

PRÓBA REKULTYWACJI JEZIOR WOJEWÓDZTWA
ZACHODNIOPOMORSKIEGO W TECHNOLOGII AERACJI
PULWERYZACYJNEJ

Ryszard Konieczny¹, Lech Pieczyński²

¹Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy IMUZ w Szczecinie, ul. Czesława nr 9, 71-504 Szczecin
e-mail: rkoniecz@poczta.onet.pl

²Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej woj. zachodniopomorskiego
ul. Solskiego nr 3, 71-323 Szczecin

Streszczenie. W pracy przedstawiono stan czystości jezior woj. zachodniopomorskiego oraz korzyści dla środowiska wynikające z zastosowania energii kinetycznej strumienia wiatru do napędu nowego typu aeratora w tzw. technologii aeracji pulweryzacyjnej. Ponadto przedstawiono wstępne wyniki badań zmian stanu natlenienia przydennych warstw jezior: Resko, Starzyc, Barlineckie i Zamkowe w strefie bezpośredniego oddziaływania aeratora i na głębokości wzorcowej. Głównym celem pilotowanych przez WFOS i GW w Szczecinie działań w ramach projektu Umowy Dotacji nr 29/04/OW-BD/D była ocena skuteczności technologii aeracji pulweryzacyjnej w warunkach jezior województwa zachodniopomorskiego.

Słowa kluczowe: jeziora, aeracja pulweryzacyjna, energia wiatru

WSTĘP

Większość jezior Polski, w tym na terenach użytkowanych rolniczo, osiągnęła już bardzo wysoki stopień żyzności. W tej sytuacji odcięcie, czy też zmniejszenie dopływu zanieczyszczeń do zbiornika jest niewystarczające dla poprawy stanu jakości wód. Coraz częściej podejmowane są próby rekultywacji jezior. Ich różne metody mają na celu spowolnienie procesu naturalnego zaniku jezior [12,20,22]. Powszechnie stosowane rozwiązania w rekultywacji są oparte na sztucznym napowietrzaniu wód. Założeniem aeracji jest przede wszystkim szybkie, niemal natychmiastowe polepszenie warunków tlenowych wód stref naddennych i utrzymanie tego stanu w sposób wymuszony [11]. Tlen rozpuszczony w wodzie powoduje bowiem w warstwach naddennych wzrost szybkości rozkładu materii organicznej, ogranicza uwalnianie związków pożywkowych z osadów dennych i kształtuje

poprawę warunków środowiskowych w całej masie wody. W obecności tlenu polepszeniu ulegają warunki sanitarne [26]. Stosowane aeratory w procesie napowietrzania powierzchniowych otwartych zbiorników wody (jezior) są przeważnie zasilane elektrycznie. Roczne nakłady eksploatacyjne tego typu rozwiązań często przekraczają 12 600 euro, z czego 99% stanowi koszt jednostkowy energii elektrycznej. Ponadto zastosowanie energii elektrycznej do napędu elementów roboczych urządzeń napowietrzających wodę powoduje emisję zanieczyszczeń związanych z procesem wytworzenia kWh. Taki stan rzeczy skłania do stosowania prostych energooszczędnych rozwiązań opartych w działaniu na wykorzystaniu energii wiatru [19,27]. Pierwsze zabiegi w metodach sztucznego napowietrzania jezior Polski z wykorzystaniem energii wiatru zastosowano na Jeziorze Starodworskim w Olsztynie w latach 1985-89 [7,13]. Obecnie na terenie Kraju od 1996 roku prowadzone są działania rekultywacyjne w nowej metodzie, opartej na pulweryzacyjnym napowietrzaniu warstw wód naddennych [21]. Zainteresowanie nową wiatrową technologią ze strony gmin województwa zachodniopomorskiego i WFOŚ i GW w Szczecinie przyczyniły się do uruchomienia eksperymentu badawczego na 4 jeziorach województwa zachodniopomorskiego: Resko, Starzyc, Barlineckim i Zamkowym.

Celem pilotowanych przez WFOŚ i GW w Szczecinie badań w ramach prowadzonego przez Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy IMUZ w Szczecinie projektu Umowy Dotacji nr 29/04/OW-BD/D była ocena skuteczności technologii aeracji pulweryzacyjnej w warunkach jezior województwa zachodniopomorskiego.

CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW EKOLOGICZNYCH JEZIORA WOJEWÓDZTWA ZACHODNIOPOMORSKIEGO

Województwo zachodniopomorskie posiada 1649 jezior o powierzchni przekraczającej 1 ha [24]. Przeważają zbiorniki małe, w przedziale wielkości od 1 do 10 ha. Ich liczbę szacuje się na 1031 zbiorników, co stanowi około 63% wszystkich jezior powyżej 1 ha. W latach 1990-2001 przebadano zgodnie z ówczesnie obowiązującym programem Systemu Oceny Jakości Jezior (SOJJ), opracowanym przez Instytut Ochrony Środowiska w Warszawie, niespełna 9% jezior województwa zachodniopomorskiego. Najliczniejszą grupę badawczą stanowiły zbiorniki w przedziale wielkości 100-1000 ha (tab. 1). W oparciu o stosowany SOJJ, do pierwszej klasy czystości zaliczono zaledwie 4 jeziora województwa: Cieszęcino (102,2 ha), Krzemno (138,8 ha), Marta (66,1 ha), Piaseczno Duże (58,7 ha). Zbiorniki zakwalifikowane do II i III klasy czystości stanowiły najliczniejszą grupę. Ich liczbę oszacowano na 125 jezior. Pozaklasową jakością wód odznaczono 18 zbiorników. Stanowi to aż 12% wszystkich przebadanych jezior województwa zachodniopomorskiego.

Tabela 1. Wykaz jezior województwa zachodniopomorskiego
Table 1. List of Zachodniopomorskie Region lakes

Przedział wielkości Area range (ha)	Liczba jezior Number of lakes (%)	Udział badanych jezior Share of tested lakes (%)
1-10	62,52	0,12
10-50	27,16	0,85
50-100	5,21	3,21
100-1000	4,67	4,37
>1000	0,42	0,36
Ogółem Total	100	8,91

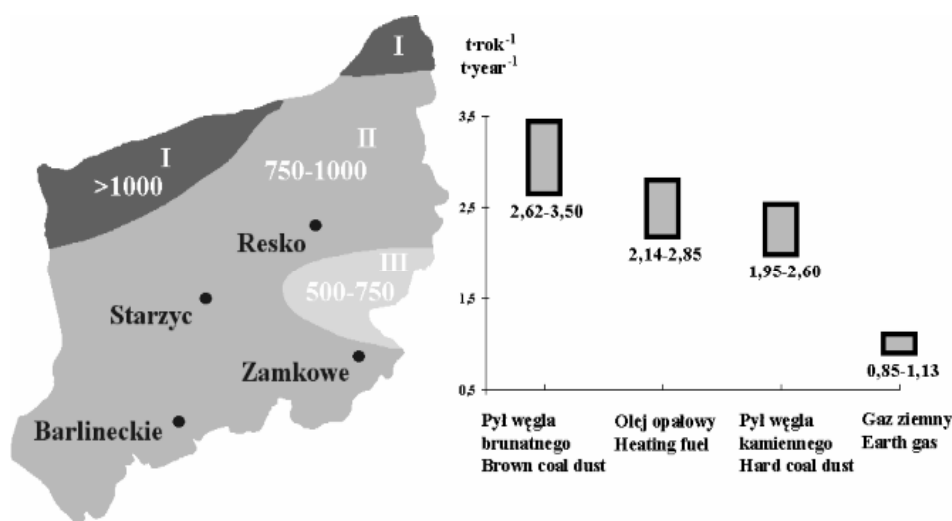
POTENCJAŁ ENERGETYCZNY WIATRU I JEGO KORZYŚCI EKOLOGICZNE W PROCESIE REKULTYWACJI JEZIOR

Niepokojący stan czystości przebadanych jezior województwa zachodniopomorskiego zwraca uwagę zarówno na potrzebę sprawdzenia stanu jakości wód nieprzebadanych obiektów jak również na działania skierowane w stronę zastosowania nowoczesnych alternatywnych technologii dla poprawy stanu jakości zdegradowanych wód. W procesie rekultywacji jezior z wykorzystaniem energii wiatru, zaletą urządzeń napowietrzających jest nieszkodliwy dla środowiska naturalnego sposób pozyskiwania energii do napędu elementów roboczych i eliminacja emisji zanieczyszczeń związanych z wyprodukowaniem nośnika energii.

