

**Krzysztof GRZELAK**

**ROZWIĄZANIA TECHNICZNE I MATERIAŁY  
ZASTOSOWANE PRZY ZABEZPIECZENIU SKARPY  
ZBIORNIKA WODNEGO W DYCHOWIE**

**TECHNICAL SOLUTIONS AND THE MATERIALS USED IN  
PROTECTING THE SLOPE OF THE WATER RESERVOIR  
IN DYCHÓW**

Zespół Elektrowni Wodnych Dychów SA  
The Water Power Plants Complex Dychów Co.

*Streszczenie*

*Dwudziestego trzeciego grudnia 1997 r. popłynęła z Elektrowni Wodnej Dychów energia elektryczna do Krajowego Systemu Elektroenergetycznego po modernizacji i rekonstrukcji obwałowań zbiornika górnego. Prace trwały nieprzerwanie od 23 kwietnia 1997 r. od momentu osunięcia się skarpy zbiornika górnego wraz z drogą krajową nr 287, na teren i obiekty Elektrowni Wodnej Dychów. Przemieszczeniu uległo około 30 tysięcy metrów sześciennych gruntu. Uszkodzona została ściana budynku elektrowni, zasypane pomieszczenia technologiczne w obrębie turbozespołu nr 1, aparatura elektryczna i kontrolna. Komisja poawaryjna zakończyła prace w miesiąc po wydarzeniu – 23 maja 1997 roku. W czerwcu przygotowano i przyjęto koncepcję usuwania skutków awarii skarpy przy Elektrowni Wodnej Dychów. Od 1 lipca ruszyły prace przywracające zdolność produkcyjną elektrowni polegające na wykonaniu przesłony przeciwfiltracyjnej w podłożu obu przyczółków budowli ujmującej wodę do rurociągów derywacyjnych, wykonaniu na przedpolu budynku elektrowni głębokiego drenażu pionowego, oraz odtworzeniu nasypu skarpy. W czasie jedenastu miesięcy dzięki wysiłkowi na miejscu budowy geologów, geotechników, projektantów i wykonawców robót, zmodernizowane obiekty zostały przekazane Inwestorowi do eksploatacji.*

### Summary

*On December 23rd, 1997 the electric energy generated by the Hydro-Electric Power Station in Dychów reached the National Electric Power Engineering System after the upper reservoir embankments have been reconstructed and modernized. The works had been carried out continuously since April 23rd, 1997 when the upper reservoir slope including the national road No 287 had slid down onto the premises of the Hydro-Electric Power Station Dychów. Around 30 thousand cubic meters of ground had been relocated. The building wall of the power station had been destroyed, the technological facilities in the turbine set 1 as well as the electric and control apparatus had been covered with earth.*

*The break-down committee in charge of assessing the damages completed its works a month after the catastrophic event took place, that is on May 23rd, 1997. In June the committee members agreed upon and approved of the project for the repair of the failure in the Hydro-Electric Power Station Dychów. On June 1st, the works on recovering the production capacity of the station started and they included: placing the cut-off wall in the foundation of both the abutments (heads) of the building taking water into the derivative pipeline, making deep vertical drainage on the power station building apron as well as reconstructing the slope.*

*After eleven months of works with the combined intensive efforts of geologists, geotechnicians, designers as well as builders, the modernized facilities were taken over by the Investor and started operating.*

## 1. WSTĘP

Elektrownia Wodna Dychów, usytuowana jest na lewym brzegu doliny rzeki Bóbr i wykorzystuje piętrzenie w 42,8 km rzeki. W jej skład wchodzi: jaz w Krzywańcu, kanał roboczy derywacyjny o długości 20,4 km ze śluzą wlotową i wylotową, zbiornik retencyjny Dychów, kanał doprowadzający, zamek wodny (budowla ujmująca wodę do rurociągów), rurociągi robocze, elektrownia, kanał odprowadzający. Z elektrownią Dychów związany jest też stopień Raduszec Stary, którego piętrzenie tworzy zbiornik dolny elektrowni Dychów. W skład stopnia wodnego Raduszec Stary wchodzi: zbiornik wyrównawczy, jaz i elektrownia.

