

PRÓBA OCENY PODATNOŚCI KARPACKICH JEZIOR ZAPOROWYCH NA DEGRADACJĘ WÓD

Joanna Żegleń, Łukasz Wiejaczka

Żegleń J., Wiejaczka L., 2015: Próba oceny podatności karpackich jezior zaporowych na degradację wód (*An attempt to assess the vulnerability of the Carpathian artificial lakes to degradation of water*), *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, Vol. 17, s. 79-87.

Zarys treści: Jednym z podstawowych ekologicznych problemów w obrębie geosystemów akwenów wodnych jest ich podatność na degradację. W opracowaniu dokonano oceny podatności karpackich jezior zaporowych (zbiorników retencyjnych) na degradację wód. Praca ukierunkowana jest na syntetyczne przedstawienie podatności zbiorników retencyjnych na degradację wód w zależności od parametrów i funkcji poszczególnych obiektów. Z przeprowadzonej analizy wynika, że większość rozpatrywanych karpackich jezior zaporowych zgodnie z wytycznymi Systemu Oceny Jakości Jezior (SOJJ) mieści się w II kategorii podatności na degradację wód, oznaczającej umiarkowaną odporność na wpływy zewnętrzne.

Słowa kluczowe: jeziora zaporowe, zbiorniki retencyjne, degradacja wód, polskie Karpaty

Key words: artificial lakes, reservoirs, water degradation, Polish Carpathians

Joanna Żegleń, Instytut Geografii, Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN w Krakowie, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków, e-mail: joannazeglen@gmail.com

Łukasz Wiejaczka, Zakład Badań Geośrodowiska IGiPZ PAN, ul. Św. Jana 22, 31-018 Kraków, e-mail: wieja@zg.pan.krakow.pl

1. Wprowadzenie

Zbiorniki retencyjne są podstawowymi obiektami gospodarki wodnej oraz największymi budowlami hydrotechnicznymi, których głównym zadaniem jest racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi. Ich praca przejawia się w czasowym magazynowaniu wody, przez co stają się podobne do jezior naturalnych (Dynowska 1995).

Zbiorniki retencyjne stanowią integralną część rozwoju cywilizacyjnego społeczeństw jednakże ich budowa i funkcjonowanie prowadzi do przekształceń szeroko rozumianego środowiska przyrodniczego, a także niesie konsekwencje dla człowieka bytującego w miejscu lub sąsiedztwie ich lokalizacji. Skutkiem budowy zbiorników retencyjnych są m.in. nieodwracalne zamiany w ekosystemach lokalnych,

a także trwałe, negatywne zmiany ekologicznego stanu wód (Traczewska 2012). Skala i zasięg oddziaływania zbiorników na poszczególne elementy środowiska przyrodniczego są dla każdego obiektu hydrotechnicznego inne, stąd zachodzi potrzeba monitorowania zmian środowiskowych spowodowanych ich funkcjonowaniem (Wiejaczka 2011).

Jednym z podstawowych ekologicznych problemów w obrębie geosystemów sztucznych jezior jest degradacja ich wód. Według encyklopedii PWN (1983) degradacja to proces niszczenia środowiska i jego zasobów. W przeciwieństwie do wód płynących, zbiorniki wodne charakteryzują się większą podatnością na degradację, dlatego, że są narażone na dostarczanie różnych rodzajów materii ze zlewni i jej akumulację w ich obrębie (Miazga 2013). Nastę-

stwem zanieczyszczenia zbiorników są niekorzystne zmiany gatunkowe biocenozy, pogorszenie jakości wód, a tym samym utrata wartości użytkowych akwenów wodnych (Berkowska, Paluch 1992).

Stan ekologiczny wód powierzchniowych w ciekach naturalnych, jeziorach lub innych zbiornikach naturalnych, wodach przejściowych oraz wodach przybrzeżnych ocenia się na podstawie wyników klasyfikacji elementów fizykochemicznych, biologicznych i hydromorfologicznych (Rozporządzenie Ministra Środowiska; Dz.U. z dnia 30 października 2014 r.). Dostarczanie wiedzy o stanie ekologicznym i chemicznym jezior Polski, niezbędnej do gospodarowania wodami w dorzeczeniach, w tym do ich ochrony przed eutrofizacją i zanieczyszczeniami antropogenicznymi jest jednym z zadań Programu Państwowego Monitoringu Środowiska (Główny Inspektorat Ochrony Środowiska 2012).

W Polsce ocenę podatności na degradację wód przeprowadzano głównie dla jezior naturalnych lub dla wybranych zbiorników zaporowych (np. Gołyn i in. 1996, Grzywna 2015). Brakuje syntetycznego opracowania dla większej liczby zbiorników retencyjnych. Odpowiednim obszarem do tego typu badań są Karpaty gdzie skoncentrowane jest kilkanaście dużych zbiorników retencyjnych o zróżnicowanych funkcjach i parametrach. W Polsce istnieje ponad 100 zbiorników retencyjnych o całkowitej pojemności powyżej 1 mln m³, a maksymalna objętość wody, którą mogą zmagazynować wynosi ok. 4 mld m³. W polskich Karpatach istnieje aż 14 tego typu zbiorników, a ich łączna pojemność wynosi aż 1,2 mld m³ (Wiejaczka 2010).

