

Dział: Melioracje i Inżynieria Środowiska

ISSN 1897-7820

[http://www.npt.5100.znan.net/tom1/zeszyt2/art\\_12.pdf](http://www.npt.5100.znan.net/tom1/zeszyt2/art_12.pdf)

Copyright ©Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

---

LESZEK BAGIŃSKI

Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Warszawie

## WYBRANE PROBLEMY STANU BEZPIECZEŃSTWA STOPNIA WODNEGO WŁOCŁAWEK

**Streszczenie.** Stan bezpieczeństwa istniejącego ponad 30 lat stopnia wodnego na Wiśle we Włocławku budzi powszechne obawy, jak również stwarza określone problemy związane z jego eksploatacją. Prowadzone badania i oceny stanu bezpieczeństwa tego stopnia wykazują, że istnieje potencjalne zagrożenie awarią lub nawet katastrofą budowlaną. Stan ten jest wynikiem wieloletniego występowania niekorzystnych zjawisk poniżej stopnia wynikających z zaniechania budowy Kaskady Dolnej Wisły. Przedstawiono opis i charakterystykę: stanu technicznego stopnia, niekorzystnych zjawisk powodujących zagrożenia oraz przedsięwzięć mających na celu poprawę tego stanu.

**Słowa kluczowe:** bezpieczeństwo budowli wodnych

### Wstęp

W wyniku zaniechania budowy Kaskady Dolnej Wisły stopień wodny we Włocławku, który miał być jednym z ośmiu stopni planowanej kaskady, jest eksploatowany prawie od 35 lat w warunkach różnych od tych, dla których został zaprojektowany i wybudowany. Wywołało to wiele niekorzystnych zjawisk, w szczególności przyspieszoną erozję koryta rzeki powodującą szybkie i nadmierne obniżenie rzędnej dna, a tym samym obniżenie poziomu wody na odcinku ponad 30 km poniżej stopnia. Erozja dolnego stanowiska była przyczyną obniżenia rzędnych dna przekraczających już kilkakrotnie wartości przewidywane w projekcie. Wyniki pomiarów batymetrycznych wykazały, że obniżenie dna, a tym samym obniżenie poziomu wody, nastąpiło na odcinku ok. 30 km poniżej stopnia. Największe obniżenia dna, do ok. 4,0 m, występują bezpośrednio w sąsiedztwie stopnia, a przekraczające 2,5 m – na ok. 9-kilometrowym odcinku rzeki bezpośrednio poniżej stopnia. W wyniku opisanego procesu poziom wody obniżył się również o ok. 2,5-3,0 m, a obiekty stopnia oraz zlokalizowane poniżej niego budowle i urządzenia są eksploatowane w warunkach, na jakie nie były projektowane.

Opisane zjawiska wpływają na stałe pogorszenie się stanu bezpieczeństwa stopnia. Obliczenia stateczności poszczególnych jego obiektów wykazują systematyczne pogarszanie się współczynników bezpieczeństwa wskazujące na potencjalne zagrożenie awarią czy wręcz katastrofą budowlaną pociągającą ofiary w ludziach i trudne do oszacowania szkody materialne. Stopień zagrożenia jest niemożliwy do precyzyjnego określenia. Oprócz opinii „alarmistycznych”, wyrażane są diagnozy bardziej optymistyczne i stwierdzenia, że nie jest jeszcze wysoki stopień zagrożenia. Z całą powagą należy jednak podkreślić, że wątpliwości dotyczące bezpieczeństwa stopnia wodnego Włocławek muszą być traktowane jako sygnał alarmowy i nie mogą zostać lekceważone. Z operatu użytkowania stopnia w okresie zagrożenia wynika, że gdyby uległ on katastrofie budowlanej, zagrożone jest życie i mienie około 800 osób.

