

# Koncepcja odbudowy stopnia wodnego Niedów na rzece Witce

Dr inż. Wojciech Rędownicz, Politechnika Wrocławska, mgr inż. Ryszard Szulgan, mgr inż. Robert Kazana, mgr inż. Aleksander Nych, Hydroprojekt Wrocław Sp. z o.o.

## 1. Założenia przyjęte do odbudowy zapory

Natychmiast po katastrofie zapory ziemnej w Niedowie na rzece Witce przystąpiono do prac projektowych nad nowym stopniem. W pierwszym etapie sporządzono dokumentację na tymczasowy zbiornik retencyjny, zapewniający pobór wody do czasu odbudowy stałej budowli. W ciągu czterech miesięcy, w grudniu 2010 roku, budowla tymczasowa, składająca się z dwóch odcinków grodzy kaszycowej połączonej z istniejącym blokiem upustowym, została ukończona. Równocześnie rozpoczęły się prace nad koncepcją odbudowy nowej zapory [3]. Przyjęto następujące założenia:

- budowlę piętrzącą przeznaczoną, tak jak dotychczas, do zaopatrzenia w wodę pobliskich miejscowości oraz przemysłu, zaliczono do klasy I budowli hydrotechnicznych,
- obliczeniowe przepływy wezbraniowe wód zostaną zaktualizowane wg danych IMGW Wrocław z 09 grudnia 2010 r.,
- zbiornik nie ma stałej pojemności powodziowej. Maksymalny poziom piętrzenia Max PP jest równy normalnemu poziomowi piętrzenia NPP,
- podczas odbudowy zapory będzie zachowana lokalizacja osi zapory w nawiązaniu do istniejącej budowli upustowej, bloku pompowni i elektrowni wodnej oraz żelbetowej przesłony przeciwfiltracyjnej, tzw. zęba,
- istniejąca budowla upustowa zostanie wykorzystana do przepuszczania wód wezbraniowych po wykonaniu niezbędnej modernizacji wynikającej z przyjętego wariantu odbudowy zapory,
- podczas przepuszczania przepływów miarodajnych i kontrolnych założono możliwość podnoszenia zamknięć segmentowych na maksymalną wysokość, na którą pozwalała ich konstrukcja,
- nowa budowla upustowa oraz pozostałe budowle niezbędne do użytkowania zapory zostaną wykonane pod osłoną nowo wybudowanej grodzy tymczasowej [10]. W koncepcji odbudowy zapory zbiornika Witka przedstawiono trzy warianty odbudowy zapory ziemnej oraz jeden wariant budowy oszczędnościowej zapory betonowej. W każdym z trzech wariantów odbudowy zapory ziemnej założono inne charakterystyczne poziomy piętrzenia dla zbiornika Witka oraz zaproponowano inny typ nowej budowli upustowej. Po analizie tych wariantów

opracowano wariant IV, obejmujący budowę zapory betonowej, przy założeniu najkorzystniejszych, charakterystycznych poziomów piętrzenia.

## 2. Warianty z zaporą ziemną

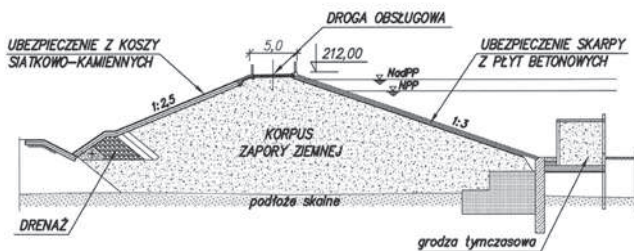
### 2.1. Przepływy wymiarujące

Zgodnie z obowiązującymi przepisami [9], dla budowli posadowionych na podłożu łatwo rozmywanym, zbudowanym z gruntów nieskalistych, rumoszu skalnego lub miękkich skał oraz wszystkich budowli ziemnych, ale bez wałów przeciwpowodziowych należy przyjmować dla klasy I budowli: przepływ miarodajny o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p = 0,1\%$ ,  $Q_m = Q_{0,1\%} = 555 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1}$  oraz przepływ kontrolny o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p = 0,02\%$ ,  $Q_k^\alpha = (1 + \sigma)Q_{0,02\%} = 1035 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1}$ . Przepływy te zostały określone na podstawie danych uzyskanych z IMGW Wrocław i przyjęte do wymiarowania budowli upustowych dla zapory ziemnej stopnia Niedów.