Celem niniejszej pracy jest próba oceny podatności karpacckich jezior zaporowych na degradację wód. Praca ukierunkowana jest na syntetyczne przedstawienie podatności zbiorników retencyjnych na degradację wód w zależności od parametrów i funkcji poszczególnych obiektów. Prezentowane wyniki badań zostały opracowane w ramach pracy magisterskiej J. Żegleń (2015) w Instytucie Geografii Uniwersytetu Pedagogicznego im. KEN w Krakowie.

W literaturze można znaleźć sporo publikacji na temat zbiorników retencyjnych w Polsce, dokumentujących ich wpływ na środowisko przyrodnicze. W badaniach tych główną uwagę poświęca się m.in. oddziaływaniu zbiorników retencyjnych na: reżim hydrologiczny rzek, właściwości fizykochemiczne oraz chemizm wód rzecznych, morfologię dolin i koryt rzecznych, zagospodarowanie przestrzenne, krajobraz kulturowy dolin, czy interpretacji warunków akumulacji osadów dennych (m.in. Achrem, Gierszewski 2007, Wiejaczka 2011).

Jednym z mało poruszanych problemów jest podatność zbiorników retencyjnych na degradację wód. Wśród opracowań dotyczących tego zagadnienia można wymienić opracowanie Miazgi (2013), w którym dokonano oceny naturalnej podatności na degradację oraz jakość wód zbiornika Wapiennica. W przypadku zbiorników karpacckich badania podatności na degradację wykonywano w odniesieniu do zbiornika czchowskiego przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Tarnowie (www.wios.tarnow.pl). Zbiornik Czchów charakteryzuje się umiarkowaną odpornością na wpływy zewnętrzne, co kwalifikuje go do II kategorii podatności na degradację wód.



Ryc. 1. Lokalizacja zbiorników retencyjnych w obrębie polskich Karpat
 Fig. 1. Localization of reservoirs within the Polish Carpathians

2. Przedmiot i obszar badań

Przedmiotem podjętych badań są jeziora zaporowe funkcjonujące w biegu rzek karpaccich na obszarze Polski. Badaniami zostało objętych 13 zbiorników retencyjnych (ryc. 1). Są to zarówno zespoły zbiorników zaporowych jak i pojedyncze obiekty. Ich główną funkcją jest regulacja stosunków wodnych na obszarze polskich Karpat, stanowiącego dorzecze górnej Wisły (Wiejaczka 2010). Ogółem polskie Karpaty zajmują powierzchnię 19,6 tys. km², z czego 87% powierzchni to Karpaty Zachodnie i 13% Karpaty Wschodnie. Na obszarze Polski Karpaty przebiegają łukiem o długości 330 km i stanowią 9,3% całkowitej powierzchni Karpat i ok. 6% ogólnej powierzchni kraju. Biorąc pod uwagę wielkość zajmowanego obszaru dominują tu Zewnętrzne Karpaty Zachodnie o powierzchni 16 tys. km², które występują jako góry średnie, czyli przede wszystkim Beskidy z najwyższym szczytem na Babiej Górze wynoszącym 1725 m n.p.m.; pagórkowate Pogórza sięgające do 500 m n.p.m. oraz śródgórskie kotliny od 250 do 400 m n.p.m (Warszyńska 1995).

Rzeki na obszarze polskich Karpat zasilane są wodami pochodzącymi z opadów, topnienia śniegu oraz drenażu wód podziemnych. Średni odpływ całkowity na obszarze Karpat jest bardzo zróżnicowany w zależności od regionu czy zmieniających się nieco warunków klimatycznych. Najwięcej wody odpływa w najwyższych partiach Tatr, a najmniej w okolicach pogórzy. Obszar Karpat cechuje słaba retencja podłoża, które tworzą głównie utwory fliszu karpacciego (piaskowce i łupki). Wezbrania w Karpatach formują się w dwóch porach roku – latem z opadów deszczu oraz na wiosnę wraz z topnieniem pokrywy śnieżnej. Występuje regionalne zróżnicowanie wezbrań w zależności od rodzaju zasilania. Wysokie i gwałtowne wezbrania opadowe występują latem. Okresy o małych przepływach, czyli niżówki występują najczęściej w okresie jesienno-zimowym i są spowodowane słabym zasilaniem opadowym i retencją wody w pokrywie śnieżnej (Dynowska 1995).