### **Stan obiektów**

Od początku eksploatacji stopnia wodnego Włocławek prowadzone były badania i pomiary jego budowli, które wyposażono w klasyczne urządzenia kontrolno-pomiarowe takie, jak piezometry, repery do kontroli pionowych przemieszczeń, szczelinomierze, pochylomierze i celowniki do pomiarów przemieszczeń poziomych. W 1996 roku uruchomiono automatyczny system kontrolno-pomiarowy. Od 1992 roku Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (OTKZ-IMGW) sporządza okresowe oceny stanu technicznego i bezpieczeństwa stopnia. W 2002 roku w *Raporcie o stanie technicznym budowli stopnia wodnego Włocławek (2002)* przedstawiono szczegółową ocenę stan technicznego poszczególnych budowli stopnia. Na podstawie raportu należy stwierdzić, że stan techniczny samych budowli nie stwarza bezpośredniego zagrożenia. Zagrożenia są spowodowane w głównej mierze znacznym, w stosunku do projektowanego, obniżeniem się poziomu dolnej wody w wyniku nadmiernej erozji oraz stanem podłoża pod budowlami i zachodzącymi w nim zjawiskami. Stwarza to poważne zagrożenie dla utraty stateczności budowli.

### **Wpływ niekorzystnych zjawisk na występujące zagrożenia**

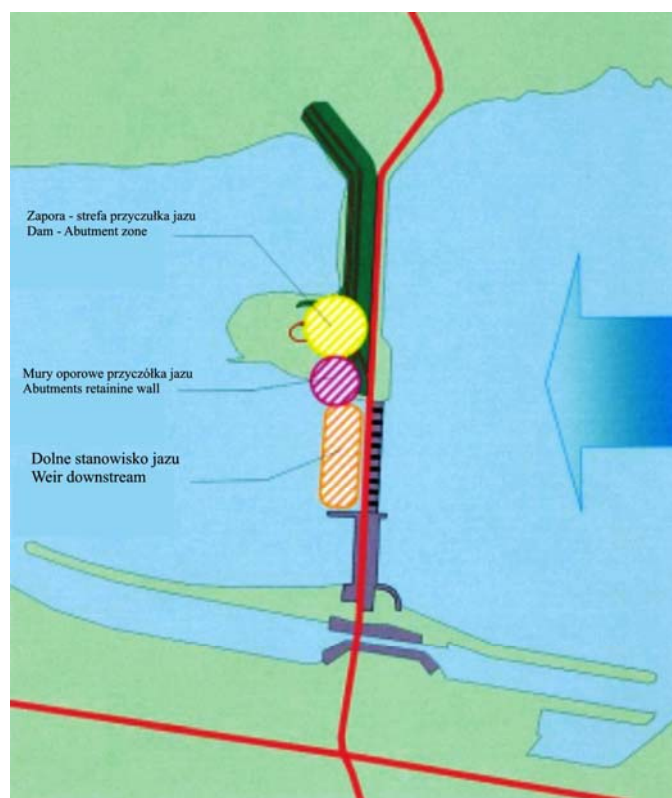
#### **Budowle stopnia**

Obniżenie poziomu wody dolnej w granicach 2,5-3,0 m w stosunku do poziomu projektowanego spowodowało, szczególnie w okresach występowania niżówek, znaczne zwiększenie sił poziomych działających na budowle stopnia, tj. jaz, śluzę i elektrownię. W rezultacie nastąpiło obniżenie współczynników stateczności tych budowli do wielkości niebezpiecznie zbliżonych do wartości minimalnych. Obliczenia sprawdzające stateczność jazu na poślizg – wykonane dla przypadku remontowego, tj. najmniej korzystnego – wykazały wartości równe dopuszczalnym, a dla elektrowni – wartości większe od dopuszczalnych jedynie o kilka procent. Jeżeli nadal będzie wzrastało obciążenie siłami poziomymi w wyniku postępującej erozji, może się okazać, że w wypadku remontu budowli będą konieczne dodatkowe kosztowne zabiegi, aby nie doprowadzić do zagrożenia katastrofą budowlaną.

