

Zbiornik wodny Jeziorsko

– rewitalizacja ekranu zapory czołowej zbiornika

mgr inż. Wojciech Poręba, HZBUD Sp. z o.o., Zielona Góra, mgr inż. Marcin Pawłowski, Biuro Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska BIPROWODMEL Sp. z o.o. Poznań

1. Wprowadzenie

Zapora czołowa jest jednym z głównych obiektów hydrotechnicznych zbiornika wodnego Jeziorsko. Stanowi konstrukcję ziemną jednorodną wykonaną z piasków średnioziarnistych sypanych z gruntów miejscowych ze szczelnym żelbetowym ekranem na skarpie od strony odwodnej, z drenażem rurowym przy stopie skarpy odpowietrznej. Na koronie zapory znajduje się droga wojewódzka o nawierzchni bitumicznej z chodnikiem od strony odwodnej.

2. Podstawowe dane zapory czołowej zbiornika wodnego Jeziorsko

Skarpa odwodna zapory zabezpieczona jest płytami żelbetowymi wylewanymi na mokro grubości 15 cm na chudym betonie grubości 10 cm, o zmiennych wymiarach szerokości 6,0–8,0 m i długości 8–12,0 m zakończonych na koronie zapory parapetem (progiem) odbojowym wykonanym z prefabrykatów o długości 3,0 m. Dylatacje między płytami uszczelnione są taśmą PCV o szerokości 18,0 cm i masą bitumiczną. Przy skarpie zapory, po stronie górnej wody, został ułożony fartuch z gliny o grubości 0,50 m w pasie szerokości 50 m, przykryty warstwą gruntu o grubości 0,50 m.

U podnóża zapory skarpy odpowietrznej został ułożony zasadniczy drenaż z rur kamionkowych, perforowanych o średnicy 40 cm. Zastosowano tu materiał filtracyjny, zastępujący wielowarstwowy, kłopotliwy do wykonania filtr odwrotny. Tkaniny te zostały również zastosowane pod pasami z pustobetonów, na wewnętrznej skarpie rowu odprowadzającego wody filtracyjne.

Do głównych zadań zbiornika Jeziorsko można zaliczyć:

- redukcję maksymalnych przepływów wiosennych i letnich fal powodziowych oraz umożliwienie prowadzenia gospodarki wodnej w regionie,
- zapewnienie w rzece Warcie poniżej zapory przepływu biologicznego, co wiąże się z poprawą stanu sanitarnego wód rzeki,
- zaspokojenie potrzeb wodnych gospodarki komunalnej i przemysłu,
- retencjonowanie wody dla nawodnień rolniczych,

- prowadzenie racjonalnej gospodarki rybnej,
- wykorzystanie akwenu i jego otoczenia dla rekreacji i sportu.

Podstawowe parametry zapory:

- klasa budowli: I,
 - długość: 2732 m,
 - maksymalna wysokość: 12 m,
 - nachylenie skarpy odwodnej: 1:3,
 - nachylenie skarpy odpowietrznej: 1:2,5,
 - rzędna korony: 124,40 m n.p.m.,
 - szerokość korony zapory: 12,0 m
 - szerokość korony zapory w rejonie przyczółków jazu: 24,0 m,
 - nadzwyczajny poziom piętrzenia (NadPP): 122,00 m n.p.m.,
 - max poziom piętrzenia (MaxPP): 121,50 m n.p.m.,
 - normalny poziom piętrzenia: 120,00 m n.p.m.,
 - minimalny poziom energetyczny (Min PE): 116,00 m n.p.m.,
 - minimalny poziom piętrzenia (Min PP): 116,00 m n.p.m.
- Wymienione powyżej poziomy piętrzenia wody na zbiorniku zgodnie z pozwoleniem wodnoprawnym realizowane są w następujących terminach:
- 1–31 styczeń – utrzymanie poziomu piętrzenia w zbiorniku na rzędnej 116,00–116,30 m n.p.m.;
 - 1 lutego–15 kwietnia – napełnianie zbiornika w czasie zimowo-wiosennego wezbrania rzeki, maksymalnie do normalnego poziomu piętrzenia NPP – 120,00 m n.p.m.;
 - 16 kwietnia – 15 września – utrzymywanie stałego poziomu piętrzenia osiągniętego w czasie napełniania zbiornika, ale nie wyższego niż 120,00 m n.p.m. (odpływ równy dopływowi);
 - 16 września – 31 grudnia – gospodarowanie retencją pomiędzy normalnym poziomem piętrzenia a minimalną rzędną piętrzenia tak, aby na 31 grudnia rzędna wody w zbiorniku wynosiła 116,00 – 116,30 m n.p.m.

