

Joanna Sołtuniak* 

Wybrane aspekty gospodarki wodnej Polski na rzekach transgranicznych na przykładzie Odry

Streszczenie

W artykule przedstawiono wybrane aspekty gospodarki wodnej na wodach transgranicznych w dorzeczu Odry. Opisana została współpraca międzynarodowa pomiędzy Polską, Niemcami i Czechami oraz podstawy prawne tej współpracy, w tym m.in. prawodawstwo unijne, umowy dwustronne i umowa trójstronna. Celem pracy jest ukazanie trudności w zarządzaniu rzeką transgraniczną przy niskich i wysokich przepływach wód oraz w warunkach zanieczyszczeń.

Realizację tak sformułowanego celu oparto na analizie danych IMGW-PIB obejmujących codzienne pomiary przepływów Odry w Słubicach w latach hydrologicznych 1951–2022. Wyniki wykazały znaczną zmienność sezonową i roczną przepływów, która zwiększa ryzyko wystąpienia zarówno powodzi, jak i suszy. Zjawiska te wskazują na konieczność pogłębionej współpracy międzynarodowej

* Joanna Sołtuniak – doktor, Uniwersytet Łódzki, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny, Katedra Ekonomii Rozwoju, joanna.soltoniak@eksoc.uni.lodz.pl, <https://orcid.org/0009-0005-8322-8848>



© by the Author, licensee University of Lodz – Lodz University Press, Lodz, Poland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license CC BY-NC-ND 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Funding information: Not applicable. **Conflicts of interests:** None. **Ethical considerations:** The Author assures of no violations of publication ethics and takes full responsibility for the content of the publication.

w zakresie zarządzania wodami transgranicznymi, szczególnie w okresach letnich, w celu minimalizacji zagrożeń i poprawy bezpieczeństwa ludności oraz gospodarki w regionach przygranicznych.

Słowa kluczowe: gospodarka wodna, wody transgraniczne, powódzie, susze.

JEL: Q25

Selected Aspects of Water Management in Poland on Transboundary Rivers on the Example of the Oder

Summary

This article presents selected aspects of water management in transboundary waters. It discusses international cooperation in water management in the Oder River Basin between Poland, Germany, and the Czech Republic, together with related legal regulations (including EU legislation, bilateral agreements, and a trilateral agreement). It is noted that all three countries apply similar principles and standards in water management.

The aim of the paper is to highlight the challenges of managing a transboundary river at both low and high flow and in the presence of water pollution. To this end, water flows for the Oder River in Słubice are analyzed based on daily flow data collected by the Institute of Meteorology and Water Management (IMGW-PIB) from 1951 to 2022. The results indicate high seasonal and annual variability of flows, which can lead to floods and droughts, indicating the need for closer international cooperation, especially during the summer months. Such cooperation could contribute to better management of transboundary waters, achieve tangible positive effects for the population and economy in the transboundary regions, and increase the sense of water security.

Keywords: water management, transboundary waters, floods, droughts.

Wstęp

Głównym zadaniem gospodarki wodnej związanej z zarządzaniem wodami śródlądowymi jest zaopatrzenie w wodę (w odpowiedniej ilości i jakości) ludności i odbiorców przemysłowych, a także zapewnienie wody dla rolnictwa, żeglugi śródlądowej, rekreacji i energetyki. Wyzwaniem dla gospodarki wodnej są zróżnicowane czasowo i przestrzennie potrzeby odbiorców przy często dużej zmienności dostępnych zasobów wodnych oraz zrzuty wód zużytych, w tym nieczystości ciekłych. Coraz większe znaczenie ma zrównoważone gospodarowanie wodami oraz dążenie do dobrego stanu ekologicznego wód i utrzymanie tego stanu dla przyszłych pokoleń. Gospodarka wodna obejmuje również zarządzanie wodami transgranicznymi. W Konwencji Helsińskiej z 1992 r. pojęcie „wody transgraniczne” oznacza: „każde powierzchniowe lub podziemne wody, które tworzą i przecinają granice między dwoma lub więcej państwami lub znajdują się na takich granicach” (Dz.U. 2003). Współpraca międzynarodowa na tych wodach obejmuje przede wszystkim działania informacyjne w zakresie zagrożeń hydrologicznych, współdziałanie przy awariach oraz osłonę przeciwpowodziową (Magnuszewski 2024).

Kwestie zarządzania wodami transgranicznymi znajdują odzwierciedlenie w prawie międzynarodowym i regulacjach dwustronnych lub wielostronnych. W literaturze przedmiotu analizowane problemy dotyczą przykładowo podziału jurysdykcji państwowych na terenie zlewni, różnic w sile oddziaływania systemów politycznych oraz możliwej asymetrii między nimi, egzekwowania przyjętych zobowiązań (m.in.: Zawahri, Mitchel 2018; Zeitoun, Warner 2006; Jones 2008). Opisywane są problemy związane z rywalizacją o wodę, występujące w wielu rejonach świata. Przedstawiane są próby przejęcia kontroli nad zasobami wodnymi, dążenie do podziału wód w obszarze transgranicznym, obawy związane ze skażeniem wód, zanieczyszczenie wód gruntowych, nieprzewidywalność kierunków przepływu wód podziemnych czy wzmożona presja na transgraniczne zasoby wodne w obliczu zmian klimatu. Zwraca się uwagę na przerzuty¹ czy gwałtowne zrzuty wody (Sanchez i in. 2024; Shuaibu i in. 2025; Bartnik, Jokiel 2011). Formułowane są istotne pytania w kontekście bezpieczeństwa, dotyczące kwestii, czy niedobory wody zwiększają ryzyko konfliktu międzynarodowego i czy traktaty międzynarodowe skutecznie pomagają w zarządzaniu i rozwiązaniu konfliktów metodami pokojowymi (Zawahri 2018). W literaturze podejmowana jest tematyka zarządzania długimi rzekami granicznymi i żeglugą na międzynarodowych rzekach, turystyki w rejonach wód granicznych, zagadnieniami

¹ Przerzuty wód pomiędzy dorzeciami nawet na duże odległości stają się faktem, który może wpłynąć na życie wielu ludzi i gospodarek, i oddziaływać w skali międzynarodowej. Na świecie szacuje się, że ok. 600 km³ wody rocznie, czyli ponad 1,5% całkowitego odpływu rzecznej jest przemieszczane za pomocą akweduktów, kanałów czy rurociągów (Bartnik, Jokiel 2011).

dotyczącymi presji na transgraniczne zasoby wodne (m.in.: Chenkai i in. 2024; Bogdanowicz i in. 2022; Kafuski 2007; *Policy* 2002; Mumme 2022). Te problemy są częściej przedstawiane dla wód transgranicznych w gorących strefach klimatycznych, gdzie generalnie występują niedobory wody, co jest odczuwalne przez ludność oraz gospodarkę. Niektóre kwestie są dokładnie opisywane jako studium przypadku, co pozwala uchwycić ich specyficzność wynikającą z miejsca i czasu. Stosunkowo rzadko podejmuje się problematykę poświęconą międzynarodowemu, zwłaszcza interdyscyplinarnemu, zarządzaniu wodami transgranicznymi w klimacie umiarkowanym oraz wpływom podejmowanych działań na gospodarkę, społeczeństwo i środowisko. Niniejsza praca, mająca charakter aplikacyjny, wpisuje się w tę problematykę.

Temat ten staje się niezwykle ważny również w umiarkowanej strefie klimatycznej ze względu na postępującą zmianę klimatu oraz przewidywania coraz częstszych, a także intensywniejszych zjawisk meteorologicznych i hydrologicznych (w tym: deszczów nawaalnych, gwałtownych wezbrań, wywołujących powodzie, przeplatanych głębokimi i długotrwałymi niżówkami w rzekach, wywołującymi susze). Wydaje się, że w gospodarce wodnej w przypadku jednej jurysdykcji łatwiej zaplanować odpowiednie działania niż w przypadku zarządzania przez dwa lub więcej państw. Znaczenie tych działań jest istotne w kontekście tego, że około 40% długości granic lądowych Polski przebiega rzekami i jeziorami. Najdłuższe rzeczne odcinki granic Polski przebiegają Bugiem – 363 km (na granicy z Ukrainą i Białorusią), Nysą Łużycką – 197 km (na granicy z Niemcami), Odrą – 187 km (na granicy z Czechami w górnym biegu oraz na granicy z Niemcami w dolnym biegu), Sanem – 55 km (na granicy z Ukrainą), Świsłoczem – 38 km (na granicy z Białorusią) (*Współpraca międzynarodowa*). Obszar zlewni polskich rzek jest o ok. 13% większy od powierzchni kraju. W przeciętnym roku 80–90% zasobów wód płynących formuje się na obszarze Polski, a dopływy zewnętrzne stanowią jedynie kilkanaście procent ogółu (Bartnik, Jokiel 2011). Oznacza to, że krajowa gospodarka wodna jest stosunkowo mało uzależniona od dopływów z sąsiednich państw. Niemniej owocna współpraca międzynarodowa pozostaje kluczowa dla gospodarki i mieszkańców terenów przygranicznych.

Celem pracy jest ukazanie trudności w zarządzaniu Odrą jako rzeką transgraniczną przy niskich i wysokich przepływach, a także w sytuacji znacznego zanieczyszczenia wód. W artykule podjęto również próbę oceny możliwości efektywnego gospodarowania jej zasobami wodnymi oraz zakresu współpracy międzynarodowej.

