

Egz. 3

ZAMAWIAJĄCY:

Gmina Miejska Kościerzyna
ul. 3 Maja 9a
83-400 Kościerzyna

TYTUŁ OPRACOWANIA:

Koncepcja podłączenia kanału ulgi rzeki Bibrowej

Umowa nr: WIZP.7031.4.2019 z dnia 28.02.2019 r.

AUTORZY OPRACOWANIA:

mgr inż. Zbigniew Bartosik

uprawnienia budowlane nr WA – 54/90
uprawnienia budowlane nr MAZ/0004/PBH/17
kwalifikacje hydrologiczne 02/2004

mgr inż. Sylwester Rukść

uprawnienia budowlane nr LUB/0114/ZOOK/05

Warszawa 6.05.2019

SPIS TREŚCI

1. INFORMACJE OGÓLNE	3
1.1. PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA	3
1.2. PODSTAWY FORMALNE OPRACOWANIA	3
1.3. MATERIAŁY WYJŚCIOWE DO OPRACOWANIA	3
2. CHARAKTERYSTYKA STANU ISTNIEJĄCEGO	4
2.1. OPIS STANU KORYTA RZEKI BIBROWEJ	4
2.2. OPIS TERENU NA TRASIE PLANOWANEGO KANAŁU ULGI	4
2.3. KLASYFIKACJA BUDOWLI HYDROTECHNICZNYCH RZEKI BIBROWEJ	5
3. WARUNKI GETECHNICZNE PODŁOŻA	5
4. OPERAT HYDROLOGICZNY	7
5. MODEL HYDRAULICZNY I PODSTAWOWE PARAMETRY HYDRULICZNE KANAŁU ULGI	8
6. KONCEPCJA ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH	16
6.1. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE	16
6.2. KANAŁ KRYTY	17
6.3. KASKADA NA SKARPIE WYSOCZYZNY	17
6.4. ZBIORNIK RETENCYJNY	19
6.5. KANAŁ ULGI OTWARTY	19
6.6. PRZEBUDOWA ROWÓW MELIORACYJNYCH.	19
6.7. UFORMOWANIE I UMOCNIENIE KORYTA RZEKI BIBROWEJ	20
6.8. WYKAZ DZIAŁEK OBJĘTYCH PLANOWANYM PRZEDSIĘWZIĘCIEM	20
7. ZAŁĄCZNIKI GRAFICZNE	20

1. INFORMACJE OGÓLNE

1.1. PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Niniejsze opracowanie stanowi koncepcję podłączenia kanału ulgi rzeki Bibrowej. Celem opracowania jest wskazanie rozwiązań technicznych kanału ulgi rzeki Bibrowej dla zabezpieczenia przed zalewaniem miasta Kościerzyny oraz poprawy warunków przepływu wód rzeki Bibrowej przez miasto.

Opracowanie obejmuje koncepcje:

- kanału krytego,
- zbiornika retencyjnego,
- koryta otwartego.

1.2. PODSTAWY FORMALNE OPRACOWANIA

Koncepcja wykonana została przez Specjalistyczną Pracownię Projektową „WAGA-BART” Zbigniew Bartosik z Warszawy, ul. Wojciechowskiego 37/4, 02-495 Warszawa, na zlecenie Gminy Miejskiej Kościerzyna, ul. 3 Maja 9a, 83-400 Kościerzyna. Podstawę prawną realizacji zlecenia stanowi umowa nr WIZP.7031.4.2019 z dnia 28.02.2019 r.

1.3. MATERIAŁY WYJŚCIOWE DO OPRACOWANIA

W trakcie opracowania wykorzystano następujące materiały:

- 1.Ustawa z dnia 7 lipca 1994r. Prawo budowlane – Dz.U.1994 Nr 89 poz. 414, Dz. U. 2017 poz. 1332, 1529, z 2018r. poz. 12, 317, 352.
- 2.Ustawa z dnia 20 lipca 2017r. Prawo wodne – Dz. U. 2017 poz. 1566, 2180.
- 3.Ustawa z dnia 8 lipca 2010r. o szczególnych zasadach przygotowania do realizacji inwestycji w zakresie budowli przeciwpowodziowych – Dz. U. 2018 Nr 433 z późniejszymi zmianami.
- 4.Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego – Dz. U. 2013 poz. 1129.
- 5.Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie - Dz.U. 2007 Nr 86 poz. 579.
- 6.Program funkcjonalno – użytkowy. Ochrona przed powodzią oraz poprawa jakości wód zlewni Wierzyca na terenie miasta Kościerzyna. Etap IV: Regulacja zlewni rzeki Bibrowej. ART OPROJEKT K&M Sp. z o.o. Arkadiusz Malinowski, Kościerzyna 2017 r.
- 7.Opracowanie dokumentacji projektowej wraz z pełnieniem nadzoru autorskiego na odc. linii kolejowych nr 201, 214 i 229” realizowanego w ramach projektu „Prace na alternatywnym ciągu transportowym Bydgoszcz – Trójmiasto, etap I.” Operat hydrologiczny dla śródlądowych wód powierzchniowych na odcinku A. WAGA-BART, Warszawa 2018 r.
- 8.Opinia geotechniczna z dokumentacją badań podłoża gruntowego do programu funkcjonalno użytkowego kanału ulgi rzeki Bibrowej w Kościerzynie. DAGEO Andrzej Drażek, Warszawa 2019 r.
- 9.Hydraulic Design of Stepped Spillways and Downstream Energy Dissipators for Embankment Dams” Carlos A. Gonzalez and Hubert Chanson. Dam Engineering, Vol. XXVII, Issue 4, 2007r.

10. Zasady obliczania maksymalnych rocznych przepływów o określonym prawdopodobieństwie pojawienia się dla rzek polskich. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 1985r.

2. CHARAKTERYSTYKA STANU ISTNIEJĄCEGO

2.1. OPIS STANU KORYTA RZEKI BIBROWEJ

Rzeka Bibrowa jest ciekim naturalnym stanowiącym śródlądowe wody powierzchniowe (Prawo wodne Dz. U. 2017 poz. 1566, 2180 Art. 22 pkt. 1). W rejonie objętym planowanym przedsięwzięciem ciek został silnie przekształcony. Rzeka przecina linie kolejowe nr 211 i 201 oraz trzykrotnie przechodzi pod ulicą Wojska Polskiego (droga wojewódzka nr 221). Zgodnie z ewidencją wód rzeka Bibrowa przecina linię kolejową 201 w km biegu 2+525. Na tej podstawie wykonano kilometrąż rzeki Bibrowej na odcinku objętym opracowaniem.

Rzeka Bibrowa powyżej linii kolejowej nr 211 na odcinku 50 m biegnie w korycie żelbetowym szerokości w dnie 1,5 m głębokości 1,0 m powyżej skarpy gruntowe porośnięte drzewami (km 2+571 – 2+621).

W km 2+537 – 2+571 rzeka przechodzi przepustem pod wjazdem drogi wojewódzkiej nr 221 na wiadukt i linią kolejową nr 211. Wlot przepust $\varnothing 1,2$ m wylot przepust sklepiony $b=3,0$ m $h=2,6$ m, długość 34 m.

Przepusty pomiędzy liniami kolejowymi nr 211 i 201 połączone są korytem żelbetowym o szerokości od 3,6m do 7,2m i głębokości 2,4 m.

Pod linią kolejową nr 201 rzeka przechodzi w km 2+516 - 2+528 przepustem o dwóch światłach $b=1,5$ m $h=1,5$ m długości 12 m.

Następnie na długości 5 m jest odcinek koryta otwartego.

Na odcinku od km 2+323,5 – 2+511 długości 187,5 m rzeka stanowi kanał kryty $\varnothing 1,2$ m. Kanał przechodzi pod nasypem ul. Wojska Polskiego oraz utwardzonymi terenami składów handlowych.

