

jmichniewski@poczta.onet.pl  
forexsc@poczta.onet.pl

## METRYKA PROJEKTU 635-15

NIP:  
677-004-32-67

Konto:  
PKO BP  
(50) 10205558  
-1111107219600154

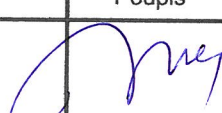

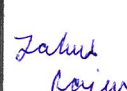
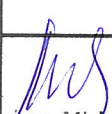
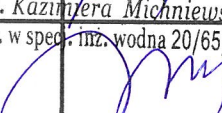
Zakład Produkcyjny  
i Magazyn  
32-010 Kocmyrzów  
Luborzyca 85  
tel. 0602 21 29 29

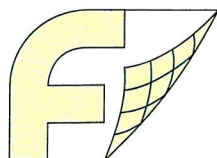
projektowanie  
budowlane  
i technologiczne  
kompleksowe projekty  
Małych Elektrowni  
Wodnych

produkcja szyb  
bezpiecznych,  
antyłamaniowych,  
dźwiękoizolacyjnych

montaż folii  
okiennych

prace geotechniczne  
i geodezyjne,  
usługi informatyczne,  
nadzory autorskie  
i inwestorskie

Nr umowy	Rodzaj opracowania	Branża	
393/NZZ/2015/ZT	Projekt techniczny	Wodna	
Obiekt			
ZBIORNIK WODNY TRESNA			
Temat			
Remont zapory bocznej w Zarzeczu			
Projekt techniczny			
Zespół projektowy	Imię i Nazwisko	Podpis	Data
Kier. Zesp. Projektowego	inż. Jacek Michniewski		05.2015.
Projektanci	inż. Jacek Michniewski	 inż. Jacek Michniewski upr. w specj. konstr.-inżyn. 17-Km/75 upr. w specj. inżyn. wodna 261/66/Kr	05.2015.
Opracował	mgr inż. Jakub Rajek	 Jakub Rajek	05.2015.
Sprawdził	inż. Kazimiera Michniewska	 inż. Kazimiera Michniewska upr. w specj. inż. wodna 20/65/Kr	05.2015.
Kier. jedn. proj.	inż. Jacek Michniewski		05.2015.
Zlecniodawca			
REGIONALNY ZARZĄD GOSPODARKI WODNEJ W KRAKOWIE ZARZĄD ZLEWNI SOŁY I SKAWY w ŻYWCU ul. Bracka 30 34-300 Żywiec			



Kraków, maj 2015.

# SPIS TREŚCI

	str.
<b>1. WSTĘP .....</b>	<b>1</b>
1.1 Podstawa prawna.....	1
1.2 Lokalizacja .....	1
1.3 Cel projektowanych prac.....	1
<b>2 CHARAKTERYSTYKA TERENU .....</b>	<b>1</b>
2.1 Opis zagospodarowania terenu.....	1
2.2 Prace remontowe na zaporze bocznej w rejonie pompowni nr 4.....	3
2.3 Warunki geotechniczne .....	4
2.4 Stan techniczny zapory i jej podłoża gruntowego.....	6
2.5 Wykonane prace uszczelniające w podobnych warunkach gruntowo wodnych w zakresie zapór bocznych przy pompowniach P1 i P3.....	7
<b>3 ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE .....</b>	<b>9</b>
<b>4. ORGANIZACJA PRAC .....</b>	<b>10</b>
4.1 Drogi dojazdowe .....	10
4.2 Przygotowanie terenu.....	10
<b>5. REALIZACJA PRZESŁONY INIEKCYJNEJ .....</b>	<b>10</b>
5.1 Lokalizacja otworów wiertniczo iniekcyjnych.....	10
5.2 Głębinie otworów .....	11
5.3 Badanie przepuszczalności gruntu.....	11
5.4 Dobór materiałów uszczelniających.....	12
5.5 Przebieg prac iniekcyjnych.....	14
5.6 Analiza wyników prac iniekcyjnych .....	15
5.7 Zakres dokumentacji.....	15
<b>6. UWAGI DO ORGANIZACJI PRAC .....</b>	<b>16</b>
<b>7 WPŁYW NA ŚRODOWISKO .....</b>	<b>17</b>
<b>8. UWAGI KOŃCOWE .....</b>	<b>17</b>
<b>9. OBMIAR RZECZOWY.....</b>	<b>18</b>
<b>Spis literatury i materiałów archiwalnych.....</b>	<b>20</b>

## **SPIS RYSUNKÓW**

1. Lokalizacja. Skala 1:75 000
2. Plan zagospodarowania terenu. Skala 1:1000
3. Plan otworów iniekcyjnych. Odcinek nr I. Skala 1:100
4. Plan otworów iniekcyjnych. Odcinek nr II. Skala 1:100
5. Plan otworów iniekcyjnych. Odcinek nr III. Skala 1:100
6. Profil podłużny w rejonie przebiegu rurociągów. Skala 1:100
7. Przekrój poprzeczny B – B'. Skala 1:100
8. Przekrój poprzeczny C – C'. Skala 1:100
9. Przekrój poprzeczny D – D'. Skala 1:100
10. Przekrój poprzeczny R – R'. Skala 1:100
11. Przekrój poprzeczny E – E'. Skala 1:100
12. Projekt geologiczno – techniczny piezometru

## **SPIS TABEL**

- Tab.1 Zestawienie danych geotechnicznych
- Tab.2 Prace uszczelniające w zasięgu zapór pompowni nr 1 i 3 zbiornika Tresna
- Tab.3 Porównawcze zestawienie wyników iniekcji - odc. I, II, IIIa, IIIb, IIIc, pomp. nr 1
- Tab.4 Średnie zużycie iniektu w kg/mb otworu - odc. I, II, IIIa, IIIb, IIIc, pomp. nr 1
- Tab.5 Spadek zużycia materiałów w kolejno wykonywanych otworach  
- przesłona przy pompowni nr 3
- Tab. 6 Spadek zużycia materiałów w kolejno wykonywanych otworach  
- przesłona przy pompowni nr 1, rok 2013.
- Tab. 7 (w tekście) Maksymalne ciśnienia badań chłonności i iniekcji.

## **SPIS ZAŁĄCZNIKÓW**

1. Mapa zasadnicza
2. Wypis z rejestru gruntów
3. Przekrój geotechniczny A – A
4. Przekrój hydrogeologiczny B – B
5. Przekrój hydrogeologiczny C – C
6. Przekrój hydrogeologiczny D – D
7. Przekrój hydrogeologiczny E – E
8. Wykres – zmiana poziomu wody w piezometrach

## **1. WSTĘP**

### **1.1 Podstawa prawna**

Niniejszy projekt techniczny realizowany jest na podstawie umowy nr 393/NNZ/2015/ZT, zawartej pomiędzy Regionalnym Zarządem Gospodarki Wodnej w Krakowie, Zarządem Zlewni Soły i Skawy w Żywcu jako Inwestorem a Firmą Forex s.c, 30-012 Kraków, ul Raławicka 47/18.

