



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

Title: Zbiornik Poraj

Author: Robert Machowski, Mariusz Rzętała

Citation style: Machowski Robert, Rzętała Mariusz. (2020). Zbiornik Poraj. W: R. Kaczmarek (red. nauk.), "Encyklopedia Województwa Śląskiego T. 7" [projekt WWW]. Katowice : Instytut Badań Regionalnych Biblioteki Śląskiej.



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Na tych samych warunkach - Licencja ta pozwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz tak długo jak utwory zależne będą również obejmowane tą samą licencją.

Zbiornik Poraj

Z IBR wiki

Autorzy: Dr Robert Machowski, Prof UŚ dr hab. Mariusz Rzętała

W sąsiedztwie miejscowości Poraj, w 1978 r. wybudowano zaporę spiętrzającą wody Warty^[1], tworząc w ten sposób największy zbiornik wodny w północnej części województwa śląskiego (fot. 1). Miejscowość Poraj położona jest w odległości około 17 km na południe od Częstochowy i stanowi ośrodek gminy o powierzchni niespełna 58 km², zamieszkałej przez około 10 tys. osób. Właścicielem zbiornika Poraj w przeszłości była Huta Częstochowa, a od końca 2000 r. zarządzaniem obiektem zajmuje się Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej z siedzibą w Poznaniu. Zaporę zbiornika zlokalizowano w 764 kilometrze biegu rzeki Warty (licząc od ujścia), zamykając zlewnię o powierzchni 389 km², w odległości 44 km od źródeł rzeki^[2].



Fot. 1. Zbiornik Poraj na Warcie – poranny widok z pokładu samolotu z okolic Siewierza (fot. M. Rzętała).

Administracyjnie zalew położony jest w obrębie gmin Poraj i Koziegłowy (rys. 1). W sąsiedztwie, po stronie wschodniej, przebiega linia kolejowa Katowice – Częstochowa i równoległe droga Częstochowa – Poraj – Myszków – Zawiercie, natomiast po przeciwnej stronie osi doliny lokalna droga Poraj – Koziegłowy. Na obszarach częściowo użytkowanych rolniczo, graniczących z zalewem w jego południowej części, leżą tereny zabudowane osady Kuźnice oraz przysiółka Masłońskie. Na północ od zapory czołowej oprócz Poraja znajduje się wieś Komorniki.

Zgodnie z podziałem Polski na jednostki fizycznogeograficzne zbiornik Poraj położony jest w obrębie prowincji Wyżyna Małopolska, podprowincji Wyżyna Śląsko-Krakowska, makroregionie Wyżyna Woźnicko-Wieluńska, mezoregionie Obniżenie Górnej Warty^[3].

Spis treści

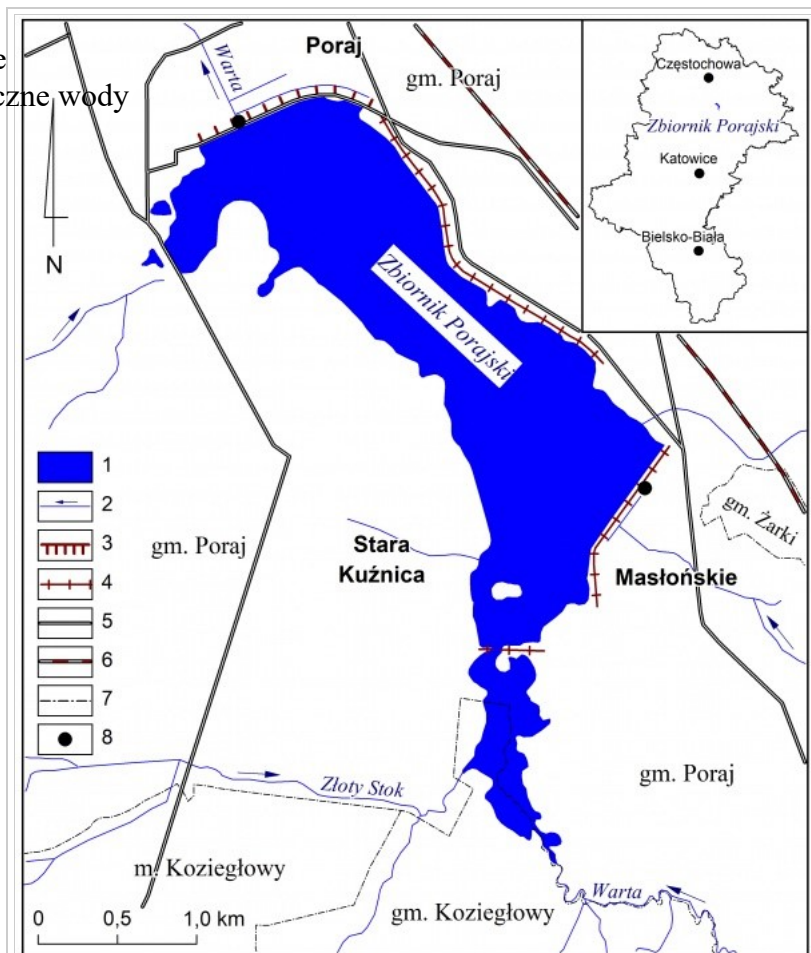
- 1 Geneza, morfometria i zabudowa hydrotechniczna
- 2 Cechy wód jeziornych

- 2.1 Stany wody
- 2.2 Warunki termiczno-tlenowe
- 2.3 Właściwości fizyko-chemiczne wody
- 3 Procesy brzegowe i osady dennie
- 4 Znaczenie zbiornika
- 5 Bibliografia
- 6 Przypisy
- 7 Źródła on-line
- 8 Zobacz też

Geneza, morfometria i zabudowa hydrotechniczna

Eksploatacja każdego zbiornika zaporowego polega na gospodarowaniu wodą zgromadzoną w jego misie. W przypadku zbiornika Poraj pojemność użytkowa misy wynosi od 3 mln m³ (tzw. pojemność martwa, będąca rezerwą na zamulenie) przy rzędnej piętrzenia równej 271,70 m n.p.m. do 19,6 mln m³ przy tzw. normalnym poziomie piętrzenia na wysokości 277,00 m n.p.m. Wezbrania o charakterze powodziowym przejmowane są w miarę możliwości dzięki istnieniu dodatkowej rezerwy pojemności równej 5,5 mln m³.

Maksymalna objętość w ilości 25,1 mln m³ może zostać zgromadzona w ekstremalnych sytuacjach w tym zbiorniku (tabela 1)^[4].



Rys. 1. Lokalizacja Zbiornika Porajskiego: 1 – zbiorniki wodne, 2 – ciekі powierzchniowe, 3 – zapory czołowe, 4 – obwałowania i zapory boczne, 5 – ważniejsze drogi, 6 – koleje, 7 – granice jednostek administracyjnych, 8 – ważniejsze urządzenia hydrotechniczne.

Rzędna piętrzenia [m n.p.m.]	Pojemność zbiornika [mln m ³]	Powierzchnia zalewu [km ²]
266,60	0,0	0,00
271,70	3,0	1,57
272,00	3,5	1,73
273,00	5,5	2,28
274,00	8,0	2,87
275,00	11,2	3,51
276,00	15,1	4,19
277,00	19,6	4,97
278,10	25,1	5,50

Tabela 1. Powierzchnia i pojemność zbiornika Poraj przy wybranych rzędnych zwierciadła wody^[5]

Racjonalna gospodarka wodą w przypadku zbiornika Poraj polega na utrzymaniu poziomu piętrzenia w granicach 274,00-277,00 m n.p.m., bowiem w tym przedziale zawarte jest prawie 60% ogólnej pojemności

misy nie uwzględniając rezerwy powodziowej. Rzędne poniżej 273,00 m n.p.m. dają 28% objętości misy, a poniżej 272,00 m n.p.m. tylko 18%. Strefa najgłębsza nie odgrywa znaczącej roli w retencji wód, a parametrem odzwierciedlającym stopień napełnienia zbiornika jest powierzchnia zalewu. Dopływ wielkich wód do zbiornika następuje przeciętnie dwa razy w roku – na przełomie I i II kwartału (roztopy wiosenne) oraz w okresie ulewnych letnich deszczów. Z uwagi na znaczne podtapianie pobliskich terenów podczas całkowitego wypełnienia misy, po przejściu wezbrań poziom wody obniżany jest do rzędnej 276,00 m n.p.m.^[6]

Podstawowe parametry morfometryczne misy zbiornika przy założeniu, że izobata 0 m odpowiada poziomowi normalnego piętrzenia tj. 277,00 m n.p.m., przedstawiają się w następujący sposób: długość – 4,92 km, szerokość maksymalna – 1,37 km, szerokość średnia – 1,01 km, wskaźnik wydłużenia – 3,59, długość linii brzegowej – 15 km, rozwinięcie linii brzegowej – 1,9, głębokość maksymalna – 13 m, głębokość średnia – 3,9 m, wskaźnik głębokościowy – 0,3. Wyznaczona wartość wskaźnika głębokościowego, ukazująca podobieństwo misy jeziornej do brył geometrycznych, pozwala przypisać jej kształt wklęsły zbliżony do stożkowego^[7].

Układ izobat misy zbiornika jest charakterystyczny dla dolinnych zbiorników zaporowych i cechuje go wzrost ich wartości od strefy cofkowej do zapory wraz ze spadkiem hipsometrycznym osi doliny. Istnieją jednak zaburzenia tego układu. W dnie zalewu, w części północno-wschodniej, znajduje się głębozeczek o wydłużonym kształcie i równoległym przebiegu do wału zapory bocznej. Głębozeczek jest formą antropogeniczną, będącą efektem wydobycia materiału skalnego na potrzeby obwałowań zbiornika. Drugim, ciekawym elementem morfologii dna jest próg, znajdujący się w południowym sektorze zbiornika, widoczny w zależności od poziomu wody w postaci wyraźnych wysepek lub podmokłych kęp traw. Ponadto wschodni brzeg oraz strefa przybrzeżna opadają w kierunku dna bardziej stromo niż ma to miejsce po przeciwnej stronie osi doliny^[8].