W wyniku obniżenia się poziomu wody dolnej, położenie krzywych depresji w podłożu i korpusie zapory czołowej odbiega znacznie od przyjętego podczas projektowania, a gradienty filtracji średnie, a tym samym i miejscowe, są wyższe od zakładanych. Ponadto drenaż zapory czołowej – poza okresami wysokich przepływów – znajduje się powyżej krzywej depresji i nie pracuje. Stwierdzono wynoszenie gruntu oraz wycieki wody z korpusu i podłoża zapory. Niekorzystne zjawiska filtracyjne i rozluźnienia gruntu zaobserwowano również w rejonie prawego przyczółka na styku poszuru z korpusem zapory. Potwierdziły to wyniki kolejnych badań i analiz (Opinia naukowa... 2000), w wyniku których stwierdzono występowanie tych niekorzystnych zjawisk, a mianowicie:

- rozluźnienie i wymywanie piasku pod fundamentami muru oporowego prawego przyczółka jazu zagrażające jego stateczności,
- pustki i rozluźnienia pod płytami ubezpieczeń wypadu jazu,
- niekorzystne zjawiska filtracji, wypłukiwanie gruntu, rozluźnienia, nieprawidłową pracę drenażu i podobne zjawiska w korpusie zapory ziemnej, szczególnie w strefie przyczółkowej.

Zjawiska te zagrażają stateczności jazu, korpusu zapory i muru oporowego przyczółka. Lokalizację miejsc najbardziej zagrożonych przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Lokalizacja miejsc zagrożonych  
Fig. 1. Localisation of fragile spots

Dodatkowym szczególnie niekorzystnym czynnikiem potęgującym skutki opisanych zjawisk były częste wahania poziomu dolnej wody wywołane pracą szczytową elektrowni, co na szczęście od 2002 roku nie występuje.

### **Dolne stanowisko stopnia**

Podczas przejścia wód powodziowych i zrzutu lodów przez jaz następowało już wielokrotne uszkodzenie umocnień i rozmycia podłoża pod płytami wypadu. Prawdopodobnie proces ten został zapoczątkowany w czasie powodzi w 1979 roku. Jego rozwojowi sprzyjały wahania poziomu dolnej wody i filtracja. Stwierdzono występowanie kawern i rozluźnień gruntu w podłożu płyt zabezpieczających dolne stanowisko jazu, szczególnie w obszarze poszuru, a w mniejszym stopniu także pod niecką wypadową.

Obniżenie się poziomu dna i wody poniżej stopnia wpływa niekorzystnie nie tylko na budowę stopnia, ale także na most drogowy we Włocławku. Erozję dna w rejonie jego filarów powiększa dodatkowo skoncentrowanie nurtu w wyniku niekorzystnego działania niegdyś wykonanych budowli regulacyjnych, których rzędne koron są obecnie znacznie powyższej rzędnej wody średniej, na którą były zaprojektowane i wykonane. W 1997 roku rozpoczęto rozbiórkę tych budowli. Jednocześnie uzyskany z ich rozbiórki kamień wbudowano w wyboje wokół filarów mostu. Prace przerwano z powodu corocznych drastycznych ograniczeń środków budżetowych. Wznowiono je dopiero w 2003 roku.