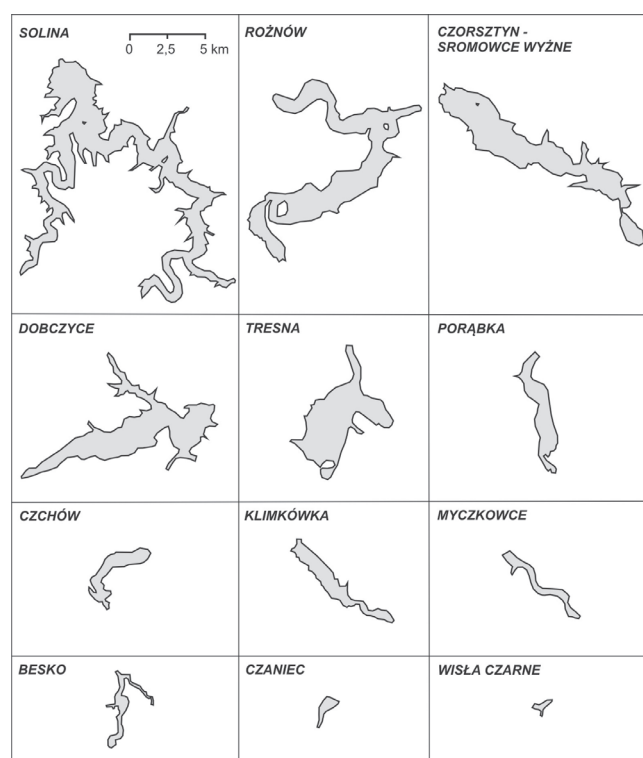
3. Metodyka badań

Ocenę podatności wód jeziornych na degradację wykonuje się na podstawie wytycznych Systemu Oceny Jakości Jezior (SOJJ). Problematyka oceny i klasyfikacji wód była rozwijana w Samodzielnej Pracowni Ochrony Jezior, funkcjonującej aktualnie pod nazwą Zakład Metod Oceny i Monitoringu Wód. W latach 70. badania jednostki koncentrowały się na ustaleniu kryteriów oceny jezior i już w 1979 roku zgłoszono propozycję SOJJ w Polsce. System ten umożliwia ocenę podatności jezior

na degradację, a także klasyfikację stanu czystości wód jeziornych na podstawie wskaźników morfometrycznych, hydrograficznych oraz zlewniowych. Określenia stopnia degradacji dokonuje się za pomocą wskaźników oceny jakości wód, których wartości odnosi się do specjalnie opracowanych klas (Kudelska i in. 1994).

Zgodnie z wytycznymi tego systemu określono naturalne warunki fizycznogeograficzne zbiorników oraz obliczono wskaźniki hydromorfometryczne. Na podstawie ustalonych klas określono podatność na degradację poszczególnych zbiorników. Następnie zestawiono ze sobą wyniki badań, aby kolejno porównać je i dokonać syntetycznej oceny podatności wód poszczególnych zbiorników na degradację.

W pracy wykorzystano materiały: udostępnione przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie, publikowane w literaturze oraz na stronach internetowych dotyczących karpaccich zapór i zbiorników wodnych. Informacje zawarte w analizie pozyskano także w drodze wywiadów z osobami pracującymi na poszczególnych zaporach wodnych. Wykorzystano także materiały kartograficzne w postaci Mapy Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1: 10000 w celu określenia długości linii



Ryc. 2. Karpaccie zbiorniki retencyjne w kolejności od największego do najmniejszego pod względem powierzchni; skala: 1:125 000 (oprac. własne ma podstawie *Hydrograficznej mapy Polski*)

Fig. 2. Carpathian reservoirs in order from the largest to the smallest in terms of area; Scale: 1:125 000 (own study based on *Hydrographic Map of Poland*)

brzegowej poszczególnych zbiorników, a także analizy kształtu i wielkości omawianych akwenów.

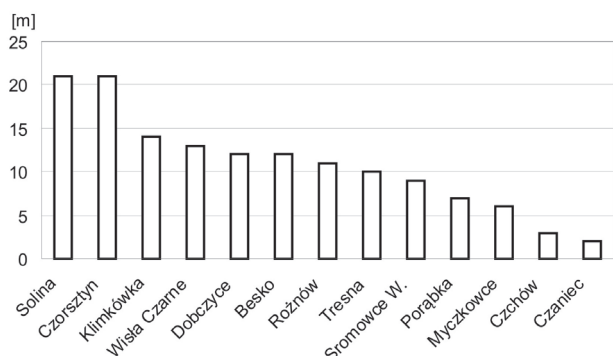
Podatność zbiorników wodnych na degradację określana jest w odniesieniu do trzech grup czynników: zlewniowych, czyli elementów charakterystycznych dla zlewni bezpośredniej i pośredniej, morfometrycznych, czyli elementy opisujące kształt, wielkość i budowę zbiornika oraz hydrologicznych, czyli stosunków wodnych panujących na obszarze lokalizacji danego zbiornika. Wskaźniki te, stosowane są zwykle do jezior naturalnych, jednakże można je również wykorzystywać przy analizie zbiorników zaporowych.