Zaporę czołową zbiornika zlokalizowano w miejscu zwężenia doliny Warty do około 550 m szerokości, w odległości 560 m na południe od mostu na drodze Poraj-Koziegłowy (fot. 2). Prawy przyczółek oparto o łagodnie opadające ku rzece zbocze wschodnie doliny, w sąsiedztwie lewego wznosi się kilkumetrowej wysokości stroma skarpa. Długość zapory wynosi 1509 m, jej wysokość osiąga 10 m, szerokość podstawy zapory ma 68 m, a w jej koronie posiada 8 m szerokości. Jest to budowla ziemna opatrzona ekranem iłowym i zabezpieczona dodatkowo od strony toni wodnej zbiornika oraz na koronie betonowymi płytami w formie szczelnego okładu (fot. 3). W centralnej części zapory znajduje się sterownia



Fot. 2. Zapora czołowa zbiornika Poraj (fot. A. Magiera).

odpływu wód z urządzeniem spustowo-przelewowym. Odpływ ze zbiornika odbywa się poprzez dwa spusty denne o maksymalnej przepustowości równej $27 \text{ m}^3/\text{s}$. Z kolei po przekroczeniu przez poziom wody rzędnej 276,94 m n.p.m. następuje samoczynny przelew przez krawędź szybu wieżowego, będącego częścią sterowni. W obu przypadkach woda odpływa wspólnym ujściem pod wałem zapory do obwałowanego koryta poniżej zbiornika (fot. 4). Przy rzędnej maksymalnego piętrzenia (278,10 m n.p.m.) ilość ta wynosi $94 \text{ m}^3/\text{s}$ ^[9].

Lokalizacja zbiornika w obrębie dna doliny Warty, charakteryzującego się niewielkimi deniwelacjami terenu, spowodowała konieczność budowy zapór bocznych, obwałowań, rowów melioracyjnych oraz przepompowni, ograniczających ujemne skutki powstałych zmian stosunków wodnych obszaru, głównie podtopień. Zapory boczne, których konstrukcja jest identyczna pod względem rozwiązań technologicznych z konstrukcją zapory czołowej, stanowią obwałowania niemal całego wschodniego brzegu zbiornika. Pierwszą z nich, o długości 2764 m, wzniesiono wzdłuż drogi Poraj – Myszków, nr 2 (1260 m) znajduje się na obrzeżu osiedla Masłońskie, natomiast nr 3 (1065 m) zabezpiecza przysiółek Podkuźnica w strefie cofkowej zbiornika. Łączna długość wszystkich zapór wynosi 6598 m. Na zawalu zapór bocznych nr 2 i 3 funkcjonują, odwadniające tereny depresyjne Masłońskich i Podkuźnicy, rowy melioracyjne oraz dwie stacje pomp, kierujące wodę do zbiornika. W każdej z przepompowni jedna z pomp pracuje automatycznie w cyklu ciągłym, pozostałe uruchamiane są w miarę potrzeb. W celu ochrony miejscowości Poraj przeprowadzono wzdłuż zapory bocznej nr 1 i zapory czołowej galerię drenażową (3698 m długości), opadającą w kierunku odpływu ze zbiornika.

Innego rodzaju obwałowaniami i inwestycjami, związanymi z przebiegiem linii komunikacyjnych, gwarantujących

również dostępność do obiektów zagospodarowania rekreacyjnego, są między innymi: grobla wzdłuż drogi Poraj – Koziegłowy w zatoce w północno-zachodnim sektorze zbiornika, grobla wzdłuż mostu na drodze Masłońskie – Kuźnica Stara w strefie cofkowej oraz most w Kuźnicy-Folwarku na Bożym Stoku. Ponadto na odpływie Warty zainstalowano prywatną hydroelektrownię o mocy 230 kW, która rozpoczęła produkcję energii elektrycznej w 1996 r. Jej działanie opiera się na pracy 3 turbin o średnicach 0,7 m, 1,0 m i 1,5 m, uruchamianych odpowiednio w zależności od wielkości odpływu. Maksymalne wykorzystanie elektrowni (praca wszystkich turbin), następuje przy przepływie wody powyżej $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ^[10].

Cechy wód jeziornych

Stany wody

Poziom piętrzenia wody w zbiorniku Poraj kontrolowany jest przez obsługę sterowni trzy razy dziennie. Regulacja stanu napełnienia zbiornika, pomimo jego użytkowania pod kątem wielkości zapotrzebowania na



Fot. 3. Widok zapory czołowej zbiornika Poraj z zatoki północno-zachodniej (fot. A. Magiera).



Fot. 4. Warta poniżej zbiornika Poraj (fot. A. Magiera).

wodę przez hutę, ściśle związana jest również z warunkami hydrometeorologicznymi w zlewni. Wahania poziomu wody są odzwierciedleniem sum opadów atmosferycznych w poszczególnych miesiącach. Maksimum piętrzenia wody w zbiorniku zazwyczaj ma miejsce od kwietnia do sierpnia, z kolei najniższe wartości notowane są w czasie zimy, co pozostaje w związku z niskim zasilaniem ze zlewni oraz zaleganiem na powierzchni zbiornika pokrywy lodowej (tabela 2).

Miesiące	Średnia z maksymalnych [m n.p.m.]	Średnia [m n.p.m.]	Średnia z minimalnych [m n.p.m.]
Styczeń	275,38	275,10	274,69
Luty	275,33	275,10	274,83
Marzec	275,66	275,35	275,05
Kwiecień	275,82	275,53	275,29
Maj	275,69	275,48	275,32
Czerwiec	275,68	275,53	275,20
Lipiec	275,64	275,52	275,33
Sierpień	275,62	275,39	275,19
Wrzesień	275,39	275,20	275,03
Październik	275,15	274,93	274,75
Listopad	274,89	274,72	274,55
Grudzień	275,20	274,80	274,57

Tabela 2. Charakterystyczne średnie miesięczne rzędnej zwierciadła wody w zbiorniku Poraj [m n.p.m.] z wielolecia 1980-1996^[11].

W latach 1980-1996 najniższy stan wody w zbiorniku wystąpił na poziomie 272,84 m n.p.m. 5 marca 1986 r. Stany minimalne, poniżej 273,00 m n.p.m., utrzymywały się w tym czasie przez 7 dni od 1 do 7 marca. Najwyższą rzędną – 277,30 m n.p.m. – zaobserwowano natomiast 19 maja 1996 r. Nastąpił wówczas niekontrolowany odpływ ze zbiornika trwający od 16 do 22 maja. Chwilowe wartości odpływu, zanotowane w czasie wyszczególnionych ekstremalnych poziomów piętrzenia wynosiły odpowiednio 1,60 m³/s i 17,40 m³/s. Amplituda wahań poziomu wody w zbiorniku w latach 1980-1996 wynosiła 4,46 m. Wartość ta jednak zwykle wskazuje na stopień natężenia zjawisk ekstremalnych – wezbrań i niżówek. Dla odzwierciedlenia charakteru przebiegu piętrzenia wody w zbiorniku konieczne jest określenie czasu stabilizacji zwierciadła w poszczególnych przedziałach wspomnianej amplitudy. Wynosi on dla wyróżnionych przedziałów rzędnych^[12]:

- 272,84–273,00 m n.p.m. – 55 dni (0,9%);
- 273,01–273,50 m n.p.m. – 201 dni (3,2%);
- 273,51–274,00 m n.p.m. – 530 dni (8,5%);
- 274,01–274,50 m n.p.m. – 718 dni (11,6%);
- 274,51–275,00 m n.p.m. – 1127 dni (18,1%);
- 275,01–275,50 m n.p.m. – 799 dni (12,9%);
- 275,51–276,00 m n.p.m. – 1224 dni (19,7%);
- 276,01–276,50 m n.p.m. – 1079 dni (17,4%);
- 276,51–277,00 m n.p.m. – 464 dni (7,5%);
- 277,01–277,30 m n.p.m. – 13 dni (0,2%).

Stany wody w zbiorniku Poraj wahają się głównie w zakresie od 274,01 m n.p.m. do 276,50 m n.p.m., co stanowi prawie 80% wszystkich dni ujętych w latach 1980-1996. Zarówno niższy, jak i wyższy poziom wód występuje rzadko wskazując na racjonalną eksploatację zbiornika w świetle wykorzystania pojemności jego