Tak postawiony cel pracy determinuje wybór metod badawczych. Zastosowano kwerendę literatury z zakresu gospodarki wodnej oraz przegląd aktów prawnych i dokumentów z zakresu współpracy międzynarodowej na wodach transgranicznych. Ze względu na to, że wiele prac odnosi się jedynie do średnich wielkości natężenia przepływu, ewentualnie ukazuje wartości ekstremalne

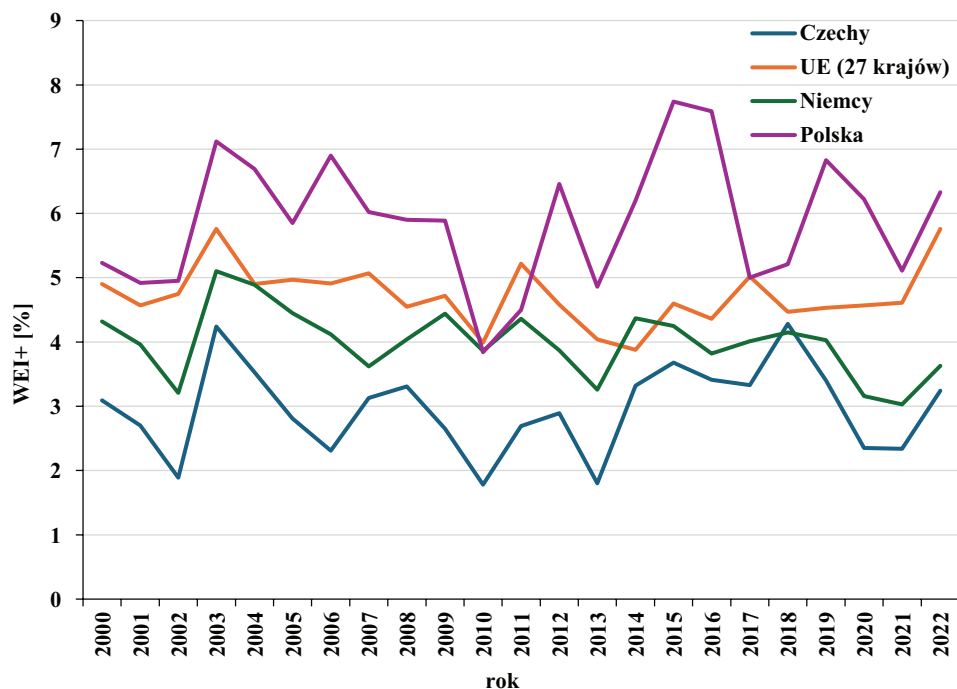
przepływów wodnych, zdecydowano, aby badania teoretyczne uzupełnić o dokładną charakterystykę przepływów wodnych. Przeprowadzono analizę zmienności przepływów wodnych na Odrze w Słubicach. Podstawą były dane pobrane z bazy danych IMGW-PIB o codziennych przepływach wodnych w latach hydrologicznych: 1951–2022. Zastosowanie metod statystycznych umożliwiło wskazanie wielkości charakterystycznych przepływów wodnych w wieloleciu. Dokonano również charakterystyki zmienności przepływów wodnych w ciągu roku i wielolecia.

1. Zasoby wodne Polski, Czech i Niemiec a współpraca międzynarodowa w dorzeczu Odry

Jednym z ważniejszych wskaźników w gospodarce wodnej jest wskaźnik wykorzystania wody WEI + (*Water exploitation index*). Określa on zużycie odnawialnych zasobów wodnych (jako różnicę pomiędzy poborem wody dla różnych celów a zwrotem wody do środowiska po wykorzystaniu) w stosunku do dostępnych zasobów tych wód na danym terytorium i w określonym okresie (wyrażony w procentach). Wartości w przedziale 20–40% są interpretowane jako niedobór wody, a powyżej 40% znaczący niedobór wody. Wartości WEI+ dla Polski, Niemiec i Czech na tle ogólnych danych dla 27 krajów Unii Europejskiej (UE) są przedstawione na wykresie 1. Dane wskazują, że Polska znajduje się w trudniejszej sytuacji w zakresie dostępnych odnawialnych zasobów wodnych w stosunku do sąsiadów i do średniej europejskiej. Wartości WEI+ pomiędzy 4–8% generalnie nie wskazują w Polsce na znaczące problemy z wodą, jednakże wskaźnik nie uwzględnia regionalnej i sezonowej zmienności zasobów wodnych i przez to możliwego niedoboru wody (Miłaszewski 2016; *Water statistics*).

Wskaźnik zasobów odnawialnych wody słodkiej na mieszkańca poniżej 1700 m³/rocznie wskazuje na stres wodny. Pojawia się on w niektórych krajach europejskich, w tym w Polsce (wskaźnik: 1600 m³/rocznie), Czechach (1400 m³/rocznie), na Cyprze (400 m³/rocznie) i Malcie (200 m³/rocznie) (*Renewable*). W państwach tych ze względu na wysokie prawdopodobieństwo trudności sezonowych i regionalnych w dostępie do wody zasadne jest zwiększanie retencji wód opadowych oraz rozwój systemów zarządzania nimi, konieczność współpracy przy zarządzaniu wodą i ewentualne ustalanie kompromisów pomiędzy różnymi interesariuszami (więcej w: Teo i in. 2025; Wang i in. 2023). Coraz większego znaczenia nabiera zatem gospodarka wodna na wodach transgranicznych i efektywna współpraca międzynarodowa.

Wykres 1. Wskaźnik WEI+



Źródło: opracowanie na podstawie bazy danych Eurostat, *Water exploitation index, plus (WEI+)*, https://doi.org/10.2908/sdg_06_60, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_06_60/default/table?lang=en (dostęp: 11.02.2025).

W miarę zwiększania się dobrobytu społeczeństwa coraz większą uwagę przywiązuje się do wysokiej jakości środowiska. Wzrost dochodów per capita zwiększa popyt na to dobro (dobro wyższego rzędu). Określa się to mianem szczególnego przypadku prawa Engla (Fiedor i in. 2002). W przypadku gospodarowania na rzekach granicznych wydaje się, że ustalenie wspólnej polityki w zakresie gospodarowania wodami będzie łatwiejsze do wypracowania, jeśli w sąsiadujących państwach są porównywalne dochody PKB per capita i podobne tempo rozwoju, a także porównywalny poziom infrastruktury w budownictwie wodnym, zbliżone cele i priorytety w zakresie gospodarki wodnej. Dla Polski, Czech i Niemiec przedstawiono w tabeli 1 dane dotyczące PKB. Pod kątem PKB (nominalny) per capita zdecydowanie najwyższe wartości są w Niemczech, dwuipółkrotnie wyższe niż w Polsce. Stosunkowo wysoki PKB (nominalny) per capita jest też w Czechach, półtorakrotnie wyższy niż w Polsce. Natomiast zarówno w Niemczech, jak i w Czechach wzrost PKB w ostatnim roku jest nieznacznie ujemny.

Tabela 1. PKB (nominalny) w 2023 r. oraz PKB (nominalny) per capita

Państwo	PKB (nominalny) w dolarach am.	Wzrost PKB (nominalny) w ujęciu rocznym	Liczba ludności	PKB per capita w dolarach am.
Polska	809 201 mln	0,14%	38 762 844	20 876
Niemcy	4 525 700 mln	−0,27%	84 548 231	53 528
Czechy	343 208 mln	−0,09%	10 809 716	31 750

Źródło: World Bank, <https://www.worldometers.info/gdp-by-country/> (dostęp: 15.02.2025).

Aby móc ocenić perspektywę współpracy międzynarodowej na rzekach, można również porównać wskaźniki związane z poborem wód, które zostały przedstawione w tabeli 2. W każdym z trzech państw zmniejsza się pobór wód na mieszkańca. Wartości poboru wody w m³ na osobę są dużo niższe w Czechach niż w Polsce i w Niemczech.

Tabela 2. Pobór wody w m³ na 1 mieszkańca

Rok/ państwo	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Polska	306,10	312,92	301,56	295,55	297,50	292,04	293,73	280,50	272,12	257,13	241,84
Niemcy	403,98	379,52 (s)	346,86 (s)	314,05	308,79 (s)	302,20 (s)	295,88	280,06 (s)	264,55 (s)	–	–
Czechy	186,23	179,74	175,13	156,97	156,74	152,01	154,79	153,89	149,68	141,15	127,68

Źródło: Eurostat, [Zmniejszenie poboru wynika m.in. z doskonalenia urządzeń wodnych, wdrażania przedsięwzięć oszczędnościowych, polityki cenowej, z restrukturyzacji przemysłu, sprawniejszych technologii produkcyjnych i przemysłowych. Należy podkreślić, że w Polsce pomimo generalnie znacznie zmniejszającego się poboru wód struktura poboru wód od 1990 r. do 2016 r. niewiele się zmieniła. W tym okresie na cele produkcyjne zwiększyła się z 67 do 70,8%, z kolei do potrzeby nawodnień zmniejszyła się z 11,9 do 9,8%, podobnie w przypadku gospodarki komunalnej z wodociągami – z 21,1 do 19,4%. W Polsce najbardziej znaczące wykorzystanie wody w przemyśle jest dla energetyki cieplnej \(około 89%\), następnie dla przemysłu chemicznego i spożywczego. Analizy wskazują, że w Polsce najbardziej wodochłonne jest wytwarzanie energii \(Thier 2016\), a wiele takich zakładów zlokalizowanych jest w dorzeczu Odry.](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00003/default/table?lang=en&-category=t_env.t_env_wat,(s) – dane szacunkowe dla Niemiec (dostęp: 30.05.2024).</p>
</div>
<div data-bbox=)

Podsumowując, można stwierdzić, że skłonność do współpracy wynika z przesłanek ekonomicznych i uwarunkowań środowiskowych, aby wykorzystać ograniczone, dostępne zasoby wodne dla potrzeb społecznych i gospodarczych i wspólnie dbać o jakość wód. W dalszej części pracy omówiona zostanie współpraca międzynarodowa na przykładzie Odry, która w górnym biegu płynie przez Czechy, na krótkim odcinku stanowi granicę polsko-czeską, potem płynie przez Polskę.

W środkowym odcinku płynie przez Polskę, potem stanowi granicę polsko-niemiecką prawie aż do ujścia. Odra ma źródła na wysokości ponad 600 m n.p.m. w górach Odrzańskich, a ujście w Zalewie Szczecińskim. Powierzchnia dorzecza zajmuje obszar 124 115 km², a 86% dorzecza Odry znajduje się na terytorium Polski (107 170 km²), 6% dorzecza znajduje się na terytorium Czech, a 8% Niemiec (*Plan* 2015). Odra ma długość ok. 855 km, ale co warto zaznaczyć, jej bieg uległ znacznemu skróceniu od XVIII w. aż o ok. 160 km (Radczuk 2008, s. 9), co może powodować przyspieszony przepływ wód i wynikające z tego zwiększone prawdopodobieństwo zniszczeń w trakcie powodzi.

Odra jest drugą co do długości rzeką w Polsce po Wiśle i jedną z najdłuższych rzek zlewiska Morza Bałtyckiego obok Wisły, Niemna i Dźwiny. Odrą odpływa 27,5% wód rzecznych z terytorium Polski (Bartnik, Jokiel 2011, s. 124). Jej wody, często zanieczyszczone, mają istotny wpływ na jakość wód Bałtyku. Na rzekach i ciekach dorzecza Odry znajduje się 27 zbiorników retencyjnych o pojemności użytkowej ponad 5 mln m³ pełniących funkcje zaopatrzeniowe (woda pitna i użytkowa), przeciwpowodziowe, wyrównawcze, energetyczne i rekreacyjne². 21 zbiorników znajduje się w Polsce, a 6 w Czechach (*Plan* 2015), co jest bardzo ważne dla zwiększenia bezpieczeństwa przeciwpowodziowego. W 2020 r. oddano do użytkowania zbiornik w Raciborzu Dolnym mogący zatrzymywać fale powodziowe o objętości większej niż kilkadziesiąt mln m³ wody. W 2024 r. odegrał on kluczową rolę w ochronie okolicznych terenów przed skutkami powodzi. W zlewni Odry coraz większą wagę przykłada się do systematycznych działań służących zwiększaniu małej retencji, przykładowo przez: budowanie małych zbiorników wodnych, zalesienia gruntów nieużytkowanych rolniczo i terenów źródłowych, remonty urządzeń piętrzących itp. (*Plan* 2011).