W dniu 23 kwietnia 1997 r. uległa awarii lewa skarpa zbocza przy EW Dychów. Bezpośrednimi skutkami osunięcia było:

- Uszkodzenie fragmentu skarpy, pomiędzy lewym rurociągiem energetycznym, a budynkiem gospodarki olejowej wraz z posadowioną na niej drogą krajową nr 287 Lubsko – Krosno Odrzańskie, chodnikami, barierkami oraz ogrodzeniem i zniszczenie infrastruktury zlokalizowanej na skarpie (studnie kontrolne, drenaże odprowadzające wodę ze skarpy, piezometry, repery, schody betonowe i trasy kabli energetycznych).

- Uszkodzenie budynku siłowni; zniszczenie ściany zewnętrznej od strony GW, uszkodzenie stalowej konstrukcji nośnej, zasypanie pomieszczeń technologicznych elektrowni wraz ze znajdującymi się w nich urządzeniami głównymi i pomocniczymi, armaturą, aparaturą elektryczną i kontrolno – pomiarową oraz instalacjami technologicznymi
- Przemieszczenie poziome budynku nastawni w kierunku dolnej wody
- Zniszczenie placu manewrowego z fragmentem bocznic kolejowej.

#### Wtórne skutki katastrofy:

- Załadowanie dolnego stanowiska jazu w Krzywańcu i kilku-kilometrowego odcinka naturalnego koryta rzeki Bóbr będące wynikiem wymuszonego zrzutu wody ze zbiornika wyrównania dobowego poprzez śluzę nr 2, kanał energetyczny i śluzę nr 1.
- Uszkodzenie płyt betonowych ubezpieczenia skarp kanału energetycznego spowodowane koniecznością szybkiego (awaryjnego) obniżenia wody w kanale bez możliwości zachowania warunków określonych dla tej czynności w stosownych zaleceniach eksploatacyjnych

W wyniku przeprowadzonego konkursu, wyłoniona została i zatwierdzona do realizacji koncepcja odbudowy skarpy zaproponowana przez Hydroprojekt Warszawa. Obejmowała ona zakres niezbędnych prac badawczych i robót budowlanych mających w efekcie umożliwić dalszą bezpieczną eksploatację elektrowni. Ponadto Inwestor wykorzystując przestój obiektu zdecydował się na wykonanie wcześniej planowanych prac modernizacyjnych, wymagających zaprzestania pracy obiektu.

#### Odbudowa objęła swym zakresem następujące objekty:

- kanał wlotowy ze śluzą nr II
- konstrukcję wlotową do rurociągów energetycznych (tzw. zamek wodny) wraz ze skrzydełkami
- skarpe ziemną przykrywającą rurociągi energetyczne
- zniszczoną skarpe prawego przyczółka
- system drenaży

Generalnym założeniem proponowanej przez Hydroprojekt Warszawa koncepcji odbudowy skarpy było wykonanie następujących prac:

- wykonanie przesłony przeciwfiltracyjnej w podłożu na obu przyczółkach zamka wodnego, zmniejszającej gradient filtracji oraz ilość wody filtrującej z kanału dopływowego wzdłuż skrajnych rurociągów energetycznych do dolnego stanowiska elektrowni
- wykonanie na przedpolu budynku elektrowni głębokiego drenażu pionowego z odprowadzeniem wody do sztolni drenażowo kontrolnych w fundamentach rurociągów
- odtworzenie nasypu skarpy z wyselekcjonowanego materiału sypkiego zgodnie z warunkami technicznymi dla nasypów hydrotechnicznych

Ponieważ technologia uszczelnienia zbiornika górnego uniemożliwia pozostawienie go bez osłony wodnej (uszczelnienie łem) zdecydowano się na wykonanie grodzy odcinającej zbiornik od kanału wlotowego, przy opróżnionym kanale wlotowym.

Przed przystąpieniem do ww. prac przeprowadzono rozległe badania hydrogeologiczne i geotechniczne. W oparciu o wyniki badań określono szczegółowo zakres następujących robót:

- głębokość posadowienia przesłony przeciwfiltracyjnej i jej długość na lewym i prawym przyczółku
- zakres usunięcia gruntu wypartego w wyniku awarii
- zakres koniecznej do wykonania wibroflotacji
- ostateczny kształt i zakres odbudowy nasypów

W okresie lipiec-sierpień 1997 wykonano następujące badania:

- 28 otworów wiertniczych o głębokości od 6,0 do 36,0 m, łącznie 525,1 mb
- 53 sondowania sondą ciężką, łącznie 521,6 mb
- 14 sondowań sondą statyczną wciskaną CPT, łącznie 138,9 mb
- 21 sondowań sondą wkręcaną, łącznie 168,4 mb
- pobrano 5 próbek gruntu o nienaruszonej strukturze
- zainstalowano 3 piezometry
- przeprowadzono badania prędkości filtracji w 15 piezometrach
- wykonano badania właściwości fizycznych gruntów na 91 próbkach
- przeprowadzono badania wytrzymałości na ścinanie w aparacie trójosiowym na 9 próbkach gruntu.