3. Rodzaj, zakres i sposób wykonywania robót budowlanych

W ramach przedmiotowej inwestycji przeprowadzono remont poszczególnych elementów ekranu zapory czołowej, polegający głównie na odtwarzaniu stanu pierwotnego.

Zakresem robót budowlanych objęto następujące elementy zapory czołowej:

- remont żelbetowego ekranu zapory czołowej zbiornika Jeziorsko wraz z wymianą schodów skarpowych na prefabrykowane;
- remont ujęcia wody do zasilenia Strugi Spycimierskiej wraz z wymianą lub oczyszczeniem zużytych elementów stalowych;
- remont górnego żelbetowego odboju;
- remont siedmiu tarasów widokowych;
- wymiana stalowej barierki ochronnej;
- wymiana betonowej nawierzchni chodnika biegnącego na koronie zapory.

Wykonywane roboty miały na celu nie tylko polepszenie walorów estetycznych, ale przede wszystkim poprawienie stanu technicznego oraz warunków eksploatacyjnych obiektu.

Biorąc pod uwagę gospodarkę wodną na zbiorniku w zakresie regulowania stanów wody w ciągu roku, przeanalizowano możliwości wykonania remontu poszczególnych elementów żelbetowego ekranu zapory zbiornika Jeziorsko dzieląc je na trzy zasadnicze strefy:

- część nadwodną, której remont można było prowadzić w ciągu całego roku – remont w przedziale rzędnych od 123,20 m n.p.m. (góra parapetu odbojowego), do 121,00 m n.p.m. (metr powyżej NPP = 120,00 m n.p.m., uwzględniając falowanie wody w zbiorniku);
- część nadwodną w przedziale pomiędzy NPP = 120,00 m n.p.m. i Min PP = 116,00 m n.p.m., której remont można było prowadzić teoretycznie od 15 października do 31 stycznia każdego roku – remont w przedziale rzędnych od 121,00 m n.p.m. (metr powyżej NPP = 120,00 m n.p.m. uwzględniając falowanie wody w zbiorniku) do rzędnej 117,00 m n.p.m. (jeden metr powyżej Min PP = 116,00 m n.p.m. uwzględniając falowanie zbiornika).
- część podwodną w przedziale rzędnych ca 114,00 m n.p.m. (wysondowane dno zbiornika dla potrzeb opracowania) do 117,00 m n.p.m. (jeden metr powyżej Min PP = 116,00 m n.p.m. uwzględniając falowanie wody w zbiorniku).

3.1. Remont betonowych umocnień ekranu zapory czołowej zbiornika

Wymagany zakres odbudowy umocnień ustalono na podstawie przeprowadzonych prac wstępnych (wizje terenowe, ekspertyza), a dobór technologii napraw wykonano w oparciu o literaturę fachową wiedzę specjalistyczną pozyskaną w ramach konsultacji z producentami systemów PCC i doświadczenia własne zdobyte przy realizacji podobnych prac projektowych na wielu podobnych obiektach na terenie całego kraju.

W ramach prac remontowych można wskazać dwie grupy działań, a mianowicie:

- pierwsza z nich obejmuje wykonanie nowych płyt żelbetowych z wykorzystaniem podbudowy z istniejących

płyt od poziomu dylatacji 115,60 m n.p.m. do poziomu 123,20 m n.p.m. (żelbetowy odbój), wraz z remontem żelbetowego odboju. Dwa górne pasy płyt narażone na całoroczne działanie warunków atmosferycznych od poziomu 119,40 m n.p.m. do poziomu 123,20 m n.p.m. zaprojektowano podzielić na mniejsze segmenty (każdą z dotychczasowych płyt podzielono na cztery symetryczne części). Łączna liczba płyt do remontu wyniosła 1234 szt., natomiast łączna długość dylatacji wyniosła 28610,0 m.b.;

- druga grupa działań, obejmująca wykonanie zabezpieczenia ekranu żelbetowego w części podwodnej od rzędnej 115,60 m n.p.m. do rzędnej dna akwenu ca 113,00 m n.p.m. poprzez ułożenie pod wodą koszy gabionowych w podstawie skarpy i materacy gabionowych na skarpie na geosyntetycznej barierze łożowej. Łączna powierzchnia tych umocnień wyniosła 10 300,0 m².