W zlewni Odry położonych jest 17 miast z ponad 100 tysiącami mieszkańców (15 miast w Polsce, 2 w Czechach), 5 dużych okręgów przemysłowych (4 okręgi w Polsce, 1 w Czechach). Na terenie dorzecza mieszka 16,34 mln mieszkańców (14,1 mln w Polsce, 1,56 mln w Czechach, 0,68 mln w Niemczech). Gęstość zaludnienia to 139,2 mieszkańców/km² (*Plan* 2015). Zatem w dorzeczu Odry głównie w Polsce i Czechach są zlokalizowane ważne gospodarczo i społecznie rejony.

Dla porównania, podobne pod względem liczby mieszkańców jest dorzecze Irtyszu, rzeki kilkukrotnie dłuższej niż Odra. Dorzecze Irtyszu leży na terenie Kazachstanu, Chin i Rosji. Nie zawarto międzynarodowych porozumień dla zarządzania wodami Irtyszu, ale według Radelyuk i innych współautorów (2022) oceniono, że strony uwzględniają solidarność w zakresie użytkowania wody oraz dążą do unikania szkód.

² Obecnie w Polsce retencja wody obejmuje ok. 7,5% średniego odpływu rocznego, a ocenia się, że można byłoby ją zwiększyć do 15%, uwzględniając warunki topograficzne, gospodarcze, demograficzne i społeczne. Warto dodać, że w Europie średnia retencja wynosi ok. 20% wartości średniego odpływu rzecznego (*Retencja*).

2. Transgraniczne dorzecze: wyzwania związane z niedoborem i nadmiarem wody oraz zanieczyszczeniami

W przypadku rzek płynących przez przynajmniej dwa państwa pojawia się problem, jak zarządzać wodami przy różnych niezależnych od siebie jurysdykcjach, aby zaspokoić potrzeby wodne gospodarki i ludności mieszkającej w strefach przygranicznych oraz zapewnić poczucie bezpieczeństwa związanego z wodą. Wiąże się to z koniecznością efektywnego wykorzystania wód, a także zabezpieczeniem odpowiedniej ilości oraz jakości wody. Dotyczy to zwłaszcza uwarunkowań zarządzania rzeką w sytuacji nadmiaru lub niedoboru wód oraz znacznego zanieczyszczenia rzeki.

Wezbrania mogą być spowodowane czynnikami meteorologicznymi, geologicznymi, antropogenicznymi lub mieszanymi. Przykładowo mogą być wywołane zwiększonym zasilaniem cieków i rzek po opadach, piętrzeniem wody, skutkiem awarii urządzeń hydrotechnicznych. Najbardziej narażone na skutki wezbrań są tereny uszczelnione i zurbanizowane, zwłaszcza tam, gdzie stosowano regulację lub kanalizację rzek, skracając ich koryta, bądź zabudowano doliny rzeczne bez zachowania odpowiedniej przepustowości koryta (Bartnik, Jokiel 2012; Dobrowolski i in. 2004). Dla ograniczenia wezbrań i wynikających z nich powodzi ważna jest możliwość spowolnienia odpływu przez gromadzenie nadmiaru wody w zbiornikach retencyjnych czy na terasach zalewowych. Z kolei osuszanie terenu, przykładowo przez likwidowanie mokradeł czy wylesianie, powoduje zmniejszoną retencję (Jokiel 2016). Na terenach leśnych i rolniczych fala wezbraniowa (przy braku obwałowań) przemieszcza się wolniej, stany wody są niższe. Wały przeciwpowodziowe odpowiednio zaprojektowane i zbudowane również mogą chronić okoliczne tereny przed powodzią. Natomiast warto zwrócić uwagę, że przy wałach przeciwpowodziowych zwykle woda płynie w mniejszym przekroju koryta, co wywołuje wyższe stany wody i wzrost prędkości spływu wody. Przy ich przerwaniu może wystąpić powódź błyskawiczna. Zatem wały mogą zwiększać ryzyko powodziowe na terenach położonych niżej w dół rzeki.

Retencja w terenie ogranicza również w pewnym zakresie suszę. Wykazano, że działalność antropogeniczna (poprzez gromadzenie wód w zbiornikach wodnych, pobory wody dla różnych celów, zwroty wykorzystanej wody i zmiany użytkowania gruntów) wpłynęła na zmniejszenie częstotliwości występowania susz hydrologicznych, ale równocześnie występują trudności z uzupełnieniem zasobów wodnych i ich odnawialnością, co wydłuża czas trwania już istniejących susz hydrologicznych (Haoran Hao i in. 2025). Może powodować to trudności w zaspokajaniu wodnych potrzeb gospodarczych i w zapewnieniu ludności odpowiedniej jakości wody. Jednocześnie uwidacznia problemy gospodarki wodnej,

zwłaszcza na obszarach transgranicznych, gdzie wskazane byłoby, aby uzgodnienia w zakresie prac wodnych i budownictwa wodnego, zagospodarowania terenu zlewni, nawet w miejscach odległych od granicy, były podjęte przez strony. Szczególnie na państwo znajdujące się w dole rzeki może oddziaływać wpływ działań w zakresie gospodarki wodnej podjętych przez inne państwo na obszarze górnego biegu rzeki.

Słusznie się zauważa, że współpraca transgraniczna powinna być traktowana jako istotny czynnik rozwoju w skali lokalnej i regionalnej, gdyż może przyczynić się do istotnego rozwoju obszarów transgranicznych (Poniatowicz 2000). Dla obszarów znajdujących się na terenach przygranicznych zlewni zainteresowane zgodne strony podpisują różnego rodzaju umowy międzypaństwowe, regulujące korzystanie z wód. Oprócz wyzwań związanych z postępowaniem przy wysokich lub niskich stanach wód albo przy powstałych zanieczyszczeniach strony powinny uzgodnić m.in.: zasady budownictwa wodnego na rzekach granicznych, poboru wód, przepraw przez rzekę itp. Niezbędna jest również współpraca przy pracach utrzymaniowych realizowanych na brzegach rzeki i w jej korycie, które obejmują m.in. wykaszanie roślinności ze skarp, usuwanie przeszkadzającej roślinności z brzegów i koryta, usuwanie przeszkód na wodzie (przykładowo pływających drzew, tam bobrowych), udrażnianie, remonty oraz konserwacje urządzeń wodnych (portal.gov.pl).

3. Międzynarodowe prawo w gospodarce wodnej i porozumienia między stronami

Jednym z najważniejszych aktów prawnych o znaczeniu międzynarodowym dla zarządzania wodami granicznymi jest konwencja o ochronie i użytkowaniu cieków transgranicznych i jezior międzynarodowych, sporządzona w Helsinkach dnia 17 marca 1992 r. (Dz.U. z 2003 r., poz. 702 i 703). Konwencję tę przyjęło do tej pory kilkadziesiąt krajów, w tym Polska i wszyscy sąsiedzi Polski poza Białorusią. Polska przyjęła konwencję w 2000 r., Niemcy w 1995 r., Czechy w 2000 r., Słowacja w 1999 r., Ukraina w 1999 r., Litwa w 2000 r., a Rosja w 1993 r. (*Oświadczenie* 2002).

W państwach UE Ramowa Dyrektywa Wodna (RDW) ujmuje kwestie wodne, w tym wód granicznych. Woda jest traktowana jako podstawowy czynnik kształtujący ekosystem. Celem RDW jest osiągnięcie dobrego stanu wód na terenie UE do 2027 r. przy poszanowaniu zasad zrównoważonego rozwoju, czyli ujęciu jednocześnie kwestii społecznych, ekonomicznych i środowiskowych. W związku z tym dyrektywa zaleca uwzględnienie potrzeb wodnych w zakresie transportu, rolnictwa, rybołówstwa, energetyki, polityki regionalnej i turystyki.

W RDW podkreślono, że zlewnia rzeczna to jednostka, która powinna być jednolicie zarządzana. W celu ochrony wód RDW zaleca stosowanie współpracy, spójnej polityki i ram prawnych. 42 pkt RDW zakłada wprowadzenie jednolitych norm dotyczących zanieczyszczeń na terenie UE. Według RDW decyzje w zakresie gospodarki wodnej powinny być podejmowane w miarę blisko miejsca, którego dotyczą i na takim szczeblu administracyjnym (RDW 2000).

O ile w UE-RDW jest aktem, który w pewien sposób wpływa na podobne zarządzanie wodami na terenie zlewni przez różne państwa należące do UE, o tyle na granicach rzecznych UE obowiązuje prawo międzynarodowe i ewentualnie umowy dwustronne. W związku z tym wypracowanie jednolitego podejścia w kwestiach wodnych jest utrudnione.

Zasobami wodnymi w Polsce zarządza Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie podlegające Ministrowi Infrastruktury. Odpowiada za zarządzanie wszystkimi kategoriami wód oraz nadzór nad ich wykorzystaniem. Przychody z opłat za usługi wodne pokrywają około 17% kosztów, a większość kosztów utrzymania pochodzi z budżetu państwa (*Zasoby wodne* 2021). Ministerstwo Infrastruktury RP podaje, że prowadzi aktywną współpracę w zakresie korzystania i ochrony wód granicznych z sąsiednimi państwami: z Niemcami, Czechami, Słowacją, Ukrainą i Litwą. Umowy w tym zakresie zostały zawarte w formie dwustronnej. Została też podpisana w tym zakresie stosowna umowa z Białorusią w 2020 r., zawarta po 20 latach negocjacji, ale jej realizacja jest trudna. Z Rosją do tej pory nie zawarto umowy w zakresie gospodarowania wodami granicznymi (*Współpraca Międzynarodowa...*). Ponadto w latach 90. XX w. powołana została Międzynarodowa Komisja Ochrony Odry przed Zanieczyszczeniem (MKOOpZ) do spraw ochrony Międzynarodowego Obszaru Dorzecza Odry (MODO) w formie trójstronnej pomiędzy Polską, Czechami i Niemcami. Dla realizacji umów dwustronnych i umowy trójstronnej zostały powołane międzynarodowe komisje, składające się z przedstawicieli powoływanych przez poszczególne państwa na poziomie szczebla rządowego. Komisje są wspierane przez krajowe instytucje i powoływanych ekspertów.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa wodnego, w tym przeciwpowodziowego, bardzo ważna jest umowa polsko-czeska w sprawie wód granicznych. Została ona zawarta w 2015 r. Obejmuje gospodarkę wodną kilkudziesięciu odcinków rzek oraz cieków płynących po granicy lub przecinających ją i wpływających na teren Polski, m.in.: Odrę i Nysę Łużycką, Orlicę, Opawę i Ścinawę. Umowa dotyczy głównie ochrony wód wraz z poprawą ich jakości, skoordynowania działań dotyczących wód i racjonalnego użytkowania wód granicznych, złagodzenia negatywnych skutków powodzi i suszy, utrzymywania oraz regulacji cieków wodnych, budowy i eksploatacji urządzeń wodnych, ustaleń w zakresie poboru wód powierzchniowych i podziemnych z ochroną ich stanu ilościowego oraz dotyczących zrzutu ścieków, melioracji, wykorzystania energetycznego

wód, żeglugi, wydobywania materiałów rzecznych, monitoringu ilości i jakości wód, wymiany informacji w tym zakresie, oceny oraz wspólnych pomiarów i wspólnego planowania działań (*Umowa...* 2015). Komisja polsko-czeska do spraw wód granicznych działa w ramach pięciu grup roboczych, które zostały przedstawione w tabeli 3.