Warunki termiczno-tlenowe

W zbiorniku Poraj odznaczającym się niewielką głębokością, istnieje ograniczona możliwość wykształcenia modelowej sezonowej zmienności termicznej znamiennej dla akwenów głębszych (najmniej kilkanaście metrów), aczkolwiek charakteryzuje się ona cyklem czterech układów termicznych w ciągu roku – wiosennej i jesiennej homotermii, letniej anotermii i zimowej katotermii. Temperatura wód zbiornika Poraj odzwierciedla istnienie sezonowej stratyfikacji termicznej toni wodnej zbliżonej do wymienionych układów. Dodatkowo widoczne jest zróżnicowanie w strefie głębokiej przy zaporze z termiką wody w płytkiej zatoce. W zbiorniku Poraj pojawiają się dwie fazy o charakterze homotermii. Pierwsza przypada na marzec, kwiecień i maj. Amplitudy temperatur w profilach głębokościowych wynoszą odpowiednio 0,4°C, 1,4°C, 1,6°C w strefie głębokiej oraz 0,2°C, 0,7°C, 1,1°C w płytszym sektorze zbiornika, w którym marcowy układ temperatur wskazuje jeszcze na końcową fazę katotermii. Druga obserwowana jest we wrześniu, październiku i listopadzie, przy czym w pierwszych dwóch miesiącach temperatura wody w obu strefach wynosi około 13°C, natomiast w następnym waha się już w granicach 3,4°C – 4,6°C. Świadczy to o dużej bezwładności cieplnej wody w zbiorniku. Okres stagnacji letniej rozpoczyna się w zbiorniku Poraj w czerwcu. W profilu głębokim spadek temperatury pomiędzy warstwą powierzchniową a denną jest wyraźniejszy (3,2°C) niż w płytszej zatoce (1,6°C). Dopiero w lipcu i sierpniu w obu profilach układ anotermii posiada charakterystyczną termoklinę. W lipcu występuje ona w profilu na otwartym zbiorniku na głębokości 4-6 m (spadek temperatury o 3,8°C), natomiast w zatoce na głębokości 4-5 m (spadek o 1,4°C). W następnym miesiącu w pionie głębokim następuje zwiększenie miąższości termokliny kosztem epilimnionu oraz hypolimnionu. Największy gradient spadku temperatury wystąpił bowiem na głębokości 3-7 m (średnio 1,35°C na 1 m). W zatoce sytuacja nie uległa zmianie – wyraźny skok termiczny równy 1,6°C pojawia się między 4. a 5. metrem głębokości. Układ katotermiczny jest znamieny dla grudnia, stycznia oraz lutego, jednak w grudniu pomimo wzrostu temperatury wraz z głębokością ma charakter fazy przejściowej od homotermii do katotermii. W miesiącu tym pojawiają się zaskakująco niskie wartości temperatur w profilach głębokościowych, wskazujące na znaczne wychłodzenie wody spowodowane niekorzystnymi warunkami pogodowymi. Styczeń i luty to okres stabilnej katotermii z temperaturą wody przydennej około 4°C w zbiorniku otwartym i około 3°C w zatoce. W okresie stagnacji zimowej na zbiorniku występuje pokrywa lodowa, która utrzymuje się fragmentarycznie do połowy kwietnia^[14].

Rozkład natlenienia wody zbiornika Poraj potwierdza związek pomiędzy sezonowym rozkładem temperatur, a zawartością tlenu w przekrojach głębokościowych zbiorników wodnych^[15]. Natlenienie wód zbiornika zbliżone do układu homooksygenicznego występuje w okresie wiosennym od marca do maja. W strefie głębokiej zaznacza się niewielki spadek zawartości tlenu wraz ze wzrostem głębokości przy amplitudach w wymienionych miesiącach równych: 1,9 mg O₂/l, 1,7 mg O₂/l, 4,2 mg O₂/l, jako efekt naświetlania i zjawiska falowania jedynie przypowierzchniowej warstwy wody. W profilu płytkim układ taki charakteryzuje kwiecień oraz maj (spadek pomiędzy warstwą przypowierzchniową i przydenną równy 0,9 mg O₂/l i 1,9 mg O₂/l). W marcu następuje sukcesywny wzrost zawartości tlenu od 12,1 mg O₂/l przy powierzchni wody do 14,3 mg O₂/l przy dnie. Przyczyn tego stanu można upatrywać w możliwości migracji natlenionych, chłodnych wód ze zbiornika do strefy przydennej zatoki. Okres stagnacji letniej wody w zbiorniku (czerwiec–sierpień) odzwierciedlony jest zróżnicowaniem jej natlenienia w profilach głębokościowych. Zarówno w sąsiedztwie zapory, jak i w zatoce charakteryzuje się spadkiem zawartości tlenu wraz z głębokością do bardzo małych jego ilości lub całkowitego zaniku w strefie hypolimnionu. Stratyfikacja taka wynika z silnego nasłonecznienia epilimnionu, sprzyjającego natężeniu fotosyntezy oraz braku światła w hypolimnionie, gdzie tlen zużywany jest w utleniających reakcjach chemicznych i procesach biochemicznych. W czerwcu gradient spadku natlenienia wody jest względnie stały, w tym czasie tlen występuje także w przydennej warstwie wody. W lipcu i sierpniu pojawia się wyraźnie wykształcona oksykлина, która występującej w pionie głębokim na głębokości 4-5 m i 3-4 m, a w pionie płytkim w obu miesiącach pomiędzy 4. a 5. metrem. Zjawisko całkowitego wyczerpania zasobów tlenu dotyczy dolnej warstwy wody (hypolimnionu) w obrębie otwartego zbiornika, gdzie w lipcu i sierpniu jego brak

charakteryzuje toń wodną poniżej siódmego metra głębokości. W zatoce zawartość tlenu w wodzie powyżej oksyliny jest zbliżona do wartości w zbiorniku, natomiast w jej obrębie i poniżej ma wartości wyższe. Wiąże się to z korzystnymi warunkami radiacyjnymi dla wód zatoki, umożliwiającymi rozwój bogatego świata fitoplanktonu. Okres jesienno-jednakowego natlenienia wody od powierzchni do dna jeziora (tzw. homooksygenii), rozpoczyna się we wrześniu. Woda w zbiorniku cechuje się w tym miesiącu znacznie mniejszym natlenieniem niż w październiku i listopadzie oraz w okresie wiosennym. Stosunkowo niskie wartości, w profilu głębokim (od 7,6 mg O₂/l przy dnie do 9,7 mg O₂/l przy powierzchni) oraz profilu płytkim (od 8,4 mg O₂/l do 9,9 mg O₂/l), spowodowane są mieszaniem konwekcyjnym mocno natlenionych wód przypowierzchniowych i wód przydennych pozbawionych w okresie letnim tlenu. Dalszy rozwój cyrkulacji prowadzi w październiku i listopadzie do ustabilizowania wysokiej zawartości tlenu w całym profilach, gdzie amplitudy wynoszą dla zbiornika 1,3 mg O₂/l i 1,5 mg O₂/l, a dla zatoki 1,2 mg O₂/l i 1,0 mg O₂/l. W okresie katotermii (grudzień-luty) rozkład zawartości tlenu w całym zbiorniku ma charakter homooksygeniczny. Zauważalny jest spadek natlenienia wody na większych głębokościach, ale jego gradient jest niewielki. Znikome są również różnice pomiędzy otwartym zbiornikiem, a zatoką. Stwierdzono natomiast znaczny spadek natlenienia wód od stycznia do lutego. W profilu głębokim zmalało ono z 13,1 mg O₂/l do 11,5 mg O₂/l w wodzie przypowierzchniowej i z 12,2 mg O₂/l do 9,7 mg O₂/l w wodzie przydennej, a w profilu płytkim odpowiednio z 12,9 mg O₂/l do 11,5 mg O₂/l i z 11,8 mg O₂/l do 10,7 mg O₂/l. Zmianę tę warunkuje zaleganie na zbiorniku pokrywy lodowej ograniczającej dostęp światła dla rozwijających się pod lodem organizmów roślinnych, szczególnie okrzemek^[16]. Wody zbiornika Poraj charakteryzują się natlenieniem stosunkowo korzystnym i raczej sprzyjającym rozwojowi życia biologicznego, choć okresowo występują również w toni wodnej strefy deficytu tlenu. Jedną z przyczyn tego zjawiska w okresie letnim są krótkotrwałe lecz intensywne zakwity glonów, w pierwszej kolejności ograniczające dopływ światła do większych głębokości (również i do głębszych partii epilimnionu), a dalej, dostarczające dużej masy materii organicznej na powierzchnię osadów dennych, gdzie w procesie jej mineralizacji zużywane są zasoby tlenu pozostałego z okresu cyrkulacji wiosennej^[17].

Właściwości fizyko-chemiczne wody

Oceny jakości wody zbiornika Poraj prowadzone są na podstawie badań wody w rejonie zapory – w ramach monitoringu operacyjnego i monitoringu obszarów chronionych wrażliwych na eutrofizację ze źródeł komunalnych – realizowanych przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach^[18]. Obejmują one kilkanaście wskaźników ujętych w kilka grup parametrów tj. elementy biologiczne, stan fizyczny, warunki tlenowe i zanieczyszczenia organiczne, zasolenie, zakwaszenie i substancje biogenne. Wyniki badań realizowanych w 2017 roku wskazują na zły stan wód w ocenie stanu jednolitej części wód powierzchniowych – to konsekwencja ocenionej jako poniżej dobrego tzw. stanu chemicznego wód^[19].

Badania jakościowe wody prowadzone w obrębie całego akwenu tj. od strefy cofkowej po część przyzaporową zbiornika z uwzględnieniem jego dopływów i odpływu, były sporadycznie lub okresowo realizowane od początku funkcjonowania zbiornika w ramach różnych programów badawczych (m. in. w okresie od marca 1995 do lutego 1996 r.). Obejmowały one podstawowe pomiary właściwości fizyko-chemicznych oraz badania składu chemicznego wody.

Woda zbiornika Poraj w okresie marzec 1995 – luty 1996 r. wykazywała odczyn obojętny i słabo alkaliczny. Wartości pH wahały się bowiem w granicach 7,05-8,44 dla wód powierzchniowych i 7,22-7,84 dla wody przydennej^[20]. O ile w drugim przypadku zmienność odczynu w ciągu wspomnianego okresu nie posiada wyraźnych cech sezonowości, o tyle woda przypowierzchniowa charakteryzuje się zdecydowanie wyższymi wartościami pH w lecie (maj-sierpień) niż w pozostałych miesiącach. Pamiętając o bezpośrednim związku odczynu wody z zawartością w niej rozpuszczonego dwutlenku węgla (duża zawartość CO₂ przesądza o odczynie kwaśnym), sytuację taką należy tłumaczyć natężeniem w okresie letnim procesu pochłaniania CO₂ przez organizmy autotroficzne i fotosyntetyczne, a więc zmniejszeniem jego ilości w wodzie^[21]. Najniższe

wartości pH wystąpiły z kolei we wrześniu (7,05) i październiku (7,10) jako efekt ograniczenia fotosyntezy i zwiększenia możliwości rozpuszczania CO₂ w czasie cyrkulacji wód zbiornika^[22]. Podobne zależności dotyczą 1998 r., kiedy przedział zmienności odczynu wód powierzchniowych zbiornika wyznaczały wartości 7,31 i 8,59, natomiast wód przydennych 6,93 i 8,61. Woda alkaliczna (pH>8,5) została zidentyfikowana tylko w sierpniu 1998 r.^[23] Stwierdzona przewaga wód o odczynie zasadowym w zbiorniku Poraj jest niewątpliwie determinowana obecnością skał węglanowych na obszarze jego zlewni (w procesie ich rozpuszczania woda wzbogacana jest w węglany decydujące o podwyższeniu jej odczynu). Z kolei czynnikiem wpływającym okresowo na obniżenie pH mogą być opady deszczu zawierające kwas węglowy, a często również kwasy: siarkowy i azotowy, których obecność warunkują antropogeniczne zanieczyszczenia atmosfery^[24].