### **1.2 Lokalizacja**

Teren projektowanych prac znajduje się w miejscowości Zarzecze, gmina Łodygowice, w powiecie żywieckim, w obrębie zachodniej cefkowej części zbiornika wodnego Tresna (Jeziora Żywieckiego), w strefie oddziaływania Przepompowni nr 4 (Załącznik 1).

Zamierzone zadania realizowane będą na działce o numerze ewidencyjnym 11000/53 (Załącznik 1), należącej do Skarbu Państwa, będącej we władaniu RZGW Kraków (Załącznik 2).

### **1.3 Cel projektowanych prac**

Projektowane prace mają na celu likwidację wzmożonej filtracji i rozluźnienia nasypu zapory bocznej zbiornika wodnego Tresna, w zakresie obrzeżenia pompowni nr 4 w Zarzeczu. Polegać mają na wykonaniu przesłony iniekcyjnej w gruntach korpusu zapory i jej podłoża, do stropu warstw praktycznie nieprzepuszczalnych.

Przy realizacji projektu wykorzystano aktualizowane mapy z zasobów Powiatowego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Żywcu.

## **2 CHARAKTERYSTYKA TERENU**

### **2.1 Opis zagospodarowania terenu**

Zbiornik wodny Tresna jest najwyżej położonym zbiornikiem Kaskady Soły. Jego zadaniem jest prowadzenie gospodarki wodnej głównie dla celów: zaopatrzenia w wodę, przeciwpowodziowych oraz energetycznych (Lit. 1 i 2).

Normalny poziom piętrzenia wody w zbiorniku wynosi:

- w okresie VI - IX - 340,50 m.npm
- w okresie X – V - 341,50 m. npm

Maksymalny poziom piętrzenia MPP - 344,86 m.npm



Obrzeżenie zbiornika Tresna w rejonie Zarzecza stanowi zaporę ziemną, która ma za zadanie ochronę terenów przyległych przed podtopieniem wodami zgromadzonymi w zbiorniku.

Parametry zapory przy pompowni są następujące:

- rzędna korony - 346,2 – 346,5 m. npm,
- szerokość w koronie - 3,5 – 4,0 m,
- wysokość (do podstawy nasypu wału) - 6 m.

Skarpa od strony zbiornika ubezpieczona jest trzema rzędami okładzin betonowych. Okładziny betonowe posiadają grubość około 15 cm i są zbrojone siatką stalową.

#### **Pompownia nr 4.**

Pompownia chroni miejscowość Zarzecze przed podtopieniami przez wody opadowe oraz infiltracyjne ze zbiornika Tresna. Długość zapory bocznej wykonanej dla ochrony wsi wynosi 1807m. Pompownia usytuowana jest w najniższym punkcie terenu miejscowości Zarzecze. Długość zapory bocznej pozostającej w zakresie oddziaływania pompowni wynosi 250 m.

Wielkość zlewni pompowni wynosi 69 ha (Lit. 4).

Dopływ filtracyjny do zbiornika rzępiowego przy maksymalnym poziomie wody w ZW Tresna równym 344,86 m npm wynosi 0,36 m<sup>3</sup>/s.

Dopływ z deszczu nawalnego ze zlewni „Zarzecze” dla  $p=1\%$  - 3,40 m<sup>3</sup>/s.

Całkowity dopływ do pompowni - 3,76 m<sup>3</sup>/s.

W skład pompowni wchodzi: zbiornik retencyjny, budynek pompowni, skrzynia zrzutowa, rurociągi tłoczne oraz część technologiczna.

#### Zbiornik retencyjny

Po stronie odpowietrznej zapory przy budynku pompowni znajduje się zbiornik retencyjny do którego prowadzą otwarte rowy opaskowe, szerokości w dnie 0,5m, głębokości do 2,5 m.

Podstawowe dane zbiornika retencyjnego.

- Powierzchnia zbiornika maksymalna	3 000 m <sup>2</sup> .
- Powierzchnia zbiornika minimalna (w dnie)	1 675 m <sup>2</sup> .
- Normalny poziom wody w zbiorniku (poziom odwodnienia)	338,50 m npm.
- Najniższy dopuszczalny poziom wody w zbiorniku	338,20 m npm.
- Maksymalny poziom wody w zbiorniku	340,50 m npm.
- Poziom dna zbiornika	337,00 m npm.

#### Budynek pompowni

Budynek ten składa się z części podziemnej i nadziemnej.

W zasięgu części nadziemnej usytuowane są pomieszczenia socjalne, rozdzielnia elektryczna, trzy agregaty prądotwórcze o mocach od 100 kVA do 300 kVA, które zapewniają pełne pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną w momentach wyłączenia energii z sieci.

Przy budynku znajduje się rozdzielnia 15 kV Rejonu Dystrybucji Żywiec.

Rurociągi tłoczne poprowadzone są w nasypie zapory, z komory czerpnej budynku do skrzyni zrzutowej: rurociąg nowy - PEHD 1600/1800 oraz funkcjonujący od lat 80-tych rurociąg średnicy 600 mm.

Skrzynia zrzutowa o konstrukcji żelbetowej, służąca do rozpraszania energii wody zlokalizowana jest na skarpie odwodnej zapory bocznej.

#### Część technologiczna pompowni

Zadaniem części technologicznej pompowni (usytuowanej w podziemnej części budynku) jest przepompowywanie wody ze zbiornika retencyjnego do zbiornika „Tresna”.

W skład części technologicznej, pompowni wchodzi:

- komory czerpne: 1 komora w „starej” pompowni i 6 komór w „nowej” pompowni,
- 2 układy pompowe typu 400UM300 oraz 6 układów pompowych typu PPU 40

Pompownia pracuje w automatyce z dozorem technicznym pracowników 2 x dobę. Przekaz i monitoring stanów pompowni jest przekazywany systemem monitoringu ciągłego do stacji operatorskiej dozorowanej systemem całodobowym.

Zapora przy pompowni posiada sieć piezometrów obserwowanych w ramach monitoringu pracy zbiornika Tresna. Piezometry usytuowane są na koronie zapory.

## **2.2 Prace remontowe na zaporze bocznej w rejonie pompowni nr 4.**

- W roku 1988, po stwierdzeniu silnych przecieków do zbiornika wyrównawczego pompowni nr 1 w Zarzeczcu, wykonano projekt uszczelnień wału (Lit.3), w którym zakładano dwuetapowy zakres prac. W pierwszym etapie miał on zasadniczo obejmować wykonanie posadowienia ścianki larsen do głębokości podłoża nieprzepuszczalnego tj. na głębokość 10 m poniżej rzędnej 341,1 m npm, przy dolnej części skarpy odwodnej na długości 299,5m. W etapie drugim, w przypadku niewystarczającej szczelności zapory, zakładano wykonanie ścianki cementowo iłowej.

Ściankę typu Larsen realizowano na przełomie lat 80 i 90-tych w zasięgu: 65 m od osi skrzyni zrzutowej w kierunku północno wschodnim, resztę w kierunku pot. Żylica. Ścianka korzystnie ustabilizowała dno zbiornika Tresna przy skrzyni zrzutowej, niemniej szczelność pozostała niewystarczająca, szczególnie w okresie piętrzenia zbiornika Tresna powyżej rzędnej 341 m npm.