Poniżej wylotu kanału na długości 45 m rzeka biegnie korytem otwartym w sąsiedztwie zabudowy jednorodzinnej i nasypu ulicy Wojska Polskiego. Na tym odcinku dostęp do koryta rzeki jest utrudniony przez nasyp drogi i ogrodzenia posesji prywatnych.

W km 2+125,5 - 2+278,5 długości 153 m rzeka biegnie w kanale $\varnothing 1,2$ m. Kanał przechodzi pod ul. Wojska Polskiego i utwardzonymi terenami handlowymi.

W km 2+125,5 jest wylot kanału $\varnothing 1,2$ m i dalej rzeka biegnie po terenie parku miejskiego korytem otwartym o długości 176,3 m.

W km 1+949,2 zlokalizowany jest wlot do przepustu pod ul. Wojska Polskiego. Przepust pół okrągły z blachy falistej światło 2,8 m.

W podsumowaniu stanu istniejącego należy stwierdzić, że możliwości przepustowe koryta rzeki Bibrowej zostało bardzo ograniczone przez zamianę koryta rzeki na kanały $\varnothing 1,2$ m.

2.2. OPIS TERENU NA TRASIE PLANOWANEGO KANAŁU ULGI

Ujęcie kanału ulgi rzeki Bibrowej zostanie wykonane pomiędzy wylotem przepustu pod linią kolejową nr 201 km 2+516 a wlotem kanału $\varnothing 1,2$ m km 2+511. Ujęcie zostanie wykonane na terenie kolejowym. Następnie kanał zostanie poprowadzony w pasie ulicy Kamiennej. Na wysokości bramy stadionu miejskiego kanał zostanie przeprowadzony na teren stadionu miejskiego. Na terenie stadionu kanał będzie biegł pod trybunami, równoległe do ogrodzenia stadionu. Za ogrodzeniem stadionu na trasie kanału znajduje się skarpa wysoczyzny. Poniżej skarpy położona jest podmokła dolina rzeki Bibrowej. W dolinie trasa kanału ulgi będzie biegła po trasie głównego rowu melioracyjnego biegnącego z północy na południe w kierunku ul.

Wojska Polskiego. Teren doliny to głównie podmokłe nieużytki porośnięte drzewami. Teren jest poprzecinany rowami melioracyjnymi odprowadzającymi wody do rzeki Bibrowej. W rejonie koryt rowów teren porośnięty jest roślinnością szuwarową (trzcina, pałka szerokolistna).

2.3. KLASYFIKACJA BUDOWLI HYDROTECHNICZNYCH RZEKI BIBROWEJ

Budowle służące gospodarce wodnej oraz kształtowaniu zasobów wodnych i korzystaniu z nich zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie [5] są budowlami hydrotechnicznym i powinny spełniać wymagania rozporządzenia. Planowany do wykonania kanał ulgi na silnie przekształconym cieku naturalnym jakim jest rzeka Bibrowa służy kształtowaniu zasobów wodnych i powinien spełniać wymagania stawiane budowlom hydrotechnicznym. Zgodnie z PFU [6] głównym celem planowanych do wykonania przedsięwzięć jest ochrona przed powodzią oraz poprawa jakości wód zlewni na terenie miasta Kościerzyna.

W związku z tym kanał ulgi rzeki Bibrowej wg rozporządzenia [5] zał. 2 należy zaliczyć do budowli przeznaczonych do ochrony przeciwpowodziowej klasy IV, obszar chroniony $\leq 10 \text{ km}^2$. Załącznik 4 rozporządzenia wskazuje, że dla budowli hydrotechnicznej klasy IV prawdopodobieństwo pojawienia się przepływu miarodajnego wynosi 1%, a kontrolnego 0,5%.

3. WARUNKI GETECHNICZNE PODŁOŻA

W opinii geotechnicznej [8] stwierdzono, że w podłożu projektowanego kanału ulgi rzeki Bibrowej występują następujące warstwy geotechniczne:

Warstwa I stanowią nasypy niebudowlane. Nasypami są szare mieszaniny piasków, glin, gruzu i żużla. Nasypy stanowią korpus trybun stadionu oraz występują w ulicy Kamiennej a także lokalnie na skarpie. Nie wystąpią w poziomie posadowienia kanału ulgi i nie mają większego znaczenia dla obliczeń projektowych.

Warstwa II to grunty organiczne. Są to torfy, namuły i gytie. Torfy są słabo rozłożone. Są to grunty słabonośne a oszacowanie ich parametrów jest w praktyce niemożliwe.

Warstwę III stanowią grunty deluwialne i koluwalne. Występują na skarpie wysoczyzny. W warstwie III wydzielono dwie podwarstwy.

Podwarstwa IIIa to koluwilane i deluwialne grunty spoiste. Są to gliny piaszczyste i piaski gliniaste o barwie brązowej i szarej. Wystąpiły one w stanie plastycznym a w stropowych partiach w stanie twardoplastycznym. Są to grunty nieskonsolidowane. Parametry tych gruntów zalecane do obliczeń są następujące:

stopień plastyczności	$I_L = 0,4$
ciężar objętościowy	$\gamma = 2,05 \text{ t/m}^3$
kąt tarcia wewnętrznego	$\phi = 11,5^\circ$
spójność	$c = 8 \text{ kPa}$
moduł ścisłości	$M_o = 18 \text{ MPa}$

Podwarstwę IIIb stanowią koluwilane i deluwialne piaski drobne z domieszkami organiki o barwie szarej. Występują w stanie luźnym. Parametry tych gruntów są następujące:

stopień zagęszczenia	$I_D = 0,3$
ciężar objętościowy	$\gamma = 1,85 \text{ t/m}^3$ dla gruntów nawodnionych

kąt tarcia wewnętrznego	$\phi = 29,5^\circ$
moduł ścisłości	$M_0 = 45 \text{ MPa}$

Warstwę IV stanowią grunty lodowcowe. Są to gliny zwałowe zlodowacenia Wisły (stadiał górny) wykształcone w postaci glin piaszczystych i piasków gliniastych barwie brązowej, brązowo szarej i szarej. Są to grunty morenowe nieskonsolidowane. W warstwie IV wydzielono trzy podwarstwy stosując za kryterium wydzielenia stopień plastyczności.

Podwarstwę IVa stanowią gliny lodowcowe w stanie twardoplastycznym. Parametry tych gruntów są następujące:

stopień plastyczności	$I_L = 0,2$
ciężar objętościowy	$\gamma = 2,15 \text{ t/m}^3$
kąt tarcia wewnętrznego	$\phi = 18,5^\circ$
spójność	$c = 16 \text{ kPa}$
moduł ścisłości	$M_0 = 37 \text{ MPa}$

Podwarstwa IVb to gliny piaszczyste i piaski gliniaste w stanie plastycznym. Parametry tych gruntów są następujące:

stopień plastyczności	$I_L = 0,35$
ciężar objętościowy	$\gamma = 2,1 \text{ t/m}^3$
kąt tarcia wewnętrznego	$\phi = 15,5^\circ$
spójność	$c = 13 \text{ kPa}$
moduł ścisłości	$M_0 = 25 \text{ MPa}$

Podwarstwa IVc to gliny lodowcowe w stanie półzwałowym. Parametry tych gruntów są następujące:

stopień plastyczności	$I_L = 0,0$
ciężar objętościowy	$\gamma = 2,2 \text{ t/m}^3$
kąt tarcia wewnętrznego	$\phi = 22^\circ$
spójność	$c = 20 \text{ kPa}$
moduł ścisłości	$M_0 = 65 \text{ MPa}$

Warstwę V stanowią grunty wodnolodowcowe sypkie. Są to jasno szare piaski drobne, piaski średnie, piaski pylaste i lokalnie pospółki z domieszkami żwirów i drobnych otoczek. Piaski te występują w stanie zagęszczonym. Parametry tych gruntów są następujące (w odniesieniu do piasków drobnych):

stopień zagęszczenia	$I_D = 0,7$
ciężar objętościowy	$\gamma = 1,7 \text{ t/m}^3$ (grunty mało wilgotne) $\gamma = 2,0 \text{ t/m}^3$ (grunty nawodnione)
kąt tarcia wewnętrznego	$\phi = 31,5^\circ$
moduł ścisłości	$M_0 = 90 \text{ MPa}$

Woda występuje na wysoczyźnie w piaskach wodnolodowcowych na głębokości 4,5 m, w dolinie rzeki Bibrowej w torfach na głębokości 0,1 m.