Przewodność elektrolityczna wód powierzchniowych zbiornika Poraj, w jego sektorze północnym, zmieniała się w okresie III 1995 – luty 1996 od 224 $\mu\text{S/cm}$ (wrzesień) do 542 $\mu\text{S/cm}$ (marzec)^[25]. Najwyższe wartości wystąpiły zimą w okresie stagnacji wody (ok. 500 $\mu\text{S/cm}$), co dotyczyło również strefy przydennej. Różnica przewodności w pionie głębokościowym osiągnęła w tym czasie (styczeń 1996) wartość 271 $\mu\text{S/cm}$. W miesiącach wiosennych, letnich i jesiennych amplitudy przewodności pomiędzy wodą powierzchniową i przydenną były nieznaczne. Najmniejszą przewodność woda zbiornika posiadała w maju, sierpniu i we wrześniu, kiedy to wartości analizowanego parametru nie przekroczyły 300 $\mu\text{S/cm}$ ^[26]. W 1998 r. w pierwszej kolejności nie stwierdzono istotnych różnic przewodności wody w układzie głębokościowym (zmiany rzędu kilkunastu $\mu\text{S/cm}$) z wyjątkiem grudnia, gdy wartość amplitudy osiągnęła 76 $\mu\text{S/cm}$. W pierwszej połowie roku nastąpiła stabilizacja wartości przewodności (452-501 $\mu\text{S/cm}$) a następnie systematyczny wzrost tego parametru w trzecim i czwartym kwartale (od 409 do 560 $\mu\text{S/cm}$)^[27]. W związku z powyższym można wnioskować o fakcie wzrostu zawartości w wodzie zbiornika Poraj rozpuszczonych substancji mineralnych w okresie pomiędzy wymienionymi terminami, który szczególnie dotyczy miesięcy III kwartału. Nie zmienia to faktu, że już w 1995 r. wody cechowały się dość wysokimi wartościami przewodności, wskazując przynajmniej okresowo na antropogeniczne uwarunkowania mineralizacji wody^[28].

Średnia zawartość wapnia w wodach powierzchniowych zbiornika Poraj w okresie III 1995 – II 1996 wynosiła 76 mg Ca/l wahając się w granicach od 68 mg Ca/l do 84 mg Ca/l, natomiast na głębokości 8 m równa była 73 mg Ca/l^[29]. Stężenie Ca na powierzchni było zwykle wyraźnie wyższe niż w wodzie przydennej, przy czym w obu przypadkach wartości minimalne wystąpiły w okresie letnim (rozwój życia biologicznego). Jedynie w styczniu i lutym wody zdecydowanie bogatsze w wapń zalegały na dużych głębokościach. Okres I 1998 – XII 1998 odznaczał się również wysoką zawartością jonów wapnia w całej masie wodnej zbiornika, wykazując szczególnie na głębokości 8 m znaczne wahania (40-104 mg Ca/l), z minimum od lipca do września^[30]. Prezentowane wartości świadczą o dużej zasobności wody zbiornika Poraj w wapń. Przede wszystkim jest to uwarunkowane denudacją chemiczną skał wapiennych zalegających w jego zlewni^[31].

Stężenie magnezu w zbiorniku największe wartości osiągało w czasie zimy, nie przekraczając w wodzie powierzchniowej 13,2 mg Mg/l w okresie III 1995 – II 1996^[32] oraz 20,4 mg Mg/l w 1998 r.^[33] Wody przydenne cechowała większa amplituda zawartości magnezu z jego wyraźną koncentracją w miesiącach letnich. W 1998 r. wyznaczał ją przedział 0-27,6 mg Mg/l, natomiast od marca 1995 do lutego 1996 przedział 3,6-19,2 mg Mg/l^[34].

Twardość ogólna wód zbiornika Poraj ulegała w okresie III 1995 – II 1996 zmianom w granicach 190 mg CaCO₃/l – 270 mg CaCO₃/l^[35], a w 1998 r. w przedziale od 195 mg CaCO₃/l do 285 mg CaCO₃/l^[36]. Stosunkowo niskimi wartościami twardości ogólnej wyróżniają się powierzchniowe wody zbiornika w lipcu, sierpniu i wrześniu 1995 r. (odpowiednio 190, 195 i 200 mg CaCO₃/l) oraz w lipcu 1998 (200 mg CaCO₃/l). Z kolei wody o wyraźnie podwyższonej twardości ogólnej pojawiły się w kwietniu i maju 1995

(235 i 240 mg CaCO₃/l), a także w styczniu, kwietniu, październiku i listopadzie 1998 (240, 235, 260 i 285 mg CaCO₃/l). Twardość ogólna wód przydennych, podobnie jak i powierzchniowych, wykazuje sezonową zmienność z najmniejszymi wartościami w okresie letnio-jesiennym, co należy między innymi wiązać z niską koncentracją soli wapnia i magnezu podczas wysokiego poziomu piętrzenia wody w zbiorniku, w przeciwieństwie do sezonu zimowego^[37].

Obciążenie wód zbiornika Poraj związkami sodu jest niewielkie. W okresie III 1995 – II 1996 wynosiło średnio 16,79 mg Na/l w wodzie powierzchniowej i 17,88 mg Na/l w wodzie przydennej. Wartości w poszczególnych miesiącach były mało zróżnicowane, a jedyny wyraźny wzrost stężenia został stwierdzony na głębokości 8 m w styczniu i lutym 1996 roku (26,67 mg Na/l i 27,78 mg Na/l). Na powierzchni można natomiast zauważyć nieco większą koncentrację sodu od września do grudnia w porównaniu z pozostałymi miesiącami^[38]. Natomiast w 1998 r. wody powierzchniowe charakteryzowały się najmniejszą zawartością sodu w I kwartale tego roku (średnio 15,4 mg Na/l). W kolejnych miesiącach, z wyjątkiem października, stężenie wahało się w granicach 18,3-21,2 mg Na/l. W październiku spadło bowiem do 12 mg Na/l. Obecność sodu w wodach przydennych kształtowało się w 1998 r. średnio na poziomie 18,5 mg Na/l z minimum, podobnie jak na powierzchni, na początku roku^[39].

Stężenie potasu w wodach zbiornika Poraj charakteryzuje się niewielkimi zmianami w czasie. Nieznaczne są również zróżnicowania pomiędzy strefą powierzchniową i przydenną. W okresie od marca 1995 do lutego 1996 wartości dla całej masy wodnej zmieniały się w zakresie 4,12-6,67 mg K/l^[40] i a w 1998 r. zakres ten wynosił 2,36-7,02 mg K/l^[41]. Wody powierzchniowe bardziej zasobne w potas występują w okresie jesienno-zimowym, w warstwie przydennej jego stężenia mają charakter bardziej stabilny z maksimum w zimie^[42].

Stężenie chlorków w wodach północnej części zbiornika Poraj jest niewielkie. Na powierzchni utrzymuje się w granicach 28,40-41,54 mg Cl⁻/l, a przy dnie od 28,40 mg Cl⁻/l do 48,28 mg Cl⁻/l^[43]. Najwyższe zawartości (powyżej 40 mg Cl⁻/l) w wodzie powierzchniowej obserwowano jesienią 1995 r., natomiast w wodzie przydennej od września 1995 r. do lutego 1996 r. oraz w lipcu 1998 r. Najniższą koncentrację chlorków w zbiorniku odnotowano w marcu 1998 r. w związku ze zwiększonym dopływem wód ze zlewni. Najwyraźniejsze zróżnicowanie występowania tego jonu w pionie głębokościowym widoczne jest w czasie zimy^[44].

Stężenia siarczanów w wodzie zbiornika Poraj w okresie III 1995 – II 1996 na powierzchni osiągały wartości od 73,00 mg SO₄²⁻/l do 99,73 mg SO₄²⁻/l. Najwyższe charakteryzowały okres wiosenny i jesienny. W strefie przydennej, z wyjątkiem września, października i listopada, koncentracja jonu siarczanowego była stosunkowo wysoka (82,10-109,12 mg SO₄²⁻/l) i związana zapewne z rozkładem biochemicznym materii organicznej na powierzchni osadów dennych. Generalnie stwierdzono większe ilości siarczanów właśnie na dużej głębokości^[45]. W 1998 r. zawartość siarczanów w całej masie wodnej zbiornika była mniej zróżnicowana, a najwyższe stężenia obserwowano od lutego do maja. Należy zaznaczyć, iż nie odnotowano w tym czasie znacznej zmienności stężeń SO₄²⁻ w pionie głębokościowym z wyjątkiem stycznia, kiedy to woda przydenna zawierała ponad 20 mg SO₄²⁻/l mniej niż woda powierzchniowa. Wskazuje to na redukcję siarczanów w warunkach beztlenowych^[46].

