



Instytut Gospodarki
Surowcami Mineralnymi
i Energią
Polskiej Akademii Nauk

Wykorzystanie osadów dennych z Jeziora Rożnowskiego do budowy obwałowań górnego zbiornika elektrowni szczytowo-pompowej Rożnów

Prof. dr hab. inż. Zygmunt Kowalski

Kraków, 25.09.2023

Opis Jeziora Rożnowskiego

- Jezioro Rożnowskie powstało w wyniku spiętrzenia wód Dunajca na 80 km rzeki, w obrębie Pogórza Rożnawskiego. Położone jest na terenie powiatu nowosądeckiego ok. 12 km na północ od Nowego Sącza. Jezioro Rożnowskie, zarysem przypominające nieregularne „S”, liczy 18-20 km długości, zależnie od stanu wody, oraz średnio 1 km szerokości. Tylko w niektórych miejscach szerokość osiąga 2 km. Głębokość zbiornika zmienia się w zależności od stanu wody – koło zapory wynosi około 30 m, a w południowej części przy niskich stanach wody tworzą się płycizny i muliska.
- Dane zbiornika wodnego:
 - powierzchnia 1600 ha,
 - długość 22 km,
 - głębokość 30 - 35 m,
 - wysokość lustra wody przy średnim stanie wody 265 m n.p.m.,
 - pojemność całkowita 193 mln m³.



❖ Jezioro ulega stopniowemu zamulaniu w wyniku nanoszenia przez Dunajec i wpadające do niego potoki żwiru i mułów. Corocznie w zbiorniku zatrzymuje się ok. 1,6 mln m³ osadów dennych, materiałów osadowych, które odkładają się systematycznie zmniejszając pojemność retencyjną zbiorników wodnych.

❖ Gromadzenie się osadów jest głównym czynnikiem wpływającym na okres eksploatacji zbiorników wodnych. Aby prognozować ograniczenia w funkcjonowaniu zbiornika, czas ich wystąpienia oraz aby dobrać odpowiednie metody zaradcze, wymagana jest znajomość zarówno tempa, jak i wzorca depozycji osadów w zbiorniku. Utrata ok. 80% pierwotnej pojemności może powodować, że zbiornik nie spełnia już swoich funkcji. Na podstawie badań uważa się, że ograniczenie funkcji małych zbiorników wodnych następuje już przy redukcji pojemności od 40 do 60% i dlatego żywotność tych zbiorników powinna być określana dla zamulenia wynoszącego 50% pojemności pierwotnej.

❖ Odtworzenie pojemności zbiornika odbywa się zazwyczaj poprzez mechaniczne usuwanie osadów. Najczęściej stosowane są:

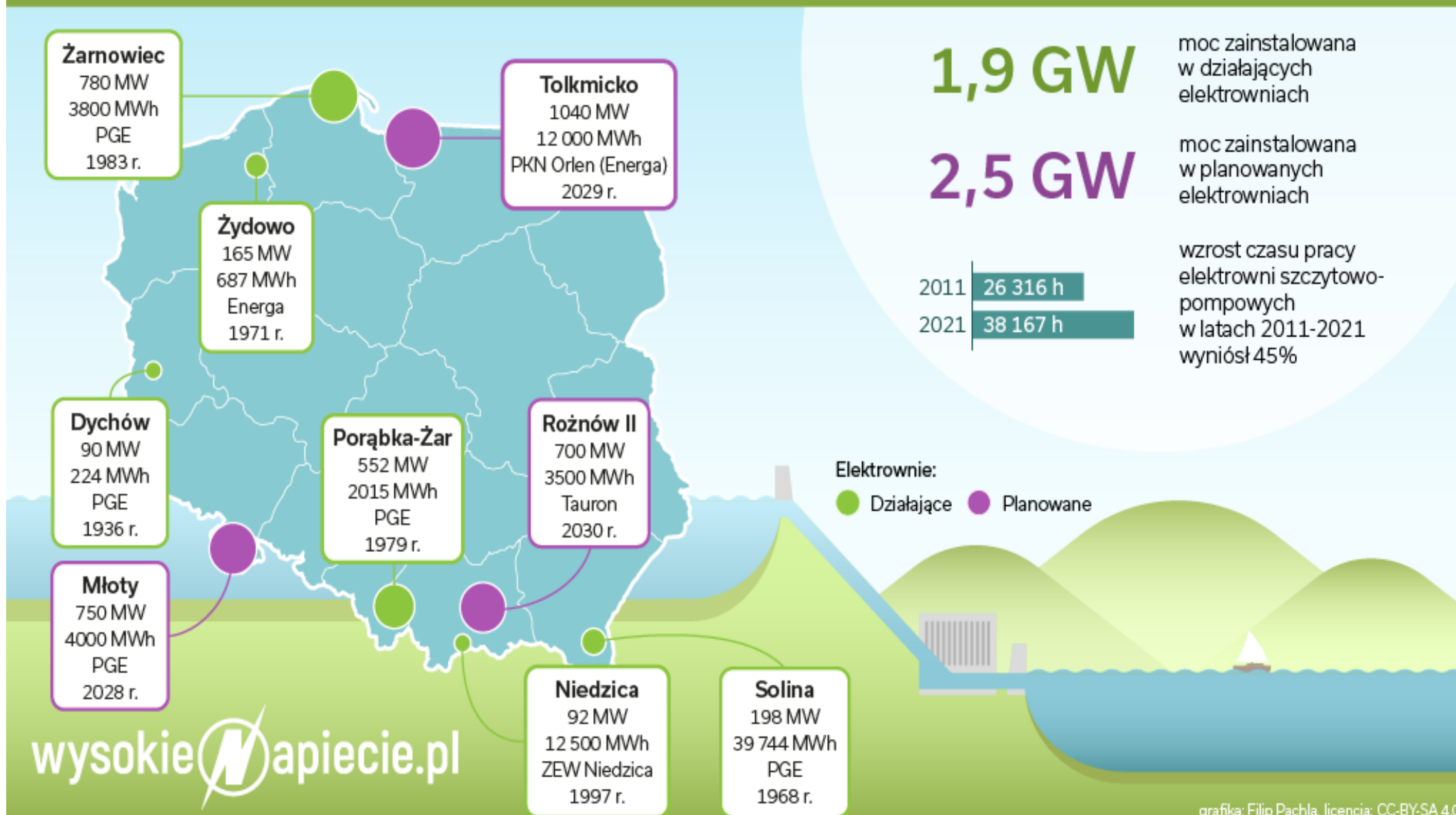
- bagrowanie,
- mechaniczne pogłębianie za pomocą pogłębiarek chwytakowych lub wieloczerpakowych,
- zasysanie wody z osadami za pomocą pogłębiarek ssących (refulerów),
- zasysanie wody z osadami za pomocą syfonu (zwykle z pompą zalewającą syfon, umieszczoną na barce) lub rury podłączonej do upustu dennego.

ELEKTROWNIA SZCZYTOWO-POMPOWA

- ❖ Elektrownia szczytowo-pompowa jest jednym z najstarszych sposobów wielkoskalowego magazynowania energii. Działa ona na bardzo prostej zasadzie, wykorzystując dwa zbiorniki wody położone na różnych poziomach. Kiedy woda jest spuszczana z górnego zbiornika do dolnego, energia potencjalna wody zamienia się na energię kinetyczną napędzając turbinę i generator, który przekształca ją w energię elektryczną.
- ❖ W okresach małego zapotrzebowania energii elektrycznej i niższej ceny, woda jest pompowana z powrotem do zbiornika górnego. Oczywiście elektrownia szczytowo-pompowa nie jest producentem energii netto, jednakże w połączeniu z wykorzystaniem innych form generacji i energii ze źródeł odnawialnych do pompowania wody do górnego zbiornika, pozwala rozwiązać problemy związane z nieciągłością pracy innych technologii generacji ze źródeł odnawialnych. Sprawność energetyczna elektrowni szczytowo-pompowej zawiera się w praktyce między 70% a 80%, jakkolwiek deklarowane sprawności sięgają 87%.
- ❖ Magazynowanie w elektrowni szczytowo-pompowej jest formą magazynowania energii z sieci, zapewniającą największą dostępną zdolność magazynowania, która stanowi >99% światowych zdolności magazynowania, odpowiadających ~127 GW. Rozkłada się ona w skali całego świata pomiędzy ponad 300 instalacji. Stany Zjednoczone i Japonia dostarczają ~40% całkowitej zdolności magazynowania elektrowni szczytowo-pompowych. W Unii Europejskiej jest obecnie 140 działających elektrowni szczytowo-pompowych o sumarycznej mocy zainstalowanej przekraczającej 19,5 GW. Najwięcej z nich znajduje się w Niemczech (31), Włoszech (21) i w Austrii (19). W Chinach elektrownie szczytowo-pompowe przeżywają w ciągu ostatnich 10 lat okres dobrej koniunktury. Zostały wybudowane 24 elektrownie o łącznej mocy zainstalowanej 17 GW.

