

## WYKORZYSTANIE ENERGII WODY DO NAPOWIETRZANIA WÓD

*Ryszard Konieczny*

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach,  
Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy w Szczecinie

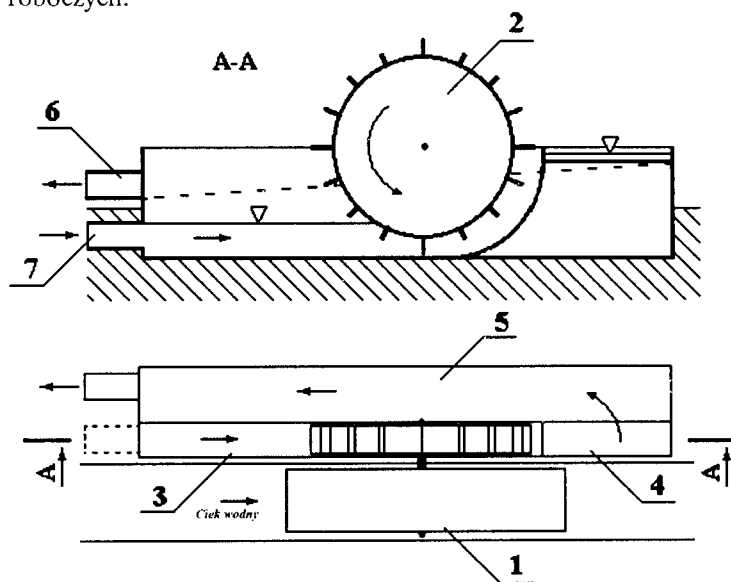
### Wstęp

Eutrofizacja stanowi podstawowe zagrożenie dla ekosystemów wodnych i ogranicza ich wykorzystanie w przemyśle, rekreacji i dla zaopatrzenia ludności [BALCERZAK 2004]. Jednym z najczęściej stosowanych rozwiązań w poprawie stanu czystości wód jest napowietrzanie naddennych warstw zbiorników [Lossow i in. 1998; SOLARCZYK, BURAK 2000]. Pierwszym znanym mechanicznym systemem opartym w działaniu na napowietrzaniu strefy naddennej jest aerator pulweryzacyjny zastosowany w Szwajcarii na jeziorze Bret pod koniec lat czterdziestych XX wieku [RZEWUSKA, JANKOWSKI 1988; Lossow 2000]. Dla polepszenia jakości wód pitnych jeziora w układzie napowietrzającym zastosowano pompę tłoczącą wodę ze strefy naddennej przez rurę ssawną do komory aeracji usytuowanej na brzegu zbiornika. Wody hypolimnionu w komorze aeracji w trakcie pulweryzacji ulegały napowietrzeniu z jednoczesnym odgazowaniem lotnych produktów rozkładu bez-tlenowego. Powrót napowietrzonych wód do strefy naddennej miał miejsce przez rurę tłoczną w wyniku siły ciężenia. Mechaniczny system aeracji mimo poprawy stanu czystości wód jeziora Bret był energochłonny i wymagał modernizacji. Obecnie w napowietrzaniu jezior, stawów hodowlanych czy oczek wodnych stosowanych jest z różnym skutkiem szereg mechanicznych rozwiązań zasilanych pneumatycznie, elektrycznie i wietrznie [PODSIADŁOWSKI i in. 2000]. Pośród nich na uwagę zasługuje nowa wiatrowa metoda rekultywacji wód, tzw. technologia aeracji pulweryzacyjnej, opracowana w 1995 r. na Akademii Rolniczej w Poznaniu. Nowa technologia, oparta w działaniu na zasadzie naczyń połączonych, znalazła zastosowanie w Polsce na 7 jeziorach. Przedstawione wyniki badań w literaturze [KONIECZNY 2004] potwierdzają skuteczność pulweryzacyjnego systemu w procesie rekultywacji wód naddennych jezior. Potrzeba poprawy stanu czystości zbiorników skłania do szukania nowych, skuteczniejszych od obecnie stosowanych systemów napowietrzających. Interesującą koncepcję natleniania naddennych warstw przedstawił LEWANDOWSKI [2001] wskazując jako metodę rekultywacji wód Bałtyku przetworzenie energii wiatru na stały prąd elektryczny i przeprowadzenie na dnie elektrolizy (rozkład wody na pierwiastki składowe – wodór i tlen). Ilość tlenu wprowadzonego na dużej powierzchni jest zależna od długości elektrody bez konieczności stosowania dodatkowych układów dyspergujących. Zaletą metody, oprócz korzyści dla środowiska wodnego, jest możliwość czerpania zysków z wodoru gro-