- W roku 2010 wykonano remont ubezpieczenia skarp części odwodnej polegający na uszczelnieniu dylatacji oraz wykonaniu dodatkowego rzędu płyt do rzędnej sięgającego Max PP.

- W roku 2013 wykonano modernizację pompowni nr 4 w Zarzeczu zwiększając jej wydajność z  $1\text{ m}^3/\text{s}$  do  $3,86\text{ m}^3/\text{s}$ .

Modernizacja polegała między innymi na:

- rozbudowie budynku pompowni,
- wykonaniu nowej skrzyni zrzutowej dla rozpraszania energii wody w zbiorniku Tresna, w formie bystrotoku z progami
- ułożeniu nowego rurociągu z rur PEHD 1600/1800 w korpusie nasypu zapory,
- likwidacji poprzez zacementowanie rurociągu starego pompowni średnicy 500 mm z wylotem w zbiorniku Tresna ( oś wylotu na rzędnej 337,20 m npm).

Nowy rurociąg PEHD 1600/1800 ma długość 45m. Ułożony jest ze spadkiem 4,5 % w kierunku skrzyni zrzutowej na zagęszczonej podsypce grubości 15-25 cm z materiału żwirowego o średnicy ziaren do 20 mm. Obsypkę wykonano z gruntu zagęszczonego układanego warstwami 15-30 cm.

### 2.3 Warunki geotechniczne

- a) Rozpoznanie warunków geotechnicznych w zasięgu zapory bocznej przy pompowni realizowano w **latach 80-tych** dla projektu technicznego uszczelnienia zapory (Lit.3).

Przeprowadzone wówczas badania gruntów wykazały, że:

- współczynnik nierównomierności uziarnienia  $U = d_{60}/d_{10}$  osiąga wartość: dla gruntów nasypu 8-250 a dla podłoża aluwialnego 5-200 co klasyfikuje grunty jako sufozyjne,
- stan gruntów określono jako bardzozagęszczony, średnizagęszczony a lokalnie rozluźniony,
- grunty rozluźnione stwierdzono: w przekroju budowli zrzutowej na głębokości 4-5 m oraz w przekroju końcowego obrzeża zbiornika wyrównawczego,
- pomiar prędkości przepływu filtracyjnego wykazał 5 wycieków wody w skarpie zbiornika rzapiowego
- współczynnik filtracji określony laboratoryjnie osiągał wartość: dla gruntów nasypowych -  $1,1 \cdot 10^{-8}$  -  $2,9 \cdot 10^{-5}$  m/s, dla gruntów podłoża aluwialnego -  $1,2 \cdot 10^{-4}$  -  $3 \cdot 10^{-8}$  m/s.

- b) Szczegółowe rozpoznanie warunków geotechnicznych w zasięgu zapory ziemnej obrzeżenia zbiornika Tresna koło Pompowni nr 4 w Żywcu uzyskano w **roku 2013** ( Lit.5 ) w wyniku badań przeprowadzonych w ośmiu otworach wykonanych metodą wiertniczą, pionowo z poziomu korony zapory, do głębokości 19-20m w podłoże nasypu.

Otwory wiertnicze wykorzystano dla zabudowy kolumn rur piezometrycznych w obsypce filtracyjnej dla prowadzenia dalszych obserwacji hydrogeologicznych.

## Podsumowanie prac badawczych

- W obrębie przedmiotowego terenu występują utwory wieku czwartorzędowego i paleogeńskiego.

Utwory czwartorzędowe reprezentowane są przez grunty antropogeniczne (nasypowe korpusu zapory), aluwialne ( rzeczne ) i eluwialne ( zwietrzliny łupków). Spoczywają one na starszych (wieku paleogeńskiego), utworach fliszowych warstw krośnieńskich, wykształconych jako łupki i piaskowce cienko - i średnioławicowe z przewarstwieniami łupków.

- W wyniku badań ustalono rodzaje gruntów, stopnie i wskaźniki zagęszczenia, współczynniki przepuszczalności i filtracji co umożliwiło wydzielenie sześciu warstw ( Ia, Ib, IIa, IIb, III, IV) o różnych parametrach geotechnicznych ( Tab.1).

- **Nasyp korpusu**

Nasyp zapory posiada wysokość 6 m i jest zbudowany z miejscowych materiałów rzecznych - żwirów gliniastych. W korpusie zapory wydzielono dwie warstwy geotechniczne:

- stropową - Ia o miąższości 3m, o wartości  $k = 6,028 \text{ m/dobę}$  i  $q = 21,43 \text{ l/min/1mb}$
- niżej zalegającą - Ib również miąższości 3m,  $k = 0,296 \text{ m/dobę}$  i  $q = 21,2 - 30 \text{ l/min/1mb}$ .

- **Podłoże zapory**

Korpus spoczywa na utworach czwartorzędowych, w obrębie których stwierdzono trzy warstwy litologiczno - genetyczne:

- żwiry gliniaste (IIa) miąższości 2,6m i współczynnika  $k = 0,018 \text{ m/dobę}$
- pospółki (IIb - poniżej warstwy IIa) miąższości 1,7 -2,3m i  $k = 0,354 \text{ m/dobę}$
- zwietrzliny gliniaste (III) miąższości 6,5m, współczynnik filtracji średniej wartości  $0,0002649 \text{ m/dobę}$  ( $3,06 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$ ). Stan gruntów jest półzwarty. Jest to warstwa praktycznie nieprzepuszczalna.
- skalne podłoże fliszowe (IV) dla którego  $k$  osiąga wartość  $0,418 \text{ m/dobę}$  a wodochłonność jednostkowa wynosi  $q = 0,209 \text{ l/min} \cdot \text{m} \cdot 0,1 \text{ at}$ .

Wartość  $k$  dla IIa jest 335 razy mniejsza niż analogiczna dla warstwy Ia.

Wartość  $k$  dla IIb jest 20 razy wyższa niż dla gruntów warstwy IIa.

Warstwa IIb jest wodonośna dla poziomu czwartorzędowego. Zwierciadło wody ma charakter napięty a napięcie wynosi 1,9-2,4m.

Pomiary prowadzone w piezometrach zamontowanych w otworach badawczych wskazują, że poziom wód gruntowych w zaporze zależny jest od piętrzenia zbiornika Tresna i w osi zapory występuje na rzędnej 338,5- 342,0 m npm. Zwiększenie poziomu wody w zbiorniku Tresna skutkuje wzrostem ciśnienia wody w piezometrach, wzrostem wyporu wody i zwiększeniem intensywności i prędkości przepływu pod zaporą w kierunku rowu opaskowego i zbiornika rzapiowego pompowni ( Zał. 8).

## 2.4 Stan techniczny zapory i jej podłoża gruntowego

Wieloletni okres eksploatacji Zbiornika Tresna spowodował przemycie i rozluźnienie gruntów żwirowych nasypu korpusu zapory ziemnej przy pompowni nr 4 w Zarzeczcu. Ponadto na stan gruntów zapory wywarły negatywny wpływ konieczne prace remontowe zmuszające do naruszenia struktury nasypu, w związku z posadowieniem nowego rurociągu w wykopie w korpusie zapory, budowa nowej skrzyni zrzutowej i rozbudowa budynku pompowni.