Z analiz Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej wynika, iż jedna trzecia powierzchni Polski ma korzystne lub bardzo korzystne warunki do wytworzenia energii z wiatru niezbędnej dla napędu urządzeń wiatrowych. Zasoby wiatru są najkorzystniejsze w pasie ciągnącym się wzdłuż wybrzeża Morza Bałtyckiego i północno-wschodnim krańcu Polski. Na podstawie dotychczas przeprowadzonych badań i pomiarów stwierdzono, iż potencjał energii wiatru w Polsce jest możliwy do opłacalnego wykorzystania. Jego wartość szacuje się na około 80-90 mld kWh, co stanowi prawie dwie trzecie krajowego zużycia prądu [10,14,18].

Województwo zachodniopomorskie usytuowane jest w trzech strefach energetycznych o potencjale wiatru określonym jako wybitnie korzystny (I), korzystny (II) i dość korzystny (III). Korzyści ekologiczne wynikające z wykorzystania energii wiatru w technologii aeracji pulweryzacyjnej na terenie województwa zachodniopomorskiego są wysokie (rys. 1). Pozwalają w okresie roku zaoszczędzić w II strefie energetycznej od 0,85 do 3,5 t emisji zanieczyszczeń z konwen-

cyjonalnej elektrowni przypadających na powierzchnie m^2 turbiny wiatrowej Savoniusa, w zależności od rodzaju zastosowanego paliwa.



Rys. 1. Potencjał energetyczny wiatru ($kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$) w wyznaczonych strefach województwa zachodniopomorskiego na wysokości 10m nad powierzchniami otwartymi zbiornikami wody i korzyści ekologiczne wynikające z zastosowania technologii aeracji pulweryzacyjnej w odniesieniu do emisji zanieczyszczeń z paliw w procesie wytwarzania energii elektrycznej. Zmodyfikowano na podstawie literatury [2,4,10,16]

Fig. 1. Wind energy potential ($kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$) in appointed zones of Zachodniopomorskie region at 10m above surface of water reservoirs, and ecological advantages due to use of pulverizing aeration technology in connection with emission of pollutants from fuels in the process of electrical power production. Modified on the basis of references [2,4,10,16]

Barierą w rozwoju wielu alternatywnych rozwiązań w rekultywacji jezior jest przede wszystkim brak zainteresowania wdrażaniem nowych technologii i problemy związane z pozyskiwaniem funduszy inwestycyjnych. Należy jednak pamiętać, że najważniejszą sprawą to nie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne urządzeń napowietrzających lecz poprawa stanu czystości jezior i korzyść ekologiczna wynikająca z eliminacji źródeł zanieczyszczeń przypadających na kWh energii wyprodukowanej w konwencjonalnej elektrowni.

OBIEKT BADAŃ

Obiektami badawczymi były cztery jeziora województwa zachodniopomorskiego: Resko, Starzyc, Barlineckie i Zamkowe. Podstawowe dane badanych jezior zawarto w tabeli 2.

Tabela 2. Dane morfometryczno-zlewniowe jezior województwa zachodniopomorskiego poddanych rekultywacyjnemu napowietrzaniu wód w technologii aeracji pulweryzacyjnej**Table 2.** Morphometric and basin data of Zachodniopomorskie region lakes under reclamational aeration of water in pulverizing aeration technology

