

ZASTOSOWANIE WSPÓŁCZYNNIKA SCHINDLERA DO OCENY PODATNOŚCI NA DEGRADACJĘ ZBIORNIKÓW MAŁEJ RETENCJI

Iwona SKOCZKO, Ewa SZATYŁOWICZ*

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

Streszczenie: Zbiorniki małej retencji stają się specyficznym rodzajem sztucznego jeziora, które jest podatne na zatrzymywanie związków biogennych. W wyniku tego przekształcają się w ekosystemy czułe na przyspieszenie procesów eutrofizacji. Specyfika funkcjonowania akwenów retencyjnych polega na ciągłym transporcie różnych form materii ze zlewni, a następnie jej akumulacji w danym zbiorniku. Następstwem tego procesu bywa częściowa lub całkowita utrata walorów użytkowych. W województwie podlaskim wybudowano ponad 20 sztucznych zbiorników zaporowych. Większość tych akwenów powstała na skutek rozwoju programu małej retencji. W artykule przedstawiono charakterystykę wybranych obiektów małej retencji w województwie podlaskim. Scharakteryzowano i oceniono podatność na degradację zbiorników zaporowych: Bachmaty, Dojlidy, Jasionówka, Michałowo, Topiło. Do oceny podatności na degradację zastosowano współczynnik Schindlera, który określa stosunek zsumowanej powierzchni zbiornika wodnego i jego zlewni do objętości tego zbiornika. Oceniono też wpływ zagospodarowania zlewni oraz podłoża gruntowego na stopień degradacji.

Słowa kluczowe: zasoby wodne, degradacja, współczynnik Schindlera, mała retencja.

1. Wprowadzenie

Zadaniem małej retencji jest gromadzenie wody w sztucznych zbiornikach poprzez zatrzymanie lub spowolnienie spływu wody, zachowując jednocześnie naturalny krajobraz. Do większości tych akwenów zanieczyszczenia generalnie dostarczane są przez ciekł wodne z terenów głównie rolniczych. Zbiorniki te mają zróżnicowane powierzchnie, są zazwyczaj płytkie, nie zachodzi w nich stratyfikacja termiczna wód przez większą część roku (Siemieniuk i in., 2015). Budowa wielu małych zbiorników tylko dla poprawy bilansu wodnego jest zazwyczaj nieopłacalna, dlatego obiekty te pełnią szereg różnych funkcji: przyrodniczych, gospodarczych i rekreacyjnych. Zbiorniki retencyjne w większości przyczyniają się do zwiększenia atrakcyjności terenu otaczającego (Mioduszewski 2006; Szatyłowicz i in., 2015).

Należy jednak podkreślić, iż każdy akwen wymaga wnikliwej analizy, a następnie indywidualnej oceny, która pozwala wnioskować o możliwościach dalszego użytkowania, ochrony lub rekultywacji (Miazga, 2013). Określenie podatności na degradację wywołanej antropopresją może opierać się na współczynniku Schindlera, który odzwierciedla wpływ warunków zlewniowych na zbiornik. Dowiedziono, że istnieje wyraźna korelacja pomiędzy wartością omawianego wskaźnika a wartością parametrów odnoszących się

do stanu jakościowego wód (Stefanidis i Papastergiadou, 2012; Szatyłowicz i in., 2015). Współczynnik Schindlera może być wykorzystywany w celu zapewnienia efektywnego opisu jakości wody. Jest miarą oceny podatności na wpływy zlewni, co potwierdzają badania Stefanidis i Papastergiadou (2012), w których wykazano ścisłą korelację współczynnika Schindlera z parametrami, takimi jak średnia głębokość i stężenie chlorofilu „a”. Im wyższa wartość współczynnika Schindlera, tym otoczenie ma większy wpływ na zanieczyszczenie danego obiektu małej retencji. Jeziora bądź zbiorniki wodne o wartości współczynnika nie wyższej niż 2 traktowane są jako mało podatne na degradację związaną ze spływem zanieczyszczeń ze zlewni (Szozka i in., 2007). Wartość graniczna współczynnika Schindlera wynosząca 2 jest też kryterium uwzględnianym podczas oceny jakości wód. Do oceny sztucznych zbiorników wodnych można zastosować współczynnik Schindlera, gdyż tak jak jeziora są one wraz z obszarem zlewni naturalnym układem krajobrazowym, w którym następuje stały obieg materii i przepływ energii. Podatność takiego układu na degradację zależy od presji jaką na akwen wodny wywiera jego zlewnia oraz od odporności zbiornika na tę presję (Kostrzewski, 1991).