Tabela 3. Grupy Robocze działające w ramach polsko-czeskiej komisji dotyczącej rzek granicznych

Nazwa komisji	Zakres działania komisji obejmujący współpracę
Grupa Robocza R	Dotyczy Regulacji transgranicznych cieków wodnych, zaopatrzenia w wodę i melioracji terenów przygranicznych
Grupa P	Dotyczy Planowania gospodarki wodnej na wodach granicznych
Grupa Robocza OPZ	Dotyczy Obszaru ochrony wód granicznych przed zanieczyszczeniem
Grupa Robocza WFD	Dotyczy Wdrażania RDW 2000/60/WE na wodach granicznych
Grupa Robocza HyP	W dziedzinie hydrologii, hydrogeologii oraz osłony przeciwpowodziowej

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Współpraca polsko-czeska* – Ministerstwo Infrastruktury – Portal Gov.pl, <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/wspolpraca-polsko-czeska> (dostęp: 16.03.2025).

Zebrania komisji odbywają się przynajmniej raz w roku, natomiast działania w ramach grup są przeprowadzane w trybie ciągłym. Bogata dokumentacja z posiedzeń komisji ujmuje m.in.: informowanie się wzajemne o podejmowanych przedsięwzięciach i planowaniu działań w gospodarce wodnej dotyczących wód granicznych, ustaleniach dotyczących regulacji cieków, wykazaniu rozliczeń finansowych podjętych działań, wzajemnym przekazywaniu wyników pomiarów codziennych, wspólnym dokonywaniu pomiarów według harmonogramów, wspólnym ocenom jakości wód. Ze względu na położenie granicy polsko-czeskiej charakter cieków jest często górski i dużą część ustaleń komisji zajmują kwestie budowy i konserwacji obwałowań. Przykładowo, na spotkaniu komisji w 2018 r. szczegółowo były omawiane projekty budowy wałów przeciwpowodziowych po obydwu stronach granicy o takich samych parametrach, m.in. zakładając uwzględnienie przepływów o prawdopodobieństwie przewyższenia 0,5%. Na tym samym spotkaniu przedstawiony został też m.in.: projekt budowy kładki nad Nysą Łużycką przy trójstyku granicy polsko-czesko-niemieckiej (*Protokół z 3 2018*). Na zebraniu komisji w 2019 r. wniesiono też propozycję wspólnych uzgodnień dotyczących projektów wałów przeciwpowodziowych m.in. na Odrze w Chałupkach (*Protokół z 4 2019*).

Podobną umowę międzynarodową zawarto między Rzeczpospolitą Polską a Republiką Federalną Niemiec w 1992 r. Określono, że jest to: „Współpraca gospodarcza, naukowa i techniczna Umawiających się Stron w dziedzinie gospodarki wodnej na wodach granicznych, uwzględniająca zasady ochrony środowiska przyrodniczego” (Dz.U. z 1997 r.). Obejmuje ona m.in.: wspólne

prorowadzenie badań wód granicznych dla określenia ich ilości i jakości, a w przypadku pomiarów prowadzonych przez jedno z państw wymianę informacji, sporządzanie bilansów wodnogospodarczych, zaopatrywanie ludności i użytkowników przemysłowych w wodę, meliorację, przerzuty wody między wodami granicznymi i innymi zlewniami, ochronę wód przed zanieczyszczeniami i nadmiernym poborem, ochronę obszarów zalewowych, budowę, eksploatację i utrzymanie obiektów hydrotechnicznych, wałów ochronnych, polderów, kanałów ulgi, urządzeń piętrzących, urządzeń melioracyjnych, regulację i utrzymanie wód granicznych z uwzględnieniem odcinków żeglownych i pozostałych, wydobywanie materiałów z wód, ochronę przed powodzią, suszami oraz przy pochodzie lodu (Dz.U. z 1997 r.). Ustalono, że strony konsultują zwłaszcza pobory wód oraz zrzuty ścieków, zrzuty wód kopalnianych i wód chłodniczych do wód granicznych. W komisji polsko-niemieckiej działają cztery grupy robocze przedstawione w tabeli 4.

Tabela 4. Grupy robocze działające w ramach współpracy polsko-niemieckiej

Nazwa Grupy	Podejmowane działania w zakresie
Grupa Robocza W1	Hydrologii i hydrogeologii wód granicznych
Grupa Robocza W2	Ochrony wód granicznych
Grupa Robocza W4	Utrzymania wód granicznych
Grupa Robocza W5	Planowania wód granicznych

Źródło: opracowanie na podstawie: *Współpraca polsko-niemiecka* – Ministerstwo Infrastruktury – Portal Gov.pl, <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/wspolpraca-polsko---niemiecka> (dostęp: 30.05.2024).

Przedstawiciele komisji dokonują według ustaleń m.in.: wspólnych pomiarów przepływów wodnych i stanów wód, pomiarów temperatury, a także pomiarów dotyczących zanieczyszczeń. Informują się wzajemnie o wykonywanych pomiarach i ich wynikach dotyczących ilości i jakości wód u każdej ze stron, planach i postępach prac w gospodarce wodnej dotyczącej wód granicznych, co przedstawiają szczegółowo protokoły. Komisja zajmuje się również jakością wód podziemnych z kopalni węgla po obu stronach granicy oraz bilansami wodnogospodarczymi. Przez ostatnie lata dokonywano dokładnego bilansu Nysy Łużyckiej. W protokołach komisji znajdują się informacje o zrealizowanych pracach w gospodarce wodnej przez każdą ze stron lub o postępach tych prac w stosunku do poprzedniego okresu sprawozdawczego, o planach w zakresie prac, o zrealizowanych wspólnie pomiarach i innych działaniach. Przykładowe informacje z protokołów to: powiadomienie o przerzucie wody z Nysy Łużyckiej do Sprewy przez stronę niemiecką (*Dwudzieste Dziewiąte...* 2022) czy plan dla Parku Narodowego Dolina Dolnej Odry (*Trzydzieste...* 2023).

Umowy między Polską i Czechami oraz Polską i Niemcami mają bardzo szeroki zakres, obejmujący wiele działań. Umowy zasadniczo dotyczą rzek i cieków dorzecza Odry. Umowa z Czechami obejmuje działania na wielu rzekach i ciekach, z których znaczna część ma charakter górski. Umowa z Niemcami dotyczy Nysy Łużyckiej (lewostronnego dopływu Odry) i Odry, płynących głównie po granicy przez tereny nizinne. Te dwie umowy nieco się różnią, przykładowo tylko umowa z Niemcami obejmuje możliwość przerzutów wody. Ponadto zawierane są inne umowy regulujące przeprawy przez rzekę oraz kwestie granic państwowych.

Międzynarodowa Komisja ds. Ochrony Odry przed Zanieczyszczeniem została powołana w 1996 r. (Dz.U. z 1999 r.), a prace dotyczące jej powstania toczyły się od 1991 r. Pierwsza umowa została podpisana między Polską, Niemcami, Czechami i Wspólnotą Europejską, a następnie po przystąpieniu Polski i Czech do Unii Europejskiej, gdy całe dorzecze Odry znalazło się w UE, umowa została zmieniona na umowę pomiędzy trzema stronami: Polską, Niemcami i Czechami. Komisja pracuje w ramach grup roboczych, które są opisane w tabeli 5.

Tabela 5. Zadania Grup w Międzynarodowej Komisji Ochrony Odry przed Zanieczyszczeniem

Nazwa Grupy	Zadania grupy
Grupa Sterująca G1	Opracowywanie aktualizacji planu gospodarowania wodami, ocena prawidłowości działań pozostałych grup roboczych pod kątem RDW
Grupa G2	Implementacja Dyrektywy Powodziowej i aktualizacja planów zarządzania ryzykiem powodziowym, wymiana danych w ramach systemu osłony przeciwpowodziowej
Grupa G3	Koordynacja planu ostrzegania i aktualizowania listy potencjalnych zagrożeń i zagrożeń awaryjnych
Grupa G4	Zajmowanie się zagadnieniami prawnymi, działając na podstawie konkretnych zleceń Komisji, Przewodniczących Delegacji lub Przewodniczącego Komisji
Grupa G5	Zarządzanie danymi, pozyskiwanie i udostępnianie danych niezbędnych do realizacji zadań Komisji

Źródło: *Współpraca dla MODO*, <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/wspolpraca-dla-modo> (dostęp: 19.03.2025).

W ramach prac komisji wdrażana jest Ramowa Dyrektywa Wodna i Dyrektywa Przeciwpowodziowa. Ważne dla wszystkich stron plany i dokumenty opracowywane są przy udziale przedstawicieli z trzech państw. Należą do nich m.in. plany ostrzegawczo-alarmowe w zakresie powodzi, mapy dorzecza z zaznaczeniem punktowych zanieczyszczeń, mapy z obszarami chronionymi, modelowanie zrzutów substancji biogennej i strategię ich redukcji czy badania drożności morfologicznej w dorzeczu. Przykładowo według prac MKOOpZ w dorzeczu Odry obszary narażone na znaczne ryzyko powodzi w Polsce mają powierzchnię

7862 km², w Niemczech 663,8 km², w Czechach 295,2 km² (*Plan 2015*). Takie opracowania byłyby trudniejsze do przygotowania indywidualnie przez każde państwo ze względu na ograniczoną dostępność danych.

4. Żłote algi i katastrofa ekologiczna na Odrze

W ramach swoich zadań MKOOpZ sklasyfikowała zdarzenia lub awarie, które mogą wywierać wpływ na jakość wód w Odrze lub mieć potencjalne znaczenie transgraniczne. Zostały one zaklasyfikowane jako: „produkty ropopochodne i inne substancje zanieczyszczające”, „awarie oczyszczalni ścieków” oraz „śnięcie ryb”, a także „inne przyczyny”, do których przykładowo w 2024 r. zaliczono: pożary w pobliżu rzeki, pianę z zakładu, wyciek ścieków, zalanie oczyszczalni ścieków podczas powodzi w Czechach. Meldunki według ww. podziału analizowane są od 1999 r. W latach 1999–2024 główny problem stanowiły „produkty ropopochodne i inne substancje zanieczyszczające”. Łącznie były to 64 meldunki. Z kolei awarie oczyszczalni ścieków pojawiły się 25 razy w meldunkach. W latach 2022–2024 znaczącym problemem okazało się „śnięcie ryb” – 34 meldunki. We wcześniejszych latach były to pojedyncze przypadki (*Przegląd meldunków 2025*). Ze względu na to, że zwiastowały one początek katastrofy ekologicznej na Odrze, zostanie przedstawiony opis sytuacji.