Nazwa jeziora Lake name	Szerokość geograficzna Latitude	Długość geograficzna Longitude	Wysokość n.p.m. Height above sea level	Głębokość maksymalna Maximal depth	Głębokość średnia Average depth	Powierzchnia zw. wody Water surface area	Powierzchnia wysp Island area	Objętość Volume	Długość maksymalna Maximal length	Szerokość maksymalna Maximal width	Linia brzegowa misy jeziora Coastline of lake's basin	Linia brzegowa wysp Islands coastline
	N	E	m	m	m	ha	ha	10 ³ m ³	m	m	m	m
Resko (Resko Górne)	53°40,7'	15°57,9'	145,4	5,0	2,7	50,7	–	1358,4	1610	1200	7200	–
Starzyc (Chociwelskie)	53°27,9'	15°20,9'	68,0	6,1	2,7	59,2	–	1575,8	1960	370	5175	–
Zamkowe (Wałeckie)	53°15,7'	16°28,1'	110,7	36,5	12,9	132,8	–	132,8	3360	960	10050	–
Barlineckie (Barlińskie)	52°58,9'	15°12,9'	57,0	18,0	7,1	259,1	3,7	18579,8	3770	2150	10450	1550

Jezioro Resko o powierzchni 50,7 ha i maksymalnej głębokości 5,0 m zlokalizowane jest 10 km na południe od Połczyna Zdroju na terenie miejscowości Stare Resko. Posiada jeden niewielki odpływ i dopływ do rzeki Regi. Opodal jeziora położony jest ośrodek wypoczynkowy mający bezpośredni wpływ na stan czystości wód [3,6,7].

Jezioro Starzyc jest zbiornikiem przepływowym dla rzeki Krapieli o powierzchni 59,2 ha i głębokości maksymalnej 6,1 m. Wraz z terenami do niego przyległymi, z których ponad 65% zlewni całkowitej stanowią użytki rolnicze, znajduje się w otulinie Ińskiego Parku Krajobrazowego. Przy jeziorze leży miasto Chociwel. Pochodzące z miasta ścieki bytowe i przemysłowe zasilają przez wiele lat wody jeziora [9,23].

Jezioro Zamkowe to bezodpływowy zbiornik rynnowy o powierzchni 132,8 ha i głębokości maksymalnej 36,5 m. Dopływ jeziora stanowi rów melioracyjny. Misa zbiornika składa się z trzech wyraźnych głęboczków [5], z których dwa większe (36,5 i 28,5) rozdzielone są półwyspem w północnej-wschodniej części jeziora przylegającym do terenów zabudowy miasta Wałcza. Południowo

-zachodnie płośno jeziora o maksymalnej głębokości 18 m graniczy z gruntami rolnymi.

Jezioro Barlineckie o powierzchni 259,1 ha posiada trzy dopływy i jeden odpływ. Otoczone jest morenowymi wzgórzami, w większości porośniętymi buczynami. W jego misie znajduje się 9 głęboczków, z których najgłębszy ma 18 m. Fragment brzegu zachodniego przylega do łąk połączonych z polami uprawnymi. Północna i północno-wschodnia jego część graniczy z zabudowaniami miasta Barlinka [8,15].

METODYKA BADAŃ

Badania terenowe realizowano w latach 2004-2005. Szczegółową metodykę eksperymentu badawczego i sposób prowadzonych działań rekultywacyjnych w nowej metodzie, opartej na pulweryzacyjnym napowietrzaniu jezior z wykorzystaniem energii wiatru zawarto w niepublikowanych opracowaniach WFOŚ i GW w Szczecinie.

Działanie aeratora nowego typu [8,17,21,22,25] oparte jest na poborze wody ze strefy naddennej jeziora i jej transporcie poprzez węże ssące do segmentu pulweryzacyjnego, usytuowanego na powierzchni lustra wody, w trakcie ruchu obrotowego koła łopatkowego. Ruch obrotowy koła łopatkowego powoduje silnik wiatrowy systemu Savoniusa poprzez układ przekładni. Podczas obrotu koła łopatkowego następuje intensywne rozpylenie wody w powietrzu atmosferycznym z jednoczesnym napowietrzaniem i odgazowaniem wody z lotnych produktów rozkładu beztlenowego. Powrót wody do określonej strefy w zbiorniku ma miejsce w wyniku siły ciężenia poprzez węże tłoczące.

