

TABELA 7-3 PLANOWANY ROZDZIAŁ WODY NA JAZIE KOMUNALNYM.

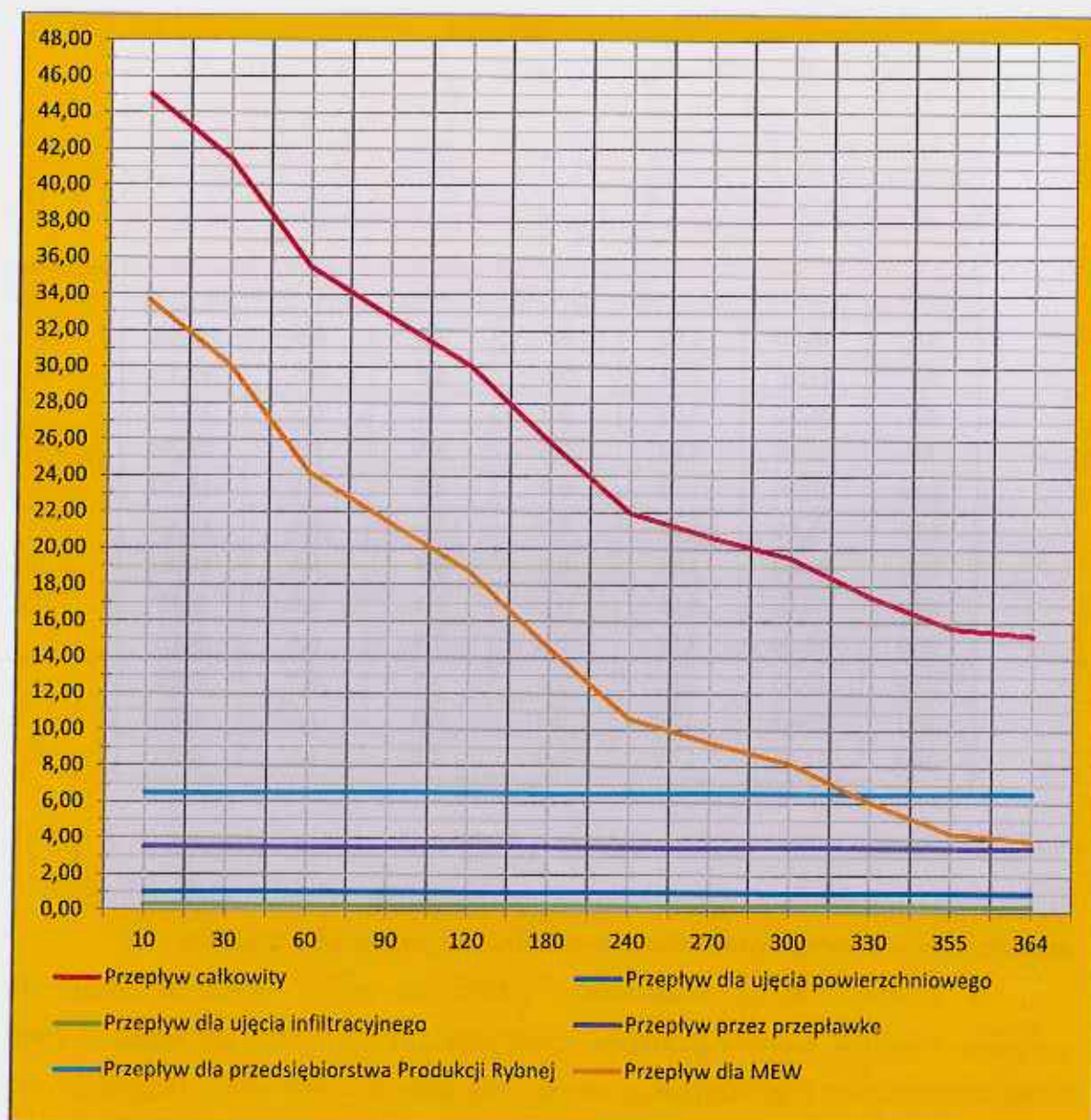
| Czas trwania | Przepływ o określonym czasie trwania | Przepływ dysp. dla ujęcia powierzchniowego | Przepływ dysp. dla ujęcia infiltracyjnego | Przepływ przez przepławkę | Przepływ dysp. dla Przedsiębiorstwa Produkcji Rybnej | Przepływ dyspozycyjny dla MEW |
|--------------|--------------------------------------|--|---|---------------------------|--|-------------------------------|
| [dni] | Q[m ³ /s] | Q[m ³ /s] | Q[m ³ /s] | Q[m ³ /s] | Q[m ³ /s] | Q[m ³ /s] |
| 10 | 45,00 | 1,02 | 0,3 | 3,5 | 6,5 | 33,68 |
| 30 | 41,45 | 1,02 | 0,3 | 3,5 | 6,5 | 30,13 |
| 60 | 35,50 | 1,02 | 0,3 | 3,5 | 6,5 | 24,18 |
| 90 | 32,75 | 1,02 | 0,3 | 3,5 | 6,5 | 21,43 |
| 120 | 30,05 | 1,02 | 0,3 | 3,5 | 6,5 | 18,73 |
| 180 | 25,85 | 1,02 | 0,3 | 3,5 | 6,5 | 14,53 |
| 240 | 21,95 | 1,02 | 0,3 | 3,5 | 6,5 | 10,63 |
| 270 | 20,65 | 1,02 | 0,3 | 3,5 | 6,5 | 9,33 |
| 300 | 19,50 | 1,02 | 0,3 | 3,5 | 6,5 | 8,18 |
| 330 | 17,35 | 1,02 | 0,3 | 3,5 | 6,5 | 6,03 |
| 355 | 15,65 | 1,02 | 0,3 | 3,5 | 6,5 | 4,33 |
| 364 | 15,25 | 1,02 | 0,3 | 3,5 | 6,5 | 3,93 |

Poniższa krzywa sumy czasów trwania przepływów określa planowany przepływ dyspozycyjny dla MEW z uwzględnieniem maksymalnych poborów wody (określonych pozwoleniami wodnoprawnymi) przez inne obiekty oraz podmioty gospodarcze.

W doborze przeloty instalowanego turbozespołu należy uwzględnić możliwość uzyskania wyższych wartości przepływu dyspozycyjnego dla MEW, wynikające z faktu niewykorzystywania całego dostępnego zasobu wody, przez pozostałe podmioty gospodarcze.

Dokładne określenie wartości poborów wody przez Przedsiębiorstwo Produkcji Rybnej „Pstrąg Sp. z o.o.” nie było możliwe do oszacowania na tym etapie koncepcji ze względu na odmowę udzielenia takich informacji przez ww. przedsiębiorstwo.

AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZEKI DRWĘGA, GMINA LUBICZ.



WYKRES 7-1 KRZYWA SUMY CZASÓW TRWANIA PRZEPŁYWÓW.

7.1.2 Wyznaczenie spadów brutto.

Spad brutto (zwany również spadem niwelacyjnym) to różnica rzędnych zwierciadła wody przed (woda górna) i za (woda dolna) planowanym obiektem hydrotechnicznym. Celem wyznaczenia spadów brutto konieczne jest określenie poziomu wody górnej oraz wody dolnej na jazie komunalnym, oraz wpływu piętrzenia jazu młyńskiego na poziom wody dolnej jazu komunalnego. Podczas eksploatacji elektrowni prowadzonej przy stałej rzędnej wody górnej (WG), wartość spadów zależy od zmian rzędnej wody dolnej (WD). Jeżeli wodę dolną elektrowni stanowi rzeka swobodnie płynąca, to rzędna WD, a zatem i spad, jest funkcją przepływu: $H = f(Q)$, w przypadku gdy dysponuje się możliwością regulacji poziomu wody dolnej (w tym przypadku regulacja piętrzenia przy użyciu jazu młyńskiego) zmiany te mogą być bardzo niewielkie. Każdorazowe zwiększenie poziomu piętrzenia na jazie młyńskim, spowoduje podniesienie się wody dolnej na jazie komunalnym, natomiast w przypadku gdyby WD podczas eksploatacji Małej Elektrowni Wodnej zlokalizowanej na jazie komunalnym została obniżona z powodu obniżenia piętrzenia z jazu młyńskiego, doszło by do zwiększenia spadów, a zatem mocy i produkcji elektrowni.

7.1.2.1 Oszacowanie poziomu wody górnej na podstawie pozwolenia wodnoprawnego na szczególne korzystanie z wód z dnia 30 lipca 2008r.

Zgodnie z ww. pozwoleniem wodnoprawnym piętrzenie na jazie komunalnym odbywa się przy założeniach następujących rzędnych piętrzenia:

- maksymalna – 43,66 m n.p.m.
- normalna (eksploatacyjna):
 - 43,16 m n.p.m. w okresie letnim,
 - 43,36 m n.p.m. w okresie zimowym,
- minimalna – 43,06 m n.p.m.

7.1.2.2 Oszacowanie poziomów wody górnej i dolnej na podstawie pomiarów prowadzonych przez inwestora.

Na podstawie odczytów prowadzonych przez inwestora oraz roczników hydrologicznych oszacowano poziom wody górnej i dolnej dla charakterystycznych przepływów. Niniejsze wyniki zamieszczono w poniższej tabeli.

TABELA 7-4 POMIARY POZIOMÓW WODY GÓRNEJ I DOLNEJ DLA DANYCH PRZEPŁYWÓW NA JAZIE KOMUNALNYM.

| Przepływ | Poziom wody górnej | Poziom wody dolnej | Spad |
|-----------------------|--------------------|--------------------|-------|
| Q [m ³ /s] | [m n.p.m.] | [m n.p.m.] | h [m] |
| Rok 2012 | | | |
| 15 | 43,34 | < 41,50 | - |
| SNQ = 23,4 | 43,46 | 41,56 | 1,9 |
| 30 | 43,58 | 41,66 | 1,92 |
| 45 | 43,76 | 41,91 | 1,85 |
| Rok 2011 | | | |
| 15 | 43,35 | 41,36 | 1,99 |
| SNQ = 31,1 | 43,58 | 41,66 | 1,92 |
| 45 | 43,75 | 41,91 | 1,84 |
| Rok 2010 | | | |
| 15 | 43,38 | 41,34 | 2,04 |
| SNQ = 25,0 | 43,45 | 41,52 | 1,93 |
| 30 | 43,66 | 41,7 | 1,96 |
| 45 | 43,79 | 42,08 | 1,71 |

Różnice pomiędzy poziomami wody górnej i dolnej dla poszczególnych lat wynikają z różnych stanów otwarcia jazu ruchomego.

7.1.2.3 Określenie wpływu piętrzenia jazu młyńskiego na poziom wody dolnej jazu komunalnego na podstawie „Koncepcji budowy MEW Lubicz, rzeka Drwęca, km 12+300. Etap II”

W „Koncepcji[...]” przedstawione zostały wyniki prac geodezyjnych przeprowadzonych przy przepływie $Q = 21,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Niniejsze odczyty przedstawiały się następująco:

- poziom wody górnej jazu komunalnego – 43,34 m n.p.m.
- poziom wody dolnej jazu komunalnego – 41,33 m n.p.m.
- poziom wody górnej jazu młyńskiego – 41,13 m n.p.m.
- poziom wody dolnej jazu młyńskiego – 39,41 m n.p.m.