W czasie wezbrań powodziowych powodujących szybkie napełnienie zbiornika Tresna, obserwuje się intensywny przyrost wody w rowie opaskowym. Przecieki do zbiornika rzapiowego oraz rozluźnienia struktury gruntów w zasięgu zapory rejestrowane były już w roku 1983.

Pomiary piezometryczne prowadzone za pomocą sieci wbudowanej w korpus i podłoże aluwialne zapory w roku 2014, wskazują na znaczny przyrost gradientu hydraulicznego w konstrukcji zapory, w sytuacji zwiększenia stanów wody w zbiorniku. Świadczy to o wzmożonej filtracji wód ze zbiornika na teren zawala.

Korpus nasypu zapory wysokości 6 m budują żwiry gliniaste. Podłożem nasypu jest warstwa żwirów gliniastych aluwialnych o miąższości 2,6m słabo przepuszczalnych. Poniżej występują pospółki dobrze przepuszczalne stanowiące warstwę wodonośną poziomu czwartorzędowego. Zwierciadło wód gruntowych w warstwie wodonośnej pospółek jest napięte. W sytuacji znacznego wzrostu ciśnień w warstwie możliwe jest przebicie hydrauliczne do rowów opaskowych i rzapia, z jednoczesnym rozmyciem struktury podstawy zapory, niekontrolowanym wypływem wody oraz osiadaniem zapory z jednoczesnym naruszeniem jej statyki.

Negatywne zjawiska związane ze wzmożoną filtracją przez zapórę ziemną przy pompowni nasilają się w warunkach wyższego piętrzenia zbiornika Tresna, szczególnie przy poziomie powyżej 341,0 m npm..

Zaistniała sytuacja zmusza do wykonania przesłony przeciwfiltracyjnej dla uszczelnienia strefy kontaktu rurociągów z nasypem wału ziemnego oraz w celu likwidacji rozluźnień nasypu i jego podłoża gruntowego.

## 2.5 Wykonane prace uszczelniające w podobnych warunkach gruntowo wodnych w zakresie zapór bocznych przy pompowniach nr P1 i nr P3.

Stwierdzone przemycie i rozluźnienie gruntów podłoża aluwialnego zapór ziemnych przy pompowniach wody, przebicia hydrauliczne i wzmożone dopływy wody do zbiorników wyrównawczych i rowów opaskowych przy pompowniach stały się powodem wykonania prac uszczelniających typu iniekcyjnego. Zadania realizowane były w latach 2002 – 2013 stosownie do potrzeb i możliwości finansowych (Tab.2).

### Pompownia nr 1 w Żywcu

Stabilność gruntów korpusu zapory przy pompowni nr 1 w Żywcu naruszyły niezbędne prace remontowe i modernizacyjne, w tym montaż nowych rurociągów w korpusie wału ziemnego.

Prace uszczelniające prowadzono z poziomu technologicznego na rzędnej 342,5 mnpm. po stronie zbiornika Tresna, a w ostatnim etapie (rok 2013) z poziomu korony i skarp zapory, do stropu praktycznie nieprzepuszczalnych rumoszków gliniastych.

Przesłona realizowana była metodą wiertniczą poprzez wykonanie otworów długości od 7,5 do 12m, średnicy około 10cm i iniekcję wstępującą w grunty okolicy otworu, strefami co 1-3m. Tak wykonane otwory wiertniczo iniekcyjne w dwóch rzędach zasadniczych oraz w rzędzie kontrolno doszczelniającym pozwoliły na wytworzenie przesłony, o szerokości teoretycznej 2,4m., z gruntów i iniektu wypełniającego pustki gruntowe. Współczynnik wodochłonności gruntów w zasięgu przesłony (kryterium zakończenia prac uszczelniających) badany w otworach kontrolno doszczelniających wynosił  $q < 0,05 \text{ l/min x } 0,01 \text{ MPa}$ .

Głębienie otworów wykonywaną początkowo metodą tzw. „gubionego stożka”, a następnie po scaleniu gruntu metodą wiercenia (Arch 6,7,8).

Zaczyny uszczelniające wykonywano na bazie cementu 32,5 R z dodatkami dla modyfikacji parametrów iniektu stosownie do potrzeb przebiegu prac. Stosowane były dodatki modyfikujące Mix-bet jako dodatek w ilości do 5 %, Mix-bet jako domieszka w ilości do 30%, soda jako dodatek ok 1%, dodatki modyfikujące Firmy Sika. Zastosowano zaczyny o wskaźniku w/c od 1:4 do 2:1.

Wytworzony w mieszalnikach zaczyn cementowy podawano do otworu z użyciem zestawu do zatłaczania, pozwalającego na ciągły przepływ iniektu z ciśnieniem w zakresie od 0,05 MPa (w strefach górnych otworów) do 0,4 MPa (w strefach dolnych otworów).



### **Pompownia nr 3 w Pietrzykowicach**

Nadmierna filtracja i skumulowane wycieki z dolnej części skarpy odpowietrznej, stwierdzone w zasięgu rowu opaskowego przy zaporze bocznej w Pietrzykowicach skutkowały wykonaniem cementacyjnej przesłony wiertniczo iniekcyjnej w okresie 2003-2004r. Prace realizowano z poziomu nasypu technologicznego przy zaporze od strony zbiornika Tresna na głębokość do 7,5m. tj. do stropu rumoszków gliniastych.

Wykonano dwa rzędy otworów iniekcyjnych i rząd otworów kontrolno doszczelniających. Zaczyny iniekcyjne z cementu, Mix-betu i dodatku węgla sodu zatłaczano pod ciśnieniem do 4 atm.

Zestaw danych dotyczących prac uszczelniających w zasięgu pompowni nr 1 i 3 zbiornika Tresna zawierały tabele Tab. 2, 3,4,5,6.

Reasumując należy stwierdzić, że przesłony przeciwfiltracyjne realizowane były metodą iniekcji niskociśnieniowych, w otworach usytuowanych w dwu rzędach zasadniczych i w rzędzie otworów kontrolno doszczelniających. W efekcie powstały przesłony dogłębione do warstwy o znikomej przepuszczalności.

Prowadzona w trakcie realizacji prac modyfikacja rodzaju zaczynów na bazie cementu oraz ciśnień iniekcji w zależności od miejscowej przepuszczalności, umożliwiły uzyskanie założonej szczelności gruntów w zasięgu przesłony.

Obserwacje prowadzone po wykonaniu przesłon uszczelniających wskazują na skuteczność w przeciwdziałaniu nadmiernej filtracji przez zapory.

### 3. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

Dla likwidacji niekorzystnych zjawisk filtracyjnych konieczne jest wykonanie robót uszczelniających w zasięgu zapory bocznej zbiornika Tresna przy pompowni nr 4 w Zarzeczu.

Prac projektowe i uszczelniające wykonywane w zasięgu pompowni nr 1w Żywcu i nr 3 w Pietrzykowicach prowadzone w latach 2001 – 2013 potwierdzają konieczność realizacji tego typu robót również w zaporze przy pompowni nr 4 w Zarzeczu.