Badania prowadzono w strefie bezpośredniego wpływu aeratora pulweryzacyjnego i w profilach wzorcowych, z zastosowaniem sondy tlenowej typu Cellox 325 i tlenomierzy firmy WTW: Oxi 330 i Oxi 197i. Miejsca pomiarowe dla każdego z jezior wyznaczono odbiornikiem do nawigacji satelitarnej GPS GARMIN eTrex i echosondy rybackiej GARMIN Fishfinder 120. Pomiaru stanu natlenienia w wyznaczonych profilach jezior Starzyc i Resko prowadzono co 0,5 m od lustra do dna, natomiast dla jezior Zamkowego i Barlineckiego tego typu pomiary prowadzono co 2 m. W analizie wyników badań dla każdego z jezior wykorzystano wyniki pomiaru w punktach na głębokości 1 m od dna w strefie bezpośredniego wpływu aeratora pulweryzacyjnego i w profilu wzorcowym. Wyniki pomiaru zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie w wytypowanych punktach mają charakter porównawczy.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań stanu natlenienia jezior w wytypowanych punktach pomiarowych zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Stan nasycenia badanych jezior tlenem O₂ (mg·dm⁻³) na głębokościach pomiarowych w 2004 roku
Table 3. Content of oxygen O₂ (mg dm⁻³) at measuring depths of the tested lakes in 2004

Nazwa Jeziora Lake name	Strefa bezpośredniej aeracji Direct aeration zone						Głębokość wzorcowa Standard depth					
	Termin pomiaru – Measurement term											
	Kwiecień April	Maj May	Czerwiec June	Lipiec July	Sierpień August	Wrzesień September	Kwiecień April	Maj May	Czerwiec June	Lipiec July	Sierpień August	Wrzesień September
Zawartość tlenu O ₂ – Oxygen content O ₂ (mg·dm ⁻³)												
Resko	8,09 (13,5)	10,11 (14,5)	1,46 (15,8)	0,15 (16,7)	0,67 (20,4)	7,54 (14,8)	7,24 (13,2)	11,13 (14,6)	2,26 (15,8)	0,07 (16,9)	0,08 (18,7)	3,68 (14,1)
Starzyc	3,62 (10,7)	8,04 (14,3)	4,12 (16,1)	0,1 (17,8)	0,18 (29,3)	0,41 (16,1)	2,31 (9,9)	8,30 (14,2)	9,53 (17,3)	0,1 (17,5)	0,74 (21,5)	0,39 (15,9)
Zamkowe	1,2 (4,5)	1,32 (5,2)	0,91 (5,3)	0,07 (5,4)	0,11 (5,4)	0,17 (5,3)	4,25 (4,6)	4,55 (4,9)	2,28 (5,1)	0,00 (5,3)	0,00 (5,3)	0,04 (5,2)
Barlineckie	4,48 (7,1)	4,21 (7,2)	2,09 (7,2)	0,17 (7,4)	0,05 (7,6)	0,3 (7,8)	2,14 (7,1)	1,82 (7,1)	1,3 (7,4)	0,7 (7,9)	0,16 (8,2)	0,2 (8,2)

Objaśnienia: () – temperatura wody w °C – Abbreviations: () – water temperature in °C.

W III dekadzie kwietnia i maja warunki tlenowe na rozpatrywanej głębokości pomiarowej w Jeziorze Resko były korzystne dla życia organizmów wodnych. Stan natlenienia wody w odległości 1 m od dna w punktach pomiaru wahał się w zakresie wartości 7-11 mgO₂·dm⁻³. Usterki aeratora na przełomie maja i czerwca 2004 roku spowodowały w jego bezpośredniej strefie obniżenie stężenia tlenu rozpuszczonego do wartości szczątkowej. Po wyeliminowaniu usterek aeratora, od końca sierpnia miała miejsce stopniowa poprawa natlenienia wody zarówno w strefie bezpośredniego oddziaływania aeratora, jak i głębokości wzorcowej.

W III dekadzie kwietnia na jeziorze Starzyc zawartość tlenu w strefie oddziaływania aeratora była nieznacznie wyższa od głębokości wzorcowej. Gwałtowny wzrost tlenu w wodzie, w rozpatrywanych punktach pomiaru zaobserwowano w III dekadzie maja. W tym okresie zastosowano eksperymentalnie pierwszą dawkę koagulantu w mechanizmie dozującym aeratora. Prace nad modernizacją systemu dozującego koagulant spowodowały w III dekadzie czerwca obniżenie

zawartości tlenu w bezpośredniej strefie aeratora do wartości $4 \text{ mgO}_2\text{-dm}^{-3}$. Na przełomie czerwca i lipca nastąpiło zerwanie aeratora z kotwicy i spadek zawartości tlenu w strefie naddennej jeziora. Ponowne jego zakotwiczenie spowodowało niewielki wzrost stanu natlenienia rekultywowanych pulweryzacyjnie wód w rozpatrywanych miejsc pomiarowych.