Spadek lustra wody pomiędzy jazami określono na wartość równą 0,18 m.

7.1.2.4 Określenie planowanego sposobu eksploatacji jazu młyńskiego.

Na podstawie wywiadu środowiskowego związanego z określeniem planowanej eksploatacją jazu młyńskiego, stwierdza się iż inwestor wnioskuje o zwiększenie rzędnej piętrzenia z dotychczasowej 41,10 m n.p.m. do rzędnej 41,70 m n.p.m.

7.1.2.5 Analiza przestrzenna GIS.

Opracowanie zostało wykonane z użyciem danych pochodzących ze skaningu laserowego. Dane zostały wcześniej poddane klasyfikacji która dzieli chmurę punktów na odpowiednie zbiory warstw umożliwiające wyselekcjonowanie form terenu bezpośrednio wpływające na kierunek formowania się cieków wodnych.

Przygotowanie do użytku danych pochodzących ze skaningu laserowego składało się z poniższych etapów.

- Dokonanie selekcji po klasyfikacji punktów. Do dalszego opracowania wykorzystano warstwę sklasyfikowaną jako powierzchnia terenu, zabudowa, woda.
- Dobranie właściwej metody interpolacji punktów w celu wygenerowania Numerycznego Modelu Terenu. Wykorzystano interpolację „Binning” z ustawieniami: Cell assignment type MINIMUM oraz Void Fill Method LINEAR.
- Wykorzystanie narzędzi z pakietu Conversion w celu wygenerowania właściwej podstawy opracowania z rozdzielczością 0,5 m.

Dokonano digitalizacji istniejącego cieków wodnych z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych oraz danych ze skaningu laserowego sklasyfikowanych jako woda poprzez:

- Przygotowanie warstwy wektorowej przedstawiającej obszar koryta cieków wodnych na podstawie zdjęć satelitarnych.
- Sprawdzenie poprawności przygotowanej warstwy przez porównanie jej z danymi pochodzącymi z LIDAR'u.

Dokonano analizy piętrzenia z wykorzystaniem narzędzi pakietu 3D Analyst Tools poprzez:

- Zdefiniowanie linii piętrzenia dla dwóch przypadków (tj. linia piętrzenia w miejscu jazu młyńskiego oraz linia piętrzenia w miejscu jazu komunalnego) i nadanie im wysokości na poziomach odpowiednio 41,70 m n.p.m. oraz 43,66 m n.p.m.
- Wykorzystując narzędzia z pakietu Raster Surface, przygotowany wcześniej NMT oraz dane uwzględniające naturalny spadek rzeki wygenerowano warstwę wektorową przedstawiającą obszary znajdujące się w strefie zalanej przez podpiętrzoną wodę.
- Zestawiono wysokość nowopowstałej warstwy do wysokości terenu i przedstawiono

**AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI
WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZEKI DRWĘCA, GMINA LUBICZ.**

różnice na warstwie rastrowej przedstawiającej głębokość wody.

Na poniższych rysunkach przedstawiono graficzną analizę piętrzenia dla dwóch przypadków:

- zdefiniowanie linii piętrzenia w miejscu jazu młyńskiego i nadanie wysokości piętrzenia na poziomie 41,70 m n.p.m.;
- zdefiniowanie linii piętrzenia w miejscu jazu komunalnego i nadanie wysokości piętrzenia na poziomie 43,66 m n.p.m.

AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZĘKI DRWĘCA, GMINA LUBICZ.



RYSUNEK 7-1 ANALIZA PIĘTRZENIA DO RZĘDNEJ 41,70 M N.P.M. DLA JAZU MLYŃSKIEGO.

**AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI
WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZEKI DRWĘCA, GMINA LUBICZ.**



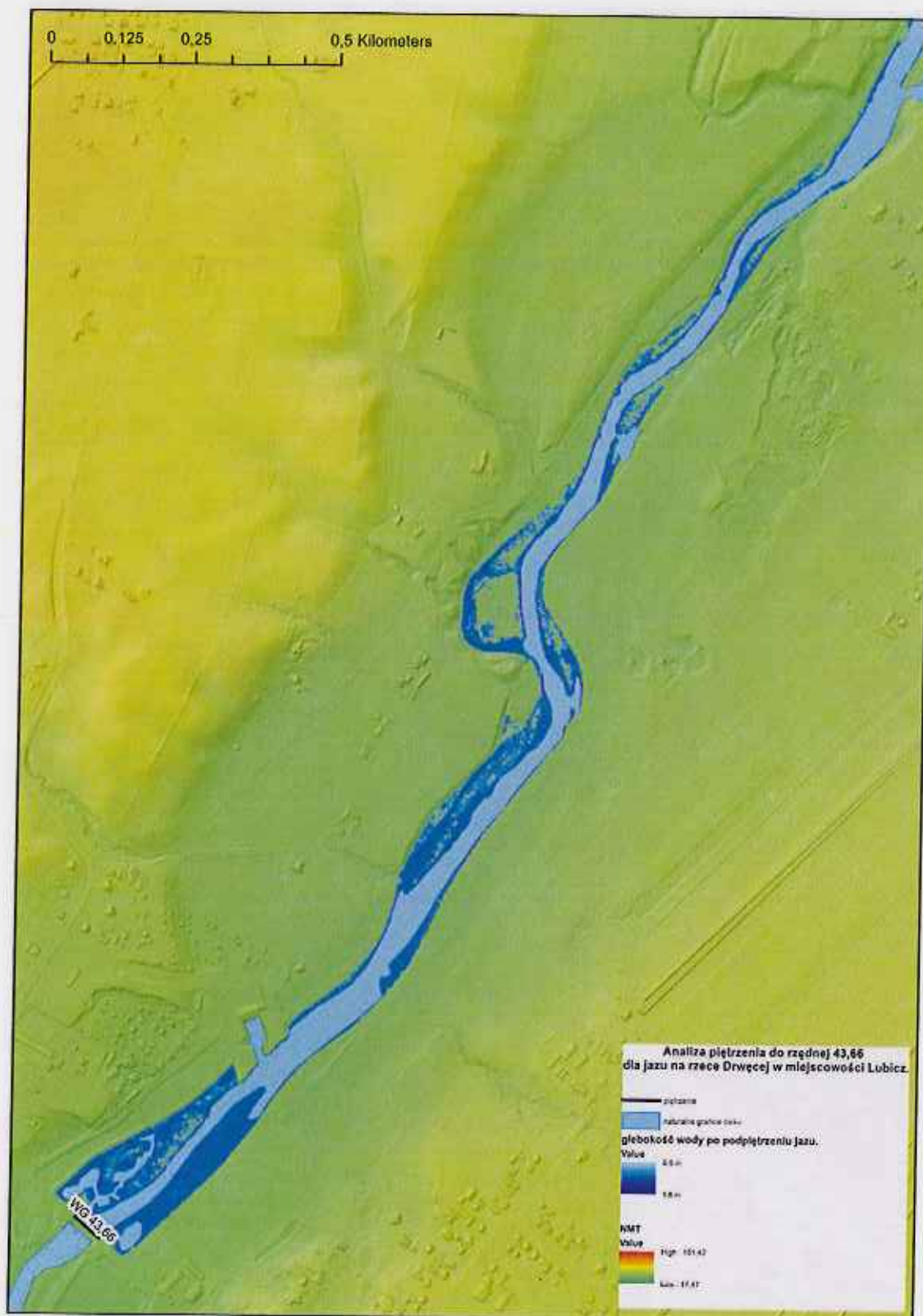
**RYСУNEK 7-2 ANALIZA PIĘTRZENIA DO RZĘDNEJ 41,70 M N.P.M. DLA JAZU
MLYŃSKIEGO,**

**AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI
WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZĘKI DRWĘCA, GMINA LUBICZ.**



**RYСУNEK 7-3 ANALIZA PIĘTRZENIA DO RZĘDNEJ 43,66 M N.P.M. DLA JAZU
KOMUNALNEGO.**

AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZĘKI DRWĘGA, GMINA LUBICZ.



RYСУNEK 7-4 ANALIZA PIĘTRZENIA DO RZĘDNEJ 43,66 M N.P.M. DLA JAZU KOMUNALNEGO.

AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZĘKI DRWĘCA, GMINA LUBICZ.

Na podstawie niniejszej analizy stwierdzono następujące wnioski:

- Piętrzenie wody na jazie młyńskim do rzędnej 41,70 m n.p.m. powoduje zwiększenie poziomu wody dolnej na jazie komunalnym do tej samej wartości.
- Piętrzenie wody na jazie komunalnym do rzędnej 43,66 m n.p.m. nie powoduje zalewania obszarów do tego nie przeznaczonych.

7.1.2.6 Wnioski.

Na podstawie powyższych punktów stwierdza się, iż przy realizacji budowy Małej Elektrowni Wodnej należy dążyć do stałego piętrzenia wody rzeki Drwęca, na maksymalny poziom piętrzenia zgodny z pozwoleniem wodnoprawnym tj. do rzędnej 43,66 m n.p.m.

W związku z brakiem możliwości technicznej utrzymania stałego poziomu zwierciadła wody na rzędnej 43,66 m n.p.m. wynikającego z konstrukcji jazu stałego, za zasadne uznaje się zastosowanie w stałych przesłach jazu zamknięć powłokowych.

W celu zwiększenia opłacalności budowy MEW poprzez zwiększenie rzędnej piętrzenia należałoby dokonać szczegółowej analizy zasięgu cofki wywołanej zmianą piętrzenia, wraz z techniczną oraz formalną jej oceną. Analiza taka jest wykonywana na etapie sporządzania dokumentacji projektowej, podczas starania się o uzyskanie pozwolenia wodnoprawnego.

W przypadku zwiększenia poziomu piętrzenia na jazie młyńskim do rzędnej 41,70 m n.p.m. dojdzie do zwiększenia poziomu wody dolnej na jazie komunalnym dla przepływów w rzece mniejszych niż 30 m³/s (Dla przepływów większych niż 30 m³/s według pomiarów uzyskanych od inwestora, poziom wody dolnej był wyższy).

W związku z powyższym zasadne jest dokonanie analizy ekonomicznej inwestycji przy założeniu poziomów wody dolnej oraz wody górnej na poziomach odpowiednio 41,70 m n.p.m. oraz 43,66 m n.p.m. Pozwoli to na uzyskanie spadów brutto równego 1,96 m. Każdorazowe zwiększenie spadów będzie miało tylko pozytywny wpływ na ekonomikę całego przedsięwzięcia.