Wskaźnik Schindlera uwzględnia powierzchnię zlewni bezpośredniej, którą wyznacza ukształtowanie terenu oraz objętość, która z kolei pośrednio uwzględnia głębokość danego zbiornika wodnego. W niniejszej pracy skupiono

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: e.szatyłowicz@doktoranci.pb.edu.pl

się na analizie podatności na degradację wybranych obiektów małej retencji w województwie podlaskim.

2. Materiały i metody

Do oceny podatności na degradację poszczególnych zbiorników małej retencji posłużono się współczynnikiem Schindlera, który jest parametrem limnologicznym określającym stosunek zsumowanej powierzchni zbiornika wodnego i jego zlewni do objętości tego zbiornika (Koc i in., 1996; Schindler, 1971). Do obliczenia współczynnika Schindlera użyto wzoru (Schindler, 1971):

$$WS = \frac{P_{zl} + P_z}{V_j} \quad (1)$$

gdzie: P_{zl} jest powierzchnią zlewni zbiornika wodnego, P_z jest powierzchnią zbiornika wodnego, a V_j jest objętością zbiornika wodnego.

Metodyka badawcza obejmowała zebranie danych i obliczenie wskaźnika Schindlera. Objętości zbiorników retencyjnych zaczerpnięto z dokumentacji technicznej poszczególnych obiektów. Natomiast powierzchnię zlewni zbiorników wodnych wyznaczono wykorzystując mapę topograficzną z zaznaczonymi poziomiami znajdującą się na portalu geoportal.gov.pl. System ten jest zestawem narzędzi zapewniających dostęp do danych i dokumentów PZGiK, a także zawiera bazę danych zgodną z wymogami Dyrektywy INSPIRE. Na mapie topograficznej w Geoportalu zlokalizowano obszar ograniczony przez lokalne wzniesienia terenu, które stanowią naturalną granicę zlewni małych obiektów wodnych, następnie w systemie geoportal.gov.pl pomierzono jego powierzchnię. Dalej obliczono powierzchnię zlewni wraz z powierzchnią danego zbiornika. Dodatkowo, za pomocą planów zagospodarowania terenu gmin, na obszarze, których znajdują się poszczególne zbiorniki retencyjne, określono zagospodarowanie zlewni poszczególnych akwenów.

3. Wyniki badań

3.1. Zbiornik Bachmaty

W 1986 roku do użytku został oddany zbiornik sztucznej retencji Bachmaty utworzony na rzece Orlanka na terenie gminy Dubicze Cerkiewne, znajdującej się w powiecie hajnowskim. Po 20 latach użytkowania konieczna stała się modernizacja zbiornika. Zamulenie zbiornika i związane z tym spłylenie, powodowało, iż w zbiorniku wodnym w upalne dni pojawiały się sinice, które skutecznie ograniczały możliwość jego użytkowania w celach wypoczynkowych i rekreacyjnych (Program OŚ Gminy Dubicze Cerkiewne, 2004). W tabeli 1 przedstawiono ogólne parametry zbiornika po przeprowadzonej modernizacji.

Tab. 1. Ogólne parametry zbiornika Bachmaty

Parametr	Jednostka	Wartość
Rok budowy	rok	1986
Powierzchnia lustra wody	ha	5,5
Pojemność	tys. m ³	171
Długość	m	760
Szerokość	m	60-90
Średnia głębokość	m	1,5
Maksymalna głębokość	m	3

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Program OŚ Gminy Dubicze Cerkiewne, 2004).

Opisywany zbiornik, obok funkcji retencyjnych i środowiskowych, pełni ważną rolę w sferze sportu i rekreacji, wpływając na rozwój turystyki na obszarze gminy. Korzystając z Geoportalu nakreślono zlewnię zbiornika Bachmaty oraz wyznaczono jej powierzchnię w hektarach. Na rysunku 1 przedstawiono wyznaczoną zlewnię.