Na Jeziorze Zamkowym w III dekadzie kwietnia i maja w miejscach pomiaru utrzymywały się stałe warunki tlenowe. Od III dekady czerwca nastąpiło gwałtowne obniżenie stanu natlenienia wód całego jeziora. Na przełomie lipca i sierpnia całkowity brak tlenu rozpuszczonego zaobserwowano już na głębokości 6 metrów. Mimo katastrofalnych warunków tlenowych w jeziorze pod aeratorem w okresie letnim występowały szczątkowe zawartości tlenu rozpuszczonego.

Nasylenie tlenem Jeziora Barlineckiego w III dekadzie kwietnia i maja w strefie bezpośredniego wpływu aeratora przekraczało $4 \text{ mgO}_2\text{-dm}^{-3}$. Awaryjność urządzenia w miesiącach czerwiec-sierpień, wynikająca z blokowania koła łopatkowego aeratora przez niepowołane osoby i dewastacja węży spowodowała obniżenie natlenienia naddennej warstwy do wartości szczątkowej. Stan natlenienia strefy bezpośredniej był porównywalny wówczas z głębokością wzorcową. Usunięcie usterek w III dekadzie sierpnia wpłynęło na wzrost zawartości tlenu w bezpośredniej strefie rekultywacji.

PODSUMOWANIE

Na podstawie opracowań zawartych w literaturze [1] można sadzić, iż średnie prędkości wiatru nad jeziorami województwa zachodniopomorskiego są wystarczające dla prawidłowej pracy systemu aeratora pulweryzacyjnego i poprawy warunków tlenowych rekultywowanych pulweryzacyjnie wód. Zmagazynowane przez lata w osadach dennych znaczne ilości zanieczyszczeń uniemożliwiają jednak powrót jezior do stanu oligotroficznego. Jak wskazują wstępne wyniki badań w ramach projektu Umowy Dotacji obecny problem jakości wód dotyczy przede wszystkim warstw przydennych, w których w okresie letnim można zaobserwować deficyty tlenowe. Niepodważalnym faktem dla środowiska naturalnego są z kolei korzyści wynikające z zastosowania energii wiatru w procesie rekultywacji jezior. Zagrożenie przekroczenia bariery ekologicznej w wyniku wykorzystania energii z paliw kopalnych przyczyniły się w większości krajów Europy Zachodniej, w tym również i w Polsce, do poszukiwania różnych rozwiązań w celu zmniejszenia emisji szkodliwych substancji jakie one generują [25]. Warunkiem wykorzystania energii z alternatywnych źródeł w procesie napowietrzania jezior jest oczywiście posiadanie zasobów energii odnawialnej. Strefy energetyczne województwa zachodniopomorskiego umożliwiają z pozytywnym skutkiem stosowanie technicznych rozwiązań opartych w działaniu na wykorzystaniu energii

kinetycznej strumienia wiatru w procesie napowietrzania jezior. Wysiłki czynione przez gminy województwa zachodniopomorskiego i WFOŚ i GW w Szczecinie, w kierunku poprawy stanu jakości wód, powinny w przyszłości przynieść oczekiwany skutek. Aktualne doświadczenia w napowietrzaniu jezior województwa są niewystarczające. Modyfikacja nowej wiatrowej technologii i czynnik ludzki powodują, iż potwierdzenie o całkowitym sukcesie podjętych działań w rekultywacji jezior jest na obecnym etapie badań niewystarczające.