W przypadku budowy Małej Elektrowni Wodnej na jazie komunalnym, konieczne jest określenie współpracy z jazem młyńskim już na etapie projektowym. Umożliwi to prawidłowe ułożenie turbozespołu w stosunku do poziomów wody górnej oraz dolnej. Brak określenia wspólnych działań obu jazów w przypadku całkowitego zdjęcie piętrzenia na stopniu zlokalizowanym poniżej MEW groziłoby powstaniem kawitacji w turbinach, a w przypadku zastosowania turbiny typu Kaplan – dostaniem się powietrza do rury ssącej i zerwaniem słupa wody, co uniemożliwiłoby pracę turbiny.

7.2 Dobór turbozespołu.

Dokonując weryfikacji turbozespołów, które sprawdziłyby się w założonych warunkach hydrologicznych, jako turbiny odpowiadające warunkom wodnym jazu komunalnego Lubicz uznano turbiny: turbina typu Kaplan, oraz turbina typu VLH.

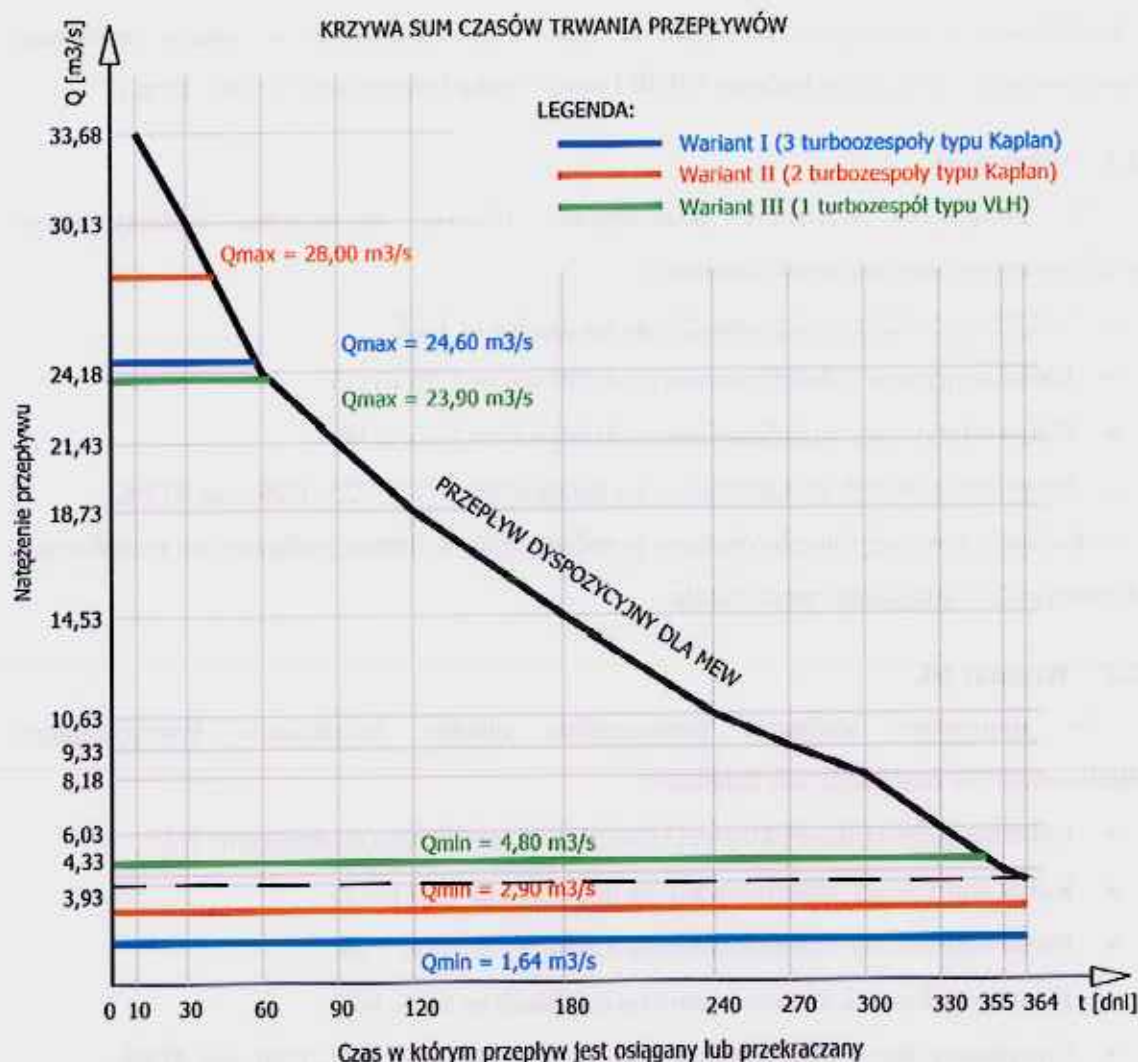
W obu przypadkach zweryfikowano możliwość korzystnego doboru przepływu tego rodzaju turbin przy określonym potencjale hydroenergetycznym. Przepływ instalowany dobrano w wyniku optymalizacji iteracyjnej krzywej sum czasów trwania przepływów.

W celu ukazania całego spektrum możliwości technologicznych obecnie dostępnych na rynku, optymalnie wykorzystujących potencjał hydroenergetyczny jazu komunalnego zaproponowano 3 warianty budowy MEW:

- ✚ Wariant I – Mała Elektrownia Wodna z zastosowaniem trzech turbin typu Kaplan o pionowej osi obrotu wirnika i średnicy DN 1550 mm. Wariant ten został zaproponowany w „Koncepcji budowy Mew Lubicz, rzeka Drwęca, km 12+300. Etap II”
- ✚ Wariant II – Mała Elektrownia Wodna z zastosowaniem dwóch turbin typu Kaplan o poziomej osi obrotu wirnika i średnicy DN 1820 mm.
- ✚ Wariant III – Mała Elektrownia Wodna z zastosowaniem jednej turbiny typu VLH o średnicy wirnika DN 5000 mm.

Na poniższym wykresie przedstawiono przepływ instalowany dla każdego z wariantów budowy MEW w odniesieniu do krzywej sum czasów trwania przepływów.

AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZĘKI DRWĘGA, GMINA LUBICZ.



WYKRES 7-2 PRZELIKY INSTALOWANE DLA KAŻDEGO Z WARIANTÓW BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ.

7.3 Lokalizacja MEW.

7.3.1 Wariant I.

Zgodnie z „Koncepcją [...]” poszczególne obiekty zamierzenia inwestycyjnego zlokalizowano na następujących działkach:

- Lokalizację elektrowni przewidziano na działce nr 1/25.
- Kanał dopływowy zlokalizowano na działkach nr 1/25 i 1/26.
- Kanał odpływowy zlokalizowano na działkach nr 1/25, 1/19 oraz 413/6.
- Przeławkę dla ryb zlokalizowano na działkach nr 1/25, 1/26, 413/6, 51/5 oraz 51/9.
- Przenioskę dla kajaków zlokalizowano na działkach nr 1/25, 1/26, 413/6, 51/5, 51/7 oraz 51/9.

AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZĘKI DRWĘCA, GMINA LUBICZ.

Lokalizacja poszczególnych obiektów została przedstawiona w formie graficznej w opracowaniu: „Koncepcja budowy MEW Lubicz, rzeka Drwęca km 12+300. Etap II”.

7.3.2 Wariant II.

W niniejszym wariantcie poszczególne obiekty zamierzenia inwestycyjnego zlokalizowano na następujących działkach:

- Lokalizację elektrowni przewidziano na działce nr 1/25.
- Kanał dopływowy zlokalizowano na działkach nr 1/25 i 1/26.
- Kanał odpływowy zlokalizowano na działkach nr 1/25, 1/19.
- Przeplawkę dla ryb zlokalizowano na działkach nr 1/19, 1/25, 1/26 oraz 413/6.

Lokalizację poszczególnych obiektów przedstawiono w formie graficznej na rysunku nr 1 załączonym do niniejszego opracowania.

7.3.3 Wariant III.

W niniejszym wariantcie poszczególne obiekty zamierzenia inwestycyjnego zlokalizowano na następujących działkach:

- Lokalizację budynku elektrowni (sterowni) przewidziano na działce nr 1/25.
- Kanał dopływowy zlokalizowano na działkach nr 1/24 i 1/25.
- Kanał odpływowy zlokalizowano na działkach nr 1/24, 1/25.
- Komorę turbinową zlokalizowano na działkach nr 1/24, 1/25.
- Przeplawkę dla ryb zlokalizowano na działkach nr 1/19, 1/25, 1/26 oraz 413/6.

Lokalizację poszczególnych obiektów przedstawiono w formie graficznej na rysunku nr 5 załączonym do niniejszego opracowania.

7.4 Rozwiązania techniczne proponowanych obiektów.

Proponowane rozwiązania techniczne stanowią koncepcję techniczną. Wszystkie wymiary i rzędne zostały oszacowane wyłącznie na potrzeby koncepcji technicznej, są to parametry orientacyjne i będą podlegać weryfikacji na etapie projektu budowlanego.

Szczegółowe rozwiązania zostaną dobrane na etapie opracowania dokumentacji projektowej z uwzględnieniem analizy geologicznej oraz statyczno-wytrzymałościowej.

Za podstawę do uszczegółowienia przyjętej koncepcji należy uznać pozytywny wynik analizy ekonomicznej, który jednocześnie stanowi warunek przy staraniach o pozyskanie środków finansowych ze źródeł zewnętrznych.

W „Koncepcji [...]” wraz z budową Małej Elektrowni Wodnej w zamierzeniu

AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZĘKI DRWĘCA, GMINA LUBICZ.

inwestycyjnym uwzględniono następujące prace i obiekty:

- bagrowanie zbiornika wodnego na odcinku długości 600 m,
- likwidację istniejącej przepławki dla ryb,
- budowę linii kablowej średniego napięcia do stacji pomp ujęcia wody Toruńskich Wodociągów,
- budowę przenioski dla kajaków,
- budowę nowej przepławki dla ryb.

W niniejszym opracowaniu nie dokonuje się aktualizacji następujących, przewidzianych prac: likwidacji istniejącej przepławki dla ryb, budowy linii kablowej średniego napięcia do stacji pomp ujęcia wody Toruńskich Wodociągów oraz budowy przenioski dla kajaków przyjmując rozwiązania techniczne zaproponowane w „Koncepcji [...]”

Dla każdego z wariantów przewidziano likwidację istniejącego turbozespołu zainstalowanego w prawym skrajnym przęśle jazu komunalnego celem skierowania całego dostępnego przepływu do nowoprojektowanej MEW.

Kwestia dotycząca zakresu bagrowania zbiornika wymaga przeprowadzenia szczegółowej analizy hydraulicznej ruchu wody w sytuacji obecnej (woda przepuszczana przez jaz) oraz w przypadku realizacji zamierzenia inwestycyjnego. Należałoby dokonać symulacji dla każdego z 3 wariantów określając amplitudy prędkości cieczy, kierunki wektorów prędkości oraz linie prądu. Symulacja ta umożliwiłaby dokładne określenie obszarów w korycie rzeki najbardziej podatnych na zbieranie się osadów rzecznych, a poprzez optymalizację lokalizacji elektrowni oraz jej napływu, zmniejszenia problemu w przyszłości.

