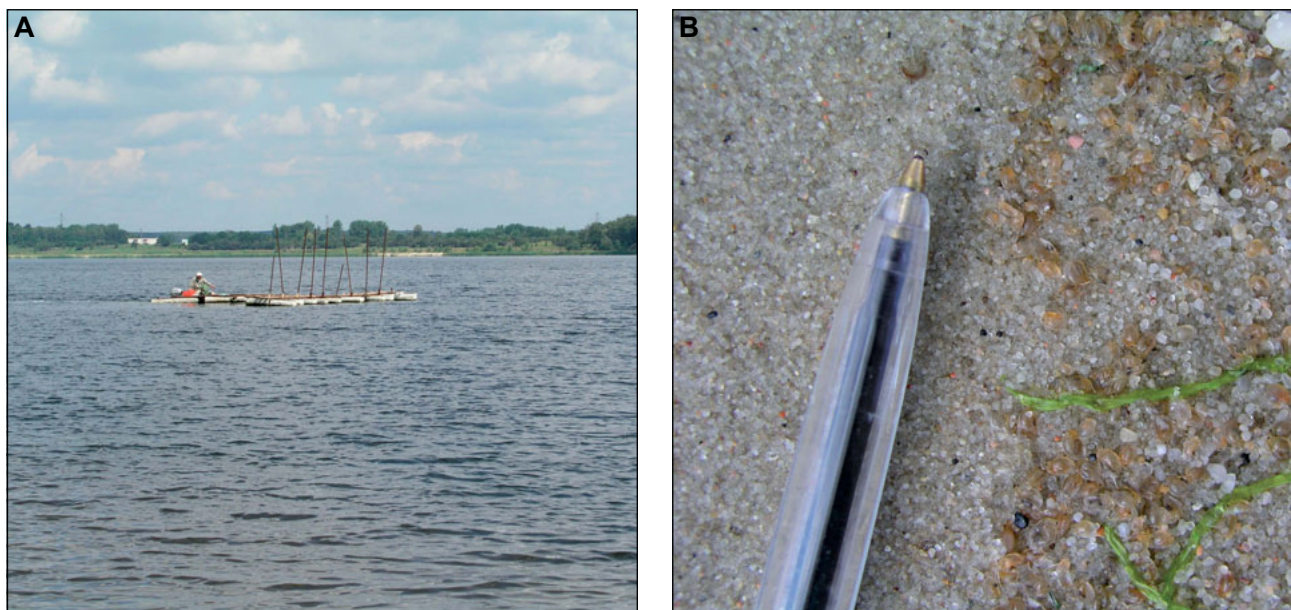
A – the Kłodnica delta built of post-sewage deposits and coal-dust (photo by M. RZĘTAŁA and J. KRAWCZYK), **B** – dredge in the marginal zone of delta (photo by M. RZĘTAŁA), **C** – temporary plant of output treatment at south-eastern shore of reservoir (photo by M. RZĘTAŁA), **D** – terrain of output deposition and reloading at the northern shore of reservoir (photo by M. RZĘTAŁA)

7.7. Chów oraz hodowla ryb i innych organizmów wodnych

Funkcje utożsamiane z chowem i hodowlą ryb (sporadycznie zaś innych organizmów wodnych) są stosunkowo rzadko przypisywane zbiornikom wodnym w centralnej części regionu górnośląskiego i dość powszechnie zwłaszcza w południowej jego części. W pierwszym przypadku wynika to bezpośrednio z wieloletniego obciążenia zanieczyszczeniami wód powierzchniowych, a w drugim – z korzystnego jakościowo zasilania wodą. Największe powierzchniowo zbiorniki hodowlane występują w dolinie Wisły (np. Dolina Małej Wisły, gdzie zapewne mnogość akwenów wód stojących sprawiła, że teren ten nazywa się „Żabim Krajem”), w dolinach niektórych dopływów Odry (np.

stawy Łęczczok) i w okolicach Siewierza, np. zlokalizowane w strefie cofkowej zbiornika Przeczyce i u ujścia Mitregi do Czarnej Przemszy. Stawy hodowlane charakteryzują się wysokim poziomem żyzności wód, a także specyficznym sposobem gospodarki wodnej, której istotą polega na wiosennym napełnianiu oraz jesiennym opróżnianiu misy.

Obfitość substancji pożywkowych – dawniej ze źródeł rolniczych i stale ze źródeł miejsko-przemysłowych – przyczyniła się do postępującej eutrofizacji zbiornika Dzierżno Duże. Żyzne warunki akwenu okazały się idealne dla rozwoju w środowisku wodnym wielu organizmów zwierzęcych, spośród których rozwielitki z rodzaju *Daphnia*, należące do podrzędu wioślarek (*Cladocera*), przyczyniły się do bardzo specyficznego kierunku eksploatacji zbiornika. Te drobne skorupiaki zamieszkujące



Fot. 13. Indywidualnie organizowany odłów drobnych skorupiaków ze zbiornika Dzierżno Duże, które służą jako pokarm dla ryb akwariowych (A) oraz zooplankton (B) zdeponowany na piaszczystej plaży (fot. M. RZĘTAŁA)

Photo 13. Individually organised catch of small-sized crustaceans from Dzierżno Duże reservoir, which serve as the food for aquarium fish (A) and zooplankton (B) deposited at sandy beach (photo by M. RZĘTAŁA)

wody stojące od wiosny do jesieni są pozyskiwane latem ze zbiornika przez osoby wyposażone w specjalistyczny sprzęt własnej konstrukcji do odłowu i suszenia. Odpowiednio przygotowane rozwielitki stanowią doskonały suszony pokarm dla ryb, powszechnie stosowany w akwarystyce. Ten kierunek „dzikiej” eksploatacji wód zbiornika (fot. 13) jest na tyle opłacalny, że trudni się nim latem kilkadziesiąt osób stale przebywających w tym okresie nad zbiornikiem (zwłaszcza na południowym jego wybrzeżu).

7.8. Pozostałe funkcje

Spośród wszystkich zadań realizowanych z wykorzystaniem zbiorników wodnych w regionie górnośląskim na uwagę zasługują również inne funkcje postrzegane jako powszechne bądź unikalne na skalę regionalną, ogólnokrajową, a nawet środkowoeuropejską. W grupie pozostałych funkcji społeczno-gospodarczych wyróżnia się najczęściej znaczenie: przeciwpożarowe, przemysłowe (np. w odniesieniu do osadników różnego rodzaju wód), komunalne (np. zbiorniki przy oczyszczalniach ścieków lub wyrównawcze, włączone w sieć transportu wody), militarne lub obronne itp.

Ewenementem na skalę ogólnopolską i środkowoeuropejską (przy nielicznych przykładach ze świata) jest dawne militarno-obronne znaczenie

zbiornika Kozłowa Góra na Brynicy (JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2003), a właściwie jego wybudowanie wyłącznie w takim celu. Rzeka ta, stanowiąc oś podmokłej doliny, była istotnym elementem środowiska wodnego w koncepcjach strategicznych i militarnych II Rzeczypospolitej. W latach 30. XX w., po pogorszeniu stosunków polsko-niemieckich, władze polskie podjęły decyzję o wzniesieniu wzdłuż górnośląskiego odcinka granicy systemu umocnień, znanego pod nazwą Obszar Warowny „Śląsk”. System umocnień stałych i polowych (np.: schrony bojowe, zapory przeciwczołgowe, stanowiska artylerii, okopy, koszary), wraz z licznymi obiektami towarzyszącymi i zabezpieczającymi, został wybudowany w latach 30. XX w. w celu osłony należącej do Polski po plebiscycie i powstaniach śląskich części Górnego Śląska, a rozciągał się od okolic Przeczyc, Nowej Wsi, Tąpkowic i Niezdary na północy aż po Mikołów, Wiry, Rybnik i Pszczynę na południu (JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2003). Elementem linii umocnień Obszaru Warownego „Śląsk” był zbiornik Kozłowa Góra, pierwotnie utworzony wyłącznie dla celów strategicznych (militarno-obronnych). Prace ziemne, polegające na kształtowaniu jego czaszy, połączone z budową zapory czołowej i obwałowań, wykonano tuż przed drugą wojną światową, w latach 1935–1939. Wiele obiektów wchodzących w skład tego systemu umocnień zachowało się do czasów współczesnych (fot. 14), podobnie jak pozostałości infrastruktury umożliwiającej ówczesne podtopienie doliny Brynicy na odcinku od Niezdary do Bobrownik (fot. 14).



Fot. 14. Zbiornik Kozłowa Góra wraz z otoczeniem jako element Obszaru Warownego „Śląsk” (fot. M. RZĘTAŁA):

A – makieta północnego krańca Obszaru Warownego „Śląsk”, **B** – Obszar Warowny „Śląsk” w okolicach zapory zbiornika Kozłowa Góra, **C** – pozostałości urządzeń piętrzących wodę na Brynicy ok. 2 km poniżej zapory czolowej zbiornika Kozłowa Góra, **D** – polski schron bojowy z lat 30. XX w. w Dobieszowicach

Photo 14. Kozłowa Góra reservoir together with its neighbourhood as an element of Fortified Area „Silesia” (photo by M. RZĘTAŁA):

A – miniature model of the northern confines of Fortified Area „Silesia”, **B** – Fortified Area „Silesia” in the neighbourhood of dam of Kozłowa Góra reservoir, **C** – remains of mechanisms damming water on the Brynica about 2 km below the frontal dam of Kozłowa Góra reservoir, **D** – Polish fighting shelter from the 1930s. in Dobieszowice

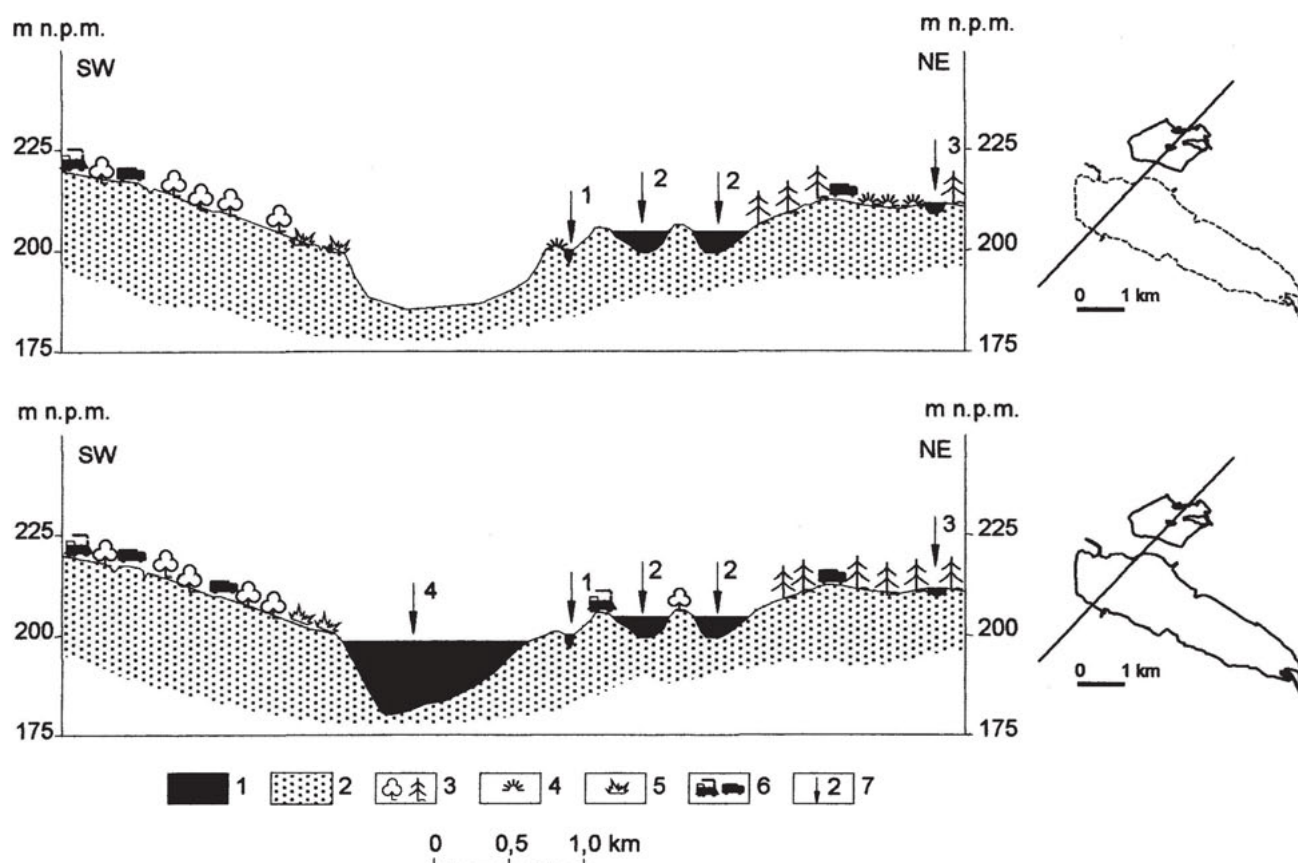
8. Modele zmian użytkowania zbiorników wodnych i ich otoczenia

Podstawowym warunkiem decydującym o charakterze użytkowania zbiorników wodnych oraz zagospodarowaniu strefy litoralnej jest jakość wód limnicznych. Niezależnie od sposobów oceny stanu jakościowego wód stojących – czy to w rezultacie monitoringu zgodnie z procedurą wypracowaną przez IOŚ (KUDELSKA i in., 1994), czy to przez kompleksowe badania osadów dennych jako dobrego wskaźnika cech otaczającego środowiska (RZETALA, 2003; RZETALA i in., 2006) – informuje on o wpływie lokalnych bądź regionalnych uwarunkowań przyrodniczych oraz dokumentuje ważniejsze przekształcenia przemianami społeczno-gospodarczymi i politycznymi, które łącznie składają się na przemiany krajobrazu kulturowego. Przyczyny przemian krajobrazowych w okolicach zbiornika są najczęściej procesami przebiegającymi nawet dziesiątki kilometrów od jego linii brzegowej, w pierwszej kolejności zaś to te, które zachodzą w zlewni. Rzadziej ich uwarunkowania mają charakter autochtoniczny. Aby zobrazować te procesy, rozpatrzono na kilku przykładach przekształcenia krajobrazu w otoczeniu zbiorników, co pozwoliło z kolei na wyróżnienie charakterystycznych scenariuszy przekształceń.

Okolice zbiorników wodnych Dzierżno Duże i Dzierżno Małe jeszcze w pierwszej połowie XX w. znajdowały się pod wpływem transportowej funkcji Kanału Kłodnickiego, a później Kanału Gliwickiego, których trasy przebiegały miejscami podmokłą doliną rzeki Kłodnica, urozmaiconą występowaniem nadrzecznej roślinności łąkowej i łąkowej, towarzyszącej połaciom gruntów użytkowanych rolniczo. Pierwsze niewielkie zagłębienia wypełnione wodą powstały w obrębie pól po powierzchniowej eksploatacji piasków czwartorzędowych. Wypełniająca je woda jaskrawo kontrastowała z formami eolicznymi powstającymi na sztucznie odwodnionych fragmentach dna odkrywkami. Elementy krajobrazu utożsamiane były w tym okresie przede wszystkim z urządzeniami eksplo-

atacyjnymi, specjalną infrastrukturą transportową, zapleczem technicznym, składowiskami skał nadkładu itp. Kolejny okres transformacji krajobrazowej nastąpił wraz z zakończeniem eksploatacji i utworzeniem w wyrobiskach zbiorników wodnych (rys. 49), które są zasilane wodami ze zlewni miejsko-rolniczej (Dzierżno Małe) i miejsko-przemysłowej (Dzierżno Duże). W przypadku zbiornika Dzierżno Małe zły stan jakościowy środowiska wodnego znacznie utrudnia rozwój funkcji rekreacyjnej. Zbiornik Dzierżno Duże wraz z obrzeżami pozostaje niezagospodarowany pod względem turystyczno-rekreacyjnym, chociaż południowe wybrzeża miejscami charakteryzują się dużym poziomem estetyki, a akwen z przyległą sekcją Kanału Gliwickiego jest jedną z cenniejszych w regionie ostoju ptactwa wodnego jako miejsce zimowania ptaków wodnych. Nieodpowiadająca normom jakość wód nie przeszkadza zasadniczo w wypełnianiu przez te akweny zadań przeciwpowodziowych oraz funkcji transportowych przez wykorzystanie ich wód do zasilania Kanału Gliwickiego, a pośrednio również Odry. Zbiornik Dzierżno Duże z powodzeniem pełni funkcję osadnika zanieczyszczonych wód Kłodnicy (JAGUŚ i in., 2004; KAMIŃSKI i in., 2003).

Przykładem formowania się krajobrazu post-rolniczego i postindustrialnego jest zbiornik Kozłowa Góra (rys. 50). Został on zaplanowany na terenach nieużytków dawnego pogranicza rosyjsko-pruskiego, co najwyżej wykorzystywanych rolniczo i w gospodarce leśnej. Zbiornik ten utworzono w latach 1935–1939 dla celów militarnych; stanowił element systemu umocnień stałych i polowych (np.: schrony bojowe, zapory przeciwczołgowe, stanowiska artylerii) Obszaru Warownego „Śląsk”. Był więc elementem krajobrazu warownego. W pierwszych latach powojennych (1948–1951), w związku z ciągłymi niedoborami wody w regionie górnośląskim, zbiornik ten zaadaptowano do funkcji rezerwuaru wody pitnej wodociągowej, wznosząc stację uzdatniania wody. Tym



Rys. 49. Szkic krajobrazowego przekroju poprzecznego przez dolinę Kłodnicy w okolicach zbiorników Dzierżno (szkic górny – lata 60. XX w.; szkic dolny – koniec XX w.):

1 – wody powierzchniowe, 2 – utwory czwartorzędowe, 3 – lasy i zadrzewienia, 4 – łąki wilgotne, 5 – łąki suche, 6 – tereny komunikacyjne, 7 – obiekty hydrologiczne (1 – Kanał Gliwicki, 2 – zbiornik Dzierżno Małe, 3 – rozlewiska zwane zbiornikami Dzierżno I, 4 – zbiornik Dzierżno Duże)
 Źródło: Opracowanie własne

Fig. 49. Sketch of landscape cross-section through the Kłodnica valley in the neighbourhood of Dzierżno water reservoirs (top sketch – 1960s.; bottom sketch – the end of the 20th century):

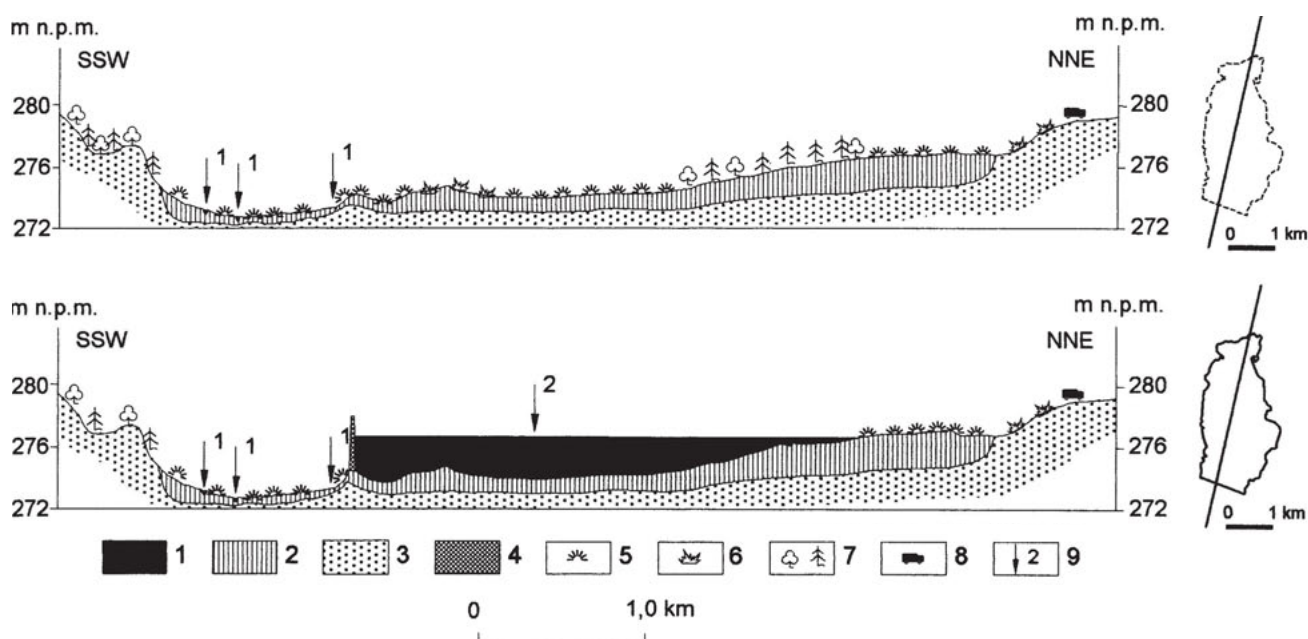
1 – surface waters, 2 – Quaternary deposits, 3 – forests and plantings, 4 – humid meadows, 5 – dry meadows, 6 – transport terrains, 7 – hydrological objects (1 – Gliwice Canal, 2 – Dzierżno Małe water reservoir, 3 – floodings i.e. so-called Dzierżno I water reservoirs, 4 – Dzierżno Duże water reservoir)

Source: Made by the author

samym w okresie gospodarki socjalistycznej był elementem krajobrazu podporządkowanego funkcji zaopatrzenia w wodę z wszelkimi konsekwencjami decyzyjnymi, np. ograniczeniem rekreacji czy ograniczeniem dostępności niektórych sektorów akwenu. Spadek zapotrzebowania na wodę w okresie gospodarki rynkowej (likwidacja nierentownych zakładów przemysłowych, oszczędność wody) spowodował ograniczenie pracy ujęcia wody i podjęcie działań adaptujących zbiornik do szerszego wykorzystania: rekreacyjnego, turystycznego i edukacyjnego. Naciskom społeczności lokalnych dążących do udostępnienia zbiornika na potrzeby rekreacji sprzyjało kilkuletnie zaprzestanie produkcji wody na przełomie wieków oraz zmiana prawnych uregulowań środowiska wodnego, wymuszonych przystąpieniem Polski do Unii Europejskiej. Przemiany krajobrazu w środkowej części doliny Brynicy przebiegały więc według scenariusza od typów naturalnych i *quasi*-naturalnych

przez kulturowe z enklawami naturalnych (łąkowych, leśnych) i typowo kulturowe: rolnicze, parkowe, militarno-obronne, przemysłowe, oraz komunalne, a ostatnio typów krajobrazów coraz wyraźniej związanych ze sferą usług dla rekreacji i turystyki (JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2003; RZĘTAŁA, 2003; KAMIŃSKI in., 2003; RZĘTAŁA i in., 2006). Podobne przemiany formowania nowych typów krajobrazów kulturowych obserwuje się w sąsiedztwie innych zbiorników zaporowych (rys. 51): Goczałkowickiego, Rybnickiego, Przeczyckiego.

Przemiany zagospodarowania przestrzennego w okolicach zbiorników wodnych Pogoria I, Pogoria II, Pogoria III i Kuźnica Warężyńska są przykładem zróżnicowanego w czasie procesu spontanicznej regeneracji przyrody po dawnych zniszczeniach spowodowanych powierzchnią eksploatacją, wspomaganego działaniami człowieka, przywracającymi niektóre jej walory. Powierzchnie leśne z enklawami mokradeł oraz podmokłych łąk, ty-



Rys. 50. Szkic krajobrazowego przekroju podłużnego przez dolinę Brynicy w okolicach zbiornika Kozłowa Góra (rysunek górny – pierwsza połowa XX w.; rysunek dolny – koniec XX w.):

1 – wody powierzchniowe, 2 – utwory holoceneskie, 3 – osady plejstoceneskie, 4 – zapory, 5 – łąki wilgotne, 6 – łąki suche, 7 – lasy i zadrzewienia, 8 – tereny komunikacyjne, 9 – obiekty hydrologiczne (1 – rowy melioracyjne, opaskowe i koryta niewielkich cieków, 2 – zbiornik Kozłowa Góra)

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 50. Sketch of landscape longitudinal profile along the Brynica valley in the neighbourhood of Kozłowa Góra water reservoir (top figure – the early part of the 20th century; bottom figure – the end of the 20th century):

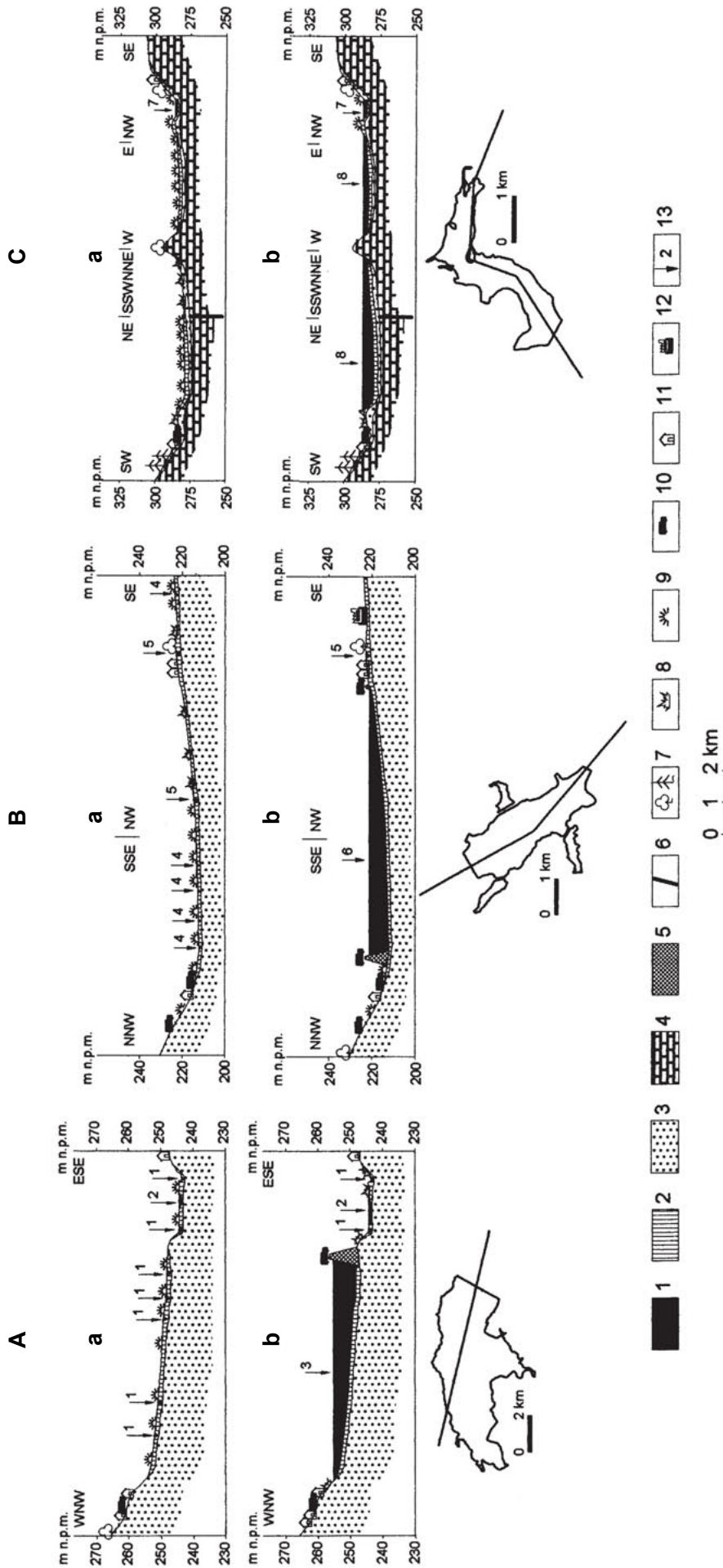
1 – surface waters, 2 – Holocene deposits, 3 – Pleistocene deposits, 4 – dams, 5 – humid meadows, 6 – dry meadows, 7 – forests and plantings, 8 – transport terrains, 9 – hydrological objects (1 – drainage and girdling ditches as well as small streams channels, 2 – Kozłowa Góra water reservoir)

Source: Made by the author

powe dla dna kotliny dodatkowo rozczłonkowanej niewielkimi dolinami cieków wypreparowanymi w polodowcowych utworach piaszczystych, uległy likwidacji podczas odkrywkowej eksploatacji piasku. Zdewastowany krajobraz charakterystyczny dla przemysłu wydobywczego dokumentowały kolejne pola eksploatacyjne: Gołonóg I (1922–1943), Gołonóg II (1935–1955), Gołonóg III (1962–1972), Gołonóg IV (1967–2005), przy czym każda z odkrywek jest obecnie wypełniona wodą i stanowi przykład stosowania odmiennych rozwiązań rekultywacyjnych (rys. 52). Pogoria I spontanicznie wypełniła się wodą jeszcze w okresie eksploatacji piasku. Pogoria II powstała w południowej części wyrobiska Gołonóg II, którego północna część – jak podają K. DWUCET i in. (1992) – podlegała rekultywacji biologicznej (zadrzewianie) bez przykrycia gruntów humusem po wypełnieniu zwałowiska niwelacyjnego między innymi skalą płonną z kopalni węgla kamiennego. Pogoria III zajmuje odpowiednio ukształtowane wyrobisko popiaskowe zaliczane do kategorii o niewielkiej żyzności (DWUCET i in., 1992) i stanowi przykład tzw. rekultywacji wodnej. Kuźnica Wareżyńska (Pogoria IV) po zakończeniu eksploatacji, ukształtowaniu czaszy, wybudowaniu urządzeń wodnych, dróg i innych elementów infrastruktury jest najmłodszym zbior-

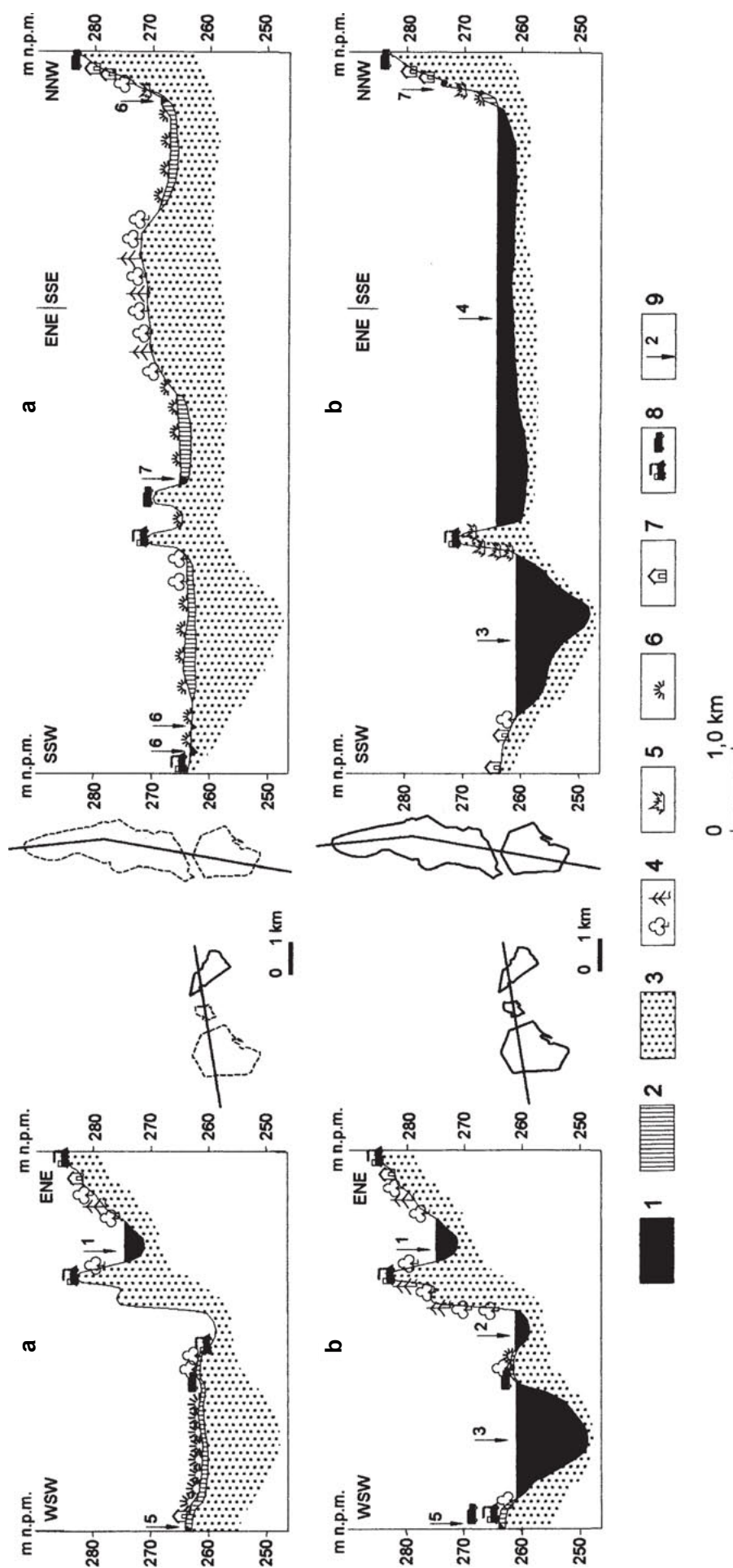
nikiem wodnym w regionie górnośląskim, w obrębie którego rozpoczęto proces kształtowania nowego typu krajobrazu kulturowego związanego z rekreacją (zbiornik Kuźnica Wareżyńska położony w zlewni Trzebyczki spełnia istotne funkcje przeciwpowodziowe, w przeciwieństwie do niewielkiego pod tym względem znaczenia zbiorników Pogoria). Podobny charakter zmian krajobrazowych obserwowano również na terenach zajmowanych obecnie przez akwenty Dzieckowice i Pławniowice (rys. 53) czy też Nakło-Chechło, Sosina i wielu mniejszych.