W wodach Odry w sierpniu 2022 r. zostały wykryte wysoce inwazyjne gatunki złotych alg (*Prymnezium parvum*). Naturalnym miejscem bytowania tych jednokomórkowych organizmów są wody słone i słonawe, wysoce zmineralizowane, zwykle morza i wody przybrzeżne. Występują również w Bałtyku. Przez długi czas mogą być obojętne dla środowiska. Prawdopodobnie przy zmianie warunków, takich jak zasolenie wody lub dostępność pożywienia, organizmy te zaczynają wydzielać toksyny szkodliwe dla organizmów wodnych. Doprowadziły one do masowego, liczonego w tonach, pomoru ryb w Odrze w okresie letnim 2022 r. na odcinku kilkuset km rzeki.

Analizy przyczyn katastrofy ekologicznej były szeroko badane przez władze polskie. Powstały również niemieckie i unijne raporty w tym zakresie. Ich wyniki wskazują, że przyczyny były wieloczynnikowe – wysokie temperatury wody, niski poziom wód, większe zasolenie wód (w niektórych miejscach dwukrotny wzrost w ciągu tygodnia). Dodatkowo spowolnienie przepływu przykładowo przy jazach i kanałach sprzyjało namnażaniu się tych organizmów. W badaniach wykazano m.in.: wysoką przewodność, wysoki poziom chlorków i siarczanów, wysokie nasłonecznienie oraz znaczne wahania niektórych badanych parametrów w czasie (*Unijna 2022*).

Dokładniejsze analizy wykazały, że jedną z przyczyn zakwitu złotych alg był zrzut zasolonych wód kopalnianych (m.in. do Kanału Gliwickiego) przy niskich stanach wody. W trakcie przeprowadzanych kontroli nie znaleziono bezpośredniego winnego podmiotu za skażenie wód Odry, ale w raporcie NIK zaznaczono, że nawet jeśli wszystkie zakłady zrzuciłyby ścieki w granicach swoich uprawnień wydanych w pozwoleniach wodnoprawnych, to skumulowana wielkość zanieczyszczeń mogłaby być znacznie przekroczona powyżej dopuszczalnych norm (*Raport NIK 2023*). W raporcie wskazano, że przedsiębiorcy powinni być bardziej motywowani do zmniejszania zanieczyszczeń spuszcanych do wód rzecznych, a z drugiej strony zwrócono też uwagę, że trudno wstrzymywać zrzuty wód kopalnianych, gdyż kopalnie (lub inne zakłady) zwykle nie mają, gdzie je przetrzymać, a poza tym nie wiadomo, czy w przyszłości będą korzystniejsze warunki do zrzutu dużo większej ilości zasolonej i zanieczyszczonej wody. Uznano, że to mogłoby wywołać dodatkowo gorsze efekty ekologiczne niż systematyczne spuszczenie stosunkowo niewielkiej ilości zanieczyszczonych wód (*Raport NIK 2023*).

Po stwierdzeniu przyczyn katastrofy ekologicznej prowadzony był ukierunkowany monitoring. W 2023 r. złote algi pojawiły się w Kanale Gliwickim, zbiorniku Czernica i starorzeczu w Januszkowicach. Ze względu na to, że ograniczono wymianę wód między tymi akwenami a rzeką nie było masowych zakwitów złotych alg wzdłuż rzeki. Zastosowano biostabilizator utrudniający dalszy rozwój tych glonów oraz siatki ochronne dla ochrony rybostanu przed wpływieniem do miejsc liczego występowania złotych alg. Ponadto dążono do zmniejszenia kumulacji zanieczyszczeń. Niektóre zakłady mające możliwość chociażby częściowej retencji ścieków wstrzymały ich zrzuty do czasu polepszenia warunków hydrologicznych. Dodatkowo ze zbiorników retencyjnych wypuszczano wodę, aby rozcieńczać zanieczyszczenia (www.gov.pl). W 2024 r. znów złote algi pojawiły się w Odrze w znacznej ilości i wywołały znaczące, liczone w tonach, straty w rybostanie. Zakwity były, tak jak poprzednio, najprawdopodobniej spowodowane przyczynami wieloczynnikowymi przy niskich stanach wód i wysokich temperaturach. Skuteczna okazała się neutralizacja złotych alg nadtleniem wodoru (perhydrolem), co przyczyniło się do znacznego ograniczenia rozprzestrzeniania złotych alg nawet w 90–99%. Jest to według badań bezpieczna metoda dla ryb i innych organizmów żywych, gdyż przy jej zastosowaniu nie pojawiają się szkodliwe związki w wodzie ani w osadach dennych. Podobny sukces odniesiono w 2025 r. (*Przełom 2024; Pierwszy 2025*).

W raporcie unijnym zaznaczono, że ze względu na postępującą zmianę klimatu wrażliwość rzek na zanieczyszczenia będzie coraz większa, a masowe zakwity złotych alg mogą się znów pojawić w Odrze i innych rzekach. Zarówno w przypadku Odry, jak i innych rzek transgranicznych, zaleceniem unijnym jak też wynikającym z umów dwustronnych i umowy trójstronnej jest dokładny

monitoring i jak najwcześniejsze powiadamianie pozostałych stron o występującym problemie (Unijna 2022).

Głównym problemem w walce o ograniczenie występowania złotych alg jest zbyt wysoki poziom zasolenia wód. Tu warto zauważyć, że obszary pokopalniane też będą musiały być odwadniane, nawet jak już kopalnie zostaną zamknięte. Ich rekultywacja może być utrudniona ze względu na to, że często występują problemy z ustaleniem następców prawnych nieruchomości. Monitoring zasolenia wód może być konieczny przez wiele lat (Ignacy 2025; Wawrzonek i in. 2024; Bo-Kyung Kim i in. 2025)³.

5. Case study Odrzy w Słubicach

Dla potrzeb pracy opracowano charakterystykę przepływów wodnych na Odrze w środkowym biegu rzeki w Słubicach (175,25 km). Odra stanowi tam granicę państwową z Niemcami. Po przeciwnej stronie rzeki znajduje się Frankfurt n. Odrą. Powierzchnia zlewni w tym przekroju wynosi $A = 53\,642,4 \text{ km}^2$ (dane IMGW-PIB). Stacja Słubice znajduje się w województwie lubuskim, powiecie słubickim. Sąsiadującą stacją pomiarową w górnym biegu rzeki jest Biała Góra, a w dolnym biegu – Kostrzyn n. Odrą (przy ujściu Warty, gdzie Odra rozpoczyna dolny bieg). Obie stacje też znajdują się przy granicy państwowej z Niemcami.

Codzienne dane o przepływach wodnych gromadzi IMGW-PIB. Są one podane według roku hydrologicznego, który jest liczony od listopada do października. Przykładowo wskaźnik miesiąca 1 w roku hydrologicznym 1987, to w roku kalendarzowym listopad 1986 r. Półrocze zimowe jest liczone od listopada do kwietnia, a letnie od maja do października. W celu dokonania charakterystyki przepływów wodnych pobrano dane dotyczące przepływów z bazy IMGW-PIB z każdego dnia z lat hydrologicznych 1951–2022. Badania dotyczyły przepływów wodnych na stacji pomiarowej w Słubicach. Było to łącznie 26 298 danych o przepływach wodnych. Dla potrzeb charakterystyki obliczono miary centralne: średnią arytmetyczną, medianę, dominantę (wartość modalną), a także minimum i maksimum oraz odchylenie standardowe. Scharakteryzowano asymetryczność rozkładu. Dane opracowano dla poszczególnych lat, a następnie analogiczne wartości obliczono dla poszczególnych miesięcy z lat hydrologicznych 1951–2022. Dla opisu przepływów charakterystycznych zastosowano klasyfikację zaproponowaną przez A. Byczkowskiego (Byczkowski

³ Dodatkowo, aby uzyskać dobrej jakości wodę z głębiej położonych zasobów, do pompowania, odsalania i oczyszczania jej, trzeba używać coraz większych zasobów energetycznych, co będzie się wiązać z dodatkowymi kosztami (więcej w: Rosińska 2024).

1996, s. 301–302), uwzględniającą wodne potrzeby w hydrotechnice, melioracji i inżynierii środowiska. Według niej wyróżnia się przepływy główne (pierwszego i drugiego stopnia) i okresowe. Przepływy główne pierwszego stopnia opisane w pracy to: wielkie przepływy (maksymalne) – WQ, średnie przepływy – SQ, niskie przepływy (minimalne) – NQ wyliczone na podstawie przepływów codziennych dla określonego okresu. W niniejszym zestawieniu opracowano je dla każdego roku. Oprócz tego wyróżnia się przepływy drugiego stopnia. Obliczane są one na podstawie wartości przepływów głównych pierwszego stopnia dla dłuższego okresu, w niniejszej pracy dla wielolecia 1951–2022. Wyróżniono: WWQ, SWQ, NWQ, gdzie WWQ jest najwyższym przepływem, zaobserwowanym w okresie wieloletnim, SWQ – średnim z najwyższych, NWQ – najniższym z najwyższych. W pracy zastosowano jeszcze SSQ – średni przepływ z wielolecia (średnioroczny przepływ średniej wody), ZQ – zwykajny przepływ z wielolecia (jako prawdopodobieństwo przekroczenia przepływu o 50%), SNQ – średni niski przepływ z wielolecia, którego wielkość $\pm 0,5$ jest podstawą do określania suszy hydrologicznej.

W analizowanym okresie średni przepływ z przepływów wieloletnich w latach hydrologicznych 1951–2022 na Odrze w przekroju Słubice SSQ_{1951–2022} wynosi 294,3 m³/s. Minimum dzienne z przepływów NNQ_{1951–2022} to 56,3 m³/s (dnia 29.09.1953), a maksimum WWQ_{1951–2022} to 2730 m³/s (dnia 28.07.1997). Jest to prawie pięćdziesięciokrotnie większy przepływ. Najwyższe przepływy powyżej 2500 m³/s zdarzały się w lipcu i sierpniu. W maju i we wrześniu zdarzały się przepływy wodne ok. 1800 m³/s. Warto dodać, że przepływy najwyższe wiążące się z przerywaniem wałów powodziowych i rozlaniem rzeki ze względu na trudności z pomiarem mogą być niedokładnie obliczone⁴. Na wykresie 2 przedstawiono charakterystyczne przepływy wysokie na Odrze w przekroju Słubice z lat 1951–2022 na tle SSQ i ZQ.