### **Prace interwencyjne i remontowe**

#### **Próg stabilizujący poziom wody dolnej jazu i elektrowni**

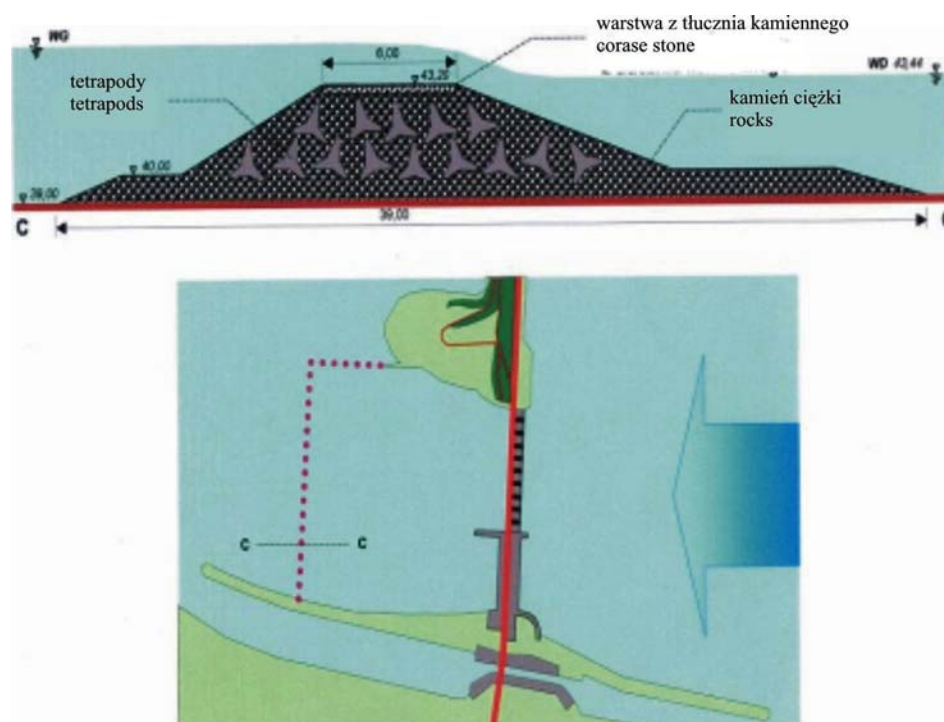
Po przeanalizowaniu wyników badań, prowadzonych do 1990 roku przez Hydroprojekt a od 1991 roku przez OTKZ-IMGW, oraz wielu dodatkowych prac, w 1994 roku podjęto decyzję o budowie progu stabilizującego w dolnym stanowisku stopnia. Na decyzję wpływał również fakt, że realizacja planowanego uprzednio progu podpierającego stopień Włocławek, który miał być zlokalizowany około 5 km poniżej, została zaniechana ze względu na wysokie koszty jego budowy, jak również uznawana wówczas za realną koncepcja budowy stopnia Ciechocinek. Niezależnie od wymienionych ocen i badań, przyspieszenie realizacji progu postulowały Najwyższa Izba Kontroli oraz Główny Urząd Nadzoru Budowlanego.

Próg stabilizujący poziom wody dolnej jazu i elektrowni wykonano w latach 1997-2001 (rys. 2). Projekt prototypowy poprzedziły badania modelowe. W projekcie zakładano, że budowla będzie doraźnym zabezpieczeniem na 8-10 lat. Budowla z narztu kamiennego wymaga permanentnych napraw uszkodzeń wywołanych przez wodę i krę lodową. W 2006 roku zakończono kolejny remont progu w jego części czołowej.

#### **Prace zabezpieczające budowę stopnia**

Na podstawie wyników badań (Opinia naukowa... 2000) rozpoczęto prace zabezpieczające i remontowe, które obejmowały:

- wzmocnienie podłoża pod fundamentami murów oporowych przyczółka jazu,

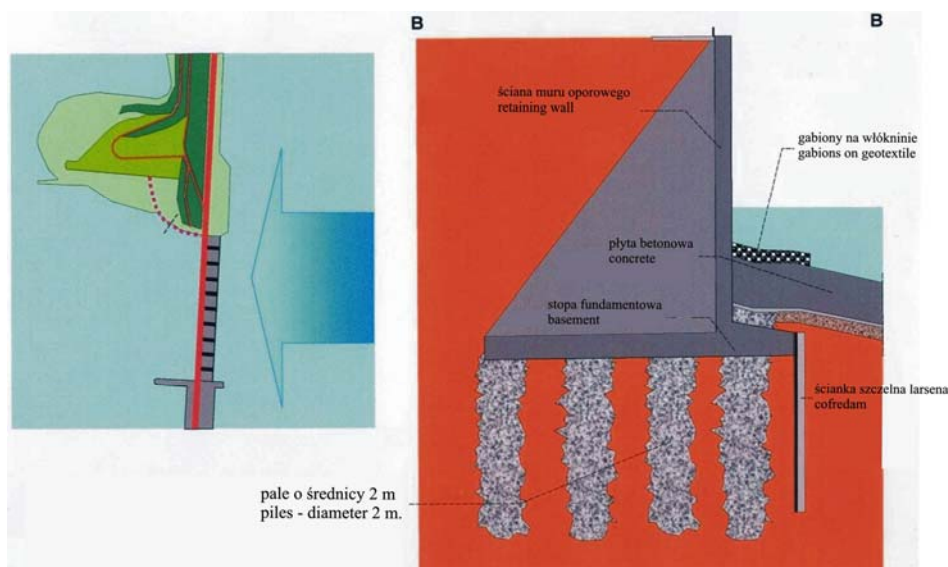


Rys. 2. Próg stabilizujący stanowisko dolne  
Fig. 2. Downstream stabilisation weir

- wzmocnienie podłoża pod płytami wypadu,
- wykonanie drenażu w strefie przyczółkowej jazu.

Wzmocnienie podłoża pod fundamentami murów oporowych przyczółka jazu wykonano w 2000 roku jako roboty najpilniejsze nazwane I fazą. Według bowiem Opinii naukowej... (2000) stan podłoża groził katastrofą budowlaną w wyniku upłynnienia się rozluźnionych gruntów od drgań na przykład wywołanych przejściem wielkich wód i lodów. Zaprojektowano i wykonano wzmocnienie podłoża pod fundamentami murów oporowych metodą sferycznego rozepchnięcia i dogęszczenia gruntu iniekcją zagęszczającą (rys. 3). W 2000 roku doraźnie zabezpieczono prawą strefę przyczółkową jazu od wody dolnej – wykonano 51 otworów o łącznej długości 824 mb, wpompowano ponad 220 tys. l zaczynu cementowego i w ten sposób uformowano w gruncie pale o długości 2 m. Wykonane podparcie z pali zabezpieczyło mury oporowe przed pochyleniem.

Występowanie kawern i rozluźnień gruntu pod płytami ubezpieczenia wypadu jazu stwierdzono na całej jego szerokości w czasie prac iniekcyjnych pod stopami murów oporowych, na podstawie obserwacji nurka (wypływy wody), a potwierdzono badaniami sejsmoakustycznymi. Wzmocnienie w rejonie przęsła jazu nr 1 uznano za najpilniejsze (sąsiedztwo murów oporowych), tym bardziej, że ówczesne możliwości finansowe RZGW w Warszawie również nie pozwalały na szerszy front robót. Podobnie jak dla



Rys. 3. Wzmocnienie podłoża pod fundamentami

Fig. 3. Strengthening the basement of the betain walls

murów oporowych wykonano punktowe podparcie płyt metodą „iniekcji zagęszczającej” przez wtłoczenie maksymalnie zagęszczonego zaczynu cementowego. Punkty podparcia płyt zlokalizowano na dylatacjach w rozpoznanych strefach rozluźnienia.

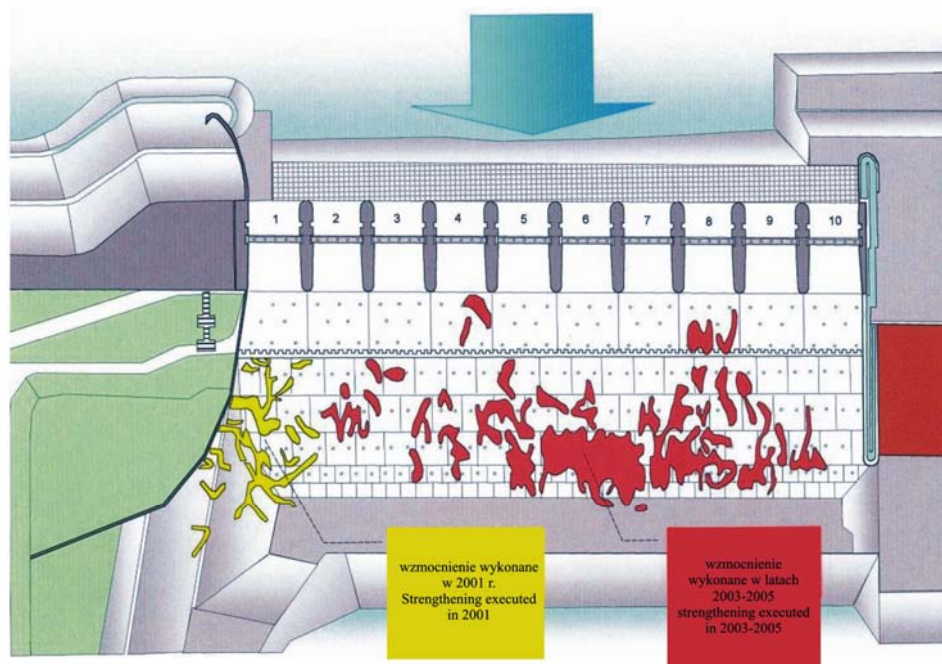
W latach 2003-2004 – po uzyskaniu środków w ramach projektu EBI „Usuwanie skutków powodzi – II” – kontynuowano i zakończono wymienione prace jako tzw. II fazę wzmocnienia podłoża pod płytami ubezpieczenia wypadu dla pozostałych dziewięciu przęseł jazu (rys. 4).