Specyficzne zmiany użytkowania terenu odnoszą się do wielu niewielkich zbiorników wodnych regionu górnośląskiego. A.T. JANKOWSKI i in. (2002) wymieniają zbiorniki, które były bądź są nadal odbiornikami ścieków opadowych (Maroko I, Maroko II, Kajakowy, Kąpielisko, Łąka) lub pozostają w strefie wpływu liniowych i powierzchniowych źródeł zanieczyszczeń o genezie przemysłowej (Gliniak, Hubertus, Morawa). Ostatnie z wymienionych zbiorników przez wiele lat funkcjonowały w pobliżu huty metali nieżelaznych i mimo wysokiego poziomu skażenia metalami ciężkimi osadów dennych oraz ubogiej szaty roślinnej służą rekreacji (JANKOWSKI i in., 2002). Wiele zbiorników, które w początkowym okresie funkcjonowania



Rys. 51. Szkice krajobrazowych przekrojów podłużnych dolin rzecznych w okolicach wybranych zbiorników zaporowych: **A** – dolina Wisły w okolicy zbiornika Goczałkowice (a – lata 40. XX w., b – koniec XX w.); **B** – dolina Rudy w okolicy Zbiornika Rybnickiego (a – lata 60. XX w., b – koniec XX w.); **C** – dolina Czarnej Przemyszy w okolicach zbiornika Przeczyce (a – lata 50. XX w., b – koniec XX w.); **1** – wody powierzchniowe, **2** – utwory holoceneskie, **3** – utwory plejstoceneskie, **4** – utwory triasowe, **5** – zapory, obwałowania, groble, **6** – usłoki tektoniczne, **7** – lasy i zadrzewienia, **8** – łąki suche, **9** – łąki wilgotne, **10** – tereny komunikacyjne, **11** – tereny zabudowane, **12** – tereny przemysłowe, **13** – obiekty hydrologiczne (1 – rzeka Wisła, 2 – zbiorniki groblowe – stawy hodowlane, 3 – zbiornik Goczałkowice, 4 – niewielkie ciekły powierzchniowe, 5 – rzeka Ruda, 6 – Zbiornik Rybnicki, 7 – stawy hodowlane w coście zbiornika Przeczyce, 8 – zbiornik Przeczyce); **Źródło:** Opracowanie własne

Fig. 51. Sketches of landscape longitudinal profiles of river valleys in the neighbourhood of the selected dam water reservoirs: **A** – the Vistula valley in the neighbourhood of Goczałkowice water reservoir (a – 1940s., b – the end of the 20th century); **B** – the Ruda valley in the neighbourhood of Rybnik water reservoir (a – 1960s., b – the end of the 20th century); **C** – the Czarna Przemysza valley in the neighbourhood of Przeczyce water reservoir (a – 1950s., b – the end of the 20th century); **1** – surface waters, **2** – Holocene deposits, **3** – Pleistocene deposits, **4** – Triassic deposits, **5** – dams, embankments, weirs, **6** – tectonic faults, **7** – forests and plantings, **8** – humid meadows, **9** – dry meadows, **10** – transport terrains, **11** – built-up terrains, **12** – industrial terrains, **13** – hydrological objects (1 – the Vistula river, 2 – weir reservoirs – farm ponds, 3 – Goczałkowice water reservoir, 4 – small surface streams, 5 – the Ruda river, 6 – Rybnik water reservoir, 7 – farm ponds in the backwater of the Przeczyce water reservoir, 8 – Przeczyce water reservoir) **Source:** Made by the author



Rys. 52. Szkice przekrojów krajobrazowych okolic zbiorników wodnych Pogoria i Kuźnica Wareżyńska w końcu lat 60. XX w. (a) i w 2006 r. (b):

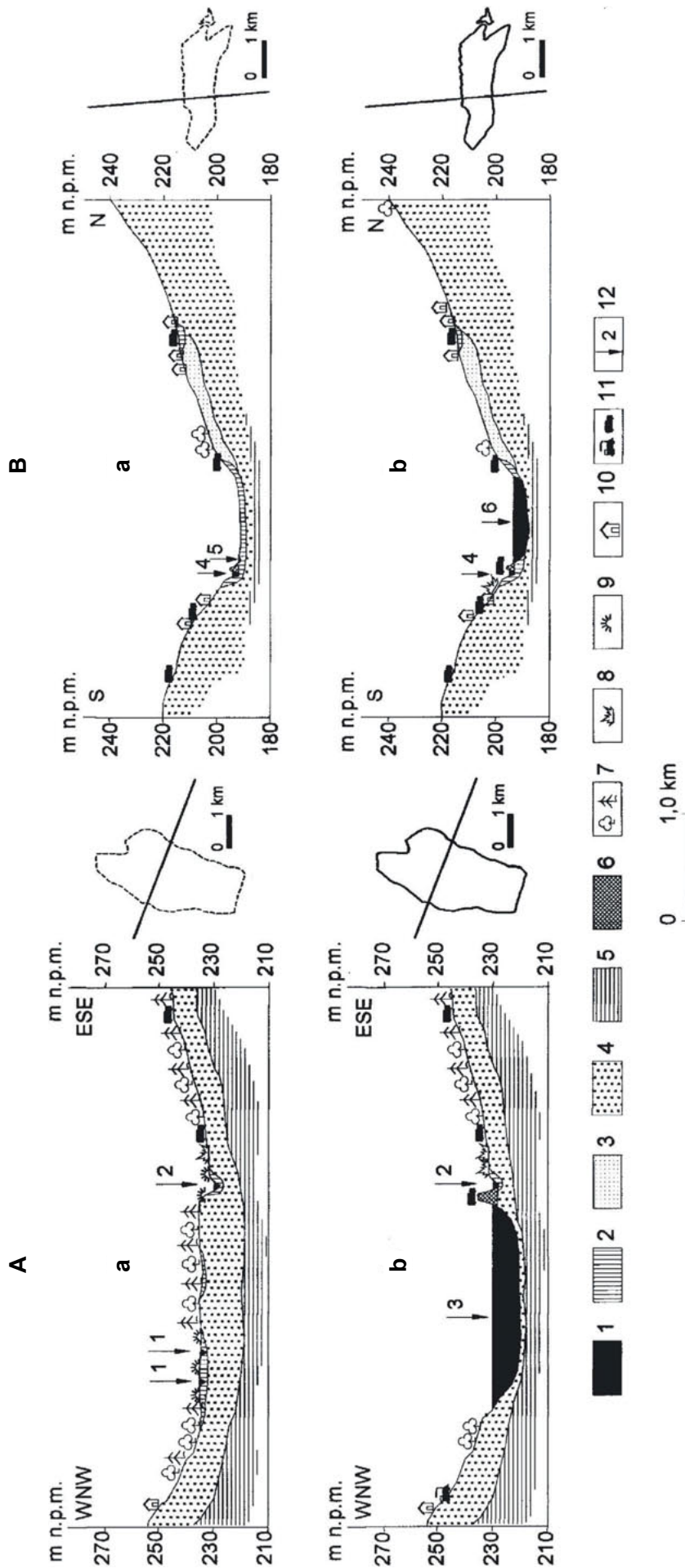
1 – wody powierzchniowe, 2 – utwory holoceniowe, 3 – osady plejstoceńskie, 4 – lasy i zadrzewienia, 5 – łąki suche, 6 – łąki wilgotne, 7 – zabudowa zwarta i rozproszona, 8 – tereny komunikacyjne, 9 – obiekty hydrologiczne (1 – zbiornik Pogoria I, 2 – zbiornik Pogoria II, 3 – zbiornik Pogoria III, 4 – zbiornik Pogoria III, 5 – rzeka Czarna Przemsza, 6 – rowy, 7 – potok Trzebyczka: koryto naturalne – rys. a, koryto po przelożeniu – rys. b)

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 52. Sketches of landscape sections of the neighbourhood of Pogoria and Kuźnica Wareżyńska water reservoirs at the end of 1960s. (a) and in 2006 year (b):

1 – surface waters, 2 – Holocene deposits, 3 – Pleistocene deposits, 4 – forests and plantings, 5 – dry meadows, 6 – humid meadows, 7 – dense and scattered housing, 8 – transport terrains, 9 – hydrological objects (1 – Pogoria I water reservoir, 2 – Pogoria II water reservoir, 3 – Pogoria III water reservoir, 4 – Kuźnica Wareżyńska water reservoir, 5 – the Czarna Przemsza river, 6 – ditches, 7 – the Trzebyczka channel – fig. a, channel after relocation – fig. b)

Source: Made by the author



Rys. 53. Szkice krajobrazowych przekrojów poprzecznych dolin rzecznych w okolicach wybranych zbiorników wodnych:

A – dolina Przemysza w okolicy zbiornika Dzieńkowice (a – lata 60. XX w., b – koniec XX w.); **B** – dolina Kłodnicy i Potoku Toszeckiego w okolicy zbiornika Pławniowice (a – lata 60. XX w., b – koniec XX w.); **1** – wody powierzchniowe, **2** – utwory holoceniowe, **3** – utwory eoliczne, **4** – osady plejstoceńskie, **5** – osady plejstoceńskie, **6** – nasypy i obwałowania, **7** – lasy i zadrzewienia, **8** – łąki suche, **9** – łąki wilgotne, **10** – zabudowa zwarta i rozproszona, **11** – tereny komunikacyjne, **12** – obiekty hydrologiczne (1 – potok Imielinka, 2 – rzeka Przemysza, 3 – zbiornik Dzieńkowice, 4 – Kanał Gliwicki, 5 – Potok Toszecki, 6 – zbiornik Pławniowice)

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 53. Sketches of landscape cross-sections of river valleys in the neighbourhoods of the selected water reservoirs:

A – the Przemysza valley in the neighbourhood of Dzieńkowice water reservoir (a – 1960s., b – the end of the 20th century); **B** – the Kłodnica and Potok Toszecki water reservoir (a – 1960s., b – the end of the 20th century); **1** – surface waters, **2** – Holocene deposits, **3** – aeolian deposits, **4** – Pleistocene deposits, **5** – Tertiary deposits, **6** – ramparts and embankments, **7** – forests and plantings, **8** – dry meadows, **9** – humid meadows, **10** – dense and scattered housing, **11** – transport terrains, **12** – hydrological objects (1 – the Imielinka stream, 2 – the Przemysza river, 3 – Dzieńkowice water reservoir, 4 – Gliwice Canal, 5 – Potok Toszecki, 6 – Pławniowice water reservoir)

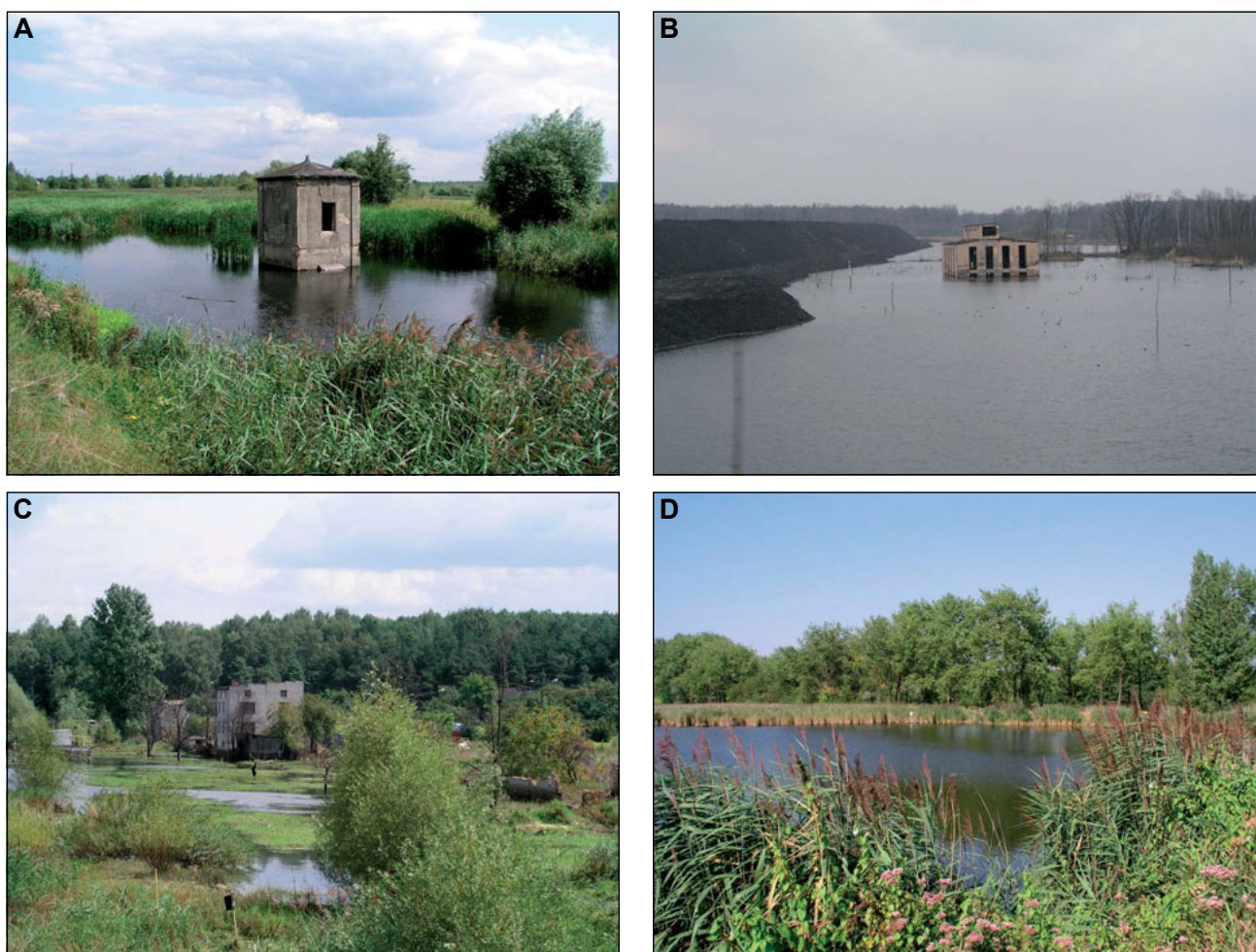
Source: Made by the author

klasyfikowano jako nieużytki bądź tereny o usankcjonowanym prawnie przeznaczeniu jednak wyłączone z eksploatacji, współcześnie identyfikuje się z przyrodniczo cennymi siedliskami podlegającymi prawnej ochronie przyrody w formie: użytku ekologicznego, zespołu przyrodniczo-krajobrazowego czy obszaru „Natura 2000”.

Zupełnie inne uwarunkowania przemian krajobrazowych dotyczą zbiorników w nieckach osiadania i zapadliskach (fot. 15). Geneza tych sztucznych jezior wiąże się z podziemną eksploatacją surowców mineralnych – powstałe pod skałami nadkładu podziemne wyrobiska po wyeksploatowanych złożach ulegają zawałaniu, co skutkuje ciągłym lub nieciągłym ugięciem utworów wyżej występujących, a w konsekwencji – osiadaniami lub zapadaniem wyraźnym na powierzchni terenu. Takie procesy prowadzą najczęściej do powstawania podmokłości, zalewisk i niewielkich zbiorników wodnych na powierzchni terenu, wymuszając zmianę

jego użytkowania (JANKOWSKI i in., 2002; MICHALCZYK i in., 2007).

Wprawdzie omawiane zbiorniki wodne nie są świadomym i estetycznym pod względem przestrzennym oraz gospodarczym kształtowaniem otoczenia człowieka (JANKOWSKI i in., 2001; PELKA-GOSCINIAK, 2006), jednak w bardzo krótkim czasie asymilują się z otaczającym środowiskiem (SZCZYPEK, WACH, 1992; CHMIEL i in., 2002). Można wręcz twierdzić, że spośród wszystkich rodzajów sztucznych zbiorników wodnych ten typ ma w pełni wykształcone relacje z poszczególnymi komponentami środowiska od samego początku formowania misy zbiornikowej, a proces kompozycji zbiornika w krajobrazie można ocenić jako bezkolizyjny przyrodniczo w porównaniu z wszystkimi innymi typami genetycznymi jezior antropogenicznych. Zmiany zagospodarowania powierzchni terenu objętego procesami osiadania oraz zapadania są charakterystyczne dla (fot. 15, rys. 54): terenów na



Fot. 15. Krajobrazowa rola zbiorników w nieckach osiadania i zapadliskach (fot. M. RZĘTAŁA):

A – nieużytki w dolinie Bobrka w Sosnowcu, **B** – składowanie odpadów pogórnictwa w Knurów-Szczygłowicach, **C** – okresowo odwadniany obszar zniszczeń infrastrukturalnych w Sosnowcu-Kazimierzu, **D** – Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy „Żabie Doły” w Bytomiu

Photo 15. Landscape importance of reservoirs in subsidence and collapse depressions (photo by M. RZĘTAŁA):

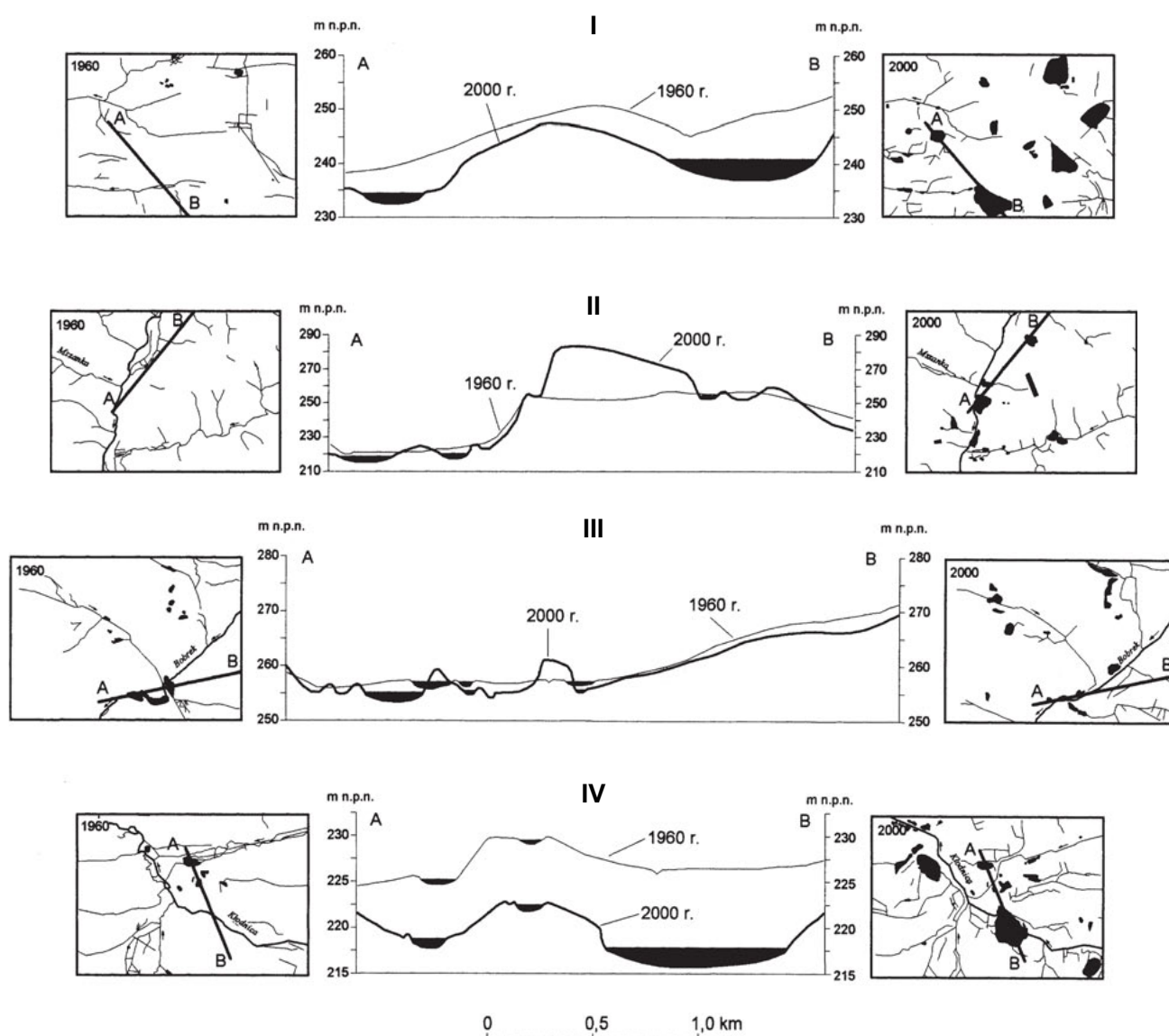
A – wastelands in the Bobrek valley in Sosnowiec, **B** – post-mining waste deposition in Knurów-Szczygłowice, **C** – periodically drained zone of infrastructural damage in Sosnowiec-Kazimierz, **D** – Natural-Landscape Complex „Żabie Doły” in Bytom

pograniczu Bytomia i Chorzowa (tzw. Żabie Doły), doliny Bierawki w Knurowie-Szczygłowicach, doliny Mszanki w Mszanie k. Jastrzębia-Zdroju, doliny Bobrka w Sosnowcu-Klimontowie czy też za brzańskiej dzielnicy Makoszowy.

Zbiorniki o nazwie Żabie Doły, występujące wśród składowisk odpadów poflotacyjnych, terenów komunikacyjnych, gruntów rolnych i nieużytków, stanowią na tyle cenną kompozycję przyrodniczo-krajobrazową, że w latach 90. XX w. zostały objęte prawną ochroną przyrody w wytyczonym obszarze Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy „Żabie Doły” (fot. 15). Przemiany krajobrazowe w obrębie pozostałych powierzchni osiadających i zapadlisk wyrażają zniszczenia infrastrukturalne (zniszczenia

budynków, uszkodzenia dróg, podtopienia) oraz kształtowanie się stref nieużytków, niezależnie od typu krajobrazu panującego wcześniej na obszarze objętym deformacjami ciągłymi i nieciągłymi. W obszarach takich dochodzi następnie do spontanicznej naturalizacji i rewitalizacji, następuje wzrost bioróżnorodności, co w konsekwencji wymusza konieczność rekultywacji powierzchni i powstanie krajobrazów kulturowych zgodnych z założeniami architektury krajobrazu (KAMIŃSKI i in., 2003; JAGUŚ i in., 2004).

Zbiorniki groblowe przeznaczone do chowu i hodowli ryb wydają się obiektami o dużej stabilności użytkowania w czasie. Niektóre z mis w dolinie Wisły (rys. 55) i dolinach pewnych dopływów



Rys. 54. Przemiany zbiorników wodnych w nieckach osiadania i zapadliskach wywołane procesami deformacyjnymi podłoża:

I – Knurów-Szczygłowice, II – Mszana k. Jastrzębia-Zdroju, III – Sosnowiec-Klimontów, IV – Zabrze-Makoszowy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie *Mapy topograficznej...* (1960, 1961a) i *Mapy hydrograficznej...* (2001, 2003)

Fig. 54. Transformations of water reservoirs in subsidence and collapse depressions caused by deformation processes of substratum:

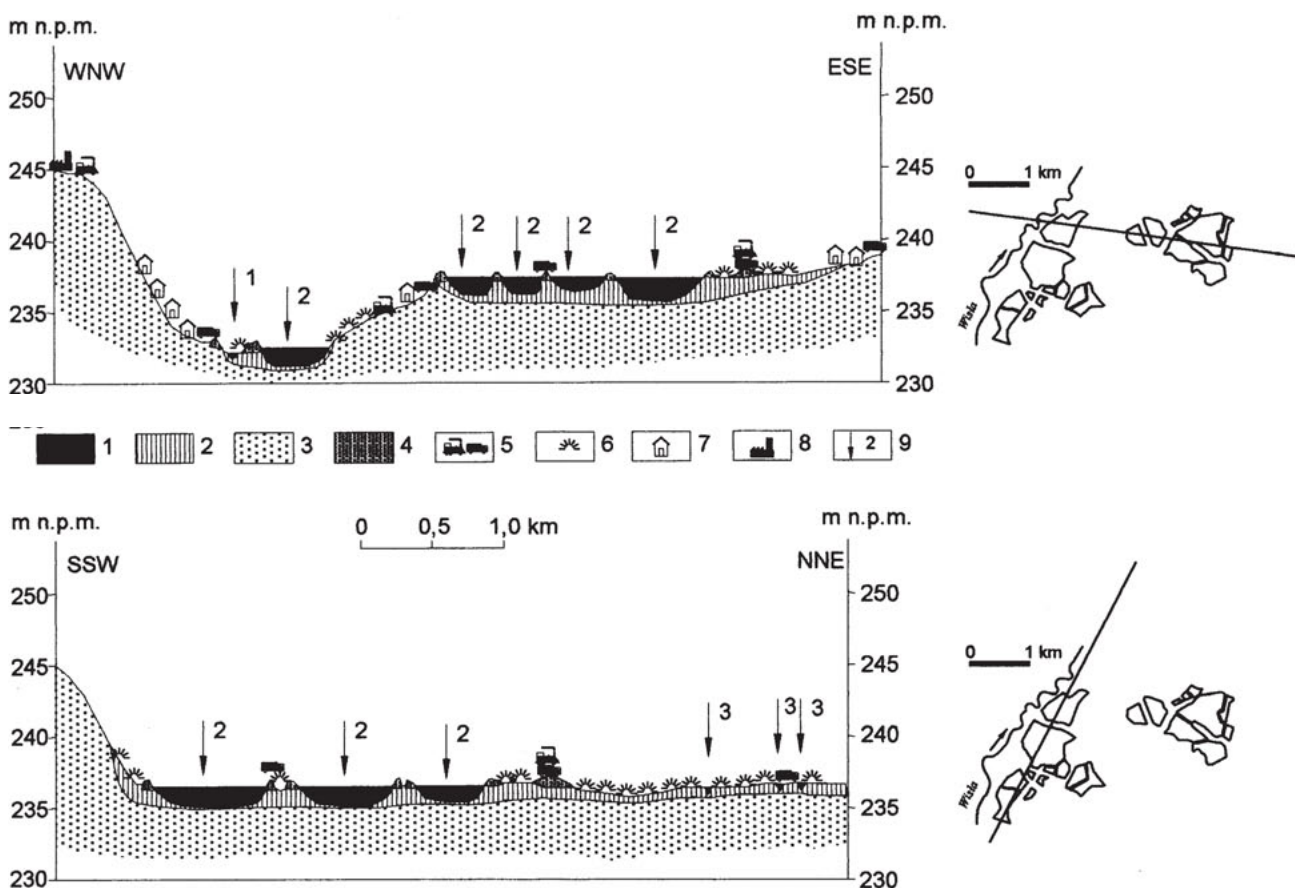
I – Knurów-Szczygłowice, II – Mszana near Jastrzębie-Zdrój, III – Sosnowiec-Klimontów, IV – Zabrze-Makoszowy

Source: Made by the author on the base of *Mapa topograficzna...* (1960, 1961a) and *Mapa hydrograficzna...* (2001, 2003)

Odry (np. pocysterskie stawy w dolinie Rudy) zostały ukształtowane już w średniowieczu i do czasów współczesnych odgrywają, wspólnie z innymi utworzonymi w czasach nowożytnych, istotną rolę nie tylko społeczno-gospodarczą, ale także przyrodniczą, np. jako korytarze ekologiczne. Zmiany użytkowania takich akwenów są raczej ograniczone do okresowego wyłączenia niektórych stawów z produkcji rybackiej lub trwałego ich przekształcenia w użytki rolne o charakterze łąk bądź gruntów ornich. Rola stawów hodowlanych w kształtowaniu zagospodarowania przestrzennego z reguły pozostaje niezmienna przez wiele dziesięcioleci, a transformacja krajobrazowa dotyczy bardziej infrastruktury otoczenia tych zbiorników niż ich samych.

Warto też wspomnieć o zbiornikach wodnych użytkowanych na ziemiach polskich w okresie wczesnej gospodarki kapitalistycznej, które w więk-

szości uległy likwidacji w okresie gospodarki socjalistycznej, jako niespełniające wymagań produkcyjnych, a często także w konsekwencji negacji ideowych założeń tej epoki (RZĘTAŁA i in., 2006). Z kolei wiele zbiorników wodnych z czasów gospodarki socjalistycznej powstało dzięki uznawaniu nadrzędności zadań przemysłowych i komunalnych w stosunku do zasad gospodarki ekologicznej. W okresie transformacji ustrojowo-gospodarczej, jaka rozpoczęła się w Polsce pod koniec II połowy XX w., a zwłaszcza w okresie gospodarki wolnorynkowej, następuje sukcesywna adaptacja istniejących zbiorników i nielicznych jezior do wielofunkcyjności, ze szczególnym uwzględnieniem ich zadań turystyczno-rekreacyjnych, priorytetów ochrony przyrody, zasad zrównoważonego rozwoju czy też wymogów współcześnie pojmowanej architektury krajobrazu. Za stabilne koncepcyjnie i niezmiennie w czasie należy uznać funkcje



Rys. 55. Szkice krajobrazowe doliny Wisły w okolicach Harmęża – stan w uogólnieniu reprezentatywny dla XX w.:

1 – wody powierzchniowe, 2 – utwory holoceniowe, 3 – osady plejstoceniowe, 4 – groble, nasypy, obwałowania, 5 – tereny komunikacyjne, 6 – łąki wilgotne, 7 – tereny zabudowane, 8 – tereny przemysłowe, 9 – obiekty hydrologiczne (1 – rzeka Wisła, 2 – zbiorniki groblowe – stawy hodowlane, 3 – rowy melioracyjne i mniejsze ciekły wodne)

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 55. Landscape sketches of the Vistula valley in the neighbourhood of Harmęża – the state representative for the 20th century (generalised):

1 – surface waters, 2 – Holocene deposits, 3 – Pleistocene deposits, 4 – weirs, ramparts, embankments, 5 – transport terrains, 6 – humid meadows, 7 – built-up areas, 8 – industrial terrains, 9 – hydrological objects (1 – the Vistula river, 2 – weir reservoirs – farm ponds, 3 – drainage ditches and smaller water streams)

Source: Made by the author

przeciwpowodziowe, rozpatrywane w programach rozwoju małej retencji, a także zadania przeciwpożarowe. Jednak za najważniejsze dla stabilności pozostają uwarunkowania przyrodnicze, które dotyczą zwłaszcza zbiorników poeksploatacyjnych, zaporowych, groblowych, w nieckach osiadania i zapadliskach. Podkreślając znaczenie uwarunkowań przyrodniczych w wymienionych przypadkach, można uzależnić: zasięg mis zbiorników

poeksploatacyjnych od występowania i morfometrii wyeksploatowanych złóż, lokalizację zapór od lokalnych warunków tektoniczno-geologicznych, występowanie zbiorników w nieckach osiadania i zapadliskach od rozprzestrzenienia pokładów surowców mineralnych wyeksploatowanych przez górnictwo podziemne, umiejscowienie zbiorników groblowych od możliwości zapewnienia przepływu wymaganego.

9. Górnośląskie Pojezierze Antropogeniczne

9.1. Problem nazwy

Na świecie obserwuje się stały przyrost liczebności zbiorników wodnych. W krajobrazie wielu państw świata pojawiają się nie tylko pojedyncze zbiorniki (np. Nassera na Nilu), lecz również całe kaskady jezior zaporowych o precyzyjnie określonych funkcjach społeczno-gospodarczych (np. kaskada Angary). Powstają zbiorniki poeksploatacyjne wypełniające wyrobiska po złożach surowców mineralnych (np. zbiorniki w Łuku Mużakowskim). W wyniku celowych zabiegów inwestycyjnych powstają też zbiorniki groblowe i inne techniczne konstrukcje akwenów. Natomiast niezamierzonym efektem ludzkiej działalności są zbiorniki w nieckach osiadania i w zapadliskach. Skupiska wielu zbiorników antropogenicznych nazywa się „krajami sztucznych jezior” lub „pojezierzami antropogenicznymi” czy wręcz „pojezierzami”, jak to czyni J. FLIS (1998), określając w ten sposób teren z licznymi jeziorami, bez względu na ich genezę, które nie są klasycznymi pojezierzami.

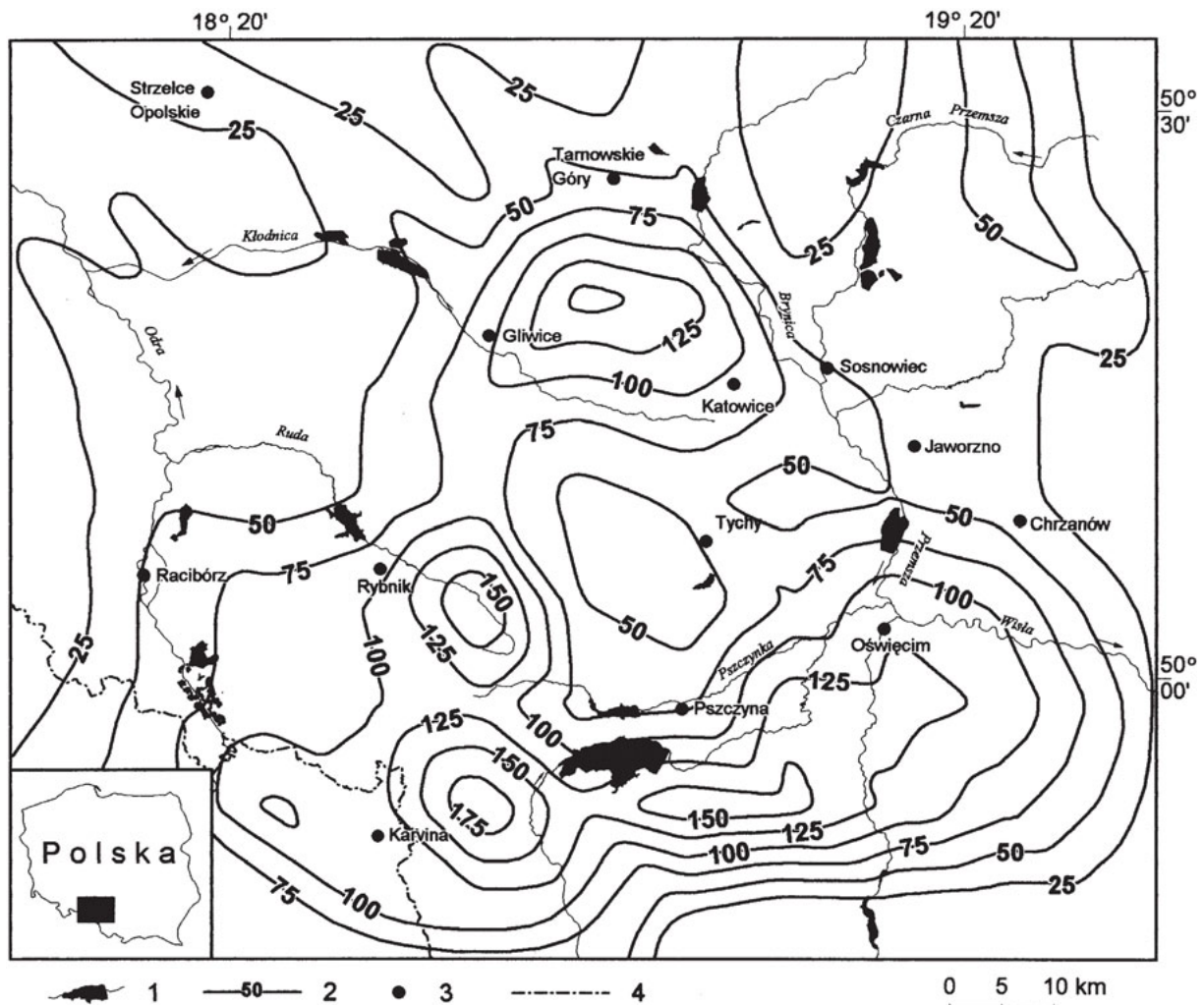
W polskiej literaturze geograficznej termin „pojezierze” przypisuje się najczęściej obszarowi o typie krajobrazu warunkowanego zlodowaceniami plejstoceniowymi (z cechami rzeźby polodowcowej i dużą liczbą jezior), w odróżnieniu od terminu „pojezierze antropogeniczne”, używanego do określenia skupisk zbiorników antropogenicznych (KOZACKI, 1980; JANKOWSKI, 1986; CZAJA, 2003; JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 2004; MACHOWSKI, RZĘTAŁA, 2006). Oba określenia — „pojezierze” i „pojezierze antropogeniczne” — nie znajdują odpowiednika znaczeniowego w języku angielskim, a próby tłumaczenia tych terminów jako „lake district” i mniej popularne „lakeland” nie oddają merytorycznych różnic między polskim i obcojęzycznym znaczeniem tych pojęć, przy czym najbliższym odpowiednikiem „pojezierza antropogenicznego” wydaje się termin „anthropogenic lakes district” lub „anthropogenic lakeland”.