## 2. ROZWIĄZANIA TECHNICZNE

### *Ubezpieczenia skarp kanału wlotowego*

Przeprowadzone przeglądy odwodnionego stanowiska skłoniły projektantów do wyboru wariantu wykonania nowych ubezpieczeń skarp kanału na podłożu z istniejącego ubezpieczenia, traktując je jako utwardzone i uformowane podłoże. Remont ubezpieczeń skarp kanału na odcinku od zamka wodnego do śluzy nr 2 wykonano w następujący sposób:

- u podstawy skarpy wykonano nowy krawężnik betonowy, kotwiony do istniejącej płyty dennej
- na skarpach (o nachyleniu 1:2,5) wykonano płyty żelbetowe o grubości 20 cm i wymiarach w planie (szer. x dług.) 3,0 x 4,10 m. Zbrojenie płyty dwiema siatkami z prętów  $\phi$  10 mm o oczkach 20 x 20 cm. Wykonanie płyt na mokro z zagęszczeniem w deskowaniach ślizgowych
- układ nowych płyt dostosowano do podziału istniejącego ubezpieczenia, zwracając uwagę, aby nowe dylatacje pionowe przebiegały wzdłuż dylatacji pionowych istniejącego ubezpieczenia
- dylatacje pomiędzy płytami wypełniono kompozytem papy izolacyjnej i geowłókniny celem umożliwienia odpływu wody spod płyt w przypadku obniżenia poziomu wody w zbiorniku

### **Przesłona przeciwfiltracyjna**

W celu wydłużenia drogi filtrującej wody przy skrzydełkach zamku wodnego zaprojektowano i wykonano przesłonę przeciwfiltracyjną. Składa się ona z dwóch odcinków:

- lewego o długości ok. 144 m biegnącego od istniejącego muru oporowego lewego skrzydełka zamka wodnego
- prawego o długości ok. 106 m biegnącego od istniejącego muru oporowego prawego skrzydełka zamka wodnego

Przesłonę wykonano w wykopie szczelinowym o szerokości 0,60 m drążonym mechanicznie koparką chwytkowa w obecności zawiesziny samotężejącej SOLIDUR, zapewniającej stateczność ścian wykopu w czasie jego głębenia. Przesłona wykonana z poziomu terenu, została zagłębiona na min. 1,50 m w utwory nieprzepuszczalne (gliny piaszczyste zwięzłe – rozpoznane w lipcu 1997 i w trakcie wykonania przesłony).

### **Zagęszczenie podłoża skarpy metodą wibroflotacji**

Przeprowadzone badania geotechniczne gruntów zalegających w podłożu zniszczonej skarpy lewego przyczółka oraz gruntów zalegających w podłożu i tworzących skarpe prawego przyczółka wykazały konieczność wzmocnienia gruntów podłoża z uwagi na ich niski stopień zagęszczenia.

Zagęszczenie podłoża metodą wibroflotacji wykonano na dwóch obszarach:

- na lewo od rurociągu energetycznego nr I
- na prawo od rurociągu energetycznego nr III

Z uwagi na wymagania projektowe, obszar podlegający zagęszczeniu podzielono na dwie strefy:

- strefę I (dolną) – gdzie stopień zagęszczenia gruntu po wykonaniu wibroflotacji wynosi  $ID > 0,70$
- strefę II (górną) – gdzie stopień zagęszczenia gruntu po wykonaniu wibroflotacji wynosi  $ID > 0,80$

W trakcie wykonywania wibroflotacji prowadzona była bieżąca kontrola zagęszczenia gruntu. Wykonano ogółem 116 sondowań sondą ciężką o łącznej głębokości około 900 mb.