Zmienność stężeń fosforanów w południowej i północnej części zbiornika Poraj jest wyraźnie zróżnicowana ilościowo. W strefie dopływu wód potamicznych stwierdza się znaczne amplitudy wahań zawartości PO₄ w wodzie. Najwyższe stężenia notowane były w marcu, maju oraz czerwcu. Z kolei w miesiącach zimowych (styczeń, luty, grudzień), wbrew przewidywaniom, obecność fosforanów była nieznaczna. Jedynie okres od lipca do października posiada cechy odzwierciedlające naturalny obieg fosforu w przyrodzie tj. wzrost jego koncentracji w wodzie w warunkach sukcesywnego zamierania życia biologicznego. Przedstawiony

charakter zmian obecności fosforanów w strefie cofkowej zbiornika, wykazujący nieznaczny spadek, wskazuje na ich antropogeniczne źródło obciążające w pierwszej kolejności wody rzeczne. W obrębie północnej części zbiornika ilość fosforanów jest bardziej stabilna w czasie i nie wykazuje korelacji z wartościami dotyczącymi strefy cofkowej (współczynnik korelacji równy 0,45). Najwyższe stężenia obserwuje się w okresie od kwietnia do czerwca oraz w listopadzie, kiedy to można dopatrywać się uwalniania fosforanów z osadów dennych podczas cyrkulacji pionowej wody. Nagłe zmniejszenie ich zawartości w lipcu i sierpniu może mieć związek z zakwitami w tym czasie sinic, zużywających fosfor do rozwoju biologicznego. Tendencja zmian zawartości PO_4 w północnym sektorze zbiornika jest rosnąca^[47].

Azotany występujące w toni wodnej zbiornika Poraj wykazują większą koncentrację w jego południowym sektorze. W rejonie tym zmiany stężeń w poszczególnych miesiącach 1998 r. charakteryzują się dużymi amplitudami i odbiegają od sezonowego cyklu ich wartości w świetle rozwoju życia biologicznego. Najwyższe stężenia azotanów notowane były wprawdzie w miesiącach zimowych – lutym i listopadzie (4,18 mg N- NO_3/l i 3,95 mg N- NO_3/l), jednak były to ekstrema krótkotrwałe. Układ taki warunkowany jest niewątpliwie antropogenicznym obciążeniem wód zasilających zbiornik. W części północnej zbiornika zawartość azotanów w wodzie spada modelowo od stycznia (2,97 mg N- NO_3/l) do lipca (0,05 mg N- NO_3/l), by w miesiącach kolejnych ulegać wahaniom w przedziale od 0,23 mg N- NO_3/l do 1,77 mg N- NO_3/l , a dla całego okresu badawczego wykazywać tendencję spadkową. Wartości stężeń azotanów notowane w różnych sektorach zbiornika świadczą o istnieniu szeregu przemian chemicznych i biochemicznych tych związków w toni wodnej zbiornika^[48].

Zjawiska zakwitów wody zbiornika Poraj obserwowane są corocznie w okresie wegetacyjnym. Jest to niepokojący przejaw postępującej eutrofizacji zbiornika, powodowanej w głównej mierze jego zasilaniem przez wody powierzchniowe obciążone związkami biogennymi pochodzenia rolniczego i komunalno-przemysłowego. Dodatkowo rozwojowi fitoplanktonu sprzyja niewielka średnia głębokość akwenu. Wiąże się to z korzystnymi warunkami świetlnymi toni wodnej, a także ograniczeniem możliwości rozcieńczania napływających zanieczyszczeń^[49].

Zbiornik Poraj określany jest mianem silnie zeutrofizowanego, ponieważ przezroczystość jego wód w okresie letnim 1995 r. (lipiec, sierpień) wynosiła tylko 0,5 m. Pomiarów dokonywano przy pomocy krążka Secchiego w północnym sektorze zalewu. W całym okresie badawczym (III 1995 – II 1996) najlepsza przezroczystość stwierdzona została w czasie homotermii jesiennej, kiedy wahała się w zakresie 0,9-1,1 m^[50]. Tak niskie wartości spowodowane są przede wszystkim masową obecnością mikroorganizmów w toni wodnej zbiornika, których koncentracja w warstwie o korzystnych warunkach nasłonecznienia nie ulega wyraźnemu rozproszeniu nawet w okresach cyrkulacji pionowej wód^[51].

Jakość wód zbiornika Poraj determinowana jest przede wszystkim wielkością dopływu substancji rozpuszczonych lub unoszonych w wodach Warty. Są to substancje pochodzące zarówno ze źródeł naturalnych związanych z denudacją i erozją zlewni oraz procesem obiegu materii organicznej w środowisku przyrodniczym, jak i antropogenicznych uwarunkowanych gospodarczą działalnością człowieka. Czynnikiem decydującym o zanieczyszczeniu wód powierzchniowych mogą być oba z wymienionych źródeł, lecz na obszarze zurbanizowanej i uprzemysłowionej zlewni zbiornika Poraj zasadnym wydaje się utożsamianie zanieczyszczenia ze zjawiskiem antropopresji^[52].

Procesy brzegowe i osady denne

Zbiorniki zaporowe wywołują zaburzenia w procesie transportu rumowiska rzeczno-rzekowego. Zmniejszenie spadku podłużnego rzeki w odcinku powyżej zapory, aż do strefy cofkowej powoduje utratę prędkości przez płynącą wodę i sedymentację niesionego materiału na dnie misy zbiornika, zmniejszając z biegiem czasu jego pojemność użytkową. Zjawisko to, występujące wszędzie, gdzie procesy denudacyjne hamowane są lokalnymi bazami erozyjnymi. Poniżej zapory występuje niedobór rumowiska, co w początkowym okresie

piętrzenia wody sprawia, że dochodzi tu do zwiększenia erozji (zwłaszcza wgłębnej) koryta rzecznego z racji wzrostu prędkości przepływu wód^[53]. Tempo zamulania zbiornika warunkowane jest przede wszystkim wielkością denudacji w zlewni i zdolnością akumulacyjną misy jeziora. Można przyjąć, iż ilość materiału zdeponowanego zależy wprost proporcjonalnie od natężenia denudacji i odwrotnie proporcjonalnie od szybkości wymiany wody w zbiorniku. Proces zasypywania misy rumowiskiem transportowanym przez zasilające zbiornik cieki, a także pochodzącym z abrazyji jego brzegów określa się mianem zamulania (załadowania) zbiornika. Objętość początkowa zbiornika Poraj przy NPP (V_0) wynosi 19,6 mln m³. Średnie roczne jego zamulenie osiąga wartość 0,048 mln m³/rok. Biorąc pod uwagę okres eksploatacji zbiornika począwszy od 1979 r. do końca roku 2000 zamuleniemu uległo 5,25% misy zbiornika. Prognoza czasu przypuszczalnego zakończenia eksploatacji zbiornika w związku z zamuleniem misy uniemożliwiającym prowadzenie gospodarki wodnej teoretycznie wynosi 656 lat^[54].

Intensywność i zasięg procesów modelujących rzeźbę powierzchni w strefie litoralnej wpływa na powstanie określonych typów brzegów. Podstawę klasyfikacji stanowią może geneza, ukształtowanie powierzchni, litologia podłoża, stopień stabilności i inne^[55]. Trudność sprawia często określenie procesu odpowiedzialnego za morfologię brzegu. Wiąże się to w specyficznych warunkach z ciągłymi zmianami charakteru form brzegowych z akumulacyjnych na abrazyjne i odwrotnie, a w głównej mierze zależy od poziomu wody w zbiorniku oraz kierunku natarcia fal, wywołanych działaniem wiatrów o różnej sile^[56].

Usytuowanie zbiornika Poraj w obrębie dna doliny górnej Warty pomiędzy wzniesieniami Progu Herbskiego i Wyżyny Częstochowskiej przesądza o wydłużonym kształcie jego misy. Zabudowa hydrotechniczna znacznej części brzegu wschodniego oraz wykształcenie jedynie trzech zatok w obrębie brzegu zachodniego wpływa na słabe rozwinięcie jego linii brzegowej. W południowej części zbiornika znajdują się podmokłe obszary porośnięte roślinnością wodną, co utrudnia lokalizację zatok lub cypli. Jest to jednocześnie strefa dopływu Warty oraz Bożego Stoku wraz ze Złotym Stokiem, gdzie teoretycznie zachodzą sprzyjające warunki do depozycji rumowiska transportowanego przez wymienione rzeki. Jednak zbyt płynne przejście ze środowiska prądowego (koryto) do bardziej stabilnego (misa zbiornika) nie pozwala na powstanie form potamogenicznych typu delt i stożków napływowych. Mimo to, każdorazowe wezbranie wód Warty pozostawia warstwę namulów, składających się między innymi z pyłu węglowego, zawiesin organicznych, a także masy celulozowo-papierniczej. Jedyne stożki napływowe o kształcie wachlarza, osiągającego 5 metrów w osi podłużnej, zaobserwowany został w przeszłości w miejscu dopływu do zbiornika Ordonówki. Latem 1996 r. ujście potoku zostało zabudowane i obecnie funkcjonuje wyposażone w zapórę przeciwrumowiskową o wysokości około 2 m. Tym samym niesiony materiał zdeponowany jest powyżej przegrody, której krawędź przelewu wyznacza nową bazę erozyjną Ordonówki^[57].

W oparciu o kryterium ukształtowania w obrębie zbiornika Poraj zostały wyróżnione następujące typy brzegów^[58]:

- brzegi płaskie (łagodne powierzchnie piaszczyste lub porośnięte roślinnością ziemnowodną i wodną oraz łagodne zadarnione stoki abradowane poniżej płatów darni);
- brzegi wysokie (klify czynne lub klify martwe z plażą oraz strome powierzchnie o dużej stabilności, umocnione najczęściej przez roślinność krzewiastą);
- brzegi wysokie antropogeniczne (wały zapór oraz betonowe lub kamienne umocnienia np. wzdłuż dróg).

Brzegi płaskie stanowią 46,3% długości linii brzegowej. Występują one wzdłuż zapór na stałych formach nie objętych niwelacją podczas prac przygotowawczych do zalania doliny, w obrębie zatok, stref ujściowych rzek i potoków okresowych oraz wyrównanych odcinków brzegu zachodniego, gdzie postępuje sukcesja roślinności wodnej. Brzegi wysokie stanowią 13,6% długości linii brzegowej, to przede wszystkim skarpy w zachodniej części zalewu umocnione przez roślinność. Pozostała grupa, czyli brzegi wysokie antropogeniczne, zajmuje 40,1% całości linii brzegowej. W ich obrębie zasadniczo nie obserwuje się procesów morfologicznych lub sukcesji roślinnej ze względu na duży spadek dna w kierunku toni

wodnej^[59].