Drenaż strefy przyczółkowej jazu, po rozpoznaniu parametrów filtracji i warunków geologicznych oraz po wyselekcjonowaniu licznych koncepcji, wykonano w 2003 roku jako drenaż w postaci ekranu żwirowego w wykopie szczelinowym pod osłoną przesłony tiksotropowej ulegającej biodegradacji. Odprowadzenie wody z drenażu następuje grawitacyjnie do dolnego stanowiska zapory poprzez studnię, ujęcie i rurociąg z możliwością zainstalowania w przyszłości pompowni, gdyby zaistniała taka konieczność.

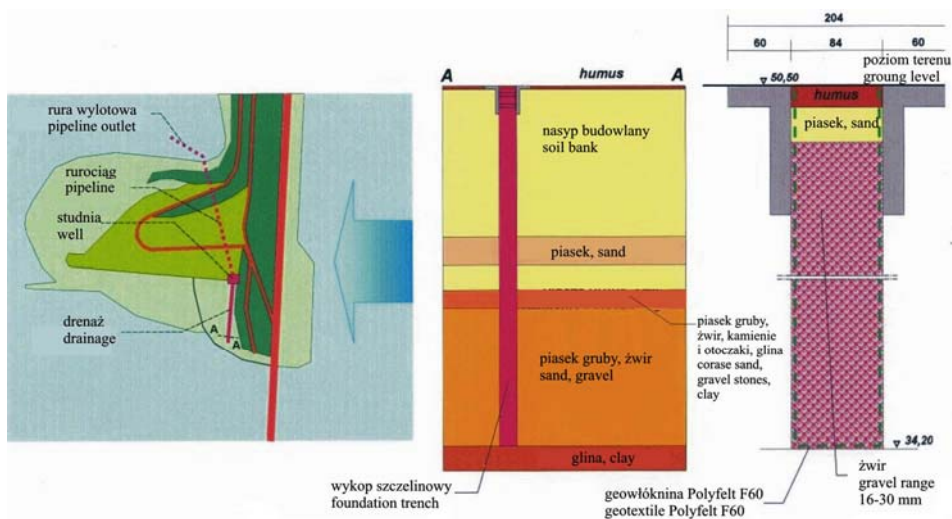
Podstawowe zadania drenażu szczelinowego to:

- obniżenie zwierciadła wody gruntowej między podstawą zapory a murem oporowym do rzędnej WD kształtowanej przez próg stabilizujący,
- poprawienie stateczności murów oporowych przyczółka,
- redukcja gradientów hydraulicznych w strefie przyczółkowej zapory,
- ograniczenie sufozji wewnętrznej i kontaktowej przepuszczalnych warstw gruntu.

Drenaż zapory czołowej w strefie przyczółkowej przestawiono na rysunku 5.