Wyróżnia się I, II oraz III klasę podatności wód na degradację, a dodatkowo wody poza kategorią, czyli akwenu skrajnie zdegradowane. O przynależności jezior do konkretnej kategorii podatności decyduje średnia z punktacji przyporządkowanej poszczególnym wskaźnikom (Kudelska i in. 1994).

4. Wyniki i dyskusja

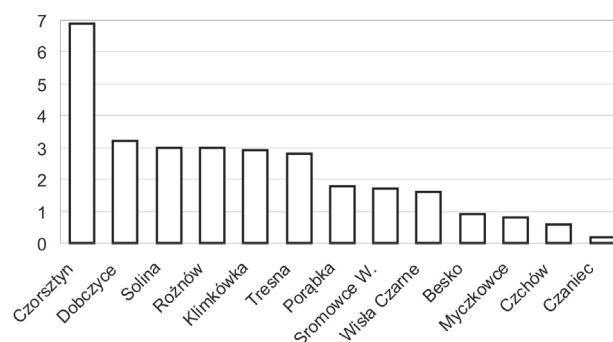
Biorąc pod uwagę średnią głębokość zbiorników (ryc. 3) wyróżniono osiem zbiorników (Solina, Czorsztyn, Klimkówka, Wisła Czarne, Dobczyce, Besko, Rożnów, Tresna) bardzo głębokich powyżej 10 m, klasyfikujących się w I kategorii podatności na degradację. Oznacza to, że zbiorniki te są w najmniejszym stopniu podatne na degradację, gdyż mogą magazynować więcej wody niż zbiorniki płytkie.

Pozostałe zbiorniki są bardziej zagrożone degradacją wód, ponieważ im zbiornik płytszy tym bardziej podatny na degradację. Trzy zbiorniki o głębokości między 9–5 m (Sromowce Wyżne, Porąbka, Myczkowce), znalazły się w II kategorii, natomiast jeden akwen – Myczkowce, jako średnio głęboki obiekt (3–5 m) zaklasyfikowano do III kategorii. Czaniec, jako akwen płytki o głębokości poniżej 3 m znalazł się poza kategorią podatności na degradację.



Ryc. 3. Średnia głębokość karpacczych zbiorników retencyjnych
Fig. 3. The average depth of the Carpathian reservoirs

Wskaźnikiem, który dostarcza informacji o możliwości dostania się do wód zbiornika biogenów oraz innych zanieczyszczeń ze zlewni jest stosunek objętości zbiornika do długości jego linii brzegowej. Jeżeli linia brzegowa jest krótka, a objętość jeziora duża istnieje mniejsze prawdopodobieństwo zanieczyszczenia zbiornika, gdyż mamy mniejszą powierzchnię z jakiej mogą dostawać się zanieczyszczenia z ewentualnych spływów powierzchniowych. Pod względem stosunku objętości zbiornika do długości jego linii brzegowej (ryc. 4) w I kategorii podatności na degradację znajduje się tylko jeden akwen – Czorsztyn. Pięć zbiorników sklasyfikowano w II (Dobczyce, Solina, Rożnów, Klimkówka, Tresna) oraz w III kategorii (Porąbka, Sromowce Wyżne, Wisła Czarne, Besko, Myczkowce). Dwa zbiorniki klasyfikują się poza kategorią. Są to Czaniec i Czchów.



Ryc. 4. Stosunek objętości zbiornika do długości linii brzegowej dla poszczególnych karpacczych zbiorników retencyjnych
Fig. 4. The ratio of reservoir volume to length of the shoreline for individual Carpathian reservoirs

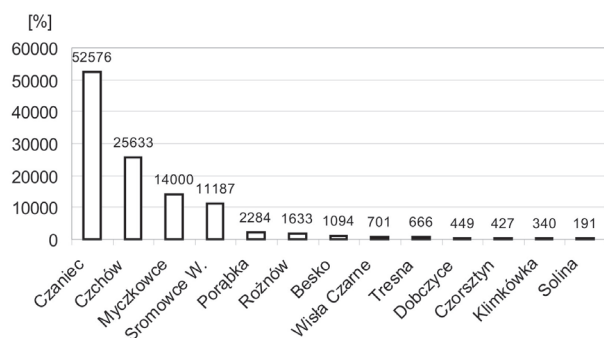
Kolejnymi wskaźnikami branyymi pod uwagę przy ocenie podatności na degradację wód jest tzw. procent stratyfikacji wód oraz iloraz dna czynnego i objętości epilimnionu, które informują o intensywności wymiany materii w zbiorniku oraz produktywności wód. Tworzenie się i zanik stratyfikacji termicznej jest jednym z podstawowych procesów limnologicznych zachodzących w jeziorach (Choiński 2007). Produktywność jeziora jest dość niska, a jakość wód wyższa w głębokich jeziorach, gdzie hipolimnion zajmuje dużą część zbiornika. Jeziora płytkie mają, zatem wody gorszej jakości niż jeziora głębokie o dużych hipolimnionach. Im większy procent stratyfikacji tym mniejsza podatność na degradację. Im więcej jest wody w warstwie przydennej, tym większa ochrona przed przedostawaniem się biogenów z osadów dennych do powierzchniowych wód jeziora gdzie zostałyby włączone do obiegu wody.