ELEKTROWNIE SZCZYTOWO-POMPOWE W POLSCE - ISTNIEJĄCE I PLANOWANE

Źródło: dane spółek, Raport "Rola ESP w KSE: uwarunkowania i kierunki rozwoju" | luty 2023



ELEKTROWNIA SZCZYTOWO-POMPOWA ROŻNÓW

- Elektrownie szczytowo-pompowe (ESP) dają możliwość magazynowania energii elektrycznej w okresach, gdy jest ona tańsza, a następnie sprzedaż w okresach dużego zapotrzebowania na energię i wyższych cen.
- Właściciel ESP będzie mógł świadczyć PSE usługi systemowe ukierunkowane na stabilizację sieci i kompensację wpływu zmiennych źródeł OZE.
- Jest to także sposób na zwiększenie możliwości retencji wody oraz bezpieczeństwa przeciwpowodziowego, co stanowi atut dla Wód Polskich.
- Kolejny czynnik to zwiększenie lokalnego potencjału rekreacyjnego i turystycznego, aktywizacja gospodarcza bezpośredniego otoczenia ESP zarówno podczas inwestycji, jak i po jej zakończeniu.

- **Nowa elektrownia szczytowo-pompowa** ulokowana w okolicy Nowego Sącza ma być realizowana przez spółkę z grupy **TAURON S.A.** Będzie dysponować mocą **700 MW** oraz pojemnością **3 500 MWh**.
- Górny zbiornik ma mieć długość około **1000 m** oraz szerokość **od 320 do 560 m**, przy wysokościach obwałowania liczących **od 30 do 60 m**. Przewidywane wahania dobowe poziomu wody w dolnym zbiorniku wynoszą maksymalnie 60 cm. Zbiornik dolny elektrowni wodnej Rożnów już istnieje i dodatkowo pełni rolę przeciwpowodziową.
- Harmonogram prac zakłada opracowanie Studium Wykonalności oraz wydanie warunków przyłączenia do KSE do końca 2023 roku, wydanie decyzji środowiskowej w III kw. 2025, początek prac budowlanych w I kw. 2026 oraz oddanie do użytku do końca 2030 roku. Ze względu na planowaną moc nowa ESP będzie przyłączona do sieci przesyłowej na napięciu 400 kV, najprawdopodobniej w stacji Tarnów.



*Największa w Polsce elektrownia szczytowo-pompowa
Żarnowiec o mocy 716 MW*



*Elektrownia szczytowo-pompowa górny zbiornik
Góra Żar*

Kierunki zagospodarowania osadów ściekowych z Jeziora Rożnowskiego

- ❖ Wydobyte osady denne ze zbiorników wodnych mogą zastąpić naturalne materiały mineralne stosowane w budownictwie do:
 - **budowy nasypów hydrotechnicznych (w tym wałów przeciwpowodziowych), nasypów drogowych,**
 - **wykonywania przesłon mineralnych na składowiskach odpadów,**
 - **budowy plaż i nabrzeży.**

Wymogi odnośnie kryteriów, które powinny spełniać grunty do wykorzystania w budownictwie określają odpowiednie normy budowlane.

- ❖ Proponuje się **wykorzystanie osadów dennych Jeziora Rożnowskiego**, po ich przetworzeniu na kruszywa drobnoziarniste **do budowy zbiornika górnego elektrowni szczytowo-pompowej Rożnów**. Górny zbiornik ma mieć długość około 1000 m oraz szerokość od 320 do 560 m, przy wysokościach obwałowania liczących od 30 do 60 m.

- ❖ Pozwala to uwzględnić bardzo ważne kryterium ekonomiczne, brane pod uwagę przy stosowaniu osadów dennych w budownictwie, jakim jest mała odległość ich położenia od miejsca budowy. Taka technologia budowy, z jak największym wykorzystaniem materiałów lokalnych, pozwoliłaby na znaczne obniżenie kosztów inwestycji.