Rys. 1. Wyznaczona zlewnia zbiornika Bachmaty

Obliczona powierzchnia zlewni wyniosła 112,12 ha, a współczynnik Schindlera wyniósł $6,56 \text{ m}^{-1}$.

Zasadniczą część powierzchni gminy Dubicze Cerkiewne zajmują lasy i tereny zadrzewione – 51%. Użytki rolne stanowią około 43% powierzchni ogólnej gminy, z czego grunty orne zajmują 25,45% powierzchni, sady 0,09%, a łąki i pastwiska 17,27% (Program OŚ Gminy Dubicze Cerkiewne, 2004). Analizując zagospodarowanie powierzchni gminy, na której znajduje się zlewnia zbiornika Bachmaty można określić charakter zlewni jako rolniczo-leśny. Ponad połowa powierzchni zlewni zbiornika to las, więc woda w zbiorniku ma zwiększoną zawartość kwasów humusowych, koloidalnego żelaza, podwyższoną barwę, mętność, ponadto duży udział rolniczego zagospodarowania zlewni może przyczynić się do dopływu zanieczyszczeń pochodzących z nawozów sztucznych, odprowadzanej gnojowicy, środków ochrony roślin, resztek produkcyjnych. Zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego dostarczają związków azotu i fosforu oraz potasu do wód zbiornika (Chełmicki, 2002).

3.2. Stawy Dojlidzkie

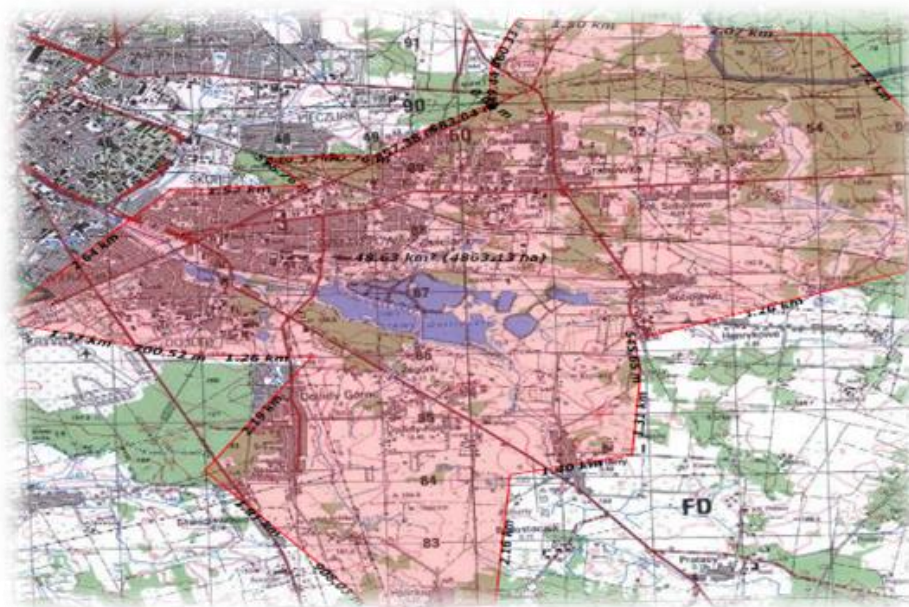
Stawy Dojlidzkie rozpoczęto budować w 1962 roku. Powstały w wyniku spiętrzenia rzeki Białej w miejscu dawnych stawów rybackich. Okolica stawów jest zróżnicowana, otoczone są przez łąki, lasy, pola od strony wschodniej oraz z innych stron przez tereny zurbanizowane. Jedyne staw nr 1, który nazwano stawem plażowym jest wykorzystywany jako zbiornik retencyjny oraz do celów rekreacyjno-sportowych (Kwiatkowski i Gajko, 2011), a jego podstawowe parametry techniczne opisano w tabeli 2.

Tab. 2. Parametry zbiornika Dojlidy

Parametr	Jednostka	Wartość
Rok budowy	rok	1962
Powierzchnia	ha	34
Pojemność	tys. m^3	597,04
Długość	m	1170
Szerokość	m	370
Średnia głębokość	m	2
Normalna wysokość piętrzenia	m n.p.m.	136,5
Maksymalna wysokość piętrzenia wody	m n.p.m.	137

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Kwiatkowski i Gajko, 2011).