### 2.2. Konstrukcja zapory ziemnej

Grunty rodzime zalegające pod korpusem pierwotnej zapory, na prawie całej jej długości, zostały rozmyte w czasie katastrofy do podłoża skalnego. Do odbudowy nasypu korpusu zapory założono zakup i dowóz materiału gruntowego. Podstawowe parametry korpusu zapory przedstawiono na rysunku 1.

Wykonaną podczas budowy grodzy tymczasowej przyporę betonową zęba oraz istniejący ząb, przyjęto za podparcie stopy skarpy odwodnej odbudowywanej zapory ziemnej. Ekran szczelny skarpy odwodnej o grubości 30 cm zaprojektowano z płyt żelbetowych układanych naprzemiennie w dwóch warstwach. Skarpę odpowietrzną i rów opaskowy zaproponowano ubezpieczyć materacami siatkowo-kamiennymi grubości 24 cm układanymi w dwóch warstwach na geowłókninie. Zaproponowane ubezpieczenie skarpy odpowietrznej ma na celu wzmocnienie skarpy na wypadek awarii, w wyniku której mogłoby dojść do przelania się wody przez koronę zapory. Zastosowanie ubezpieczeń wydłuży ewentualny proces rozmywania korpusu zapory. Wydarzenia wywołane gwałtownym wezbraniem powodziowym świadczą o tym, że zastosowanie takiego rozwiązania jest celowe. Nową budowlę upustową zlokalizowano w prawej części



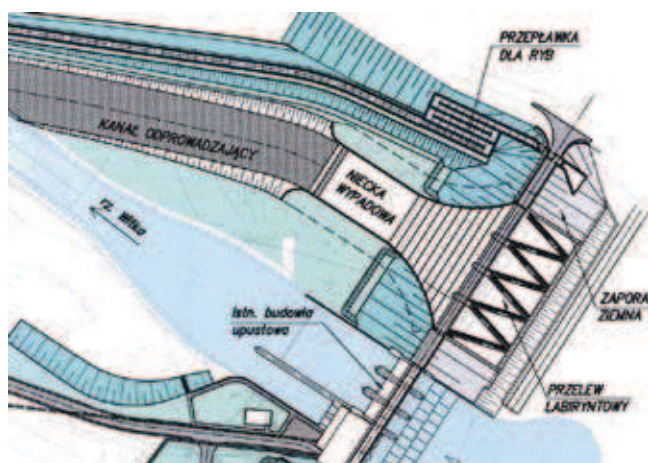
**Rys. 1.** Przekrój charakterystyczny zapory ziemnej

zapory ziemnej pomiędzy istniejącą budowlą upustową i prawym zboczem doliny. Lokalizowanie budowli w lewej części zapory jest niemożliwe ze względu na istniejącą rozdzielnię elektryczną oraz kolizję z rucociągami tłocznymi i obiektami z nim związanymi.

### 2.3. Wariant I odbudowy zapory

W celu zapewnienia odpowiedniej warstwy przelewowej dla projektowanej budowli upustowej, przy zachowaniu nadzwyczajnego poziomu piętrzenia sprzed katastrofy, przyjęto następujące charakterystyczne poziomy piętrzenia: 209,00 m n.p.m. dla normalnego poziomu piętrzenia (NPP), 210,40 m n.p.m. dla nadzwyczajnego poziomu piętrzenia (NadPP), 204,00 m n.p.m. dla minimalnego poziomu piętrzenia (MinPP). Ustalając takie poziomy piętrzenia przyjęto grubość warstwy przelewowej 1,40 m podczas wystąpienia przepływu kontrolnego. NPP został obniżony o 1,0 m w odniesieniu do piętrzenia na zbiorniku przed awarią wynoszącego 210,00 m n.p.m. Poziomy piętrzenia NadPP utrzymano na rzędnej przed katastrofą, tj. 210,40 m n.p.m., aby nie spowodować zwiększenia zasięgu oddziaływania zamierzonego korzystania z wód dla zbiornika Witka. Minimalny poziom piętrzenia przyjęto równy poziomowi przed awarią zbiornika. Budowla upustowa składa się z przelewu labiryntowego, kaskady, niecki wypadowej, mostu technologicznego (rys. 2).