Rys. 4. Wzmocnienie podłoża pod płytami wypadu jazu  
Fig. 4. The strengthening the basement under weir's fallout



Rys. 5. Drenaż zapory  
Fig. 5. Drainage of the dam

### **Dolne stanowisko**

W ramach prac zabezpieczających w 2004 roku rozpoczęto przebudowę dolnego stanowiska (kontynuacja prac przerwanych w końcu lat dziewięćdziesiątych) polegającą na rozbiórce budowli regulacyjnych, wycince drzew i krzaków oraz wyrefulowaniu przekopu na odcinku ok. 2 km. Prace zakończono w 2006 roku, a w ich wyniku uzyskano poprawę warunków przepływu wody w dolnym stanowisku (zmniejszenie koncentracji przepływu) na skutek udrożnienia prawego ramienia koryta Wisły.

W porozumieniu z władzami Włocławka w 2003 roku wykonano również zabudowę wybojów w rejonie filarów mostu drogowego we Włocławku. Wspomniany przekop wpłynie również na poprawę warunków przepływu pod mostem i zmniejszy ryzyko powstawania wybojów w rejonie filarów.

### **Podłoże**

Poważne wątpliwości i obawy budził stan podłoża i zachodzących w nim zmian, szczególnie pod jazem i zaporą ziemną. Brak dostatecznego rozeznania problemu uniemożliwił określenie zakresu niezbędnych prac remontowych i zabezpieczających. Dlatego podjęto decyzję o pilnym przeprowadzeniu badania stanu podłoża w celu określenia jego cech fizycznych i dynamiki ich zmian oraz zachodzących w nim procesów filtracyjnych. Uzyskane wyniki były podstawą projektowania dalszych robot zabezpieczających, w tym przesłony od wody górnej. Wykorzystane zostały również do określenia koncepcji umocnień dolnego stanowiska jazu oraz modernizacji sieci piezometrycznej. W 2006 roku została wykonana na całej długości jazu przesłona od strony wody górnej oparta na istniejącej ścianie Larssena. Przesłonę wykonano metodą iniekcji z mieszanki cementowo-bentonitowej. Przewiduje się wykonanie badań w celu stwierdzenia skuteczności działania wykonanej przesłony.

### **Zapora czołowa**

W 2006 roku OTKZ-IMGW przeprowadził badania stanu zagęszczenia zapory ziemnej (Badania... 2006). Wykazały one niezadawalający stan korpusu i podłoża zapory czołowej. Zagęszczenie korpusu i powierzchniowych warstw podłoża zapory ziemnej jest bardzo zróżnicowane i w znacznej mierze niedostateczne. W znacznych odcinkach zapory obserwuje się postępujący proces rozgęszczania gruntu, co może wpływać destrukcyjnie na stateczność budowli. Dlatego jest niezbędne pilne opracowanie projektu i realizacja koniecznych prac remontowych na zaporze ziemnej. Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Warszawie podjął niezbędne działania w celu sfinansowania tych prac ze środków UE w ramach Sektorowego Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko.

W ramach prac przewiduje się również zabezpieczenie podnóża skarpy odpowietrznej i podłoża zapory czołowej. Roboty będą polegały na zabezpieczeniu istniejących wpływów przed zjawiskiem sufozji z zastosowaniem warstw żwirowych lub filtrów odwrotnych.

### Prace remontowe

Niezależnie od wspomnianych działań zabezpieczających, w 2000 roku rozpoczęto prace remontowe. Obejmowały one:

- wymianę zamknięć w czwartym i szóstym przęśle jazu na zasuwę z klapą, co poprawiło warunki przepływu wielkich wód i przepuszczanie kry lodowej,
- remont komory śluzy,
- remont korpusów przelewów jazu polegający na poprawie ich geometrii oraz naprawie dylatacji metodą iniekcji. W ten sposób usunięto usterki wykonawcze, będące przyczyną drgania zasuw w czasie ich opuszczania, obserwowanego od początku eksploatacji jazu.

### Trwale zabezpieczenie stopnia Włocławek

Wszystkie omówione prace zabezpieczające mają charakter doraźny. W tabeli 1 zestawiono koszt tych robót oraz pozostałych działań, wykonanych w latach 2002 -2006, niezbędnych dla bezpiecznej eksploatacji stopnia i zbiornika wodnego Włocławek. Należy zauważyć, że realizując roboty związane z usunięciem zaistniałych szkód oraz wydatkując znaczne kwoty, zlikwidowano jedynie skutki, a nie przyczyny ich powstawania. Dlatego pilną potrzebą staje się konieczność trwałego zabezpieczenia stopnia Włocławek.