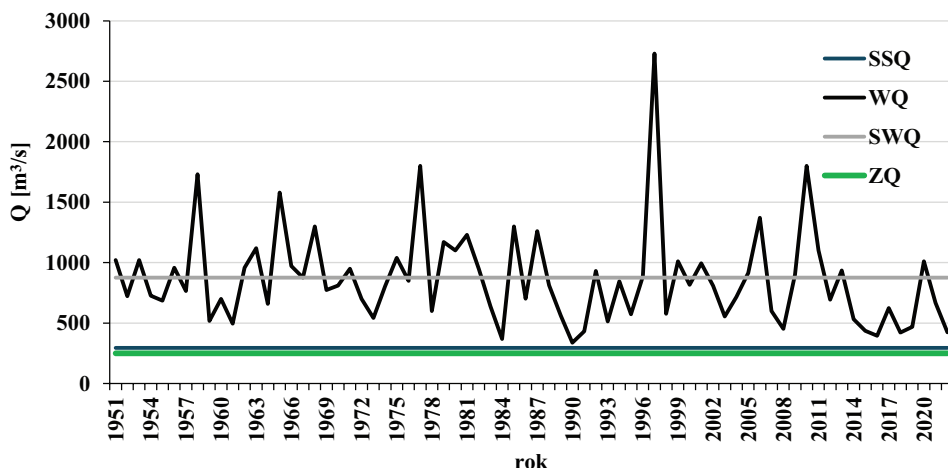
Znaczące powodzie na Odrze pojawiają się co kilka – kilkanaście lat (w latach: 1958, 1965, 1977, 1997, 2010) z przepływami powyżej 1500 m³/s. Największe powodzie występują w okresie letnim, a główną przyczyną są gwałtowne opady deszczu⁵. Fale powodziowe z rzeki głównej i z dopływu często nakładają się na siebie, przykładowo przy ujściu Nysy do Odry i Warty do Odry. Zdarzają się też gwałtowne, błyskawiczne powodzie wywołane uszkodzeniem i przerwa-

⁴ Przykładowo w literaturze wykazano, że ponowne obliczenia wielkości przepływów dokonane na podstawie map, dotyczące okresu powodzi na Odrze w lipcu 1997 r. okazały się inne dla kilku stacji pomiarowych niż te mierzone podczas powodzi. Niektóre wartości przepływów były dużo wyższe niż wcześniej obliczono, ale były też wartości niższe niż wcześniej ustalone (Banaszak 2019; Banasziak 2023).

⁵ Miesiące występowania: VI–X. Dużo mniejsze znaczenie dla powstania powodzi mają: topnienie śniegu i lodu (XII–IV), jednocześnie opady deszczu i roztopy (XII–IV), zatopy lodowe i śryżowe (XII–III) (za: Bartnik, Jokiel 2014; Dobrowolski i in. 2004).

niem zapór naturalnych lub sztucznych, powodujące nagłe zalanie terenu, często też bardzo duże zniszczenia (więcej w: Dobrowolski i in. 2004; O'Connor, Costa 2004). Takie katastrofy mogą występować dodatkowo podczas powodzi przez znacznie zwiększony napór wody na wały przeciwpowodziowe lub zapory. Tragiczna w skutkach powódź (z ofiarami śmiertelnymi i dużymi zniszczeniami) wystąpiła we wrześniu 2024 r.⁶ W Stroniu Śląskim wówczas dodatkowo doszło do uszkodzenia zapory i do gwałtownego zalania terenu.

Wykres 2. Charakterystyczne przepływy rzeczne na Odrze w Słubicach w latach: 1951–2022: WQ, SWQ, SSQ, ZQ



Źródło: opracowanie własne na podstawie codziennych danych pobranych z bazy danych IMGW-PIB.

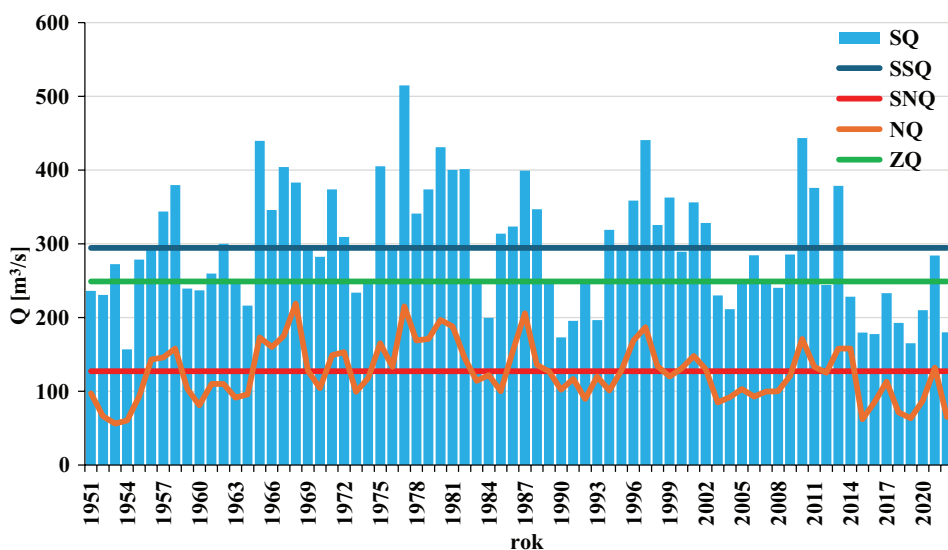
Warto wspomnieć, że we wcześniejszych latach na Odrze stosunkowo często pojawiało się zagrożenie zatorami lodowymi i powodzią zimowymi. W 1947 r. powódź zatorowa wystąpiła blisko Słubic. Pojawia się na skutek zamarzania lodu na pływaczach i tworzenia zatorów lub podczas roztopów (*Floods* 2004). Opracowano plany pogłębienia Odry do 1,8 m na całej długości od Szczecina do Wrocławia, aby umożliwić ewentualne akcje lodołamania, ale nie zostało to zrealizowane (Nachlik, Zaleski 1997).

Na wykresie 3 przedstawiono przepływy niskie NQ na tle przepływów średnich (SQ i SSQ) i zwyczajnych (ZQ). Wartości SQ są przedstawione na wykresie słupkowym, pozostałe liniowym. Najwyższe średnie roczne przepływy wystąpiły w 1976 r. o wartości powyżej 500 m³/s. Lata z wyższymi średnimi przepływami występują często w jednym ciągu, przykładowo: 1975–1983, podobnie jak lata z niższymi średnimi przepływami, przykładowo: 2014–2020.

⁶ Poza analizowanym okresem.

SNQ wynosi $127,14 \text{ m}^3/\text{s}$. Jest to wartość ponad dwukrotnie niższa od SSQ wynoszącej $294 \text{ m}^3/\text{s}$. Natomiast wartości NQ wahają się od $56,3 \text{ m}^3/\text{s}$ w 1953 r. do $219 \text{ m}^3/\text{s}$ w 1968 r. Znacząco niskie przepływy NQ wystąpiły w latach 50. XX w. oraz po 2015 r. Warto zauważyć, że również SQ były bardzo niskie po 2015 r.

Wykres 3. Charakterystyczne przepływy rzeczne na Odrze w Słubicach w latach 1951–2022: SQ, SSQ, NQ, SNQ, ZQ



Źródło: opracowanie własne na podstawie codziennych danych pobranych z bazy danych IMGW-PIB.

Na wykresie 4 zostały przedstawione charakterystyki przepływów dla poszczególnych miesięcy z wielolecia 1951–2022. Są to: średnie miesięczne z odchyleniem standardowym, przepływy zwyczajne – mediana ($ZQ_{\text{miesiąc, 1951–2022}}$) i wartości modalne (policzone dla przedziałów o rozpiętości 100, począwszy od 50).

Najniższe średnie przepływy miesięczne występują we wrześniu ($217,4 \text{ m}^3/\text{s}$) i październiku ($220,2 \text{ m}^3/\text{s}$), największe w kwietniu ($413,6 \text{ m}^3/\text{s}$) i marcu ($402,8 \text{ m}^3/\text{s}$). Generalnie średnie przepływy miesięczne są stosunkowo wysokie od lutego do maja.

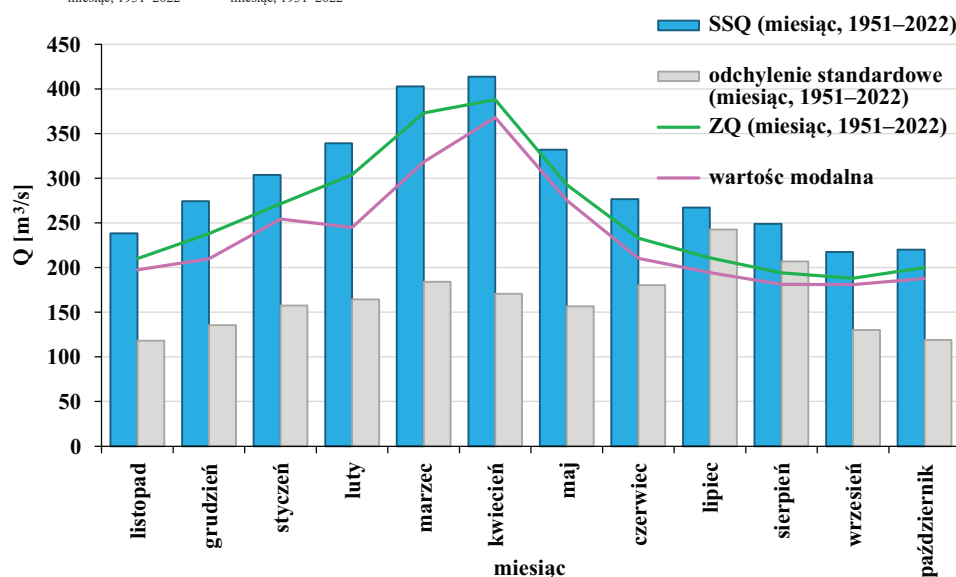
Najniższa wartość $ZQ_{\text{miesiąc, 1951–2022}}$ występuje we wrześniu – $188 \text{ m}^3/\text{s}$. Bardzo niska też jest w sierpniu – $194 \text{ m}^3/\text{s}$. Następnie rośnie do kwietnia, gdzie wynosi $388 \text{ m}^3/\text{s}$, po czym znacząco obniża się w następnych miesiącach. Zatem występuje ponad dwukrotna różnica w medianie pomiędzy wrześniem a kwietniem. Z kolei największa różnica między $SSQ_{\text{miesiąc, 1951–2022}}$ a $ZQ_{\text{miesiąc, 1951–2022}}$ występuje w lipcu, niewiele niższa różnica jest w sierpniu.

Największe wartości modalne występują w kwietniu, generalnie wysokie są od marca do maja, zaś najniższe od lipca do listopada. Największe różnice między wartością modalną a medianą występują od marca do maja. Wartość modalna roczna obliczona dla wielolecia znajduje się w przedziale 150–250 m³/s i wynosi 213,6 m³/s.