Z przeprowadzonych badań wynika, że posadowienie bezpośrednio obiektów budowlanych możliwe jest na wysoczyźnie. W dolinie zalegają głębokie warstwy gruntów organicznych oraz występuje wysoki poziom wody gruntowej, co uniemożliwia bezpośrednie posadowienie obiektów budowlanych.

4. OPERAT HYDROLOGICZNY

Charakterystykę rzeki Bibrowej w przekroju planowanego wlotu kanału ulgi zaczerpnięto z operatu hydrologicznego [7].

Podstawowe dane charakteryzujące rzekę Bibrową do przekroju obliczeniowym zlokalizowanym w km 2+513 (pomiędzy linią kolejową nr 201 a wlotem do kanału Ø1,2 m), zestawiono poniżej. W zlewni Bibrowej znajdują się dwa jeziora mające wpływ na kształtowanie się przepływów maksymalnych: Dobrogoszcz i Bibrowskie.

Tabela 1 Dane podstawowe zlewni rzeki Bibrowej

Nazwa ciek w ewidencji	Pow. zlewni A [km ²]	Rzędna wododziału Wg [m npm]	Rzędna w przekroju obliczeniowym Wd [m npm]	Długość ciek L [km]	Długość suchej doliny I [km]	Uśredniony spadek ciek u _{r1} [‰]
Bibrowa	20.067	227.63	162.00	7.881	1.542	6.96

Przepływy maksymalne o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia obliczono formułą opadową zgodnie z metodyką opracowaną w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej, przedstawioną w opracowaniu „Zasady obliczania maksymalnych rocznych przepływów o określonym prawdopodobieństwie pojawienia się dla rzek polskich. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 1985r” [10]. Maksymalne przepływy Q_p o prawdopodobieństwie przewyższenia p w zlewniach o powierzchni mniejszej od 50 km² na terenie całego kraju oblicza się wg wzoru:

$$Q_p = f \cdot F_1 \cdot \varphi \cdot H_1 \cdot A \cdot \lambda_p \cdot \delta_j \quad [\text{m}^3/\text{s}];$$

gdzie:

f [-] – bezwymiarowy współczynnik kształtu fali wezbraniowej równy 0.45 na pojezierzach i 0.6 na pozostałej części kraju,

F₁ [m³/s km mm] – maksymalny moduł odpływu jednostkowego, odczytywany z odpowiedniej tablicy w zależności od hydromorfologicznej charakterystyki koryta rzeki Φ_r i czasu spływu po stokach t_s,

φ [-] – współczynnik odpływu przepływów maksymalnych,

H₁ [mm] – wysokość maksymalnego opadu dobowego o prawdopodobieństwie pojawienia się 1%, odczytywana z mapy,

A [km²] – powierzchnia zlewni,

λ_p – kwantyl rozkładu zmiennej λ_p dla zadanego prawdopodobieństwa pojawienia się p odczytywany z odpowiedniej tablicy,

δ_j [-] – współczynnik redukcji jeziornej, odczytywany z odpowiedniej tablicy w zależności od wskaźnika jeziorności JEZ.

Hydromorfologiczną charakterystykę rzeki oblicza się ze wzoru:

$$\Phi_r = \frac{1000(L+1)}{m \cdot I_{r1}^{1/3} A^{1/4} (\varphi \cdot H_1)^{1/4}}$$

gdzie:

L+I [km] – długość głównego ciek włącznie z suchą doliną,

m [-] – współczynnik szorstkości koryta ciek odczytywany z odpowiedniej tablicy,

I_{r1} [‰] – średni wyrównany spadek rzeki wraz z suchą doliną.

Tabela 2 Dane wykorzystane w obliczeniach

Nazwa cieków wg ewidencji	współ. odpływu ϕ [-]	współ. szorstkości koryta cieków [-]	maks. opad dobowy H1 [mm]	współ. redukcji jeziornej δ_j [-]	charakterystyka ϕ_r [-]	czas spływu po stokach ts [min]	maks. moduł odpływu F_1
Bibrowa	0.425	11	90	0.270	85.2	50.0	0.02895

Po podstawieniu do powyższych równań odpowiednich parametrów wyznaczonych dla analizowanej zlewni otrzymano wartości przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia – p%, które zestawiono w poniższej tabeli.

Tabela 3 Wartości przepływów maksymalnych Q_p o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia wyznaczone formułą opadową w rzece Bibrowej w przekroju obliczeniowym

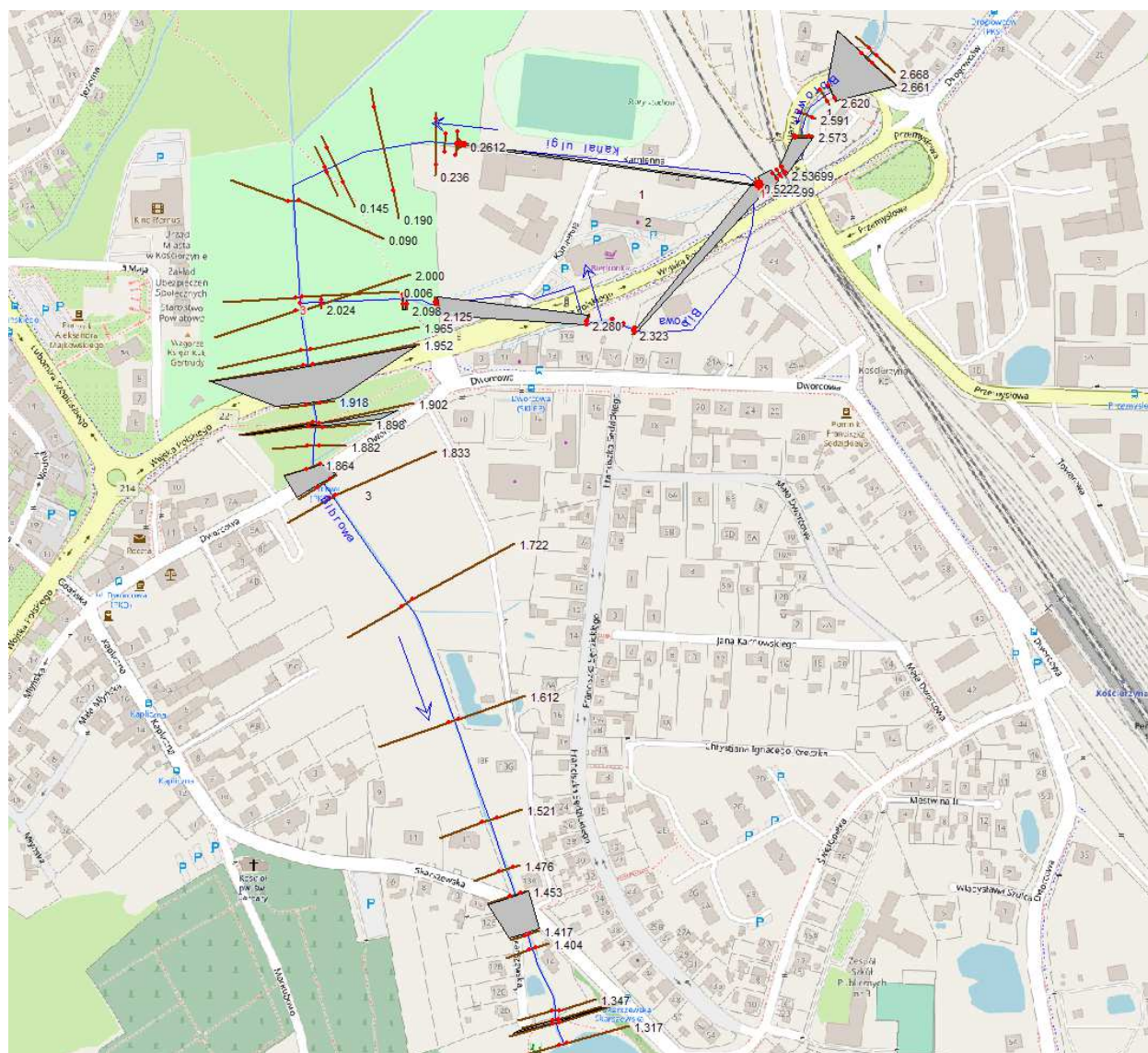
Nazwa cieków wg ewidencji	Przepływ maksymalny									
	$Q_{0.05\%}$	$Q_{0.1\%}$	$Q_{0.2\%}$	$Q_{0.3\%}$	$Q_{0.5\%}$	$Q_{1\%}$	$Q_{2\%}$	$Q_{10\%}$	$Q_{20\%}$	$Q_{50\%}$
Bibrowa	3.753	3.456	3.240	3.105	2.916	2.700	2.470	1.893	1.615	1.204