Region górnośląski wraz z obrzeżami to rejon występowania kilku tysięcy zbiorników wodnych. Gęstość zbiorników wodnych i jeziorność (zbiornikowość), określone w polach o boku 10 km i powierzchni 100 km², wykazały znaczne zróżnicowanie (rys. 56 i 57). Gęstość wahała się w zakresie od 2 do 200 zbiorników na 100 km² (średnia dla wszystkich pól wyniosła ok. 61 zbiorników na 100 km²), a jeziorność wynosiła od 0,003% do 19,2% (średnia z wszystkich pól 2,1%). Największa koncentracja zbiorników wodnych występuje na południu i północy regionu, a nieco niższa — w centralnej, wschodniej i zachodniej jego części. Z kolei największa jeziorność była charakterystyczna dla obrzeży regionu górnośląskiego, gdzie położone są największe zaporowe i poeksploatacyjne zbiorniki wodne, a najmniejsza — dla centralnej jego części. Wskaźniki jeziorności i gęstości zbiorników wodnych w niektórych częściach regionu górnośląskiego są wyższe lub porównywalne z analogicznymi danymi dla obszarów o największej koncentracji jezior w Polsce (por. CHOIŃSKI, 1995): Pojezierza Mazurskiego (3,05%), Pojezierza Pomorskiego (2,03%), Pojezierza Wielkopolsko-Kujawskiego (1,23%). Wyniki badań nad jeziornością regionu górnośląskiego dają podstawę do wydzielenia Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego (GPA). Skoro jeziorność Polski jest oceniana na 0,9%, a w strefie krajobrazu starogłacjalnego, wyżyn i gór jest jeszcze niższa, za granicę GPA przyjęto izolinię jeziorności o wartości 0,5%, a w dolinie Odry, Wisty i Soły jej przebieg wyznaczono sztucznie, podobnie jak wzdłuż granicy państwa (rys. 58). Na tych odcinkach sztucznie wyznaczona granica GPA przecina strefy przejściowe. Na południowym zachodzie jest to strefa przejściowa między GPA a ostrawsko-karwińskim pojezierzem antropogenicznym, natomiast w dolinach rzecznych granica oddziela GPA od innych terenów o dużej jeziorności, zapewnianej przez dolinne skupiska zbiorników wodnych. W granicach GPA o powierzchni 6766 km² współ-

częściej występują 4773 zbiorniki wodne o łącznej powierzchni 185,4 km². Jeziorność wynosi 2,74%, a średnia gęstość zbiorników wodnych – 70,54 zbiorników na 100 km² (0,7 statystycznego zbiornika na 1 km²). We współcześnie wyznaczonych granicach Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego w latach 60. XX w. (rys. 59) występowało zaledwie 3097 zbiorników o łącznej powierzchni wodnej 113,4 km². Jeziorność wynosiła wtedy 1,68%, a na 100 km² przypadało 45,77 akwenów.

Górnośląskie Pojezierze Antropogeniczne na le istniejących w strefie klimatu umiarkowanego należy do wyjątkowych ze względu na różnorodność genetyczną i funkcjonalną, chociaż wielofunkcyjność jest dość powszechnym zjawiskiem, nawet wśród skupisk zbiorników monogenetycznych. Pojezierza antropogeniczne występują na obszarze polskiej i niemieckiej części obszaru górnicze-

go wydobycia węgla brunatnego (SOLSKI, JEDRCZAK, 1990; KAPFER, 1998; BOEHRER i in., 2000; GRÜNEWALD, 2000; DUIS, OBEREMM, 2001; SAMECKA-CYMERMAN, KEMPERS, 2001; WERNER i in., 2001; NIXDORF i in., 2003; HANGEN-BRODERSEN i in., 2005; KLEEBOURG, GRÜNEBERG, 2005). Podobne skupisko zbiorników wodnych występuje w dolinie Baryczy i zajmuje wyrobiska po darniowych złożach rud żelaza. W Stanach Zjednoczonych z pojezierzami antropogenicznymi utożsamia się zbiorniki w wyrobiskach po eksploatacji złota, miedzi, cynku i innych pierwiastków w Nevadzie (EARLY, 1999; TEMPEL i in., 2000), a w Masywie Centralnym we Francji takie zbiorniki powstały na obszarach pogórcznych węgla kamiennego (DENIMAL i in., 2005). Równie wielki kompleks stawów leży na południu Czech (POKORNÝ, HAUSER, 2002) – są to zbiorniki po eksploatacji surowców skalnych i zbiorniki groblowe. Zgrupo-



Rys. 56. Gęstość zbiorników wodnych w regionie górnośląskim:

1 – cieki i zbiorniki wodne, 2 – izoliny gęstości zbiorników wodnych wyrażone ich liczbą na 100 km², 3 – ważniejsze miejscowości, 4 – granica państwa
 Źródło: Opracowanie na podstawie *Mapy hydrograficznej...* (1994, 2000–2003), *Mapy topograficznej...* (1998) oraz wyników badań własnych

Fig. 56. Density of water reservoirs in the Upper Silesian Region:

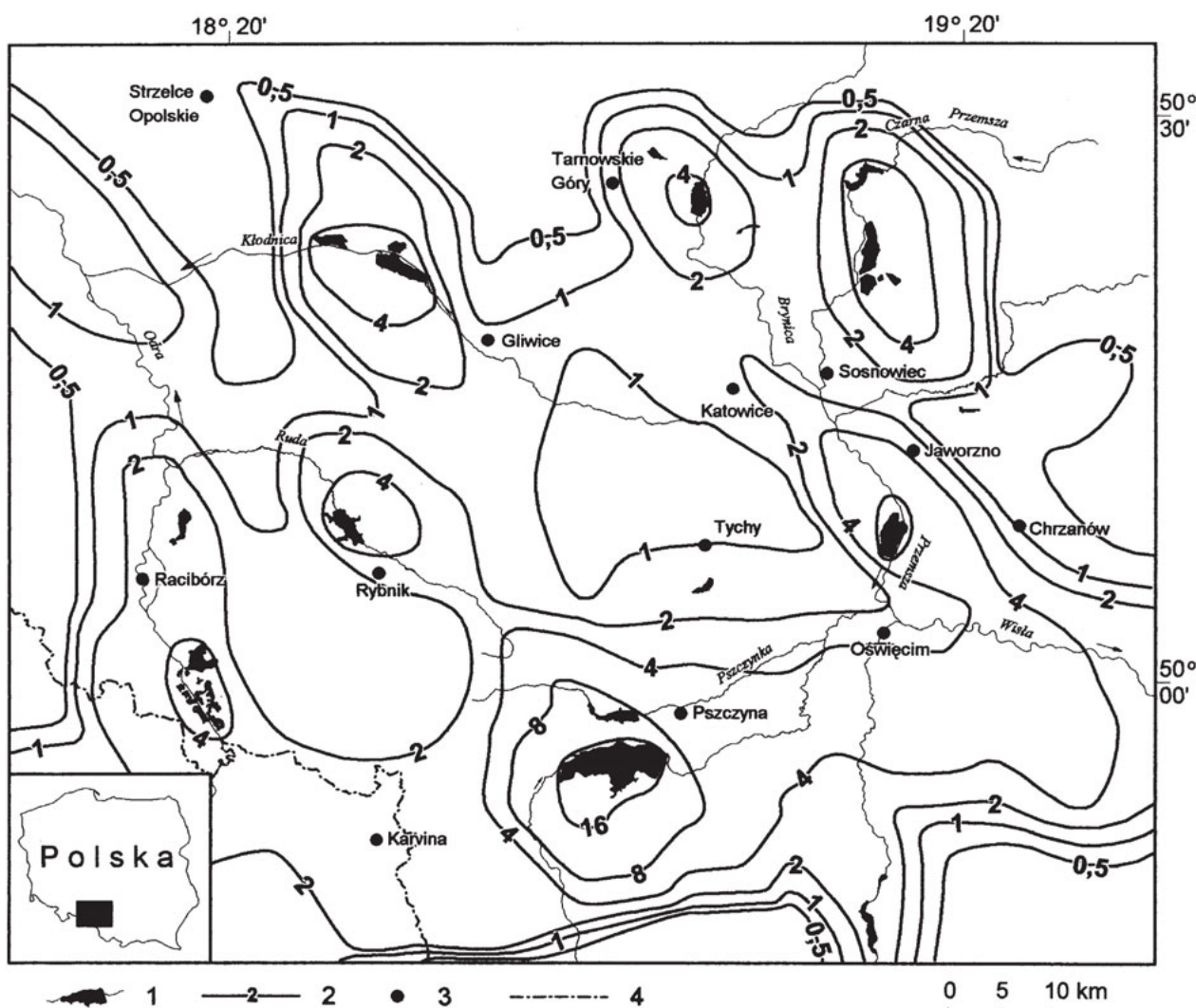
1 – streams and water reservoirs, 2 – isolines of density of water reservoirs expressed by their number per 100 km², 3 – more important localities, 4 – state boundary

Source: Made by the author on the base of *Mapa hydrograficzna...* (1994, 2000–2003), *Mapa topograficzna...* (1998) and results of his own research

wanie zbiorników groblowych występuje także na południu Wielkiej Brytanii (WILLIAMS i in., 2003).

Bardzo podobne pod względem genetycznym i funkcjonalnym do górnośląskiego jest ostrawsko-karwińskie pojezierze antropogeniczne, które znajduje się w północno-wschodnich Czechach. Obejmuje ono uprzemysłowiony obszar ostrawsko-karwińskiego regionu przemysłowego wraz z obrzeżeniem. W krajobrazie uprzemysłowionej i zurbanizowanej centralnej części regionu ostrawsko-karwińskiego występują liczne zbiorniki o betonowych czy ziemnych misach, w obszarach eksploatacji węgla kamiennego zbiorniki w nieckach osiadania i zapadliskach, a na obrzeżach – akwenty poeksploatacyjne (np. w okolicach miasta Dolní Beňšov), groblowe (kompleks stawów Poodří) i zapo-

rowe (Těrlicko, Žermanice). Pod względem możliwości retencyjnych i wielkości powierzchni akwenty te nie dorównują zbiornikom górnośląskim, gdyż największy Těrlicko ma odpowiednio 27,4 hm³ i 2,7 km², a Žermanice – 25 hm³ i 2,5 km². Ich wody charakteryzuje także generalnie mniejsze zanieczyszczenie (RZĘTAŁA, 2001). Wskazują na to wyniki badań fizykochemicznych wody kilkunastu zbiorników, realizowanych w latach 1998–2007. Przeprowadzono je corocznie w drugiej połowie listopada, tj. w okresie zahamowania rozwoju życia biologicznego w środowisku wód limnicznych, które podlegały wówczas pionowej mikcji związanej z układem homotermicznym, najbardziej reprezentatywnym dla kompleksowych ocen jakościowych (reprezentatywności danych nie wykluczają



Rys. 57. Jeziornosc (zbiornikowosc) regionu górnośląskiego:

1 – ciek i zbiorniki wodne, 2 – izoliny procentowego udzialu powierzchni zbiorników wodnych na 100 km², 3 – wazniejsze miejscowosci, 4 – granica państwa

Źródło: Opracowanie na podstawie *Mapy hydrograficznej...* (1994, 2000–2003), *Mapy topograficznej...* (1998) oraz wyników badan własnych

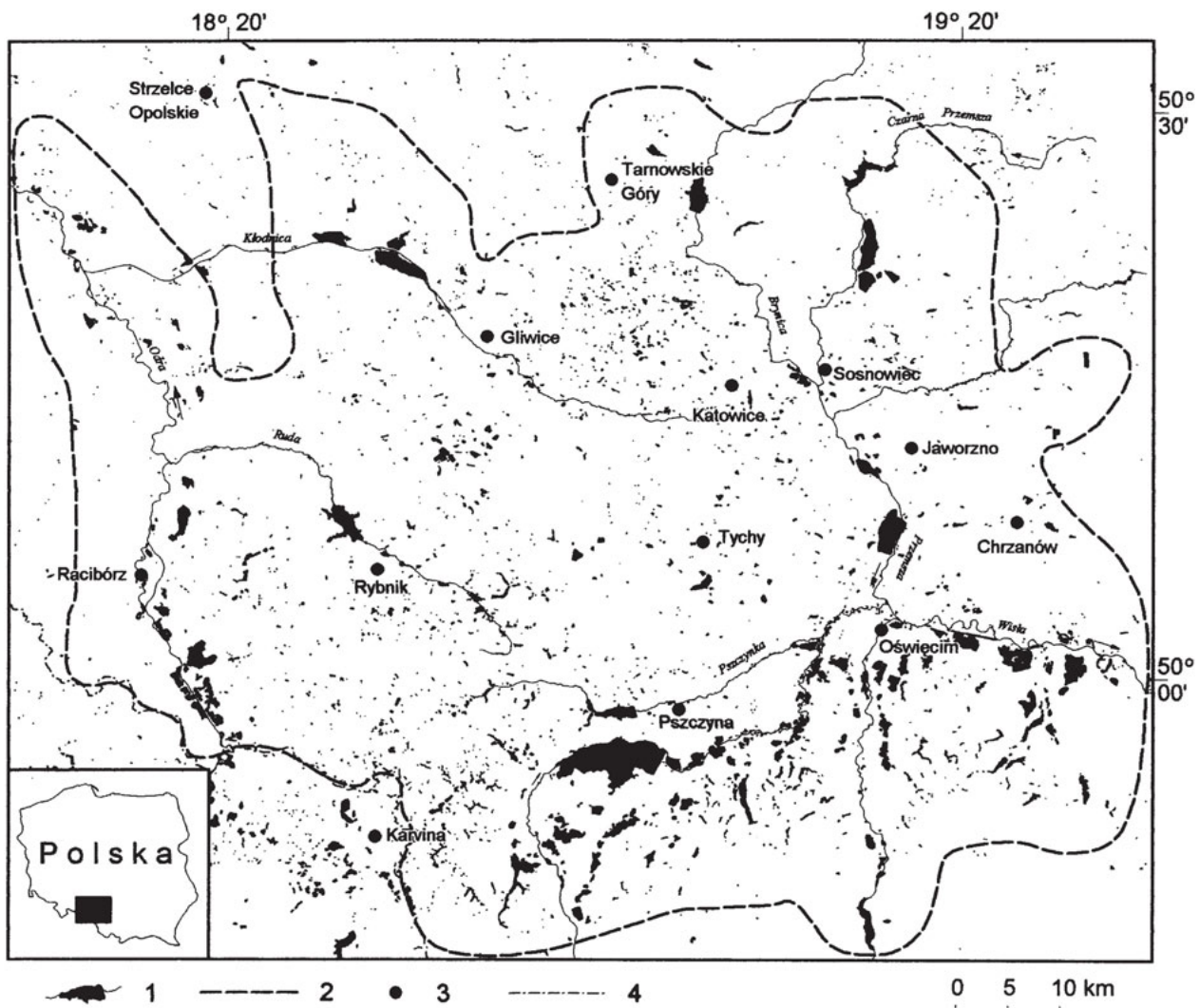
Fig. 57. Lake density (water reservoir density) of the Upper Silesian Region:

1 – streams and water reservoirs, 2 – isolines of percentage contribution of water reservoirs per 100 km², 3 – more important localities, 4 – state boundary

Source: Study on the base of *Mapa hydrograficzna...* (1994, 2000–2003), *Mapa topograficzna...* (1998) and results of author's own research

również początkowe układy katotermiczne lub ewentualnie mało wyraźne układy homotermiczne). Na podstawie wartości średnich z wielolecia stwierdzono występowanie podobnych problemów w kształtowaniu jakości wód limnicznych do tych charakterystycznych dla Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego, przy dużo niższym zasoleniu ($c = 171,7\text{--}1361,0 \mu\text{S}/\text{cm}$, $\text{Cl}^- = 8,4\text{--}258,2 \text{ mg}/\text{dm}^3$, $\text{SO}_4^{2-} = 20,4\text{--}176,6 \text{ mg}/\text{dm}^3$) i mniejszym nasileniu eutrofizacji ($\text{pH} = 7,6\text{--}8,3$, $\text{NO}_3^- = 2,6\text{--}27,0 \text{ mg}/\text{dm}^3$, $\text{PO}_4^{3-} = 0,055\text{--}0,130 \text{ mg}/\text{dm}^3$) oraz ogólnie mniejszym zanieczyszczeniu wód powierzchniowych. Wskazówką mniejszego zanieczyszczenia są stosunkowo niewielkie różnice wartości wskaźników jakościowych w wodzie Odry powyżej i poniżej Ostrawy (tj. powyżej i poniżej regionu przemysłowego).

Na wysokości miejscowości Jistebnik i Klimkovice przewodność właściwa wody Odry wynosiła średnio $404,6 \mu\text{S}/\text{cm}$, a odczyn oraz stężenia chlorków, siarczanów, azotanów i fosforanów kształtowały się na poziomie: 7,7 (pH), $28,8 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (Cl^-), $41,7 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (SO_4^{2-}), $15,5 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (NO_3^-) i $0,606 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (PO_4^{3-}). Poniżej Ostrawy – ok. 6 km od granicy polsko-czeskiej – wielkości analogicznych parametrów wynosiły: $467,8 \mu\text{S}/\text{cm}$ (c), 7,7 (pH), $58,9 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (Cl^-), $53,3 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (SO_4^{2-}), $13,2 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (NO_3^-) i $0,589 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (PO_4^{3-}). Być może korzystniejsza jakość wody wynika z lepszego zagospodarowania (zwłaszcza turystyczno-rekreacyjnego) zbiorników wodnych i występowania mniejszej ilości wodnych nieużytków w granicach ostrawskiego pojezierza antropogenicznego.



Rys. 58. Górnośląskie Pojezierze Antropogeniczne na początku XXI w.:

1 – ciek i zbiorniki wodne, 2 – granica Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego, 3 – ważniejsze miejscowości, 4 – granica państwa

Źródło: Opracowanie na podstawie *Mapy hydrograficznej...* (1994, 2000–2003), *Mapy topograficznej...* (1998) oraz wyników badań własnych

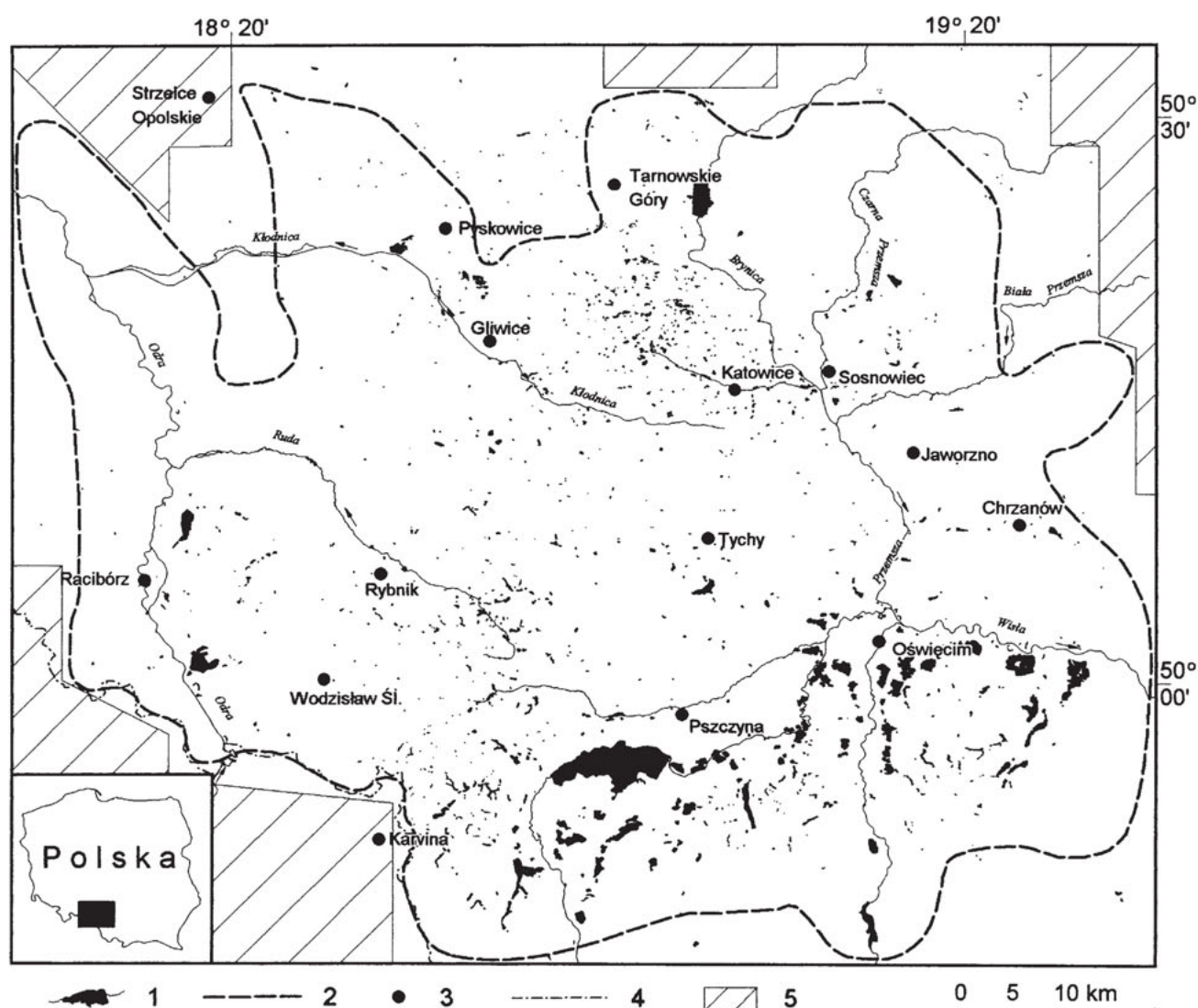
Fig. 58. Upper Silesian Anthropogenic Lakeland at the beginning of the 21st century:

1 – streams and water reservoirs, 2 – boundary of the Upper Silesian anthropogenic lakeland, 3 – more important localities, 4 – state boundary

Source: Made by the author on the base of *Mapa hydrograficzna...* (1994, 2000–2003), *Mapa topograficzna...* (1998) and results of his own research

W Polsce nagromadzenie zbiorników wodnych w regionie górnośląskim tworzą sztuczne i różne genetycznie akwenu w centrum skupiska, a dodatkowym urozmaiceniem są zlokalizowane na jego obrzeżach zbiorniki zaporowe, zaliczane do grupy największych w środkowej części Polski południowej, nazywane zwyczajowo, niesłusznie, jeziorami. Pod względem genezy różnica między jednymi a drugimi jest wyraźna. Jest to oczywiste w świetle literatury przedmiotu dotyczącej polskich pojezierzy (WILGAT i in., 1992; CHOIŃSKI, 1995; JAŚKOWSKI, SOŁTYSIK, 2003; KOLADA i in., 2005): Mazurskiego, Pomorskiego, Wielkopolskiego, Łęczyńsko-Włodawskiego, Świętokrzyskiego, ale także w porównaniu z innymi pojezierzami strefy klimatu umiarkowa-

nego (GONSIORCZYK i in., 1998; TIPPING i in., 1998; TIPPING i in., 2002; MORENO, 2000; THIEMANN, KAUFMANN, 2000; SCHNAIBERG i in., 2002; PIENIMÄKI, LEPPÄKOSKI, 2004), a tym bardziej krainami jezior występującymi poza zasięgiem tej strefy klimatycznej. Antropogeneza obiektów limnicznych Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego kontrastuje z genezą naturalnych klasycznych pojezierzy w Skandynawii (PIENIMÄKI, LEPPÄKOSKI, 2004), Anglii (TIPPING i in., 1998, 2002), Niemczech (GONSIORCZYK i in., 1998; KAPFER, 1998; BOEHRER i in., 2000; THIEMANN, KAUFMANN, 2000; DUIS, OBEREMM, 2001), Ameryce (SCHNAIBERG i in., 2002) lub skupisk jezior niespełniających kryteriów genetycznych pojezierzy (CURTIS i in., 2005; HANASAKI i in., 2006).



Rys. 59. Obszar Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego w latach 60. XX w.:

1 – ciek i zbiorniki wodne, 2 – granica Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego, 3 – ważniejsze miejscowości, 4 – granica państwa, 5 – obszary nieobjęte inwentaryzacją

Źródło: Opracowanie własne na podstawie *Mapy topograficznej...* (1960, 1961a–d, 1962a, b, 1965, 1966a–c)

Fig. 59. Area of the Upper Silesian Anthropogenic Lakeland in the 1960s.:

1 – streams and water reservoirs, 2 – boundary of the Upper Silesian anthropogenic lakeland, 3 – more important localities, 4 – state boundary, 5 – areas which were not included in the inventory-making

Source: Made by the author on the base of *Mapa topograficzna...* (1960, 1961a–d, 1962a, b, 1965, 1966a–c)

9.2. Specyfika funkcjonowania

Obieg wody w zbiornikach i ich zlewniach na Górnos Śląskim Pojezierzu Antropogenicznym podlega naturalnym i antropogenicznym uwarunkowaniom, przy czym niektóre z nich mają niepowtarzalny, a inne rzadko spotykany charakter. I tak zbiornik Dzieńkowice, zajmujący drugie pod względem możliwości retencyjnych w Polsce piaskowe wyrobisko, wykorzystuje zasoby wodne zlewni nie własnej, ale położonej po drugiej stronie rzeki głównej. Udział jej wód w zasilaniu tego zbiornika stanowi nawet ok. 90% całkowitej alimentacji misy (podobny stopień antropogenizacji dotyczy wód odprowadzanych ze zbiornika). Taka sytuacja w odniesieniu do zbiornika o retencji kilkudziesięciu hektometrów sześciennych nie znajduje odzwierciedlenia w światowej literaturze geograficznej i limnologicznej, chociaż zdarza się w mniejszych akwenach o pojemności do 1 hm³ (zbiornik Łosień). Dzieńkowicki zbiornik jest jednocześnie dowodem na możliwość retencionowania i skutecznej ochrony przed zanieczyszczeniem dobrych jakościowo zasobów wodnych, nawet w regionie silnie uprzemysłowionym i zurbanizowanym. Inną specyficzną cechą regionu górnośląskiego jest udział w zasilaniu w wodę odbiorców z kilku zbiorników z wykorzystaniem do tego celu wód powierzchniowych płynących oraz wód podziemnych, podczas gdy duże systemy wodociągowe w kraju i na świecie korzystają z zasobów wodnych zwykle jednego nadrzędnego zbiornika, przy braku istotnie zróżnicowanych źródeł dostawy wody, jak w przypadku zbiorników: Sulejowskiego na Pilicy, Dobczyckiego na Rabie, Zelivka w Czechach, Pasteral w Hiszpanii, systemu zbiornika Poondi w Indiach, Bolonha w Brazylii (GALICKA, 1996; ESPADALER i in., 1997; HOLAS i in., 1999; NEELAKANTAN, PUNDARIKANTHAN, 1999; POCIASK-KARTECZKA i in., 2003; VIEIRA i in., 2005).

Z obiegiem wodnym zbiorników i ich zlewni Górnos Śląskiego Pojezierza Antropogenicznego wiąże się również kwestia stworzenia nowych kierunków migracji wód. Dotyczy to zwłaszcza zbiorników poeksploatacyjnych, które zajmując rozległe wyrobiska w przepuszczalnym z reguły materiale o niewielkich możliwościach kolmatacji dna, zasilają wody podziemne. Filtracja, a w niektórych przypadkach – fluacja odbywają się przede wszystkim w strefie aktywnej wymiany wód podziemnych, chociaż sąsiedztwo utworów przepuszczalnych i okien hydrogeologicznych w utworach nieprzepuszczalnych rozdzielających warstwy wodonośne w podłożu misy i jej otoczeniu również sprzyjają alimentacji głębszych horyzontów wodo-

nośnych. Jeżeli przedmiotem migracji są wody czyste, to proces przyrodniczy można oceniać w kategoriach zasilania wód podziemnych, natomiast gdy są to przemieszczenia wód zanieczyszczonych, przestrzega się je jako zagrożenie ekologiczne.

Zbiorniki antropogeniczne najczęściej odgrywają drenującą rolę w stosunku do wód podziemnych (GUTRY-KORYCKA, BAJKIEWICZ-GRABOWSKA, 1981; KROPKA, WRÓBEL, 2005), niemniej jednak infiltracja ze zbiorników retencyjnych jest zjawiskiem normalnym i występującym w bardzo różnym zakresie niemal zawsze (GLAZIK, 1978, 1995; ŁOŚ, MICHALCZYK, 1996; KOWALEWSKI, KOZACKI, 1997). Chociaż zjawisko podziemnej wymiany wody nadal nie jest w pełni rozpoznane (CHOIŃSKI, 1995), to znane są sytuacje, w których infiltracja wody następująca z akwenu liczącego często nie więcej niż kilkadziesiąt lat (Przeczyce, Dzierżno Duże) przyczynia się do istotnego ilościowo zmniejszenia retencji (RZĘTAŁA, 2000a). Odpływ podziemny ze zbiornika Zemborzyce o pojemności 6,34 hm³, wynoszący 0,26–0,35 m³/s, wpływa na poprawę lokalnych dyspozycyjnych zasobów wodnych (ŁOŚ, MICHALCZYK, 1996). Z kolei zbiornik Żelazny Most w Rudnej, z którego w 1988 r. uciekało ponad 20 hm³ roztworów poflotacyjnych, będących nośnikiem przenikających do wód podziemnych licznych zanieczyszczeń (144 tys. t chlorków, 51 tys. t siarczanów, 3 tys. kg miedzi, 2,5 tys. kg cynku, 6,6 tys. kg ołowiu), wskazuje, że infiltracja może być przyczyną znacznego obszarowego skażenia horyzontu wodonośnego (HABER, URBAŃSKI, 1994). Infiltracja cieczy alkalicznej ze składowiska odpadów zlokalizowanego w zatopionym wyrobisku marglistych wapieni występuje w obrębie południowo-wschodnich sektorów zbiornika Górka w Trzebini (MOTYKA, SZUWARZYŃSKI, 1998).

Aktywna wymiana wód limnicznych z wodami podziemnymi w strefie kilkumetrowych amplitud wahań stanów wody powoduje powstawanie obszaru buforowego dla retencji gruntowej. W przypadku podpiętrzeń wody w zbiornikach nawet o kilka metrów obszar ten zostaje zatopiony i przyczynia się do generowania ujemnego bilansu wymiany wód zbiornika ze zlewnią, który określa się jako podziemne ucieczki wody. Przy obniżaniu rzędnej piętrzenia uwypukla się alimentacyjna rola wspomnianej strefy. Procesy podziemnej wymiany wody przybierają bardziej jednorodny kierunek w warunkach powszechności występowania rozległego leja depresji (por. *Mapa hydrograficzna...*, 2000–2003), wywołanego odwodnieniem podziemnych złóż surowców i wyrobisk górniczych. W zasięgu takiego leja występuje większość z kilku tysięcy zbiorników Górnos Śląskiego Pojezierza Antropogenicznego. Ograniczone możliwości kolmatacji

dna niektórych mis usytuowanych w przepuszczalnym materiale sprawiają nawet, że zbiorniki wodne są podobne pod względem ucieczek wody do akwenów położonych w obszarach krasowych. Podziemna wymiana zbiornika poeksploatacyjnego Dzierżno Duże jest porównywalna z ucieczkami wody ze zbiornika Przeczycy posadowionego w podłożu krasowym.

Równie rzadko w literaturze geograficznej i limnologicznej poruszany jest problem ilościowej modyfikacji pionowej składowej wymiany wody, jaką jest parowanie. Pojawienie się w krajobrazie górnośląskim w ostatnich kilkudziesięciu latach kilku tysięcy zbiorników wodnych o łącznej powierzchni ponad 150 km² nie pozostaje bez wpływu na wielkość parowania regionalnego. Próby modelowania skali tego wpływu, z uwzględnieniem wspomnianych przez A. RÖSLERA (2002) kilku lub kilkunastoprocentowych różnic w parowaniu z przyzbiornikowej powierzchni lądowej i powierzchni akwenu, pozwalają na bardzo ostrożne szacunki wzrostu wielkości parowania na ok. 20% z powierzchni jednostkowej akwenu w stosunku do terenu pierwotnego. W skali regionu stanowi to średnio 10–15 hm³ wody rocznie trafiającej dodatkowo do troposfery w rezultacie obecności powierzchni wodnej. Tylko w konsekwencji antropoterminacji Zbiornika Rybnickiego szacowany jest prawie stu procentowy wzrost parowania w stosunku do pierwotnego (przedzbiornikowego) parowania terenowego, co daje, w przeliczeniu na powierzchnię całkowitą zbiornika, ok. 6 hm³ wody rocznie.