W obrębie strefy brzegowej zbiornika Poraj występują różnego rodzaju geomorfologiczne formy brzegowe, zarówno te związane z budującą (akumulacyjną), jak i niszcząca (abrazyjną) działalnością wód zbiornikowych. Okres ich funkcjonowania w głównej mierze zależy od określonego poziomu piętrzenia wody w zbiorniku.

Plaża jest powszechnie spotykaną formą akumulacyjną, kształtowaną oddziaływaniem fal przyboju. Powstaje w wyniku abrazji brzegów wysokich i podbrzeży lub depozycji materiału piaszczystego, niesionego przez wodę, w obrębie brzegów płaskich. W strefie brzegowej zbiornika Poraj plaże występują głównie na brzegu wschodnim lokalnie wzdłuż zapór bocznych i w części południowej, osiągając szerokość do 12 m. Wiąże się to z nacieraniem fal wywołanych, przeważającymi nad doliną górnej Warty, wiatrami z sektorów zachodnich oraz obecnością piaszczystych osadów aluwialnych. Na brzegu zachodnim występują jedynie krótkie fragmenty o charakterze plaż, głównie w mikrozatokach utworzonych przez abrazję^[60].

W morfologii strefy brzegowej zbiornika Poraj w 2000 r. zinventaryzowane zostały dwa cyple piaszczyste. Tego typu formy powstają w miejscach załamania linii brzegowej (fragment brzegu składający się z części wysuniętej w stronę zbiornika i części cofniętej w stronę lądu z charakterystycznym koncentrycznym układem izobat) i nadbudowują jej wypukłości od strony zawietrznej. Fale i prądy przybrzeżne przenoszące potok rumowiska osadzają niesiony materiał w postaci mierzei^[61]. Cyple zostały utworzone na brzegu wschodnim, w strefie intensywnego oddziaływania wiatrów z sektorów zachodnich. Cyple mają kształt łukowaty, a na ich powierzchni widoczne są poszczególne warstwy piasku w formie mikroteras, deponowane w warunkach różnego poziomu wody w zbiorniku. Po stronie wewnętrznej tych form znajduje się wyraźne zagłębienie, natomiast stok od strony wody pozostaje łagodny. Niski poziom wody w zbiorniku sprzyja nadbudowywaniu cypli, nie można jednak uznać ich za formy trwałe ze względu na możliwość zatapiania^[62].

Wały brzegowe spotyka się powszechnie w obrębie płaskich odcinków wybrzeży. Są one usypane przez przybój z piasku wyrzucanego na brzeg. Warunkiem ich tworzenia jest prostopadła ekspozycja brzegu do kierunku natarcia fal oraz odpowiednia litologia samego brzegu, czyli obecność osadów piaszczystych. Formy te powstają zarówno przy niskich, jak i wysokich stanach wody. Wały brzegowe, charakterystyczne dla brzegu wschodniego (brzeg zachodni pozostaje w cieniu przeważających wiatrów), w większości przypadków osiągają do kilku metrów długości, 0,5 m szerokości i kilkunastu centymetrów wysokości. W strefie brzegowej zbiornika Poraj okresowo pojawiają się również tzw. wały organiczne zbudowane z obumarłej materii roślinnej. Mogą one osiągać wysokość kilkudziesięciu cm, a tworzą się głównie w sezonie zimowym w związku z naturalnym cyklem obumierania części roślin^[63].

W związku z niekorzystną orientacją podłużnej osi zbiornika w stosunku do wiejących najczęściej nad tym obszarem wiatrów obserwuje się ograniczony ruch materiału wzdłuż jego brzegów. Sprawia to, że w strefie brzegowej stosunkowo rzadko pojawiają się formy określane mianem kosy. Jest to wynurzony wał, odcinający częściowo wody zatoki, wytworzony przez akumulację piasku niesionego prądami przybrzeżnymi i wyrzucanego przez przybój^[64]. Jeżeli tego typu forma pojawi się w strefie brzegowej zbiornika Poraj to jej obecność ma charakter efemeryczny^[65].

Okres zalegania pokrywy lodowej na zbiornikach wodnych wiązany jest z ograniczeniem rozwoju procesów brzegowych. Jednak efekty wywołane oddziaływaniem lodu na brzegi w sprzyjających temu warunkach wskazują na istotne zmiany morfologiczne, zachodzące w tym czasie^[66]. Przekształcenia związane są z ruchami pokrywy lodowej i jej naporem na brzegi. W obrębie brzegów poddanych takiemu działaniu tworzy się strefa spiętrzeń lodu i gruntu, a proces morfotwórczy, który warunkuje jej powstanie nazywany jest egzaracją^[67]. W zakres tego pojęcia wchodzi nie tylko wyorywanie materiału brzegowego i deponowanie go w innej części brzegu, lecz także odrywanie od podłoża przymarzniętego do lodu gruntu^[68]. W obrębie

zbiornika Poraj dochodzi do tworzenia zwałów lodowych na skłonach zapór bocznych. Z kolei w strefie brzegów klifowych natarcie lodu powoduje odkłuwanie materiału, który spada bezpośrednio na krę.

Zjawiska tego rodzaju biorą zatem udział w całym procesie cofania się brzegów^[69].

Proces abrazji polega na niszczeniu skał i rozmywaniu osadów, wskutek uderzania o nie fal, jak również erozyjnego działania cząstek mineralnych, zawieszonych w wodzie. Za brzegi abrazyjne uznaje się odcinki, na których w dłuższym czasie ubywa osadów, tym samym nadwodna część brzegu ulega cofaniu^[70]. Ciągłe cofanie brzegu prowadzi do powstania stromego stoku podcinanego przez przybój, zwanego klifem. W obrębie wykształconych klifów można wyróżnić trzy cyklicznie powtarzające się fazy ich funkcjonowania: abrazyjne podcięcie brzegu macierzystego – obryw – abrazyjny rozmyw koluwiów. Intensywne cofanie klifów zachodzi do czasu utworzenia klifu martwego, znajdującego się poza zasięgiem oddziaływania fal. W przypadku znacznego podniesienia poziomu wody w zbiorniku może dojść do ponownego uaktywnienia klifu, który określa się mianem odmłodzonego. Tym samym w zbiornikach charakteryzujących się dużymi amplitudami wahań poziomu wody, dochodzi do częstych zmian charakteru klifów z czynnych na martwe i odwrotnie, co obserwuje się często na zbiorniku Poraj. Klify w obrębie zbiornika Poraj znajdują się na obu jego brzegach, lecz na krótkich odcinkach. Ich dynamika jest zróżnicowana odmiennością litologiczną. Na brzegu wschodnim (głównie w południowej części) obserwuje się szybkie zmiany piaszczystych ścian powstałych tu klifów. W okresie wysokiego poziomu piętrzenia wody większość z nich ma charakter czynny. Materiałem budulcowym jest piasek. W związku z tym dochodzi do spektakularnych obrywów i osypów, co w efekcie decyduje o szybkim tempie cofania krawędzi klifów, nawet 0,7 m w ciągu roku. Najbardziej stabilne klify powstały w miejscach występowania spójnych osadów gliniastych, w których składzie granulometrycznym występują cząstki pyłowe i ilowe. Równie wysokie klify wypreparowane są na wychodniach warstw kościeliskich. Budulcem są w tym przypadku piaski żelaziste. Ściany tych klifów wyróżniają się znaczną dynamiką, a procesy abrazji w połączeniu z ruchami masowymi, powodują ich cofanie o około 0,5 m na rok. Brzegi klifowe na zachodnim litoralu zbiornika Poraj występują generalnie na wypukłościach linii brzegowej.

W zatokach, strefach ujściowych okresowych potoków oraz fragmentarycznie na większości wyrównanych odcinków brzegów, działalność abrazyjna fal przejawia się głównie w formie podciosów i zerw darniowych. Powstają one w obrębie połączonych, zadarnionych brzegów. Działalność fal prowadzi do powstania nisz i podcięć przerośniętych korzeniami, czyli podciosów. Wypłukiwanie materiału ziemistego powoduje opadanie płatów darni, znajdujących się bezpośrednio nad powstałą niszą abrazyjną. Mogą one oderwać się lub tylko ugiąć otulając podcięcie i ograniczając w ten sposób postępowanie abrazji. Formy te określa się mianem zerw darniowych. Podciosy i zerwy darniowe na zbiorniku Poraj występują przede wszystkim na brzegu wschodnim pomiędzy zaporami bocznymi nr 1 i 2, osiągając do 30 cm wysokości^[71].

Odbiciem wahań poziomu wody w zbiornikach są abrazyjne półki terasowe^[72], będące nieznacznie nachylonymi powierzchniami, wyciętymi w osadach stoku brzegu macierzystego lub platformy abrazyjnej. Terasy powstają podczas systematycznego obniżania poziomu wody w zbiorniku, który utrzymuje się dłużej na różnych horyzontach, umożliwiając napływającym falom wyrównywanie tworzonych poziomów. W strefie brzegowej zbiornika Poraj obecność półek terasowych jest dość powszechna w obrębie stoków plażowych. Efektem systematycznego opadania rzędnej zwierciadła wody są krawędzie i półki mikroteras widoczne zarówno na powierzchni plaż, jak i brzegowych form akumulacyjnych^[73].