Zbiornik górny Elektrowni Szczytowo-Pompowej Rożnów - charakterystyka

Długość [m]	Szerokość [m]		Wysokość obwałowania [m]		Pole przekroju wału [m ²]		Pojemność [mln m ³]			Objętość wału [mln m ³]		
	min	max	min	max	min	max	min	max	średnia	min	max	średnia
	1000	320	560	30	60	450	1800	9,6	33,6	21,6	1,29	5,67

Ilość materiału* [mln t]		
min	max	średnia
1,93	8,50	5,21

*gęstość nasypowa 1,5 t/m³

Powyższe i poniższe dane są szacunkowe, a dokładność ocen w tej fazie wstępnych analiz wynosi +/- 25%

Oszczędności z tytułu zastosowania przetworzonych osadów dennych jako zamiennika piasku

- Koszty piasku przyjęto na poziomie 65 zł/t materiału. Wstępnie oszacowane koszty eksploatacji osadów dennych oszacowano także na poziomie 65 zł/t materiału przetworzonego. Koszty transportu piasku oszacowano dla 2 wariantów zakładając przewóz piasku na odległość 50 lub 100 km, przyjmując cenę dla transportu o wadze do 20 ton wynoszącą 8 zł/km.

Ilość materiału [mln t]	Odległość transportu [km]	Koszt transportu [mln zł]	Ilość ciężarówek 20 t
1,93	50	96,5	96 500
	100	193	
8,50	50	425	425 000
	100	850	
5,21	50	260,5	260 500
	100	521	

- Przyjmując wartości średnie z powyższej tabeli oszacowano wstępnie, że **zastosowanie kruszyw drobnoziarnistych wytwarzanych z osadów dennych pozwoliłoby na oszczędności kosztów budowy wałów na poziomie 520 mln zł**, z tytułu zastosowania materiału lokalnego do budowy elektrowni szczytowo-pompowej.
- Uniknięto by również ruchu ponad **260 000** ciężarówek (na trasach do 100 km) i zniszczenia dróg lokalnych z tego tytułu, oraz protestów okolicznych mieszkańców i ekologów.

PODSUMOWANIE

- ❖ Rozwiązanie problemu osadów dennych Jeziora Rożnowskiego wymagałoby budowy stałej instalacji wytwarzającej co najmniej około 3 mln t/r (~ 2 mln m³), kruszyw na ich bazie. Pozwoliłoby to na usuwanie przybywającej co roku ilości osadów dennych (ca 1,6 mln m³), oraz stopniowe zmniejszanie ilości osadów zgromadzonych w zbiorniku (szacowanych obecnie na 50-60% pojemności zbiornika).
 - ❖ Byłaby to więc duża instalacja produkcyjna, która wymagałaby odpowiedniej logistyki transportu produktu. Najbardziej celowe, z punktu widzenia ekonomicznego i ekologicznego byłoby wykorzystanie do tego celu transportu kolejowego. Koresponduje to z rozpoczętą budową nowej linii między Podłężem a Tymbarkiem i Mszaną Dolną oraz modernizacją istniejącej trasy Chabówka – Nowy Sącz, mającej duże znaczenie dla rozwoju regionalnego.
-
- ❖ Obecnie w Polsce drobne piaski klasyfikowane i nie klasyfikowane stosowane są przede wszystkim w budownictwie drogowym do podbudów oraz różnych prac inżynierskich, ich zużycie w dużym stopniu uzależnione jest od wielkości realizowanych inwestycji drogowych.
 - ❖ W 2011 roku osiągnęło wielkość 140 mln t (>55% wydobywania), w ostatnich latach uległo zmniejszeniu do wielkości 80 - 100 mln t/r.

PODSUMOWANIE

- ❖ Kruszywa drobnoziarniste produkowane z osadów dennych Jeziora Rożnowskiego stanowiłyby więc 3-4% w/w ilości drobnych piasków stosowanych w Polsce.
- ❖ Opisana wyżej technologia mogłaby zostać wykorzystana przy budowie wszystkich nowych elektrowni szczytowo-pompowych planowanych do budowy w Polsce.
- ❖ Mogłaby też zostać użyta (po odpowiedniej adaptacji) do przetwarzania osadów dennych zgromadzonych we wszystkich zbiornikach elektrowni wodnych w Polsce, rozwiązując problem gromadzenia się w nich osadów dennych. Docelowo pozwoliłoby to na zastąpienie znacznej części surowców naturalnych (piasków drobnoziarnistych) kruszywami drobnoziarnistymi produkowanymi na bazie osadów dennych.
- ❖ Byłoby to wzorcowe rozwiązanie przewidziane w Gospodarce o Układzie Zamkniętym (GOZ) obejmujące substytucję surowców naturalnych przetworzonymi odpadami, ich recykling i wtórne wykorzystanie (re-use).