Wartość modalna znajduje się poniżej mediany, a ta poniżej średniej, co wskazuje na prawoskośność rozkładu. Na wysokość średniej duży wpływ wywierają najwyższe wartości przepływów wodnych. A z kolei niższe wartości mediany i dominanty wskazują na licznie występujące dni z niskimi wielkościami przepływów wodnych.

W lipcu i sierpniu występują największe wahania wielkości średnich przepływów dziennych na co wskazują wysokie wartości odchylenia standardowego. Wysokie wahania występują też w czerwcu. Najniższe z kolei występują w październiku i listopadzie.

Wykres 4. Przepływy średnie i zwyczajne w poszczególnych miesiącach na Odrze w Słubicach (SSQ_{miesiąc, 1951–2022}, ZQ_{miesiąc, 1951–2022})



Źródło: opracowanie własne na podstawie codziennych danych pobranych z bazy danych IMGW-PIB.

Podsumowując, w miesiącach letnich najczęściej występują zarówno bardzo wysokie, jak i bardzo niskie przepływy. W tym okresie prognozowanie wielkości przepływów wodnych na podstawie wieloletnich danych jest najmniej przewidywalne. Utrudnia to planowanie działań w zakresie gospodarki wodnej. Wysokie przepływy związane z występowaniem wody z brzegów są stosunkowo częste

dla Odry. Mogą wiązać się ze znacznymi stratami materialnymi, zwłaszcza gdy terasy zalewowe są zabudowane. Z kolei przy niskich przepływach wodnych dodatkowo zwiększa się presja na zasoby wodne (np. w sektorze rolniczym). Innym problemem związanym z niskimi przepływami jest utrudnione rozcieńczanie zanieczyszczeń lub ich neutralizacja. Przy niskich przepływach wody i wysokich temperaturach powietrza woda nagrzewa się szybciej, co w określonych warunkach może spowodować eutrofizację.

Analiza zmienności natężenia przepływu przeprowadzona dla stacji w Słubicach może stanowić początek do dalszych badań. Wskazane byłoby przeprowadzenie porównań z innymi stacjami w górnym i dolnym biegu rzeki oraz uwzględnienie zagospodarowania terenu w ocenie ryzyka i korzyści współpracy transgranicznej.

Podsumowanie

Główne wnioski dla gospodarki wodnej Polski na wodach transgranicznych ze szczególnym uwzględnieniem Odry:

- Korzystanie w Polsce w 80–90% z własnych zasobów wodnych, formowanych na własnym terytorium sprawia, że główny wpływ na jakość wód wywierają użytkownicy wewnętrzni, na których można w pewien sposób administracyjnie oddziaływać w zakresie poboru wód i zrzutu wód zużytych, w tym ścieków.
- Polska, Czechy i Niemcy mają podobne wysokie wymagania instytucjonalne w zakresie ochrony środowiska i wód. Są one związane z polityką i prawodawstwem unijnym, głównie RDW. Na obszarze międzynarodowego dorzecza Odry, podobnie jak w całej UE, jest stosowane jednolite zarządzanie zlewniowe i obowiązują te same normy dotyczące zanieczyszczeń. Pod kątem zarządzania wodami transgranicznymi jest to bardzo duża zaleta.
- Trzy państwa są zaangażowane we współpracę w gospodarce wodnej, gdyż przynosi ona korzyści ludności i gospodarce w rejonach przygranicznych. Natomiast warto dodać, że istnieją pewne różnice w PKB per capita, dostępnych zasobach wody i zużyciu wody na mieszkańca w poszczególnych krajach, a także zagospodarowaniu terenu dorzecza. Zatem potrzeby mieszkańców i gospodarek państw w zakresie ochrony oraz wykorzystania wód mogą nieznacznie różnić się między państwami.
- Umowy w zakresie międzynarodowego zarządzania wodami transgranicznymi obejmują szeroki zasięg oddziaływania, m.in. zakładają współpracę w pewnych obszarach (np. wspólne opracowywanie planów

ostrzegawczych przy powodzi), wspólne pomiary parametrów wody w wyznaczonych terminach, informowanie się wzajemnie o planowanych przedsięwzięciach w gospodarce wodnej oraz ostrzeganie o zagrożeniach.

- Warto podkreślić, że jedną z najważniejszych zalet umów międzynarodowych jest informowanie wzajemne o sytuacjach awaryjnych, co może pozwolić drugiej stronie na podjęcie pewnych działań przygotowawczych.
- Przykładem efektywnej współpracy międzynarodowej jest wspólne projektowanie wałów przeciwpowodziowych na wodach transgranicznych przez przedstawicieli Polski i Czech.
- Pożądanym podejściem byłoby, aby kwestie zagospodarowania terenu i budownictwa wodnego w państwie położonym w górnym biegu rzeki wywierające wpływ na terytoria państw położonych na odcinku dolnym mogły być przekazywane w formie informacji oraz (w miarę możliwości i szacunku dla suwerenności) uzgadniane z pozostałymi stronami.
- Wykazano, że w Słubicach (środkowy bieg rzeki) występuje duża zmienność przepływów wodnych, co może wywoływać powodzie lub susze, a niskie stany wód utrudniają rozcieńczanie i neutralizację zanieczyszczeń. Warto też dodać, że wahania przepływów wodnych w Słubicach są mniejsze niż w górnym biegu rzeki. Wskazuje to na konieczność ciągłej współpracy międzynarodowej na wodach transgranicznych, którą należy zacieśnić zwłaszcza w miesiącach letnich, aby zwiększyć bezpieczeństwo związane z wodą oraz zaopatrzeniem w wodę dla ludności i gospodarki w rejonach przygranicznych.
- Niskie przepływy wód, a także wyższe temperatury (wiążące się też ze zwiększonym parowaniem) wymagają działań ochronnych dla wód, aby nie doprowadzić do katastrofy ekologicznej.

Charakterystyka ilościowa i jakościowa wód, które wpływają na dane terytorium, w dużym stopniu może zależeć od użytkowania i wykorzystania wód w wyższych biegach rzek, a przy różnych jurysdykcjach może to stanowić znaczący problem. Gospodarowanie transgranicznymi zasobami wodnymi w imię zasad zrównoważonego rozwoju przy dbałości o stan ekologiczny wód stanowi duże wyzwanie. Wobec tego konieczne jest interdyscyplinarne podejście do gospodarki wodnej i jednocześnie ujmowanie kwestii hydrologicznych, administracyjno-prawnych, międzynarodowych, ekonomicznych, środowiskowych i gospodarczych.

Bibliografia

- Banasiak R. (2019), *Verification of the Peak Flow Rates of the July 1997 Flood in the Upper and Middle Odra River*, „Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus”, 18(1): 3–14. <https://doi.org/10.15576/ASP.FC/2018.17.4.5>
- Banasiak R. (2023), *ODRA 2D – Two-Dimensional Cascade Flood Modelling for the Odra River – Development and Applications*, „Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus”, 22(3): 97–108. <https://doi.org/10.15576/ASP.FC/2023.22.3.14>
- Bartnik A., Jokiel P. (2011), *Geografia wezbrań i powodzi rzecznych*, Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego. <https://doi.org/10.18778/7525-716-8>
- Bartnik A., Jokiel P. (2014), *Maximum Discharges and Maximum Runoffs in Poland*, [w:] E. Kobjek, T. Marszał (red.), *Natural Environment of Poland, and its Protection in Łódź Geographical Research*, Lodz: Lodz University Press.
- Baza danych dotyczących dobowych przepływów wodnych IMGW-PIB, https://dane.imgw.pl/data/dane_pomiarowo_obserwacyjne/dane_hydrologiczne/dobowe/ (dostęp: 30.08.2024).
- Bogdanowicz E., Karamus E., Markiewicz I., Kochanek K. (2022), *The Dynamics of Low Flows Characteristics and Exposure to Hydrological Drought along the River Vistula and in its Basin*, Publications of the Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences Geophysical Data Bases, Processing and Instrumentation, 443 (E-13): 41–46. https://doi.org/10.25171/InstGeoph_PAS_Publs-2022-041, International Symposium on Drought and Climate Change, 24–25 November 2022.
- Bo-Kyung Kim, Dong Hyeon Kim, Jin Hwan Hwang (2025), *Impact of Water Residence Time and Stratification on Water Quality Improvement of an Artificial Brackish Waterway*, „Journal of Hydrology: Regional Studies”, 57, 102091. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.102091>
- Byczkowski A. (1996), *Hydrologia. Tom 1*, Warszawa: SGGW.
- Chenkai Cai, Caijie Yang, Xuan Lu, Yan Chen, Jinhua Wen, Jing Wang, Ruotong Wang, Zupeng Zhang, Xinyi Shen (2024), *Industrial Water Consumption Index: A New Bridge between Water Consumption and Socioeconomic Development*, „Water Resources and Industry”, 32, 100270. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2024.100270>
- Dobrowolski A., Czarnecka H., Ostrowski J., Zaniewska M. (2004), *Floods in Poland from 1946 to 2001 – Origin, Territorial Extent and Frequency*, Polish Geological Institute Special Papers, 15: 69–76 (Proceedings of the Conference: „Risks caused by the geodynamic phenomena in Europe”).
- Dwudzieste dziewięte posiedzenie polsko-niemieckiej komisji ds. wód granicznych*, 13–14.09.2022, Drezno.

- Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej*, 32000L0060, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0060> RDW
- Eurostat, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00001/default/table?lang=en&category=t_env.t_env_wat (dostęp: 1.09.2024).
- Fiedor B., Graczyk A., Jakubczyk Z., Czaja S. (2002), *Podstawy ekonomii środowiska i zasobów naturalnych*, Warszawa: C.H. Beck.
- Floods in Poland from 1946 to 2001 – Origin, Territorial Extent and Frequency* (2004), Polish Geological Institute Special Papers, 15: 69–76 (Proceedings of the Conference: „Risks caused by the geodynamic phenomena in Europe”).
- Haoran Hao, Ningpeng Dong, Mingxiang Yang, Xin Huang, Hejia Wang, Hao Wang (2025), *Drought Characteristics and Propagation under Anthropogenic Impacts: A Regional-Scale Modelling Analysis in Four Large Basins of China*, „Journal of Hydrology: Regional Studies”, 57, 102093. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.102093>
- Ignacy D. (2025), *The Hydrological Hazard in Artificially-Drained Mining and Post-Mining areas – A Significant Environmental Aspect Requiring Systemic Management*, „Water Resources and Industry”, 33. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2024.100275>
- Jokiel P. (2016), *Przepływy i odpływy maksymalne w środkowej Polsce*, „Geography and Tourism”, 4(2): 7–21. <https://doi.org/10.5281/zenodo.223899>
- Jones B.T. (2008), *Legislation and Policies relating to Protected Areas, Wildlife Conservation, and Community. Rights to Natural Resources in countries being partner in the Kavango Zambezi Transfrontier Conservation Area*, 12.2008, http://www.tbpa.net/docs/publications/18_KAZA%20Policy%20Review_Dec08.pdf (dostęp: 30.03.2024).
- Kałuski S. (2007), *Atrakcyjność turystyczna rzek granicznych a kształtowanie się więzi międzyregionalnych*, „Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG”, VII: *Przyroda – Krajobraz – Człowiek*: 411–417.
- Klimat Polski 2022*, https://archiwum.imgw.pl/sites/default/files/2023-09/klimat-polski-2022_raport-koncowy-3.pdf (dostęp: 23.01.2024).
- Konwencja o ochronie i użytkowaniu cieków transgranicznych i jezior międzynarodowych*, Helsinki, 1992.03.17. Dz.U. 2003.78.702.
- Magnuszewski A. (2024), *Gospodarka wodna w Polsce*, Monografie Komitetu Gospodarki Polskiej Akademii Nauk, Warszawa, <https://www.gov.pl/web/wody-polskie/podstawowe-informacje> (dostęp: 12.02.2025).
- Międzynarodowa Komisja do Spraw Ochrony Odry przed Zanieczyszczeniem (2015), *Plan zarządzania ryzykiem powodziowym na międzynarodowym obszarze dorzecza Odry*, Wrocław.