O specyfice zbiorników wodnych Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego decydują wahania stanów wody. Wśród akwenów o stabilnym poziomie zwierciadła wody występują też zbiorniki o jego amplitudach sięgających wartości głębokości średniej, a nawet maksymalnej (stawy hodowlane). Wahania stanów wody w zbiornikach GPA nie są niczym nadzwyczajnym, zwłaszcza w zbiornikach zaporowych (MACHOWSKI, RUMAN, RZĘTAŁA, 2005), i korespondują z analogicznymi wartościami charakterystycznymi dla wielu typowych zbiorników retencyjnych strefy klimatu umiarkowanego, np. zbiorników na Wołdze i Kamie (ASARIN, 2001), kaskady angarskich zbiorników w Rosji (KUSKOVSKII i in., 1999; OWCZYNNIKOW i in., 1999), tj. Irkuckiego oraz Brackiego i Ust-Ilimskiego, czy też Żernanice i Těrlicko w Republice Czeskiej. Zwykle cechą wspólną tych zbiorników są kulminacje wysokości zwierciadła wody powodowane wezbraniami i minima wymuszone antropogenicznym odpływem (np.: OWCZYNNIKOW i in., 1999; ASARIN, 2001; JÖHNK i in., 2004). Zmiany stanów wód limnicznych w największych zbiornikach wodnych powo-

dują głębokie, okresowe przemiany w funkcjonowaniu dolin rzecznych (fot. 16 i 17). Są postrzegane w kategoriach regionalnych i ponadregionalnych problemów ekologicznych, gospodarczych, militarnych, a jak dowodzi lektura pracy J. PEŁKI-GOŚCINIAK i T. SZCZYPKA (1995) lub dysertacji A.I. STAMOU (2007), także estetyki krajobrazu, nawet w otoczeniu niewielkich akwenów. Od amplitudy wahań oraz wielkości akwenu również zależy skala zmian brzegów zbiorników. Zatem te dwa parametry muszą być uwzględniane w ocenie zasięgu strefy wpływów fluktuacji zwierciadła wody i powinny być odnoszone do głębokości średniej jako kluczowego parametru morfometrycznego. W przypadku zbiornika Dzierżno Duże na Górnośląskim Pojezierzu Antropogenicznym amplituda wahań stanów wody wynosząca 9,0 m w latach 1966–2007 była porównywalna z absolutnym zakresem wahań tafla wody Zbiornika Brackiego (10,0 m), lecz w pierwszym przypadku przy długości linii brzegowej 16 km i objętości gruntu rzędu kilkunastu hektometrów sześciennych zmiany objęły powierzchnię szacowaną na ok. 2 km², natomiast w drugim przypadku odsłonięcia dna następują wzdłuż linii brzegowej o długości 6 tys. km i gruntu o objętości ponad 1 km³.

Zbiorniki wodne Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego pod względem termicznym w ogromnej większości wykazują cechy typowe dla jezior występujących w strefie klimatu umiarkowanego, a wpływ antropopresji na ich przebieg nie jest duży. Wiele podobieństw zbiorników Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego do jezior potwierdza tezę o dużej ich odporności na termiczną degradację. Ponadto analogicznie kształtują się układy termiczne, podobny jest czas trwania okresów stagnacyjnych i cyrkulacyjnych masy wodnej, a także przebieg i intensywność procesów jej ogrzewania i wychładzania, jak te opisywane w jeziorach naturalnych (KOWALSKA, 1972; MIKULSKI, OKULANIS, 1974; JĘDRASIK, 1985).

Odstępstwo od tej prawidłowości dotyczy tylko zbiorników obciążonych zanieczyszczeniami termicznymi lub o sztucznie wymuszonym ustroju dynamicznym. W ujęciu regionalnym sygnalizowali to między innymi: J. DRWAŁ i W. LANGE (1988, 1991), A.T. JANKOWSKI oraz A. KUCZERA (1992), V.N. BEZNOVSOV i A.L. SUZDALEVA (2001). Na Górnośląskim Pojezierzu Antropogenicznym przypadkiem takim jest Zbiornik Rybnicki, zwłaszcza na tle zazwyczaj mniejszej degradacji termicznej stwierdzanej w innych miejscach strefy klimatu umiarkowanego (HAAG, GORHAMA, 1977; ELORANTA, 1983; TAYLOR, HELWIG, 1995; CHEN i in., 2000). Opisywane przez B.R. TAYLORA i J. HELWIGA (1995) przemiany termiczne w podobnym zbiorniku o funkcjach chłodni-

czych dla elektrowni „Alberta” w Kanadzie odbywają się przy mniejszej niż w Zbiorniku Rybnickim amplitudzie zmienności temperatury wody, wyższych o kilka stopni temperaturach minimalnych i niższych o kilka stopni Celsjusza temperaturach maksymalnych. Z kolei J. Wu i in. (2001) w modelowych rozważaniach dotyczących jeziora Flint Creek zakładają występowanie w strefie zrzutu wód podgrzanych temperatur ponad 40°C, przy poborze wód o ciepłocie niższej o kilka stopni, co przypisywać należy – wobec podobnej kubatury zbiorników – specyficznie innej strefy klimatycznej i klimatu typowego dla południowo-wschodniej

części Stanów Zjednoczonych oraz związanych z tym dużo mniejszych możliwości wychładzania wody. W świetle doniesień, jakie prezentuje A.H. GAMILA (1999), można zaryzykować stwierdzenie o podobieństwie termicznym Zbiornika Rybnickiego do jezior strefy klimatów ciepłych i gorących.

Przebieg naturalnych procesów miktycznych, który jest determinowany warunkami termiczno-anemologicznymi i zmianami termiczno-gęstościowymi masy wodnej (HASSAN i in., 1998; BONNET i in., 2000; XENOPOULOS, SCHINDLER, 2001; DĄBROWSKI i in., 2004), może zaburzyć: zrzut wody, pobór



Fot. 16. Przyrodnicze i gospodarcze konsekwencje oddziaływania falowania przy różnych poziomach piętrzenia wody w Zbiorniku Irkuckim na Angarze (fot. M. RZĘTAŁA):

A – próba ochrony przed abrazją, **B** – betonowe elementy zniszczonej zabudowy przeciwabrazyjnej, **C** i **D** – materiał pochodzący z rozmywu sztucznych umocnień brzegu jest podstawowym budulcem pobliskiej formy akumulacyjnej

Photo 16. Natural and economical consequences of waving influence at different levels of water damming in Irkutsk reservoir on the Angara (photo by M. RZĘTAŁA):

A – the attempt to protect from abrasion, **B** – concrete elements of disturbed anti-abrasion buildings, **C** and **D** – material originating from the caving of artificial shore defences is the basic building material of neighbouring accumulative landform



Fot. 17. Przyrodnicze i gospodarcze konsekwencje oddziaływania falowania przy różnych poziomach piętrzenia wody w Zbiorniku Brackim na Angarze (fot. M. RZĘTAŁA):

A – abrazyjne i akumulacyjne formy brzegowe, **B** – wypłukiwanie drobnofrakcyjnego materiału brzegowego, **C** – wioska zagrożona abrazją (widoczny zasięg platformy abrazyjnej), **D** – lej sufozcyjno-krasowy genetycznie związany z piętrzeniem wód, **E** – klifowe wybrzeże z systemem półek terasowych w okresie niskiego poziomu piętrzenia wody, **F** – formy eoliczne w sąsiedztwie zbiornika, utworzone przez akumulację materiału wywiewanego ze strefy litoralnej podczas niskiego poziomu piętrzenia

Photo 17. Natural and economical consequences of waving influences at different levels of water damming in Bratsk reservoir on the Angara (photo by M. RZĘTAŁA):

A – abrasion and accumulation shore landforms, **B** – washing of fine-fraction shore material, **C** – village liable to abrasion (range of abrasion platform is visible), **D** – suffusion-karst cone genetically connected with water damming, **E** – cliff shore with the system of terraces in the period of low level of water damming, **F** – aeolian landforms in the neighbourhood of reservoir formed in the process of accumulation of material blown from the littoral zone during the low level of water damming

dużych ilości wody, ukierunkowanie przepływu wody, wzmożony ruch środków pływających oraz dostawa zanieczyszczeń. Są to najczęstsze przyczyny antropomiksji, a niekiedy także antropotermii. W skrajnych przypadkach to wymuszenie powoduje zmianę charakteru miktycznego zbiornika z dyktycznego na meromiktyczny. Na Górnos Śląskim Pojezierzu Antropogenicznym przykładem tego rodzaju jest zbiornik Górka (MOTYKA, SZUWARZYŃSKI, 1998; CZOP i in., 2005; MOLENDĄ, 2005). Jednak w przypadku ponad 100-krotnego zwiększenia mineralizacji wody w zbiorniku, wywołanej dostawą odpadów i wód odciekowych do jego misy, trudno mówić o takim akwenu jako o obiekcie limnicznym z typowym procesem miktycznym, skoro posiada wszystkie atrybuty składowiska odpadów lub zbiornika przy oczyszczalni ścieków.

Wobec zróżnicowanej antropopresji, jakiej podlegają zbiorniki wodne, przebieg zjawisk lodowych prowadzi z jednej strony do wykształcenia pokrywy lodowej w sposób nieodbiegający od tego, w jaki tworzy się ona na jeziorach, a z drugiej strony – do zupełnego jej braku w warunkach skrajnego zanieczyszczenia termicznego wód zbiorników. Antropogeniczne uwarunkowania zjawisk lodowych oraz stosunkowo niewielki obszar Górnos Śląskiego Pojezierza Antropogenicznego powodują, że przestrzenna zmienność cech zjawisk lodowych (MARSZELEWSKI, SKOWRON, 2006) obserwowana w regionie górnos Śląskim jest co prawda czytelna, lecz pozbawiona prawidłowości w różnicowaniu grubości pokrywy lodowej.

Warunki tlenowe zbiorników Górnos Śląskiego Pojezierza Antropogenicznego wykazują wiele podobieństw w swej zmienności do natlenienia jezior również obciążonych zrzutem zanieczyszczeń. Dobre warunki tlenowe zasadniczo występują od jesieni do wiosny, latem obserwuje się przetlenienie epilimnionu przy deficycie tlenu bądź jego zaniku w hypolimnionie. Jest to najogólniejszy model gospodarki tlenowej w zbiornikach wodnych Górnos Śląskiego Pojezierza Antropogenicznego, zgodny z gospodarką tlenową jezior strefy klimatu umiarkowanego i jej obrzeżenia. Podobny lub mniejszy o ok. 20% deficyt tlenu występuje w czasie anotermii, a normalne warunki tlenowe są charakterystyczne dla pozostałych okresów roku w południowofińskim jeziorze Hüdenvesi (TALLBERG i in., 1999). Głębokie deficyty tlenu połączone z jego całkowitym zanikiem latem i dobre warunki tlenowe w pozostałych porach roku są typowe dla południowoaustralijskich zbiorników South Para, Barossa i Warren (RECKNAGEL i in., 1998). Silny deficyt tlenu poniżej epilimnionu latem, przy normalnym natlenieniu w pozostałych okresach roku, stwierdza się w zbiornikach zaporowych Ohmorigawa

i Tomisato w Japonii, a w sąsiednich jeziorach zaporowych Kawamata i Maeyama rozmiary deficytu tlenu i całkowitego jego zaniku w wodzie poniżej epilimnionu trwają kilka miesięcy w roku, przy czym towarzyszy im silne przetlenienie epilimnionu, obserwowane także w zbiorniku Nagara (NAKSHIMA i in., 2007). Strefy deficytowe pod względem natlenienia występują również poniżej warstwy mieszania wody w jeziorach terenów o klimacie równikowym (np. w jeziorze Wiktorii i innych jeziorach środkowoafrykańskich), chociaż cechują je większe głębokości, a warunki anareobowe pojawiają się przy dnie (HECKY, 2000). Pewnego rodzaju odrębnością zbiorników górnos Śląskich jest występowanie ekstremalnych wartości natlenienia, sięgających maksymalnie w jednostkowych przypadkach ponad 250%, oraz zanik tlenu w hypolimnionie, trwający ponad trzy miesiące w warstwie wody o miąższości równej nawet 0,7 wysokości słupa wody od dna. Są to przede wszystkim skutki oddziaływania antropopresji rolniczej i miejsko-przemysłowej, które znajdują odzwierciedlenie tylko w nielicznych doniesieniach zawartych w polskiej i ogólnoswiatowej literaturze geograficznej i limnologicznej (NAKSHIMA i in., 2007; MARSZELEWSKI, 2005).

Charakterystyczną cechą zbiorników wodnych Górnos Śląskiego Pojezierza Antropogenicznego jest antropogenicznie stymulowana eutrofizacja wód limnicznych na skalę niespotykaną gdzie indziej w Polsce oraz rzadko spotykaną w Europie i na świecie. Problem niekontrolowanego wzrostu żywności wód zbiorników obrazują ilości zawartych w nich substancji pożywkowych, sięgające kilku, a nawet kilkunastu miligramów fosforu w 1 dm³ wody i zawartości chlorofilu α na poziomie maksymalnie ponad 100 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$. Ustalone poziomy graniczne dla uaktywnienia procesów eutrofizacyjnych w wodach stojących stanowią rząd: 0,1 mg P/dm³ dla fosforu ogólnego, 1,5 mg N/dm³ dla azotu ogólnego i 25 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ dla chlorofilu α (KAJAK, 1995; *Rozporządzenie...*, 2002), i są porównywalne ze wskazaniami R.A. VOLLENWEIDERA i in. (1982) lub R. CARLSONA (1977). Wyższe zawartości chlorofilu α od maksymalnych stwierdzonych w wodzie zbiorników górnos Śląskich dotyczą w literaturze przedmiotu tylko niektórych akwenów na świecie, np.: polimiktycznych stawów hodowlanych o wysokiej produktywności i hipertrofii w południowych Czechach (KOMÁRKOVÁ, 1998), kilku jezior w południowo-wschodniej Brazylii (PETRUCIO i in., 2006) czy zbiornika zaporowego Guadalupe w strefie metropolitalnej Meksyku (LUGO i in., 1998).

Również pod względem przezroczystości wody zbiorniki Górnos Śląskiego Pojezierza Antropogenicznego są zróżnicowane w zależności od skali wpły-

wów antropogenicznych. Wprawdzie najczęściej spotykana przezroczystość wody mieści się w zakresie od 0,5 m do 2,0 m (CHOIŃSKI, 1995), jednak wiele doniesień ze świata mówi o zasięgu strefy eufotycznej podobnym do tej, jaką obserwuje się w zbiornikach Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego. Przezroczystość w zakresie 0,8–2,1 m cechuje kilka koreańskich eutroficznych zbiorników wodnych (KIM i in., 2001), a widzialność krążka Secchiego w zakresie 0,5–9,75 m – 73 eutroficzne jeziora szwedzkie (HÅKANSON i in., 2005). Natomiast zakres przezroczystości 0,3–5,8 m jest charakterystyczny dla ponad 30 jezior na Florydzie (CONNEY, ALLEN, 2006), zaś w granicach 0,03–7,3 m – dla innych szwedzkich jezior (THIERFELDER, 2000).

Alkaliczacja wód zbiorników Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego osiąga poziom odczynu wody nawet ponad 10 pH. Występują też akweny, w których zretencjonowana jest ciecz alkaliczna o odczynie $\text{pH} > 12$ (CZOP i in., 2005; MOLENDĄ, 2005). O ile w pierwszym przypadku są to wody limniczne podlegające spontanicznej alkaliczacji jako pochodnej eutrofizacji, o tyle w drugim – ścieki spełniające co najwyżej kryteria zanieczyszczonych wód allochtonicznych, cieczy odciekowych lub wód ukształtowanych pod wpływem odpadów.

Problemem regionalnym jest zasolenie lub wspomnianą coraz częściej halinotrofia (MOLENDĄ, 2005; JANKOWSKI, RZĘTAŁA, 2006). Powoduje je zrzut zasolonych wód pochodzących z odwodnienia złóż i wyrobisk górniczych węgla kamiennego. Kwestii tej nie rozwiązuje zamykanie kopalń i przekazywanie obszarów górniczych do użytkowania komunalnego, spółdzielczego czy prywatnego, nie oznacza to bowiem zaprzestania odwadniania podziemnych wyrobisk, istotnego dla utrzymania normalnego ruchu takich zakładów w regionach sąsiednich. Zaprzestanie zrzutu wód zasolonych do rzek i kierowanie ich do osadników o charakterze polderów ewaporacyjnych mogłoby przyczynić się do poprawy jakości wód w zakresie zawartości zwłaszcza chlorków, siarczanów i sodu. Skalę problemu zasolenia wód w regionie, powiązanego z możliwością jego hydrologicznej alokacji na tereny pozagórnośląskie, pokazuje porównanie górnośląskich zbiorników z jeziorami stref klimatów ciepłych i gorących (trudno bowiem o przykłady ze strefy klimatu umiarkowanego): Abiyata w Etiopii (LEGESSE i in., 2002), gdzie zasolenie w ostatnich kilkudziesięciu latach wzrosło z ok. 8 g/dm^3 do ponad 30 g/dm^3 , a przewodność elektrolityczna wynosi nie mniej niż 12 tys. $\mu\text{S/cm}$, czy wieloma innymi o równie wysokim zasoleniu (EGGERMONT i in., 2006).

Morfologiczny rozwój mis zbiorników warunkowany jest przede wszystkim procesami ich za-

rastania oraz fluwialnego zamulania, przy marginalizacji dostawy troposferycznej w postaci suchej i mokrej depozycji. Udział w zamulaniu zbiorników materii pochodzącej z atmosfery jest zależny od innych czynników. W badaniach wykazano, że w zbiornikach bezdopływowych lub o niewielkim przepływie cieków alimentujących dostawa materii z atmosfery sięgała nawet ponad 90%, a wielkość bezwzględnego ładunku ulegała zmianom w zależności od stopnia zanieczyszczenia powietrza. Jeszcze w latach 70. ubiegłego wieku w najbardziej uprzemysłowionej i zurbanizowanej części Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego roczny opad pyłu sięgał kilku tysięcy ton na 1 km^2 , aby w latach 90. XX w. i na początku XXI w. kształtować się na poziomie dziesiątek ton na 1 km^2 . Pewną rolę w dostawie materiału zamulającego zbiorniki odgrywa strefa brzegowa, chociaż jest ona marginalna z uwagi na z reguły płaski układ brzegów o biogenicznym charakterze. Niewielki udział materii pochodzącej z abrazji brzegów podkreślają M. BANACH (1994) i M.A. RZĘTAŁA (2003) – oceniany zwykle na kilka lub kilkanaście procent całości trafiającego do misy rumowiska. W zbiornikach wodnych pokrywy osadów dennych osiągnęły zasadniczo miąższości od kilku do kilkunastu, rzadziej zaś kilkudziesięciu centymetrów, a w często antropogenicznie ukształtowanych głęboczkach (np. jako pozostałościach po zagłębieniach odwadniających w zbiornikach poeksploatacyjnych) – nawet do kilku metrów osadów, zwykle o cechach tiksotropii. Jednak zasadniczo są to miąższości znikome w porównaniu z jeziorami, które są wypełnione osadami w stopniu nieporównywalnie większym. W jeziorach osady denne są też zwykle lepiej wykształcone. W 15-metrowym profilu osadów z jeziora Gościąg stwierdzono ponad 12 850 rocznych lamin, które powstawały od allerödu po dzień dzisiejszy (RUTKOWSKI, 2007), natomiast wiek osadów zbiorników Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego najczęściej nie przekracza kilkudziesięciu lat. Klastyczne, organiczne, biochemiczne i chemiczne osady denne stwierdza się w jeziorach, a w przypadku zbiorników wodnych regionu górnośląskiego dominują osady klastyczne i organiczne, często z materiałem o cechach komunalnego osadu ściekowego.

Pod względem składu granularnego (mechanicznego) osadów zbiorniki wodne cechuje duży indywidualizm. W strefach brzegowych dominuje zazwyczaj frakcja piaszczysta, natomiast w obrębie dna właściwego notowana jest przewaga cząstek ilowych. Zróżnicowane pozostają również właściwości fizykochemiczne osadów, które zawierają wiele pierwiastków śladowych, w tym metali ciężkich, w ilościach stosunkowo rzadko spoty-

Tabela 32. Zakres zmienności lub średnia koncentracja metali ciężkich w osadach dennych wybranych środowisk limnicznych na świecie
Table 32. Changes in the variability or average concentration of heavy metals in the bottom deposits in the selected limnic environments of the world

Jezioro lub lokalizacja	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Górnośląskie Pojezierze Antropogeniczne	66,1–146,0	–	6,0–99,0	7,0–74,0	9,0–197,0	177,0–4 790,0	0,9–51,8	32,0–1 620,0
Zbiornik Żywiecki (Polska) ¹	11,5–56,0	576,0–1 033,0	–	30,7–66,2	15,7–36,2	83,0–177,0	0,0–1,7	25,0–62,0
Boszkowo, Dominickie, Wielkie (Wielkopolska) ²	1,1–1,8	39,0–178,0	2,2–4,2	1,6–2,9	2,1–2,9	475,0–110,0	1,2–1,8	9,7–12,9
Zbiorniki – rejon Gręzawy i Łęcznicy (Polska SW) ³	20,0–165,0	3,0–158,0	< 3,8–259,0	0,2–31,0	0,2–18,6	3,0–131,0	< 0,1–3,3	1,0–64,0
Zbiornik 111 (okolice Cottbus, Niemcy) ⁴	4,4–26,2	15,0–82,0	–	1,1–28,9	–	12,0–186,0	–	7,8–31,4
Balaton (Węgry) ⁵	5,7–66,0	160,0–760,0	1,7–17,0	4,4–55,0	0,7–36,0	13,0–150,0	0,1–0,7	2,4–160,0
Jeziora w Sztokholmie (Szwecja) ⁶	15,2–38,0	–	–	32–53,1	31,0–1 125,0	170,0–1 539,0	2,1–4,7	75,0–413,0
Jeziora w rejonie Murmańska (Rosja) ⁷	–	–	10,0–135,0	7,0–25 790,0	5,0–6 495,0	17,0–1 327,0	< 0,5–3,5	1,0–176,0
System jeziora Seliger (Rosja) ⁸	1,2–48,5	0,2–3 032,0	–	–	1,1–29,8	5,3–170,0	0,0–1,2	0,9–68,2
Sapania (Turcja) ⁹	13,1–22,5	203,1–433,6	–	20,1–34,3	17,3–35,5	39,0–75,3	0,1–0,6	10,1–17,8
Hazar (Turcja) ¹⁰	17,0–79,0	85,0–625,0	–	38,0–130,0	10,0–64,0	46,0–210,0	–	–
Koronia (Grecja) ¹¹	27,3–37,0	581,3–682,3	–	–	14,8–18,8	72,1–99,6	1,0–1,1	16,3–24,5
Volvi (Grecja) ¹¹	20,1–25,3	133,4–157,2	–	–	14,0–16,2	47,9–58,9	0,7–0,8	10,5–14,4
Wadi El Natrum (Egipt) ¹²	–	12,0–3 116,0	–	26,0–28,0	27,0–231,0	20,0–91,0	23,0–29,0	37,0–71,0
Zbiornik Nassera (Sudan / Egipt) ¹³	4,5–50,0	149–1 180	7,0–74,0	91,5–145,0	8,5–68,5	30,0–96,5	3,0–11,0	12,0–29,0
Jezioro Wiktorii – zatoka Mwanza (Tanzania) ¹⁴	11,0	–	–	–	21,6	36,4	2,5	29,6
Jeziora Doliny Ryfrowej (Kenia) ¹⁵	1,9–4,8	667,0–3 947,0	0,2–1,4	11,7–39,7	1,9–20,9	96,2–229,6	0,1–1,2	10,9–39,0
Taihu (Chiny) ¹⁶	84,0–162,1	–	–	33,5–124,0	9,7–102,2	71,6–370,3	3,9–8,9	258,9–495,4
Kolleru (Indie) ¹⁷	44,0–66,0	–	–	0,2–2,2	270,0–572,0	356,0–622,0	0,0–0,3	2,5–5,1
Tuttle Creek (Kansas, USA) ¹⁸	48,0–120,0	–	–	19,0–77,0	20,0–44,0	65,0–150,0	0,3–0,6	16,0–160,0
Texoma (USA) ¹⁹	12,0–51,0	145,0–643,0	–	6,0–31,0	9,0–136,0	33,0–242	1,0–3,0	5,0–15,0
Macquarie (Australia) ²⁰	7,0–45,0	–	–	11,0–57,0	6,0–17,0	12,0–68,0	< 0,1–0,2	5,5–17,0

– brak danych (lack of data).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badań prezentowanych przez różnych autorów, które w tabeli zestawiono w uproszczeniu: ¹ T. MAGIERA i in. (2002), ² A. SZYMANOWSKA i in. (1999), ³ A. SAMECKA-CYMERMAN, A.J. KEMPERS (2001), ⁴ O. BÜTTNER i in. (1998), ⁵ H.N. NGUYEN i in. (2005), ⁶ M. LINDSTRÖM, L. HÄKANSON (2001), ⁷ V. DAUVALTER (1994), ⁸ V.I. KOSOV i in. (2004), ⁹ F. DUMAN i in. (2007), ¹⁰ H. ÖZMEN i in. (2004), ¹¹ N. GANTIDIS i in. (2007), ¹² A.G. TAHER, A.A. SOLIMAN (1999), ¹³ S.M.N. MOALLA i in. (1998), ¹⁴ M.A. KISCHE, J.F. MACHIWA (2003), ¹⁵ E.Z. OCHIENG i in. (2004), ¹⁶ H. WANG i in. (2004), ¹⁷ K.Ch. SEKIHAR i in. (2003), ¹⁸ K.E. JURACEK, D.P. MAU (2003), ¹⁹ Y.J. AN, D.H. KAMPBEL (2003), ²⁰ A.C. ROACH (2005).

Source: Made by the author on the base of results of research presented by different authors, which are set in the table as simplified: ¹ T. MAGIERA et al. (2002), ² A. SZYMANOWSKA et al. (1999), ³ A. SAMECKA-CYMERMAN and A.J. KEMPERS (2001), ⁴ O. BÜTTNER et al. (1998), ⁵ H.N. NGUYEN et al. (2005), ⁶ M. LINDSTRÖM and L. HÄKANSON (2001), ⁷ V. DAUVALTER (1994), ⁸ V.I. KOSOV et al. (2004), ⁹ F. DUMAN et al. (2007), ¹⁰ H. ÖZMEN et al. (2004), ¹¹ N. GANTIDIS et al. (2007), ¹² A.G. TAHER and A.A. SOLIMAN (1999), ¹³ S.M.N. MOALLA et al. (1998), ¹⁴ M.A. KISCHE and J.F. MACHIWA (2003), ¹⁵ E.Z. OCHIENG et al. (2004), ¹⁶ H. WANG et al. (2004), ¹⁷ K.Ch. SEKIHAR et al. (2003), ¹⁸ K.E. JURACEK and D.P. MAU (2003), ¹⁹ Y.J. AN and D.H. KAMPBEL (2003), ²⁰ A.C. ROACH (2005).

kanych w innych zbiornikach wodnych spoza regionu górnośląskiego o porównywalnej i większej pojemności. Ich zawartości nierzadko przekraczają niezwykle szeroko definiowane poziomy uznawane za naturalne — przyjęte za A. KABATA-PENDIAS i H. PENDIASEM (1993) — dla wszystkich rodzajów skał osadowych. Zawartości tych pierwiastków są wyższe od ilości odnotowywanych w przedprzemysłowych aluwiach Przemysły (KLIMEK i in., 1995) i osadach aluwialnych górnej Wisły (KLIMEK, ZAWILIŃSKA, 1985). M. KOSTECKI (2007b) stwierdza wprost, że zanieczyszczenie metalami ciężkimi niektórych ekosystemów wodnych stanowi ważny problem z ekologicznego punktu widzenia oraz zagrożenia zdrowia ludzi, a w fito- i zooplanktonie, roślinności naczyniowej oraz ichtiofaunie rejestrowane stężenia mają charakter skażenia, przy braku radiologicznego zanieczyszczenia osadów tych środowisk (KOSTECKI, TUSZYŃSKI, 2007).

Ponadprzeciętne zanieczyszczenie zbiorników wodnych Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego pokazują porównania zawartości metali z analogicznymi stężeniami metali w osadach wybranych kilkudziesięciu jezior świata (tabela 32). Tylko w nielicznych jeziorach na świecie zdarzają się wyższe koncentracje metali w osadach, np.: chromu, kobaltu, niklu, miedzi. Jeżeli zaś chodzi o zawartości cynku, kadmu i ołowiu w osadach dennych, to nie znajdują one odpowiedników na świecie, co podkreśla wyjątkowość Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego.

Z uwagi na najczęściej kilkudziesięcioletni, rzadziej ponad 100-letni, okres funkcjonowania zbiorniki Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego znajdują się w większości na etapie młodocianego stadium rozwoju misy. O wiele mniej akwenów wykazuje cechy rozwoju morfologicznego odpowiadające stadium dojrzałemu, znikoma ich liczba jest w stadium starości, a pojedyncze (głównie poregulacyjne starorzecza) — w stadium zaniku. Procesowi ewolucji morfologicznej mis zbiornikowych towarzyszy potrzeba ochrony wybrzeża przed mechanicznym, biologicznym i chemicznym oddziaływaniem masy wodnej. Skutkuje to koniecznością budowy umocnień brzegowych i innej zabudowy hydrotechnicznej. Również urządzenia wodne¹ wy-

wierają wpływ na warunki krążenia materii i obiegu energii, a tym samym na przebieg i występowanie procesów abrazyjnych oraz sedymentacyjnych i sedentacyjnych. Równocześnie na morfologiczną ewolucję mis zbiorników bardzo dynamicznie wpływają procesy naturalnej sukcesji przyrodniczej (RAHMONOV i in., 2004a, b). Spontaniczne procesy kolonizacji brzegów przez roślinność jednoroczną i wieloletnią coraz częściej są postrzegane jako alternatywa dla kapitałochłonnych zabiegów rekultywacyjnych (zwłaszcza na etapie rekultywacji biologicznej) i zagospodarowania przedplonowego. Aplikacyjność takiego rozwiązania dodatkowo tłumaczy równowaga biologiczna naturalnie ukształtowanych warunków siedliskowych, zastępująca mniej stabilne środowiskowo zespoły roślinności, wprowadzone w drodze zabiegów rekultywacyjnych oraz zagospodarowania przedplonowego i docelowego.

9.3. Znaczenie geosystemów limnicznych i ich ochrona

Funkcjonalność zbiorników wodnych Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego jest dość mocno zróżnicowana — od wielofunkcyjności, przez ich marginalizację użytkową w sensie gospodarczym, do traktowania akwenów jako nieużytków, chociaż i tym ostatnim najczęściej przypisuje się znaczenie co najmniej biotopowe i biocenotyczne.

Zbiorniki jako zbudowane przez człowieka ogniwa migracji materii i energii (RZĘTAŁA, WACH, 1999) generują ich przemieszczanie w zupełnie nowych kierunkach w stosunku do okresu przedzbiornikowego, a dotyczy to również wód czystych i zanieczyszczonych. Zachodząca w nich retencja chemiczna oraz transformacja właściwości fizycznych, mimo wielu zastrzeżeń co do kompleksowości i pełnej skuteczności oczyszczania oraz skutkująca pogorszeniem parametrów jakościowych (DOJLIDO, 1995) samych zbiorników, pozwala na stosowanie ich właśnie do oczyszczania wód. Dotyczy to zwykle zbiorników zaporowych i jest bagatelizowane w przypadku pozostałych. Zbiorniki wodne włączone w systemy oczyszczania wody wykazują bardzo dużą skuteczność, jeśli chodzi o przywracanie jej walorów jakościowych w zlewniach przemysłowych. W zlewniach rolniczych i na terenach *quasi*-naturalnych następujące samooczyszczanie nie ma charakteru kompleksowego, ale jest komplementarne w stosunku do innych działań.

Zbiorniki wodne w systemie zaopatrzenia w wodę regionu górnośląskiego są źródłem tzw. wody

¹ Zgodnie z Ustawą z dnia 18 lipca 2001 r. — Prawo wodne (z późn. zm.), urządzenia wodne to urządzenia służące kształtowaniu zasobów wodnych oraz korzystaniu z nich; zalicza się do nich m.in.: budowle (piętrzące, upustowe, przeciwpowodziowe i regulacyjne), obiekty zbiorników i stopni wodnych, obiekty służące do ujmowania wód, obiekty energetyki wodnej, wyloty urządzeń kanalizacyjnych lub urządzeń wodnych, stałe urządzenia służące do połowu ryb lub do pozyskiwania innych organizmów wodnych, mury oporowe, bulwary, nabrzeża, pomosty, przystanie, kąpieliska.

surowej do celów produkcyjnych² oraz ogniwami przerzutu wody w systemie wodociągowym. Górnośląski system wodno-gospodarczy uważa się za największy w Polsce i jeden z większych w Europie (BOK i in., 2004). Specyfiką tego systemu jest nadrzędna rola kilku zbiorników wodnych wraz z magistralami, pompowniami, stacjami uzdatniania wody, ujęciami wód podziemnych i powierzchniowych połączonych w sieć. W innych krajach świata odpowiednikiem tego zwykle jest system zaopatrzenia funkcjonujący na podstawie jednego zbiornika bądź jednego rodzaju ujęć wody. Inną cechą wyróżniającą górnośląski system wodno-gospodarczy jest nad wyraz restrykcyjny charakter użytkowania akwenów, polegający na daleko idących ograniczeniach innych form użytkowania. U podstaw rozwiązań leżą ograniczenia prawne, techniczne i organizacyjne stosowane z różnych względów przez przedsiębiorstwa wodociągowe. W innych krajach strefy klimatu umiarkowanego zwykle dąży się do optymalizacji wykorzystania zbiorników wodnych przez utrzymanie i rozwój mało uciążliwych form rekreacji (jak: kajakarstwo, wędkarstwo, windsurfing) oraz zagospodarowanie turystyczne obrzeży, np. wytyczenie wodnych i lądowych dydaktycznych tras turystycznych. Takie użytkowanie akwenów nie koliduje z dotychczasowymi kierunkami eksploatacji zbiorników, a także nie pozostaje w sprzeczności z ideą ochrony przyrody. Ponadto tego rodzaju modele szeroko rozumianej wielofunkcyjności akwenów są akceptowane w wielu krajach jako zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju oraz koncepcjami współcześnie pojmowanej architektury krajobrazu (JANKOWSKI i in., 2004).

W ochronie przeciwpowodziowej regionu górnośląskiego zbiorniki wodne Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego odgrywają rolę lokalną, co najwyżej regionalną, a rzadziej ponadregionalną. Natomiast znaczenie ponadregionalne mają zbiorniki, których możliwości retencyjne wykorzystywane są w okresach posusznych do podwyższania przepływów minimalnych w ciekach głównych. Zasadnicze znaczenie dla ochrony przed powodziąmi i suszami mają zbiorniki największe pod względem możliwości retencyjnych, chociaż ich budowie (utworzeniu) przyświecały zupełnie inne cele. Minimalne znaczenie ma natomiast kilka tysięcy niewielkich zbiorników, które retencjonują wody w ilości kilkudziesięciu hektometrów sześciennych,

co odpowiada rezerwie powodziowej kilkunastu największych obiektów. Zupełnie odmienne tendencje w zakresie ochrony przed powodziąmi i suszami obserwuje się w krajach Europy Zachodniej i Ameryki Północnej, w których już wiele lat temu główny nacisk położono na retencyjne przysposobienie dorzecza, obejmujące: rozwój programów małej retencji, zalesienia na terenie zlewni, przywracanie naturalnego charakteru koryt rzecznych i den dolinnych, kształtowanie sztucznych meandrów, formowanie terenów rozlewiskowych oraz mokradeł antropogenicznych (ŻELAZO, POPEK, 2002). Takie przedsięwzięcia traktuje się jako integralne działania w ramach stosowania technicznych środków ochrony przed powodzią i suszą, rozszerzające wachlarz — powszechnej w Polsce i Europie Wschodniej — ingerencji technicznej i biotechnicznej w obrębie koryt rzecznych. Analiza literatury geograficznej wskazuje na powolne przemijanie okresu budowy wielkich zapór jako najskuteczniejszego antidotum na występowanie wezbrań i powodzi (WOŁOSZYN i in., 1994; ŻELAZO, POPEK, 2002).