Koronę przelewu zaprojektowano na poziomie 209,00 m n.p.m. Przelew labiryntowy szerokości 52,60 m w świe-



**Rys. 2.** Plan budowli upustowej w wariantcie I

tle ścian oporowych ma długość krawędzi przelewowej równą 164,0 m. Wysokość ściany przelewu wynosi 4,0 m. Krawędź przelewu zaokrąglono w celu zwiększenia wydatku przelewu. Nad przelewem zaprojektowano most technologiczny umożliwiający komunikację po koronie zapory. Maksymalny wydatek przelewu wynosi  $454 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1}$  przy nadzwyczajnym poziomie piętrzenia 210,40 m n.p.m.

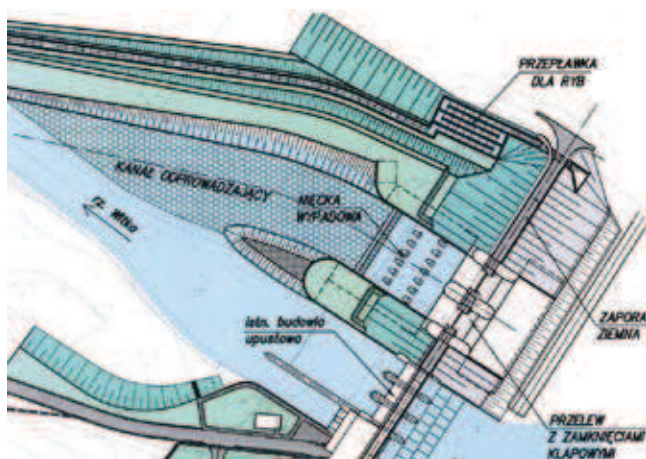
Obniżenie normalnego poziomu piętrzenia wynoszącego przed katastrofą 210,00 m n.p.m. na 209,00 m n.p.m. spowoduje: obniżenie linii brzegowej w czasie normalnej eksploatacji zbiornika, zmianę warunków pracy elektrowni wodnej i zmniejszenie pojemności użytkowej. Realizacja wariantu I zapewnia: utrzymanie nadzwyczajnego poziomu piętrzenia na poziomie 210,40 m n.p.m., bezobsługową pracę nowej budowli upustowej, znaczące zwiększenie rezerwy forsowanej przy wezbraniach o przepływach miarodajnym i kontrolnym, znaczny zapas bezpiecznego wzniesienia korony budowli nad lustrem wody w warunkach eksploatacji, podczas przejścia wezbrania o przepływie miarodajnym i wyjątkowych warunkach eksploatacji budowli oraz bezpieczne wzniesienie spodu konstrukcji mostu i belek nad zwierciadło wody przy nadzwyczajnym poziomie piętrzenia.

### 2.4 Wariant II odbudowy zapory

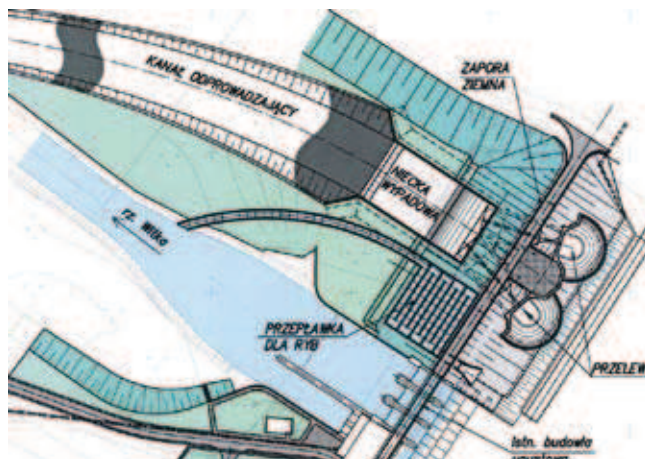
W wariantcie II założono utrzymanie poziomów piętrzenia określonych dla gospodarowania wodą dla zbiornika Witka przed katastrofą, tj.: 210,00 m n.p.m. dla NPP, 210,40 m n.p.m. dla NadPP i 204,00 m n.p.m. dla MinPP. Zaprojektowano dwuprzęsłową budowlę upustową z przelewami o całkowitym świetle 22 m, wyposażonymi w zamknięcia klapowe (rys. 3) i awaryjne. Rzędną korony przelewu ustalono na poziomie 205,20 m n.p.m. Przyjęto przelew o kształcie praktycznym z poszerzoną koroną. Powierzchnie przelewu wyznaczono wg krzywej Creagera dla wysokości obliczeniowej równej 4,8 m odpowiadającej grubości warstwy przelewowej przy NPP. Prześla przelewu o świetle 11 m każde, rozdzielono filarem grubości 5 m. Na koronie filara, od strony wody dolnej, zaprojektowano sterownię. Poniżej budowli upustowej zaprojektowano nieckę wypadową o długości 31,2 m i szerokości 27 m.