Na obszarze otaczającym Stawy Dojlidzkie wysypują dwie grupy gleb autogeniczne związane z obszarami wysoczyzn morenowych i hydrogeniczne w obniżeniach terenu i dolinach strumieni. Najniżej położone obszary doliny rzeki Białej oraz niewielkiego ciek w części północno-wschodniej zajmują gleby torfowe i torfowo-murszowe. W bezpośrednim sąsiedztwie występują kulturoziemy czyli gleby zmienione przez uprawę, nawożenie, nasypywanie oraz powiększanie poziomów próchnicznych, stanowiące otoczenie zabudowań gospodarskich (Kwiatkowski i Gajko, 2011). Analiza rodzajów gleb i zagospodarowanie terenów wokół zbiornika dojlidzkiego wskazuje na miejsko-rolniczy charakter zlewni. Użytkowanie rolnicze zlewni powoduje dostarczanie do wód zbiornika różnych form azotu i fosforu, zaś zanieczyszczenia miejskie mogą podnosić zasolenie i również powodować podwyższenie zawartości biogenów w wodach (Chełmicki, 2002). Korzystając z Geoportalu nakreślono zlewnię stawów Dojlidzkich (rys. 2) oraz wyznaczono jego powierzchnię w hektarach.



Rys. 2. Wyznaczona zlewnia Stawów Dojlidzkich

Obliczona powierzchnia wyniosła 4863,13 ha, a współczynnik Schindlera – 56,17 m⁻¹.

3.3. Zbiornik Jasionówka

Zbiornik zaporowy Jasionówka zlokalizowany jest na terenie wsi Jasionówka w gminie Jasionówka na terenie powiatu monieckiego. Do użytku oddano go w 2000 roku. Zasilany jest wodami pochodzącymi z sieci drenarskiej z okolicznych gruntów, która powstała w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku (Wiater i in., 2012). W tabeli 3 przedstawiono podstawowe informacje o zbiorniku wodnym Jasionówka.

Tab. 3. Dane techniczne zbiornika Jasionówka

Parametr	Jednostka	Wartość
Rok budowy	rok	2000
Długość	m	180
Szerokość	m	140
Powierzchnia	ha	2,03
Pojemność	tys. m ³	41,6
Średnia głębokość	m	2,0
Długość linii brzegowej	m	640

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Opracowanie Urzędu Gminy Jasionówka, 2005).

Głównym odbiornikiem wód z omawianego akwenu Jasionówka jest rzeka Brzozówka. Do podstawowych zadań akwenu należy magazynowanie wody i wykorzystywanie jej w okresach niedoborów do poprawy nawilgotnienia użytków rolnych znajdujących się poniżej zbiornika, między innymi do celów przeciwpożarowych, do ochrony środowiska przyrodniczego. Dominują tu użytki rolne, stanowiące 81,2% powierzchni gminy, z czego: grunty orne stanowią

64,8%, łąki 17,3%, pastwiska 17,3% i sady 0,6% (Opracowanie Urzędu Gminy Jasionówka, 2005). Typowo rolnicze użytkowanie zlewni powoduje dopływ do wód zbiornika wodnego substancji biogenych czyli głównie związków azotu i fosforu (Chełmicki, 2002). Na rysunku 3 przedstawiono wyznaczoną zlewnię zbiornika Jasionówka, która wyniosła 308,33 ha, a współczynnik Schindlera wyniósł 74,1 m⁻¹.