Potrzeba produkcji energii elektrycznej jest, poza ochroną przeciwpowodziową i zaopatrzeniem w wodę, najczęstszą przyczyną budowy dużych zbiorników zaporowych. Wielkie jeziora zaporowe w Rosji, kaskady nieco mniejszych zbiorników ukraińskich, liczne spiętrzenia wód rzecznych w krajach alpejskich i skandynawskich — to jaskrawe dowody na hydrotechniczne wykorzystanie energii wody przy marginalizacji innych zadań. Tymczasem w warunkach regionu górnośląskiego energetyczne wykorzystanie zbiorników nigdy nie przyświecało ich budowie, a próby adaptacji do zadań hydroenergetycznych nie są powszechne i przynoszą efekty ekonomiczne na niewielką skalę. W granicach Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego realne jest wykorzystanie potencjalnego spadku wody przy istniejących piętrzących obiektach hydrotechnicznych do lokalizacji niewielkiej mocy hydroelektrowni. Możliwości takie występują przy większości zapór o kilkumetrowym piętrzeniu, a także w sąsiedztwie niektórych zbiorników o innej genezie. Należą do nich zbiorniki Kuźnica Warężyńska i Pogoria III, które tworzą układ możliwy do hydroenergetycznego wykorzystania (przez analogię do małej mocy hydroelektrowni nad zbiornikiem Dzierżno Duże).

Wykorzystanie zbiorników Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego do chowu i hodowli ryb oraz innych organizmów jest możliwe dzięki zasobności w wodę, a drugorzędną rolę, wobec możliwości naturalnej lub antropogenicznej kolmatacji, odgrywa współcześnie przepuszczalność podłoża i grobli. Funkcjonalność tego typu zbior-

² Wymagania, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia, określa Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r., a wymagania dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi zawarte są w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r.

ników, a zwłaszcza wielkość hodowli ryb, wszędzie na świecie jest limitowana rozwojem procesów eutrofizacyjnych (KELLY i in., 1981; HARPER, 1992). Najlepsze warunki dla hodowli ryb występują przy stanie umiarkowanej eutrofii, a ograniczeniu ulegają one w przypadku oligotrofii, mezotrofii oraz hipertrofii (DOJLIDO, 1995). Pewną odrębnością górnośląskich akwenów hodowlanych na tle innych skupisk podobnych zbiorników wodnych na świecie jest nieco wyższa skala zagrożenia dopływem substancji powodujących likwidację populacji hodowlanych organizmów, co objawia się masowym śnięciem ryb lub śmiertelnością innych gatunków (np. raków).

Eksploatacyjne znaczenie zbiorników wodnych Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego jest ograniczone do wykorzystania na potrzeby energetyki kalorycznej mieszaniny osadu pościekowego i miazgi węglowej. W światowej literaturze nie spotyka się opisów akwenów, z których w ramach oczyszczania zbiornika pozyskuje się osad o cechach energetycznego paliwa stałego. Omawia się natomiast przypadki wykorzystania wód limnicznych jako środowiska sedymentacji surowców skalnych (piasku, żwiru, gładów) i surowców chemicznych (soli, kredy) oraz sedimentacji materii organicznej o właściwościach naturalnego nawozu. Na przykład sól jest pozyskiwana w licznych jeziorach (TIMMS, 2005). O rolniczym wykorzystaniu osadów w ramach rekultywacji stawów hodowlanych informują J. POKORNÝ i V. HAUSER (2002). Żwir, otoczaki i gładzi są eksploatowane na skalę przemysłową w strefie cofkowej Zbiornika Czorszyńskiego.

Podobnie jest w przypadku znaczenia żeglugo-wego zbiorników Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego. Ogranicza się ono do zasilania wodami zbiorników Kanału Gliwickiego, a pośrednio także Odry. Takie rozwiązania są powszechnie stosowane na całym świecie.

Turystyczno-rekreacyjne zastosowanie zbiorników Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego na ogół towarzyszy podstawowej funkcji akwenu. Czasami jednak jest to główny rodzaj jego użytkowania. Bardzo rzadkie są przypadki budowy zbiorników innych niż o betonowych misach (basenów) dla zaspokojenia potrzeb wyłącznie rekreacyjnych. Użytkowanie turystyczno-rekreacyjne zbiorników bardzo często jest demonizowane pod względem negatywnego wpływu na stan ekologiczny środowiska wodnego, chociaż w niewielkich akwenach, w przypadku masowego wypoczynku i nieuporządkowanej gospodarki ściekowej, zwykle następuje wyraźne zaburzenie równowagi biologicznej. Takich zaburzeń na Górnośląskim Pojezierzu Antropogenicznym nie należy się spodzie-

wać w przypadku występowania mało uciążliwych form rekreacji i turystyki. Potwierdzają to modele turystyczno-rekreacyjnego użytkowania jezior na świecie (SCHNAIBERG i in., 2002; ARLINGHAUS, MEHNER, 2005; MARCOUILLER i in., 2004; HALL, HÄRKÖNEN, 2006). Degradacja zbiorników rzadko przypisywana jest głównie turystyce i rekreacji, a przykład oligotrofizacji zbiornika Nakło-Chechło wskazuje na bardzo nikłe oddziaływanie masowego wypoczynku na jakość wód (KOSTECKI, red., 1996). Zasadnicze znaczenie dla kształtowania stanu ekologicznego zbiorników mają inne formy ich użytkowania oraz zagospodarowania zlewni (RZĘTAŁA, 2007a).

Ogół uwarunkowań przyrodniczych i antropogenicznych decyduje o żywotności zbiorników wodnych Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego. Okres funkcjonowania zbiorników z reguły nie przekracza kilkuset lat, poza nielicznymi wyjątkami, kiedy liczy się go w tysiącach lat. Okres istnienia konkretnych zbiorników Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego szacuje się na (RZĘTAŁA, 2003): 1,07 tys. lat — Przeczyce, 1,26 tys. lat — Kozłowa Góra, 1,48 tys. lat — Dzierżno Duże, 1,6 tys. lat — Pogoria I, 2 tys. lat — Dzierżno Małe, 3 tys. lat — Goczałkowice, ponad 22 tys. lat — Pogoria III. Porównanie czasu żywotności zbiorników Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego z wymienianym przez A. CHOIŃSKIEGO (1995) podobnym czasem dla większości jezior Polski, funkcjonujących co najmniej kilka tysięcy lat, dowodzi wielokrotnie szybszego zaniku zbiorników, postępującego w warunkach antropopresji miejsko-przemysłowej i rolniczej. Tempo to — jak dowodzi analiza opracowania A. ŁAJCZAKA (1995) — jest porównywalne z czasem egzystencji zbiorników wodnych zlokalizowanych w obszarach o wyraźnej rzeźbie erozyjnej, których cieki obfitują w rumowisko o frakcji toczyn i wleczyn. Natomiast funkcjonowanie zbiorników spełniających kryteria prawne tzw. oczek wodnych, które zostały zdefiniowane w Ustawie z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (z późn. zm.), można szacować na dziesiątki lat, rzadziej ponad 100 lat.

Zbiorniki Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego wobec powszechnej antropopresji wymagają zarówno ochrony z zastosowaniem narzędzi prawnych, jak i dostępnych rozwiązań sanitarnych. Ogół działań w zakresie użytkowania zbiorników musi być zgodny z zasadami ochrony środowiska, równowagi przyrodniczej i zrównoważonego rozwoju. W tym celu niezbędne jest zaprzestanie emisji zanieczyszczeń do wód, a także rekultywacja, renaturyzacja i rewitalizacja zbiorników już degradowanych. Większość dotychczas stosowanych na świecie rozwiązań do tej pory nie znalazła zastosowania w działaniach ochronnych podejmo-

wanych wobec zlewni i akwenów Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego. Na razie sprawdza się do wdrożenia z różnym skutkiem przepisów prawnych opartych na zapisach obowiązujących w Unii Europejskiej³.

Wśród działań korzystających z dostępnych rozwiązań sanitarnych do kanonu należą uporządkowanie gospodarki ściekowej na terenie zlewni i przeciwdziałanie powstawaniu oraz rozprzestrzenianiu zanieczyszczeń. Stosunkowo nową propozycją jest przygotowana dla regionu górnośląskiego (JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2003) pośrednia ochrona zbiorników w rezultacie:

- prowadzenia upraw rolniczych pomiędzy zalesieniami stworzonymi w strefach wododziałowych a użytkami zielonymi zajmującymi przyrzecza, przy enklawach ekologicznych w postaci zadarnień i zakrzewień na liniach spływu z terenów rolniczych (MIODUSZEWSKI, 1994);
- stworzenia wzdłuż cieków i zbiorników wodnych tzw. stref ekotonowych (DĄBKOWSKI, 1994; MIODUSZEWSKI, 1994) o szerokości od 20–30 m (KUREK, 1990) do 50 m (ZALEWSKI, 1994), z roślinnością zielną, krzewiastą i drzewiastą, które pełniąc funkcję filtra biologicznego, zdolne są przechwycić większość zanieczyszczeń obszarowych, w tym biogenów (PUCHAŁSKI i in., 1995);
- przechwycenia wód z systemów melioracyjnych do tzw. stawów drenażowych wypełnionych kruszywem filtracyjnym (KOWALEWSKI, 1997) i ponownego ich wykorzystania w systemach nawodnień w rolnictwie (MIODUSZEWSKI, 1994), przy alternatywnym oczyszczaniu wód w otwartych rowach melioracyjnych lub porośniętych roślinnością rowach serpentynowych opóźniających odpływ (KOWALEWSKI, 1997);
- rozbudowy programu tzw. małej retencji, polegającego na budowie w zlewni wielu niewielkich zbiorników, polderów filtracyjnych, antropogenicznych mokradeł, przepływowych oczek wodnych, wymagających wprawdzie okresowego oczyszczania z namulów i usuwania roślinności (KOWALEWSKI, 1997), lecz cechujących się kilkudziesięcioprocentową skutecznością w zatrzymywaniu biogenów przez filtry biologiczne na bazie makrofitów (SZYMAŃSKA, 1990), nawet przy prędkości przepływu dochodzącej do 0,3 m/s.

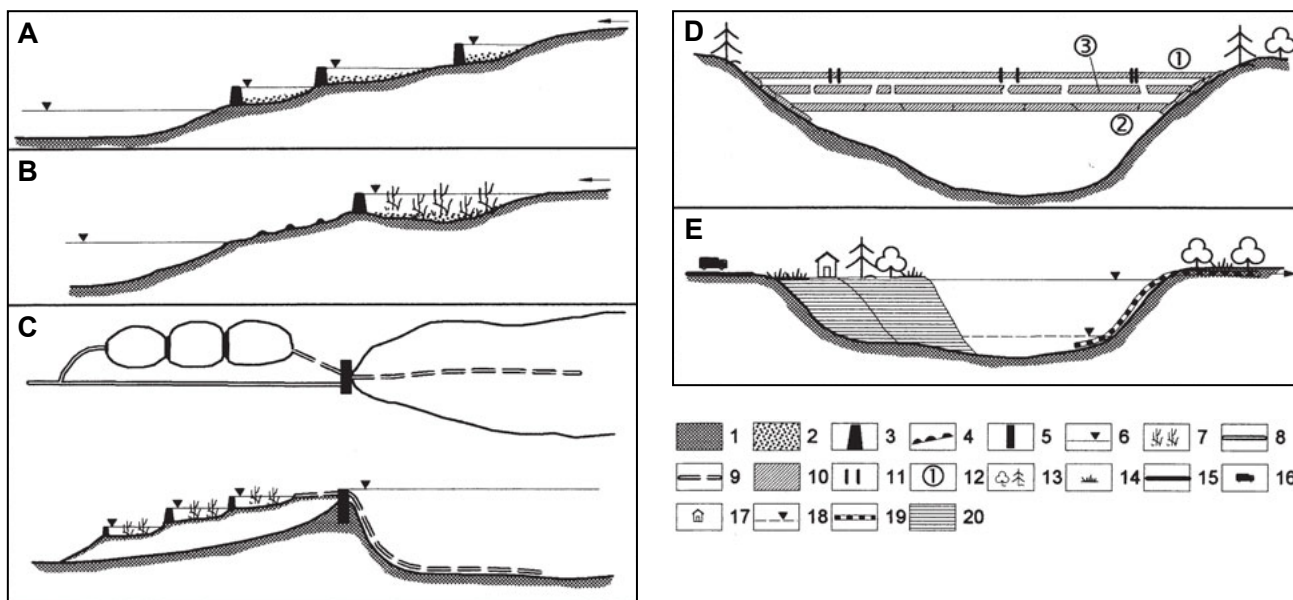
³ Najważniejszymi narzędziami są dwa Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. (pierwsze w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych oraz drugie w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych), a także Rozporządzenia Ministra Środowiska: z dnia 4 października i dnia 27 listopada 2002 r., z dnia 24 lipca 2006 r., z dnia 20 sierpnia 2008 r. i wiele innych.

Bardziej problematyczne wobec powszechności zanieczyszczenia wód zbiorników w regionie górnośląskim są: rekultywacja, rewitalizacja i renaturyzacja, a także bezpośrednia ochrona zbiorników, chociażby dlatego, że skuteczność tych zabiegów bywa wątpliwa wobec braku korelacji działań technicznych i biotechnicznych w obrębie zbiorników z działaniami w ramach ich zlewni. Stąd też możliwości poprawy jakości wód i korzystnych zmian w ekosystemach upatruje się w ograniczonym zakresie w: bagrowaniu osadów dennych i usuwaniu lub napowietrzaniu wód hypolimnionu, chemicznej ingerencji w osady dennie, chemicznej likwidacji tzw. zakwitów wody, wapniowaniu wody, biomanipulacji itd. Z tego względu – oprócz klasycznych zabiegów rekultywacyjnych, z powodzeniem stosowanych od wielu lat w Polsce północnej (LOSSOW, 1995, 2000; LOSSOW i in., 2002; GAWROŃSKA, LOSSOW, 2003; GAWROŃSKA i in., 2003; GROCHOWSKA, GAWROŃSKA, 2004; MARSZELEWSKI, 2005) i od kilku lat w jedynej zbiorniku na południu kraju (KOSTECKI, 2007a) – konieczne wydaje się wprowadzenie rozwiązań alternatywnych. Spośród wielu propozycji ze wskazaniem miejsc, w których takie rozwiązania mogłyby być realizowane, na uwagę zasługują (rys. 60):

- budowa osadników wstępnych w strefach cofkowych zbiorników, przez wzniesienie systemu groblowych przegród poprzecznych o funkcjach zapór przeciwrumowiskowych i kaskad natleniających wodę zanieczyszczonych dopływów, np. u ujścia Kłodnicy do Dzierżna Dużego;
- budowa oczyszczalni hydrofitowych i glebowo-korzeniowych w strefach cofkowych zbiorników o niewielkich przepływach (z możliwością wyłączenia oczyszczalni z eksploatacji w okresach wezbrań), np. u ujścia Czarnej Przemszy do Przeczyc, Brynicy do Kozłowej Góry;
- budowa systemów odprowadzania wód przydennych w zbiornikach narażonych na powstawanie deficytów tlenu w hypolimnionie z przeznaczeniem do funkcjonowania w okresie występowania natlenienia normalnego i słabodeficytowego;
- budowa oczyszczalni hydrofitowych i glebowo-korzeniowych na drodze zrzutu odtlenionych wód hypolimnionu z przeznaczeniem oczyszczalni do funkcjonowania w okresach natlenienia deficytowego i zrzutu wód odtlenionych;
- kompleksowe kruszenie pokrywy lodowej wywołane kontrolowanym obniżeniem zwierciadła wody, zależnym od głębokości średniej zbiornika i nachylenia dna;
- punktowa i wielkogabarytowa likwidacja pokrywy lodowej sprzyjająca poprawie warunków tlenowych w warstwie powierzchniowej, jako działania ambiwalentne w stosunku do napowietrzania wód przydennych;

- posezonowa likwidacja szaty roślinnej w strefie odsłoniętego dna, mechaniczne usuwanie pokrywy osadów dennych oraz pozakwitowych w okresach niskich stanów wody w zbiornikach, w celu przeciwdziałania nagromadzeniom obumarłej materii organicznej;
- rezygnacja z hodowli sadzowej ryb i faworyzowanie naturalnego rozrodu ryb drapież-

nych ograniczających liczebność ryb zooplanktonożernych (zabieg sprzyjający zachowaniu populacji np. wioślarek – filtratorów wody i pochłaniaczy glonów), przy ograniczeniach w zarybianiu zbiorników gatunkami roślinożernymi niszczącymi makrofity, których jedną z cech jest wzbogacanie osadów dennych w tlen;



Rys. 60. Schematy ideowe proponowanych do wdrożenia rozwiązań technicznych służących poprawie stanu ekologicznego zbiorników w warunkach nieuporządkowanej gospodarki ściekowej na terenie zlewni:

A – budowa (wydzielenie) osadników wstępnych w strefach cofkowych zbiorników, **B** – budowa oczyszczalni hydrofitowych i glebowo-korzeniowych w strefach cofkowych, **C** – budowa systemów odprowadzania wód przydennych w zbiornikach narażonych na powstawanie deficytów tlenu w hypolimnionie z przeznaczeniem do funkcjonowania w okresie występowania natlenienia normalnego lub natlenienia deficytowego i zrzutu wód odtlenionych, **D** – kompleksowe kruszenie oraz punktowa i wielkogabarytowa likwidacja pokrywy lodowej, **E** – likwidacja (minimalizacja powierzchni) zbiorników wodnych wraz z rekultywacją i zagospodarowaniem terenu; **1** – materiał podłoża misy zbiornika, **2** – materiał rumowiskowy (głównie toczyny, wleczyny, unosiny), **3** – system groblowych przegród poprzecznych o funkcjach zapór przeciwrumowiskowych i kaskad natleniających wodę, **4** – system korekacji stopniowych i progowych (również o funkcjach natleniających), **5** – budowle zrzutowo-upustowe z systemem umożliwiającym przekierowanie wód do oczyszczalni hydrofitowej lub glebowo-korzeniowej, **6** – zwierciadło wód stojących, **7** – oczyszczalnie hydrofitowe i glebowo-korzeniowe, **8** – ciekły, rowy, kanały, **9** – instalacje służące selektywnemu odprowadzaniu wód zagrożonych odtlenieniem, wód o natlenieniu deficytowym i wód odtlenionych hypolimnionu, **10** – pokrywa lodowa, **11** – odwierty i przeręble natleniające, **12** – etapy kruszenia pokrywy lodowej kontrolowanego piętrzeniem wody zależnym od kształtu misy i nachylenia dna, **13** – roślinność krzewiasta i drzewiasta wprowadzona w procesie rekultywacji biologicznej oraz zagospodarowania przedplonowego i docelowego, **14** – roślinność zielna wprowadzona w procesie rekultywacji biologicznej oraz zagospodarowania przedplonowego i docelowego, **15** – drogi dojazdowe przekazane do użytkowania po wybudowaniu na etapie rekultywacji technicznej, **16** – środki transportu wykorzystane w procesie likwidacji misy, **17** – obiekty infrastruktury wybudowane na etapie zagospodarowania docelowego, **18** – zwierciadło wód stojących w końcowym etapie odwadniania i osuszania akwenu, **19** – instalacje odwadniające i drenażowe, **20** – ziemia i gleba wykorzystane do likwidacji misy oraz rekultywacji i zagospodarowania terenu

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 60. Idea schemes of proposed to implement technical solutions serving the improvement of ecological state of reservoirs under conditions of badly-ordered sewage management in the catchment terrain:

A – building (separating) of primary settling tanks in backwater zones of water reservoirs, **B** – building of hydrophytous (constructed wetland) and soil-root treatment plants in the backwater zones, **C** – building of systems of near-bottom waters discharging in reservoirs subject to the origination of oxygen deficit in hypolimnion with destination to function in the period of occurrence of normal or deficit oxygenation and deoxygenated waters discharge, **D** – complex ice crushing and point and large-size liquidation of ice cover, **E** – liquidation (minimisation of the surface) of water reservoirs together with land reclamation and management of terrain; **1** – material of reservoir bowl substratum, **2** – rubble material (mainly rolled, dragged and floated materials), **3** – system of weir cross barriers of functions of anti-rubble dams and cascades oxygenating water, **4** – system of step and scarp corrections (also of oxygenating functions), **5** – discharge-spillway buildings with the system enabling redirecting of waters into hydrophytous or soil-root treatment plant, **6** – table of stagnant waters, **7** – hydrophytous and soil-root treatment plants, **8** – streams, ditches, canals, **9** – installations serving selective discharging of waters liable to deoxygenating, waters of deficit oxygenation and deoxygenated waters of hypolimnion, **10** – ice cover, **11** – oxygenating drilling holes and air-holes, **12** – stages of ice cover crushing controlled by water damming which depend on the bowl shape and bottom slope gradient, **13** – shrub and arborescent vegetation introduced in the process of biological land reclamation and forecrop and destination management, **14** – herbaceous vegetation introduced in the process of biological land reclamation and forecrop and destination management, **15** – access roads put into service after the building at the stage of technical land reclamation, **16** – means of transport used in the process of bowl liquidation, **17** – objects of infrastructure built at the stage of destination management, **18** – stagnant water table at the final stage of draining and drainage of reservoir, **19** – draining and drainage installations, **20** – earth and soil used for the liquidation and land reclamation of the terrain

Source: Made by the author

– likwidacja zbiorników wodnych przez ich osuszenie, zasypanie odpowiednim gruntem lub wypełnienie odpadami obojętnymi oraz zrekultywowanie i zagospodarowanie terenu.

Zbiorniki wodne Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego, niezależnie od tego, czy występują na obszarach nizinnych, wyżynnych, czy w głębokich dolinach lub kotlinach, zawsze odgrywają istotną rolę w strukturze i funkcjonowaniu całej przestrzeni krajobrazowej, mimo stosunkowo niewielkiej powierzchni (PEŁKA-GOŚCINIAK, SZCZYPEK, 1995; KAMIŃSKI i in., 2003). Zbiorniki można uważać za elementy krajobrazu nie tylko w pełni zasymilowane z otaczającym środowiskiem, ale

i pełniące w nim bardzo ważne funkcje ekologiczne (JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2004). Warunki przyrodnicze otoczenia sztucznych jezior, których geneza pozostaje w ewidentnym związku z antropopresją, w bardzo krótkim czasie podlegają spontanicznym przeobrażeniom. Zmieniają się również krajobrazowe funkcje akwenów, których wyrazem jest formowanie nowych typów krajobrazu kulturowego, związanego na ogół z rekreacją, turystyką i ochroną przyrody. Zatem nowe typy krajobrazu w otoczeniu sztucznych jezior (np.: postagrarny, postindustrialny, postzdeprawowany) kształtują się jako pochodna przyrodniczo-kulturowej ewolucji przestrzeni (RZĘTAŁA, 2003; JAGUŚ i in., 2004).

10. Podsumowanie

Zbiorniki wodne Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego często funkcjonują nie więcej niż kilkadziesiąt lat, a w niektórych przypadkach — niewiele ponad sto lat. W okresie tym dochodziło do wielu zmian uwarunkowań przyrodniczych i przede wszystkim antropogenicznych. O ile zmiany uwarunkowań przyrodniczych — np. przez wiele lat utrzymująca się tendencja do wzrostu temperatury powietrza — z reguły były maskowane (zdominowane) przez wpływy antropogeniczne, o tyle zmiana uwarunkowań społecznych, ekonomicznych czy politycznych każdorazowo znajdowała odzwierciedlenie w użytkowaniu i funkcjonowaniu zbiorników. Model użytkowania zbiorników wodnych w okresie wczesnej gospodarki kapitalistycznej został zastąpiony typem funkcjonalności charakterystycznej dla gospodarki socjalistycznej, a ten z kolei — pod koniec II połowy XX w., został przekształcony w rodzaj użytkowania typowy dla gospodarki wolnorynkowej. Okres ostatniej transformacji ustrojowo-gospodarczej przyniósł najlepiej udokumentowane zmiany użytkowania zbiorników wodnych. W ostatnich latach w regionie górnośląskim, podobnie jak w skali całego kraju, następował spadek poboru wody na potrzeby gospodarki. Wpływały na to różne czynniki. Jednym z nich był regres gospodarczy i restrukturyzacja przemysłu w ostatnich dwóch dekadach, a innym — wzrastające koszty korzystania ze środowiska. Duże znaczenie odgrywały postęp techniczny i polityka proekologiczna, zmuszająca wszelkiego rodzaju jednostki (produkcyjne, handlowe, usługowe itd.) do porządkowania swej gospodarki wodno-ściekowej. Odrębne problemy i zabiegi wynikały z wymogów dla gospodarki wodno-ściekowej w świetle niedawnej integracji Polski z Unią Europejską, a związane były głównie z jednostronnym dostosowaniem prawodawstwa i rozwiązań techniczno-organizacyjnych.

Górnośląskie Pojezierze Antropogeniczne (GPA) o powierzchni 6766 km² to obszar występowania 4773 zbiorników wodnych. Gęstość występowania

zbiorników (70,54 na 100 km²) oraz łączna ich powierzchnia (185,4 km²) decydują o jeziorności GPA, wynoszącej 2,74%, porównywalnej z terenami młodoglacjalnymi utożsamianymi z największą koncentracją jezior w Polsce. Są to głównie zbiorniki wodne o antropogenicznym charakterze (zaporowe, groblowe, poeksploatacyjne, w nieckach osiadania i zapadliskach, betonowe, ziemne, poręglacyjne itd.) i znikoma liczba jezior. Wiele zbiorników wodnych — zwłaszcza pozbawionych piętrzenia akwenów poeksploatacyjnych oraz powstałych w nieckach osiadania i zapadliskach — podlega procesowi spontanicznej naturalizacji i upodabniania się do jezior jako obiektów naturalnych już na etapie dojrzałego, a nawet młodocianego stadium rozwoju. Inne zbiorniki wodne, przede wszystkim te włączone w cykl produkcyjny, zachowują cechy basenów o sztucznie kształtowanym reżimie wodnym.

Na podstawie pionowej i poziomej wymiany wody oraz przebiegu innych procesów limnicznych w zbiornikach zasadniczo wyróżnia się dwa rodzaje akwenów. Pierwszy typ zbiorników zachowuje atrybuty jezior, w których procesy te wynikają z istnienia uwarunkowań przyrodniczych, np. wahania stanów wody, przebieg procesów termicznych i miktycznych oraz zjawiska lodowe w zbiornikach *quasi*-naturalnych. Drugi typ, który w wysokim stopniu znajduje się pod wpływem antropopresji, zachowuje tylko niektóre z tych atrybutów. W zbiornikach należących do drugiego typu może wystąpić:

- zaburzenie sezonowej zmienności dopływu i odpływu powierzchniowego wynikające z realizacji aktualnych założeń gospodarki wodnej (współczynniki wahań sezonowych względnych osiągają wartości od 0 do kilkuset procent), której pochodną są wahania stanów wody o amplitudzie dochodzącej do kilku metrów (maks. 9 m);
- zmienność bezwzględnej ilości zasilania pluwialnego oraz parowania, wymuszona antropoge-

nicznie w konsekwencji dynamicznych zmian powierzchni zbiorników (do okresowego osuszenia całości akwenu łącznie);

- uszczuplenie wielkości retencji w następstwie intensywnie zachodzących procesów filtracji wody ze zbiorników (nawet ponad 1 m³/s), czemu sprzyjają ograniczone możliwości kolmatacji mis funkcjonujących często nie więcej niż kilkadziesiąt lat, np. w dawnych wyrobiskach, w dolinach rzecznych wypełnionych osadami fluwialnymi o dużej przepuszczalności;
- zmienność tempa całkowitej wymiany wody implikowanej sztucznie sterowanym jej obiegiem (czas teoretycznej wymiany wody dla kilkunastu największych akwenów wynosi od 24 dni do 503 dni);
- zaawansowana eutrofizacja (o cechach politrofii w zlewniach przemysłowych i hypertrofii w zlewniach rolniczych), skutkująca letnim pogorszeniem warunków tlenowych (zakres zmian natlenienia – od 0% do ok. 250%) i minimalizacją zasięgu strefy eufotycznej (z ok. 7 m do kilkunastu centymetrów w sytuacjach krytycznych);
- dominacja wysokiego zasolenia (przewodność od ok. 200 μS/cm do ponad 20 200 μS/cm);
- postępująca acidyfikacja lub alkalizacja wód (pH od 4,99 do ponad 13,00);
- zmieniony skład chemiczny oraz wysoka zawartość metali ciężkich i zanieczyszczeń organicznych (stężenie niektórych metali ciężkich w osadach dennych osiąga poziomy wyższe od naturalnych, dopuszczalnych, a nawet obecnie spotykanych w innych jeziorach Polski, Europy i świata);
- podgrzanie cieków alimentujących oraz antropotermia (skala podgrzania od kilku dziesiątych stopni Celsjusza do ponad 30°C) wraz z istotnym ograniczeniem zjawisk lodowych i antropomiksja;
- zwielokrotnione wskutek miejsko-przemysłowej dostawy materii tempo zamulania.

Jakość ulega więc degradacji i dominują wody pozaklasowe. Dzieje się tak dlatego, że zbiorniki wodne GPA, podobnie jak jeziora, odgrywają rolę reduktorów stężeń i kumulatorów ładunków (np. zawieszin, substancji wywołujących zasolenie i eutrofizację). Jednak zdarza się też, że niektóre z nich stają się okresowym źródłem wtórnego zanieczyszczenia wody, np. substancjami biogennymi. Jest to także zależne od rodzaju użytkowania zlewni i samych zbiorników, a są one jak jeziora: źródłem zaopatrzenia w wodę, pełnią zadania przeciwpowodziowe, funkcje turystyczno-rekreacyjne, energetyczne, eksploatacyjne, hodowlane i wiele innych. Zróżnicowane uwarunkowania morfolo-

gicznej ewolucji mis zbiornikowych odzwierciedlają przewidywany czas funkcjonowania akwenów Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego, który wynosi od kilku lat do zasadniczo kilkuset i kilku tysięcy lat, w jednostkowych przypadkach zaś – do kilkudziesięciu tysięcy lat.

Wyniki przeprowadzonych analiz w zakresie stanu ekologicznego wód limnicznych skłaniają do wprowadzenia kilku rozwiązań o charakterze aplikacyjnym. Najistotniejsze propozycje odnoszą się do funkcjonowania zbiorników wodnych w warunkach uporządkowanej gospodarki ściekowej, ograniczającej postępujące zanieczyszczenie i dalszą degradację jakościową geosystemów limnicznych, a dotyczą:

- budowy osadników wstępnych o funkcjach zapór przeciwrumowiskowych i kaskad natleniających oraz oczyszczalni hydrofitowych i glebowo-korzeniowych w strefach dopływów o wodach zanieczyszczonych;
- budowy systemów odprowadzania wód przydennych w zbiornikach narażonych na powstawanie deficytów tlenu w hypolimnionie wraz z systemami oczyszczalni hydrofitowych i glebowo-korzeniowych na drodze zrzutu odtlenionych wód hypolimnionu;
- poprawy warunków tlenowych przez napowietrzanie wód przydennych oraz kruszenie pokrywy lodowej i zapewnienie powierzchniowej wymiany gazowej w wyniku punktowej lub wielkogabarytowej likwidacji lodu;
- posezonowego usuwania osadów dennych, pozakwitowych i materii roślinnej w strefie odłoniętego dna;
- przebudowy struktury rybostanu w kierunku zwiększenia populacji ryb drapieżnych, kosztem zooplanktonożernych i roślinożernych, z jednoczesną rezygnacją z hodowli sadzowej.

Ze względów ekologicznych, a także istotnych dla zagospodarowania przestrzennego, gospodarki nieruchomościami i ogólnych założeń architektury krajobrazu należy rozważyć likwidację niektórych zbiorników wodnych w wyniku ich osuszenia, zasypiania odpowiednim gruntem lub wypełnienia odpadami obojętnymi oraz zrehabilitowania i zagospodarowania terenu.

Krajobrazowa rola zbiorników występujących w strefie klimatu umiarkowanego jest skrajnie różnie postrzegana – od marginalizacji znaczenia akwenów, skutkującej porzuceniem dotychczasowego sposobu ich użytkowania lub likwidacją, po uznawanie tych elementów środowiska wodnego za niezwykle istotne dla architektury krajobrazu. Różne traktowanie krajobrazowej roli zbiorników wodnych jest czytelne w działaniach krajów o centralnie sterowanej gospodarce lub znajdujących

cych się w fazie transformacji na drodze do gospodarki rynkowej (np. Rosja, Ukraina) oraz państw o wieloletnich tradycjach w umacnianiu gospodarki wolnorynkowej. Tym samym kontrastują z sobą dwa modele krajobrazowego postrzegania akwenów, tj. socjalistyczny – dokumentujący nadrzędność działań gospodarczych i bagatelizujący zasady równowagi biologicznej, oraz rynkowy – uwzględniający, oprócz gospodarczego zaangażowania, także zasady ochrony środowiska, zrównoważonego rozwoju, kompensacji przyrodniczej i równowagi przyrodniczej. Chociaż nie brak przykładów skrajnie odmiennego postrzegania zbiorników w granicach Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego, to dotyczy ich najczęściej etap pośredni. Był on charakterystyczny dla Europy Zachodniej jeszcze na początku lat 70. XX w., a w przypadku Rosji, Ukrainy i Białorusi wydaje się reprezentowany przez nieliczne kompleksy akwenów, przy dominacji cech etapu socjalistycznego.

Poddając ocenie potencjalne kierunki przemian zbiorników wodnych pod względem ich liczebności, wielkości retencji, a także powierzchni akwenów z uwzględnieniem genetycznej typologii, należy podkreślić mnogość uwarunkowań przyrodniczych oraz przede wszystkim tych o charakterze antropogenicznym. Chociaż nie można wykluczyć dalszego epizodycznego przyrostu liczby, powierzchni i wielkości retencji zbiorników wodnych, bardziej prawdopodobny jest trend odwrotny. Z jednej strony należy się liczyć z przyrostem liczebności zbiorników w strefie współcześnie objętej lub co najmniej zagrożonej osiadaniem, której powierzchnię szacuje się na ponad 1000 km², z drugiej strony natomiast bardzo wyraźna jest tendencja do likwidacji faktycznych wodnych nieużytków, które w strefach zurbanizowanych i uprzemysłowionych mają nikłe znaczenie przyrodnicze, w przeciwieństwie do cennych ostoji przyrody poza terenami zabudowanymi i zindustrializowanymi.