Poniżej przedstawiono proponowane rozwiązania techniczne dla każdego z trzech wariantów budowy MEW, wraz z opisem pozostałych prac i obiektów wchodzących w skład zamierzenia inwestycyjnego.

7.4.1 Budowa Małej Elektrowni Wodnej - wariant I.

Wariant I zakłada budowę MEW na prawym brzegu rzeki Drwęca z zastosowaniem trzech turbozespołów typu Kaplan. W niniejszym wariantcie przyjmuje się rozwiązania zaproponowane przez autora „Koncepcji budowy MEW Lubicz, rzeka Drwęca, km 12+300. Etap II”. Dokonano aktualizacji parametrów przepławki do określonego w niniejszym opracowaniu spadku.

7.4.1.1 Turbozespół.

W niniejszym wariancie zgodnie z założeniami „Koncepcji [...]” przyjęto zastosowanie trzech turbozespołów typu Kaplan o pionowej osi obrotu wirnika.

Do analizy przyjęto hydrozespół o następujących parametrach:

- średnica wirnika – 1550 mm,
- przepływ maksymalny jednego turbozespołu $Q_{\max T} = 8,2 \text{ m}^3/\text{s}$,
- przepływ minimalny jednego turbozespołu $Q_{\min T} = 1,64 \text{ m}^3/\text{s}$,
- ilość zastosowanych turbozespołów – 3 szt.
- przepływ maksymalny przez elektrownię $Q_{\max E} = 3 \times 8,2 \text{ m}^3/\text{s} = 24,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

7.4.1.2 Kanał dopływowy.

Zgodnie z „Koncepcją [...]” kanał dopływowy o powierzchni około 500 m^2 , w początkowym odcinku stanowi dolny fragment zbiornika wodnego. Dalej stanowi go kanał o konstrukcji ziemnej, którego brzegi umocnione zostaną ścianką szczelną z oczepami żelbetowymi. Ostatni odcinek długości 12,5 m to konstrukcja żelbetowa, trójkomorowa, wraz z mostem. Most o nośności 20 ton i szerokości 4 m został wytyczony w osi drogi dojazdowej do jazu, zapewniać będzie dojazd ciężkiego sprzętu do obsługi jazu. Rzędna dna kanału wynosi 40,45 m n.p.m. W komorach kanału przewidziano trzy komplety krat i zamknięć remontowych. U wejścia do odcinka żelbetowego planuje się instalację specjalnej bariery elektryczno-elektronicznej niskiego napięcia do odstraszenia ryb.

7.4.1.3 Budynek elektrowni.

Zgodnie z „Koncepcją [...]” budynek elektrowni o powierzchni 240 m^2 , posadowiony na żelbetowej konstrukcji monolitycznego fundamentu z zabetonowanymi rurami ssącymi. Rzędna posadowienia fundamentu wynosi 36,30 m n.p.m. Powyżej znajdują się komory turbinowe o powierzchni $52,8 \text{ m}^2$ każda i wysokości 3,0 m. Rzędna dna komór wynosi 40,45 m n.p.m. Budynek elektrowni parterowy o konstrukcji murowanej z cegły ceramicznej na żelbetowym fundamencie, dach jednospadowy.

7.4.1.4 Kanał odpływowy.

Zgodnie z „Koncepcją [...]” Kanał odpływowy o powierzchni około 870 m^2 w początkowym odcinku żelbetowy, trójkomorowy, wyposażony w zamknięcia remontowe. Rzędna dna wynosi 36,95 m n.p.m. W dalszej części żelbetowy jednokomorowy o dnie wznoszącym się do rzędnej 39,85 m n.p.m. Ostatni odcinek stanowi kanał ziemny o brzegach i dnie umocnionym gabionami siatkowymi.

7.4.1.5 Ochrona przeciw rumowiskowa.

Z uwagi na usytuowania wlotu wody do elektrowni na poziomie progu jazu ruchomego tj. na rzędnej 40,45 m n.p.m. sugeruje się zastosowanie asymetrycznego progu na wlocie do kanału napływowego, wyższego o ok 0,3-0,5 m niż rzędna progu jazu ruchomego, ukierunkowującego niesione rumowisko rzeczne na przęsła jazu z zainstalowanymi ruchomymi zastawkami.

7.4.1.6 Przeprawka dla ryb.

Zgodnie z „Koncepcją [...]” oraz uzgodnieniem rozwiązań przeprawki dla ryb z Instytutem Rybactwa Śródlądowego przewiduje się wykonanie przeprawki ryglowej (według zapisu w „Koncepcji [...]” ma to być przeprawka komorowa, jednak z analizy części graficznej jest to przeprawka ryglowa) o konstrukcji żelbetowej. Dokonano aktualizacji obliczeń zawartych w „Koncepcji [...]” dla następujących poziomów wody:

- Planowany poziom WG – 43,66 m n.p.m.
- Najniższy poziom WD odnotowany w ostatnim pięcioleciu (2009 – 2013)
– 41,28 m n.p.m.

Dokonano zagięcia ostatniej sekcji przeprawki i zapewnieniu wypływu z niej wody pod kątem 30-40°. Zredukowano wartość poziomów wody pomiędzy komorami przeprawki do wysokości 0,14m.

Obliczenia parametrów przeprawki.

- Niezbędna ilość komór dla spadu $H=2,38$ m
i poziomów pomiędzy komorami 0,14 m.

$$n = H/\Delta h_k - 1$$

$$n = 2,38/0,14 - 1 = 16,00$$

Przyjęto 16 komór.

- Długość przeprawki brutto (wraz z grubością przegród).

$$L = n \times l_k = 16 \times 8,0 = 128,00 \text{ m}$$

- Całkowita długość przeprawki.

$$L_c = 128,00 \text{ m} + 2 \times 4,00 \text{ m (dwie komory zamknięć remontowych)}$$

$$L_c = 136,00 \text{ m}$$

- Prędkość wody w szczelinie.

$$v_s = \sqrt{(2 \cdot g \cdot \Delta h_k)} - \sqrt{(2 \cdot 9,81 \cdot 0,14)} = 1,66 \text{ m/s}$$

AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZĘKI DRWĘCA, GMINA LUBICZ.

- Średnia prędkość wody w komorach przepławki o szerokości 6,0 m w świetle.

$$v_k = Q / F = 3,5 / 6 * 1,9 = 0,31 \text{ m/s}$$

- Współczynnik rozproszenia energii jednostkowej w komorze przepławki.

$$E = \rho * g * \Delta h * Q / (b * h * l)$$

$$E = 1000 * 9,81 * 0,14 * 3,5 / (6,0 * 1,9 * 8,0)$$

$$E = 55 \text{ W/m}^3 < 200 \text{ W/m}^3$$

W niniejszym wariantcie przyjęto przepławkę o następujących parametrach:

- prędkość wody w szczelinach lub przelewach 1,5-1,7 m/s
- ilość komór 13 + 2 szt.
- max. różnica poziomów między komorami 0,14 m
- min głębokość szczeliny 1,5 m
- min szerokość szczeliny głównej 0,8m
- szerokość pojedynczej komory 6,0 m
- długość pojedynczej komory 8,0 m
- głębokość pojedynczej komory 1,9 m
- długość całkowita przepławki 136,0 m
- rzędna dna wlotu 41,70 m n.p.m.
- rzędna dna wylotu 40,10 m n.p.m.
- wydatek przepławki 3-3,5 m³/s
- współczynnik rozproszenia energii jednostkowej w komorze przepławki 55 W/m³
- dno przepławki wyłożone narzutem kamiennym o wymiarach od 30 do 70 cm
- monitoring – kamera i skaner z archiwizacją danych

Koncepcję przepławki przedstawiono w formie graficznej na rysunku nr 4 załączonym do niniejszego opracowania.

7.4.2 Budowa Małej Elektrowni Wodnej - wariant II.

Wariant II zakłada budowę MEW na prawym brzegu rzeki Drwęca z zastosowaniem dwóch turbozespołów typu Kaplan.

7.4.2.1 Turbozespół.

W niniejszym wariantcie przyjęto zastosowanie dwóch turbozespołów typu Kaplan o poziomej osi obrotu wirnika.

Do analizy przyjęto hydrozespół o następujących parametrach:

- średnica wirnika – 1820 mm,
- przepływ maksymalny jednego turbozespołu $Q_{\max T} = 14,0 \text{ m}^3/\text{s}$,
- przepływ minimalny jednego turbozespołu $Q_{\min T} = 2,90 \text{ m}^3/\text{s}$,
- ilość zastosowanych turbozespołów – 2 szt.
- przepływ maksymalny przez elektrownię $Q_{\max E} = 2 \times 14,0 \text{ m}^3/\text{s} = 28,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Proponowane rozwiązanie zawiera dwie turbiny typu Kaplan o prosto osiowym przepływie wody z regulowanym wirnikiem i kierownicą w czasie pracy turbozespołu poprzez hydrauliczny system sterowania. Woda kierowana będzie na łopatki turbiny poprzez układ kierowniczy. Właściwe ustawienie kąta łopat wirnika i kierownicy odbywa się automatycznie i jest zależne od chwilowego przepływu wody w rzece.

Przyjęto, że ruch elektrowni prowadzony będzie w sposób całkowicie zautomatyzowany z nadrzędnym sterowaniem zdalnym. Wobec takiego założenia niezbędne jest wyposażenie elektrowni w system sterujący pracą hydrozespołów oraz współpracujący z układami zabezpieczeń i automatykami lokalnymi (np. automatyką instalacji wody przebiegowej, ochrony fizycznej obiektu).

System zapewni automatyczne sekwencyjne sterowanie hydrozespołem i napędami pomocniczymi, monitorowanie czynności manipulacyjnych i stanów usterkowych, wyświetlanie parametrów pracy, a w szczególności:

- jednoimpulsowe uruchomienie i synchronizację hydrozespołu,
- prowadzenie ruchu hydrozespołu w zadanym trybie, w tym samodzielne uruchamianie i zatrzymywanie w razie potrzeb (zanik napięcia, zmiany poziomów wody),
- normalne i awaryjne wyłączenie z ruchu.

System sterowania gwarantuje dwa sposoby sterowania elektrownią:

- miejscowe za pośrednictwem panelu sterowania,

- zdalne z dowolnego miejsca z nadrzędnego systemu sterowania elektrownią.

Do nadrzędnego systemu sterowania przesyłane będą wszystkie sygnały i pomiary z elektrowni w celu wyświetlenia na ekranie komputera i archiwizacji. Z systemu nadrzędnego obsługa może uruchomić i odstawić turbozespół oraz obserwować stany robocze hydrozespołu. System nadrzędny zapewniać ma również możliwość zmian trybów pracy oraz zadanych parametrów (np. poziomu wody górnej).

Hydrozespół wraz z układami technologicznymi zostanie wyposażony w kompletny układ zabezpieczeń elektrycznych i hydromechanicznych, gwarantujący poprawną i bezpieczną pracę.