Zamknięcia klapowe, poruszane siłownikami hydraulicznymi, będą głównymi zamknięciami budowli upustowej. Wysokość piętrzenia zamknięć wynosi 4,8 m. Górna krawędź klap została wzniesiona 40 cm nad poziom normalnego piętrzenia. Napowietrzanie przestrzeni pod przelewającym się strumieniem wody zapewnią rury wbudowane w filar oraz przyczółki, wyprowadzone nad zwierciadło wody przy nadzwyczajnym poziomie piętrzenia. Maksymalny wydatek budowli wynosi  $452 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1}$  przy nadzwyczajnym poziomie piętrzenia wynoszącym 210,40 m n.p.m.

Utrzymanie NPP na rzędnej 210,00 m n.p.m. oraz NadPP poziomie 210,40 m n.p.m. spowoduje: konieczność zastosowania budowli upustowej z zamknięciami, zatrud-



Rys. 3. Plan budowy upustowej w wariantcie II



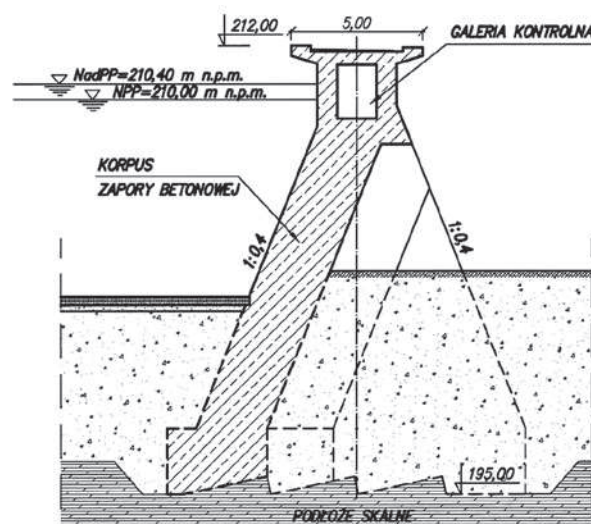
Rys. 4. Plan budowy upustowej w wariantcie III

nienie stałej, przeszkolonej obsługi stopnia, uzyskanie niewielkiej rezerwy forsowanej. Realizacja powyższego wariantu zapewnia: utrzymanie nadzwyczajnego poziomu piętrzenia na poziomie 210,40 m n.p.m jak przed katastrofą, utrzymanie optymalnych warunków pracy elektrowni wodnej, utrzymanie pojemności użytkowej. Utrzymanie nadzwyczajnego poziomu piętrzenia nie powoduje zmiany granic oddziaływania zamierzonego korzystania z wód. Ma to szczególne znaczenie dla określenia transgranicznego oddziaływania przedsięwzięcia oraz działań formalnych, związanych z dysponowaniem nieruchomościami i uzyskaniem decyzji o warunkach zabudowy.

### 2.5. Wariant III odbudowy zapory

W wariantcie III, w celu zapewnienia odpowiedniej warstwy przelewowej dla projektowanej budowy upustowej przyjęto następujące charakterystyczne poziomy piętrzenia: NPP = 210,00 m n.p.m., NadPP = 211,50 m n.p.m., MinPP = 204,00 m n.p.m. Budowla upustowa (rys. 4) składa się z części przelewowej, dwóch sztolni, niecki wypadowej i kanału odprowadzającego. Część przelewowa składa się z dwóch przelewów w kształcie półkoli o promieniu 10,0 m. Krawędź przelewów zaprojektowano na poziomie NPP. Powierzchnie przelewów wyprofilowano wg krzywej Creagera dla wysokości obliczeniowej 1,5 m, odpowiadającej grubości warstwy przelewającej się strumienia wody przy NPP. Strumienie wody przelewającej się po obwodzie przelewu, będą zderzały się w dnie przelewu, gdzie nastąpi częściowe wytracenie energii. Woda z przelewów będzie odprowadzana do dwóch sztolni o wymiarach 4,5×4,0 m. Poszur składa się z części spływowej długości 12,5 m oraz niecki wypadowej o długości 28,0 m i głębokości 2,5 m. Maksymalny wydatek tej budowy wynosi 300 m<sup>3</sup>×s<sup>-1</sup> przy NadPP.