madzonego w pływających zbiornikach podczas elektrolizy. Zmienne warunki wietrzne [Woś 1999; KOŹMIŃSKI, MICHAŁSKA 2002] i ukształtowanie terenu, często charakterystyczne dla określonych rejonów, uniemożliwiają nikiiedy zastosowanie wiatrowych konstrukcji w procesie aeracji wód strefy naddennej. W poszczególnych przypadkach istnieje jednak możliwość wykorzystania energii wody jako źródła napędu dla elementów roboczych urządzeń stosowanych w rekultywacji wód. Warunkiem zastosowania tego typu rozwiązań jest występowanie w pobliżu wodnego zbiornika cieku o mocy umożliwiającej napęd silnika wodnego urządzenia. Mając na uwadze ewentualne korzyści wynikające z wykorzystania energii wody do napowietrzania wód w Zachodniopomorskim Ośrodku Badawczym IMUZ w Szczecinie zapoczątkowano w styczniu 2005 r. prace w kierunku opracowania i wdrożenia w praktyce nowej koncepcji rekultywacji naturalnych i sztucznych zbiorników wodnych.

### Stacjonarny system aeracji pulweryzacyjnej

Stacjonarny system aeracji pulweryzacyjnej (rys. 1) opracowano na bazie stosowanych z pozytywnym skutkiem technologii w rekultywacji jezior [PODSIADŁOWSKI, PIECZYŃSKI 2001; RZEWUSKA, JANKOWSKI 1988]. Celem wynalazku jest konstrukcja aeratora do rekultywacji wód warstw naddennych o dużej efektywności, zarówno ilości przepływającej wody jak i stopnia jej napowietrzenia, przy zastosowaniu energii wód płynących jako źródła napędu silnika wodnego aeratora i jego elementów roboczych.



Rys. 1. Stacjonarny system aeracji pulweryzacyjnej: 1 – silnik wodny, 2 – koło łopatkowe, 3 – komora poboru wody, 4 – komora aeracji, 5 – komora swobodnego spadku, 6 – króciec odpływu, 7 – króciec dopływu

Fig. 1. Stationary system of pulverizing aeration: 1 – water turbine, 2 – fly-wheel, 3 – water take-up chamber, 4 – aeration chamber, 5 – free fall chamber, 6 – outlet pipe, 7 – inlet pipe

Przedmiot wynalazku [KONIECZNY 2005] zapewnia ciągłość rekultywacji zdegradowanych naturalnych i sztucznych zbiorników wodnych zlokalizowanych w pobliżu rzek i systemów rzecznych. Napęd aeratora stanowi silnik wodny (1) zasilany strumieniem wody przepływającej przez przekrój poprzeczny rzeki korytem naturalnym lub sztucznym. Ze względu na sposób rekultywacji, króciec dopływu (7) i połowa komory poboru wody (3) są instalowane poniżej lustra aerowanego zbiornika wodnego. Dopływ wody naddennej ze zbiornika do komory poboru (3) następuje samoczynnie przez przewód węzowy połączony z króćcem poboru (7). Ruch obrotowy koła łopatkowego (2) powoduje pulweryzację (rozdrobnienie) i przerzucenie wody do komory aeracji (4). Transport napowietrzanej i odgazowanej z produktów rozkładu beztlenowego wody naddennej do określonego końca węża miejsca w zbiorniku następuje w wyniku grawitacyjnego spływu wody z komory aeracji (4), poprzez komorę swobodnego spadku (5) i króciec odpływu (6) połączony z przewodem węzowym.