Mikrozatoki są formami abrazyjnymi, których obecność ściśle wiąże się ze stopniem pokrycia brzegów przez roślinność. Powstają one w miejscach, gdzie roślinność jest rzadka lub słabo ukorzeniona i może łatwo ulec zniszczeniu pod wpływem stałego rozbijania potoku przyboju. Woda, wykorzystując każdą przerwę w zwartej pokrywie darni, wcina się głębiej w ląd, tworząc na przemian leżące ostrogi lub kępy traw o charakterze cypli i łukowate wgłębienia linii brzegowej. Powierzchnia mikrozatok na zbiorniku Poraj w obrębie brzegu wschodniego dochodzi do kilku metrów kwadratowych i jest miejscem intensywnej akumulacji osadów, pochodzących zarówno z platformy przybrzeżnej, jak i abrazji brzegu. Z kolei w obrębie mikrozatok utworzonych na brzegu zachodnim, przeważa proces wynoszenia materiału i obniżania

platformy abrazyjnej w związku z dużym nachyleniem podwodnej części litoralu^[74].

Do zabezpieczenia brzegów zbiornika Poraj użyto wierzby wiciowej, czyli wikliny. Zabiegu nasadzenia wikliny dokonano między innymi w środkowej części brzegu zachodniego, celem zapewnienia stabilizacji gruntu w sąsiedztwie słupa linii energetycznej oddalonego od zbiornika tylko 30 m. Na tym odcinku przeprowadzono również zadrzewienie pasa o szerokości 20 m. Zabudowa biologiczna miała za zadanie powstrzymać cofanie wysokiego i słabo spójnego litologicznie (piaski warstw kościeliskich) brzegu. Obecny przebieg linii brzegowej, w postaci ułożonych naprzemian mikrozatok z czynnymi, wysokimi (do 2 m) klifami oraz ostróg zasiedlonych przez wierzbę świadczy o przerwaniu przez fale pasa wiklinowego, który nie spełnił tu swojego zadania. Umocnienia wiklinowe brzegów wysokich można napotkać również w północno-zachodniej części zbiornika na terenie ośrodków rekreacyjno-wypoczynkowych, wykonane celem ochrony ich infrastruktury^[75].

Znaczenie zbiornika

Głównym celem budowy zbiornika Poraj było zapewnienie stałego poboru wody dla Huty Częstochowa poprzez wyrównanie przepływów Warty. Monitoring prowadzono w profilu wodowskazowym Korwinów na jazie Bugaj, gdzie wymagany przepływ w korycie rzeki powyżej ujęcia wody dla huty ustalono na 2,5 m³/s. Maksymalny pobór wody przez Hutę Częstochowa wynosił 1,95 m³/s. Tym samym nienaruszalny przepływ w korycie poniżej ujęcia równy jest od momentu utworzenia zbiornika 0,55 m³/s. Takie ilości wody zapewnia ochronę ekosystemów koryta rzeki w okresach niżówek, ale pozostaje również w związku z ochroną doliny w przypadku przechodzenia fal wezbraniowych.

Z uwagi na ograniczenie działalności w hucie, aktualnie zbiornik Poraj w głównej mierze spełnia funkcję ochronną dla doliny Warty podczas przechodzenia wezbrań powodziowych^[76] oraz funkcję wypoczynkowo-rekreacyjną. O ile zadanie pierwsze wymaga jedynie właściwej gospodarki zgromadzonymi zasobami wodnymi poprzez odpowiednią regulację poziomu piętrzenia wody i dbałość o sprawność i właściwą konserwację urządzeń hydrotechnicznych, o tyle zachowanie jego walorów rekreacyjnych obliguje do ochrony ekosystemów wodnych, których równowaga biologiczna zależy od czystości wód. Jest to podstawowy warunek do dalszego rozwoju infrastruktury turystycznej w sąsiedztwie zbiornika, a w konsekwencji możliwości postępu ekonomicznego gminy Poraj.

Dużą popularnością zbiornik cieszy się szczególnie wśród mieszkańców Częstochowy, dając im możliwość uprawiania sportów wodnych. Dotyczy to zwłaszcza kilku ośrodków zlokalizowanych w sąsiedztwie zalewu. Na ich terenie znajdują się wypożyczalnie sprzętu m.in. kajaki i rowery wodne. Zbiornik wykorzystywany jest również do uprawiania żeglarstwa czemu sprzyjają usytuowane tam ośrodki m.in. Yacht Club „Zefir-Drakkar” i Harcerski Ośrodek Wodny. Nad brzegami jeziora swoją siedzibę ma również Polski Związek Wędkarstw, gdzie na terenie tzw. „Rybaczówki” można skorzystać m.in. ze sprzętów pływających, rozbić namiot, ustawić przyczepę kempingową



Fot. 5. Zbiornik Poraj – widok z zapory czołowej (fot. A. Magiera).

lub wynająć domek typu bungalow. Pozostałe odcinki wybrzeża są słabo zagospodarowane (fot. 5, fot. 6). Samo wędkowanie dozwolone jest na zbiorniku zarówno z łódek, jak również z brzegu. Pomimo istnienia kilku ośrodków rekreacyjno-wypoczynkowych zapotrzebowanie na tego typu obiekty nad jeziorem wzrasta z każdym sezonem urlopowym.

Ekosystemy wodne zbiornika Poraj stanowią również ważne funkcje przyrodnicze. Spiętrzenie płynącej wody wywołało szereg zmian jej parametrów fizyko-chemicznych i właściwości siedliskowych dla organizmów roślinnych i zwierzęcych. Wiąże się to ze zmniejszeniem prędkości przepływu wody, a więc wydłużeniem czasu

przebiegu różnorodnych reakcji chemicznych i biochemicznych oraz uaktywnieniem niektórych procesów fizycznych np. sedymentacji zawiesin^[77]. Pogarszająca się jakość wód zbiornika Poraj związana jest z istnieniem na obszarze jego zlewni szeregu antropogenicznych źródeł zanieczyszczenia wód powierzchniowych i gruntowych. Powstrzymanie dopływu do zbiornika substancji biogennej zarówno z obszarów zurbanizowanych, jak i użytkowanych rolniczo jest obecnie zadaniem koniecznym ze względu na jego silną eutrofizację. Sytuacja ta wskazuje na potrzebę ochrony jakości wód w zbiorniku Poraj. Dalszy proces pogarszania jej fizyko-chemicznych parametrów może spowodować wyłączenie zbiornika z listy obiektów wykorzystywanych w celach rekreacyjnych^[78].



Fot. 6. Elementy zagospodarowania zachodniego brzegu zbiornika Poraj (fot. A. Magiera).

Bibliografia

1. Banach M.: Główne procesy a osady w strefie brzegowej zbiornika Włocławek, w: „Przegląd Geograficzny” 1988, t. 60, z. 3.
2. Banach M.: Morfodynamika strefy brzegowej zbiornika Włocławek. Prace Geograficzne Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN. Nr 161, Wrocław – Warszawa – Kraków 1994, s. 181.
3. Choiński A.: Zarys limnologii fizycznej Polski, Poznań 1995, s. 298.
4. Cyberski J.: Zjawiska akumulacyjno-erozyjne w rzekach objętych oddziaływaniem budowli piętrzących, w: „Czasopismo Geograficzne” 1984, t. 55, z. 3, s. 355-363.
5. Dojlido J., Woyciechowska J.: Zmiany jakości wód powierzchniowych pod wpływem zabudowy hydrotechnicznej, w: „Gospodarka Wodna” 1982, nr 5, s. 47-51.
6. Flis J.: Szkolny słownik geograficzny, Warszawa 1982, s. 272.
7. Gierszewski P.: Przekształcenia brzegów spowodowane naporem lodu na zbiorniku stopnia wodnego „Włocławek”. Kaskada. 1-2, Włocławek 1995.
8. Hutny P.: Wybrane problemy hydrologiczne zbiornika wodnego w Poraju, Sosnowiec 2000, s. 113 [mps].
9. Instrukcja eksploatacji małej elektrowni wodnej na rzece Warcie w Poraju, Poraj 1996 [mps].
10. Instrukcja eksploatacji wodnego zbiornika wyrównawczego na Warcie w Poraju, Częstochowa 1984 [mps].
11. Jaguś A, Rzętała M.: Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna, Sosnowiec 2000, s. 81.
12. Kondracki J.: Geografia Polski. Mezoregiony fizycznogeograficzne, Warszawa 1994, s. 340.
13. Korolec H.: Procesy brzegowe i zmiany linii brzegowej jeziora Mikołajskiego. Prace Geograficzne Instytutu Geografii PAN. Nr 73, Warszawa 1968.

14. Mikulski J. S.: *Biologia wód śródlądowych*, Warszawa 1982.
15. Rzętała M.A.: *Wybrane przemiany geomorfologiczne mis zbiorników wodnych i ocena zanieczyszczeń osadów zbiornikowych w warunkach zróżnicowanej antropopresji (na przykładzie regionu górnośląsko-zagłębiowskiego)*, Katowice 2014, s. 174.
16. Smok D.: *Chemizm wód zbiornika Poraj na tle spływu rzecznoego ze zlewni*, Sosnowiec 1996 [mps].
17. Wilk A.: *Charakterystyka fizycznych właściwości wód zbiornika Poraj*, Sosnowiec 1996 [mps].
18. Ziętara T.: *Dynamika rozwoju platform abrazyjnych w otoczeniu zbiornika Żywieckiego na Sole. Materiały III Zjazdu Geomorfologów Polskich „Procesy Geomorfologiczne. Zapis w rzeźbie i osadach”*, Sosnowiec 1995.