Zmiana NadPP z 210,40 m n.p.m. na 211,50 m n.p.m. spowoduje: zwiększenie powierzchni zalewu o około 42,2 ha, zmianę warunków pracy istniejącej budowy upustowej oraz konieczność przystosowania istniejących zamknięć segmentowych do nowych warunków. Podto-



Rys. 5. Przekrój zapory betonowej

pieniu ulegną przylegające do zbiornika zabudowania ośrodka wycoczynkowego w rejonie wsi Wilka. Zwiększy się też zakres oddziaływania transgranicznego powyżej zbiornika. Realizacja powyższego wariantu zapewnia: utrzymanie NPP na rzędnej 210,00 m n.p.m., bezobstugową pracę nowej budowy upustowej, znaczące zwiększenie rezerwy powodziowej forsowanej przy wezbraniach o przepływach miarodajnym i kontrolnym.

## 3. Wariant IV z zaporą betonową

### 3.1. Przepływy wymiarujące

Zgodnie z przepisami [9], dla zapory betonowej, zaliczonej do klasy I, posadowionej na podłożu skalnym można przyjąć do projektowania budowy upustowych następujące przepływy wymiarujące: przepływ miarodajny o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p = 0,5\%$ ,  $Q_m = Q_{0,5\%} = 371 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1}$  oraz przepływ kontrolny o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p = 0,1\%$ ,  $Q_k^\alpha = (1 + \sigma)Q_{0,1\%} = 707 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1}$ . Przepływy te zostały określone na podstawie danych uzyskanych z IMGW Wro-

cfaw i przyjęte do wymiarowania budowli upustowych dla zapory betonowej stopnia Niedów.

### 3.2. Konstrukcja zapory betonowej

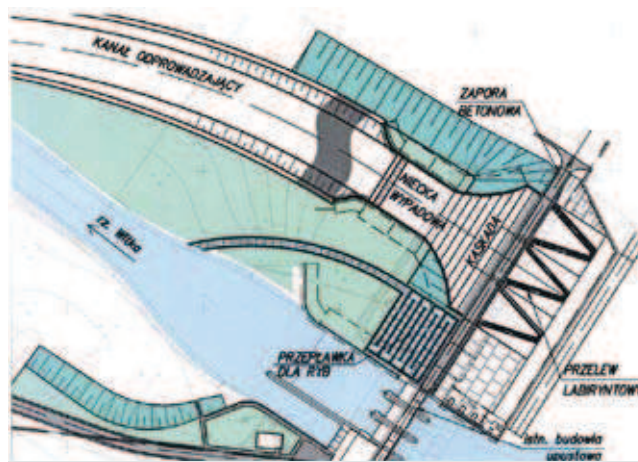
Zaporę betonową zaprojektowano jako oszczędnościową filarową (rys. 5). Zaporę prawostronną, długości 95,1 m, podzielono na 7 sekcji, w tym 3 sekcje przelewowe. Szerokość każdej sekcji przelewowej wynosi 17,7 m, a pozostałych 10,0 m poza skrajną, zlokalizowaną przy zboczu doliny, która ma szerokość 12,0 m. Od strony odpowietrznej zapory zaprojektowano nasyp, na którym wykonana zostanie przepławka dla ryb. Zaporę lewostronną o długości 120 m podzielono na 12 sekcji o szerokości 10,0 m. Sekcja betonowa zapory składa się ze ściany piętrzącej oraz podpierającego ją filara o szerokości 5,0 m. Komunikacja po koronie zapory odbywać się będzie drogą o nawierzchni bitumicznej szerokości 3,5 m. W korpusie zapory, pod jej koroną zlokalizowano galerię kontrolną o wymiarach 2,0×1,5 m, w której prowadzona będzie instalacja odwodnienia korony zapory oraz urządzenia kontrolno-pomiarowe. W celu ograniczenia filtracji, pod korpusem zapory przewidziano wykonanie fartucha szczelnego połączonego z istniejącym zębem żelbetowym.