Do obliczenia wskaźników niezbędna jest informacja o objętości wód dolnej warstwy (*hipolimnion*) i górnej warstwy (*epilimnion*) akwenu oraz powierzchni

dną czynnego. Pozyskanie takich danych wymaga jednak specjalistycznych badań terenowych, stąd ich dostępność jest znikoma dla sztucznych zbiorników wodnych. Badania termiki wód w różnym zakresie zostały przeprowadzone dla zbiornika Klimkówka, Czorsztyn, Rożnów oraz zbiorników wyrównawczych Sromowce Wyżne i Czchów, (Cyberska 1975, Wiejaczka i in. 2014, Wiejaczka 2011). Próba określenia objętości epilimnionu i hypolimnionu w oparciu o te dane może dać orientacyjne wyniki, jednak ze względu na brak podobnych danych dla wszystkich karpaccich zbiorników w niniejszej analizie podatności na degradację pominięto te dwa wskaźniki w celu uzyskania porównywalnych wyników.

Dla większości zbiorników (Rożnów, Czchów, Czorsztyn, Klimkówka, Solina, Besko, Czaniec, Porąbka, Tresna, Dobczyce) procent wymiany wody w ciągu roku obliczono w oparciu o średni roczny odpływ z wielolecia 2005–2015 (dane udostępnione przez RZGW w Krakowie). Dla pozostałych zbiorników (Sromowce Wyżne, Wisła Czarne, Myczkowce) do obliczenia rozpatrywanego wskaźnika wykorzystano dane dotyczące objętości oraz średniego odpływu wody w ciągu roku. Z analizy tempa wymiany wody w ciągu roku w karpaccich zbiornikach retencyjnych (ryc. 5) wynika, że w I kategorii nie znalazł się żaden obiekt. Do II kategorii zaklasyfikowano tylko jeden zbiornik – Solina, a do III kategorii pięć zbiorników (Klimkówka, Czorsztyn, Dobczyce, Tresna, Wisła Czarne). Poza kategorią znalazło się aż siedem akwenów, co oznacza, że są one najbardziej podatne na degradację pod względem akumulacji zanieczyszczeń.

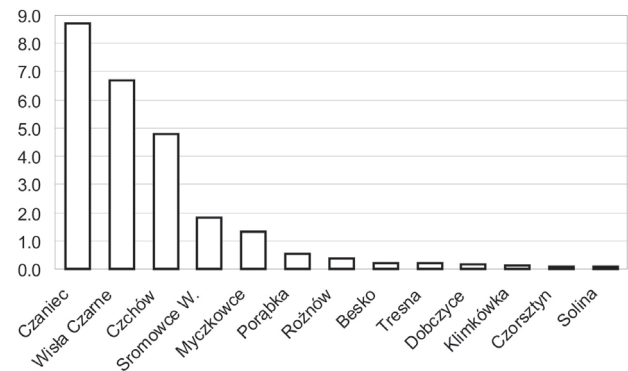
Kolejnym analizowanym wskaźnikiem jest współczynnik Schindlera informujący o tym, w jaki sposób zbiornik jest podatny na zanieczyszczenia pochodzące z atmosfery. Im mniejsza jego wartość tym zbiornik słabiej uzależniony od swojej zlewni i mniej podatny



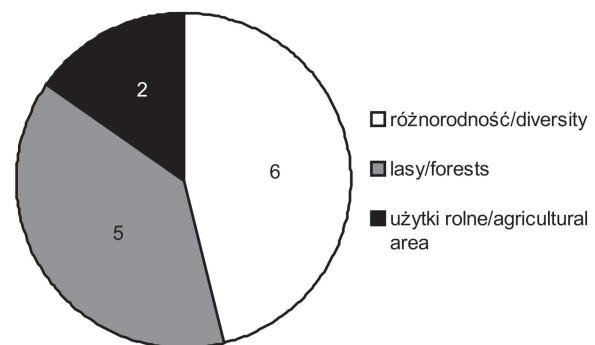
Ryc. 5. Procent wymiany wód w ciągu roku na poszczególnych zbiornikach retencyjnych
Fig. 5. The percentage of water exchange during the year for the individual Carpathian reservoirs

na zanieczyszczenia wód (ryc. 6). W I kategorii znalazło się aż dziesięć zbiorników, a najlepiej wypadła Solina, Czorsztyn, Klimkówka oraz Dobczyce, co oznacza, że zbiorniki te nie są zbyt podatne na zanieczyszczenia pochodzące z atmosfery. Do II kategorii zakwalifikowały się trzy zbiorniki – Czchów, Wisła Czarne oraz Czaniec, jednak najgorszy wynik uzyskał zbiornik Czaniec.