#### **Założenia przyjęte na etapie prac projektowych**

- a) Wykorzystanie doświadczeń uzyskanych w czasie realizacji przesłon cementacyjnych w podobnych warunkach gruntowo wodnych tj. przy realizacji przesłon w zaporach pompowni nr 1w Żywcu i nr 3 w Pietrzykowicach.
- b) Wykonanie przesłony iniekcyjnej pionowej, długości 250m, o szerokości 2,4m, głębokości 12m ( do rzędnej ok. 334,3 m npm) tj. około 1,4 m poniżej poziomu zalegania stropu półzwartych rumoszków zaglinionych, które charakteryzują znikome wartości współczynników filtracji ( warstwy praktycznie nieprzepuszczalne).
- c) Przebieg osi przesłony umożliwiający objęcie pracami uszczelniającymi strefy gruntów zapory i jej podłoża na odcinku jej przebiegu przy zbiorniku wyrównawczym, ze szczególnym uwzględnieniem gruntów w strefie kontaktu z konstrukcją żelbetową rurociągów starych i rurociągu posadowionego w czasie rozbudowy pompowni.
- d) Realizacja prac poprzez wykonanie dwu rzędów otworów zasadniczych A i B oraz rzędu otworów kontrolnych i doszczelniających, zlokalizowanych pomiędzy rzęдами A i B. Głębinie otworów z korony zapory, wzdłuż jej brzegu od strony odwodnej.
- e) Badania przepuszczalności gruntów w kolejnych strefach otworów dla wstępnego określenia parametrów iniekcji.
- f) Wyznaczenie koniecznego zasięgu głębokości przesłony poprzez badania przepuszczalności w otworach I kolejności rzędu A oraz korygowanie głębokości przesłony zależnie od miejscowej przepuszczalności gruntów.
- g) Przyjęcie kryterium szczelności przesłony ( badane w otworach kontrolnych)  $q < 0,05\text{l/min} \times m_b \times 0,01\text{MPa}$ .
- h) Odtworzenie piezometrów obserwacyjnych uszkodzonych w wyniku prac uszczelniających.

## **4 ORGANIZACJA PRAC**

### **4.1 Drogi dojazdowe**

Droga dojazdowa w rejon projektowanych prac przy pompowni prowadzi z drogi powiatowej relacji Zarzecze - Czernichów drogami gminnymi: ul Sikorskiego i Starowiejską.

Wymagane jest uzyskanie uzgodnienia na przejazd ciężkim sprzętem z właścicielem drogi tj. Urzędem Gminy Łodygowice..

### **4.2 Przygotowanie terenu**

Przewiduje się, że plac budowy – miejsce składowania sprzętu, materiałów, narzędzi wiertniczych - zostanie umiejscowiony u podnóża zapory przy pompowni

Wyjazd na koronę zapory wymaga wykonania drogi technologicznej i przejazdu tymczasowego na rowie opaskowym z placu manewrowego przy pompowni, do pochylni podjazdu na zaporę.

## **5 REALIZACJA PRZESŁONY INIEKCYJNEJ**

### **5.1 Lokalizacja rozstaw i kolejność wykonania otworów wiertniczych**

Zasadnicze prace uszczelniające można rozpocząć po wykonaniu robót przygotowawczych na odcinku, który umożliwi swobodne prowadzenie prac wiertniczo iniekcyjnych.

Prawidłowa i bezkolizyjna w odniesieniu do rurociągów pracujących lokalizacja otworów wymaga:

- wyznaczenia przebiegu rurociągów pracujących średnicy 600 i 1600 mm w celu ich ochrony przed uszkodzeniem w czasie prac wiertniczych
- określenia przebiegu rurociągu wyłączanego z eksploatacji i zlikwidowanego przez zabetonowanie w czasie modernizacji pompowni w roku 2013.

W celu sprawnego wykonywania prac przyjmuje się podział przesłony na odcinki realizacyjne:

- nr I długości 80m,
- nr II długości 80 m
- nr III długości 90m.

Pierwszym etapem realizacji robót uszczelniających jest wyznaczenie w terenie otworów wiertniczych.

W pierwszej kolejności realizowany będzie rząd A w odległości 0,5 m od brzegu korony zapory a następnie rząd B otworów wiertniczo iniekcyjnych. Odległość między rzędami – 1,2 m. Otwory w rzędzie B należy głębić mijankowo w stosunku do otworów rzędu A.

Pomiędzy tak wykonanymi rzędami, będzie realizowany rząd C otworów doszczelniających i kontrolnych.

Otwory rzędu C mogą być realizowane po wykonaniu odpowiednio długiego odcinka rzędu B ( ok. 20m), wykonaniu analizy prac w pobliskich otworach i podjęciu decyzji dotyczącej ilości i lokalizacji otworów rzędu C.

Decyzja ta zostanie podjęta z uwzględnieniem:

- konieczności sprawdzenia skuteczności wcześniejszych zabiegów uszczelniających
- potrzeby doszczelnienia stref, w których nie osiągnięto założonego kryterium szczelności.
- lokalizacji stref, w których występowały bardzo duże chłonności iniektu
- kontroli stref wpływów i ewentualnych przebieg hydraulicznych.

## **5.2 Głębenie otworów**

Głębenie kolumny rur dla prac iniekcyjnych należy prowadzić urządzeniami z korony zapory. Kolumnę rur należy wprowadzić w grunt pionowo. W celu ukierunkowania otworu wiertniczego strefę przypowierzchniową gruntów nasypu należy zabudować rurą przewodnikową długości ok. 1,2m.

W pracach wiertniczych można stosować metody udarowe lub obrotowe głębenia otworów, w zależności od potrzeby.

Przewiduje się potrzebę wprowadzanie kolumny rur iniekcyjnych o średnicy około 100 mm na głębokość do 12 m w grunt miękki i twardy oraz przewiercanie betonu (nieczynny rurociąg zalany betonem). Rury iniekcyjne muszą umożliwić iniekcję wstępującą ( od dołu otworu) strefami długości 1m. Możliwa do zastosowania będzie metoda „gubionego stożka,, stosowana jako podstawowa w pracach prowadzonych w ramach realizacji przesłony w poprzednich pracach uszczelniających.

Otwory iniekcyjne należy rozpoczynać na powierzchni korony zapory i doprowadzić do stropowej strefy warstw praktycznie nieprzepuszczalnych, którymi są zagęszczone rumosze gliniaste. Strop rumoszków gliniastych znajduje się na rzędnej około 336,5 m.npm.

Głębokość zalegania stropu tych warstw należy określić podczas realizacji prac wiertniczo iniekcyjnych w otworach pierwszej kolejności rzędu A, wykonując wstępną iniekcję zaczynem o najmniejszej lepkości.

## **5.3 Badanie przepuszczalności gruntu**

### **Otwory iniekcyjne**

W celu określenia sposobu prowadzenia prac wiertniczo - iniekcyjnych w danej przewierconej strefie otworu należy wykonać badanie przepuszczalności gruntu przez grawitacyjne zatapianie wodą odsłoniętej strefy.

Sposób przeprowadzenia badań - utrzymywaniu stałego poziomu wody w otworze (dolewanie wody w miarę opadania lustra) i pomiar ilości wody wchłoniętej przez strefę w ciągu 10 minut.