- Miłaszewski R. (2016), *Wykorzystanie zasobów wodnych w Polsce*, [w:] S. Czaja, A. Graczyk (red.), *Ekonomia i środowisko. Księga jubileuszowa Profesora Bogusława Fiedora*, Wrocław.
- Ministerstwo Klimatu i Środowiska (2023), *Konkrety dla Odry. Systemowe działania w ramach ochrony przed zakwitami „złotej algi”*.
- Mumme S. (2022), *Managing Transboundary Groundwater Along the Border: Is Progress Possible?*, Baker Institute, August 24.
- Nachlik E., Zaleski J. (1997), *Działania rządu i parlamentu po 1997 r. w sferze ochrony przeciwpowodziowej*, Kancelaria Senatu, Biuro Analiz i Dokumentacji, Dział Analiz i Opracowań Tematycznych, opinie i ekspertyzy, OE 132.
- O'Connor J.E., Costa J.E. (2004), *The World's Largest Floods, Past and Present: Their Causes and Magnitudes*, U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey.
- Oświadczenie rządowe z dnia 8 lipca 2002 r. w sprawie mocy obowiązującej Konwencji o ochronie i użytkowaniu cieków transgranicznych i jezior międzynarodowych, sporządzonej w Helsinkach dnia 17 marca 1992 r., Dz.U. 2003.78.703.
- Pierwszy duży zakwit złotej algi w 2025 powstrzymany, glon nie dostał się do Odry (2025), <https://www.gov.pl/web/klimat/pierwszy-duzy-zakwit-zlotej-algi-w-2025-powstrzymany-glon-nie-dostal-sie-do-odry> (dostęp: 12.07.2025).
- Plan gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Odry (2011), Warszawa: Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej.
- Plan zarządzania ryzykiem powodziowym na międzynarodowym obszarze dorzecza Odry (2015), Wrocław.
- Poniatowicz M. (2000), *Współpraca transgraniczna jako czynnik rozwoju regionalnego*, [w:] H. Podedworny, J. Grabowiecki, H. Wnorowski (red.), *Współpraca gospodarcza Polska – Wschód: uwarunkowania i perspektywy rozwoju*, Białystok: Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku.
- Protokół z 3 posiedzenia komisji polsko-czeskiej do spraw wód granicznych, Wrocław 15–18 listopada 2018, 9_PROTOKÓŁ_PL-CZ_2018(1).pdf (dostęp: 16.03.2025).
- Protokół z 4 posiedzenia komisji polsko-czeskiej do spraw wód granicznych, Republika Czeska, 22–23.10.2019, 11_PROTOKÓŁ_PL-CZ_2019.pdf (dostęp: 16.03.2025).
- Przegląd meldunków zgłoszonych zgodnie z Międzynarodowym Planem Ostrzegawczo Alarmowym dla Odry (MPOA) w okresie od 1 stycznia do 31 grudnia 2024 roku, Międzynarodowa Komisja Ochrony Odry przed Zanieczyszczeniem, Wrocław 2025, <https://www.mkoo.pl/show.php?fid=8563&lang=PL> (dostęp: 16.03.2025).
- Przełom w walce ze złotą algą. Neutralizacja złotej algi. To może być przełom (2024), TVP INFO, <https://www.tvp.info/82138745/neutralizacja-zlotej-algi-to-moze-byc-przelom> (dostęp: 5.09.2024).

- Radczuk L. (2008), *Modelowanie procesów hydrologicznych w dorzeczu górnej i środkowej Odry*, Wrocław: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.
- Radelyuk I., Zhang L., Assanov D., Maratova G., Tussupova K. (2022), *A State-of-the-art and Future Perspectives of Transboundary Rivers in the Cold Climate – A Systematic Review of Irtysh River*, „Journal of Hydrology: Regional Studies”, 42, 101173. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101173>
- Raport NIK (2023), *Działania podmiotów publicznych w związku z kryzysem ekologicznym na rzece Odrze*, <https://www.nik.gov.pl/plik/id,28435,vp,31265.pdf> (dostęp: 30.03.2024).
- Renewable freshwater resources – long-term annual average*, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Renewable_freshwater_resources_-_long-term_annual_average.png (dostęp: 11.02.2025).
- Retencja*, <http://www.gov.pl/web/retencja/czym-jest-retencja>, <http://www.gov.pl/web/retencja/zasoby-wodne-i-retencja> (dostęp: 10.07.2025).
- Rosińska W., Jurasz J., Przestrzelska K., Wartalska K., Kaźmierczak B. (2024), *Climate Change's Ripple Effect on Water Supply Systems and the Water-Energy Nexus – A Review*, „Water Resources and Industry”, 32, 100266. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2024.100266>
- Sanchez R., Kikoyo D., Yang L. (2024), *Effective Transboundary Aquifer Areas between Mexico and the United States: A Border-Wide Approach*, „Journal of Hydrology: Regional Studies”, 56, 102003. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.102003>
- Shuaibu A., Kalin R.M., Vernon Phoenix V., Lawal I.M. (2025), *Geochemical Evolution and Mechanisms Controlling Groundwater Chemistry in the Transboundary Komadugu–Yobe Basin, Lake Chad Region: An Integrated Approach of Chemometric Analysis and Geochemical Modeling*, „Journal of Hydrology: Regional Studies”, 57, 102098. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.102098>
- Statistics, Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/ten00001?lang=en> (dostęp: 30.04.2024).
- Teo C.J., Poinapen J., Hofman J.A.M.H., Wintgens T. (2025), *Assessing Water Dependencies and Risks in Dutch Industries: Distribution, Consumption and Future Challenges*, „Water Resources and Industry”, 33. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2025.100279>
- Thier A. (2020), *Ocena stanu zasobów wodnych i analiza nakładów gospodarczych na zaopatrzenie w wodę w Polsce na tle krajów europejskich*, [w:] T. Walczykiewicz (red.), *Współczesne problemy gospodarki wodnej w kontekście zagospodarowania przestrzennego*, Warszawa: IMGW.
- Trzydzieste posiedzenie Polsko-Niemieckiej Komisji do spraw Wód Granicznych*, Szczecin, Rzeczpospolita Polska, 6–7 czerwca 2023 r., <https://www>.

gov.pl/web/infrastruktura/podsumowanie-wspolpracy-polsko-niemieckiej-w-roku-2023 (dostęp: 12.01.2025).

Umowa między Rządem Rzeczypospolitej Polskiej a Rządem Republiki Czeskiej o współpracy na wodach granicznych w dziedzinie gospodarki wodnej (2015), sporządzona w Pradze dn. 20 kwietnia 2015 r.

Umowa między Rzeczpospolitą Polską a Republiką Federalną Niemiec o współpracy w dziedzinie gospodarki wodnej na wodach granicznych, sporządzona w Warszawie dn. 19 maja 1992 r., Dz.U. z 1997 r., nr 11, poz. 56.

Umowa w sprawie Międzynarodowej Komisji Ochrony Odry przed Zanieczyszczeniem z dnia 11 kwietnia 1996 roku, Dz.U. z 1999 r., nr 79, poz. 886.

Unijna analiza katastrofy ekologicznej na Odrze w 2022 r., JRC Technical Report, Luksemburg, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, 2023, ISBN 978-92-68-03256-5.

Wang J., Wei J., Shan W., Zhao J. (2023), *Modeling the Water-Energy-Food-Environment Nexus and Transboundary Cooperation Opportunity in the Brahmaputra River Basin Jiaqing*, „Journal of Hydrology: Regional Studies”, 49, 101497. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101497>

Water statistics, Water statistics – Statistics Explained, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics#Wastewater_treatment_and_disposal (dostęp: 30.04.2024).

Wawrzonek K., Wątor K., Topolewski M., Kasprzak A., Kmiecik E. (2024), *Groundwater Potential in Mining Regions for Drinking Water Supply: A Case Study of the Zelatowa Intake (Chrzanow, Poland)*, „Water Resources and Industry”, 32, 100272. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2024.100272>

Współpraca międzynarodowa w gospodarce wodnej, <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/wspolpraca-miedzynarodowa-w-gospodarce-wodnej> (dostęp: 28.08.2024).

Współpraca polsko-czeska – Ministerstwo Infrastruktury – Portal Gov.pl, <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/wspolpraca-polsko--czeska> (dostęp: 16.03.2025).

Współpraca polsko-niemiecka – Ministerstwo Infrastruktury – Portal Gov.pl, <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/wspolpraca-polsko---niemiecka> (dostęp: 30.05.2024).

Zasoby wodne w Polsce, https://przyjaznykraj.pl/wp-content/uploads/2021/06/Fundacja_Przyjazny_Kraj_Raport_Zasoby-wodne-w-Polsce_29062021.pdf (dostęp: 30.03.2024).

Zawahri N. (2018), *The Governance of Transboundary Rivers Across the World*, <https://www.europenowjournal.org/2018/12/10/the-governance-of-transboundary-rivers-across-the-world> (dostęp: 30.03.2024).

- Zawahri N., Mitchel D. (2018), *Assessing the Indus Waters Treaty from a Comparative Perspective*, „Water International”, 43(2): 1–17. <https://doi.org/10.1080/02508060.2018.1498994>
- Zeitoun M., Warner J. (2006), *Hydro-Hegemony – A Framework for Analysis of Trans-Boundary Water Conflicts*, „Water Policy”, 8(5). <https://doi.org/10.2166/wp.2006.054>
- <http://atlas2022.uw.edu.pl/mapa-tygodnia-nowe-granice-polski> (dostęp: 30.12.2024).
- <https://www.gov.pl/web/odra/ekspert-wyjasnia-dlaczego-w-2023-roku-nie-wystapil-toksyczny-zakwit-zlotej-algi-w-nurcie-odry-podsumowanie> (dostęp: 30.12.2024).