Tabela 4 Wartości przepływów maksymalnych Q_p o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia wyznaczone formułą opadową w rzece Bibrowej w przekroju obliczeniowym z uwzględnieniem zmian klimatu

Nazwa cieków wg ewidencji	Przepływ maksymalny									
	$Q_{0.05\%}$	$Q_{0.1\%}$	$Q_{0.2\%}$	$Q_{0.3\%}$	$Q_{0.5\%}$	$Q_{1\%}$	$Q_{2\%}$	$Q_{10\%}$	$Q_{20\%}$	$Q_{50\%}$
Bibrowa	4.128	3.801	3.564	3.415	3.207	2.970	2.717	2.082	1.776	1.325

5. MODEL HYDRAULICZNY I PODSTAWOWE PARAMETRY HYDRAULICZNE KANAŁU ULGI

Modelem objęto odcinek rzeki Bibrowej od km 1+317 do km 2+668 (długości 1351m). Model oparto na pomiarach geodezyjnych koryta rzeki oraz budowli wykonanych dla potrzeb niniejszego opracowania. Dla określenia przekrojów dolinowych wspomagano się mapą zasadniczą.



Rysunek 1 Schemat koryta rzeki Bibrowej i kanału ulgi – zakres obliczeń

W modelowaniu hydrauliki koryta korzystano z programu Hec-Ras wersja 5.0.5 US ArmyCorps of Engineers. Moduł programu do obliczeń jednowymiarowych przepływów ustalonych został wykorzystany w trakcie analiz dla potrzeb niniejszego opracowania.

Podstawowe obliczenia dla przepływu ustalonego polegają na rozwiązaniu jednowymiarowego równania energii strumienia. Straty energii ujęte są poprzez tarcie (formuła Manninga) i kontrakcję (odpowiedni współczynnik mnożony przez zmianę wysokości prędkości). W obliczeniach uwzględniony jest wpływ rozmaitych przeszkód dla przepływu, takich jak mosty, przepusty, budowle piętrzące i inne obiekty na terenach zalewowych.

Założenie analizy przepływu ustalonego są następujące:

1. Przepływ jest stacjonarny, niezmienny w czasie
2. Przepływ jest wolnozmienny (poza budowlami, takimi jak: mosty, przepusty i jazy, gdzie przepływ przyjmuje lokalnie charakter szybkozmienny, wykorzystane zostaje równanie zachowania pędu lub inne formuły empiryczne)
3. Przepływ jest jednowymiarowy (oznacza to, że nie są uwzględniane składowe wektora prędkości przepływu w kierunkach innych, niż główny kierunek przepływu).

Do modelu wprowadza się dane określające:

1. Schemat systemu rzecznoego,
2. Geometrię przekrojów poprzecznych,

3. Długość odcinka rzeki,
4. Współczynniki strat energetycznych,
5. Dane o przepływach z określeniem wielkości, reżimu i warunków brzegowych.

W ramach obliczeń określono warunki hydrauliczne przepływu miarodajnego dla stanu istniejącego oraz po wykonaniu kanału ulgi. Parametry kanału ulgi określono przez kilkukrotne powtórzenie obliczeń. Wskazuje się następujące parametry kanału ulgi:

- kanał kryty – Ø 1.2 m spadek dna 5‰,
- kanał otwarty – szer. dna 2.0 m, nachylenie skarp 1:2, spadek dna 0.7 ‰.

Poniżej zamieszczono wyniki obliczeń.

Tabela 5 Wyniki obliczeń hydraulicznych dla przepływu miarodajnego rzeka Bibrowa km 1+317 – 2+668 – stan istniejący

km ciek	Przepływ	Rzędna dna	Rzędna zwierciadła wody	Spadek linii energii	Prędkość	Liczba Froude
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	
2.668	2.97	161.92	164.72	0.000004	0.1	0.02
2.661	2.97	161.9	164.72	0.000001	0.06	0.01
2.628	Przepust Ø1,2m pod wjazdem na wiadukt ul. Przemysłowa					
2.62	2.97	161.6	163.96	0.000072	0.58	0.12
2.613	2.97	161.62	163.96	0.000073	0.58	0.12
2.591	2.97	161.69	163.95	0.000076	0.6	0.13
2.573	2.97	161.59	163.95	0.000081	0.63	0.13
2.572	2.97	161.59	163.95	0.000081	0.63	0.13
2.554	Przepust Ø1,2m i b=3,0 m h=2,6 pod wjazdem na wiadukt i linią kolejową 211					
2.537	2.97	161.29	163.24	0.000043	0.29	0.07
2.536	2.97	161.29	163.24	0.000042	0.29	0.07
2.532	2.97	161.28	163.24	0.000044	0.3	0.07
2.528	2.97	161.34	163.24	0.000039	0.28	0.07
2.525	Przepust 2 x 1,5m x 1,5m pod linią kolejową 201					
2.516	2.97	161.21	163.21	0.00006	0.33	0.08
2.5135	2.97	161.12	163.21	0.000027	0.22	0.06
2.511	2.97	161.07	163.2	0.000079	0.38	0.09
2.417	Kanał Ø1,2m					
2.323	2.97	159.66	161.24	0.00028	0.52	0.14
2.319	2.97	159.62	161.24	0.000276	0.52	0.14
2.311	2.97	159.64	161.23	0.000273	0.61	0.17
2.302	2.97	159.64	161.23	0.000275	0.61	0.17
2.3015	Ogrodzenie posesji					
2.301	2.97	159.64	161.22	0.000278	0.62	0.17
2.28	2.97	159.71	161.2	0.000598	0.84	0.23
2.279	2.97	159.53	161.2	0.000472	0.75	0.19
2.202	Kanał Ø1,2m					
2.125	2.97	157.08	157.89	0.004902	1.47	0.58
2.123	2.97	157.08	157.87	0.005248	1.5	0.6
2.098	2.97	156.98	157.74	0.006135	1.41	0.69
2.097	2.97	156.96	157.73	0.006617	1.45	0.72
2.0955	Kładka w Parku					
2.094	2.97	156.96	157.62	0.013813	1.92	1.01
2.024	2.97	156.15	157.19	0.002934	1.17	0.46
2	2.97	155.97	157.21	0.000184	0.4	0.13
1.965	2.97	155.97	157.21	0.000189	0.4	0.14
1.952	2.97	155.92	157.2	0.000204	0.39	0.14
1.935	Most półokrąg św. 2.8 m ul. Wojska Polskiego					