Uzyskany wskaźnik  $Q$  w l/min pozwala na optymalne prowadzenie prac iniekcyjnych.

Kryterium przeprowadzenia iniekcji :  $Q > 1\text{l/min/mb}$  strefy.

W przypadku gdy  $Q < 1\text{l/min/mb}$  strefy to można podciągnąć kolumnę rur odsłaniając wyższą strefę i prowadzić iniekcję w dwu strefach łącznie.

Dopuszcza się wykonanie badań przepuszczalności gruntów za pomocą iniektów o wysokim wskaźniku w/c dla których: lepkość iniektu  $\leq 1,1 \cdot$  lepkość wody.

### Otwory kontrolno doszczelniające

Badania wodochłonności należy wykonać w poszczególnych strefach w cyklu ciśnień rosnących wg tabeli 2 po 10 min dla każdego ciśnienia.

Wodochłonność jednostkowa  $q$  należy obliczyć wg wzorów:

- ośrodek nawodniony - 
$$q = \frac{Q}{l(100p + h + l/2 + h_m)}$$

- ośrodek nienawodniony - 
$$q = \frac{Q}{l(100p + h_w + h_m)}$$

$L$  - długość badanej strefy [m]

$p$  - ciśnienie badawcze [MPa]

$h$  - głębokość stropu strefy [m]

$h_m$  - wysokość zainstalowania manometru [m]

### W przypadku gdy

- $q > 0,05\text{l/min} \times 0,01 \text{ MPa}$  - wykonać cementację doszczelniającą
- $q \leq 0,05\text{l/min} \times 0,01 \text{ MPa}$  - odsłonić kolejną strefę, przeprowadzić badania wodochłonności dwóch stref i wykonać iniekcję przy ciśnieniu jak dla strefy wyższej.

## 5.4 Dobór materiałów uszczelniających

Dla projektowanego zadania przewiduje się stosowanie zaczynów na bazie cementu portlandzkiego 32,5 R (lub lepszy), z dodatkami modyfikującymi właściwości zaczynu zależnie od potrzeb w ilości do 5% masy cementu.

Skuteczność w pracach uszczelniających wykazały iniekty cementowe z dodatkiem lu domieszką materiału hydrauliczno – pucolanowego o nazwie handlowej mix-bet i dodatkami

modyfikującymi parametry zaczynu. Receptury zaczynów na bazie powyższych składników były z powodzeniem stosowane w trakcie prac iniekcyjnych w obrębie pompowni P1 w Żywcu.

Właściwości tych zaczynów to: łatwość stosowania w warunkach terenowych, możliwość modyfikowania właściwości, nieszkodliwość dla środowiska, łatwość wiązania zaczynu z materiałami gruntowym budującymi korpus i podłoże zapory, duża odporność na korozję mechaniczną i chemiczną.

Przed przystąpieniem do robót iniekcyjnych powinny zostać sporządzone szczegółowe receptury określające proporcje poszczególnych składników oraz parametry zaczynów określone przez odpowiednie laboratorium. Receptury zaczynów dostarczy wykonawca robót.

Ich zastosowanie jest możliwe po uzyskaniu akceptacji inwestora i projektanta.

Wszystkie zastosowane materiały muszą spełniać warunki dopuszczenia do zastosowania w budownictwie hydrotechnicznym na polskim rynku.

W oparciu o uzyskane doświadczenie można stwierdzić, że podczas realizacji przesłony wystąpi konieczność stosowania dodatków o zróżnicowanych własnościach fizycznych w zależności od przepuszczalności ośrodka.

Zastosowane receptury oraz ich ilość muszą umożliwić:

- uzyskanie zaczynów płynnych o niewielkiej sedymentacji, dobrze penetrujących w pory gruntu oraz zaczynów gęstych o krótkim czasie wiązania, odpornych na rozmywanie
- szybką zmianę rodzaju zaczynu w trudnych warunkach polowych,

Parametry fizyczne zaproponowanych zaczynów cementowych powinny być następujące:

- odstój( sedymentacja) - max. 9%
- lepkość względna wg Kubka Forda - min. 13
- początek czasu wiązania - 4-9 h
- koniec czasu wiązania - 7-18 h

Z uwagi na możliwość występowania zróżnicowanej przepuszczalności gruntu powinno być opracowane około 6 receptur, których parametry fizyczne zawarte są w granicach podanych powyżej.

Zaczyny iniekcyjne należy przygotować w mieszalniku mechanicznym o pojemności co najmniej 150l, dającym możliwość szybkiego i dokładnego wymieszania składników. Przygotowany iniekt należy przelać do podajnika skąd będzie tłoczony do otworu.



## 5.5 Przebieg prac iniekcyjnych

Iniekcję zaczynu należy poprzedzić badaniem przepuszczalności gruntów strefy. Po ich wykonaniu przygotować odpowiedni iniekt i wykonać zatłaczanie zaczynu.

Prace uszczelniające w rzędzie prowadzić z zachowaniem kolejności, sukcesywnie zmniejszając przepuszczalność gruntu. Najpierw wykonać iniekcje w otworach I kolejności, następnie II, a po ich wykonaniu w otworach III kolejności.

Prace uszczelniające w otworach prowadzić metodą od dołu, strefami o długości 1 lub 2 m w zależności od wartości przepuszczalności  $Q$  lub  $q$ .

Postępowanie w przypadku gdy wartość przepuszczalności:

- $Q > 1 \text{ l/min}$  (w otworach rzędu A i B) lub  $q > 0,5 \text{ l/min} \times 0,01 \text{ MPa} \times \text{m}$  (w otworach kontrolnych i doszczelniających) - wykonać iniekcję
- $Q < 1 \text{ l/min}$  lub  $q < 0,5 \text{ l/min} \times 0,01 \text{ MPa} \times \text{m}$  - odsłonić kolejną strefę i przeprowadzić badania przepuszczalności i iniekcję dwóch stref łącznie
- $Q$  jest duża, ponad  $40 \text{ l/min}$  - jeśli dotyczy otworów rzędu A od razu zastosować iniekty gęste, o niskim wskaźniku w/c, o krótkim czasie wiązania.
- $Q$  jest mniejsza od  $40 \text{ l/min}$  a także w przypadku otworów kontrolno doszczelniających iniekcję rozpoczynać zaczynami płynnymi o  $w/c \geq 2$  zagęszczając je w miarę postępu prac.

Tab.7 Maksymalne ciśnienia badań chłonności i iniekcji

Głębokość strefy poniżej korony zapory [m]	Maksymalne ciśnienie iniekcji [MPa]	Maksymalne ciśnienie badań chłonności w otworach kontrolno- doszczelniających [MPa]
1-3	0,1	0,05
3-5	0,2	0,1
5-10	0,3	0,2
10-12	0,4	0,3

Podane powyżej wielkości ciśnień maksymalnych mogą być korygowane w zależności od napotkanych w gruncie warunków oraz od przebiegu iniekcji.

Tłoczenie iniektu rozpoczynać przy ciśnieniu równym połowie maksymalnego dla danej strefy i w miarę postępu prac przy spadzie chłonności, zagęszczać zaczyn zwiększając ciśnienie do wartości maksymalnych dla danej strefy.