System aeracji umożliwia wtórne napowietrzenie wód w wyniku wydłużenia czasu kontaktu wody z powietrzem atmosferycznym przez zastosowanie w komorze swobodnego spadku (5) kaskady schodkowej lub perforowanej płyty.

Rozwiązanie przewiduje montaż urządzenia na pływakach lub instalację korpusu aeratora w fundamencie stałym na dnie w określonym miejscu cieku wodnego, na głębokości nie przekraczającej połowy komory poboru wody (3).

### Energia wody jako źródło napędu aeratora

W zjawisku przepływu cieczy zapewnienie stałych warunków przepływu w poprzecznym przekroju kanału dla stabilnej pracy silnika wodnego aeratora jest niezbędne. Od energii wody w korycie są ściśle zależne parametry techniczne turbiny wodnej, stanowiącej źródło napędu elementów roboczych urządzenia napowietrzającego wodę. Przemianę energii wód płynących do napędu silnika wodnego aeratora umożliwiają budowle piętrzące. Uzyskany w danym przekroju koryta przez spiętrzenie spad stanowi energię rozprowadzalną [TROSKOŁAŃSKI 1962], ulegającą w trakcie przepływu przez silnik wodny przemianie w energię mechaniczną. Energia płynącej cieczy na ustawioną prostopadle do strumienia przeszkodę (silnik wodny) powinna osiągnąć wartość niezbędną dla pokonania siły oporów ruchu elementów napędowych urządzenia napowietrzającego. W praktyce hydrotechnicznej stosowane są kanały o przekrojach prostokątnym i trapezowym. Swobodnie płynąca z prędkością  $v$  woda w kanale odpowiada w przekroju poprzecznym koryta  $F$  określonemu przepływowi  $Q = F \cdot v$  ( $m^3$ ). Jeżeli objętościowe natężenie przepływu  $Q$  na pewnym odcinku rzeki o spadzie  $H$  jest stałe, to moc brutto  $N$  tego odcinka będzie określona wzorem  $N = \gamma \cdot Q \cdot H$  (kW), zaś energia roczna brutto  $A_b$  w czasie 8760 godzin będzie równa  $A_b = 8760 \cdot N$  (kWh), przy czym:  $v$  wyraża się w  $m \cdot s^{-1}$ ,  $F$  w  $m^2$ ,  $\gamma$  (ciężar właściwy wody) w  $N \cdot m^{-3}$ , a  $H$  w  $m$ . Po uwzględnieniu sprawności objętościowej przepływu  $\eta_v$ , spowodowanej stratami przepływu wody przez szczelinę pomiędzy wirnikiem silnika wodnego aeratora i ściankami koryta rzeki, oraz sprawności hydraulicznej  $\eta_h$ , wskutek strat tarcia wody o części turbiny wodnej aeratora, roczna energia ma postać użytecznej  $A_n$  (netto) i wyrażona jest wzorem  $A_n = 8760 \cdot N \cdot \eta_v \cdot \eta_h$  (kWh). Znajomość rocznej energii użytecznej dostarczonej przez płynącą wodę w korycie rzeki na silnik wodny jest podstawą do wyznaczenia parametrów pracy stacjonarnego systemu aeratora pulweryzacyjnego.