WNIOSKI

1. Warunki klimatyczne i stan zanieczyszczenia jezior województwa zachodniopomorskiego skłaniają do stosowania alternatywnych rozwiązań w ochronie i rekultywacji jezior.
2. Zastosowanie energii wiatru w metodach sztucznego napowietrzania wód pozwala wyeliminować kWh energii z elektrowni konwencjonalnej, a tym samym zapobiega emisji zanieczyszczeń związanych z procesem jej wytworzenia.
3. Aeracja pulweryzacyjna w strefie klimatycznej województwa zachodniopomorskiego spowodowała w okresie letnim polepszenie warunków tlenowych w warstwach naddennych aerowanych pulweryzacyjnie jezior.
4. Kontynuacja badań skuteczności aeracji pulweryzacyjnej na jeziorach województwa zachodniopomorskiego jest uzasadniona, podobnie jak rozszerzenie badań na kolejne obiekty.

PIŚMIENNICTWO

1. Atlas zasobów i zagrożeń klimatycznych Pomorza: Akademia Rolnicza w Szczecinie. Pr. Zbior. Red. Koźmiński C., Michalska B., Wyd. Publisher P.P.H. ZAPOL, Szczecin, 2004.
2. **Barczyński A.:** Aspekty ekologiczne używania gazu ziemnego. *Czysta energia*, 4, 12-13, 2001.
3. **Gerlaczyńska B.:** Jezioro Resko. Wyd. Instytut Rybactwa Śródlądowego, Olsztyn, ss. 2, 1962.
4. **Gumuła S., Knap T., Knap A.:** Określenie optymalnych parametrów geometrycznych i ruchomych elektrowni wiatrowych w zależności od prędkości średniorocznej wiatru. [w:] Ogólnopolskie forum „Mała Energetyka -97” (z energii źródeł odnawialnych). IV Konferencja Naukowo-Techniczna. Zakopane-Kościelisko, 18-20.09.1997. Wyd. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Radiokomunikacji, ss. 11, 1997.
5. **Hoffmann L.:** Rekultywacja Jeziora Zamkowego w Wałczu metodą natleniania wód hypolimnionu. [w:] Ochrona jezior ze szczególnym uwzględnieniem metod rekultywacji. II Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Grudziądz, 1988. Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Toruń, ss. 10, 1988.
6. Informacja o stanie środowiska województwa koszalińskiego w 1994 roku: Biblioteka Monitoringu Środowiska w Koszalinie. Wyd. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, Koszalin, 1995.