W szczególności muszą być realizowane następujące funkcje zabezpieczające:

- zabezpieczenia zwarciorowe,
- zabezpieczenia napięciowe,
- zabezpieczenia częstotliwościowe,
- zabezpieczenia przeciążeniowe,
- zabezpieczenia od mocy zwrotnej,
- zabezpieczenia termiczne,
- zabezpieczenia od zaniku przepływu cieczy,
- zabezpieczenia ciśnieniowe,
- zabezpieczenia od niewłaściwego poziomu cieczy.

7.4.2.2 Kanał dopływowy.

Kanał dopływowy przewidziano jako kanał otwarty – częściowo żelbetowy oraz w formie ścianki szczelnej zabezpieczonej żelbetowym oczepem.

Zabezpieczenia dna kanału dopływowego przewidziano jako częściowo żelbetowe – w bezpośrednim sąsiedztwie ujęcia wody oraz w postaci narzutu kamiennego odpowiednio zabezpieczonego przed przemieszczaniem się.

Ujęcie wody - jako budowla umożliwiająca pobór wody i jej rozdział na odpowiednią liczbę turbin, zlokalizowane będzie przed blokiem elektrowni.

Ujęcie wody do elektrowni powinno spełniać następujące podstawowe kryteria:

- ograniczyć maksymalnie straty hydrauliczne,
- chronić turbiny przed przedostaniem się rumowiska, głównie wleczonego,
- zabezpieczyć przed dostaniem się na kraty dużych elementów pływających oraz zabezpieczyć przed lodem.

AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZĘKI DRWĘCA, GMINA LUBICZ.

Przy projektowaniu ujęcia i odprowadzenia wody dla elektrowni, która charakteryzuje się niskim spadem, należy szczególną uwagę zwrócić na zminimalizowanie strat spadu w kanałach. Należy dążyć do tego, aby kanały były możliwie głębokie i szerokie, tak aby maksymalne prędkości wody w kanałach nie przekraczały 1 m/s.

Proponowane ujęcie wody wraz z urządzeniami, w które jest wyposażone, przyjmuje i oczyszcza wodę z większych zanieczyszczeń i rumowiska, podtrzymuje piętrzenie, umożliwia dokonanie rozdziału wody na odpowiednią liczbę turbin.

W skład ujęcia wody wchodzi:

a) konstrukcje żelbetowe o następujących elementach:

- Belka przeciwlodowa – pełni rolę zabezpieczenia przed dostaniem się lodu powierzchniowego i kry lodowej na kraty wlotowe. Dodatkowo zabezpiecza przed dostawaniem się na kraty większych części pływających (np. konary i gałęzie drzew).
- Wlot do elektrowni – wlot do elektrowni dokonuje rozdziału wody na odpowiednią liczbę turbin. Wloty do elektrowni stanowią komory wlotowe rozdzielone filarami.

Każda komora wlotowa wyposażona jest w:

- wnęki na zamknięcia remontowe – zlokalizowane bezpośrednio przed kratami wlotowymi,
- kłamry złazowe – zainstalowane w każdej komorze wlotowej na filarze, umożliwiając zejście i wykonanie przeglądów czy napraw i remontów.

b) wyposażenie mechaniczne:

- Kraty wlotowe – usytuowane będą poniżej zamknięcia remontowego, układ taki pozwoli na wykonanie przeglądów krat na sucho, pod osłoną zamknięć remontowych. Kraty wlotowe gęste, nachylone będą pod kątem 75–80 stopni do poziomu. Kraty zostaną tak zaprojektowane, by zminimalizować straty hydrauliczne.
- Zastawki remontowe - elektrownia zostanie wyposażona w dwa komplety zastawek remontowych (od strony wody dolnej i górnej) umożliwiających odcięcie dopływu wody do komory turbinowej. Zastawki należy zaprojektować jako stalowe konstrukcje spawane z profili walcowanych i blach. Dźwigary i obramowanie stanowią ceowniki, a ruszt pionowy i opierzenie to blacha. Zastawki należy wyposażyć w uszczelki wykonane

z gum profilowanych, które współpracując z przewodnikami i progami zapewniają właściwą szczelność zamknięcia. Zastawka musi mieć niezależne zawiesia linowe i będzie podnoszona oddzielnie.

- Zastawki robocze – zastawki umożliwiające automatyczne zamknięcie dopływu do elektrowni w przypadku powstania awarii turbozespołu.
- Czyszczarka krat z korytkiem i pojemnikiem na skratki – w celu oczyszczenia krat z gromadzących się na nich zanieczyszczeń przewidziano czyszczarkę z korytkiem do splukiwania skratek. Korytkiem tym skratki przepłukiwane będą wodą do pojemnika na skratki. Z pojemnika skratki inwestor będzie wywoził na wysypisko odpadów (uzgodnione wcześniej z gminą).

7.4.2.3 Budynek elektrowni.

Budynek MEW przewidziano jako budynek o konstrukcji żelbetowej o prostokątnym rzucie i wymiarach: długości 13,3 m i szerokości 8,6 m, grubości ścian podziemnych 500 – 750 mm oraz grubości ścian części nadziemnej – 300 mm. Konstrukcja stropu wykonana jest z żelbetu o gr. 400 mm z otworami bezpośrednio nad turbozespołem zabezpieczonymi demontowanymi pomostami roboczymi. Konstrukcja dachu wodoszczelna w postaci żelbetowej płyty o gr. 300 mm. Jest to dach płaski o pochyleniu 2%. W stropie budynku MEW znajdują się luki montażowe – demontowane w celu montażu turbozespołu. Wszystkie pomieszczenia elektrowni pełnić będą funkcje technologiczne i nie będą wymagać stałego ogrzewania. Z uwagi na bezobsługową pracę elektrowni, jedynie z dyżurem dochodzącym, w budynku elektrowni nie przewiduje się pomieszczeń sanitarnych.

Dwa turbozespoły typu Kaplan DN 1820 mm zostaną posadowione na płycie dennej budynku MEW. W budynku MEW zostanie umieszczona automatyka sterownicza, rozdzielnia prądu oraz zabezpieczenia. Komora wylotowa z elektrowni będzie konstrukcji żelbetowej. Wylot z elektrowni będzie wyposażony w zamknięcia remontowe (szandory).

Budowa budynku MEW odbywać się będzie w przestrzeni zabezpieczonej za pomocą ścianek szczelnych. Ścianki szczelne częściowo pełnić będą rolę zewnętrznego deskowania budowli.

7.4.2.4 Kanał odpływowy.

Kanał odpływowy przewidziano jako kanał otwarty – częściowo żelbetowy oraz w formie ścianki szczelnej zabezpieczonej żelbetowym oczepem.

Zabezpieczenia dna kanału odpływowego przewidziano jako częściowo żelbetowe –

w bezpośrednim sąsiedztwie wylotu wody z elektrowni oraz w postaci narzutu kamiennego odpowiednio zabezpieczonego przed przemieszczaniem się.

7.4.2.5 Ochrona przeciw rumowiskowa.

W wyniku posadowienia wlotu wody do elektrowni poniżej istniejącego progu piętrzącego jazu w niniejszym wariancie proponuje się wykonanie upust płuczącego którego zadaniem będzie umożliwienie przeprowadzenia rumowiska gromadzącego się przed wlotem na kraty elektrowni do jej stanowiska dolnego.

Upust płuczący przewidziano jako kanał żelbetowy, wyposażony w zamknięcia ruchome. Usytuowany został wzdłuż budynku MEW. Otwarcie zamknięć spowoduje przepływ wody przez kanał z jednoczesnym przeniesieniem rumowiska zgromadzonego na stanowisku górnym elektrowni. Czynność ta będzie występować okresowo tj. w przypadku takiej potrzeby wynikającej z dużej ilości zgromadzonego materiału niesionego z nurtem rzeki oraz w sprzyjających do tego warunkach – przy odpowiednio dużych przepływach.

7.4.2.6 Przeprawka dla ryb.

Proponuje się wykonanie przeprawki dla ryb jak w wariancie I – patrz pkt 8.4.1.6.

Koncepcję przeprawki przedstawiono w formie graficznej na rysunku nr 4 załączonym do niniejszego opracowania.

7.4.3 Budowa Małej Elektrowni Wodnej - wariant III.

Wariant III zakłada budowę MEW dokonując adaptacji trzech przęseł jazu komunalnego z zamknięciami ruchomymi z zastosowaniem jednego turbozespołu typu VI.II.

7.4.3.1 Turbozespół

W niniejszym wariancie przyjęto zastosowanie jednego turbozespołu typu VLH.

Do analizy przyjęto hydrozespół o następujących parametrach:

- średnica wirnika – 5000 mm,
- przepływ maksymalny jednego turbozespołu $Q_{\max T} = 23,9 \text{ m}^3/\text{s}$,
- przepływ minimalny jednego turbozespołu $Q_{\min T} = 4,80 \text{ m}^3/\text{s}$,
- ilość zastosowanych turbozespołów – 1 szt.
- przepływ maksymalny przez elektrownię $Q_{\max E} = 1 \times 23,9 \text{ m}^3/\text{s} = 23,9 \text{ m}^3/\text{s}$.

W skład turbozespołu VLII wchodzi następujący osprzęt o konkretnym przeznaczeniu:

- o turbina typu Kaplan z 8 automatycznie ustawianymi łopatkami, których zamknięcie

umożliwia całkowite zatrzymanie obrotów turbiny,

- o wbudowany, bezpośrednio napędzany generator o magnesach stałych (magnesy ziem rzadkich) (PMG – permanent magnet generator), którego wirnik jest zamontowany bezpośrednio na wirniku turbiny. Stojan generatora chłodzony jest przez wentylatory oraz przez wodę opływającą wirnik turbiny z zewnątrz,
- o konstrukcja nośna połączona ze stałym aparatem kierowniczym, spełniającym także funkcję kraty ochronnej dla turbozespołu,
- o wbudowana obrotowa czyszczarka krat, przeznaczona do usuwania materiału niesionego przez wodę z krat,
- o automatycznie sterowana kłapa hydrauliczna, znajdująca się w górnej części konstrukcji nośnej turbozespołu, mająca na celu ułatwienie splukiwania materiału usuniętego przez czyszczarkę krat,
- o jednostka hydrauliczna (olejowa) do kontroli otwarcia łopat wirnika i pracy czyszczarki krat oraz kłapy czyszczącej,
- o sprężarka powietrza służąca do utrzymania odpowiedniego ciśnienia w wirniku turbiny i generatorze (szczelność w odpowiednim odniesieniu do warunków ciśnieniowych pod wodą),
- o elektronicznie sterowany osprzęt falownika, który przetwarza niecharakterystyczny prąd z generatora na prąd charakterystyczny, zgodny z wymogami operatora sieci energetycznej,
- o urządzenia sterujące osprzętem elektronicznym i pracą elektrowni. Te urządzenia zapewniają monitoring całej instalacji poprzez graficzny interfejs (informacje o zdarzeniach, stan aktualny, informacje o awariach, przechowanie danych z pomiarów, komunikacja zdalna).

Turbina.