km ciek	Przepływ	Rzędna dna	Rzędna zwierciadła wody	Spadek linii energii	Prędkość	Liczba Froude
1.918	2.97	155.9	157.1	0.000623	0.62	0.23
1.902	2.97	155.92	157.11	0.000154	0.38	0.12
1.9	Kładka					
1.898	2.97	155.91	157.1	0.000177	0.32	0.13
1.882	2.97	155.8	157.1	0.000087	0.24	0.09
1.864	2.97	155.85	157.09	0.000339	0.49	0.18
1.855	Most sklepiony św. 2.9 m ul. Dworcowa					
1.847	2.97	155.81	157	0.000962	0.64	0.28
1.833	2.97	155.73	157.02	0.000005	0.07	0.02
1.722	2.97	154.9	157.02	0.000004	0.06	0.02
1.612	2.97	155.24	157.02	0.000023	0.15	0.05
1.521	2.97	155.03	157	0.000188	0.42	0.13
1.476	2.97	154.93	157	0.000166	0.4	0.12
1.453	2.97	155.26	156.99	0.000214	0.45	0.14
1.435	Przepust fi 1.2 m ul. Skaryszewska					
1.417	2.97	155.08	155.87	0.021101	2.43	1.12
1.404	2.97	155.06	155.87	0.00596	1.61	0.66
1.347	2.97	154.91	155.56	0.005622	1.46	0.66
1.339	2.97	154.89	155.44	0.009881	1.8	0.84
1.337	Kładka					
1.336	2.97	154.63	155.49	0.001927	0.99	0.4
1.317	2.97	154.21	155.5	0.000312	0.5	0.17

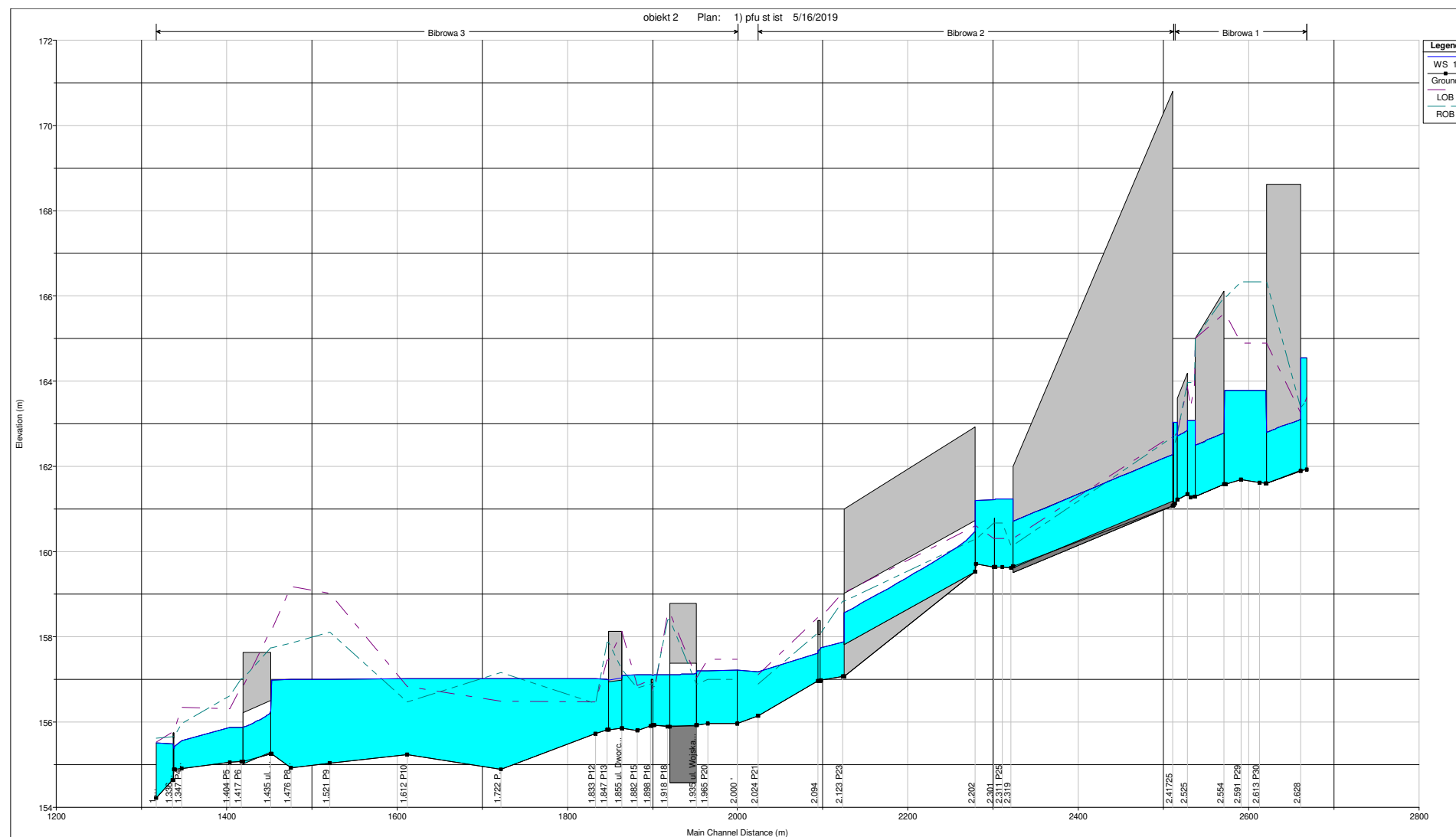
Tabela 6 Wyniki obliczeń hydraulicznych dla przepływu miarodajnego rzeka Bibrowa km 2+005 – 2+668 – po wykonaniu kanału ulgi

km ciek	Przepływ	Rzędna dna	Rzędna zwierciadła wody	Spadek linii energii	Prędkość	Liczba Froude
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	
2.668	2.97	161.92	164.06	0.000032	0.21	0.06
2.661	2.97	161.9	164.06	0.000009	0.13	0.03
2.628	Przepust Ø1,2m pod wjazdem na wiadukt ul. Przemysłowa					
2.62	2.97	161.6	163.3	0.00074	0.78	0.28
2.613	2.97	161.62	163.29	0.000771	0.79	0.28
2.591	2.97	161.69	163.27	0.000898	0.83	0.31
2.573	2.97	161.59	163.25	0.00081	0.89	0.3
2.572	2.97	161.59	163.25	0.000811	0.89	0.3
2.554	Przepust Ø1,2m i b=3,0 m h=2,6 pod wjazdem na wiadukt i linią kolejową 211					
2.537	2.97	161.29	162.12	0.000928	0.76	0.29
2.536	2.97	161.29	162.12	0.000929	0.76	0.29
2.532	2.97	161.28	162.11	0.000961	0.78	0.3
2.528	2.97	161.34	162.11	0.000687	0.7	0.25
2.525	Przepust 2 x 1,5m x 1,5m pod linią kolejową 201					
2.516	2.97	161.21	161.92	0.002066	1.06	0.42
2.5135	2.97	161.12	161.9	0.003043	1.16	0.51
2.513	Wlot kanału ulgi					
2.512	1.13	161.09	161.94	0.000256	0.43	0.17
2.417	Kanał Ø1,2m					
2.323	1.13	159.66	160.5	0.000819	0.6	0.24
2.319	1.13	159.62	160.49	0.000787	0.59	0.24
2.311	1.13	159.64	160.48	0.001212	0.68	0.3
2.302	1.13	159.64	160.47	0.001313	0.7	0.32
2.3015	Ogrodzenie posesji					
2.301	1.13	159.64	160.46	0.001336	0.7	0.32
2.28	1.13	159.71	160.41	0.002159	0.85	0.37
2.279	1.13	159.53	160.42	0.000983	0.65	0.25
2.202	Kanał Ø1,2m					
2.125	1.13	157.08	157.62	0.003148	0.93	0.46
2.123	1.13	157.08	157.61	0.003344	0.95	0.47