Iniekcję zaczynu należy prowadzić w sposób ciągły do uzyskania kryterium szczelności tj chłonności iniektu mniejszej niż  $0,5 \text{ l/min} \times m \times 0,01 \text{ MPa}$  przy ciśnieniu max dla danej strefy.

Po zakończeniu iniekcji w strefie należy zrobić przerwę na wstępne stwardnienie zaczynu co najmniej do początku czasu wiązania iniektu. Prace uszczelniające w innych otworach można prowadzić w odległości większej niż efektywny zasięg penetracji iniektu.

#### **Zaburzenia przebiegu iniekcji i stosowny sposób postępowania:**

- Wystąpienie wypływów z otworu lub korpusu wału ziemnego - dążyć do likwidacji poprzez zagęszczenie iniektu i zmniejszenie ciśnienia zatłaczania a w sytuacji nieskuteczności tych zabiegów przerwać tłoczenie.
- Utrzymują się duże chłonności powyżej 1500 kg iniektu/mb, a iniekt przepływa poza strefę projektowanej przesłony – przerwać prace.

Strefy gruntów w których wystąpiły problemy z prawidłowym zakończeniem iniekcji (nie uzyskano kryterium zakończenia prac) należy doszczelnić poprzez otwory sąsiednie lub doszczelniające rzędu C.

#### **Uszczelnienie nasypów zapory w strefie przejścia rurociągów tłocznych.**

Przewiduje się, że odległość otworów po obydwu stronach rurociągów wyniesie max około 2,5m. W związku z tym przyjęty zasięg rozchodzenia się iniektu o promieniu 1,2m, przy jednoczesnym zastosowaniu iniektów płynnych oraz wydłużeniu czasu zatłaczania, powinny umożliwić prawidłowe uszczelnienie strefy gruntów pod rurociągami.

Nasypy ziemne nad rurociągami można uszczelnić otworami sięgającymi ok 0,5 m nad osłonę rurociągów.

W przypadku nie uzyskania wymaganej szczelności nasypu i podłoża aluwialnego w spagu rurociągów (badanej w dolnych strefach otworów rzędu C) przewiduje się możliwość realizacji otworów skośnych z powierzchni skarpy odwodnej zapory.

### **5.6 Analiza i ocena wyników prac iniekcyjnych**

W trakcie realizacji przesłony należy na bieżąco analizować wyniki prac iniekcyjnych oraz zjawiska towarzyszące pracom wiertniczym. Uznanie prac za skuteczne następuje w przypadku gdy:

- zmniejsza się przepuszczalność gruntu w miarę postępu prac
- obserwuje się spadek zużycia iniektu
- wzrasta zagęszczenie i zwięzłość gruntu
- wyniki badań wodochłonności w otworach kontrolnych są niższe od kryterium

### **5.7 Zakres dokumentacji**

Prace wiertniczo iniekcyjne należy dokumentować w trakcie ich realizacji, poprzez zapis wyników, przebiegu robót oraz zjawisk towarzyszących.

Zakres przewidzianej do wykonania dokumentacji:

- bieżąca – wykonywana w trakcie pracy lub niezwłocznie po jej zakończeniu – karty cementacji, karty badań chłonności, plany, przekroje, zestawienia tabelaryczne wyników- konieczne do bieżącej analizy i oceny skuteczności prac iniekcyjnych.
- powykonawcza – zbiorcze zestawienia i opracowanie wyników prac po podstawie dokumentacji bieżącej.

## 6. UWAGI DO ORGANIZACJI PRAC

Projektowane roboty będą wykonywane przy normalnych poziomach wody w zbiorniku Tresna niemniej możliwe jest wystąpienie nagłych wysokich stanów wód w sytuacja wezbrań powodziowych.

W związku z powyższym konieczne jest takie organizowanie prac przez wykonawcę, które umożliwia szybki transport ludzi i sprzętu poza teren robót.

Za prawidłowe zrealizowanie zadań odpowiedzialny jest wykonawca wyznaczając kierownika budowy.

Kierownik budowy ponosi odpowiedzialność w czasie realizacji wszystkich zadań za:

- organizację pracy
- wykonywanie bieżącej dokumentacji
- bezpieczeństwo ludzi i mienia
- zachowanie porządku na terenie placu robót
- ochronę środowiska naturalnego w rejonie prac

Wszystkie wyniki należy dokumentować na bieżąco.

Przed przystąpieniem do prac wykonawca powinien dokonać z kierownictwem zbiornika Tresna oraz w razie potrzeby z właścicielami terenów sąsiednich uzgodnień dotyczących sposobu prowadzenia robót, zagospodarowania placu budowy, korzystania z dróg dojazdowych, miejsca składowania sprzętu i materiałów.

Wszystkie ustalenia dotyczące realizowanych zadań pomiędzy inwestorem, projektantem i wykonawcą (kierownik budowy, osoby nadzoru technicznego) należy wpisywać do dziennika budowy.

Nadzór nad prowadzeniem robót powinny prowadzić osoby posiadające uprawnienia i doświadczenie w dozorowaniu prac wiertniczych i iniekcyjnych oraz wykonywaniu dokumentacji bieżącej i powykonawczej.

Prace mogą być wykonywane z podziałem na odcinki zależnie od potrzeb.

**Po zakończeniu realizacji zadań iniekcyjnych teren budowy należy uporządkować. Wyrównać i odtworzyć nawierzchnię skarp i korony zapory do rzędnej 346,40 m npm.**

Inne elementy terenu prac ( płyty okładzinowe, drogi dojazdowe, teren placu budowy) przywrócić do stanu pierwotnego.

Wszystkie roboty należy prowadzić zgodnie z przepisami prawa budowlanego.

## **7 WPŁYW NA ŚRODOWISKO**

Projektowane prace iniekcyjne nie będą miały negatywnego wpływu na środowisko naturalne Jeziora Żywieckiego i jego stref przybrzeżnych.

Wszystkie zadania realizowane będą przy użyciu materiałów i technologii nie zaliczanych do uciążliwych dla środowiska naturalnego.

Pobór energii elektrycznej koniecznej do prac będzie prowadzony z sieci Zakładu Energetycznego Żywiec po podpisaniu przez wykonawcę stosownych umów z ZE.

Konieczna do wykonania zaczynu iniekcyjnego woda pobierana będzie ze zbiornika wodnego za pomocą pompy zanurzeniowej w ilości do około 0,4 m<sup>3</sup>/dobę.

Odpady i śmieci ( głównie worki papierowe, kawałki betonu) będą składowane w pojemnikach i wywożone na składowisko komunalne.

Wszystkie zadania realizowane będą przy użyciu materiałów i technologii nie zaliczanych do uciążliwych dla środowiska naturalnego.

Planowana inwestycja nie spowoduje zmiany geometrii zapory i w żadnym etapie prac nie nastąpi osłabienie konstrukcji nasypu ziemnego. Prace cementacyjne spowodują poprawę szczelności i stabilności korpusu ziemnego i jego podłoża aluwialnego w wyniku czego wzrośnie jego wytrzymałość na rozmywanie.