Turbina, która napędza generator o magnesach stałych, bazuje na wzorcu wirnika Kaplana z 8 regulowanymi łopatom. Mechanizm regulacji otwarcia łopat jest hydrauliczny i znajduje się w dolnej części, wewnątrz obudowy wirnika.

Przy pełnym zamknięciu łopat, ich ciasne przyleganie do siebie sprawia, iż całkowicie odcinany jest przepływ wody przez turbinę. Takie rozwiązanie sprawia, że można zatrzymać turbinę bez konieczności stosowania dodatkowego zamknięcia mechanicznego przed wlotem do niej.

Profil hydrauliczny wirnika turbiny został zaprojektowany i zoptymalizowany za pomocą

obliczeń CFD w laboratorium Narodowego Instytutu Politechniki w Grenoble, Francja, następnie był testowany z wykorzystaniem modelu w małej skali zgodnie ze standardem CEI 60193 w laboratorium Laval University w Quebec, Kanada.

Zaprojektowany kształt łopaty wirnika łączy w sobie także kryteria bezpieczeństwa migrującej przez turbinę ichtiofauny. To w połączeniu z dużymi wymiarami wirnika i wolną prędkością obrotową turbiny dodatkowo wspiera możliwość bezpiecznego pokonywania turbiny przez ichtiofaunę.

Specyfika turbiny VLH i jej oddziaływanie na ichtiofaunę było przedmiotem kilku testów migracji zstępującej przez turbinę. Naukowo przebadano migrację smoltów i węgorzy przez działającą MEW z turbiną VLH. Wyniki tych testów producent udostępnia na stronie internetowej www.vlh-turbine.com, a także poprzez swoich przedstawicieli w krajach Europy.

Generator z magnesami stałymi.

Generator z magnesami trwałymi, o zmiennej prędkości obrotowej, jest bezpośrednio sprzężony z wirnikiem turbiny. Wirnik generatora jest zamontowany na obwodzie wewnętrznym obudowy wirnika. Uzwojenia stojana znajdują się wewnątrz wirnika, chłodzone są za pomocą wentylatorów oraz przez kontakt powietrza wewnątrz obudowy ze ścianami obudowy wirnika, które z zewnątrz opływane i chłodzone są przez wodę.

Wirnik generatora jest wyposażony w magnesy stałe, ukształtowany jest w mechanicznie spawany pierścień.

Prędkość obrotowa generatora (a za tym całego wirnika turbiny) jest zmienna i ulega zmianie w momencie, gdy automatyka elektrowni dobiera, optymalnie z punktu widzenia efektywności w danej sytuacji hydrologicznej, parametry elektrowni.

Generator i wnętrze obudowy wirnika znajduje się pod ciągłym, zwiększonym ciśnieniem powietrza. Wartość nadciśnienia jest regulowana automatycznie i waha się pomiędzy 0,2 a 0,3 bara powyżej ciśnienia wynikającego z warunków wodnych wokół wirnika. Jest to dodatkowe (oprócz uszczelnień) zabezpieczenie szczelności układu wnętrza wirnika turbiny, pozwalające na całkowite wyeliminowanie ryzyka zalania generatora. Dodatkowo to rozwiązanie spełnia funkcję osuszania otaczającego wnętrze turbiny powietrza.

Konstrukcja podtrzymująca i stała kierownica.

Konstrukcja wsporcza jest wykonana ze stali spawanej mechanicznie. Konstrukcja zawiera w sobie ekran ochronny w postaci krat z czyszczarką automatyczną oraz

posadowiony zaraz za kratą stały aparat kierowniczy, wbudowany w tę konstrukcję.

Konstrukcja nośna i stała kierownica przejmują naprężenia, które mogłyby oddziaływać na wirnik turbiny, jak również stanowią osłonę i wsparcie dla okablowania i przewodów wychodzących z wirnika turbiny.

Konstrukcja nośna ma możliwość unoszenia całego turbozespołu za pomocą 2 siłowników hydraulicznych. Uniesienie turbiny w niemal poziomej pozycji nad nominalną rzędną piętrzenia pozwala na łatwe przeprowadzanie okresowych czynności serwisowych i inspekcji turbiny.

Osprzęt elektryczny – falownik.

Zastosowanie falownika w elektrowni z turbiną VLH ma na celu przekształcenie prądu niecharakterystycznego generowanego przez generator o magnesach stałych, w prąd charakterystyczny, np. 500 V, 50 Hz, z jednoczesną możliwością zmiany prędkości obrotowej samego generatora i zmienności jego napięcia chwilowego. Falownik pozwala także na dostosowywanie współczynnika $\cos \phi$ generatora, produkowanego prądu, a także napięcia wejściowego i wyjściowego stopnia mocy.

Osprzęt elektryczny prostownika/falownika zawiera w sobie:

- wymuszone chłodzenie – radiatory i wentylatory,
- mostek IGBT ze sterownikami,
- szynę wyposażoną w baterię pojemnościową,
- czujniki prądu,
- czujniki napięcia (od strony generatora).

Kontrola elektrowni / regulacja.

Wyposażenie do kontroli pracy elektrowni bazuje na sterownikach PLC Siemens.

Urządzenie podlegające kontroli to generator o magnesach stałych bezpośrednio sprzężony z wirnikiem turbiny.

Sterownik/kontroler systemu.

Kontroler systemu określa parametry pracy turbiny, począwszy od pomiaru spadku i innych parametrów pracy elektrowni, bazując na takich samych zasadach, jak w konwencjonalnych rozwiązaniach automatyki maszynowej.

Prąd wytworzony przez generator jest korygowany przez prostownik aktywny (regulator prędkości). Przechodzi przez szynę zbiorczą prądu stałego (D.C. bus), utrzymując stałą

**AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI
WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZEKI DRWĘCA, GMINA LUBICZ.**

wartość, dostarczany jest następnie do sicci elektrycznej za pomocą falownika. Cały łańcuch konwersji prądu regulowany jest za pomocą zespołu sterującego. System generuje wysokiej jakości trójfazowy prąd elektryczny (niski poziom wahań harmonicznych), z jednostkowym lub ustalonym na żądanie współczynnikiem mocy ($\cos \phi$). Synchronizacja systemu jest w pełni automatyczna, tak samo jak sprzężenie i rozprężanie sieci elektrycznej.

Interfejs użytkownika.

Interfejs użytkownika jest dostępny za pomocą ekranu dotykowego i składa się z kilku paneli graficznych. Interfejs umożliwia wizualizację parametrów działania, przeprowadzenie kontroli manualnych oraz modyfikację parametrów działania.

Komunikacja na zewnątrz jest możliwa poprzez modem lub bezpośrednio kabel Ethernet. W obu przypadkach, interfejs użytkownika jest zdalnie dostępny za pomocą przeglądarki internetowej (takiej jak np. Internet Explorer lub Mozilla Firefox). Wyświetlany zdalnie interfejs użytkownika jest identyczny z tym na ekranie dotykowym zlokalizowanym na szafce sterownika automatyki.

Możliwy jest zdalny dostęp do całego systemu. Ładowanie plików, aktualizacja oprogramowania oraz w pewnym stopniu diagnostyka i usuwanie usterek mogą być zdalnie wykonywane. Poziom dostępu jest regulowany za pomocą hasła, a standardowe zabezpieczenia (firewall) można aktywować w sterowniku. Możliwa jest także konfiguracja systemu na automatyczne połączenie zwrotne (call back) poprzez modem oraz na automatyczne wysyłanie pilnych powiadomień przez modem lub sieć Internet. Opcje te są do uszczegółowienia w projekcie.

System może być konfigurowany przy pomocy tabeli parametrów zapisanych w bazie danych i dostępnych w interfejsie użytkownika. Jednak modyfikacja logicznego układu systemu kontrolnego będzie możliwa jedynie przez MJ2.

Wyposażenie pomocnicze.

Cięśnieniowy zespół olejowo-hydrauliczny do kontroli łopat wirnika i wbudowanej czyszczarki krat (IIPU).

Zespół olejowo-hydrauliczny winien być zainstalowany wewnątrz pomieszczenia kontrolnego. Zapewni ciśnienie oleju niezbędne do hydraulicznej regulacji łopat turbiny oraz prawidłowej pracy czyszczarki krat.

Zespół ten składa się z podzespołów zainstalowanych na łatwej w montażu platformie:

- 2 jednostki motopomp (o mocy zależnej od średnicy turbiny). Jedna z pomp

przeznaczona jest do obsługi mechanizmu regulacji łopat, druga obsługuje pozostały osprzęt (czyszczarka i kłapa czyszczarki). Zawór umożliwia wyizolowanie jednej z pomp, np. w celu konserwacji,

- zespół zaworów elektromagnetycznych zamontowanych na monobloku,
- filtry,
- czujniki zabezpieczeń, niskiego poziomu, temperatury, ciśnienia, itp.,
- zbiornik magazynujący 70 l.

Kompresor powietrza.

Kompresor powinien znajdować się w pomieszczeniu kontrolnym. Dostarcza on sprężone powietrze do wnętrza wirnika turbiny, wytwarzając niewielkie nadciśnienie. Instalacja jest sterowana przez system kontrolny elektrowni. Nadciśnienie wytworzone wewnątrz wirnika będzie wyższe od 0.2 do 0.3 bara aniżeli ciśnienie wynikające z warunków wodnych wokół wirnika.

Instalacja ta obejmuje:

- 1 zespół sprężarkowy o mocy 1 kW,
- zespół zaworów elektromagnetycznych zamontowanych na monobloku,
- filtry,
- urządzenie osuszające powietrze,
- czujniki zabezpieczeń, temperatury, ciśnienia, itp.,
- zbiornik magazynujący 50 l.

Dwie sondy poziomu wody wraz z okablowaniem.

Dostawa obejmuje dwie piezometryczne sondy do badania poziomu wody zainstalowane na górnym i dolnym stanowisku elektrowni z turbiną VLH, których odczyt umożliwi automatyce kontrolnej poznać chwilowy spad netto.

System unoszący turbozespół VLH.

Turbozespół VLH jest wyposażony w system podnoszący, umożliwiający podnoszenie urządzenia VLH do poziomu, w celu ułatwienia okresowych czynności konserwacyjnych oraz przeglądów urządzenia.

System działa za sprawą dwóch siłowników, które umożliwiają uniesienie całej konstrukcji turbiny do poziomu powyżej górnej wody. Wszystkie kable i przewody przechodzą przez oś przegubu i unoszenie urządzenia nie ma wpływu na ich ułożenie i prawidłowe działanie. W związku z tym nie ma konieczności odłączenia okablowania w trakcie unoszenia konstrukcji.

AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZĘKI DRWĘCA, GMINA LUBICZ.

Uchylnie podnoszenie urządzenia będzie możliwe jedynie po całkowitym zatrzymaniu obrotów turbiny VLH oraz zamknięciu zasuw na wlocie do turbiny. W standardowej wersji urządzenie nie może być uniesione, jeśli poziom wody w kanale jest wyższy niż 1 m.

Praca turbiny VLH w warunkach zimowych.