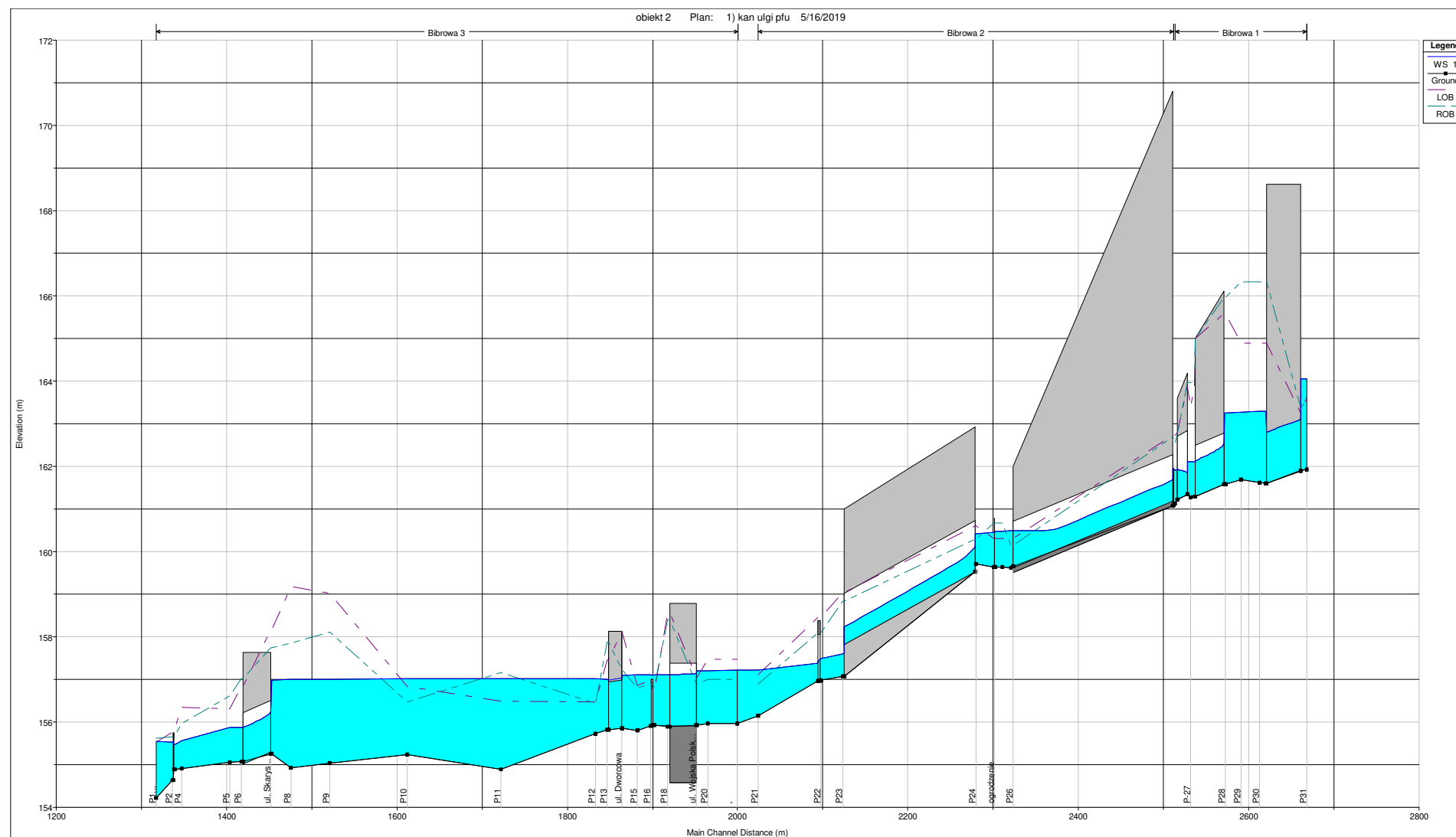
km ciek	Przepływ	Rzędna dna	Rzędna zwierciadła wody	Spadek linii energii	Prędkość	Liczba Froude
2.098	1.13	156.98	157.48	0.005961	1.1	0.64
2.097	1.13	156.96	157.47	0.006373	1.13	0.66
2.0955	Kładka w Parku					
2.094	1.13	156.96	157.38	0.015783	1.58	1.01
2.024	1.13	156.15	157.22	0.000342	0.41	0.16
2.005	2.97	155.97	157.21	0.000184	0.4	0.13
2.005	Wylot kanału ulgi					

Tabela 7 Wyniki obliczeń hydraulicznych dla przepływu miarodajnego kanał ulgi

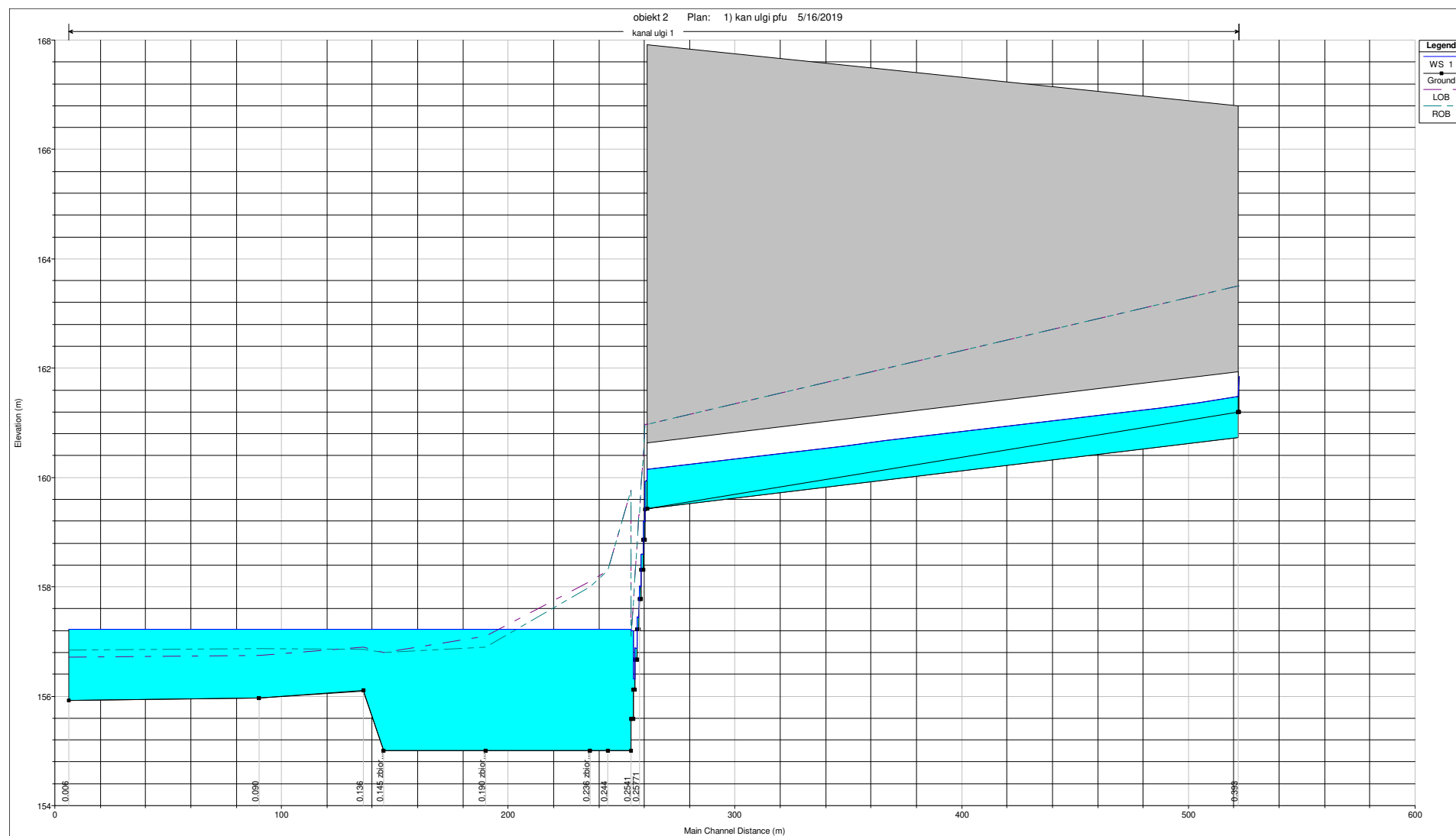
km ciek	Przepływ	Rzędna dna	Rzędna zwierciadła wody	Spadek linii energii	Prędkość	Liczba Froude
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	
0.522	1.84	161.2	161.85	0.001113	1.39	0.56
0.393	Kanał Ø1,2m					
0.2612	1.84	159.43	159.95	0.008159	2.96	1.31
0.2604	1.84	159.42	159.93	0.008398	2.99	1.33
0.2604	1.84	158.87	159.2	0.029662	4.7	2.63
0.2595	1.84	158.87	159.2	0.027932	4.6	2.55
0.2595	1.84	158.32	158.59	0.05085	5.66	3.48
0.2586	1.84	158.32	158.6	0.047686	5.54	3.36
0.2586	1.84	157.77	158.01	0.073368	6.41	4.19
0.2577	1.84	157.77	158.01	0.068426	6.26	4.05
0.2577	1.84	157.22	157.44	0.096452	7.03	4.81
0.2568	1.84	157.22	157.44	0.08948	6.86	4.63
0.2568	1.84	156.67	156.87	0.11979	7.56	5.37
0.2559	1.84	156.67	156.88	0.110577	7.36	5.16
0.2559	1.84	156.12	156.31	0.142738	8.02	5.86
0.2550	1.84	156.12	156.32	0.131157	7.8	5.62
0.255	1.84	155.58	157.2	0.000457	0.95	0.24
0.254	1.84	155.58	157.2	0.000431	0.95	0.24
0.254	1.84	155	157.23	0.000011	0.15	0.04
0.244	1.84	155	157.23	0.00001	0.14	0.04
0.236	1.84	155	157.23	0	0.03	0.01
0.19	1.84	155	157.23	0	0.01	0
0.145	1.84	155	157.23	0	0.03	0.01
0.136	1.84	156.1	157.23	0.000048	0.25	0.08
0.09	1.84	155.97	157.23	0.000022	0.13	0.05
0.006	1.84	155.92	157.22	0.000036	0.2	0.06