## Możliwości i ograniczenia stacjonarnego systemu aeracji pulweryzacyjnej

Niedogodności wykorzystania stacjonarnego systemu pulweryzacyjnego w praktyce do rekultywacji zdegradowanych wód naddennych zbiorników wynikają z braku cieklu wodnego w pobliżu zbiornika lub występowania źródła o mocy niewystarczającej dla zapewnienia odpowiedniego napędu silnika wodnego aeratora. System transportu odtlenionych wód naddennych do komory poboru wody aeratora jest możliwy przez adaptację znanych rozwiązań w rekultywacji jezior [NOWAK 1985; JANC i in. 1988; RZEWUSKA, JANKOWSKI 1988]. Umiejętny dobór i lokalizacja w terenie przewodów węzowych połączonych przez króćce z korpusem aeratora, ułożonych swym końcem w określonej strefie naddennej zbiornika, może spowodować zaplanowany skutek w procesie pulweryzacyjnej aeracji wód naddennych. Brzegowa lokalizacja aeratora, przy źródle stanowiącym napęd silnika wodnego, pozwala na swobodną kontrolę pracy urządzenia i jego techniczne przeglądy w dowolnym terminie. Stacjonarny system aeracji w wyniku stałej wartości energii wody płynącej w poprzecznym przekroju koryta cieklu wodnego dodatkowo umożliwia jednolity ruch obrotowy rozbryzgiwacza w postaci koła łopatkowego, a w konsekwencji stałe warunki pracy aeratora w procesie aeracji wód. Samoczynny napływ wód do komory poboru wody zapewnia zastosowanie silnika wodnego niewielkiej mocy o wartości niezbędnej dla pokonania oporów ruchu obrotowego rozbryzgiwacza i transportu wody do komory aeracji.

### Podsumowanie

Wykorzystanie energii rzek i systemów rzecznych do poprawy stanu czystości zbiorników wodnych jest uzasadnione i wskazane. W poprawie stanu czystości wód godną uwagi i zastosowania w praktyce jest opracowana w styczniu 2005 roku w Zachodniopomorskim Ośrodku Badawczym IMUZ w Szczecinie nowa koncepcja rekultywacji wód zbiorników naturalnych i sztucznych. Nowy system umożliwia zarówno stałe warunki pracy aeratora, jak również zapewnia napowietrzanie określonej końcem węża tłoczącego dowolnego miejsca naddennego zbiornika. Prawidłowy dobór parametrów technicznych systemu aeratora, względem energii wody dostarczanej w korycie rzeki na silnik wodny, w poszczególnych przypadkach może spowodować zamierzony skutek. Prace nad nową technologią są aktualnie w realizacji.

### Literatura

BALCERZAK W. 2004. *Wpływ procesu eutrofizacji na kształtowanie jakości wód*. Mat. XVIII Krajowej, IV Międzyn. Konf. Nauk.-Techn. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”, Poznań 6–7 IX 2004. Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Wielkopolski: 245–255.

JANC Z., NOWAK B., ZIMNA J. 1988. *Rekultywacja jeziora Rudnickiego Wielkiego w Grudziądzu metodą usuwania wód hypolimnionu*. II Kraj. Konf. Nauk.-Techn. „Ochrona jezior ze szczególnym uwzględnieniem metod rekultywacji”. 12–14 X Grudziądz. Wydawn. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Toruń: 26 ss.