Wskaźnik zagospodarowania zlewni zbiorników to rodzaj powierzchni użytkowej przylegających do jeziora obszarów. Korzystne dla zbiornika są kompleksy leśne i zarośla, natomiast niekorzystne grunty orne. Wskaźnik ten badany był wizualnie na podstawie ortofotomap (www.geoportal.gov.pl). Nie przeprowadzono dokładnych obliczeń przedstawiających procentowy udział lasów, użytków rolniczych czy zabudowań. Zlewniom o wyraźnie zauważalnej przewodzie lasów przypisano wartość I, zlewniom o zróżnicowanym za-



Ryc. 6. Współczynnik Schindlera dla poszczególnych karpaccich zbiorników retencyjnych
Fig. 6. Schindler coefficient for individual Carpathian reservoirs

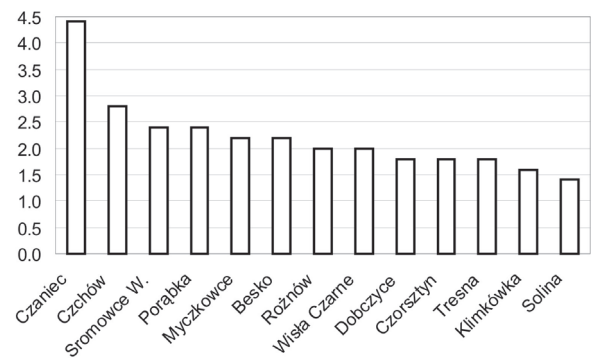


Ryc. 7. Liczba karpaccich zbiorników retencyjnych z dominującym użytkowaniem ziemi w zlewni bezpośredniej
Fig. 7. Carpathian number of reservoirs with a dominant land use in a direct catchment

gospodarowaniu kategorię II, natomiast zlewniom rolniczym wartość III. Z punktu widzenia zagospodarowania zlewni w pięciu przypadkach (Solina, Czchów, Klimkówka, Myczkowce, Wisła Czarne) przeważają lasy, których obecność obniża podatność na degradację wód zbiornikowych (ryc. 7). Zróżnicowanie zagospodarowania przestrzennego objawiające się występowaniem lasów wraz z użytkami rolnymi i zabudową można zaobserwować w przypadku zlewni sześciu akwenów (Rożnów, Sromowce Wyżne, Dobczyce, Porąbka, Tresna, Besko), natomiast użytki rolne przeważają przy dwóch zbiornikach: Czorsztyn i Czaniec.

W tabeli 1 przedstawiono kategorie podatności na degradację poszczególnych zbiorników karpackich w oparciu o średnią arytmetyczną z wartości wszystkich rozpatrywanych w niniejszym opracowaniu wskaźników (tab. 2, ryc. 8). Podsumowując wszystkie obliczone wskaźniki można zauważyć, że zbiorniki które uzyskały najniższą wartość średnią, klasyfikują się na najwyższej pozycji jako najmniej narażone na degradację wód. Najlepiej pod tym względem oceniono zbiornik Solina, który uzyskał średnią 1,4 i znalazł się w I kategorii odporności na degradację. Zaraz po nim sklasyfikowano zbiornik Klimkówka (1,6) oraz zbiorniki: Tresna, Czorsztyn, Dobczyce (1,8), które sklasyfikowano w II kategorii. Oznacza to, że zbiorniki te są w najmniejszym stopniu podatne na degradację wód spośród wszystkich zbiorników karpackich. W drugiej kategorii podatności znalazła się większość pozostałych zbiorników karpackich (Sromowce, Rożnów, Besko, Myczkowce) charakteryzujących się ogólnie

umiarkowaną odpornością na wpływy zewnętrzne. Najbardziej podatne na degradację są natomiast zbiorniki wyrównawcze: Czaniec ze średnią 4,4 klasyfikujący się poza kategorią podatności na degradację wód (silnie zdegradowany). Zbiornik Czchów – 2,8, Sromowce Wyżne i Porąbka z wynikiem 2,4 zaliczono do III kategorii.