Rysunek 2 Profil podłużny rzeki Bibrowej 1+317 – 2+688 – stan istniejący



Rysunek 3 Profil podłużny rzeki Bibrowej 1+317 – 2+688 – po wykonaniu kanału ulgi



Rysunek 4 Profil podłużny kanału ulgi

Z przeprowadzonych obliczeń dla stanu istniejącego wynika, że zbyt małe światło kanałów i przepustów $\varnothing 1,2$ m powoduje nadpiętrzanie wody na wlotach do tych kanałów i wystąpienie wody z brzegów rzeki. W efekcie przepusty na liniach kolejowych, pomimo, że mają wystarczające światła dla przepuszczenia wody miarodajnej, pracują z całkowicie zatopionymi przewodami. Teren wzdłuż linii kolejowej 201 może zostać podtopiony. Obszar zabudowy jednorodzinnej wzdłuż ulicy Dworcowej jest zagrożony zatopieniem o maksymalnej głębokości ok 0,8 m.

Po wykonaniu kanału ulgi warunki przepływu rzeki Bibrowej ulegną zdecydowanej poprawie. Przy projektowanych parametrach kanał przy wystąpieniu przepływu miarodajnego $p=1\%$ przejmie ok. 2/3 przepływu o wielkości $1.84 \text{ m}^3/\text{s}$. Napełnienie przy przepływie miarodajnym wyniesie 0,72 m, a prędkość w przewodzie $\varnothing 1.2\text{m}$ wyniesie 2,6 m/s. Dzięki temu zwierciadło wody przed wlotem do kanału ulgi obniży się o 1,25 m znacznie poprawiając warunki pracy urządzeń kolejowych. W rejonie ulicy Dworcowej zwierciadło wody obniży się o ponad 0,8 m nie powodując zalewania obszarów zabudowy jednorodzinnej.

6. KONCEPCJA ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH

6.1. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE

Tabela 8 Tabela danych podstawowych

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Ilość Jednostek
1	Klasa ważności budowli hydrotechnicznej	-	IV
2	Lokalizacja ujęcia wód rzeki Bibrowej przez kanał ulgi	km biegu rzeki	2+513
3	Lokalizacja zrzutu wód kanału ulgi do rzeki Bibrowej	km biegu rzeki	2+005
4	Powierzchnia zlewni rzeki Bibrowej w przekroju ujęcia kanału ulgi	km^2	20.067
5	Prawdopodobieństwo przepływu miarodajnego	%	1
6	Wielkość przepływu miarodajnego rzeki Bibrowej	m^3/s	2.97
7	Wielkość przepływu ujęta kanałem ulgi	m^3/s	1.84
8	Parametry kanału krytego: - średnica kanału, - długość kanału	m m	1.2 260.7
9	Kaskada na skarpie wysoczyzny: - wysokość, - długość, - ilość stopni.	m m szt.	4.4 7.2 8
10	Powierzchnia zbiornika retencyjnego	m^2	5500
11	Otwarty kanał ulgi, długość, w tym: - długość nowego koryta, - długość koryta po trasie istniejącego rowu melioracyjnego	m m m	136 34.4 101.6
12	Przebudowa rowów melioracyjnych: - długość likwidowanych koryt rowów, - długość nowego koryta rowu	m m	290 113
13	Długość uformowania i umocnienia koryta rzeki Bibrowej	m	48

6.2. KANAŁ KRYTY

Kanał kryty zostanie wykonany w hektometrach kanału ulgi 2+61. 3 (wylot) i 5+22 (wlot). Wlot kanału, ujęcie wody rzeki Bibrowej, zlokalizowany zostanie w km rzeki 2+513 pomiędzy wylotem przepustu kolejowego linii 201, a wlotem do kanału Ø1,2 m. Konstrukcja wlotu wykonana zostanie w postaci komory lub doku. Wlot zostanie wyposażony w kraty. Projektowana rzędna dna kanału ulgi na wlocie 160.73 m npm, 0.35 m poniżej wlotu istniejącego kanału Ø1.2 m. Projektuje się kanał kołowy o średnicy 1.2 m, długości 260.7 m. Projektowany spadek dna 5 ‰. Kanał zostanie poprowadzony pod nawierzchnią ulicy Kamiennej oraz pod trybunami stadionu. Maksymalne zagłębienie kanału w stosunku do terenu wyniesie 8.32 m, średnie zagłębienie kanału 6,5 m. Studnie na kanale zostaną wykonane na załamaniach trasy oraz na odcinkach prostych o maksymalnej długości 60 m. Przepływ wody w kanale będzie odbywał się grawitacyjnie.

Wylot kanału zlokalizowany zostanie na skarpie wysoczyzny na rzędnej 159.43 mnpm.

Kanał naniesiono na mapie zasadniczej zał. nr 1 i profilu podłużnym zał. nr 2.

6.3. KASKADA NA SKARPIE WYSOCZYNY

Dla zniwelowania poziomów dna kanału krytego i dna rowu odpływowego proponuje się wykonanie kaskady na skarpie.

Parametry kaskady określono na podstawie zasad określania charakterystyk na obiektach wielostopniowych podanych w „Hydraulic Design of Stepped Spillways and Downstream Energy Dissipators for Embankment Dams” Carlos A. Gonzalez and Hubert Chanson. Dam Engineering, Vol. XXVII, Issue 4” [9].

Na projektowanej kaskadzie założono występowanie ruchu jednostajnego napowietrzonego (skimming flow). Dla wskazanego ruchu sprawdzeniu podlega:

1. rodzaj ruchu na projektowanej kaskadzie $h/l > 0,3$
2. rodzaj ruchu na projektowanej kaskadzie $h/h_k < 1$,
3. długość stoku kaskady dla wytworzenia ruchu jednostajnego napowietrzonego,
4. wysokość wewnętrznych ścian kaskady dla bezpiecznego sprowadzenia napowietrzonej strugi na stanowisku dolnym obiektu (przy zastosowaniu wsp.1.5),
5. poziom redukcji energii w zależności od przyjętej szerokości stopnia,
6. wysokości pierwszej prędkości sprzężonej (h_1) oraz warunków zatopienia odskoku (h_2), w tym ustalenie wymiarów niecki , dla poziomu wód w odbiorniku.