Pewniejsze prognozy można przedstawiać w odniesieniu do stanu jakościowego retencji zbiorniko-

wej, bowiem wraz z restrukturyzacją gospodarki nastąpiła wyraźna poprawa warunków środowiska, w tym stosunków wodnych. Poprawa stanu sanitarnego atmosfery, powiązana ze zmniejszeniem ilości zanieczyszczeń zawartych w postaci mokrego opadu i suchej depozycji, skutkuje poprawą stanu jakościowego wód powierzchniowych. Pozytywne przemiany w środowisku wodnym wynikają także ze spadku zapotrzebowania na wodę w konsekwencji sukcesywnego przebranzowienia gospodarczego regionu oraz wprowadzenia racjonalizacji zużycia wody w gospodarce komunalnej, co przekłada się na mniejsze ilości zanieczyszczeń trafiających do wód wraz z jednoczesną poprawą stanu jakościowego wód powierzchniowych. Z pewnymi wyjątkami można te potencjalne przemiany traktować jako prawidłowości w ewolucji ekosystemów wód stojących regionu górnośląskiego. Prawidłowości w przebiegu procesów limnicznych oraz modele współczesnego użytkowania zbiorników wodnych lokują Górnośląskie Pojezierze Antropogeniczne w grupie obszarów, w których przestrzenne zagospodarowanie wpisane są idee ochrony środowiska, zrównoważonego rozwoju, kompensacji przyrodniczej i równowagi przyrodniczej.

Odrębność zbiorników wodnych Górnośląskiego Pojezierza Antropogenicznego na tle jezior i innych zbiorników sztucznych, zwłaszcza strefy klimatu umiarkowanego, przejawia się zróżnicowanym stopniem antropogenizacji poszczególnych składowych bilansu wodnego oraz wielorakim poziomem zanieczyszczenia – od minimalnego (tzn. na poziomie bliskim tła hydrochemicznego) do bardzo wysokiego. Tak duże spektrum zmian ilościowo-jakościowych akwenów wód stojących, przy ich kilkudziesięciu liczebności utożsamianej z mnogością scenariuszy ich funkcjonowania i użytkowania, stwarza możliwość prognozowania przebiegu procesów degradacji jakości wód limnicznych w obiektach funkcjonujących obecnie w warunkach nieporównywalnie mniejszego przeobrażenia środowiska i podejmowania działań ochronnych.

Literatura

Opracowania

- ABSALON D., 1998: *Antropogeniczne zmiany odpływu rzecznego w zlewni Rudy*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 142 s.
- AN Y.J., KAMPBELL D.H., 2003: *Total, dissolved, and bioavailable metals at Lake Texoma marinas*. „Environmental Pollution”, vol. 122, 2, s. 253–259.
- ARLINGHAUS R., MEHNER T., 2005: *Determinants of management preferences of recreational anglers in Germany: Habitat management versus fish stocking*. „Limnologica”, vol. 35, 1–2, s. 2–17.
- ASARIN E.A., 2001: *Flooding during operation of water reservoirs on the Volga and Kama rivers*. „Hydrotechnical Construction”, vol. 35, 4, s. 195–200.
- BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E., MAGNUSZEWSKI A., MIKULSKI Z., 1993: *Hydrometria*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 313 s.
- BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E., MIKULSKI Z., 2007: *Hydrologia ogólna*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 339 s.
- BANACH M., 1994: *Morfodynamika strefy brzegowej zbiornika Włocławek*. „Prace Geograficzne IGiPZ PAN”, 161, s. 181.
- BARCZYK A., SZTURC J., red., 2001: *Ostona hydrologiczno-meteorologiczna. Przewodnik dla województwa śląskiego*. Katowice, IMiGW — Oddział w Katowicach, 80 s.
- BEZNOSEV V.N., SUZDALEVA A.L., 2001: *Temperature Decrease in the Surface Water Layer of a Reservoir as an Example of Environmental Thermal Pollution*. „Water Resources”, vol. 28, 4, s. 396–398.
- BIAŁOŻYT K., 1995: *Próby wykorzystania metod geoelektrycznych do obserwacji rozchodzenia się zanieczyszczeń w wodach gruntowych*. Sosnowiec, Katedra Geologii Stosowanej UŚ, 78 s. [niepublikowane].
- BOEHRER B., MATZINGER A., SCHIMMELE M., 2000: *Similarities and Differences in the Annual Temperature Cycles of East German Mining Lakes*. „Limnologica”, vol. 30, 3, s. 271–279.
- BOK M., JANKOWSKI A.T., MICHALSKI G., RZĘTAŁA M., 2004: *Zbiornik Dzieckowice — charakterystyka fizycznogeograficzna i rola w górnośląskim systemie wodno-gospodarczym*. Warszawa, Polskie Towarzystwo Geograficzne — Komisja Hydrologiczna, 72 s.
- BOLEWSKI A., GRUSZCZYK H., 1989: *Geologia gospodarcza*. Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne, 320 s.
- BONNET M.P., POULIN M., DEVAUX J., 2000: *Numerical modeling of thermal stratification in a lake reservoir. Methodology and case study*. „Aquatic Sciences”, vol. 62, 2, s. 105–124.
- BORN A., 1948: *Regulacja Odry i rozbudowa urządzeń technicznych*. W: *Monografia Odry*. Red. A. GRODKA, M. KIEŁCZEWSKA-ZALESKA, A. ZIERHOFFER. Poznań, Instytut Zachodni, s. 419–553.
- BUKOWY S., 1974: *Monoklina śląsko-krakowska i zapadlisko górnośląskie*. W: *Budowa geologiczna Polski*. T. 4. Cz. 1: *Tektonika*. Red. W. POŻARYSKI. Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne, s. 213–233.
- BURCHARD J., HEREŹNIAK-CIOTOWA U., KACA W., 1990: *Metody badań i ocena jakości wód powierzchniowych i podziemnych*. Łódź, Uniwersytet Łódzki, 250 s.
- BÜTTNER O., BECKER A., KELINER S., KUEHN K., WENDT-POTTHOFF K., ZACHMANN D.W., FRIESE K., 1998: *Geostatistical analysis of surface sediments in an acidic mining lake*. „Water, Air, and Soil Pollution”, vol. 108, 3–4, s. 297–316.
- CARLSON R., 1977: *A trophic state index for lakes*. „Limnology and Oceanography”, 22, 1, s. 61–69.
- CELIŃSKI F., CZYŁOK A., KUBAJAK A., 1996: *Przewodnik przyrodniczy po Dąbrowie Górniczej*. Krzeszowice, Wydawnictwo Planta, 72 s.
- CHELMICKI W., 2002: *Woda — zasoby, degradacja, ochrona*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 306 s.
- CHEN C.W., WEINTRAUB L.H.Z., HERR J., GOLDSTEIN R.A., 2000: *Impacts of a thermal power plant on the phosphorus TMDL of a reservoir*. „Environmental Science and Policy”, vol. 3, sup. 1, s. 217–223.
- CHMIEL S., MICHALCZYK Z., TURCZYŃSKI M., 2002: *Hydrochemical changes of waters in reservoirs formed as result of mining deformations*. „Limnological Review”, vol. 2 (2002), s. 57–62.
- CHOIŃSKI A., 1995: *Zarys limnologii fizycznej Polski*. Poznań, Wydawnictwo Naukowe UAM, 298 s.
- CHOIŃSKI A., 2000: *Jezióra kuli ziemskiej*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 204 s.
- CHOIŃSKI A., 2007: *Limnologia fizyczna Polski*. Poznań, Wydawnictwo Naukowe UAM, 547 s.

- CONNELLY P.B., ALLEN M.S., 2006: *Effects of introduced groundwater on water chemistry and fish assemblages in central Florida lakes*. „Hydrobiologia”, vol. 556, 1, s. 279–294.
- CURTIS Ch.J., BOTEV I., CAMARERO L., CATALAN J., COGALNICEANU D., HUGHES M., KERNAN M., KOPÁČEK J., KORHOLA A., PSENNER R., ROGORA M., STUHLÍK E., VERONESI M., WRIGHT R.F., 2005: *Acidification in European mountain lake districts: A regional assessment of critical load exceedance*. „Aquatic Sciences”, vol. 67, 3, s. 237–251.
- CYBERSKI J., GRZES M., GUTRY-KORYCKA M., NACHLIK E., KUNDZEWICZ Z.W., 2006: *History of floods on the River Vistula*. „Hydrological Sciences Journal”, vol. 51, 5, s. 799–817.
- CZAJA S., 1994: *Zmiany zagospodarowania przestrzennego i powierzchniowej sieci hydrograficznej na obszarze miasta Sosnowca w latach 1793–1985*. W: „Rocznik Sosnowiecki 1994”. *Elementy środowiska geograficznego Sosnowca*. Red. A.T. JANKOWSKI. Sosnowiec, Urząd Miejski, s. 68–84.
- CZAJA S., 1999: *Zmiany stosunków wodnych w warunkach silnej antropopresji (na przykładzie konurbacji katowickiej)*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 189 s.
- CZAJA S., 2003: *Zbiorniki i pojezierza antropogeniczne*. W: *Człowiek i woda*. Red. T. SZCZYPEK, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, Polskie Towarzystwo Geograficzne – Oddział Katowicki, s. 22–30.
- CZAJA S., RZĘTAŁA M., 1999: *Zmiany użytkowania ziemi i powierzchniowej sieci hydrograficznej na obszarze miasta Chorzowa od końca XVIII wieku do czasów współczesnych*. W: „Zeszyty Chorzowskie”. T. 3 (1998). Red. Z. KAPALA. Chorzów, Muzeum w Chorzowie, s. 22–36.
- CZOP M., HJELMAR O., MOTYKA J., RÓŻKOWSKI K., SZUWARZYŃSKI M., 2005: *Zagrożenie środowiska wodnego ekstremalnie zasadowymi odciekami zgromadzonymi w kamieniołomie „Górka” w Trzebinii*. W: *Hydrogeologia obszarów zurbanizowanych i uprzemysłowionych*. T. 2: 30 lat hydrogeologii w Uniwersytecie Śląskim. Red. A. KOWALCZYK, A. RÓŻKOWSKI. Sosnowiec, WNoZ UŚ, s. 34–41.
- CZYŁOK A., FAJER M., MACHOWSKI R., SZYMCZYK A., WAGA J.M., 2004: *Naturalny zbiornik wodny w Jeziorze (zlewnia górnej Liswarty) – charakterystyka uwarunkowań środowiskowych*. W: *Jeziora i sztuczne zbiorniki wodne – funkcjonowanie, rewitalizacja i ochrona*. Red. A.T. JANKOWSKI, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, WNoZ UŚ, Polskie Towarzystwo Limnologiczne, PTG – Oddział Katowicki, s. 39–50.
- DAUVALTER V., 1994: *Heavy metals in lake sediments of the Kola Peninsula, Russia*. „The Science of the Total Environment”, vol. 158, 1–3, s. 51–61.
- DĄBKOWSKI Sz.L., 1994: *Optymalne użytkowanie rolnicze gruntów w zlewni rzecznej z punktu widzenia strategii ochrony wód śródlądowych*. W: *Zintegrowana strategia ochrony i zagospodarowania ekosystemów wodnych*. Red. M. ZALEWSKI. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Łódź, WIOŚ, ZES UŁ, s. 35–41.
- DĄBROWSKI M., MARSZELEWSKI W., SKOWRON R., 2004: *The trends and dependencies between air and water temperatures in lakes in northern Poland from 1961–2000*. „Hydrology and Earth System Sciences”, vol. 8, 1, s. 79–87.
- DENIMAL S., BERTRAND C., MUDRY J., PAQUETTE Y., HOCHART M., STEINMANN M., 2005: *Evolution of the aqueous geochemistry of mine pit lakes – Blanzky-Montceaux-Mines coal basin (Massif Central, France): origin of sulfate contents; effects of stratification on water quality*. „Applied Geochemistry”, vol. 20, 5, s. 825–839.
- DENISIUK Z., red., 2002: *Strategia zachowania różnorodności biologicznej i krajobrazowej obszarów przyrodniczo cennych dotkniętych klęską powodzi*. Kraków, Instytut Ochrony Przyrody PAN, 299 s.
- DOJLIDO J.R., 1995: *Chemia wód powierzchniowych*. Białystok, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, 342 s.
- DRWAŁ J., LANGE W., 1988: *Kierunki degradacji systemu limnologicznego Jeziora Żarnowieckiego po uruchomieniu elektrowni szczytowo-pompowej*. W: *Naturalne i antropogeniczne przemiany jezior i mokradł w Polsce*. Red. Z. CHURSKI. Toruń, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, s. 112–114.
- DRWAŁ J., LANGE W., 1991: *Wpływ elektrowni szczytowo-pompowej na zmiany cech limnologicznych Jeziora Żarnowieckiego*. „Przegląd Geograficzny”, T. 63, z. 1–2, s. 77–98.
- DUIS K., OBEREMM A., 2001: *Aluminium and Calcium – Key Factors Determining the Survival of Vendace Embryos and Larvae in Post-mining Lakes?* „Limnologia”, vol. 31, 1, s. 3–10.
- DUMAN F., AKSOY A., DEMIREZEN D., 2007: *Seasonal Variability of Heavy Metals in Surface Sediment of Lake Sapanca, Turkey*. „Environmental Monitoring and Assessment”, vol. 133, 1–3, s. 277–283.
- DWUCET K., KRAJEWSKI W., WACH J., 1992: *Rekultywacja i rewitalizacja środowiska przyrodniczego*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 150 s.
- DWUCET K., WACH J., 1994: *Obliczanie zmian powierzchni ziemi wywołanych wgłębną eksploatacją górniczą na przykładzie województwa katowickiego*. W: *Przewodnik do ćwiczeń z ochrony środowiska*. Red. A. DOMINIK. Katowice, Akademia Ekonomiczna im. K. Adamieckiego, s. 95–97.
- DYNUS-ANGIEL J., 1979: *Intensywność wymiany wody w jeziorach przepływowych Górnej Stupi*. „Przegląd Geofizyczny”, R. 24 (32), z. 3–4, s. 349–357.
- EARY L.E., 1999: *Geochemical and equilibrium trends in mine pit lakes*. „Applied Geochemistry”, vol. 14, 8, s. 963–987.
- EGGERMONT H., HEIRI O., VERSCHUREN D., 2006: *Fossil Chironomidae (Insecta: Diptera) as quantitative indicators of past salinity in African lakes*. „Quaternary Science Reviews”, vol. 25, 15–16, s. 1966–1994.
- ELORANTA P.V., 1983: *Physical and chemical properties of pond waters receiving warm-water effluent from a thermal power plant*. „Water Research”, vol. 17, s. 133–140.
- ESPADALER I., CAIXACH J., VENTURA J.O.M.F., CORTINA M., PAUNI F., RIVERA J., 1997: *Identification of organic pol-*

- lutants in ter river and its system of reservoirs supplying water to Barcelona (Catalonia, Spain): a study by GC/MS and FAB/MS. „Water Research”, vol. 31, 8, s. 1996–2004.*
- FAJER M., MACHOWSKI R., RZETALA M., RUMAN M., SZYMCZYK A., WAGA J.M., 2007: *Late Vistulian and Holocene Evolution of Jezioro Lake. Valuable for Southern Poland Record of Changes in the Environment in Deposits and Landforms*. In: *Wetland Pollutant Dynamics and Control*. Eds. U. MANDER, M. KOIV, Ch. VOBLA. Publications Instituti Geographici Universitatis Tartuensis. 104 (2007). Tartu, University of Tartu, s. 415–416.
- FLIS J., 1998: *Słownik szkolny. Terminy geograficzne*. Warszawa, WSiP, 238 s.
- GALICKA W., 1996: *Limnologiczna charakterystyka nizinnego zbiornika zaporowego na Pilicy w latach 1981–1993*. Łódź, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 142 s.
- GAMILA H.A., 1999: *Phytoplankton activities in hypersaline, anoxic conditions. I – Dynamics of phytoplankton succession in the Solar Lake (Taba, Egypt)*. „Water Science and Technology”, vol. 40, 7, s. 117–125.
- GAMITO S., ERZINI K., 2005: *Trophic food web and ecosystem attributes of a water reservoir of the Ria Formosa (south Portugal)*. „Ecological Modelling”, vol. 181, 4, s. 509–520.
- GANTIDIS N., PERVOLARAKIS M., FYTIANOS K., 2007: *Assessment of the quality characteristics of two lakes (Koronia and Volvi) of N. Greece. (Koronia and Volvi) of N. Greece*. „Environmental Monitoring and Assessment”, vol. 125, 1–3, s. 175–181.
- GAWRONSKA H., BRZOZOWSKA R., GROCHOWSKA J., LOSSOW K., 2003: *Possibilities to reduce internal loading to lake water by artificial aeration*. „Polish Journal of Environmental Studies”, vol. 12 (2), s. 171–179.
- GAWRONSKA H., LOSSOW K., 2003: *Possibilities of a saprotrophic lake recultivation exemplified by Lake Długie in Olsztyn*. „Polish Journal of Environmental Studies”, vol. 12 (3), s. 301–307.
- GIERCUSZKIEWICZ-BAJTLIK M., 1990: *Prognozowanie zmian jakości wód stojących*. Warszawa, Instytut Ochrony Środowiska, 69 s.
- GIERSZEWSKI P., MARSZELEWSKI W., SZCZEPANIK W., 1994: *Wpływ antropopresji na degradację wody w Jeziorze Więcborskim (Poj. Krajeńskie)*. „Przegląd Geograficzny”, T. 66, z. 1–2, s. 87–101.
- GILEWSKA S., 1972: *Wyżyny śląsko-małopolskie*. W: *Geomorfologia Polski. T. 2: Polska Południowa – góry i wyżyny*. Red. M. KLIMASZEWSKI. Warszawa, PWN, s. 232–339.
- GLĄZIK R., 1978: *Wpływ zbiornika wodnego na Wiśle we Włocławku na zmiany stosunków wodnych w dolinie*. „Dokumentacja Geograficzna”, z. 2–3, s. 119.
- GLĄZIK R., 1995: *Obieg wody w obszarze depresyjnym zbiornika Włocławek*. „Kaskada”, nr 1–2 [Włocławek, Fundacja „Kaskada Dolnej Wisły”], s. 8–10.
- GLEDEK J., 1985: *Jeziora zaporowe świata*. Warszawa, PWN, 174 s.
- GONSIORCZYK T., CASPER T., KOSCHEL R., 1998: *Phosphorus-binding forms in the sediment of an oligotrophic and an eutrophic hardwater lake of the Baltic Lake District (Germany)*. „Water Science and Technology”, vol. 37, 3, s. 51–58.
- GREGORY S., 1976: *Metody statystyki w geografii*. Warszawa, PWN, 300 s.
- GROBELSKA H., 2006: *Ewolucja strefy brzegowej Zbiornika Pakoskiego (Pojezierze Gnieźnieńskie)*. Warszawa, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, 122 s.
- GROCHOWSKA J., GAWRONSKA H., 2004: *Restoration effectiveness of a degraded lake using multi-year artificial aeration*. „Polish Journal of Environmental Studies”, vol. 13 (6), s. 671–681.
- GRÜNEWALD U., 2000: *Water resources management in river catchments influenced by lignite mining*. „Ecological Engineering”, vol. 17, 2–3 (2001), s. 143–152.
- GUTRY-KORYCKA M., BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E., 1981: *Rola jezior w naturalnym drenażu podziemnym*. „Przegląd Geofizyczny”, T. 26, z. 3 [Warszawa, PTG], s. 171–179.
- GUTRY-KORYCKA M., WERNER-WIĘCKOWSKA H., red., 1989: *Przewodnik do hydrograficznych badań terenowych*. Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 275 s.
- HAAG R.W., GORHAM P.R., 1977: *Effects of thermal effluent of standing crop and net production of *Elodea canadensis* and other submerged macrophytes in Lake Wabamun, Alberta*. „Journal of Applied Ecology”, vol. 14, s. 835–851.
- HABER Z., URBAŃSKI P., 1994: *Ekologiczny problem polskiego zagłębia miedziowego – Żelazny Most*. „Aura”, nr 9, s. 6–7.
- HÄKANSON L., BLENCKNER T., BRYHN A.C., HELLSTRÖM S., 2005: *The influence of calcium on the chlorophyll-phosphorus relationship and lake Secchi depths*. „Hydrobiologia”, vol. 537, nr 1–3, s. 111–123.
- HALL M., HÄRKÖNEN T., 2006: *Lake Tourism: An Integrated Approach to Lacustrine Tourism Systems*. Michigan, Gale Group, Farmington Hills, 235 s.
- HANASAKI N., KANAE S., OKI T., 2006: *A reservoir operation scheme for global river routing models*. „Journal of Hydrology”, vol. 327, 1–2, s. 22–41.
- HANGEN-BRODERSEN Ch., STREMPER P., GRÜNEWALD U., 2005: *Characteristics of catchments disturbed by lignite mining – case study of Schlabendorf/Seese (Germany)*. „Ecological Engineering”, vol. 24, 1–2, s. 37–48.
- HARPER D., 1992: *Eutrophication of freshwaters*. London, Chapman Hall., 521 s.
- HASSAN H., ARAMAKI T., HANAKI K., MATSUO T., WILBY R., 1998: *Lake stratification and temperature profiles simulated using downscaled GCM output*. „Water Science and Technology”, vol. 38, 11, s. 217–226.
- HECKY R.E., 2000: *A biogeochemical comparison of Lakes Superior and Malawi and the limnological consequences of an endless summer*. „Aquatic Ecosystem Health and Management”, vol. 3, 1, s. 23–33.
- HOLAS J., HOLAS M., CHOUR V., 1999: *Pollution by phosphorus and nitrogen in water streams and feeding the Zalivka drinking water reservoir*. „Water Science and Technology”, vol. 39, 12, s. 207–214.
- HUTCHINSON G.E., 1975a: *A treatise on limnology*. Vol. 1. Part 1: *Geography and Physics of Lakes*. New York–

- London—Sydney—Toronto, A Wiley — Interscience Publication, 540 s.
- HUTCHINSON G.E., 1975b: *A treatise on limnology*. Vol. 1. Part 2: *Chemistry of Lakes*. New York—London—Sydney—Toronto, A Wiley — Interscience Publication, s. 541—1015.
- HYNYNEN J., MERILAINEN J.J., 2005: *Recovery from acidification in boreal lakes inferred from macroinvertebrates and subfossil chironomids*. „Hydrobiologia”, vol. 541, nr 1, s. 155—173.
- IBRAHIM A.N., MABUCHI Y., MURAKAMI M., 2005: *Remote sensing algorithms for monitoring eutrophication in Ishizuchi storm water reservoir in Kochi Prefecture, Japan*. „Hydrological Sciences Journal”, vol. 50, 3, s. 525—542.
- JAGUŚ A., RAHMONOV O., RZĘTAŁA M., RZĘTAŁA M.A., 2004: *The Essence of Cultural Landscape Transformation in the Neighbourhood of Selected Artificial Water Reservoirs in Southern Poland*. In: *Cultural Landscapes*. Eds. K. KIRCHNER, J. WOJTANOWICZ. Brno, Regio-graph, s. 37—55.
- JAGUŚ A., RZĘTAŁA M., 2003: *Zbiornik Kozłowa Góra — funkcjonowanie i ochrona na tle charakterystyki geograficznej i limnologicznej*. Warszawa, Komisja Hydrologiczna Polskiego Towarzystwa Geograficznego, 156 s.
- JAGUŚ A., RZĘTAŁA M., 2004: *Ekologiczne aspekty przemian krajobrazu związanych z utworzeniem zbiorników zaporowych Czorsztyn—Niedzica i Sromowce Wyżne*. W: *Jezióra i sztuczne zbiorniki wodne — funkcjonowanie, rewitalizacja i ochrona*. Red. A.T. JANKOWSKI, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, WNoZ UŚ, Polskie Towarzystwo Limnologiczne, Polskie Towarzystwo Geograficzne — Oddział Katowicki, s. 87—99.
- JAGUŚ A., RZĘTAŁA M., RZĘTAŁA M.A., 1998: *Morfologia strefy litoralnej jako indyktor ewolucji sztucznych zbiorników wodnych*. W: *Główne kierunki badań geomorfologicznych w Polsce. Stan aktualny i perspektywy*. Lublin, Wydawnictwo UMCS, s. 413—414.
- JANDA Z., RZĘTAŁA M., 1996: *Zmiany zasolenia wód Kłodnicy w profilu Gliwice w latach 1980—1991*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. Nr 23. Katowice—Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 5—13.
- JANIEC B., 1997: *Tło hydrochemiczne i/czy antropogeniczne zmiany jakości wód? W: Chemizm opadów atmosferycznych wód powierzchniowych i podziemnych*. Łódź, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, s. 23—27.
- JANKOWSKI A.T., 1986: *Antropogeniczne zmiany stosunków wodnych na obszarze uprzemysłowionym i urbanizowanym (na przykładzie Rybnickiego Okręgu Węglowego)*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 277 s.
- JANKOWSKI A.T., 1988: *Zbiornik Goczałkowicki w systemie zaopatrzenia w wodę regionu śląskiego*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 12. Red. T. SZCZYPEK. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 16—29.
- JANKOWSKI A.T., 1991: *Występowanie antropogenicznych zbiorników wodnych na terenie Bytomia w okresie 1811—1989*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. Nr 3. Katowice—Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 21—30.
- JANKOWSKI A.T., 1995: *Z badań nad antropogenicznymi zbiornikami wodnymi na obszarze górnośląskim*. W: *Wybrane zagadnienia geograficzne. Pamięci geografów Uniwersytetu Śląskiego — Józefa Szaflarskiego i Piotra Modrzejewskiego*. Sosnowiec, WNoZ UŚ, PTG — Oddział Katowicki, s. 12—18.
- JANKOWSKI A.T., 1999: *Antropogeniczne zbiorniki wodne na obszarze górnośląskim*. W: „Acta Universitatis Nicolai Copernici”. Geografia XXIX — Nauki Matematyczno-Przyrodnicze. Z. 103. Toruń, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, s. 129—142.
- JANKOWSKI A.T., KUCZERA A., 1992: *Wpływ zrzutu wód podgrzanych na warunki termiczne, tlenowe i przezroczystość wody w Zbiorniku Rybnickim*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 79 s.
- JANKOWSKI A.T., MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M., 2004: *Sztuczne jeziora w regionie górnośląskim*. W: „Inżynieria Środowiska”. 13. Wrocław, Akademia Rolnicza, s. 115—123.
- JANKOWSKI A.T., MOLENDĄ T., RZĘTAŁA M.A., RZĘTAŁA M., 2002: *Heavy metals in bottom deposits of artificial water reservoirs of the Silesian Upland as an indicator of human impact into the environment*. „Limnological Review”, vol. 2 (2002), s. 171—180.
- JANKOWSKI A.T., MOLENDĄ T., RZĘTAŁA M., 2001: *Reservoirs in subsidence basins and depression hollows in the Silesian Upland — selected hydrological matters*. „Limnological Review”, vol. 1 (2001), s. 143—150.
- JANKOWSKI A.T., RZĘTAŁA M., 2004: *Stan badań limnologicznych w regionie górnośląskim*. W: *Jezióra i sztuczne zbiorniki wodne — funkcjonowanie, rewitalizacja i ochrona*. Red. A.T. JANKOWSKI, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, WNoZ UŚ, Polskie Towarzystwo Limnologiczne, PTG — Oddział Katowicki, s. 101—115.
- JANKOWSKI A.T., RZĘTAŁA M., 2006: *Hydrographic conditions*. In: *Natural and human environment of Poland. A geographical overview*. Ed. M. DEGÓRSKI. Warsaw, Polish Academy of Sciences, Polish Geographical Society, s. 49—64.
- JANKOWSKI A.T., RZĘTAŁA M., 2007: *Stereotyp w postrzeganiu stanu środowiska przyrodniczego Wyżyny Śląskiej*. W: *Znaczenie badań krajobrazowych dla zrównoważonego rozwoju*. Warszawa, Uniwersytet Warszawski, s. 641—654.
- JANSKÝ B., ŠOBR M. i in., 2003: *Jezerá České republiky*. Praha, Universita Karlova, 216 s.
- JAŚKOWSKI B., SOŁTYSIK R., 2003: *The origin and age of the lakes of the Świętokrzyski Lake District*. „Limnological Review”, vol. 3 (2003), s. 101—106.
- JĘDRASIK J., 1985: *Uwarunkowania cykli termicznych w jeziorach*. W: „Geografia”. Nr 14. Gdańsk, Uniwersytet Gdański, s. 45—56.
- JĘDRCZAK A., 1992: *Skład chemiczny wód pojezierza antropogenicznego w Łuku Mużakowskim*. Zielona Góra, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Zielonej Górze, 139 s.
- JÖHNK K.D., STRAILE D., OSTENDORP W., 2004: *Water level variability and trends in Lake Constance in the light*

- of the 1999 centennial flood. „Limnologica”, vol. 34, 1–2, s. 15–21.
- JURACEK K.E., MAU D.P., 2003: *Metals, trace elements, and organochlorine compounds in bottom sediment of Tuttle Creek Lake, Kansas, U.S.A.* „Hydrobiologia”, vol. 494, nr 1–3, s. 277–282.
- JURAK D., 1968: *Próba określenia parowania rzeczywistego z powierzchni wody za pomocą pomiarów ewaporometrycznych.* „Prace PIHM”, z. 94, s. 81–93.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1993: *Biogeochemia pierwiastków śladowych.* Warszawa, PWN, 364 s.
- KAJAK Z., 1979: *Eutrofizacja jezior.* Warszawa, PWN, 233 s.
- KAJAK Z., 1995: *Eutrofizacja nizinnych zbiorników zaporowych.* W: *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych.* Red. M. ZALEWSKI. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Łódź, PIOŚ, WIOŚ, ZES UŁ, s. 33–41.
- KAJAK Z., 1998: *Hydrobiologia – limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych.* Warszawa, PWN, 355 s.
- KAMIŃSKI A., RZĘTAŁA M., SZCZYPEK T., 2003: *Rola zbiorników wodnych w kształtowaniu krajobrazu.* W: *Człowiek i woda.* Sosnowiec, PTG – Oddział Katowicki, s. 54–63.
- KAPFER M., 1998: *Assessment of the colonization and primary production of microphytobentos in the littoral of acidic mining lakes in Lusatia (Germany).* „Water, Air and Soil Pollution”, vol. 108, 3–4, s. 331–340.
- KELLY H.D., CATCHINGS E.D., PAYNE W.E., 1981: *Fish populations and water quality of an upland stream having two impoundments with coolwater releases.* In: Amer. Fish. Soc. Warmwater Streams Symposium, s. 168–181.
- KIM B., PARK J.H., HWANG G., JUN M.S., CHOI K., 2001: *Eutrophication of reservoirs in South Korea.* „Limnology”, vol. 2, 3, s. 223–229.
- KISCHE M.A., MACHIWA J.F., 2003: *Distribution of heavy metals in sediments of Mwanza Gulf of Lake Victoria, Tanzania.* „Environment International”, vol. 28, 7, s. 619–625.
- KLEEBERG A., GRÜNEBERG B., 2005: *Phosphorus mobility in sediments of acid mining lakes, Lusatia, Germany.* „Ecological Engineering”, vol. 24, 1–2, s. 89–100.
- KLIMEK K., NIEWDANA J., CISZEWSKI D., KOCEL K., 1995: *Procesy i osady fluwialne we wschodniej części Górnego Śląska.* W: *Procesy geomorfologiczne. Zapis w rzeźbie i osadach.* 2. Sosnowiec, WNoZ UŚ, SGP, s. 47–72.
- KLIMEK K., ZAWILIŃSKA L., 1985: *Trace elements in alluvia of the Upper Vistula as indicator of Palehydrology.* „Earth Surface Processes and Landforms”, 10, s. 273–280.
- KOLADA A., SOSZKA H., CYDZIK D., GOŁUB D., 2005: *Abiotic typology of Polish lakes.* „Limnologica”, vol. 35, 3, s. 145–150.
- KOMÁRKOVÁ J., 1998: *Fish stock as a variable modifying trophic pattern of phytoplankton.* „Hydrobiologia”, vol. 369/370, nr 1, s. 139–152.
- KONDRACKI J., 1994: *Geografia Polski. Mezoregiony fizycznogeograficzne.* Warszawa, PWN, 340 s.
- KONDRACKI J., 1998: *Geografia regionalna Polski.* Warszawa, PWN, 441 s.
- KOPACEK J., STUCHLIK E., HARDEKOPF D., 2006: *Chemical composition of the Tatra Mountain lakes: Recovery from acidification.* „Biologia” [Bratislava], vol. 61, sup. 18, s. 21–33.
- KORCZ M., STRZYSZCZ Z., 1995: *Zanieczyszczenie metalami ciężkimi osadów dennych wybranych zbiorników antropogenicznych województwa katowickiego.* W: *Problemy ochrony, zagospodarowania i rekultywacji antropogenicznych zbiorników wodnych.* Red. M.J. GROMIEC. Zabrze, Polski Komitet Międzynarodowego Stowarzyszenia Jakości Wody IAWQ d IAWPRC, s. 265–283.
- KOSOV V.I., KOSOVA I.V., LEVINSKII V.V., IVANOV G.N., KHIL'CHENKO A.I., 2004: *Distribution of Heavy Metals in Lake Seliger Bottom Deposits.* „Water Resources”, vol. 31, 1, s. 46–54.
- KOSTECKI M., red., 1996: *Ocena stanu jakości wody zbiornika rekreacyjnego „Nakto-Chechło”, ustalenie przyczyn katastrofalnego zakwaszenia wody oraz opracowanie sposobu ustalenia równowagi jonowej w celu zapobieżenia ujemnym skutkom acidotrofii.* Zabrze, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, 73 s. [niepublikowane].
- KOSTECKI M., 2000a: *Zawartość metali ciężkich w mięsie i wątrobie niektórych gatunków ryb z antropogenicznego zbiornika Dzierżno Duże (woj. śląskie).* „Archiwum Ochrony Środowiska”, vol. 26, nr 4, s. 109–125.
- KOSTECKI M., 2000b: *Zawiesina jako element zanieczyszczenia antropogenicznego ekosystemu wodnego na przykładzie zbiornika zaporowego Dzierżno Duże (woj. śląskie).* „Archiwum Ochrony Środowiska”, vol. 26, nr 4, s. 75–94.
- KOSTECKI M., 2003: *Alokacja i przemiany wybranych zanieczyszczeń w zbiornikach zaporowych hydrowęzła rzeki Kłodnicy i Kanale Gliwickim.* „Prace i Studia IPIŚ PAN” [Zabrze], nr 57, 124 s.
- KOSTECKI M., 2007a: *Rekultywacja zbiornika Pławniowice metodą kortowską.* W: *Ochrona i rekultywacja jezior.* Red. R. WIŚNIEWSKI, J. PIOTROWIAK. Toruń, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, s. 99–113.
- KOSTECKI M., 2007b: *Bioakumulacja metali ciężkich w wybranych elementach antropogenicznych ekosystemów wodnych Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego.* Zabrze, IPIŚ PAN, 87 s.
- KOSTECKI M., TUSZYŃSKI M., 2007: *Radioizotopy w osadach dennych wybranych zbiorników antropogenicznych Górnego Śląska.* Zabrze, IPIŚ PAN, 87 s.
- KOŚCIEJ B., KULESZA M., RUMAN M., RZĘTAŁA M., TUDYKA A., WICHER D., 2002: *Przedmiotowe zajęcia terenowe jako pole działalności Studenckiego Koła Naukowego Geografów UŚ.* W: *Z badań nad wpływem antropopresji na środowisko.* T. 3. Red. M. RZĘTAŁA, T. SZCZYPEK. Sosnowiec, SKNG UŚ, WNoZ UŚ, s. 161–166.
- KOWALCZYK A., 2003: *Formowanie się zasobów wód podziemnych w utworach węglanowych triasu śląsko-krakowskiego w warunkach antropopresji.* Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 196 s.
- KOWALEWSKI A., KOZACKI L., 1997: *Zmiany hydrotopów okolic Konina wywołane odkrywkową eksploatacją*