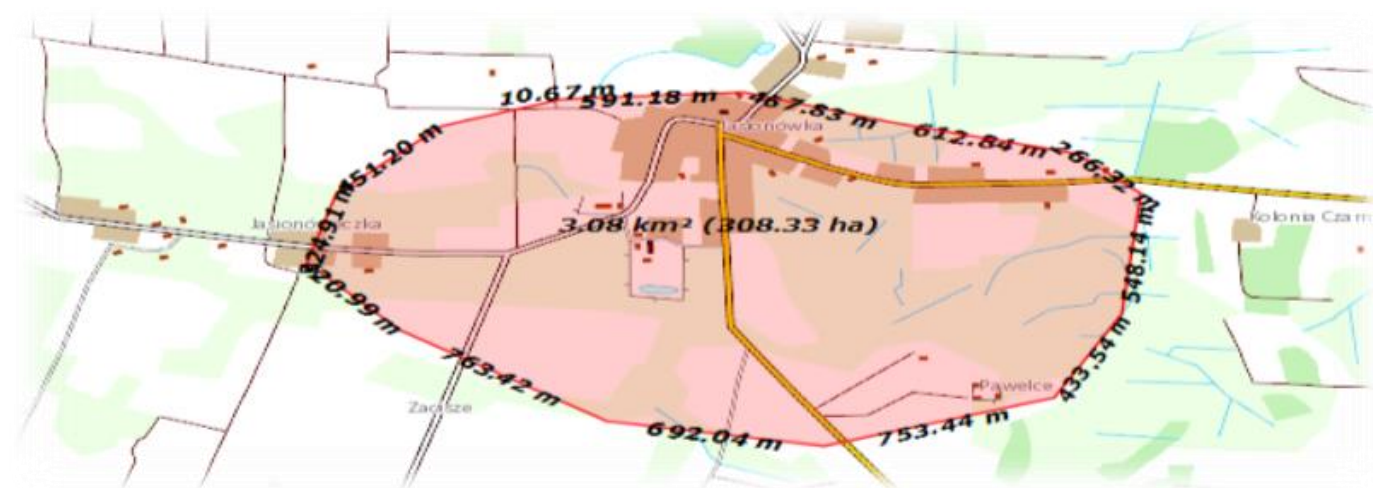
3.4. Zbiornik Michałowo

Zbiornik zaporowy Michałowo został zaprojektowany na rzece Supraśl, która jest prawobrzeżnym dopływem Narwi. Wybudowano go na 94-235 km rzeki Supraśl w miejscowości Michałowo znajdującej się w gminie Michałowo, w powiecie białostockim. Tabela 4 przedstawia charakterystykę techniczną zbiornika wodnego Michałowo, wykonaną na podstawie niepublikowanych materiałów udostępnionych przez gminę Michałowo.

Tab. 4. Dane techniczne charakteryzujące zbiornik Michałowo

Parametr	Jednostka	Wartość
Rok budowy	rok	2008
Długość	m	340
Szerokość	m	30-110
Powierzchnia	ha	2,19
Pojemność	tys. m ³	41,0
Średnia głębokość	m	1,88
Rzędna dna zbiornika	m n. p. m.	142,8
Maksymalny poziom piętrzenia	m n. p. m.	145,3
Minimalny poziom piętrzenia	m n. p. m.	144,7

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Niepublikowane materiały udostępnione przez gminę Michałowo).



Rys. 3. Wyznaczona zlewnia zbiornika Jasionówka

Zbiornik pełni następujące funkcje: retencyjną, ekologiczną, gospodarczą, rekreacyjną oraz przeciwpożarową. Obszar zlewni zbiornika Michałowo ma charakter rolniczo-leśny o czym świadczy struktura użytkowania terenu z dominującym udziałem użytków rolnych – 48% i terenów leśnych – blisko 39%. Mieszany charakter zlewni powoduje spływ zanieczyszczeń rolniczych, to znaczy związków biogenych mniejszy niż w przypadku typowej zlewni rolniczej. Jednakże pokrycie terenu lasami dostarcza zanieczyszczeń o charakterze organicznym podwyższając, na przykład zawartość związków humusowych (Klimaszyk i Joniak, 2008; Klimaszyk i Rzymiski, 2011). Na rysunku 4 przedstawiono wyznaczoną zlewnię zbiornika wodnego Michałowo za pomocą Geoportalu.



Rys. 4. Wyznaczona zlewnia zbiornika Michałowo

Obliczona powierzchnia wyniosła 274,11ha, a współczynnik Schindlera wyniósł $6,7 \text{ m}^{-1}$.

3.5. Zbiornik Topiło

Zbiornik Topiło znajduje na obszarze Puszczy Białowieskiej, na terenie Nadleśnictwa Hajnówka. Powstał w latach 1932-1933 na rzece Perebel, a dokładnie na 4,5 km jej biegu. Inwestorem zbiornika był tartak w Hajnówce, który wykorzystywał baseny Topiło do przechowywania w wodzie dłużyc drzew oraz drewna

tartacznego. Składowano w wodzie tylko zdrowe drewno i nie stosowano żadnej konserwacji chemicznej. Akwen cały jest zanieczyszczony przez korę i butwiejące pnie drzew (Niepublikowane materiały Nadleśnictwa Hajnówka). W tabeli 5 przedstawiono parametry techniczne zbiornika Topiło.