Ryc. 8. Średnie z wartości wszystkich wskaźników podatności na degradację dla poszczególnych zbiorników karpackich
Fig. 8. The average values of all indicators of the susceptibility to degradation for individual Carpathian reservoirs

5. Wnioski

W opracowaniu przeprowadzono ocenę podatności karpackich jezior zaporowych na degradację wód przy zastosowaniu różnych wskaźników zgodnie z wytycznymi Systemu Oceny Jakości Jezior (SOJJ). Przepro-

Tab. 1. Kategoryzacja karpackich zbiorników retencyjnych po względem podatności na degradację wód

Tab. 1. Categorization of Carpathian reservoirs in terms of susceptibility to degradation of water

I kategoria first category	II kategoria second category	III kategoria third category	IV - poza kategorią beyond category
<ul style="list-style-type: none"> • Solina 	<ul style="list-style-type: none"> • Czorsztyn • Sromowce Wyżne • Dobczyce • Rożnów • Tresna • Klimkówka • Besko • Myczkowce • Wisła Czarne 	<ul style="list-style-type: none"> • Porąbka • Czchów 	<ul style="list-style-type: none"> • Czaniec

Tab. 2. Punkty przyznane poszczególnym zbiornikom karpaccich w odniesieniu do analizowanych wskaźników i kategorii podatności na degradację wód*
 Tab. 2. Points awarded to individual Carpathian reservoirs in respect to the analyzed indicators and categories susceptibility to degradation of water*

Wskaźnik Indicator	Solina		Czorsztyn		Roznów		Stomowce Wyzne		Dobczyce		Porąbka		Tresna		Czchów		Klimkówka		Besko		Myszakowce		Czaniec		Wisła Czarne	
	ww	p	ww	p	ww	p	ww	p	ww	p	ww	p	ww	p	ww	p	ww	p	ww	p	ww	p	ww	p	ww	p
Średnia głębokość [m] /Average depth [m]	21	1	11	1	21	1	9	2	12	1	10	1	7	2	3	3	14	1	6	2	12	1	2	4	13	1
Stosunek objętości zbiornika do długości linii brzegowej misy zbiornika /Ratio of the capacity to the shoreline length of the reservoir	3	2	3	2	6,9	1	1,7	3	3,2	2	2,8	2	1,8	3	0,6	4	2,9	2	0,8	3	0,9	3	0,2	4	1,6	3
Procent wymiany wody w ciągu roku /Percent of water exchange during the year	191	2	1633	4	427	3	11187	4	449	3	666	3	2284	4	25633	4	340	3	1400	4	1094	4	52576	4	701	3
Współczynnik Schindlera/Schindler coefficient	0,1	1	0,4	1	0,1	1	1,8	1	0,1	1	0,2	1	0,5	1	4,8	2	0,1	1	1,3	1	0,2	1	8,7	3	6,7	2
Dominujące zagospodarowanie zlewni/Dominant land use in the catchment	L	1	ZR	2	PU	3	ZR	2	ZR	2	ZR	2	ZR	2	L	1	L	1	L	1	ZR	2	PU	3	L	1
Średnia punktacja /Average score	-	1,4	-	2	-	1,8	-	2,4	-	1,8	-	2	-	2,4	-	2,8	-	1,6	-	2,2	-	-	-	4,4	-	2
Kategoria podatności /Category of susceptibility	I	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	III	III	III	III	II	II	II	II	II	II	IV	IV	II	II

* ww – wartość wskaźnika (value of the indicator), p – punktacja (score), ZR – różnorodność użytkowania (diversity), PU – użytki rolne (agricultural area), L – lasy (forests)
 Zbiorniki z I kategorią w danym wskaźniku otrzymały 1 punkt, II – 2 punkty, III – 3 punkty, VI (poza kategorią) – 4 punkt/Reservoirs from the first category (I) in the each index received 1 point, II – 2 points, III – 3 points, VI (beyond category) – 4 points

wadzona analiza z wykorzystaniem dostępnych danych pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

1. Większość rozpatrywanych karpackich jezior zaporowych mieści się w II kategorii podatności na degradację wód, oznaczającej umiarkowaną odporność na wpływy zewnętrzne.

2. Najmniej podatny na degradację jest zbiornik Solina, co wynika z: dużej średniej głębokości jeziora, dominacji lasów w zagospodarowaniu zlewni oraz niskiej podatności na zanieczyszczenia pochodzące z atmosfery. Zgodnie z klasyfikacją (SOJJ) podatności wód na degradację zalicza się go do I kategorii oznaczającej akweny wodne odporne na degradację.

3. Najbardziej podatny na degradację jest wyrównawczy zbiornik Czaniec ze względu na niską średnią głębokość akwenu, niski stosunek objętości zbiornika do długości linii brzegowej misy zbiornika oraz wysoki procent wymiany wody w ciągu roku. Zgodnie z klasyfikacją podatności wód na degradację zbiornik ten występuje poza kategorią, oznaczającą akweny wodne silnie zdegradowane.

4. Zbiorniki wyrównawcze (Myczkowce, Czchów, Sromowce Wyżne, Porąbka, Czaniec) są bardziej podatne na degradację w stosunku do pozostałych obiektów. Zdecydowały o tym przede wszystkim wskaźniki, takie jak: szybkie tempo wymiany wody, wysoki stosunek objętości zbiornika do długości linii brzegowej misy zbiornika oraz niezbyt duża średnia głębokość zbiorników.