- węgla brunatnego. W: *Wpływ antropopresji na jeziora*. Red. A. CHOIŃSKI. Poznań—Bydgoszcz, ZHIGW IGF UAM, Wydawnictwo HOMINI, s. 80–85.
- KOWALEWSKI Z., 1997: *Małe zbiorniki wodne jako element poprawy jakości wód powierzchniowych*. W: *Zbiorniki wodne – rola w krajobrazie rolniczym. Materiały seminaryjne nr 40*. Falenty, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, s. 29–50.
- KOWALSKA A., 1972: *Termika jezior północnej Polski*. „Czasopismo Geograficzne”. T. 43, z. 4, s. 371–385.
- KOZACKI L., 1980: *Przeobrażenia środowiska geograficznego spowodowane wglębnym górnictwem węgla brunatnego na obszarze Środkowego Poodrza*. W: „Geografia”. Nr 21. Poznań, Wydawnictwo Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza.
- KOZŁOWSKI W., KARASZ M., FIEDLER K., 1981: *Monografia zbiornika wodnego Rybnik*. Warszawa, WKiŁ, 128 s.
- KOZYREVA E., MAZAEVA O., MOLENDTA T., RZĘTAŁA M.A., RZĘTAŁA M., TRZHTSINSKI Yu.B., 2004: *Geomorphological processes in conditions of human impact – Lake Balkal, Southern part of the Angara valley, Silesian Upland*. Sosnowiec, University of Silesia – Faculty of Earth Sciences, 88 s.
- KRAWCZYK W.E., 1999: *Hydrochemia. Ćwiczenia laboratoryjne dla III roku geografii*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 89 s.
- KROPKA J., WRÓBEL J., 2005: *Infiltracja efektywna w obszarze Kotliny Dąbrowskiej (północna część GZW)*. W: *Współczesne problemy hydrogeologii*. T. 12, s. 411–416.
- KUDELSKA D., CYDZIK D., SOSZKA H., 1994: *Wytyczne monitoringu podstawowego jezior*. Warszawa, Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Oficyna Wydawnicza „OIKOŚ” sp. z o.o., 54 s.
- KUREK S., 1990: *Użytkowanie ziemi a ochrona wód*. W: *Ochrona wód przed wpływem rolniczych zanieczyszczeń obszarowych. Materiały seminaryjne nr 27*. Falenty, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, s. 83–94.
- KUSKOVSKII V.S., OVCHINNIKOV G.I., PAVLOV S.K., TRZHTSINSKII Y.B., OREKHOVA E.S., KOZYREVA E.A., 1999: *Geological processes on the shores of large water reservoirs of Siberia*. „Geologiya i Geofizika”, vol. 40, 1, s. 3–18.
- LAMPERT W., ROTHHAUPT K.O., red., 1989: *Limnology in the Federal Republic of Germany*. Plön, International Association for Theoretical and Applied Limnology, 170 s.
- LANGE W., red., 1993: *Metody badań fizycznolimnologicznych*. Gdańsk, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, 175 s.
- LEGESSE D., GASSE F., RADAHOVITCH O., VALLET-COULOMB C., BONNEFILLE R., VERSCHUREN D., GIBERT E., BARKER P., 2002: *Environmental changes in a tropical lake (Lake Abiyata, Ethiopia) during recent centuries*. „Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology”, vol. 187, 3–4, s. 233–258.
- LEŚNIOK M., 1996: *Zanieczyszczenie wód opadowych w obrębie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 124 s.
- LEWANDOWSKI J., 1982: *Zasięg łądolodu zlodowacenia środkowopolskiego na Wyżynie Śląskiej*. In: „Biuletyn Instytutu Geologicznego”. Nr 337. *Z badań czwartorzędu w Polsce*. T. 26. Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne, s. 115–142.
- LEWANDOWSKI J., KAZIUK H., 1982: *Ewolucja kopalnej sieci rzecznej regionu śląsko-krakowskiego*. „Kwartalnik Geologiczny”, T. 26, nr 1, s. 177–190.
- LEWIŃSKA J., 1984: *Wpływ zbiorników wodnych na klimat lokalny*. „Czasopismo Geograficzne”, T. 55, z. 3, s. 329–344.
- LIJEWSKI T., MIKUŁOWSKI B., WYRZYKOWSKI J., 1998: *Geografia turystyki Polski*. Warszawa, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 340 s.
- LINDSTRÖM M., HÅKANSON L., 2001: *A model to calculate heavy metal load to lakes dominated by urban runoff and diffuse inflow*. „Ecological Modelling”, vol. 137, 1, s. 1–21.
- LOSSOW K., 1995: *Możliwości i uwarunkowania rekultywacji jezior w Polsce*. W: *Problemy ochrony, zagospodarowania i rekultywacji antropogenicznych zbiorników wodnych*. Red. M.J. GROMIEC. Zabrze, Polski Komitet Międzynarodowego Stowarzyszenia Jakości Wody IAWQ d IAWPRC, s. 115–122.
- LOSSOW K., 2000: *Jeziora – rekultywacja, przegląd metod*. „Przegląd Komunalny”, vol. 9 (108), s. 91–106.
- LOSSOW K., GAWROŃSKA H., 1997: *Badanie możliwości szacowania obciążeń zewnętrznych zbiorników wodnych na przykładzie jeziora Wadąg*. W: *Wpływ antropopresji na jeziora*. Red. A. CHOIŃSKI. Poznań—Bydgoszcz, ZHIGW IGF UAM, Wydawnictwo HOMINI, s. 94–100.
- LOSSOW K., GAWROŃSKA H., ŁOPATA M., 2002: *Preliminary restoration results of Lake Głęboćek in Tuchola by phosphorus inactivation with polyaluminium chloride (PAX)*. „Limnological Review”, vol. 2 (2002), s. 265–274.
- LUGO A., BRAVO-INCLÁ L.A., ALCOCER J., GAYTAN M.L., OLIVA M.G., SANCHEZ M.R., CHAVEZ M., VILA CLARA G., 1998: *Effect on the planktonic community of the chemical program used to control water hyacinth (Eichhornia crassipes) in Guadalupe Dam, Mexico*. „Aquatic Ecosystem Health and Management”, vol. 1, 3–4, s. 333–343.
- ŁAJCZAK A., 1995: *Studium nad zamulaniem wybranych zbiorników zaporowych w dorzeczu Wisły*. W: „Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej Polskiej Akademii Nauk”. Z. 8. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 105 s.
- ŁOŚ M.J., MICHALCZYK Z., 1996: *Koncepcja zasilania zasobów wód podziemnych ze zbiorników retencyjnych w zlewni Bystrzycy Lubelskiej*. W: *Mała retencja w kształtowaniu środowiska*. Wrocław, Wydawnictwo Akademii Rolniczej, s. 99–108.
- MACHOWSKI R., RUMAN M., RZĘTAŁA M., 2005: *Water stage fluctuations in selected anthropogenic water reservoirs in the upper part of the Odra catchment*. „Limnological Review”, vol. 5 (2005), s. 145–154.
- MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M., 2006: *Wyżyna Śląska i jej obrzeżenie jako „pojezierze antropogeniczne”*. „Wszechświat”, T. 107, nr 1–3/2006, s. 45–50.
- MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M.A., RZĘTAŁA M., WISTUBA B., 2005: *Zbiornik Żywiecki – charakterystyka fizyczno-*

- geograficzna i znaczenie społeczno-gospodarcze. Sosnowiec, PTG – Oddział Katowicki, 80 s.
- MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M., SERWECIŃSKA D., 2003: *Wody powierzchniowe i podziemne w województwie śląskim*. „Przyroda Górnego Śląska”, nr 34, s. 6–7.
- MAGIERA T., STRZYSZCZ Z., KOSTECKI M., 2002: *Seasonal changes of magnetic susceptibility in sediments from Lake Żywiec (south Poland)*. „Water, Air, and Soil Pollution”, vol. 141, 1–4, s. 55–71.
- MANNIO J., 2001: *Recovery pattern from acidification of headwater lakes in Finland*. „Water, Air, and Soil Pollution”, vol. 130, 1–4, s. 1427–1432.
- MARCOUILLER D.W., KIM K., DELLER S.C., 2004: *Natural amenities, tourism and income distribution*. „Annals of Tourism Research”, vol. 31, 4, s. 1031–1050.
- MARSZELEWSKI W., 2005: *Zmiany warunków abiotycznych w jeziorach Polski północno-wschodniej*. Toruń, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, 288 s.
- MARSZELEWSKI W., SKOWRON R., 2006: *Ice cover as an indicator of winter air temperature changes: case study of the Polish Lowland lakes*. „Hydrological Sciences Journal”, vol. 51, 2, s. 336–349.
- MATUSZKIEWICZ W., 1981: *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*. Warszawa, PWN, 298 s.
- MICHALCZYK Z., CHMIEL S., CHMIELEWSKI J., TURCZYŃSKI M., 2007: *Hydrologiczne konsekwencje eksploatacji złoża węgla kamiennego w rejonie Bogdanki (LZW)*. „Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego”, 422, s. 113–126.
- MIKULSKI Z., OKULANIS E., 1974: *Ustrój termiczny Jezior Raduńskich*. „Przegląd Geofizyczny” [Warszawa, PTG], T. 19, z. 1, s. 31–53.
- MIODUSZEWSKI W., 1994: *Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych w małych rolniczych zlewniach rzecznych. Metodyczne podstawy rozwoju małej retencji. Materiały Informacyjne nr 25*. Falenty, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, 35 s.
- MIZERSKI W., 2005: *Geologia Polski dla geografów*. Wyd. 2. poprawione. Warszawa, PWN, 255 s.
- MOALLA S.M.N., AWADALLAH R.M., RASHED M.N., SOLTAN M.E., 1998: *Distribution and chemical fractionation of some heavy metals in bottom sediments of Lake Nasser*. „Hydrobiologia”, vol. 364, nr 1, s. 31–40.
- MOLENDTA T., 2005: *O niektórych specyficznych właściwościach fizyczno-chemicznych wód zbiorników antropogenicznych*. W: *Jeziora i sztuczne zbiorniki wodne – funkcjonowanie, rewitalizacja i ochrona*. Red. A.T. JANKOWSKI, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, WNoZ UŚ, Polskie Towarzystwo Limnologiczne, PTG – Oddział Katowicki, s. 161–168.
- MORENO P.I., 2000: *Climate, Fire, and Vegetation between About 13,000 and 9200 14C yr B.P. in the Chilean Lake District*. „Quaternary Research”, vol. 54, 1, s. 81–89.
- MOTYKA J., SZUWARZYŃSKI M., 1998: *Wpływ składowiska odpadów przemysłowych z ZSO „Górka” w Trzebini na jakość wód podziemnych*. W: *Hydrogeologia obszarów zurbanizowanych i uprzemysłowionych*. Red. A. KOWALCZYK, J. KROPKA, A. WITKOWSKI. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 131–141.
- MUSAOGLU N., TANIK A., KOCABAS V., 2005: *Identification of land-cover changes through image processing and associated impacts on water reservoir conditions*. „Environmental Management”, vol. 35, 2, s. 220–230.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E., RUTKOWSKI J., red., 1995: *Badania osadów czwartorzędowych. Wybrane metody i interpretacja wyników*. Warszawa, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW, PiG, Komisja Litologii i Genezy Osadów Czwartorzędowych Komitetu Badań Czwartorzędu PAN, 356 s.
- MYŚLIŃSKA E., 1998: *Laboratoryjne badania gruntów*. Warszawa, PWN, 278 s.
- MYŚLIŃSKA E., 2001: *Grunty irganiczne i laboratoryjne metody ich badania*. Warszawa, PWN, 208 s.
- NAKASHIMA S., YAMADA Y., TADA K., 2007: *Characterization of the water quality of dam lakes on Shikoku Island, Japan*. „Limnology”, vol. 8, 1, s. 1–22.
- NEELAKANTAN T.R., PUNDARIKANTHAN N.V., 1999: *Hedging Rule Optimisation for Water Supply Reservoirs System*. „Water Resources Management”, vol. 13, 6, s. 409–426.
- NEWELL A.D., SKJELKVALE B.L., 1997: *Acidification trends in surface waters in the International Program on Acidification of Rivers and Lakes*. „Water, Air, and Soil Pollution”, vol. 93, 1–4, s. 27–57.
- NGUYEN H.N., LEERMAKERS M., OSÁN J., TFRFK S., BAEGENS W., 2005: *Heavy metals in Lake Balaton: water column, suspended matter, sediment and biota*. „Science of the Total Environment”, vol. 340, 1–3, s. 213–230.
- NIEDŹWIEDŹ T., CZEKIERDA D., 1998: *Cyrkulacyjne uwarunkowania katastrofalnej powodzi w lipcu 1997 roku*. W: *Powódź w dorzeczu górnej Wisły w lipcu 1997 roku*. Red. L. STARKEL, J. GRELA. Kraków, Wydawnictwo Oddziału Polskiej Akademii Nauk, s. 53–66.
- NIXDORF B., KRUMBECK H., JANDER J., BEULKER C., 2003: *Comparison of bacterial and phytoplankton productivity in extremely acidic mining lakes and eutrophic hard water lakes*. „Acta Oecologica”, vol. 24, suppl. 1, s. 281–288.
- NOWACZYK B., 1988: *Późnovistuliańska i holocenińska ewolucja jezior Polski Środkowej*. W: *Naturalne i antropogeniczne przemiany jezior i mokradel w Polsce*. Red. Z. CHURSKI. Toruń, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, s. 54–57.
- NOWACZYK B., red., 1994: *Geomorfologia i osady strefy litoralnej jezior*. Poznań, IBCz UAM, KBCz PAN, 76 s.
- OCHIENG E.Z., LALAH J.O., WANDIGA S.O., 2007: *Analysis of Heavy Metals in Water and Surface Sediment in Five Rift Valley Lakes in Kenya for Assessment of Recent Increase in Anthropogenic Activities*. „Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology”, vol. 79, 5, s. 570–576.
- OWCZYNNIKOW G.I., PAWŁOW S.H., TRZCINSKI J.B., 1999: *Izmienienie geologicznej sriedy w zonach wliania Angaro-Jenisejskich wodochraniliszcz*. Nowosybirsk, Izdatelstwo Nauka, 254 s.
- OZGA-ZIELIŃSKA M., BRZEZIŃSKI J., 1994: *Hydrologia stosowana*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 324 s.

- ÖZMEN H., KÜLAHCI F., CUKUROVALI A., DĞGRU M., 2004: *Concentrations of heavy metal and radioactivity in surface water and sediment of Hazar Lake (Elazi ğ, Turkey)*. „Chemosphere”, vol. 55, 3, s. 401–408.
- PELKA-GOSCINIAK J., 2006: *Restoring nature in mining areas of the Silesian Upland (Poland)*. „Earth Surface Processes and Landforms”, vol. 31, 13, s. 1685–1691.
- PELKA-GOŚCINIAK J., SZCZYPEK T., 1995: *Próba oceny wpływu antropogenicznych zbiorników wodnych na krajobraz Górnego Śląska*. W: *Przeobrażenia środowiska geograficznego w przygranicznej strefie górnośląsko-ostrowskiego regionu przemysłowego*. Sosnowiec, WNoZ UŚ, PK „CKKRW”, s. 91–99.
- PETRUCIO M.M., BARBOSA F.A.R., FURTADO A.L.S., 2006: *Bacterioplankton and phytoplankton production in seven lakes in the Middle Rio Doce basin, south-east Brazil*. „Limnologica”, vol. 36, 3, s. 192–203.
- PIENIMÄKI M., LEPPÄKOSKI E., 2004: *Invasion pressure on the Finnish Lake District: invasion corridors and barriers*. „Biological Invasions”, vol. 6, 3, s. 331–346.
- POCIASK-KARTECZKA J., CZULAK J., NIEDBALA J., NIEDBALA J., 2003: *Model assessing changes of the Raba River runoff caused by the Dobczyce Reservoir (Poland)*. „Polish Journal of Environmental Studies”, vol. 12, 4, s. 485–488.
- POKORNÝ J., HAUSER V., 2002: *The restoration of fish ponds in agricultural landscapes*. „Ecological Engineering”, vol. 18, 5, s. 555–574.
- PUCHALSKI W., BIS B., ZALEWSKI M., 1995: *Procesy retencji nutrientów w ekotonach rzek zasilających zbiorniki zaporowe*. W: *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. Red. M. ZALEWSKI. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Łódź, WIOŚ, ZES UŁ, s. 155–176.
- PULINOWA M.Z., CZYŁOK A., 2000: *Spojrzenie na krajobraz kulturowy Zagłębia*. W: *Środowisko przyrodnicze regionu górnośląskiego – stan poznania, zagrożenia i ochrona*. Red. A.T. JANKOWSKI, U. MYGA-PIĄTEK, S. OSTAFICZUK. Sosnowiec, WNoZ UŚ, PTG – Oddział Katowicki, s. 94–101.
- RAHMONOV O., RZĘTAŁA M.A., MARAÑDA M., RZĘTAŁA M., 2004a: *Procesy zarastania strefy litoralnej zbiornika Dzierżno Duże i rola roślinności w procesie kształtowania jego brzegów*. W: *Jeziora i sztuczne zbiorniki wodne – funkcjonowanie, rewitalizacja i ochrona*. Red. A.T. JANKOWSKI, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, WNoZ UŚ, Polskie Towarzystwo Limnologiczne, PTG – Oddział Katowicki, s. 185–191.
- RAHMONOV O., RZĘTAŁA M., RZĘTAŁA M.A., 2004b: *Ecological conditions for vegetation growth in littoral zones of rivers and lakes (on the example of Salicaceae)*. In: *Anthropogenic aspects of landscape transformations*. Eds. J. LÓKI, J. SZABÓ. Debrecen, University of Silesia – Faculty of Natural Sciences, s. 29–34.
- RECKNAGEL F., BURCH M., JABLONSKAS G., MINNEY J., SCHOF S., 1998: *Combined effects of organic pollution and eutrophication in the South Para Reservoirs, South Australia*. „Water Science and Technology”, vol. 37, 2, s. 113–120.
- RICHLING A., OSTASZEWSKA K., red., 2006: *Geografia fizyczna Polski*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 345 s.
- ROACH A.C., 2005: *Assessment of metals in sediments from Lake Macquarie, New South Wales, Australia, using normalisation models and sediment quality guidelines*. „Marine Environmental Research”, vol. 59, 5, s. 453–472.
- RÖSLER A., 2002: *Comparison of evaporation conditions from a sunken and floating pans on Lake Śława*. „Limnological Review” [Lublin, Maria Curie-Skłodowska Press], vol. 2 (2002), s. 333–341.
- RÓŻKOWSKI A., 2003: *Wpływ czynnika antropogenicznego na kształtowanie się chemizmu wód podziemnych w utworach karbonu w rejonach górniczych kopalń węgla kamiennego w GZW*. W: *Człowiek i woda*. Red. T. SZCZYPEK, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, PTG – Oddział Katowicki, s. 111–121.
- RÓŻKOWSKI A., 2004: *Środowisko hydrogeochemiczne karbonu produktywnego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 174 s.
- RÓŻKOWSKI A., CHMURA A., SIEMIŃSKI A., red., 1997: *Użytkowe wody podziemne Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia*. Warszawa, PIG, 152 s.
- RÓŻKOWSKI A., MITAS B., WITKOWSKI A., 1989: *Zmiany jakości wód triasu gliwickiego*. W: *Wody szczelinowo-krasowe i problemy ich ochrony*. Z. 10. Warszawa, Wydawnictwo SGGW AR, s. 94–100.
- RUMAN M., RZĘTAŁA M., 2005: *Zróżnicowanie pokrywy lodowej zbiorników zaporowych Turawa i Kozłowa Góra w latach hydrologicznych 1975–1996*. W: *Jeziora i sztuczne zbiorniki wodne – procesy przyrodnicze oraz znaczenie społeczno-gospodarcze*. Red. A.T. JANKOWSKI, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, WNoZ UŚ, Polskie Towarzystwo Limnologiczne, PTG – Oddział Katowicki, s. 189–196.
- RUNGE J., 2006: *Metody badań w geografii społeczno-ekonomicznej – elementy metodologii, wybrane narzędzia badawcze*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 700 s.
- RUNGE J., ZADROŻNY T., 1989: *Delimitacja konurbacji katowickiej*. W: *Struktury i procesy społeczno-demograficzne w regionie katowickim*. Red. Z. RYKIEL. „Prace Geograficzne” [Wrocław–Warszawa–Kraków–Gdańsk–Łódź, IGiPZ PAN, Wydawnictwo PAN], nr 151, s. 23–28.
- RUTKOWSKI J., 2007: *Osady jezior w Polsce. Charakterystyka i stan rozpoznania, metodyka badań, propozycja*. „Studia Limnologica et Telmatologica”, vol. 1, 1, s. 17–24.
- RZĘTAŁA M., RAHMONOV O., MALIK I., OLEŚ W., PYTEL S., 2006: *Study on use of artificial water reservoirs in Silesian Upland (southern Poland) as element of cultural landscape*. „Ekologia” [Bratislava], vol. 25, suppl. 1, s. 212–220.
- 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.

- RZĘTAŁA M.A., MOLENDĄ T., RZĘTAŁA M., 2002: *Bottom deposits as an indicator of ecological changes (on the example of artificial water reservoirs in the Pogoria catchment – Silesian Upland)*. In: *Anthropogenic aspects of landscape transformations*. Sosnowiec, University of Silesia – Faculty of Earth Sciences, s. 60–67.
- RZĘTAŁA M., 2000a: *Bilans wodny oraz dynamika zmian wybranych zanieczyszczeń zbiornika Dzierżno Duże w warunkach silnej antropopresji*. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 176 s.
- RZĘTAŁA M., 2000b: *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, WNoZ UŚ, PTG – Oddział Katowicki, s. 117–131.
- RZĘTAŁA M., 2001: *Niektóre możliwości wykorzystania sztucznych zbiorników wodnych na obszarze górnośląsko-ostrowskiego regionu przemysłowego*. In: *Změny geografického prostředí v pohraničních oblastech Ostravského a Hornoslezského Regionu*. Ostrava, Ostravská Univerzita, s. 198–204.
- RZĘTAŁA M., 2003: *Rola zbiornika Kozłowa Góra w krajobrazie środkowej części doliny Brynicy*. W: *Woda w przestrzeni przyrodniczej i kulturowej*. Sosnowiec, Komisja Krajobrazu Kulturowego Polskiego Towarzystwa Geograficznego, PTG – Oddział Katowicki, s. 220–227.
- RZĘTAŁA M., 2007a: *Limnic water pollution of selected post-sand water reservoirs of Upper Silesian Region against a background of their economical use*. „Limnological Review”, vol. 7 (2006), 2, s. 111–116.
- RZĘTAŁA M., 2007b: *Użytkowanie jeziora poeksploatacyjnego w warunkach skrajnego obciążenia antropogenicznego na przykładzie zbiornika Dzierżno Duże*. W: „Geographia. Studia et Dissertationes”. T. 29. Red. T. SZCZYPEK. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, s. 15–37.
- RZĘTAŁA M., RZĘTAŁA M.A., 1998: *Origin and evolution of artificial water reservoirs as an example of anthropogenic transformations in the geographical environment*. In: *Anthropogenic aspects of geographical environment transformations*. Eds. J. SZABÓ, J. WACH. Debreczyn–Sosnowiec, Lajos Kossuth University, University of Silesia, s. 73–79.
- RZĘTAŁA M., WACH J., 1997: *Pochodzenie i stopień zasolenia wód powierzchniowych województwa katowickiego*. In: *Změny geografického prostředí v pohraničních oblastech Ostravského a Hornoslezského Regionu*. Ostrava, Ostravská Univerzita, Uniwersytet Śląski, s. 120–127.
- RZĘTAŁA M., WACH J., 1999: *Ocena właściwości fizykochemicznych wód limnicznych jako źródło informacji o obiegu materii*. W: *Górnośląsko-ostrowski region przemysłowy: wybrane problemy kształtowania i ochrony środowiska*. Red. J. PEŁKA-GOŚCINIĄK, M. RZĘTAŁA. Sosnowiec, Přírodovědecká fakulta Ostravského univerzity, WNoZ UŚ, s. 205–209.
- SAMECKA-CYMERMAN A., KEMPERS A.J., 2001: *Concentrations of heavy metals and plant nutrients in water, sediments and aquatic macrophytes of anthropogenic lakes (former open cut brown coal mines) differing in stage of acidification*. „The Science of the Total Environment”, vol. 281, 1–3, s. 87–98.
- SCHNAIBERG J., RIERA J., TURNER M.G., VOSS P.R., 2002: *Explaining Human Settlement Patterns in a Recreational Lake District: Vilas County, Wisconsin, USA*. „Environmental Management”, vol. 30, 1, s. 24–34.
- SEKHAR K.Ch., CHARY N.S., KAMALA C.T., SUMAN RAJ D.S., SREENIVASA RAO A., 2003: *Fractionation studies and bioaccumulation of sediment-bound heavy metals in Kolleru lake by edible fish*. „Environment International”, vol. 29, 7, s. 1001–1008.
- SHIROKOW V.M., ed., 1991: *Water reservoirs of Byelorussia: specific features of the nature and their influence upon the environment*. Minsk, University Publishers, 208 s.
- SOLSKI A., JEDRCZAK A., 1990: *Ionic composition of waters of the „anthropogenic lake district”*. „Polskie Archiwum Hydrobiologii”, vol. 37, 3, s. 361–382.
- STAMOU A.I., HADJIBIROU K., ANDREADAKIS A., KATSIRI A., 2007: *Establishing minimum water level for Plastiras reservoir (Greece) combining water quality modelling with landscape aesthetics*. „Environmental Modeling and Assessment”, vol. 12, 3, s. 157–170.
- STANKOWSKI W., 1981: *Rozwój środowiska fizyczno-geograficznego Polski*. Warszawa, PWN, 193 s.
- STUCHLIK E., KOPACEK J., FOTT J., HORICKA Z., 2006: *Chemical composition of the Tatra Mountain lakes: Response to acidification*. „Biologia” [Bratislava], vol. 61, supl. 18, s. 11–20.
- SZCZYPEK T., WACH J., 1992: *Antropopresja a przebieg naturalnych procesów rzeźbotwórczych (na przykładzie Wyżyny Śląskiej)*. W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*. 4. Katowice–Sosnowiec, WBiOŚ, WNoZ UŚ, s. 5–13.
- SZYMANOWSKA A., SAMECKA-CYMERMAN A., KEMPERS A.J., 1999: *Heavy Metals in Three Lakes in West Poland*. „Ecotoxicology and Environmental Safety”, vol. 43, 1, s. 21–29.
- SZYMAŃSKA H., 1990: *Skład chemiczny wód opadowych*. W: *Zanieczyszczenia obszarowe w zlewniach rolniczych. Materiały seminaryjne nr 26*. Falenty, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, s. 53–60.
- TAHER A.G., SOLIMAN A.A., 1999: *Heavy metal concentrations in surficial sediments from Wadi El Natrun saline lakes, Egypt*. „International Journal of Salt Lake Research”, vol. 8, 1, s. 75–92.
- TALLBERG P., HORPPILA J., VÄISÄNEN A., NURMINEN L., 1999: *Seasonal succession of phytoplankton and zooplankton along a trophic gradient in a eutrophic lake – implications for food web management*. „Hydrobiologia”, vol. 412, s. 81–94.
- TAYLOR B.R., HELWIG J., 1995: *Submergent macrophytes in a cooling pond in Alberta, Canada*. „Aquatic Botany”, vol. 51, 3–4, s. 243–257.
- TEMPEL R.N., SHEVENELL L.A., LECHLER P., PRICE J., 2000: *Geochemical modeling approach to predicting arsenic concentrations in a mine pit lake*. „Applied Geochemistry”, vol. 15, 4, s. 475–492.

- THIEMANN S., KAUFMANN H., 2000: *Determination of chlorophyll content and trophic state of lakes using field spectrometer and IRS-1C satellite data in the Mecklenburg Lake District, Germany*. „Remote Sensing of Environment”, vol. 73, 2, s. 227–235.
- THIERFELDER T.K.E., 2000: *Orthogonal Variance Structures in Lake Water Quality Data and Their Use for Geochemical Classification of Dimictic, Glacial/Boreal Lakes*. „Aquatic Geochemistry”, vol. 6, 1, s. 47–64.
- TIMMS B.V., 2005: *Salt lakes in Australia: present problems and prognosis for the future*. „Hydrobiologia”, vol. 552, nr 1, s. 1–15.
- TIPPING E., BASS J.A.B., HARDIE D., HAWORTH E.Y., HURLEY M.A., WILLS G., 2002: *Biological responses to the reversal of acidification in surface waters of the English Lake District*. „Environmental Pollution”, vol. 116, 1, s. 137–146.
- TIPPING E., CARRICK T.R., HURLEY M.A., JAMES J.B., LAWLOR A.J., LOFTS S., RIGG E., SUTCLIFFE D.W., WOOF C., 1998: *Reversal of acidification in upland waters of the English Lake District*. „Environmental Pollution”, vol. 103, 2–3, s. 143–151.
- TKOCZ M., 2007: *Zmiany w funkcjonowaniu górnictwa węgla kamiennego w Polsce po roku 1989*. „Acta Geographica Silesiana” [Sosnowiec, WNoZ UŚ], 2, s. 51–58.
- VIEIRA J.M.S., AZEVEDO M.T.P., AZEVEDO S.M.F.O., HONDA R.Y., CORREIA B., 2005: *Toxic cyanobacteria and microcystin concentrations in a public water supply reservoir in the Brazilian Amazonia region*. „Toxicon”, vol. 45, 7, s. 901–909.
- VOLLENWEIDER R.A., 1968: *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular references to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication*. Paris, OECD Technical Report DAS/CSI/68.27. OECD, 159 s.
- VOLLENWEIDER R.A., KERÉKES J.J., OECD, 1982: *Eutrophication of waters – monitoring, assessment and control*. Paris, OECD, 164 s.
- WANG H., WANG C.X., WANG Z.J., CAO Z.H., 2004: *Fractionation of heavy metals in surface sediments of Taihu Lake, East China*. „Environmental Geochemistry and Health”, vol. 26, 2, s. 303–309.
- WERNER F., BILEK F., LUCKNER L., 2001: *Impact of regional groundwater flow on the water quality of an old post-mining lake*. „Ecological Engineering”, vol. 17, 2–3, s. 133–142.
- WILGAT T., MICHALCZYK Z., TURCZYŃSKI M., WOJCIECHOWSKI K., 1992: *Jeziora łączyńsko-włodawskie*. „Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej”, T. 19, s. 23–140.
- WILLIAMS P., WHITFIELD M., BIGGS J., BRAY S., FOX G., NICOLET P., SEAR D., 2003: *Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England*. „Biological Conservation”, vol. 115, 2, s. 329–341.
- WIŚNIEWSKI R.J., 1994: *Fosfor w zbiornikach zaporowych – zasilanie, kumulacja, wymiana między osadami dennymi i wodą*. W: *Zintegrowana strategia ochrony i zagospodarowania ekosystemów wodnych*. Red. M. ZALEWSKI. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Łódź, WIOŚ, ZES UŁ, s. 49–60.
- WOŁOŻYŃ J., CZAMARA W., ELIASIEWICZ R., KRĘŻEL J., 1994: *Regulacja rzek i potoków*. Wrocław, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, 549 s.
- WU J., BUCHAK E.M., EDINGER J.E., KOLLURU V.S., 2001: *Simulation of cooling-water discharges from power plants*. „Journal of Environmental Management”, vol. 61, 1, s. 77–92.
- XENOPOULOS M.A., SCHINDLER D.W., 2001: *The Environmental Control of Near-Surface Thermoclines in Boreal Lakes*. „Ecosystems”, vol. 4, 7, s. 699–707.
- ZALEWSKI M., 1994: *Rola ekotonowych stref buforowych w redukcji zanieczyszczeń obszarowych i przyspieszenia tempa samooczyszczania rzek*. W: *Zintegrowana strategia ochrony i zagospodarowania ekosystemów wodnych*. Red. M. ZALEWSKI. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Łódź, WIOŚ, ZES UŁ, s. 25–33.
- ŻELAZO J., POPEK Z., 2002: *Podstawy renaturyzacji rzek*. Warszawa, Wydawnictwo SGGW, 319 s.
- ŻMUDA S., 1973: *Antropogeniczne przeobrażenia środowiska przyrodniczego konurbacji górnośląskiej*. Katowice, Śląski Instytut Naukowy, 211 s.