Do tej pory najniższe temperatury w których działają turbiny VLH spotykane były w lokalizacjach na północy Francji i w Belgii. Temperatura otoczenia zimą spadała maksymalnie do -20 st. C. Tamtejsze turbiny nie wymagały modyfikacji zimowych, gdyż w lokalizacjach w których są zainstalowane rzadko tworzy się kora i śręż.

W związku z coraz większym zainteresowaniem turbozespołów typu VLH w krajach w których warunki zimowe w elektrowniach wodnych są cięższe niż na zachodzie Europy (gdzie dotychczas instalowano tego typu turbozespół), opracowano rozwiązania ułatwiające eksploatację VLH w trakcie różnych zjawisk charakterystycznych dla pracy MEW zimą.

Do adaptacji istniejących rozwiązań w turbozespole VLH należą poniższe modyfikacje.

- Instalacja grzałek wewnątrz wirnika, grzałki mają na celu utrzymywanie temperatury wewnątrz turbiny w trakcie odstawienia elektrowni. Gdy turbina pracuje normalnie, temperatura wody bliska zeru nie będzie oznaczała konieczności dogrzewania wnętrza turbiny, gdyż ciepło oddawane przez generator będzie wystarczające.
- Przewody hydrauliczne wychodzące z urządzenia oraz przebiegające między turbiną a pomieszczeniem kontrolnym mogą być wyposażone w rezystory, tak aby była możliwość ich dogrzewania w razie konieczności.
- Łopaty wirnika otrzymają dodatkową warstwę kryjącą, nazwaną „anti frazil coating”, zapobiegającą osadzaniu się lodu na łopatach wirnika. Chodzi głównie o zjawiska śrężowe, które przy tak dużym gabarycie wirnika, nie będą tak uciążliwe, jak w przypadku turbin klasycznych.
- W czasie pracy przepływ wody powinien zapobiec tworzeniu się oblodzenia na kanale derywacyjnym. Jednak projektanci elektrowni powinni odpowiednio dobrać kraty zgrubne w kanale, tak, aby mogły one wytrzymać napór gromadzącej się kry. To samo dotyczy zabezpieczenia innych urządzeń w wodzie, wyeksponowanych na krę – np. zamknięcia dopływu wody lub ewentualne dodatkowe systemy czyszczące krat. Wbudowana w turbinę czyszczarka krat radzi sobie z krą gromadzącą się przed wirnikiem, jednak należy zainstalować kraty, które powstrzymują napór lodu z koryta

rzeki na konstrukcję turbiny.

7.4.3.2 Komora turbozespołu.

Komora turbozespołu stanowi żelbetowy kanał powstały w wyniku adaptacji trzech przęseł jazu komunalnego. Instalacja turbozespołu wymaga częściowego zagłębienia istniejącej płyty wypadowej jazu, oraz rozbudowy jednego z istniejących filarów jazu. Kształt kanału oraz jego długość zoptymalizowano celem uzyskania jednorodnych rozkładów prędkości wody napływającej na turbozespół. Na wlocie przed jazem zainstalowano kratę zgrubną.

7.4.3.3 Sterownia.

Sterownię MEW przewidziano jako elektrownie kontenerową, umiejscowioną na prawym brzegu rzeki Drwęca w bezpośrednim sąsiedztwie jazu komunalnego. Wszystkie urządzenia związane z pracą turbozespołu VLH wbudowano w kontener. Miejsce posadowienia i pracy sterowni wymaga jedynie utwardzonego podłoża.

Przykładowy sposób zabudowy przedstawiono na rysunku nr 8 załączonym do niniejszego opracowania.

7.4.3.4 Ochrona przeciw rumowiskowa.

W związku iż turbozespół VLH jest wyposażony w system podnoszący, umożliwiający podnoszenie urządzenia VLH do poziomu, pochód rumowiska będzie odbywała się przez komorę turbinową, po wcześniejszym podniesieniu turbozespołu oraz kraty zgrubnej.

7.4.3.5 Przeprawka dla ryb.

Proponuje się wykonanie przeprawki dla ryb jak w wariancie I – patrz pkt 8.4.1.6.

Koncepcję przeprawki przedstawiono w formie graficznej na rysunku nr 4 załączonym do niniejszego opracowania.

7.4.4 Przykłady istniejących elektrowni wodnych.

Poniżej przedstawiono przykłady istniejących elektrowni wodnych z zastosowaniem turbozespołów tego samego typu co te przedstawione w niniejszym opracowaniu, tj.:

- ✚ elektrownie wodne z zastosowaniem trzech turbozespołów typu Kaplan o pionowej osi obrotu wirnika,
- ✚ elektrownie wodne z zastosowaniem dwóch turbozespołów typu Kaplan o poziomej osi obrotu wirnika,
- ✚ elektrownie wodne z zastosowaniem jednego turbozespołu typu VLH.

7.4.4.1 Elektrownie wodne z zastosowaniem pionowej turbiny Kaplana.

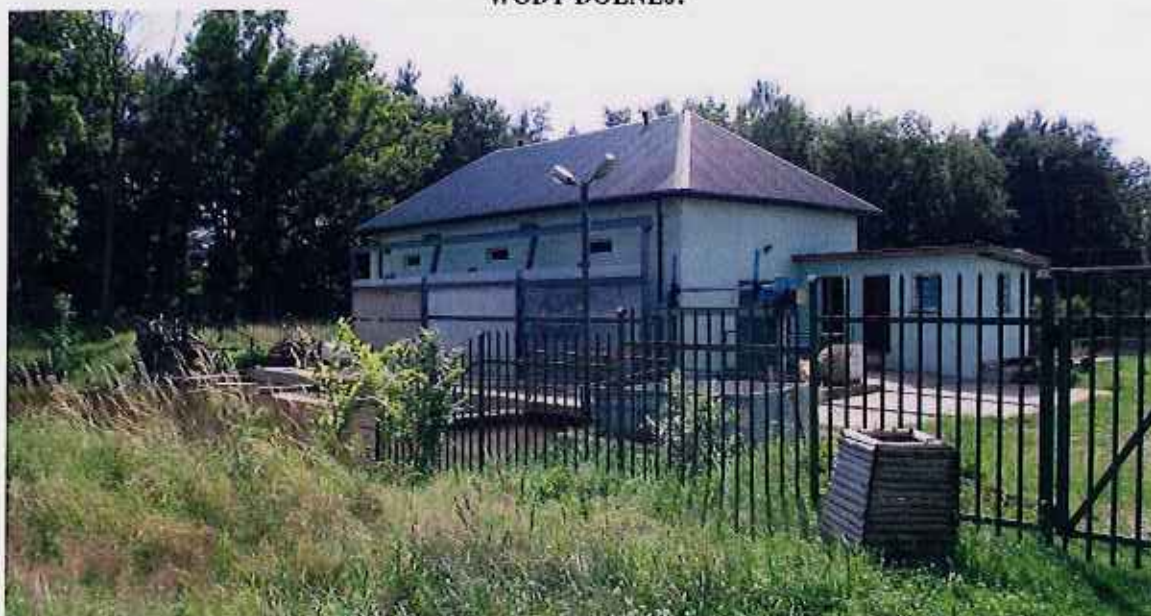
✚ Elektrownia wodna Bukowina Bobrzańska.

Podstawowe parametry:

- Lokalizacja – Bukowina Bobrzańska, Polska
- Wyposażenie – 3 turbiny typu Kaplan TWW 1550
- Moc zainstalowana – 3 x 250 kW



FOTOGRAFIA 7-1 WIDOK NA ELEKTROWNIĘ BUKOWINA BOBRZAŃSKA OD STRONY WODY DOLNEJ.



FOTOGRAFIA 7-2 WIDOK NA ELEKTROWNIĘ BUKOWINA BOBRZAŃSKA OD STRONY WODY GÓRNEJ.

AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZEKI DRWĘCA, GMINA LUBICZ.

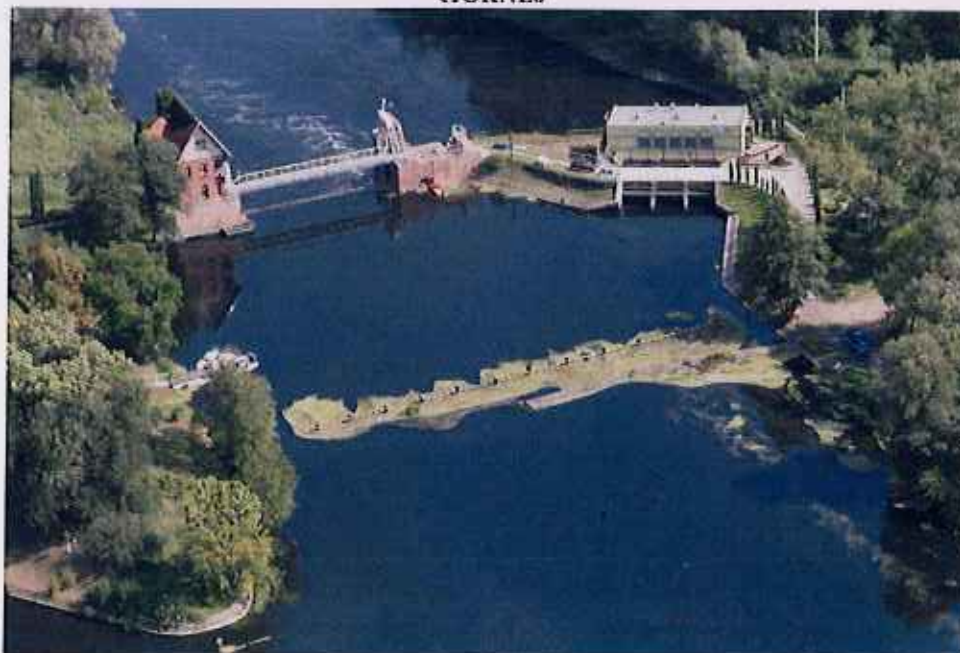
✚ Elektrownia wodna Czersko Polskie.

Podstawowe parametry:

- Lokalizacja – Czersko Polskie, Polska
- Wyposażenie – 3 turbiny typu Kaplan TWW 1550
- Spad – 3,6÷4,8 m
- Moc zainstalowana – 3 x 320 kW



FOTOGRAFIA 7-3 WIDOK NA ELEKTRONIĘ CZERSKO POLSKIE OD STRONY WODY GÓRNEJ



FOTOGRAFIA 7-4 WIDOK NA ELEKTRONIĘ CZERSKO POLSKIE Z LOTU PTAKA.

7.4.4.2 Elektrownie wodne z zastosowaniem poziomej turbiny Kaplana.

✚ Elektrownia wodna Kotowo.

Podstawowe parametry:

- Lokalizacja – Kotowo, Polska
- Wyposażenie – 2 turbiny typu Kaplan RTK - 1600
- Spad – 4,2 m
- Moc zainstalowana – 2 x 500 kW



FOTOGRAFIA 7-5 WIDOK NA ELEKTRONIĘ KOTOWO - NA PIERWSZYM PLANIE CZYSZCZARKI KRAT WLOTOWYCH.