- KONIECZNY R. 2004. *Aeracja pulweryzacyjna w warunkach Jeziora Barlineckiego*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Wyd. IMiUZ Falenty 4(2b), (12): 291-301.
- KONIECZNY R. 2005. *Stacjonarny aerator pulweryzacyjny*. Zgłoszenie Patentowe nr P 373021. Urząd Patentowy RP.
- KOŹMIŃSKI CZ., MICHALSKA B. 2002. *Charakterystyka prędkości wiatru i cisz w Polsce*. Acta Agrophysica 78: 111-132.
- LEWANDOWSKI W.M. 2001. *Koncepcja dolnienia wód głębinowych Bałtyku*, w: *Proekologiczne źródła energii odnawialnej*. Wyd. Nauk.-Techn. Warszawa: 84-85.
- LOSSOW K. 2000. *Jeziora – rekultywacja, przegląd metod*. Przegląd Komunalny 9(108): 91-106.
- LOSSOW K., GAWROŃSKA H., JASZCZUŁT R. 1998. *Attempts to use wind energy for artificial destratification of Lake Starodworskie*. Polish J. of Environ. Studies 7(4): 221-227.
- NOWAK B. 1985. *Rekultywacja jeziora Rudnickiego Wielkiego w Grudziądzu metodą usuwania wód hypolimnionu*. I Krajowa Konf. Nauk.-Techn. „Ochrona jezior ze szczególnym uwzględnieniem metod rekultywacji”, Toruń, Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Toruń: 18 ss.
- PODSIADŁOWSKI S., MASTYŃSKI J., ANDRZEJEWSKI W., KONIECZNY R. 2000. *Aeracja jezior*. V Kraj. Konf. Rybackich Użytkowników Jezior „Rybacko Jeziorowe”. Olsztyn, 14-16 VI 2000. Wyd. Instytut Rybactwa Śródlądowego, Olsztyn: 121-127.
- PODSIADŁOWSKI S., PIECZYŃSKI L. 2001. *Energia wietrzna w rekultywacji jezior*. Mat. konf. „Rozwój energetyki wiatrowej w Polsce północnej – konieczność czy idealizm”, Szczecin 15-16 III 2001. Maszynopis WFOŚ i GW w Szczecinie: 4 ss.
- RZEWUSKA E., JANKOWSKI W. 1988. *Przegląd metod rekultywacji jezior i zbiorników wodnych*. II Krajowa Konf. Nauk.-Techn. „Ochrona jezior ze szczególnym uwzględnieniem metod rekultywacji”, Grudziądz 12-14 X 1988. Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Toruń: 24 ss.
- SOLARCZYK A., BURAK SZ. 2000. *Informacja o stanie rekultywacji jezior w Polsce*. IV Międzyn. Konf. Nauk.-Techn. „Ochrona i rekultywacja jezior”, Przysick VI 2000. Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Toruń: 113-122.
- TROSKOŁAŃSKI A.T. 1962. *Ruch cieczy w przewodach otwartych*, w: *Hydromechanika*. Wyd. Nauk.-Techn. Warszawa: 290-339.
- WOŚ A. 1999. *Kierunek i prędkość wiatru*, w: *Klimat Polski*. Wyd. PWN Warszawa: 67-76.

**Słowa kluczowe:** zbiorniki wodne, napowietrzanie, energia wody, aeratory

### Streszczenie

Wzbogacenie wody w mineralne związki pokarmowe ogranicza jej wykorzystanie w przemyśle, rekreacji i dla zaopatrzenia ludności. Powszechnie stosowane mechaniczne systemy w poprawie stanu czystości wód mają różny skutek. Poszukiwanie nowych, skuteczniejszych rozwiązań od stosowanych technologii w napo-

wietrzaniu naddennych stref jezior, stawów hodowlanych czy oczek wodnych jest uzasadnione i wskazane. W pracy przedstawiono opracowany w Zachodniopomorskim Ośrodku Badawczym IMUZ w Szczecinie w styczniu 2005 r. nowy, stacjonarny system aeracji pulweryzacyjnej wód strefy naddennej, oparty w działaniu na wykorzystaniu energii wody, jako źródła napędu silnika aeratora i jego elementów roboczych. Prace badawcze nad nową technologią rekultywacji wód są w trakcie realizacji.

## UTILIZATION OF WATER ENERGY FOR AERATION OF WATERS

*Ryszard Konieczny*

Zachodniopomorski Research Division in Szczecin,  
Institute for Land Reclamation and Grassland Farming, Falenty

Key words: water reservoirs, aeration, water energy, aerators

### Summary

Enrichment of water in the nutrients limits its utilization in industry, recreation and for supply to human population. Broadly applied mechanical systems to improving water purity give different results. Searching for new, more efficient solutions than technology applied in aeration of lake overbed zones, fish cultures or ponds is well-founded and indicated. Paper presents a new, stationary pulverizing aeration system for overbed zone water, developed by Institut for Land Reclamation and Grassland Farming, Falenty Zachodniopomorski Research Division in Szczecin in January 2005. The system is based on the use of water energy as a source of driving force for aerator turbine and working devices. Research works on the new technology of waters' reclamation are continued.

Dr inż. Ryszard **Konieczny**  
Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy  
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych  
ul. Czesława 9  
71-504 SZCZECIN  
e-mail: rkoniecz@poczta.onet.pl