Tab. 5. Parametry techniczne zbiornika Topiło

Parametr	Jednostka	Wartość
Rok budowy	rok	1932-1933
Długość	m	1700
Szerokość	m	400
Powierzchnia	ha	21,1
Objętość	tys. m ³	251
Średni dopływ	mln m ³ /rok	3,86
Szerokość korony grobli ziemnej	m	2,5
Średnia głębokość	m	1,0
Długość korony	m	450
Nachylenie skarpy	m	1:2

Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Niepublikowane materiały Nadleśnictwa Hajnówka)

Ponad 35% powierzchni lasów to siedliska wilgotne i bagienne. Drzewa iglaste zajmują 64% powierzchni całej zlewni, są to głównie sosny i świerki. 100% zlewni odznacza się charakterem leśnym o zróżnicowanym rodzaju drzewostanu. Spływ powierzchniowy z takiej zlewni charakteryzuje się kwaśnym odczynem, brunatną barwą oraz wysoką koncentracją rozpuszczonego węgla organicznego – głównego składnika substancji humusowych (Niepublikowane materiały Nadleśnictwa Hajnówka). Większa część zlewni to lasy iglaste więc spływy niosą większy ładunek związków organicznych węgla, niż substancji biogenych (Klimaszyk, Joniak 2008; Klimaszyk, Rzymiski 2011). Na rysunku 5 przedstawiono wyznaczoną zlewnię zbiornika wodnego.



Rys. 5. Wyznaczona zlewnia zbiornika Topiło

Obliczona powierzchnia wyniosła 2678,07 ha, a współczynnik Schindlera wyniósł 106 m^{-1} .

4. Podsumowanie

Degradacja zbiorników małej retencji, a tym samym zasobów wody słodkiej zaczyna stwarzać problemy, a nawet zagrożenie środowiskowe. Sztuczne zbiorniki retencyjne w przeciwieństwie do naturalnych jezior są znacznie bardziej podatne na proces degradacji naturalnej i antropogenicznej. Według Kajaka (1995) jedną z głównych cech, które różnią sztuczne akwenu retencyjne od jezior jest znacznie większa powierzchnia zlewni, co skutkuje sporym obciążeniem w związku biogenne, w porównaniu do objętości akwenu. Naturalne jeziora powstają w zagłębieniach terenu, często w pozostałościach polodowcowych, natomiast przy budowie zbiorników retencyjnych te zagłębienia są sztuczne, czasem są wykorzystane niewielkie obniżenia terenu, ale nie zawsze. Wówczas obszar wyznaczający zlewnię danego sztucznego zbiornika określają bariery naturalne, które są znacznie oddalone od zbiornika, co niekiedy powoduje dostarczenie substancji biogennej i materii organicznej poprzez spływ powierzchniowy z rozległych terenów.

Wpływ czynników antropogenicznych, rozumianych jako użytkowanie terenu zlewni, w powiązaniu z czynnikami naturalnymi, takimi jak ukształtowanie terenu, przyczyniają się do podatności na degradację zbiorników małej retencji. Oprócz nich istnieje szereg innych czynników mogących potencjalnie zwiększyć lub zmniejszyć wielkość tego oddziaływania. Według Kornasia i Grześkowiaka (2011) czynniki naturalne też mają wpływ na podatność zbiorników retencyjnych na degradację oraz ich odporność na dostawę materii ze zlewni (Kornaś i Grześkowiak, 2011).

Zbiornikami najbardziej podatnymi na degradację w niniejszym opracowaniu pod względem obliczonego współczynnika Schindlera są Topiło i Jasionówka (tab. 6). Według klasyfikacji Kudelskiej i in. (1994) wartość wskaźnika Schindlera powyżej 50 nie przyporządkowuje kategorii podatności na degradację, zbiorniki takie zalicza się do bardzo podatnych na degradację. Zbiornik Topiło