W związku z powyższym planowana inwestycja nie należy do przedsięwzięć mogących oddziaływać znacząco na środowisko zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010r „w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko”.

## **8 UWAGI KOŃCOWE**

- Wszystkie projektowane zadania będą realizowane w warunkach normalnej pracy zbiornika wodnego Tresna i pompowni nr 4.

W przypadku wystąpienia wezbrań powodziowych należy liczyć się z potrzebą czasowego przerwania prac.

Inwestor nie odpowiada za szkody wynikłe z nagłych wezbrań wody.

- Podczas realizacji prac uszczelniających należy liczyć się z możliwością odstępstw od projektu. Konieczność modyfikacji może wynikać z wystąpienia lokalnie innych niż stwierdzono badaniami warunków gruntowo wodnych.

Ewentualne zmiany będą wymagały uzgodnień pomiędzy wykonawcą prac, autorem projektu oraz inwestorem.

## 9. OBMIAR RZECZOWY

Dla realizacji przesłony przewiduje się konieczność odwiercenia 546 otworów o głębokości średnio 12m każdy, w których zostaną przeprowadzone prace uszczelniające z użyciem iniektu na bazie cementu.

odcinek	długość [m]	rząd	il. otworów [sztuk]	głęb. otw. [m]	ilość [mb]	suma [mb]	suma mat. suchych [ton]	ilość iniektu [m <sup>3</sup> ]
I	80	A	67	12,0	804	2010	552,75	727,3
		B	67	12,0	804			
		C	34	12,0	402			
II	80	A	67	12,0	804	2010	552,75	727,3
		B	67	12,0	804			
		C	34	12,0	402			
III	90	A	84	12,0	1008	2520	693	911,8
		B	84	12,0	1008			
		C	42	12,0	504			
suma			546		6540	6540	1798,5	2366,4

Zakłada się, że zużycie materiałów suchych na zaczyn ( obliczone na podstawie robót cementacyjnych w zaporach przy pompowniach nr 1 i nr 3) wyniesie 275 kg/mb otworu.

- **Ilość materiałów suchych**

$$6540 \text{ mb} * 275 \text{ kg/mb otworu} = 1798,5 \text{ ton}$$

- **Obliczenie ilości dodatków modyfikujących do zaczynu cementowego**

$$5\% \text{ z } 1798,5 = 89,9 \text{ ton}$$

- **Ilość rur przewodnikowych dł. 1,2m - 546 szt**

- **Ustalenie ilości zaczynu iniekcyjnego do wykonania**

Przewiduje się konieczność zastosowania (w przeważającej ilości) iniektów dobrze penetrujących w pory gruntowe, dla których w/c  $\approx 1$  ( 100 l wody + 100kg cementu  $\approx 132 \text{ m}^3$  iniektu).

Współczynnik określający zależność ilości materiałów suchych i ilości iniektu wynosi:

$$100\text{kg cementu}/132 \text{ m}^3 \text{ iniektu} = 0,76.$$

Dla odcinka projektowanego:

$$1798,5 \text{ ton materiałów suchych} / 0,76 = 2366,4 \text{ m}^3 \text{ iniektu}$$

- **Wykonanie nowych piezometrów** obserwacyjnych w miejsce uszkodzonych w wyniku prac uszczelniających.

Przewiduje się potrzebę odtworzenia czterech piezometrów zlokalizowanych w obrębie korony zapory, każdy o głębokości do 10m wykonanych zgodnie z projektem geologiczno technicznym ( Rys.12).

Krzyży rur należy zniwelować a ich lokalizację nanieść na mapę sytuacyjno wysokościową.

- **Prace przygotowawcze**

- wykonanie drogi technologicznej oraz przepustu tymczasowego na rowie opaskowym
- przygotowanie podłoża placu robót, organizacja placu budowy.



## Spis literatury i materiałów archiwalnych

1. „Aktualizacja Instrukcji Gospodarowania Wodą w warunkach powodziowych dla zbiorników Kaskady Soły”.Forex s. c Kraków, grudzień 2006r.
2. „Instrukcja utrzymania i eksploatacji. Kaskada rzeki Soły”. Forex s. c. Kraków, luty 2003r.
3. „Zbiornik Wodny Tresna - uszczelnienie zapory bocznej w Zarzecz w rejonie przepompowni nr 4 ” Hydroprojekt Warszawa, 1988r.
4. „Dokumentacja powykonawcza. Projekt modernizacji Pompowni Odwadniającej Nr 4 zbiornika wodnego Tresna w Zarzecz” Ośrodek Usług Inżynierskich Staand Kraków, Październik 2013r.
5. „Dokumentacja z badań geotechnicznych gruntów i skał w rejonie Pompowni nr 4 na odcinku wzdłuż zbiornika rzapioweo zapory bocznej w Zarzecz zbiornika wodnego Tresna na rzece Sole” PGBW Hydrogeo”, ul Halicka 10/11. Kraków, maj 2014r.
6. „Zbiornik Wodny Tresna. Sprawozdanie z wykonania przesłony pionowej iniekcyjnej na zaporze bocznej w Żywcu w rejonie skrzyni zrzutowej pompowni nr 1. Odcinki I, II, i IIIa.” PGBW „Hydrogeo „, Kraków 2002r.
7. „Zbiornik Wodny Tresna. Sprawozdanie z wykonania przesłony pionowej iniekcyjnej na zaporze bocznej w Żywcu w rejonie skrzyni zrzutowej pompowni nr 1. Odcinki IIIb i IIIc.” PGBW „Hydrogeo „, Kraków 2005r.
8. „Dokumentacja powykonawcza prac iniekcyjnych w korpusie bocznej zapory zbiornika Tresna w rejonie pompowni nr 1 w Żywcu”, Firma Soley, Kraków-Balice, 2013r.
9. Dokumentacja z prac iniekcyjnych prowadzonych przy zaporze bocznej w Pietrzykowicach obok pompowni nr 3” PUGW Chemkop- Geowiert, Kraków 2004r
10. „Stabilizacja masuwów skalnych w podłożu budowli hydrotechnicznych” Materiały konferencyjne. Świnna Poręba 1998r.
11. Norma BN – 87/8950-15. Budownictwo hydrotechniczne. Prace iniekcyjne w budownictwie wodnym. Ogólne zasady i warunki iniekcji.

# RYSUNKI

1. Lokalizacja. Skala 1:75 000
2. Plan zagospodarowania terenu. Skala 1:1000
3. Plan otworów iniekcyjnych. Odcinek nr I. Skala 1:100
4. Plan otworów iniekcyjnych. Odcinek nr II. Skala 1:100
5. Plan otworów iniekcyjnych. Odcinek nr III. Skala 1:100
6. Profil podłużny w rejonie przebiegu rurociągów. Skala 1:100
7. Przekrój poprzeczny B – B'. Skala 1:100
8. Przekrój poprzeczny C – C'. Skala 1:100
9. Przekrój poprzeczny D – D'. Skala 1:100
10. Przekrój poprzeczny R – R'. Skala 1:100
11. Przekrój poprzeczny E – E'. Skala 1:100
12. Projekt geologiczno – techniczny piezometru