Przypisy

1. ↑ Machowski R., Rzętała M.: *Zlewania Warty*, w: „Encyklopedia Województwa Śląskiego” 2018, t. 5. (http://ibrbs.pl/mediawiki/index.php/Zlewnia_Warty)
2. ↑ Instrukcja eksploatacji wodnego zbiornika wyrównawczego na Warcie w Poraju, Częstochowa 1984 [mps].
3. ↑ J. Kondracki: *Geografia Polski. Mezoregiony fizycznogeograficzne*, Warszawa 1994, s. 340.
4. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: *Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna*, Sosnowiec 2000, s. 81.
5. ↑ Instrukcja eksploatacji wodnego zbiornika wyrównawczego na Warcie w Poraju, Częstochowa 1984 [mps]; A. Jaguś, M. Rzętała: *Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna*, Sosnowiec 2000, s. 81.
6. ↑ Tamże.
7. ↑ Tamże.
8. ↑ Tamże.
9. ↑ Tamże.
10. ↑ Instrukcja eksploatacji małej elektrowni wodnej na rzece Warcie w Poraju, Poraj 1996 [mps].
11. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: *Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna*, Sosnowiec 2000, s. 81.
12. ↑ Tamże.
13. ↑ Tamże.
14. ↑ Tamże.
15. ↑ A. Choiński: *Zarys limnologii fizycznej Polski*, Poznań 1995, s. 298.
16. ↑ J.S. Mikulski: *Biologia wód śródlądowych*, Warszawa 1982.
17. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: *Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna*, Sosnowiec 2000, s. 81.
18. ↑ Państwowy monitoring środowiska, wyniki badań wód powierzchniowych – zbiorniki wodne, 2015 rok. (<http://www.katowice.wios.gov.pl/monitoring/informacje/stan2015/zbiorniki.pdf>)
19. ↑ Załącznik elektroniczny do opisowej oceny stanu wód za 2017 rok (tabele: Klasyfikacja i ocena stanu 2017). (<http://www.katowice.wios.gov.pl/index.php?tekst=monitoring/informacje/stan2017/i>)
20. ↑ D. Smok: *Chemizm wód zbiornika Poraj na tle spływu rzecznoego ze zlewni*, Sosnowiec 1996 [mps].
21. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: *Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna*, Sosnowiec 2000, s. 81.
22. ↑ D. Smok: *Chemizm wód zbiornika Poraj na tle spływu rzecznoego ze zlewni*, Sosnowiec 1996 [mps].
23. ↑ P. Hutny: *Wybrane problemy hydrologiczne zbiornika wodnego w Poraju*, Sosnowiec 2000, s. 113 [mps].
24. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: *Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna*, Sosnowiec 2000, s. 81.
25. ↑ A. Wilk: *Charakterystyka fizycznych właściwości wód zbiornika Poraj*, Sosnowiec 1996 [mps].
26. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: *Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna*, Sosnowiec 2000, s. 81.
27. ↑ P. Hutny: *Wybrane problemy hydrologiczne zbiornika wodnego w Poraju*, Sosnowiec 2000, s. 113 [mps].
28. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: *Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna*, Sosnowiec 2000, s. 81.
29. ↑ D. Smok: *Chemizm wód zbiornika Poraj na tle spływu rzecznoego ze zlewni*, Sosnowiec 1996 [mps].
30. ↑ P. Hutny: *Wybrane problemy hydrologiczne zbiornika wodnego w Poraju*, Sosnowiec 2000, s. 113 [mps].
31. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: *Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna*, Sosnowiec 2000, s. 81.
32. ↑ D. Smok: *Chemizm wód zbiornika Poraj na tle spływu rzecznoego ze zlewni*, Sosnowiec 1996 [mps].
33. ↑ P. Hutny: *Wybrane problemy hydrologiczne zbiornika wodnego w Poraju*, Sosnowiec 2000, s. 113 [mps].
34. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: *Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna*, Sosnowiec 2000, s. 81.
35. ↑ D. Smok: *Chemizm wód zbiornika Poraj na tle spływu rzecznoego ze zlewni*, Sosnowiec 1996 [mps].
36. ↑ P. Hutny: *Wybrane problemy hydrologiczne zbiornika wodnego w Poraju*, Sosnowiec 2000, s. 113 [mps].
37. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: *Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna*, Sosnowiec 2000, s. 81.
38. ↑ D. Smok: *Chemizm wód zbiornika Poraj na tle spływu rzecznoego ze zlewni*, Sosnowiec 1996 [mps].
39. ↑ P. Hutny: *Wybrane problemy hydrologiczne zbiornika wodnego w Poraju*, Sosnowiec 2000, s. 113 [mps].
40. ↑ D. Smok: *Chemizm wód zbiornika Poraj na tle spływu rzecznoego ze zlewni*, Sosnowiec 1996 [mps].
41. ↑ P. Hutny: *Wybrane problemy hydrologiczne zbiornika wodnego w Poraju*, Sosnowiec 2000, s. 113 [mps].
42. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: *Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna*, Sosnowiec 2000, s. 81.
43. ↑ P. Hutny: *Wybrane problemy hydrologiczne zbiornika wodnego w Poraju*, Sosnowiec 2000, s. 113 [mps]; D.

- Smok: Chemizm wód zbiornika Poraj na tle spływu rzecznoego ze zlewni, Sosnowiec 1996 [mps].
44. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna, Sosnowiec 2000, s. 81.
 45. ↑ D. Smok: Chemizm wód zbiornika Poraj na tle spływu rzecznoego ze zlewni, Sosnowiec 1996 [mps].
 46. ↑ P. Hutny: Wybrane problemy hydrologiczne zbiornika wodnego w Poraju, Sosnowiec 2000, s. 113 [mps].
 47. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna, Sosnowiec 2000, s. 81.
 48. ↑ Tamże.
 49. ↑ Tamże.
 50. ↑ A. Wilk: Charakterystyka fizycznych właściwości wód zbiornika Poraj, Sosnowiec 1996 [mps].
 51. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna, Sosnowiec 2000, s. 81.
 52. ↑ Tamże.
 53. ↑ J. Cyberski: Zjawiska akumulacyjno-erozyjne w rzekach objętych oddziaływaniem budowli piętrzących, w: „Czasopismo Geograficzne” 1984, t. 55, z. 3, s. 355-363.
 54. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna, Sosnowiec 2000, s. 81.
 55. ↑ M. A. Rzętała: Wybrane przemiany geomorfologiczne mis zbiorników wodnych i ocena zanieczyszczeń osadów zbiornikowych w warunkach zróżnicowanej antropopresji (na przykładzie regionu górnośląsko-zagłębiowskiego), Katowice 2014, s. 174.
 56. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna, Sosnowiec 2000, s. 81.
 57. ↑ Tamże.
 58. ↑ Tamże.
 59. ↑ Tamże.
 60. ↑ Tamże.
 61. ↑ H. Korolec: Procesy brzegowe i zmiany linii brzegowej jeziora Mikołajskiego. Prace Geograficzne Instytutu Geografii PAN. Nr 73, Warszawa 1968.
 62. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna, Sosnowiec 2000, s. 81.
 63. ↑ Tamże.
 64. ↑ J. Flis: Szkolny słownik geograficzny, Warszawa 1982, s. 272.
 65. ↑ A. Jaguś: Procesy brzegowe w obrębie zbiornika Poraj, w: „Geographia. Studia et Dissertationes” 2000, t. 23, s. 59-90.
 66. ↑ P. Gierszewski: Przekształcenia brzegów spowodowane naporem lodu na zbiorniku stopnia wodnego „Włocławek”. Kaskada. 1-2, Włocławek 1995.
 67. ↑ M. Banach: Morfodynamika strefy brzegowej zbiornika Włocławek. Prace Geograficzne Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN. Nr 161, Wrocław – Warszawa – Kraków 1994, s. 181.
 68. ↑ M. Banach: Główne procesy a osady w strefie brzegowej zbiornika Włocławek, w: „Przegląd Geograficzny” 1988, t. 60, z. 3.
 69. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna, Sosnowiec 2000, s. 81.
 70. ↑ M. Banach: Morfodynamika strefy brzegowej zbiornika Włocławek. Prace Geograficzne Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN. Nr 161, Wrocław – Warszawa – Kraków 1994, s. 181.
 71. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna, Sosnowiec 2000, s. 81.
 72. ↑ T. Ziętara: Dynamika rozwoju platform abrazyjnych w otoczeniu zbiornika Żywieckiego na Sole. Materiały III Zjazdu Geomorfologów Polskich „Procesy Geomorfologiczne. Zapis w rzeźbie i osadach”, Sosnowiec 1995.
 73. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna, Sosnowiec 2000, s. 81.
 74. ↑ Tamże.
 75. ↑ Tamże.
 76. ↑ Machowski R., Rzętała M.: Zlewania Warty, w: „Encyklopedia Województwa Śląskiego” 2018, t. 5. (http://ibrbs.pl/mediawiki/index.php/Zlewnia_Warty)
 77. ↑ J. Dojlido, J. Woyciechowska: Zmiany jakości wód powierzchniowych pod wpływem zabudowy hydrotechnicznej, w: „Gospodarka Wodna” 1982, nr 5, s. 47-51
 78. ↑ A. Jaguś, M. Rzętała: Zbiornik Poraj. Charakterystyka fizycznogeograficzna, Sosnowiec 2000, s. 81.

Źródła on-line

Machowski R., Rzętała M.: Zlewania Warty, w: „Encyklopedia Województwa Śląskiego” 2018, t. 5. (http://ibrbs.pl/mediawiki/index.php/Zlewnia_Warty)

Państwowy monitoring środowiska, wyniki badań wód powierzchniowych – zbiorniki wodne, 2015 rok. (<http://www.katowice.wios.gov.pl/monitoring/informacje/stan2015/zbiorniki.pdf>)

Załącznik elektroniczny do opisowej oceny stanu wód za 2017 rok (tabele: Klasyfikacja i ocena stanu 2017). (<http://www.katowice.wios.gov.pl/index.php?tekst=monitoring/informacje/stan2017/i>)

Zobacz też

Zlewnia Warty

Dorzecze Odry

Wody powierzchniowe

Wody podziemne

Źródło „http://ibrbs.pl/mediawiki/index.php?title=Zbiornik_Poraj&oldid=10005”

Kategorie: Geografia | Indeks haseł – alfabetyczny | Tom 7 (2020)

- Tę stronę ostatnio zmodyfikowano o 09:23, 26 sty 2021.
- Treść udostępniana na licencji Creative Commons – za uznaniem autora, bez użycia komercyjnego, na tych samych zasadach, jeśli nie podano inaczej.