otaczają lasy, co powoduje większą ochronę przed degradacją, niestety mała głębokość i długie lata użytkowania zbiornika, głównie do magazynowania drewna, powodują pogarszanie jakości wody i powolne zarastanie akwenu. Natomiast akwen Jasionówka otaczają głównie tereny rolnicze, co również przyczynia się do zwiększonej podatności na degradację. Na jakość wód tego zbiornika ma wpływ dość duża powierzchnia zlewni, w porównaniu do małej pojemności retencyjnej akwenu. Typową zlewnią zbiornika Topiło są lasy, zaś zbiornika Jasionówka grunty orne. Oba te zbiorniki według współczynnika Schindlera są bardzo podatne na degradację. Prawdopodobnie znaczna skłonność do zarastania, niszczenia tych dwóch zbiorników o różnych zlewniach wynika z innych czynników, nieuwzględnionych we współczynniku Schindlera. Wysoka wartość współczynnika Schindlera spowodowana jest rozległą powierzchnią zlewni, w porównaniu do objętości danego akwenu. Należałoby opracować wskaźnik, który relatywnie uwzględniałby udział innych czynników, na przykład: wiek zbiornika, wielkość rzeki bądź ciekłu przepływającego, użytkowanie zbiornika czy nawet regularną konserwację akwenu.

Pomimo dość prymitywnej konstrukcji współczynnika Schindlera można zauważyć zależność pomiędzy jego wartością a przykładowo średnią głębokością, sposobem użytkowania zlewni czy wiekiem akwenu wodnego. Z wcześniejszych opracowań (Szatyłowicz i in., 2015) można wywnioskować, że zbiorniki o mieszanym (rolniczo-leśnym) charakterze zlewni zazwyczaj posiadają niższą wartość wskaźnika Schindlera. W celu określenia dokładniejszych powiązań, korelacji pomiędzy współczynnikiem Schindlera i innymi cechami zbiorników retencyjnych należałoby powiększyć zbiór badanych obiektów, wraz z rozszerzeniem liczby czynników, a następnie użyć narzędzi statystycznych do przeprowadzenia oceny i określenia zależności. Wówczas można by uzyskać złożoną, rozszerzoną i bardziej miarodajną ocenę podatności na degradację. Jednakże przeprowadzone powyżej analizy dowiodły, że możliwe jest zastosowanie współczynnika Schindlera do ogólnej oceny podatności na degradację sztucznych zbiorników.

Tab. 6. Zestawienie analizowanych właściwości zbiorników retencyjnych

Lp.	Omawiany zbiornik	Współczynnik Schindlera [m^{-1}]	Charakter zagospodarowania zlewni	Wiek zbiornika [lat]	Średnia głębokość [m]
1	Bachmaty	6,65	rolniczo-leśny	30	1,50
2	Dojlidy	15,17	miejsko-leśny	54	2,00
3	Jasionówka	74,10	rolniczy	16	2,00
4	Michałowno	6,70	rolniczo-leśny	8	1,88
6	Topiło	106,00	leśny	83	1,00

5. Wnioski

- Zastosowanie współczynnika Schindlera do oceny podatności na degradację zbiorników małej retencji wskazuje ogólny pogląd o potencjalnym narażeniu ich na niszczenie.
- Zbiorniki retencyjne mogą być podatne na degradację niezależnie od użytkowanej zlewni, co pokazano na przykładzie zbiornika Topiło i Jasionówka.
- W celu oceny podatności na degradację należy uwzględnić inne czynniki oprócz współczynnika Schindlera i zagospodarowania zlewni, aby uzyskać kompleksową i bardziej miarodajną ocenę.
- Według współczynnika Schindlera najmniej podatnymi na degradację okazały się zbiorniki o mieszanym zagospodarowaniu zlewni (rolniczo-leśnym).