### 3.3. Budowla upustowa

W wariantcie IV utrzymano poziomy piętrzenia odpowiadające poziomom sprzed katastrofy, uznając je za najkorzystniejsze. Charakterystyczne poziomy piętrzenia to: 210,00 m n.p.m. dla NPP, 210,40 m n.p.m. dla NadPP, 204,00 m n.p.m. MinPP. Ustalając powyższe poziomy piętrzenia przyjęto wysokość warstwy przelewowej dla projektowanego przelewu przy wezbraniu o przepływie kontrolnym równą 0,4 m. Przy tak niewielkiej warstwie przelewowej uznano, że najodpowiedniejszą budowlą upustową będzie przelew labiryntowy. Ze względu na niższe wartości przepływów wymiarujących dla budowli upustowej w odniesieniu do zapory ziemnej, pomimo niższej warstwy przelewowej, krawędź przelewu labiryntowego została skrócona w porównaniu z przelewem przedstawionym w wariantcie I.

Budowla upustowa, podobnie jak w wariantcie I składa się z następujących elementów: przelewu labiryntowego, kaskady, niecki wypadowej i mostu technologicznego (rys. 6). Koronę przelewu zaprojektowano na poziomie 210,00 m n.p.m. równym przyjętemu normalnemu poziomowi piętrzenia. Przelew labiryntowy szerokości 53,0 m w świetle ścian oporowych ma długość krawędzi przelewowej równą 146,5 m. Wysokość ściany przelewu wynosi 5,0 m. Krawędź przelewu zaokrąglono w celu zwiększenia jego wydatku.

Maksymalny wydatek przelewu wynosi 60 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> przy NadPP. Realizacja wariantu IV zapewnia: utrzymanie poziomów piętrzenia wody w zbiorniku na rzędnych sprzed katastrofy, bezobsługową pracę nowej budowli upustowej, znaczny zapas bezpiecznego wzniesienia korony budowli nad zwierciadło wody w warunkach nor-



Rys. 6. Plan budowy upustowej w wariantcie IV

malnej eksploatacji oraz podczas przejścia wezbrania o przepływie miarodajnym i kontrolnym oraz wymagane wzniesienie spodu konstrukcji mostu nad zwierciadło wody przy NadPP.

## 5. Podsumowanie

Po katastrofie zapory ziemnej w Niedowie przystąpiono natychmiast do usuwania jej skutków oraz budowy grodzki tymczasowej w celu umożliwienia piętrzenia wody dla elektrowni Turów i późniejszego wykorzystania przy odbudowie zapory. Analiza wariantów przedstawionych w koncepcji oraz rozpatrzenie warunków eksploatacji każdego z nich umożliwiły wybór i przyjęcie do realizacji najbardziej optymalnych rozwiązań wywierających najmniejszy wpływ na środowisko naturalne i zapewniających bezpieczeństwo budowli. Zdecydowano się na wykonanie projektu opartego na wariantcie IV ze względu na jego niezawodność w eksploatacji i zapewnienie zachowania warunków piętrzenia i gospodarowania wodą na zasadach ustalonych przed katastrofą.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Depczyński W., Szamowski A., Budowle i zbiorniki wodne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1999
- [2] BN-67/8811-01. Budownictwo hydrotechniczne. Obciążenie budowli w obliczeniach statycznych
- [3] Odbudowa zapory na rzece Witka w Niedowie. Hydroprojekt Wrocław Spółka z o.o., Wrocław 2010-2011
- [4] PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli
- [5] PN-EN 206-1 Beton Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [6] PN-B-03264: 2002. Konstrukcje betonowe żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [7] PN-2000/B-032001. Konstrukcje stalowe w budownictwie wodnym śródlądowym. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [8] Roboty ziemne. Warunki techniczne wykonania i odbioru. Ministerstwo Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, Warszawa, 1994
- [9] Rozporządzenie ministra środowiska z 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie, Dz. U. 2007 Nr 86 poz. 579
- [10] Zbiornik Witka. Grodzka tymczasowa z prawej i z lewej strony zapory. Hydroprojekt Wrocław Spółka z o.o., Wrocław 2010