Mając na uwadze duży zakres inwestycji całość zadania została podzielona na 4 odcinki:

- odcinek pierwszy od płyty nr 1 do płyty nr 254b – km zapory od km 0+000 do km 0+696;
- odcinek od płyty nr 255 do płyty nr 440b i od płyty nr 1001 do płyty nr 1016b – km zapory od km 0+0696 do km 1+203 i od km 1248 do km 1+290;
- odcinek trzeci od płyty nr 1017 do płyty nr 1219 – km zapory od km 1+305 do km 1+850;
- odcinek czarty od płyty nr 1220 do płyty nr 1477 – km zapory od km 1+850 do km 2+679.

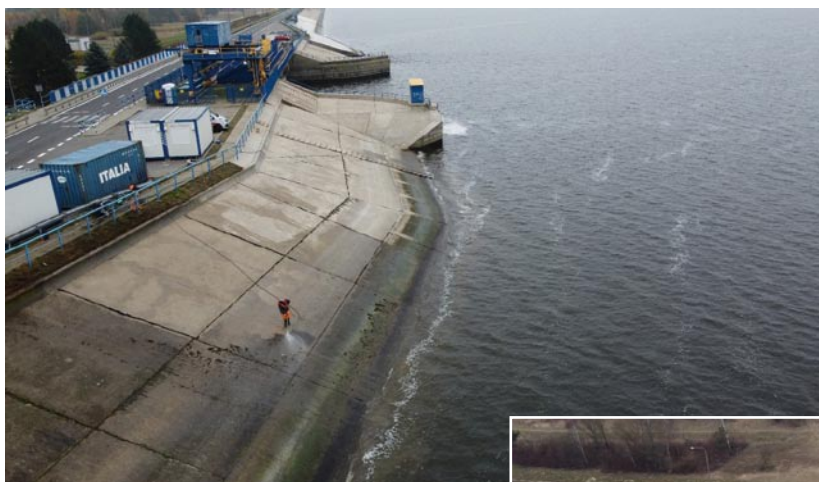
Celem całości zadania było spełnianie wymogów nałożonych na eksploatatora zbiornika decyzją nr 47/I/2018 łódzkiego wojewódzkiego inspektora nadzoru budowlanego, poprzez naprawę uszkodzonych płyt i ich ochronę przed dalszą degradacją wynikającą z możliwości niekontrolowanego przecieku wody przez nieszczelności powstałe w dylatacjach oraz w niektórych przypadkach nawet przez same płyty, szczególnie w strefie wahań wody, która to strefa jest dodatkowo najbardziej narażona na korozję mrozową.

Projektowany zakres robót remontowych i ich kolejność przedstawiono poniżej.

- Część nadwodna od poziomu 115,60 m n.p.m. do poziomu 123,20 m n.p.m. wraz z żelbetowym odbojem:
 - iniekcja gruntu pod dwoma pasami płyt w strefie od rzędnej 115,60 m n.p.m. do rzędnej 119,40 m n.p.m. (strefa wahań wody), zaprawą szybkowiązującą. W celu zachowania stateczności płyt na skarpach oraz powstrzymania ewentualnych przemieszczeń, które miałyby negatywny wpływ na nowo wykonany płaszcz żelbetowy, konieczne było wykonanie wypełnienia istniejących pustek powietrznych połączonych z konsolidacją gruntu pod płytami;
 - hydromonitoring – czyszczenie strumieniowo-scierne wszystkich płyt odboju i dylatacji wodą pod ciśnieniem 500–1100 barów w części nadwodnej;