### **Głęboki drenaż pionowy**

Głęboki drenaż pionowy wykonano u podstawy skarpy, przed blokiem elektrowni. Jego zadaniem jest przechwytywanie i odprowadzanie wód filtrujących w stronę stanowiska dolnego elektrowni. Drenaż ten składa się z czterech odcinków:

- dwóch odcinków o długości ok. 8,0 m zlokalizowanych pomiędzy rurociągami energetycznymi z odprowadzeniem wody do sztolni kontrolnej środkowego rurociągu
- drenażu lewej części skarpy o długości ok. 50,0 m z odprowadzeniem wody do sztolni kontrolnej lewego rurociągu energetycznego

- drenażu prawej części skarpy o długości ok. 27,0 m z odprowadzeniem wody do sztolni kontrolnej prawego rurociągu energetycznego

Konstrukcja drenażu składa się z:

- rurociągu z perforowanych rur PEHD o średnicy 300 mm
- drenażu żwirowego o szerokości 1,0 m
- geowłókniny (chroniącej drenaż żwirowy) o dużej przepuszczalności i wysokich parametrach wytrzymałościowych
- warstwy piasku średniego (min. 25 cm)

### *Nasyp skarpy*

Po wykonaniu i odebraniu przez nadzór geotechniczny wgłębnego zagęszczenia podłoża odbudowano nasyp skarpy zgodnie z następującymi założeniami:

- podparto skarpe gabionami
- uformowano skarpe ze spadkiem o nachyleniu 1:2,5 oraz 1:1,5 dla fragmentu skarpy nad elektrownią i o nachyleniu 1:2 dla fragmentu skarpy nad budynkiem olejarni
- wykonano ławeczki (w 1/3 i 2/3 wysokości skarpy) celem stworzenia ciągów komunikacyjnych umożliwiających dokonywanie przeglądów stanu technicznego skarp
- powierzchnię modernizowanej skarpy centralnej na całej jej wysokości wzmocniono systemem geosiatek
- skarpe „nasypu drogowego” o nachyleniu 1:1,5 dodatkowo wzmocniono systemem geosiatek

Powyższe założenia uzupełniono w trakcie realizacji o ubezpieczenie, pozostałej nie wzmocnionej geosiatką skarpy, darnią ułożoną w kratę. Ciągi komunikacyjne na ławeczkach ubezpieczone zostały 20 cm warstwą żwiru. Na całej skarpie wykonany został system odwodnienia powierzchniowego, zabezpieczający skarpe przed rozmyciem w przypadku wystąpienia nawałnych deszczy. W ramach modernizacji skarpy wykonano dodatkowo przebudowę drenażu wokół budynku olejarni oraz złagodzone nachylenie stromej skarpy biegnącej wzdłuż budynku olejarni.

### *Aparatura Kontrolno Pomiarowa.*

W celu zapewnienia niezawodności eksploatacyjnej i bezpieczeństwa budowli, obiekt wyposażono w następujące urządzenia kontrolno pomiarowe:

- inklinometry
- kolumny osiadań
- piezometry otwarte
- repery powierzchniowe
- repery głębinowe
- łaty wodowskazowe
- przelewy pomiarowe i wodomierze na wylotach z drenażu
- Automatyczny System Technicznej Kontroli Zapór, mierzący w dowolnie zadanym przedziale czasu:
  - zwierciadło wody w piezometrach

- temperaturę wody w piezometrach
- przechyl konstrukcji betonowych ujęcia wody do rurociągów technologicznych (hydroniwelatory)
- przemieszczenia konstrukcji betonowych w przerwach dylatacyjnych (szczelinomierze)
- wydatki drenaży
- temperaturę otoczenia
- ciśnienie atmosferyczne
- opady
- zwierciadło wody w zbiorniku wyrównania dobowego (górnym)
- zwierciadło wody stanowiska dolnego EW Dychów

Ponadto kompleks obiektów hydrotechnicznych eksploatowanych przez Zespół Elektrowni Wodnych Dychów S.A. poddawany jest bieżącej ocenie stanu technicznego wykonywanej przez wyspecjalizowane instytucje.

### 3. LITERATURA

- [1] BRYŚ H.: *Geodezyjne pomiary odkształceń i przemieszczeń zapór wodnych*. Politechnika Krakowska. Kraków (1996)
- [2] Hydroprojekt Warszawa Sp. z o.o. Projekt budowlany. Dychów 1997 – 98 r.
- [3] LEWANDOWSKI B.: *Bezpieczeństwo budowli hydrotechnicznych po wieloletnim okresie eksploatacji na przykładzie stopnia wodnego Dychów*. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Poznań (1993)
- [4] LEWANDOWSKI R. *Aktywne projektowanie w trakcie realizacji poawaryjnej odbudowy i modernizacji skarpy przy Elektrowni Szczytowo-Pompowej Dychów*. Referat głównego projektanta usunięcia skutków awarii skarpy przy EW Dychów „Ekoenergia” Gdynia (1998)