Poniżej wyniki obliczeń parametrów projektowanej kaskady.

Przyjęte parametry kaskady

Koryto prostokątne:

B=	1.2	[m]	
Q=	1.84	[m ³ /s]	
H=	4.4	[m]	wysokość całkowita kaskady do dna zbiornika
L=	7.2	[m]	długość całkowita kaskady
Lprze=	8.44	[m]	długość stoku
θ=	31.4296	[°]	kąt u podstawy 10-25
n=	5	[szt]	ilość stopni
s=	0.55	[m]	wysokość stopnia
l=	0.90	[m]	długość stopnia
w=	0		wysokość progu

HWDól= **2.23** głębokość wody poza kaskada w zbiorniku

Sprawdzenie warunków ruchu napowietrzonego i parametrów niecki wypadowej

B	1.2	Szerokość koryta prostokątnego
q=	1.53	Przepływ jednostkowy
hkr=	0.62	Głębokość krytyczna
s=	0.55	Wysokość stopnia
s/hkr=	0.89	{1>} warunek nr 1
s/l=	0.61	{>0.3} warunek nr 2
Li=	6.33	Długość odcinka z przepływem czystym
hi=	0.30	Głębokość w korycie dla przepływu czystego
Czy utworzy się przepływ napowietrzony ze względu na L (tak/nie)	tak	Sprawdzenie warunku na wystarczającą długość kaskady $Li < L$ warunek nr 3
d=	0.19	Głębokość strugi napowietrzonej
f=	0.12	wsp. Tarcia
Hmax=	5.33	Max energia na kaskadzie
Vmax=	10.07	Teoretyczna prędkość max
Uw=	7.42	Prędkość strugi napowietrzonej na stanowisku dolnym
D=	0.39982	Wskaźnik napowietrzenia
Cmean=	0.40	Wskaźnik napowietrzenia
Y90=	0.50	Głębokość warstwy napowietrzonej
hw*1.5=	1.06	Min wymagane wyniesienie ścian kaskady(prostopadłe do stoku) *wsp bezpieczeństwa 1.5 warunek 4
Hres=	2.97	Energia na stanowisku dolnym
HΔ=	2.36	Starta bezwzględna energii na kaskadzie
HΔ/Hmax=	0.44	Stopień utraty energii na kaskadzie warunek 5
h2=	1.49	Druga głębokość sprzężona
w=	0	Głębokość niecki lub wysokość progu warunek 6
Dł niecki Lw=	8.04	Długość niecki warunek 6

Zaprojektowano kaskadę składającą się z 8 stopni o wysokości 0.55 m i długości 0.9 m całkowita wysokość kaskady 4,4 m, całkowita długość kaskady 7.2 m.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że po przepłynięciu przez kaskadę strata energii wyniesie 44 %. Obliczona minimalna wysokość ścian kaskady prostopadła do stoku wynosi 1,06 m.

Energia wody po przepłynięciu przez kaskadę zostanie dodatkowo stłumiana przez wodę zbiornika zaprojektowanego na wypływie z kaskady.

6.4. ZBIORNIK RETENCYJNY

Poniżej wylotu z kaskady wykonany zostanie zbiornik retencyjny. Zbiornik będzie stanowił element kanału ulgi. Hektometry kanału ulgi na odcinku zbiornika 1+36 - 2+54.1

Funkcje planowanego do wykonania zbiornika:

- tłumienie energii wody wypływającej z kaskady,
- wzbogacenie krajobrazu parku,
- wprowadzenie bioróżnorodności.

Zbiornik w całości zostanie wykonany jako kopany. Projektowany poziom dna zbiornika 155.00 m npm. Powierzchnia zbiornika ok. 5500 m². Na wypływie ze zbiornika w hm kanału 1+36 wykonany zostanie próg stabilizujący na rzędnej 156.10 m npm. Poziom dna rowu odpływowego zbiornika będzie znajdował się powyżej dna zbiornika, w związku z tym zbiornika nie będzie można opróżnić grawitacyjnie.

Nachylenie skarp zbiornika 1:2 – 1:4. Strefa wahań zwierciadła wody zostanie umocniona. Przy nachyleniach stromych będzie to narzut kamienny lub ażurowe płyty betonowe, przy nachyleniach łagodniejszych darnina turzycowa. Skarpy i dno zbiornika na wypływie wody z kaskady zostaną umocnione płytami betonowymi lub materacami siatkowo kamiennymi, ułożonymi na geokracie.

Zbiornik retencyjny naniesiono na mapie zasadniczej zał. nr 1 i profilu podłużnym zał. nr 2.

6.5. KANAŁ ULGI OTWARTY

Na odcinku hm 0+00 – 1+36, długości 136 m kanał ulgi wykonany zostanie w formie kanału otwartego. Odcinek kanału hm 0+00 – 1+01.6 zostanie poprowadzony po trasie istniejącego rowu melioracyjnego, natomiast odcinek hm 1+01.6 – 1+36 po nowej trasie.

Podstawowe parametry przekroju poprzecznego kanału:

- szerokość dna 2.0 m,
- nachylenie skarp 1:2.

Spadek dna na odcinku kanału wykonanego po nowej trasie - 0,7 ‰. Na odcinku istniejącego rowu zostanie zachowany istniejący poziom dna. Umocnienie stopy skarpy – kieszka faszynowa Ø 20 cm oraz darnina na płask.

Włączenie kanału do rzeki Bibrowej wykonane zostanie w km 2+005.

Kanał naniesiono na mapie zasadniczej zał. nr 1 i profilu podłużnym zał. nr 2.

6.6. PRZEBUDOWA ROWÓW MELIORACYJNYCH.

Projektuje się włączenie istniejących rowów melioracyjnych do zbiornika retencyjnego. W tym celu wykonane zostanie koryto rowu o długości 113 m. Trzy odcinki istniejących koryt rowów o długości 88m, 149m i 53 m zostaną zlikwidowane. Na odcinkach likwidowanych rowów należy wykonać drenaż. W dnie likwidowanych rowów ułożone będą wiązki faszynowe lub kieszki faszynowe. Na tak przygotowanym podłożu ułożone będą rury drenarskie PVC 100 z otuliną. Dren ułożony będzie ze spadkiem do rowu i obsypany (np. żwirem).

Zakres przebudowy rowów naniesiono na mapie zasadniczej zał. nr 1.

6.7. UFORMOWANIE I UMOCNIE NIE KORYTA RZEKI BIBROWEJ.

Koryto rzeki Bibrowej od ujścia kanału ulgi km 2+005 do umocnień wlotu przepustu pod ul. Wojska Polskiego km 1+957 (długość 48m) zostanie uformowane i umocnione.

Podstawowe parametry przekroju poprzecznego rzeki:

- szerokość dna 2.0 m,
- nachylenie skarp 1:2.

Istniejący poziom dna zostanie zachowany. Umocnienie stopy skarpy – kieszka faszynowa Ø 20 cm oraz darnina na płask.

6.8. WYKAZ DZIAŁEK OBJETYCH PLANOWANYM PRZEDSIĘWZIĘCIEM

Planowane do wykonania obiekty położone będą w Kościerzynie obręb 0004 na działkach nr: 200/9, 206, 73, 221/1, 70/19, 71/5, 71/9, 213/3, 212/1.

7. ZAŁĄCZNIKI GRAFICZNE

1. Mapa zasadnicza z rozwiązaniami technicznymi koncepcji kanału ulgi skala 1:500.
2. Profil podłużny kanału ulgi 1:100/1000.
3. Profil podłużny rzeki Bibrowej skala 1:100/1000.
- 4.1 – 4.6. Przekroje przez dolinę rzeki Bibrowej skala 1:100/1000.