- oczyszczenie powierzchni żelbetowych z zanieczyszczeń z załadunkiem ich na środki transportowe i wywóz na składowisko odpadów;
 - wypełnienie oczyszczonych powierzchni przestrzeni dylatacyjnych od istniejącej taśmy dylatacyjnej do powierzchni sąsiednich płyt masą uszczelniającą, z naklejeniem na istniejące płyty nowej taśmy dylatacyjnej typu zewnętrznego szerokości min. 0,32 m z PVC;
 - nawiercenie w istniejących płytach otworów do głębokości 15,0 cm pod wklejenie kotew stalowych z żebrowanych prętów stalowych $\varnothing 16$ mm, długości $L = 0,35$ m – przyjęto 1 kotwę na $4,0$ m² płyt. Dodatkowo dla podtrzymania siatki zbrojeniowej płyt z prętów stalowych zaprojektowano podpórki z żebrowanych prętów stalowych w kształcie litery L, o średnicy $\varnothing 12,0$ mm i długości $L = 0,25$ m; przyjęto 6 szt./m²;
 - nałożenie natryskowo polimerowej warstwy szczepnej;
 - przymocowanie do zamontowanych kotew dwóch rzędów siatek stalowych z prętów $\varnothing 8$ mm z połączeniem drutem wiązałkowym;
 - zainstalowanie szalunków roboczych do wylania płyt – indywidualnie na budowie pod każdorazowo pomierzoną w terenie płytę;
 - betonowanie płyt z betonu C30/37 XF3, za pomocą betonowozu, z wykonaniem zbrojenia dwuwarstwowego siatką z prętów żebrowanych $\varnothing 8$ mm w rozstawie osiowej 15x15 cm;
 - zagruntowanie powierzchni betonowych dylatacji jednoskładnikową, rozpuszczalnikową kompozycją żywicy epoksydowej i zabezpieczenie szczelin dylatacyjnych styropianem, sznurem polipropylenowym i poliuretanową masą do wypełnienia spoin;
 - nałożenie na oczyszczoną powierzchnię żelbetowego odboju zabezpieczenia antykorozyjnego na odsłonięte zbrojenie i warstwy szczepnej na betonową powierzchnię z jednoskładnikowej zaprawy PCC/SPCC na bazie cementu modyfikowanego polimerami z domieszką mikrokrzemionki;
 - wykonanie metodą natryskową elastycznej powłoki hydroizolacyjnej na powierzchni żelbetowego odboju z dwuskładnikowej zaprawy, wzmocnionej włóknami i charakteryzującej się wysoką elastycznością na bazie cementu modyfikowanego specjalnymi odpornymi na alkalia polimerami o wysokiej odporności na karbonatyzację i działanie mrozu.
- Część podwodna od dna czaszy zbiornika od poziomu 115,60 m n.p.m.:
 - hydromonitoring do 1500 barów w części podwodnej przy użyciu ekipy nurków;
 - uporządkowanie oczyszczonych powierzchni dna akwenu z zanieczyszczeń;
 - wykop spod wody koparką na pontonie gruntu pod ułożenie prefabrykowanych koszy gabionowych i materacy gabionowych;
 - zakup z dostarczeniem na plac budowy koszy i materacy gabionowych. Kosze gabionowe prefabrykowane: długość kosza – $L = 2,0$ m; szerokość kosza – $B = 1,0$ m; wysokość kosza – $H = 1,0$ m; liczba komór – 3 szt.; wielkość oczka – 8×10 cm; średnica drutu – 3,9 mm. Materace gabionowe: długość materaca – $L = 3,0$ m; szerokość materaca – $B = 2,0$ m; wysokość materaca – $H = 0,3$ m, wielkość oczka – 6×8 cm; średnica drutu – 2,2 mm;
 - zakup i dostarczenie na budowę kamienia – łupek granitowy 10/20 cm do wypełniania gabionów;
 - zakup i dostarczenie na budowę geosyntetycznej bariery iłowej składającej się z warstwy: bentonitu sodowego o masie powierzchniowej $5,60$ kg/m², masy powierzchniowej bentonitu $5,00$ kg/m² umieszczonej pomiędzy geowłókniną o masie powierzchniowej 200 g/m² i geotkaniną o masie powierzchniowej 100 g/m² z dodatkową geowłókniną ochronną o masie powierzchniowej 300 g/m² o wskaźniku natężenia przepływu $5,0 \times 10^{-9}$ (m³/m²/s) i współczynnika filtracji: $k = 1,5 \times 10^{-11}$ m/s. Zastosowany w macie bentonit musiał spełniać następujące wymagania: swobodne pęcznienie: 25 ml/2g oraz oddawanie fazy ciekłej max. 18 ml;
 - przygotowanie dna zbiornika pod ułożenie geosyntetycznej bariery ochronnej oraz materacy i koszy gabionowych poprzez wykop spod wody gruntu na odkład;
 - rozścielenie na skarpie bariery iłowej. Przed przystąpieniem do układania przegrody iłowej wykonawca musiał ustalić w terenie wymaganą długość poszczególnych odcinków przewidzianej do wbudowania przegrody iłowej, dostosowując ją do warunków w terenie. Do ustalonej niezbędnej długości danego pasa, należało przewidzieć dodatkowe długości po 1,0 m z każdej strony (łącznie 2,0 m), które były przewidziane do przymocowania bariery iłowej w jej górnej strefie „bednarka” do istniejących płyt betonowych i w dolnej strefie szpilkami stalowymi do podłoża. Zakładało się konieczność wbudowywania przegrody iłowej pasami o szerokości 5,0 m z założeniem, że każdy następny układany pas będzie nachodził na wcześniej ułożony 0,75 m. Szerokość tego zakładu powinna pozwolić na uzyskanie szczelności połączeń pomiędzy poszczególnymi pasami;
 - wypełnienie koszy i materacy gabionowych kamieniem z zamknięciem (wykonanie na lądzie);
 - załadunek materacy i koszy gabionowych na środek transportu wodnego dźwigiem;
 - transport wodny materacy i koszy gabionowych pod dźwig ustawiony na pontonach;
 - ułożenie koszy i materacy gabionowych w dnie i na skarpacech zapory.