5. Duże zbiorniki zaporowe (Solina, Rożnów, Czorsztyn, Dobczyce, Klimkówka, Tresna) są mniej podatne na degradację wód. Decyduje o tym głównie duża głębokość zbiorników, niska podatność na zanieczyszczenia pochodzące z atmosfery oraz w niektórych przypadkach dominacja lasów w zagospodarowaniu zlewni.

6. Przeprowadzona ocena podatności zbiorników na degradację powinna zostać w przyszłości rozszerzona o analizę hipolimnionu, epilimnionu oraz powierzchni dna czynnego karpackich zbiorników. W tym celu należy przeprowadzić badania mające na celu rozpoznanie uwarunkowań termicznych we wszystkich, karpackich zbiornikach retencyjnych.

Istnieje potrzeba wykonywania badań podatności na degradację w kolejnych latach w celach monitoringowych, aby na bieżąco weryfikować wszelkie zmiany dotyczące degradacji wód w karpackich zbiornikach.

6. Literatura

- Achrem E., Gierszewski P., 2007:** Zbiornik Włocławski. Inspekcja Ochrony Środowiska. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Bydgoszcz.
- Berkowska E., Paluch Z., 1992:** Degradacja jezior. Biuro Studiów i Ekspertyz, Kancelaria Sejmu, Wydział analiz ekonomicznych i społecznych, informacja nr 44.
- Choiński A., 2007:** Limnologia fizyczna Polski. UAM, Poznań.
- Cyberska B., 1975:** Wpływ zbiornika retencyjnego na transformację naturalnego reżimu termicznego rzeki, *Prace IMGW* 4: 45–108.
- Depczyński W., Szamowski A., 1999:** Budowle i zbiorniki wodne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 230 ss.
- Dynowska I., 1995:** Wody. W: J. Warszyńska (red.). Karpaty Polskie. UJ, Kraków: 49–67.
- Goldyn R., Jankowska B., Kowalczak P., Pułyk M., Tybiszewska E., Wiśniewski J., 1996:** Wody powierzchniowe Poznania. W: Środowisko naturalne miasta Poznania. Część I. Urząd Miejski w Poznaniu, Poznań: 49–57.
- Grzywna B., 2015:** Wody powierzchniowe stojące. W: Raport o stanie środowiska województwa lubelskiego w 2004 roku. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Lublin.
- Hennig J., 2000:** Historia zbiornika Klimkówka. W: T. Łagosz (red.). Zbiornik wodny Klimkówka. IMGW, Monografia, Warszawa: 27–32.
- Kudelska, D., Cydzik, D., Szoszka, H., 1994:** Wytyczne monitoringu podstawowego jezior. PIOŚ, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- Miazga M., 2013:** Ocena naturalnej podatności na degradację wód zbiornika Wapienica. *Acta Geographica Silesiana* 13: 43–49.
- Traczewska T. M., 2012:** Problemy ekologiczne zbiorników retencyjnych w aspekcie wielofunkcyjności. Politechnika Wrocławska, Instytut Inżynierii Środowiska, Sympozjum Europejskie, Paryż.
- Wiejaczka Ł., 2010:** Zbiorniki retencyjne w polskich Karpatach. *Aura* 10: 7–9.
- Wiejaczka Ł., 2011:** Wpływ zbiornika wodnego „Klimkówka” na abiotyczne elementy środowiska przyrodniczego w dolinie rzeki Ropy. *Prace Geograficzne*, 229, PAN IGiPZ, Warszawa.
- Wiejaczka Ł., Kijowska-Strugała, M., Pierwola, P., Nowak, M., 2014:** Termiczna charakterystyka zespołu zbiorników Czorsztyn-Sromowce Wyżne. *Gospodarka Wodna* 1: 28–36.
- Żegleń J., 2015:** Ocena podatności karpackich zbior-

ników retencyjnych na degradację. Uniwersytet
Pedagogiczny, Wydział Geograficzno-Biologiczny,
Instytut Geografii, Kraków
www.wios.tarnow.pl.
www.geoportal.gov.pl.

AN ATTEMPT TO ASSESS
THE VULNERABILITY
OF THE CARPATHIAN ARTIFICIAL LAKES
TO DEGRADATION OF WATER

Summary

One of the main environmental problems within geoecosystems of lakes and reservoirs (artificial lakes) is the degradation of water. In Poland, an assessment of the susceptibility to degradation of water were carried out mainly for the natural lakes or for selected dam reservoirs. There is a lack of synthetic studies for greater number of artificial lakes. A suitable area for such research are Carpathians where several large reservoirs with different functions and parameters are concentrated.

The paper assesses the vulnerability of the Carpathian artificial lakes to degradation of water based on the Lakes Quality Assessment System. The work is focused on a synthetic presentation of the vulnerability of reservoirs to degradation of water depending on the parameters and functions of individual objects. The analysis shows that the majority of considered artificial lakes is located in the second category of susceptibility to degradation of water. It means moderate resistance to external influences.