Literatura

- Chelmiński W. (2002). Woda: zasoby, degradacja, ochrona. *Wydawnictwo Naukowe PWN*, Warszawa.
- Kajak Z. (1995). Eutrofizacja nizinnych zbiorników zaporowych. Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych. *Biblioteka Monitoringu Środowiska*, Łódź, 33-41.
- Klimaszyk P., Joniak T. (2008). Wpływ zlewni leśnej na jakość wód jeziora Piaseczno Małe. W: *Materiały IV Konferencji Naukowej nt. „Aktywne metody ochrony przyrody w zrównoważonym leśnictwie. Woda dla lasu, las dla wody*. Rogów.
- Klimaszyk P., Rzymski P. (2011). Właściwości fizyczno-chemiczne spływu powierzchniowego z leśnej zlewni – potencjalna rola spływu w kształtowaniu jakości wody drobnego zbiornika wodnego. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, No. 49, 338-344.
- Koc J., Ciećko C., Janicka R., Rochwerger A. (1996). Czynniki kształtujące poziom mineralnych form azotu w wodach obszarów rolniczych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, No. 440, 175-183.
- Kornaś M., Grześkowiak A. (2011). Wpływ użytkowania zlewni na kształtowanie jakości wody w zbiornikach wodnych zlewni rzeki Drawa. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, Vol. 11, No. 33, 125-137.
- Kostrzewski A. (1991). Koncepcja programu: Monitoring obiegu materii, kompleksowy monitoring środowiska przyrodniczego w podstawowych typach geoekosystemów, *Polski Komitet Naukowy przy Prezydium PAN „Człowiek i Środowisko”*, Poznań.
- Kudelska, D., Cydzik, D., Szoszka, H. (1994). Wytyczne monitoringu podstawowego jezior. *Biblioteka Monitoringu Środowiska*, Warszawa.
- Kwiatkowski W., Gajko K. (2011). Wstęp i diagnoza stanu środowiska przyrodniczego. Tom I. Opracowanie wykonane na zlecenie Prezydenta miasta Białegostoku, Białystok.
- Miązga M. (2013). Ocena naturalnej podatności na degradację oraz jakość wód zbiornika Wapienica. *Acta Geographica Silesiana*, No. 13, 43-49.
- Mioduszeński W. (2006). Małe zbiorniki wodne. *Wydawnictwo IMUZ*, Falenty.
- Niepublikowane materiały Nadleśnictwa Hajnówka.
- Niepublikowane materiały udostępnione przez gminę Michałowo.
- Opracowanie Urzędu Gminy Jasionówka (2005).
- Program ochrony środowiska dla gminy Dubicze Cerkiewne na lata 2004-2011 (2004). Białystok.
- Schindler D. W. (1971). A hypothesis to explain differences and similarities among lakes in experimental Lake area Northwestern Ontario. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, Vol. 28, No. 2, 295-301.
- Siemieniuk A., Szczykowska J., Wiater J. (2015). Symptoms of water eutrophication in the Bachmaty Reservoir. *Journal of Ecological Engineering*, Vol. 16, No. 4, 89-95.
- Stefanidis K., Papastergiadou E. (2012). Relationships between lake morphometry, water quality, and aquatic macrophytes, in greek lakes. *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 21, No. 10, 3018-3026.
- Szatyłowicz E., Matulewicz D., Skoczko I. (2015). Assessment of susceptibility to degradation by Schindler factor of selected reservoirs in Podlaskie – part I. *Journal of Ecological Engineering*, Vol. 16, No. 4, 81-88.
- Szoszka H., Kolada A., Gołub M., Cydzik M. (2007). Ramowa Dyrektywa Wodna w Polsce – typologia jezior, ustalanie warunków referencyjnych, metody oceny i klasyfikacji na podstawie elementów biologicznych - część 2, 5. Warszawa.
- Wiater J., Siemieniuk A., Szczykowska J. (2012). Rola zbiornika małej retencji w kształtowaniu jakości wód powierzchniowych. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, No. 6, 277-280.

APPLICATION OF SCHINDLER'S FACTOR FOR SUSCEPTIBILITY TO DEGRADATION OF SMALL WATER RESERVOIRS

Abstract: The small retention reservoirs have become a specific type of artificial lake, which is susceptible to retention of nutrients. As a result, they are becoming ecosystems sensitive to acceleration of eutrophication processes. The specificity of the functioning of the reservoirs retention is a continuous transport of various forms of matter from the catchment and its accumulation in the water reservoirs. The consequence of this process is sometimes partial or total loss of usability. In Podlaskie it built more than 20 artificial reservoirs. Most of these reservoirs created by the development of small retention program. This paper presents the characteristics of selected small retention in Podlaskie. They characterized and evaluated the susceptibility to degradation reservoirs: Bachmaty, Dojlidy, Jasionówka Michałowo, Topiło. To evaluate the susceptibility to degradation Schindler's factor was used, which is the ratio of the sum of accumulated surface water reservoir and its catchment area to the volume of the reservoir. The influence of catchment land and subsoil on the degree of degradation was assessed.