Tabela 1. Wartość robót w latach 2002-2006 (tys. PLN)

Table 1. Value of works realized between 2002-2006 (thous. PLN)

Obiekt	Wartość
Zbiornik	6 175
Stopień	10 846
Śluza	3 974
System kontroli	1 870
Zamknięcia	11 298
Dolne stanowisko	1 217
Uszczelnienia i dylatacje	5 603
Próg tymczasowy	1 161
Drenaż	1 060
Suma	43 204

W latach 2003-2004 na zlecenie RZGW w Warszawie opracowano koncepcję programowo-przestrzenną trwałego zabezpieczenia stopnia wodnego Włocławek. W koncepcji przedstawiono dwa warianty zabezpieczenia stopnia polegające na budowie stopni:

- wodnego w Nieszawie,
  - podpierającego w przekroju 5 km poniżej mostu drogowego we Włocławku.
- Wybór i realizacja jednego z wariantów staje się pilną potrzebą.

## Podsumowanie

Na podstawie analizy stanu technicznego stopnia należy jednoznacznie stwierdzić, że utrzymywanie stanu obecnego stwarza potencjalne zagrożenie awarią, a w wypadku szczególnie niekorzystnych warunków hydrologicznych – katastrofą budowlaną. Wszystkie bowiem opisane prace zabezpieczające i remontowe mają charakter doraźny, gdyż likwidują jedynie skutki, a nie przyczyny powstałych zagrożeń. Źródła zagrożeń pozostają niezmienione i mogą pogłębić lub wręcz stworzyć nowe, pomimo prowadzonych zabiegów. Jedynie trwałe zabezpieczenie stopnia Włocławek, według jednego z przedstawionych wariantów, zapobiegnie dalszemu rozwojowi erozji poniżej stopnia i umożliwi trwałe usunięcie przyczyn powstawania zagrożeń omówionych w referacie.

## Literatura

- Badania zagęszczenia gruntu w korpusie i podłożu zapory czołowej stopnia wodnego Włocławek. 2006. IMGW, Ośr. Techn. Kontr. Zapór, Warszawa.
- Opinia naukowa dotycząca warunków stateczności obiektów stopnia wodnego Włocławek. 2000. Geoteko, Warszawa.
- Problem zabezpieczenia zagrożonego stopnia Włocławek. 2002. Reg. Zarz. Gosp. Wodn., Warszawa.
- Raport o stanie technicznym budowli hydrotechnicznych stopnia wodnego Włocławek – synteza. 2002. IMGW, Ośr. Techn. Kontr. Zapór, Warszawa.

## PROBLEMS OF THE SAFETY CONDITIONS OF WŁOCŁAWEK DAM

**Summary.** The dam on the Vistula river in Włocławek has been used for more than thirty years. Its safety conditions are unsatisfactory and it causes some fears and also certain problems combined with its exploitation. The research and the safety evaluation prove, that there is a danger of damage or even of the building disaster. It is a result of unfavourable conditions downstream (erosion) caused by giving up the Low Vistula River Cascade project. This document contains a description of the technical condition of the building, the unfavourable conditions causes some fear and the solutions proposed in to improve the current status.

**Key words:** the safety of water construction

Bagiński L., 2007. Wybrane problemy stanu bezpieczeństwa stopnia wodnego Włocławek. *Nauka Przyr. Technol.* 1, 2, #12.

---

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Leszek Bagiński, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Warszawie, ul. Mokotowska 63, 00-533 Warszawa, Poland, e-mail: sekretariat@rzgw.warszawa.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 10.05.2007*

*Do cytowania – For citation: Bagiński L., 2007. Wybrane problemy stanu bezpieczeństwa stopnia wodnego Włocławek. *Nauka Przyr. Technol.* 1, 2, #12.*