FOTOGRAFIA 7-6 WIDOK NA WNETRZE BUDYNKU ELEKTROWNI KOTOWO.

AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZEKI DRWĘGA, GMINA LUBICZ.

✚ Elektrownia wodna Libocany.

Podstawowe parametry:

- Lokalizacja – Libocany, Czechy
- Wyposażenie – 2 turbiny typu Kaplan HH 1950 SSK
- Spad – 2,55 m
- Moc zainstalowana – 2 x 336 kW



FOTOGRAFIA 7-7 WIDOK NA ELEKTROWNIĘ LIBOCANY OD STRONY WODY GÓRNEJ.



**FOTOGRAFIA 7-8 ZAINSTALOWANE DWA TURBOZESPOŁY TYPU KAPLAN O POZIOMEJ
OSI OBROTU WIRNIKA W ELEKTROWNI WODNEJ LUBOCANY.**



FOTOGRAFIA 7-9 WNĘTRZE BUDYNKU ELEKTROWNI LUBOCANY.

7.4.4.3 Elektrownie wodne z zastosowaniem turbiny VLH.

Elektrownia wodna Yenne.

Podstawowe parametry:

- Lokalizacja – Yenne, Francja
- Wyposażenie – turbina typu VLH DN 5000
- Spad – 2,6 m
- Przepływ – 24,5 m³/s
- Moc zainstalowana – 500 kW



FOTOGRAFIA 7-10 ELEKTROWNIA WODNA YENNE PRZYGOTOWANA DO MONTAŻU TURBINY VLH.

AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZĘKI DRWĘGA, GMINA LUBICZ.



FOTOGRAFIA 7-11 MONTAŻ TURBINY VLH W ELEKTROWNI WODNEJ YENNE.



FOTOGRAFIA 7-12 ELEKTROWNIA WODNA YENNE Z TURBINĄ TYPU VLH PODCZAS PRACY (WIDOK OD STRONY WODY GÓRNEJ).



FOTOGRAFIA 7-13 WIRNIK TURBOZESPOŁU VLH.



FOTOGRAFIA 7-14 KOMORA TURBINOWA WRAZ Z TURBOZESPOŁEM VLH.

✚ Elektrownia wodna La Glaciere.

Podstawowe parametry:

- Lokalizacja – La Glaciere, Francja
- Wyposażenie – turbina typu VLII DN 5000
- Spad – 1,8 m
- Przepływ – 23,0 m³/s
- Moc zainstalowana – 324 kW



FOTOGRAFIA 7-15 ELEKTROWNIA WODNA LA GLACIERE PRZYGOTOWANA DO MONTAŻU TURBINY TYPU VLII.

AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZĘKI DRWĘCA, GMINA LUBICZ.



FOTOGRAFIA 7-16 MONTAŻ TURBOZESPOŁU VLH W ELEKTROWNI LA GLACIERE.



FOTOGRAFIA 7-17 TURBOZESPÓŁ VLH.

7.5 Oszacowanie mocy i produkcji energii elektrycznej.

7.5.1 Założenia do oszacowania mocy i produkcji energii elektrycznej.

- Przepływ dyspozycyjny jest przepływem określonym w punkcie 8.1.1 niniejszego opracowania.
- Spad netto jest sapem określonym w punkcie 8.1.2 niniejszego opracowania z uwzględnieniem straty piętrzenia na kratach, wlocie do elektrowni oraz kanale napływowym, bez uwzględnienia straty spadu dla przepływów wyższych niż SSQ.
- Moc poszczególnego turbozespołu dla każdego z wariantów obliczono jako iloczyn przepływu przez turbozespół $[m^3/s]$, spadu netto $[m]$, sprawności turbiny $[\%]$ oraz ciężaru właściwego wody $[kNm^{-3}]$
- Średnioroczną produkcję energii E $[kWh]$ obliczono z funkcji:

$$E = \sum E(Q_{med}, H_{netto}, \eta_{MEW}, \gamma, T)$$

gdzie:

Q_{med} – mediana natężenia przepływu w przedziale krzywej czasów trwania przepływów $[m^3/s]$,

H_{netto} – spad netto przy przepływie Q_{med} ,

η_{MEW} – iloczyn sprawności turbiny w funkcji Q_{med} , generatora, przekładni oraz transformatora,

γ – ciężar właściwy wody $(9,81 \text{ kN/m}^3)$,

T – liczba dni, w czasie których występuje przepływ Q_{med} .

- Sprawności przetwarzania przyjęto w oparciu o rzeczywiste wartości dla hydrozespołów.
- Roczny czas prac (ze względu na konieczność przeprowadzania prac konserwacyjnych) dla poszczególnych turbozespołów przyjęto na poziomach:
 - 99% dla trzech turbozespołów typu Kaplan,
 - 98% dla dwóch turbozespołów typu Kaplan,
 - 97% dla jednego turbozespołu typu VLH.

7.5.2 Zestawienie mocy uzyskiwanych przez turbozespół oraz produkcji energii elektrycznej dla poszczególnych wariantów.

W poniższych tabelach przedstawiono zestawienie mocy uzyskiwanych przez turbozespół oraz produkcji energii elektrycznej dla poszczególnych wariantów.

W wariantcie II i III dokonano rozdziału wody na poszczególne turbiny w sposób

**AUDYT FORMALNOPRAWNY ORAZ TECHNICZNO-INWESTYCYJNY BUDOWY MAŁEJ ELEKTROWNI
WODNEJ W MIEJSCOWOŚCI LUBICZ GÓRNY, W KM 12+300 RZĘKI DRWĘCA, GMINA LUBICZ.**

umożliwiający uzyskanie jak największych sprawności turbozespołów.

**TABELA 7-5 ZESTAWIENIE MOCY I PRODUKCJI UZYSKIWANYCH PRZEZ TURBOZESPÓŁ
ORAZ PRODUKCJI ENERGII ELEK. DLA WARIANTU III.**

| Czas trwania | Liczba dni | Przepływ o określonym czasie trwania | Przepływ dyspozycyjny dla MEW | Spad netto | Przepływ przez turbozespół | Sprawność MEW | Moc | Produkcja |
|-----------------------------|------------|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------|--------|--------------|
| [dni] | [dni] | Q[m3/s] | Q[m3/s] | [m] | Q[m3/s] | η | E[kW] | N[kWh] |
| 10 | 10 | 45,00 | 33,68 | 1,89 | 23,9 | 0,77 | 339,84 | 81562,09 |
| 30 | 20 | 41,45 | 30,13 | 1,89 | 23,9 | 0,77 | 339,84 | 163124,17 |
| 60 | 30 | 35,50 | 24,18 | 1,89 | 23,9 | 0,77 | 339,84 | 244686,26 |
| 90 | 30 | 32,75 | 21,43 | 1,89 | 21,43 | 0,79 | 312,06 | 224683,56 |
| 120 | 30 | 30,05 | 18,73 | 1,89 | 18,73 | 0,79 | 275,44 | 198317,89 |
| 180 | 60 | 25,85 | 14,53 | 1,89 | 14,53 | 0,77 | 206,70 | 297652,62 |
| 240 | 60 | 21,95 | 10,63 | 1,89 | 10,63 | 0,68 | 134,85 | 194186,92 |
| 270 | 30 | 20,65 | 9,33 | 1,89 | 9,33 | 0,64 | 110,84 | 79805,43 |
| 300 | 30 | 19,50 | 8,18 | 1,89 | 8,18 | 0,59 | 90,22 | 64957,43 |
| 330 | 30 | 17,35 | 6,03 | 1,89 | 6,03 | 0,49 | 54,65 | 39345,61 |
| 355 | 25 | 15,65 | 4,33 | 1,89 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 364 | 9 | 15,25 | 3,93 | 1,89 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| Średnioroczna produkcja MEW | | | 1 540 672,30 | Roczny czas pracy: | | | | 97% |
| | | | | Średnioroczna produkcja: | | | | 1 540 672,30 |

TABELA 7-6 ZESTAWIENIE MOCY I PRODUKCJI UZYSKIWANYCH PRZEZ TURBOZESPÓŁ ORAZ PRODUKCJI ENERGII ELEK. DLA WARIANTU II.

| Czas trwania | Ilość dni | Przepływ o określonym czasie trwania | Przepływ dyspozycyjny dla MEW | Spad netto | Przepływ przez turbozespół | Sprawność MEW | Moc | Produkcja | Przepływ przez turbozespół | Sprawność MEW | Moc | Produkcja |
|-----------------------------|-----------|--------------------------------------|-------------------------------|------------|----------------------------|---------------|--------------|-----------|----------------------------|---------------|------------|-----------|
| [dni] | [dni] | Q[m ³ /s] | Q[m ³ /s] | [m] | Q[m ³ /s] | η | E[kW] | N[kWh] | Q[m ³ /s] | η | E[kW] | N[kWh] |
| 10 | 10 | 45,00 | 33,68 | 1,89 | 14 | 0,83 | 215,45 | 51706,86 | 14 | 0,83 | 215,45 | 51706,86 |
| 30 | 20 | 41,45 | 30,13 | 1,89 | 14 | 0,83 | 215,45 | 103413,72 | 14 | 0,83 | 215,45 | 103413,72 |
| 60 | 30 | 35,50 | 24,18 | 1,89 | 12,09 | 0,84 | 188,29 | 135571,65 | 12,09 | 0,84 | 188,29 | 135571,65 |
| 90 | 30 | 32,75 | 21,43 | 1,89 | 10,72 | 0,84 | 166,96 | 120209,11 | 10,72 | 0,84 | 166,96 | 120209,11 |
| 120 | 30 | 30,05 | 18,73 | 1,89 | 9,37 | 0,85 | 147,67 | 106321,68 | 9,36 | 0,85 | 147,51 | 106208,21 |
| 180 | 60 | 25,85 | 14,53 | 1,89 | 7,27 | 0,85 | 114,57 | 164985,83 | 7,26 | 0,85 | 114,42 | 164758,89 |
| 240 | 60 | 21,95 | 10,63 | 1,89 | 10,63 | 0,84 | 165,56 | 238399,78 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 270 | 30 | 20,65 | 9,33 | 1,89 | 9,33 | 0,85 | 147,04 | 105867,80 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 300 | 30 | 19,50 | 8,18 | 1,89 | 8,18 | 0,85 | 128,91 | 92818,71 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 330 | 30 | 17,35 | 6,03 | 1,89 | 6,03 | 0,85 | 95,03 | 68422,60 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 355 | 25 | 15,65 | 4,33 | 1,89 | 4,33 | 0,83 | 66,63 | 39980,48 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 364 | 9 | 15,25 | 3,93 | 1,89 | 3,93 | 0,81 | 59,02 | 12748,59 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Średnioroczna produkcja MEW | | 1 883 868,96 | | | Roczny czas pracy: | | 98% | | Roczny czas pracy: | | 98% | |
| | | | | | Średnioroczna produkcja: | | 1 215 637,88 | | Średnioroczna produkcja: | | 668 231,08 | |