Materiały kartograficzne

- Mapa hydrograficzna w skali 1 : 50 000*. 1994. Arkusz M-34-76-C (*Sucha Beskidzka*). Warszawa, Główny Geodeta Kraju.
- Mapa hydrograficzna w skali 1 : 50 000*. 2000. Arkusze: M-34-49-B (*Strzelce Opolskie*), M-34-50-A (*Lubliniec Ptd.*), M-34-50-B (*Kalety*), M-34-51-A (*Koziegłowy*), M-34-51-B (*Myszków*), M-34-52-A (*Kroczyce*). Warszawa, Główny Geodeta Kraju.
- Mapa hydrograficzna w skali 1 : 50 000*. 2001. Arkusze: M-34-50-C (*Pyskowice*), M-34-50-C (*Bytom*), M-34-51-c (*Siewierz*), M-34-62-A (*Gliwice*), M-34-62-B (*Chorzów*), M-34-63-A (*Katowice*), M-34-63-B (*Jaworzno*). Warszawa, Główny Geodeta Kraju.
- Mapa hydrograficzna w skali 1 : 50 000*. 2002. Arkusz M-34-52-C (*Ogrodzieniec*). Warszawa, Główny Geodeta Kraju.
- Mapa hydrograficzna w skali 1 : 50 000*. 2003. Arkusze: M-34-49-D (*Ujazd*), M-34-51-D (*Zawiercie*), M-34-61-A (*Polska Cerekiew*), M-34-61-B (*Kuźnia Raciborska*), M-34-61-C (*Racibórz*), M-34-61-D (*Wodzisław Śląski*), M-34-62-C (*Rybnik*), M-34-63-D (*Tychy*), M-34-63-C (*Oświęcim*), M-34-63-D (*Chrzanów*), M-34-64-A (*Olkusz*), M-34-64-C (*Krzyszowice*), M-34-73-B (*Gorzycy*), M-34-74-A (*Jastrzębie-Zdrój*), M-34-74-B (*Pszczyna*), M-34-74-C (*Cieszyn*), M-34-74-D (*Skoczów*), M-34-75-A (*Czechowice-Dziedzice*), M-34-75-B (*Andrychów*), M-34-75-C (*Bielsko-Biała*), M-34-75-D (*Gilowice*), M-34-76-A (*Kalwaria Zebrzydowska*). Warszawa, Główny Geodeta Kraju.
- Mapa topograficzna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (obrębówka)*. 1960. Skala 1 : 25 000. Ark. 1–6. Warszawa, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego.

Mapa topograficzna Rybnickiego Okręgu Węglowego (obrębówka). 1961a. Skala 1 : 25 000. Ark. 1–6. Warszawa, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego.

Mapa topograficzna powiatu Chrzanów (obrębówka). 1961b. Skala 1 : 25 000. Ark. 1–6. Warszawa, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego.

Mapa topograficzna powiatu Oświęcim (obrębówka). 1961c. Skala 1 : 25 000. Ark. 1–4. Warszawa, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego.

Mapa topograficzna powiatu Myszków (obrębówka). 1961d. Skala 1 : 25 000. Ark. 1–6. Warszawa, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego.

Mapa topograficzna powiatu Tarnowskie Góry (obrębówka). 1962a. Skala 1 : 25 000. Ark. 1–4. Warszawa, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego.

Mapa topograficzna powiatu Cieszyn (obrębówka). 1962b. Skala 1 : 25 000. Ark. 1–5. Warszawa, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego.

Mapa topograficzna powiatu Bielsko-Biała (obrębówka). 1965. Skala 1 : 25 000. Ark. 1–4. Warszawa, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego.

Mapa topograficzna powiatu Gliwice (obrębówka). 1966a. Skala 1 : 25 000. Ark. 1–6. Warszawa, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego.

Mapa topograficzna powiatu Pszczyna (obrębówka). 1966b. Skala 1 : 25 000. Ark. 1–4. Warszawa, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego.

Mapa topograficzna powiatu Racibórz (obrębówka). 1966c. Skala 1 : 25 000. Ark. 1–5. Warszawa, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego.

Mapa topograficzna w skali 1 : 50 000. 1998. Arkusze: M-34-49-A (Tarnów Opolski), M-34-49-C (Kędzierzyn-Koźle), M-34-73-A (Owsiszcze). Warszawa, Główny Geodeta Kraju.

Ortofotomapa w skali 1 : 10 000, ark. M-34-51-C-b-4 (Podwarpie). 2000c. Katowice, WODGiK.

Ortofotomapa w skali 1 : 10 000, ark. M-34-62-A-d-3 (Knurów-Szczygłowie). 2000g. Katowice, WODGiK.

Ortofotomapa w skali 1 : 10 000, ark. M-34-63-A-b-4 (Sosnowiec-Klimontów). 2000f. Katowice, WODGiK.

Ortofotomapa w skali 1 : 10 000, ark. M-34-63-C-d-1 (Bieruń – Nowy Bieruń). 2000h. Katowice, WODGiK.

Ortofotomapa w skali 1 : 10 000, ark. M-34-63-C-d-2 (Babice). 2000i. Katowice, WODGiK.

Ortofotomapa w skali 1 : 10 000, ark. M-34-63-C-d-3 (Harmęże). 2000j. Katowice, WODGiK.

Ortofotomapa w skali 1 : 10 000, ark. M-34-75-A-a-2 (Góra). 2001a. Katowice, WODGiK.

Ortofotomapa w skali 1 : 10 000, ark. M-34-50-D-b-1 (Tarnowskie Góry–Miasteczko Śląskie). 2000a. Katowice, WODGiK.

Ortofotomapa w skali 1 : 10 000, ark. M-34-50-D-b-4 (Świerklaniec). 2000b. Katowice, WODGiK.

Ortofotomapa w skali 1 : 10 000, ark. M-34-51-C-d-4 (Dąbrowa Górnicza-Gołonóg). 2000d. Katowice, WODGiK.

Ortofotomapa w skali 1 : 10 000, ark. M-34-63-A-a-4 (Katowice-Szopienice). 2000e. Katowice, WODGiK.

Ortofotomapa w skali 1 : 10 000, ark. M-34-74-B-a-2 (Brzeźce). 2001b. Katowice, WODGiK.

Ortofotomapa w skali 1 : 10 000, ark. M-34-74-B-b-1 (Pszczyna-Stara Wieś). 2001c. Katowice, WODGiK.

Akty normatywne

PN-C-04537-02:1989 — Woda i ścieki. Badania zawartości związków fosforu. Oznaczanie rozpuszczonych ortofosforanów kolorymetryczną metodą molibdenianową z chlorkiem cynawym jako reduktorem (norma zastąpiona przez PN-EN 1189:2000).

PN-C-04540-03:1974 — Woda i ścieki. Badania wartości pH, kwasowości i zasadowości. Oznaczanie kwasowości i zasadowości mineralnej i ogólnej. Metoda miareczkowa wobec wskaźników (norma zastąpiona przez PN-C-04540-03:1990).

PN-C-04540-03:1990 — Woda i ścieki. Badania pH, kwasowości i zasadowości. Oznaczanie kwasowości i zasadowości mineralnej i ogólnej metodą miareczkowania wobec wskaźników.

PN-C-04540-07:1980 — Woda i ścieki. Badania wartości pH, kwasowości i zasadowości. Oznaczanie wartości pH wód o przewodności elektrolitycznej właściwej mniejszej niż 10 mikrosimens/cm metodą elektrometryczną.

PN-C-04542:1977 — Woda i ścieki. Oznaczanie przewodności elektrolitycznej właściwej (norma zastąpiona przez PN-EN 27888:1999).

PN-C-04545-08:1972 — Woda i ścieki. Badania zawartości rozpuszczonego tlenu. Oznaczanie rozpuszczonego tlenu metodą elektrochemiczną z membranowym czujnikiem tlenowym (norma zastąpiona przez PN-EN 25814:1999).

PN-C-04551-01:1991 — Woda i ścieki. Badania zawartości wapnia. Oznaczanie wapnia (twardości wapniowej) metodą wersenianową (norma zastąpiona przez PN-ISO 6058:1999).

PN-C-04554-03:1972 — Woda i ścieki. Badania twardości. Oznaczanie twardości ogólnej w zakresie 0,357 mval/dm³ i poniżej metodą wersenianową.

PN-C-04554-10:1971 — Woda i ścieki. Badania twardości. Obliczanie twardości magnezowej (norma zastąpiona przez PN-ISO 6059:1999).

PN-C-04559-02:1972 — Woda i ścieki. Badania zawartości zawiesin. Oznaczanie zawiesin ogólnych, mineralnych i lotnych metodą wagową.

PN-C-04566-10:1979 — Woda i ścieki. Badania zawartości siarki i jej związków. Oznaczanie siarczanów metodą turbidymetryczną.

PN-C-04576-01:1976 — Woda i ścieki. Badania zawartości związków azotu. Oznaczanie azotu amonowego metodą kolorymetryczną indofenolową (norma zastąpiona przez PN-ISO 7150-1:2002).

PN-C-04576-06:1973 — Woda i ścieki. Badania zawartości związków azotu. Oznaczanie azotu azotynowego metodą kolorymetryczną z kwasem sulfanilowym i 1-naftyloaminą.

PN-C-04576-10:1986 — Woda i ścieki. Badania zawartości związków azotu. Oznaczanie azotu azotanowego metodą potencjometryczną z użyciem elektrody jonoselektywnej (norma wycofana bez zastąpienia).

PN-C-04587-01:1973 — Woda i ścieki. Badania zawartości jonu sodowego. Oznaczanie jonu sodowego metodą fotometrii płomieniowej (norma zastąpiona przez PN-ISO 9964-1/Ak:1997).

PN-C-04591-01:1974 — Woda i ścieki. Badania zawartości jonu potasowego. Oznaczanie jonu potasowego metodą

- fotometrii płomieniowej (norma zastąpiona przez PN-ISO 9964-2/Ak:1997).
- PN-C-04617-02:1975 — Woda i ścieki. Badania zawartości chlorków. Oznaczanie chlorków w wodzie i ściekach metodą argentometrycznego miareczkowania (norma zastąpiona przez PN-ISO 9297:1994).
- PN-EN 1189:2000 — Woda i ścieki. Badania zawartości związków fosforu. Oznaczanie rozpuszczonych ortofosforanów kolorymetryczną metodą molibdenianową z chlorkiem cynowym jako reduktorem.
- PN-EN 25814:1999 — Jakość wody. Oznaczanie tlenu rozpuszczonego. Metoda z czujnikiem elektrochemicznym.
- PN-EN 27888:1999 — Jakość wody. Oznaczanie przewodności elektrycznej właściwej.
- PN-ISO 6058:1999 — Jakość wody. Oznaczanie zawartości wapnia. Metoda miareczkowa z EDTA.
- PN-ISO 7150-1:2002 — Woda i ścieki. Badania zawartości związków azotu. Oznaczanie azotu amonowego metodą kolorymetryczną indofenolową.
- PN-ISO 9297:1994 — Woda i ścieki. Badania zawartości chlorków. Oznaczanie chlorków w wodzie i ściekach metodą argentometrycznego miareczkowania.
- PN-ISO 9964-1/Ak:1997 — Jakość wody. Oznaczanie sodu i potasu. Oznaczanie sodu w ściekach metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych. Dz.U. 2008, nr 162, poz. 1008.
- 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, nr 241, poz. 2093.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych. Dz.U. 2003, nr 4, poz. 44.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz.U. 2006, nr 137, poz. 984.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia. Dz.U. 2002, nr 204, poz. 1728.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych. Dz.U. 2002, nr 176, poz. 1455.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dz.U. 2002, nr 165, poz. 1359.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. 2007, nr 61, poz. 417.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 6 maja 1997 r. w sprawie określania warunków bezpieczeństwa osób przebywających w górach, pływających, kąpiących się i uprawiających sporty wodne. Dz.U. 1997, nr 57, poz. 358.
- Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne. Dz.U. 2001, nr 115, poz. 1229 (z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 26 lipca 2000 r. o nawozach i nawożeniu. Dz.U. 2000, nr 89, poz. 991 (z późn. zm.: Dz.U. 2004, nr 91, poz. 876).
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach. Dz.U. 2001, nr 62, poz. 628 (z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. Dz.U. 2001, nr 62, poz. 627 (z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych. Dz.U. 1995, nr 16, poz. 78 (z późn. zm.).

Functioning of water reservoirs
and the course of limnic processes
under conditions of varied anthropopression
a case study of Upper Silesian Region

S u m m a r y

Water reservoirs in the Upper Silesian Region function under conditions of varied urban-industrial and to a smaller degree agricultural anthropopression, as well as also in areas of quasi-natural conditions (fig. 1). It determines the specific character of the course of limnic processes, which is significant for standing waters, e.g. water cycle, fluctuations in water stages, thermal and oxygen processes, course of ice phenomena, changes in water fertility, shore processes, formation of bottom deposits, accumulation of pollutants, viability of reservoirs. Changing during last tens of years natural and anthropogenic conditions additionally modify the course of these processes, just as forms of water reservoirs use and their natural and socio-economical functionality.

The Upper Silesian Region is identified with borderland parts of two historical-ethnographic provinces, i.e. Upper Silesia and the western Little Poland (fig. 2). Contemporarily this area is perceived by the prism of widely understood industrial significance and in the central part (Upper Silesian Industrial Region, Rybnik Coal Region) it is considered to be the most anthropogenically transformed area of Poland.

The main aim of investigations is to determine the natural and anthropogenic conditions of occurrence, functioning and use of water reservoirs in the Upper Silesian Region, betokening the existence of readable concentration of these reservoirs.

The first field investigations were carried out in the years 1993–1997 and they were periodically continued in the last decade. In the hydrological year 2007 the detailed investigations included water reservoirs of the Upper Silesia, which are varied in respect of morphogenesis, morphometry, mixion, trophy and function. Among objects typed for research (fig. 3) were numbered large dam and post-exploitation reservoirs as well as many smaller water bodies, which are unique in respect of limnology considering: halinotrophy, acidotrophy, eutrophy and hypertrophy, dimixion, polymixion or meromixion, the occurrence of so-called anthropogenic deposits.

Upper Silesian Anthropogenic Lakeland (U.S.A.L.-GPA) of 6766 km² in area was separated as the region with occurrence of 4773 water bodies. The density of reservoir occurrence (70.54 per 100 km²) and their total

area (185.4 km²), decides of lake density of the Upper Silesian Anthropogenic Lakeland, which amounts to 2.74% and is comparable with young-glacial terrains, identified with the largest concentration of lakes in Poland (fig. 56–59). They are mainly water reservoirs of anthropogenic character: post-regulation (fig. 4), post-exploitation (tab. 1, photo 1, fig. 5), in subsidence and collapse depressions (fig. 6), dam- (fig. 7), weir- (fig. 8) and others water bodies (fig. 9), at minimal number of lakes.

Hydrogenesis of reservoirs of the Upper Silesian Region is an effect of specific water cycle in this area, and in the case of particular reservoirs its variety is expressed by their water balance. It is characterised by large complication resulting from the complexity of conditions (rather anthropogenic than natural) (fig. 10–13).

On the base of vertical and horizontal water exchange and the course of other limnic processes in reservoirs, two kinds of reservoirs are fundamentally distinguishable. The first type of reservoirs preserves attributes of lakes, in which these processes result from the existence of natural conditions, e.g. fluctuations in water stages, course of thermal processes (fig. 22, 23), oxygen (tab. 3) and mictic processes and ice phenomena (fig. 25 and 26, photo 4) in quasi-natural reservoirs. The second type, which to a high degree is under the influence of anthropopression, keeps only some of these attributes. In reservoirs belonging to the second type can happen as follows:

- disturbance in the seasonal variety of inflow and surface outflow resulting from realisation of actual assumptions of water management (indices of relative seasonal fluctuations reach values from 0% up to several hundred %), which derivatives are fluctuations in water stages of maximal values of 9 m (fig. 14–21);
- variety in absolute amount of pluvial supply and evaporation, which are anthropogenically forced in the consequence of dynamical changes in the area of reservoirs (fig. 14–21), including the periodical draining of the whole reservoir;
- reduction of the retention size in consequence of intensively occurring filtration processes of water from reservoirs (even more than 1 m³/s), what is favoured by limited possibilities of silting of bowls, which often

- function no more than tens of years, e.g. in former excavations, in river valleys filled with fluvial deposits of large permeability;
- changeability in the rate of total water exchange (tab. 2) implied by artificially controlled cycle (the time of theoretical water exchange for more than 10 the largest water bodies amounts to from 24 days up to 503 days);
 - advanced eutrophication (photos 5, 8 and 9, tab. 4) of features of polytropy in industrial catchments and hypertrophy in agricultural catchments, resulting in the summer worsening of oxygen conditions of changes in oxygenation range from 0% up to about 250% (fig. 27) and minimisation of the range of eutrophic zone from about 7 m up to more than 10 cm in critical situations (fig. 28);
 - predomination of high salinity (conductivity from about 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ to more than 20 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$);
 - progressing acidification (fig. 33, photo 7) or alkalinisation (fig. 32, photo 6) of waters (pH from 4.99 up to more than 13.00);
 - changed chemical composition and high content of heavy metals (tab. 13 and 14) and organic pollutants (concentration of some heavy metals in bottom deposits reaches higher levels from natural, permissible, and even contemporarily met in other lakes of Poland, Europe and the world);
 - heating up of alimentating sewage and anthropothermy (fig. 24, photo 2) together with the essential limitation of ice phenomena (photo 3) and anthropomixion;
 - manifold increase in the rate of silting owing to deliv-ering of urban-industrial matter.

Therefore the quality undergoes degradation (tab. 6, 8–12) and extra-class waters predominate. It happens because the water reservoirs of Upper Silesian Anthropogenic Lakeland, similarly to lakes, play the role of concentration reducers and load (e.g. suspensions, substances causing salinity and eutrophication) accumulators (tab. 16–30, fig. 37). But sometimes situations happen, when some of them become the periodical source of secondary water pollution, e.g. by biogenic substances. It also depends on the kind of catchment use (fig. 29–32, tab. 5 and 7) and these reservoirs, they are, similarly to lakes, the source of supply with water (fig. 38), fulfil tasks of flood control (tab. 31, fig. 39–43), have tourist-recreational (fig. 44–47, photo 14), power engineering (photo 10), exploitation (photo 12), farming (photo 13) and many others functions (fig. 48, photo 11, tab. 15). The existence of varied conditions of morphological evolution of reservoir bowls (fig. 34–36) reflects the predicted time of functioning of reservoirs in the Upper Silesian Anthropogenic Lakeland, which fundamentally amounts to from some years up to several of hundred and some thousand years, and in singular cases – tens of thousand years.

Results of analyses carried out within the range of ecological state of limnic waters induce to the introduction of some solutions of application character. The most essential propositions refer to the functioning of water reservoirs under conditions of well-ordered sewage man-

agement, limiting the progressing pollution and further quality degradation of limnic geosystems, and they refer to (fig. 60):

- the building of primary settlement tanks of functions of anti-rubble dams and cascades oxygenating waters and hydrophytous (constructed wetland) and soil-root treatment plants in the zones of inflows of polluted waters;
- building of systems of near-bottom waters discharging in reservoirs subject to the origination of oxygen deficits in hypolimnion together with the systems of hydrophytous and soil-root treatment plants on the way of discharge of deoxygenated waters of hypolimnion;
- improvement of oxygen conditions through aeration of near-bottom waters and crushing of ice cover as well as provision of surface gaseous exchange through point or large-size ice cover liquidation;
- post-seasonal removal of bottom, post-bloom deposits and plant matter in the zone of uncovered bottom;
- reconstruction of fish stock structure into the direction of the increase in the population of predatory fish at the cost of zooplankton-eating and herbivorous fish at resignation from the farming.

Considering the ecological reasons as well as reasons which are essential for the spatial management, immovable management and general assumptions of the landscape architecture, one should consider the liquidation of some water reservoirs through their draining, filling up with the proper ground or filling with neutral waste, land reclamation and terrain managing.

The landscape role of reservoirs occurring in the zone of temperate climate is extremely differently perceived – from the marginalisation of the importance of water bodies resulting in the resigning from the hitherto-existing way of their use or liquidation, through the treating these elements of the water environment as unusually essential for the landscape architecture (fig. 49–55, photo 15). Different treating of landscape role of water reservoirs is visible in activities of countries of centrally controlled economy or occurring in the phase of transformation on the way into the market economy (e.g. Russia, Ukraine) and countries of many years lasting traditions in the strengthening of free market economy. Thus, two models of landscape reservoirs perceiving contrast with each other, i.e. socialistic – documenting the superiority of economical activities and ignoring the rules of biological balance, and market – regarding both the economical involving and rules of the environment protection, sustainable development, natural compensation and the natural balance. Although there is not the lack of examples of extremely different perceiving of reservoirs within the borders of the Upper Silesian Anthropogenic Lakeland, they are most often at the transition stage. This stage was characteristic for the Western Europe as early as at the beginning of the 1970s., and in Russia, Ukraine and Belarus it seems representative for not numerous complexes of water bodies at predomination of features of socialistic stage.

Evaluating the potential directions of transformations of water reservoirs in respect of their numerical force,

retention size as well as area of water bodies with genetic typology regarding, one should emphasize the great number of natural conditions and — most of all these of anthropogenic character. Although it is impossible to exclude the further episodic increase in the number, area and retention size of water reservoirs, the opposite trend is more probable. On the one hand one should regard the increase in the numerical force of reservoirs in the zone of presently included or at least subject to subsiding, area of which is estimated to be more than 1000 km², on the other hand the tendency to liquidate real water wastelands is very distinct, because they are in urbanised and industrialised areas of minimal natural significance on contrary to valuable nature refuges beyond the built-up areas and industrialised terrains.

More decided prognoses can be presented in relation to the quality state of reservoir retention, because together with economy restructuring the clear improvement in the environment conditions, including water relations, followed. The improvement of the atmosphere sanitary state, connected with the decrease in the amount of contained pollutants in a form of wet precipitation and dry deposition, results in the improvement of quality state of surface waters. Positive transformations in water environment also result from the decrease in water demand in consequence of successive economical re-branching of the region and the introduction of rationalisation in water consumption in the public utilities, what

results in smaller amounts of pollutants getting the waters together with simultaneous improvement of qualitative state of surface waters. With certain exceptions, it is possible to treat these potential changes as regularities in the evolution of ecosystems of standing waters of the Upper Silesian Region. Regularities in the course of limnic processes and models of present-day use of water reservoirs locate the Upper Silesian Anthropogenic Lakeland in the group of areas, where spatial management is written into ideas of the nature protection, sustainable development, natural compensation and natural balance.

The separateness of water reservoirs of the Upper Silesian Anthropogenic Lakeland against a background of lakes and other artificial reservoirs (photos 16 and 17), especially in the zone of temperate climate, shows the varied degree of anthropogenisation of particular components of water balance and manifold level of pollution — from minimal (i.e. at the level close to hydrochemical background), up to very high (tab. 32). Such large spectrum of quantitative-qualitative changes in reservoirs of standing waters at their large numerical force (several thousands) identified with the multiplicity of scenarios of their functioning and use, creates the possibility to predict the course of degradation processes of limnic waters quality in the objects, which contemporarily function under incomparably smaller environment transformation and to undertake the protection activities.

Функционирование водоемов
и лимнологические процессы
в условиях дифференцированного антропогенного воздействия
на примере региона Верхняя Силезия (Польша)

Резюме

Водоемы Верхнесилезского региона функционируют в условиях дифференцированного антропогенного воздействия (промышленно-городского, в меньшей мере — сельскохозяйственного), часто в квазинатуральных условиях (рис. 1). Это определяет специфику лимнологических характеристик и процессов, характерных для стоячих вод, например, кругооборота вод, колебания их уровня, термических процессов, кислородного насыщения, ледовых явлений, содержания органики и нитратных загрязнений, береговых процессов, формирования донных отложений, аккумуляции загрязнений, общей «жизнеспособности» водоемов. Течение этих процессов, как и формы использования водоемов, а также их природное и хозяйственное функционирование, находятся, на протяжении последних десятилетий, под влиянием изменяющихся естественных и антропогенных условий.

Верхнесилезский регион охватывает приграничные области двух историко-географических стран — т.н. Верхней Силезии и западной Малопольски (рис. 2). В настоящее время регион имеет большое промышленное значение, а его центральная часть (Верхнесилезский промышленный и Рыбницкий угольный округа) считается наиболее преобразованным, в антропогенном отношении, районом Польши.

Главной целью исследования является определение естественных и антропогенных условий функционирования и использования водоемов в Верхнесилезском регионе. Первые полевые исследования осуществлены в 1993—1997 годах, но производились, периодически и в последующем десятилетии. В 2007 гидрологическом году исследования касались водоемов, различных по своим морфогенетическим, морфометрическим, миктическим, трофическим и функциональным особенностям. Среди выбранных для исследования объектов (рис. 3), имеются как крупные водохранилища и затопленные карьеры, так и более мелкие, уникальные с лимнологической точки зрения водоемы (галинотрофные, асидотрофные, эври- и гипертрофные, димиксионные, полимиксионные или меромиксионные, вмещающие т.н. антропогенные месторождения).

В результате проведенных исследований выделено Верхнесилезское Антропогенное Поозерье (ВАП), площадью 6766 км², в пределах которого насчитывается 4773

водоема. Высокая (70,54% на 100 км²) густота водоемов и их значительная общая площадь (185,4 км²) позволяют сравнивать озерность ВАПа, составляющую 2,74%, с таковой в молодогляциальных районах Северной Польши, где наблюдаются ее наиболее высокие значения (рис. 56—59). В районе ВАПа преобладают водоемы антропогенного происхождения, созданные вследствие: регулирования речного стока (рис. 4), затопления карьеров (табл. 1, фото 1, рис. 5), оседания территории над горными выработками и просадок поверхности (рис. 6), плотинные (рис. 7), запрудные (рис. 8) водоемы и др. (рис. 9). Количество естественных озер в районе ничтожно.

Гидрогенез водоемов Верхнесилезского региона отличается спецификой, связанной с особенностями кругооборота воды, что отражается на их водном балансе, весьма сложном и дифференцированном в связи со значительными различиями естественных, и прежде всего, антропогенных условий (рис. 10—13).

На основании особенностей вертикального и латерального водообмена, а также ряда прочих лимнологических процессов, выделены два главных типа водоемов. Первый тип (квазинатуральные озера) характеризуются особенностями, типичными для естественных озер. Это касается характера колебаний уровня их вод, термических процессов (рис. 22, 23), насыщения воды кислородом (табл. 3), миктических процессов и ледовых явлений (рис. 25 и 26, фото 4). Второй тип водоемов (антропогенно-зависимые водоемы) в значительной степени подвержен антропогенным воздействиям и сохраняет только некоторые из атрибутов «поведения» естественных озер. В них наблюдаются:

- нарушение сезонного поверхностного притока-оттока вод, связанное с их водохозяйственным использованием (коэффициент относительных сезонных колебаний изменяется от 0 до нескольких сотен %), что проявляется в больших (до 9м) амплитудных колебаниях их уровня (рис. 14—21),
- антропогенно обусловленная изменчивость общего объема речного питания и испарения, связанная с динамическими изменениями площади водоемов (рис. 14—21) вплоть до их полного осушения,
- уменьшение размеров накопления вследствие активной инфильтрации вод (даже более 1м³/с), чему спо-

- собствуют ограниченные возможности тампонажа дна и стенок водоемов, функционирующих, например, в старых карьерах или в речных долинах, дно которых сложено высокопроницаемыми образованиями,
- изменчивость скорости полного водообмена (табл. 2), обусловленная его искусственным регулированием (время теоретического водозамещения в случае наиболее крупных водоемов составляет от 24 до 503 дней),
 - прогрессирующая эвтрофикация (фото 5, 8 и 9, табл. 4) политрофического (в промышленных водосборных бассейнах) или гипертрофического (в сельскохозяйственных районах) характера, имеющая следствием летнее ухудшение оксигенации озерных вод (в пределах 0—250% — рис. 27), а также уменьшение размеров фотической зоны с 7 м до десятка см — в критических случаях (рис. 28),
 - доминирование высокого засоления (электропроводность вод от 200 $\mu\text{S}/\text{см}$ до более, чем 20 200 $\mu\text{S}/\text{см}$),
 - прогрессирующее закисление (рис. 33, фото 7) или ошелачивание (рис. 32, фото 6) вод (рН от 4,99 до 13,00 и более),
 - изменение химического состава вод и высокое содержание тяжелых металлов (табл. 13 и 14), а также органических загрязнений (концентрация некоторых тяжелых металлов в донных отложениях превышает допустимые уровни),
 - подогревание водотоков и антропогенная термия (рис. 24, фото 2) — наряду со значительным ограничением ледовых явлений (фото 3), а также — антропогенная окисия,
 - повышение во много раз (вследствие промышленно-городской составляющей) скорости заиления.

В таких условиях качество вод деградирует (табл. 6, 8—12) и большинство из них выпадает из допустимых оценочными классификациями пределов. Происходит это потому, что водоемы ВАПа, как и озера, выполняют функции естественных разбавителей и накопителей (табл. 16—30, рис. 37), различных взвесей и веществ, обуславливающих засоление и эвтрофикацию. Случается, однако, что некоторые водоемы становятся источниками вторичного загрязнения вод, например, биогенными (органика) веществами. Зависит это от характера природопользования в пределах водосборных бассейнов (рис. 29—32, табл. 5 и 7), а также от особенностей использования самих водоемов: водозаборного (рис. 38), водорегулирующего противопаводкового (табл. 31, рис. 39—43), рекреационно-туристического (рис. 44—47, фото 14), энергетического (фото 10), эксплуатационного (фото 12), рыбохозяйственного (фото 13) и многих других (рис. 48, фото 11, табл. 15). Дифференцированные условия морфологической эволюции котловин водоемов ВАПа (рис. 34—36) определяют прогнозируемое время их функционирования, которое составляет от нескольких лет до нескольких сотен и тысяч лет, а в единичных случаях — и до нескольких десятков тысяч лет.

Аналитические данные, полученные в результате изучения экологического состояния озер, позволяют предложить несколько практических решений. Наиболее важные предложения касаются функционирования водоемов с регулируемым сбросом промышленных стоков и ограничением выброса загрязнений, предохраняющим качествен-

ную деградацию лимнологических экосистем (рис. 60). Предложения эти следующие:

- устройство предварительных накопителей обломочного материала, каскадных сооружений, а также гидрорифтных и почвенно-корневых отстойников в зонах поступления загрязненных вод,
- устройство систем придонного дренажа в водоемах, подверженных возникновению кислородного дефицита в гипolimнионе в сочетании с очистительными гидрорифтными и почвенно-корневыми системами — на пути сброса обескислороженных вод гипolimниона,
- улучшение кислородных условий водоемов посредством аэрации придонных вод, а также ломка ледового покрова и обеспечение поверхностного газового обмена через очаговое или крупноплощадное устранение льда,
- сезонное устранение донных отложений и растительного материала с обнаженных участков дна,
- преобразование популяционной структуры рыбонаселения вод в направлении увеличения количества хищников за счет зоопланктоноядных и растительноядных видов.

Принимая во внимание экологические обстоятельства, территориальные аспекты природопользования, а также ландшафтно-архитектурные аргументы, следовало бы рассмотреть вопрос о ликвидации некоторых водоемов посредством их осушения, засыпки (соответствующим материалом) или заполнения нейтральными отходами с последующей рекультивацией и хозяйственным освоением.

Ландшафтное значение водоемов умеренной климатической зоны часто рассматривается с разных позиций: от их маргинализации, допускающей даже ликвидацию, до гиперболизации роли тех или иных компонентов или водоемов в целом в определении ландшафтно-архитектурных особенностей территории (рис. 49—55, фото 15). Дифференцированное отношение к вопросу о ландшафтной роли водоемов отчетливо просматривается в политике водопользования стран с централизованным управлением экономикой или стран с переходной (к рыночной) экономикой (например, России, Украины), а также государств с многолетними рыночными традициями. Первая модель (социалистическая), предполагает при использовании водоемов примат экономики, игнорирующей принципы биологического равновесия, вторая (рыночная) — учитывает, наряду с хозяйственным использованием водоемов, вопросы их охраны в соответствии с принципами устойчивого развития, естественной компенсации и природного равновесия. В пределах ВАПа наблюдаются разные, в том числе — крайние примеры использования водоемов, но в целом их использование характеризуется некоторой средней, характерной для Западной Европы 70-х годов прошлого столетия.

Оценивая направления потенциальных изменений водоемов с точки зрения их количества, водозапаса, а также площади — с учетом генетической типологии, следует подчеркнуть наличие множества условностей, как естественного, так и, прежде всего, антропогенного характера. Нельзя исключить некоторого эпизодического появления новых водоемов, увеличения водозапаса или площади старых, но все же более правдоподобным пред-

ставляется обратный тренд. С одной стороны, нужно считаться с «приростом» количества небольших водоемов, связанных с оседаниями поверхности над горными выработками (подработанные площади составляют в регионе около 100 км²), с другой весьма отчетливо проявляется тенденция к ликвидации неиспользуемых водных пространств, природоохранное значение которых в условиях промышленных и урбанизированных территорий невелико по сравнению с таковыми за пределами застроенных и индустриализированных районов.

Более уверенно можно прогнозировать качественное состояние водонакопления, поскольку вместе с реструктуризацией регионального хозяйства произошло существенное улучшение состояния природной среды, в том числе — ее водной составляющей. Улучшение санитарного состояния атмосферы, имеющее своим следствием сокращение количества загрязнений, содержащихся в осадках и выпадающих в сухом виде, привело к улучшению качества поверхностных вод. Положительные изменения водной среды являются также следствием снижения потребностей региона в воде, что связано с его успешным промышленным перепрофилированием и ра-

ционализацией водопользования в коммунальном хозяйстве. За некоторыми исключениями, изменения эти можно считать для водоемов региона закономерными. Это ставит ВАП в ряд регионов, в природопользование которых внедрены и превращаются в жизнь принципы охраны среды, устойчивого развития, естественной компенсации и природного равновесия.

Специфика водоемов Верхнесилезского Антропогенно-Поозерья проявляется (на фоне озер и прочих искусственных водоемов — фото 16 и 17, в особенности умеренной зоны) в разной степени антропогенизации отдельных составляющих водного баланса, а также разным уровнем загрязнения — от минимального (на уровне естественного регионального гидрохимического фона) до очень высокого (табл. 32). Такой большой спектр количественных и качественных изменений стоячих вод — при их большом (несколько тысяч) количестве, разнообразии характера функционирования и форм использования — создает возможность прогнозирования процессов деградации водных объектов, которые в настоящее время функционируют в условиях существенно меньшего преобразования среды и активной природоохранной деятельности.

Na okładce:
Zbiorniki wodne na obszarze regionu górnośląskiego i terenach przyległych
(fot. Mariusz Rzętała)


Projektant okładki **Paulina Tomaszewska-Ciepły**
Korektor **Agnieszka Plutecka**

Copyright © 2008 by
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
Wszelkie prawa zastrzeżone

ISSN 0208-6336
ISBN 978-83-226-1809-7

Wydawca
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice
www.wydawnictwo.us.edu.pl
e-mail: wydawus@us.edu.pl

Wydanie I. Ark. druk. 21,5. Ark. wyd. 21,5. Przekazano do łamania we wrześniu 2008 r. Podpisano do druku w grudniu 2008 r.
Papier kredowy 115 g Cena 43 zł

STUDIO NOA  Ireneusz Olsza
ul. Emerytalna 17c/48
40-729 Katowice