4. Zakres wykonanych prac w okresie od X.20 r. do V.22 r. – relacja zdjęciowa

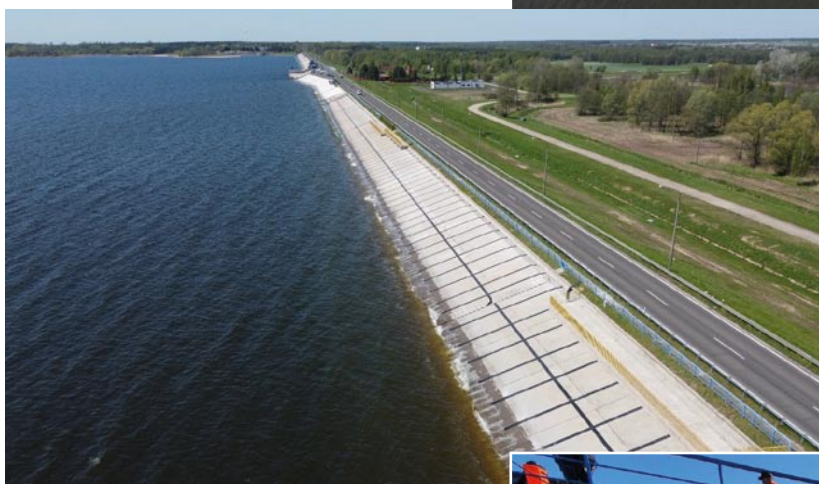


4.1. Czyszczenie hydrodynamiczne

◀ Rys. 1. Czyszczenie hydrodynamiczne powierzchni starych płyt

4.2. Prace iniekcyjne

Rys. 2. Widok z drona na wykonaną iniekcję na lewym przyczółku jazu ▶



4.3. Wykonywanie nowych płyt ekranu

Montaż taśm dylatacyjnych

◀ Rys. 3. Widok z drona na montaż taśm dylatacyjnych

Montaż szalunków i zbrojenia

Rys. 4. Widok na zamontowane zbrojenie ▶



Roboty betoniarskie

Rys. 5. Widok z drona na prowadzone betonowanie płyt parzystych I rzędu płyt – prawa strona zapory ▶



Rys. 6. Widok z drona na prowadzone betonowanie III rzędu płyt na lewej stronie zapory; II rząd płyt został wcześniej wykonany ▶

**Roboty umocnienia podwodnego**

◀ **Rys. 7.** Widok z drona na prowadzone prace przy topieniu materaców gabionowych

5. Podsumowanie

Wykonanie rewitalizacji ekranu zapory czołowej zbiornika wodnego Jezioro było wymagającym zadaniem inżynierskim.

Prace trwały przez wszystkie pory roku i przy użytkowanej drodze na koronie zapory, co powodowało konieczność prowadzenia prac w odpowiednim tempie i reżimie. Finalny efekt prac rewitalizacyjnych pokazano na rysunku 8.



◀ **Rys. 8.** Widok z drona na zabetonowany ekran zapory czołowej