7. **Jaszczałt R.:** Badania skuteczności napowietrzania Jeziora Starodworskiego przy wykorzystaniu energii wiatru. Maszynopis Wydziału Ochrony Wód i Rybactwa Śródlądowego ART w Olsztynie (praca doktorska), 1990.
8. **Konieczny R.:** Wpływ energii jednostkowej aeracji pulweryzacyjnej na nasycenie tlenem wód otwartych. Maszynopis Instytutu Inżynierii Rolniczej AR w Szczecinie (praca doktorska), 2002.
9. **Korpacz K.:** Jezioro Starzyc. Wyd. Instytut Rybactwa Śródlądowego, Olsztyn, 1961.
10. **Lorenc H.:** Potencjalne zasoby energii wiatru w Polsce. [w:] Ogólnopolskie forum „Mała Energetyka -97” (z energii źródeł odnawialnych). IV Konferencja Naukowo-Techniczna. Zakopane-Kościelisko, 18-20.09.1997. Wyd. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Radiokomunikacji, 1997.
11. **Lossow K.:** Sztuczne napowietrzanie jezior jako metoda rekultywacyjna. [w:] Ochrona Jezior ze szczególnym uwzględnieniem metod rekultywacji. I Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Toruń, 1985. Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Toruń, ss. 12, 1985.
12. **Lossow K., Gawrońska H.:** Jeziora-rekultywacja, przegląd metod. Przegląd Komunalny, 9, 91-106, 2000.
13. **Lossow K., Gawrońska H., Jaszczałt R.:** Attempts to Use Wind Energy for Artificial Destratification of Lake Starodworskie. [in:] Polish Journal of Environmental Studies, 7(4), 221-227, 1998.
14. **Malinowski D.:** Powiew zmian na razie słabiutki. Gazeta Wyborcza, 02.11.2004.
15. **Marcinkiewicz W.:** Barlineckie Jezioro. Wyd. Instytut Rybactwa Śródlądowego, Olsztyn, 1963.
16. **Marecki J.:** Podstawy przemian energetycznych. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1995.
17. **Matkowski G., Podsiadłowski S.:** Aeracja pulweryzacyjna w warunkach jeziora Stare Resko. [w:] Ochrona i rekultywacja jezior. V Konferencja naukowa. Grudziądz, 11-13.05.2004. Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Toruń, 151-158, 2004.
18. **Michałowska-Knap K., Burzyński R., Mackiewicz P.:** Elektrownie wiatrowe. Poradnik wykorzystania energii wiatru. Wyd. Europejskie Centrum Energii Odnawialnej, 2001.
19. **Pieczyński L.:** Globalnie i lokalnie – dokąd zmierzamy. Materiały Międzynarodowej Konferencji Ekologicznej AGENDA 21. Barlinek, 27-30, 1997.
20. **Piotrowicz R.:** Wykorzystanie makrofitów jako metoda rekultywacji jezior. [w:] Ochrona Jezior ze szczególnym uwzględnieniem metod rekultywacji. II Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Grudziądz, 1988. Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Toruń, 1988.
21. **Podsiadłowski S.:** Wykorzystanie energii wietrznej w rekultywacji jezior. Czysta energia, 4, 14-15, 2002.
22. **Podsiadłowski S., Mastysiński J., Andrzejewski W., Konieczny R.:** Aeracja jezior. [w:] Rybactwo Jeziorowe. V Krajowa Konferencja Rybackich Użytkowników Jezior. Olsztyn, 14-16.06.2000. Wyd. Instytut Rybactwa Śródlądowego, Olsztyn, 121-127, 2000.
23. Raport o stanie środowiska w województwie zachodniopomorskim w latach 1997-1998: Pr. Zbior. Red. Landsberg-Ucziwek M.. Biblioteka Monitoringu Środowiska w Szczecinie. Wyd. Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa, 1999.
24. Raport o stanie środowiska w województwie zachodniopomorskim w roku 2001: Pr. Zbior. Red. Landsberg-Ucziwek M.. Biblioteka Monitoringu Środowiska w Szczecinie. Wyd. Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa, 2002.
25. **Soliński I., Solińska M.:** Ekologiczne podstawy systemu wspierania rozwoju energii odnawialnej w Polsce. [w:] Rozwój energetyki wiatrowej w Polsce Północnej – Konieczność czy idealizm. I Konferencja. Szczecin, 15-16.03.2001. Wyd. hogben, Szczecin, 13-23, 2001.

26. **Wower M.:** Model prognozowania aeracji pulweryzacyjnej dla warunków Jeziora Starzyc. Maszynopis Instytutu Inżynierii Rolniczej AR w Poznaniu (praca magisterska), 2004.
27. **Zimny R.:** Rekultywacja Jeziora Jaroszewskiego – doświadczenia samorządu Gminy Sieraków. [w:] Ochrona i rekultywacja jezior. V Konferencja naukowa. Grudziądz, 11-13.05.2004. Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Toruń, 247-252, 2004.

RECLAMATION POSSIBILITY OF ZACHODNIOPOMORSKIE REGION LAKES USING PULVERIZING AERATION TECHNOLOGY

Ryszard Konieczny¹, Lech Pieczyński²

¹Institute for Land Reclamation and Grassland Farming,
Zachodniopomorski Research Division in Szczecin
ul. Czesława 9, 71-504 Szczecin
e-mail: rkoniecz@poczta.onet.pl

²Regional Fund For Environmental Protection & Water Management
West Pomerania Region, Szczecin
ul. Solskiego 3, 71-323 Szczecin

Abstract. The paper presents the cleanness state of Zachodniopomorskie region lakes and the environment advantages due to the use of wind kinetic energy driving of a new type of aerator in pulverizing aeration technology of lakes. The oxygen status changes of over-bed zone of the lakes Resko, Starzyc, Barlineckie and Zamkowe in direct impact of pulverizing aerator is also shown. The main aim of the research, conducted under the supervision of the Regional Fund for Environmental Protection and Water Management in Szczecin in the frame of project no. 29/04/OW-BD/D, is to assess the effectiveness of the pulverizing aeration technology in the circumstances of Zachodniopomorskie region lakes.

Keywords: lakes, pulverizing aeration, wind energy